

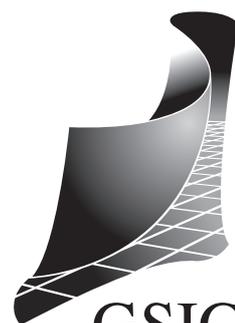
# GSIC年報 Annual Report 2013

---

第 12 号

---

東京工業大学 学術国際情報センター



**GSIC**  
Global Scientific Information  
and Computing Center

## 2013 年度 年報 目次

巻頭言	1
トピックス	2
・ TSUBAME2.0 から TSUBAME2.5 への進化	2
「Green500 List, Green Graph500 List の世界第 1 位受賞」	6
1. 組織・運営	10
1-1 組織図	10
1-2 教員一覧および人事異動	11
1-3 事務組織	13
1-4 各種委員会メンバー一覧	15
1-5 運営委員会開催状況	16
2. 情報基盤サービス	18
2-1 スーパーコンピュータシステム	18
2-1-1 構成	18
2-1-2 運用	20
2-1-3 実績	22
2-1-4 TSUBAME におけるアプリケーション利用状況と利用分野	27
2-1-5 TSUBAME における高使用 CPU アプリケーションのアクセラレータ への移植支援サービス	30
2-2 教育用計算機システム	32
2-2-1 構成	32
2-2-2 運用	33
2-2-3 実績	34
2-3 ネットワークシステム	35
2-3-1 有線ネットワーク (Titanet3)	35
2-3-2 無線 LAN	36
2-3-3 その他のサービス	36
2-3-4 実績	38
2-4 キャンパス共通認証・認可システム	41
2-4-1 構成	41
2-4-2 運用	41
2-4-3 実績	42
2-5 ソフトウェア包括契約	45
2-5-1 概要	45

2-5-2 運用	45
2-5-3 実績	46
2-6 学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点の公募型共同研究	49
2-7 HPCI, 革新的ハイパフォーマンス・コンピューティング・インフラの運用	54
2-8 TSUBAME 共同利用サービス	59
2-9 先端研究施設共用促進事業	63
2-10 TSUBAME グランドチャレンジ大規模計算制度	72
3. 国際協働	76
3-1 MOU に基づく国際共同研究	76
3-1-1 モンゴル における地方小学校教員の質の向上ー地域性に即した ICT を活用した教材開発を通じて	76
3-1-2 発展途上国の世界遺産地域における持続可能な情報通信技術の応用に関する実践研究	76
3-1-3 アジア 10 カ国における教育政策における 21 世紀型スキルの比較研究と参加型データベースの構築	77
3-1-4 法尻掘削におけるアーチ効果に関するチェンマイ大学との共同研究	77
3-1-5 チュラロンコン大学・カセサート大学・タイ国立科学技術開発機構の訪問	78
3-1-6 ミュンヘン工科大学 Informatics 専攻, Scientific Computing グループとの TSUBAME を用いた国際共同研究協定締結	78
3-1-7 エルランゲンーニュルンベルグ大学工学部との国際交流協定に基づいた共同研究	78
3-2. 国際シンポジウム	79
3-2-1 GSIC 主催国際シンポジウム：露天掘り炭鉱における斜面の安定評価・補強・モニタリング	79
3-2-2 東京工業大学 GSIC・インド工科大学マドラス校バイオテクノロジー学科共催シンポジウム	79
3-2-3 学術国際情報センター・ユネスコ Education Research Institutes Network (ERI-Net) 共催国際シンポジウム	81
3-3. 国際ワークショップ	82
3-3-1 学術国際情報センター・ラオスルアンパバーン世界遺産局共催ワークショップ ICT を活用した世界遺産地域管理	82
3-3-2 学術国際情報センター, JICA, モンゴル教育省, モンゴル教育大学共催海外ワークショップ	84
3-3-3 GSIC・LDD 共催国際ワークショップ：持続可能な土地開発のための	85

情報技術並びに地理情報システムの応用	
3-3-4 GSIC 共催国際ワークショップ:地力学・地質学における崩壊メカニ ズムの物理的・理論的・数理的アプローチ	86
3-4. 国際共同研究	87
3-4-1 TSUBAME2.5 を用いた大規模分子シミュレーションとタンパク質-RNA 複合体の解析	87
3-4-2 タイ北部ラムパーン県のメモ炭鉱における地下水処理の一連調査	87
3-4-3 オーストラリアのニューカッスル大学の招待訪問	88
3-4-4 タイ米貯蔵時における悪臭発生のメカニズムに関する国際的な産学 連携	88
4. イベント及び啓蒙活動	89
4-1 工大祭における TSUBAME 一般公開	89
4-2 Supercomputing 2013 におけるブース出展	90
4-3 第 19 回スーパーコンピューティングコンテスト	93
4-4 講習会	95
4-5 GPU コンピューティング研究会活動	97
5. 広報活動	100
5-1 マスコミ報道等	100
5-2 TSUBAME e-Science Journal の発行 (Vol.9, Vol.10)	102
5-3 見学者受入状況	104
6. 予算執行状況	106
7. 研究部門活動報告	107
7-1 情報支援部門	107
山口 雅浩	107
権藤 克彦	115
友石 正彦	116
飯田 勝吉	117
松浦 知史	119
渡辺 陽介	121
嶋村 昌義	123
村上 百合	124
金 勇	128
木村 文一	130
7-2 先端研究部門	132
青木 尊之	132
松岡 聡	140

山口 しのぶ	154
PIPATPONGSA THIRAPONG	157
関嶋 政和	164
遠藤敏夫	167
渡邊 寿雄	171
額田 彰	172
下川辺 隆史	174
佐藤 仁	176
小野寺 直幸	179
三浦 信一	182
野村 哲弘	184
DOMKE, Jens	185
小林 宏充	186
折田 正弥	189
丸山 直也	190
稲富 雄一	192
7-3 受賞学術賞等	194
8. 業務貢献	195
8-1 専門委員会所属・開催状況	195
8-2 調査・広報活動（見学・来賓・式典対応状況）	196
8-3 講演会・セミナー・シンポジウム等企画・実施状況	196
8-4 仕様策定・技術審査対応状況	197
8-5 国際共同研究コーディネート・マッチング状況	198

## 巻頭言

学術国際情報センター長 佐伯元司

平成23年4月に着任し、なんとか3年目を無事に終えることができました。これもひとえに皆様のご指導やご尽力のおかげとっております。引き続きどうぞよろしく願いいたします。

学術国際情報センター（GSIC）は、東京工業大学における最先端の情報技術を駆使して研究・教育等に関する支援を行い、情報技術を媒体として国際共同研究の推進を図ることを目的として平成13年に発足しました。平成25年度もこの年報で報告いたしますように学内の情報基盤の整備と運用支援をはじめとする様々な活動を行ってまいりました。

まずスーパーコンピュータ関係ですが、一昨年度、昨年度末に利用が満杯になっていたTSUBAMEを最新のGPUを搭載した計算ノードに入れ替え、演算速度性能が5.7PFlopsと2倍以上と上がりました。この性能は2013年11月のSC13で、世界11位(Top500)にランクされ、省エネ性能でも世界6位（Green 500）にランクされました。文科省の特別経費で進めている「スパコン・クラウド情報基盤におけるウルトラグリーン化技術の研究推進」で開発した油浸冷却式のTSUBAME-KFCは同じくSC13にて、省エネ性能世界1位（Green500, Green Graph500）ともに1位で二冠達成）にランクされました。日本のスパコンが世界1位になったのは初めてであり、真に喜ばしい限りです。TSUBAMEの利用サービスにおきましても、学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点としての計算資源の提供、グランドチャレンジの実施、先端研究施設共用促進事業など、学内はもとより海外や学外の産業利用まで多彩なサービスの提供を引き続き実施し、大きな成果を挙げており、今後さらに利用が拡大していくものと期待しております。

海外におきましても、科学技術や教育技術の普及活動、共同研究や共同事業の実施など、国際協働分野で数多くの事業を行っております。

学内の情報基盤の整備・運用では、さらなる高速化・安定化・安全化を目指し、建物入室管理サーバーの更新、認証用ICカード発行システムの増強を行いました。昨年来増加しておりますサイバー攻撃などのセキュリティインシデントやその予防に備え、セキュリティ担当の准教授が新たに着任し、ネットワーク担当の教員と一緒にCERT(Computer Emergency Response Team)を立ち上げ、啓蒙活動、予防活動を行っております。今後、GSICではさらなる情報基盤の高速・安定・安全運用や皆様のご期待に沿うような高度なサービスの提供を推し進めていく所存でございます。そのためにも、ここに1年間の成果をまとめ、公表し、内外より評価をいただくことは本センターの発展に極めて重要であると考えております。以上のような次第ですので、本センターの様々な活動、成果等を本年報でご覧いただき、これまでの活動・成果・方向性につきまして、ご意見、ご助言いただければ誠に幸いです。

## トピックス

### ・ TSUBAME2.0 から TSUBAME2.5 への進化

2010年11月に稼働した本センターの TSUBAME2.0 スーパーコンピュータは、2013年9月より TSUBAME2.5 にアップグレードされた。理論性能は倍精度演算で 2.4ペタフロップスから 5.7ペタフロップスへ、単精度演算では 4.8ペタフロップスから 17.1ペタフロップスへと3倍以上になった。2013年9月現在、後者の尺度では我が国最速のスパコンである。2013年11月に発表された Top500 ランキング(速度性能)では世界11位、Green500 ランキング(電力性能比)では6位と、上位ランクを回復した。

#### 1. アップグレードの背景

TSUBAME2.0 スーパーコンピュータは学術国際情報センターにて設計、NEC/HP/NVIDIA などの企業連合体と共同開発され、2010年11月に運用開始された。以来、我が国初のペタフロップスマシン・HPCI(High Performance Computing Infrastructure)におけるリーディングスパコンとして活躍してきた。TSUBAME2.0は2010年11月の Top500 ランキングにおいて世界4位、同 Green500 ランキングで Greenest Production Supercomputer 賞を獲得、さらに2011年11月には、スパコンの実アプリケーションの最高峰の賞である ACM Gordon Bell Award を獲得した。利用ユーザは学内外の研究機関だけでなく、企業利用も積極的に進んでおり、100社以上の民間企業が用いている。登録アカウント数は一万人近く、うち実際のスパコンユーザは2000人ほどで、多くの科学的成果を生み出してきた。

TSUBAME2.0にて採用された種々の先進的技術の詳細については、本センター2010年度年報や、e-Science Journal Vol. 1~3の記事に譲るが、その最大の特徴は1408台の計算ノードに搭載された4224基の NVIDIA M2050 GPU アクセラレータである。GPU アクセラレータは、優れた演算速度性能、メモリバンド幅、電力性能比を実現する上で重要な要素であり、TSUBAME2.0全体の演算性能の90%に寄与してきた。

TSUBAME2.0は、その先進性もあいまって高い利用率を誇ってきたが、近年ではその容量が限界に達してきていた。特に、年度の後半の繁忙期では、その利用率が90%を常時超え、100%に達することもあり、我が国2位の計算速度にも拘わらず、その容量不足は明らかとなっていた。また2012年11月段階では日本3位、世界20位程度に低下しており、世界的な競争力の低下が見られていた。

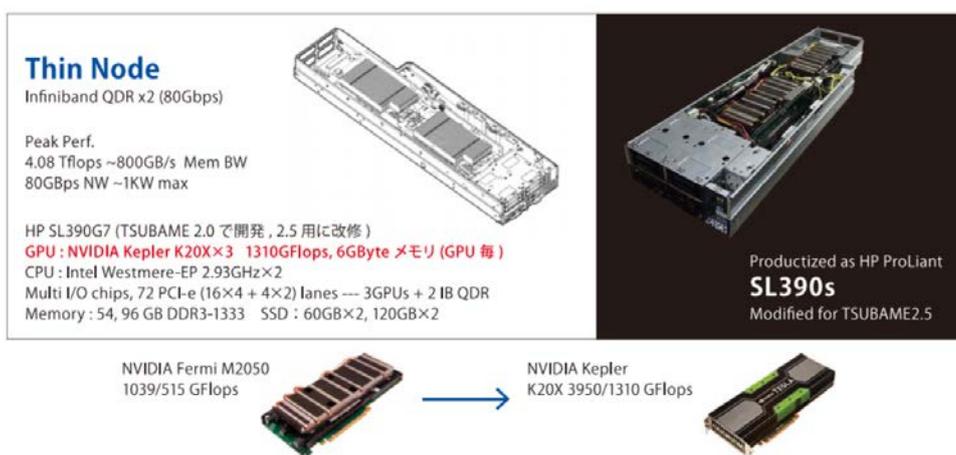
以上のような状況から、TSUBAME2.0の部分アップグレードを計画した。補正予算「高性能汎用計算機高度利用事業」にて、システムを持つ4000枚以上のアクセラレータすべてのアップグレードが可能となった。最終的には NEC/NVIDIA/HP の連合体が本アップグレードを落札し、2013年9月に TSUBAME2.5として稼働開始した。



TSUBAME2.5のマシンルーム

## 2. TSUBAME2.5 へのアップグレード内容

アップグレードの主要内容は、TSUBAME2.0 の M2050 GPU すべてを最新の Kepler 世代の NVIDIA Tesla K20X へ置き換えるというものである。下図に各計算ノードの進化の内容およびシステムの仕様比較を示す。K20X GPU は M2050 に比較して、単精度性能が 3.8 倍の 3950GFlops に、倍精度性能が 2.5 倍の 1310GFlops に増強されている。また各 GPU が持つデバイスメモリについても、容量 3GB・バンド幅 150GB/s から、容量 6GB・バンド幅 250GB/s へと大幅に増強されている。これにより、システム全体としては理論ピーク性能 5.76PetaFlops (倍精度)、17.1PetaFlops (単精度) を持つ TSUBAME2.5 にアップグレードされた。また、メモリバンド幅は理論ピーク値では 1.16 PetaByte/s、実測でも約 0.8 PetaByte/s に増速された。



TSUBAME2.0 と TSUBAME2.5 の仕様比較

	TSUBAME2.0	TSUBAME2.5
<b>Thin Node x 1408 台</b>		
Node Machine	HP ProLiant SL390s	← 変更なし No change
CPU	Intel Xeon X5670 (6core 2.93GHz, Westmere) x 2	← 変更なし No change
GPU	NVIDIA Tesla M2050 x 3 ● 448 CUDA cores (Fermi) ➢ 単精度 SFP 1.03TFlops ➢ 倍精度 DFP .515TFlops ● 3GiB GDDR5 memory ● ~90GB/s STREAM BW 実測メモリバンド幅	NVIDIA Tesla K20X x 3 ● 2688 CUDA cores (Kepler) ➢ 単精度 SFP 3.95TFlops ➢ 倍精度 DFP 1.31TFlops ● 6GiB GDDR5 memory ● ~180GB/s STREAM BW実測メモリバンド幅
ノード性能 Node Performance (incl. CPU Turbo boost)	● 単精度 SFP 3.40TFlops ● 倍精度 DFP 1.70TFlops ● ~300GB/s STREAM BW 実測メモリバンド幅	● 単精度 SFP 12.2TFlops ● 倍精度 DFP 4.08TFlops ● ~570GB/s STREAM BW実測メモリバンド幅
<b>TOTAL System</b>		
理論演算性能 Total Peak Performance	● 単精度 SFP 4.80PFlops ● 倍精度 DFP 2.40PFlops ● 実測メモリバンド幅 ~440TB/s	● 単精度 SFP 17.1PFlops (x3.6倍) ● 倍精度 DFP 5.76PFlops (x2.4倍) ● 実測メモリバンド幅 ~803TB/s (x1.8倍)

TSUBAME2.5 の計算ノードの進化

以上のように、結果としてのアップグレード内容は一見シンプルなものであるが、ここに至るまでの段階においては様々な技術的議論・課題解決が必要であった。まずアップグレードに際し、新たな計算ノード群の追加は、電力やスペースの限界から、選択肢から除

外された。アクセラレータの増強を行うことに決定した後も、様々な課題が発生し、一部を以下に記す。

- どのメニーコアアクセラレータか：単純な性能向上に加え、これまでの TSUBAME2.0 のアプリケーションとの互換性が必須となる。それだけでなく、TSUBAME2.5 の導入時期に利用可能なアクセラレータとしては、NVIDIA GPU のみならず Intel Xeon Phi や AMD Firestream なども選択肢となった。特に前者は Intel CPU との高いソフトウェア互換性を持つという利点を持つ。そこで調達仕様においてはアップグレードを二つに分け、前者は TSUBAME2.0 の GPU アプリの高い性能上位な互換性を要求し、後者はソフトウェア互換性・プログラミングの簡便性を重視した。結果としては、両者とも NVIDIA 社の Kepler K20X にアップグレードする提案が採択された。
- 電力上の問題は起こらないか：仕様策定時点での候補であった K20X GPU や Xeon Phi のカタログ上の TDP(熱設計電力)は、TSUBAME2.0 の M2050 GPU(TDP 225W)よりも上回るものであった。そのため電源系や冷却系の再チューニングが必要となった。さらに Thin 計算ノードである HP ProLiant SL390z 側にも新しい電源制御プロトコルをサポートするために、HP 社らの協力を得てファームウェア改修などを行った。なお、K20X GPU の消費電力は、カタログ値はアップグレード前より高い一方で、実アプリケーション実行時における消費電力はむしろ下がる傾向にあると分かった。
- アクセラレータ以外の部分はボトルネックにならないか：今回のアップグレードでは、アクセラレータ以外の CPU, PCI-Express バス、I/O、ネットワーク等には変更を施さなかった。アクセラレータの 2~3 倍の性能向上に対して、他の部分がボトルネックとなりやすい点が問題となった。この問題の緩和については、多方面から研究開発を進行させた。外部バンド幅の性能の影響を受けにくいアルゴリズムの開発や、ネットワークの詳細な研究によりルーティングのボトルネックを緩和する手法を開発した。これらにより、完ぺきではないものの、性能は新世代の I/O やネットワークのそれにかかなり近づいた。実際のアプリケーション性能への影響については、次章に示す。
- ユーザへの影響を最小限にしつつアップグレード可能か：GPU アクセラレータの交換には当然ながら計算ノードの停止を必要とし、アップグレード後にも十分な動作テストが必要である。数千人のユーザを抱える TSUBAME において、ユーザへの影響を最小限にしつつアップグレード可能かが課題となった。基本的な手法としては、1408 ノードを一部ずつ順番にアップグレードすることとした。その際にも、TSUBAME2 において夏季に行っている、一部ノードを昼間に停止させるというピークシフト運用を活用し、ユーザから見える影響を最小限にした。結果として 7 月下旬から始まった交換作業は、予定より早い 8 月末までに終了した。

### 3. TSUBAME2.5 の性能

本章では、TSUBAME2.0 上でアクセラレータを活用し稼働していた種々のアプリケーションの性能が、TSUBAME2.5 上でどのように向上するか示す。下表に代表的なアプリケーションのアップグレード前後の性能を比較するが、おおよそ 1.7 倍から 3.3 倍もの性能向上を果たしていることがわかる。この性能向上が、原則的にユーザへのソフトウェア変更を強いることなく実現されている。

右表の中の Linpack ベンチマークは、スパコン世界ランキング Top500/Green500 で用いられることでも知られる。今回の増強によって Linpack 速度性能は 1.192PFlops から 2.843PFlops へと 2.4 倍の向上を果たしている。ただし TSUBAME2.5 においては、PCI-Express やネットワークのボトルネックの影響を軽減するため、これまでと異なる Linpack 実装が用いられている。

Application	TSUBAME2.0 Performance	TSUBAME2.5 Performance	Boost Ratio
Top500/Linpack 4131 GPUs (PFlops)	1.192	2.843	2.39
Green500/Linpack 4131 GPUs (GFlops/W)	0.958	3.069	3.20
Semi-Definite Programming Nonlinear Optimization 4080 GPUs (PFlops)	1.019	1.713	1.68
Gordon Bell Dendrite Stencil 3968 GPUs (PFlops)	2.000	3.444	1.72
LBM LES Whole City Airflow 3968 GPUs (PFlops)	0.592	1.142	1.93
Amber 12 pmemd 4 nodes 8 GPUs (nsec/day)	3.44	11.39	3.31
GHOSTM Genome Homology Search 1 GPU (Sec)	19361	10785	1.80
MEGADOC Protein Docking 1 node 3GPUs (vs. 1CPU core)	37.11	83.49	2.25

TSUBAME2.5 のアプリケーションの性能向上率

この向上により、TSUBAME2.5 は速度性能ランキング Top500 において、2013 年 6 月の 21 位から 2013 年 11 月に 11 位へのランクアップを果たした。

さらに電力あたりの Linpack 性能は 3.2 倍向上しており、これは絶対速度性能の向上より大きい。これは K20X GPU において実計算実行時の電力が前世代のアクセラレータよりも下がっていることに起因する。電力あたりの性能のランキングである Green500 においては、2013 年 6 月の 92 位から 2013 年 11 月の 6 位へと、大幅なランクアップを果たした。さらに別記事に示す通り、同ランキングにおいては、当センターの超省エネ型スパコンプロトタイプである TSUBAME-KFC が世界一（我が国のシステムとしては初）を獲得しており、Green500 のトップ 10 に本センターから二台のスパコンがランクされた。

#### 4. おわりに

TSUBAME2.0 から TSUBAME2.5 へのアップグレードにより、理論性能で 2.4~3.5 倍、アプリケーション性能においても 1.7~3.3 倍の性能向上を果たした。このアップグレードに伴い、TSUBAME2 の運用期間を 5 年以上へと延長する計画である。次世代 TSUBAME3.0 は、各ベンダーの技術開発動向を鑑みつつ、2015 年度末ごろの稼働を目指している。TSUBAME3.0 では 25~30 ペタフロップスへと大幅な性能向上を果たし、ビッグデータ処理への強力なサポートをはじめ様々な新しいテクノロジーを装備する予定である。その実現に向けて TSUBAME2.5 および TSUBAME-KFC 上でのさらなるテクノロジーの研究開発を行っていく計画である。

## 「Green500 List, Green Graph500 List の世界第 1 位受賞」

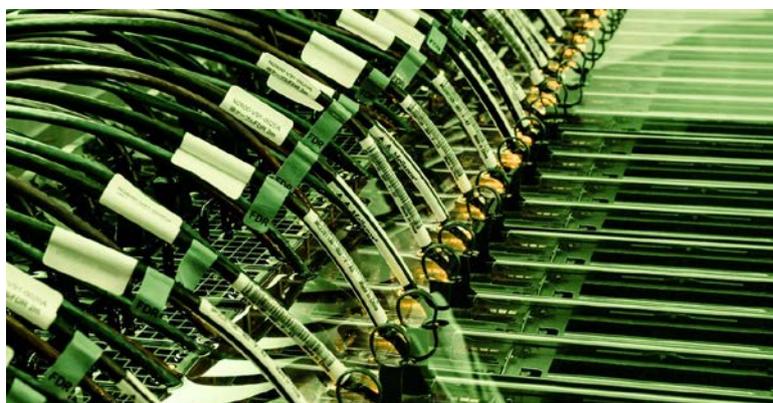
東京工業大学学術国際情報センターに設置されたスーパーコンピュータ TSUBAME-KFC が 2013 年 11 月に発表されたスパコンの電力効率ランキング Green500 List と Green Graph500 List において世界第 1 位を獲得した。

学術国際情報センターでは 2011 年度より文部科学省概算要求「スパコン・クラウド情報基盤におけるウルトラグリーン化技術」プロジェクトを推進しており、次期 TSUBAME 3.0 及び将来のスーパーコンピュータに向けた電力効率の向上を目的とした実証試験設備としてスーパーコンピュータ TSUBAME-KFC の設計、開発を行い、日本電気株式会社により納入され、2013 年 10 月より稼動を開始した。



学術国際情報センター情報棟に隣接する TSUBAME-KFC システム。コンテナ型の実験設備を採用し、屋外にポンプや冷却塔を備える。

TSUBAME-KFC の名称は TSUBAME Kepler Fluid Cooling の略であり、そのシステムの特徴から名づけられている。TSUBAME 2.5 と同様に、本システムの主たる計算装置は各ノードに搭載される NVIDIA 製の Kepler 世代の最新 GPU Tesla K20X であり、またシステム自体を冷媒液に浸す液浸冷却を導入している。液浸冷却状態の計算ノード群。緑色は LED の色によ



るもので、冷媒液自体は無色透明である。冷媒液の流れは非常に緩やかで、気泡がない限り目視は難しい。

計算機の消費電力は勿論重要であるが、その計算機の冷却に必要な設備の消費電力も大

きく、効率のよい冷却手法の開発が不可欠である。初代 TSUBAME の冷却は空冷であるが、Cold Isolation により冷気を計算機に無駄なく送り込む手法を採用した。TSUBAME 2.0/2.5 ではチラーで冷水を作り、この冷水で密閉されたラック内を循環している空気を冷やすことによりさらに無駄を削減し、PUE 1.28 という高い冷却効率を実現している。TSUBAME-KFC では TSUBAME 3.0 以降に向けてさらなる冷却効率を目標に、液浸冷却方式を採用している。

電氣的絶縁性の高い油性冷媒液を用いた強力な液浸冷却方式について米国 Green Revolution Cooling 社と共同研究を進めている。計算ノードを冷媒液に投入して、各プロセッサの発する熱を冷媒液で強力に吸収する。冷媒液を循環させ、熱交換器を介して熱が冷却水へ移される。この温かくなった冷却水を冷却塔によって冷却し、熱は最終的に大気中へ放出される。この方式ではチラーのような消費電力が高い設備が必要なく、冷媒液及び冷却水を循環させるためのポンプ、そして冷却塔内のファンなど消費電力の少ない機器で冷却を実現しているという利点がある。

液浸冷却を使用する場合には計算ノードに加工が必要になる。まずシャーシ内のファンを電源ユニット内のものを含めて全て除去するか、または停止させる。空気用のファンは冷媒液中では負荷が高すぎて電力効率を低下させるからである。その代わりにラック内と熱交換器の間で冷媒液を循環させるポンプによってラック内全体に流れが形成されている。またファンを停止させたことでファンの回転数が異常として報告されるため、ファームウェア等の更新が必要な場合もある。次に主要なプロセッサチップには放熱を強化するためにヒートシンクやヒートスプレッド等が搭載されている。チップとこれらに高い熱伝導性を維持するためにサーマルグリスが使用されている場合にはこれをサーマルシートに置き換える必要がある。グリスは油性冷媒液に浸けた場合に流されてしまうからである。



写真はメンテナンスのために引き上げた計算ノード。通常と異なり計算ノードを垂直方向に引き上げる必要があり、また滑りやすいためクレーンを利用している。引き上げたノードはラックの上に置き、冷媒液は拭き取らずに作業を行う。手馴れた作業員2名による引き上げ作業及びラックへ戻す作業はそれぞれ2分ほどで完了する。

評価機やプロトタイプシステムでの実験により液浸冷却では CPU や GPU の温度を低く抑えることができることが確認された。プロセッサチップの温度を低く保てることは、リーク電流の削減による消費電力の低下に繋がる重要な利点となる。この液浸冷却の冷却能力

の高さに着目し、計算ノードとして 1U サイズに CPU を 2 基、GPU を 2 基と極めて熱密度が高いデザインを選択し、現在まで安定動作させることに成功している。

TSUBAME-KFC の計算ノードの基本構成は TSUBAME 2.5 を踏襲しているが、CPU に Intel Xeon E5-2620V2 Processor (Ivy Bridge EP)、ネットワークに Mellanox FDR InfiniBand と最新のデバイスに更新され、ノード辺りの GPU 搭載数も 3 から 4 へと増強しており、より電力効率を向上させている。TSUBAME-KFC システムの 40 の計算ノードは全て一つのラックに収納されており、その総ピーク演算性能は倍精度で 217.6TFLOPS、単精度で 644.9TFLOPS である。

スーパーコンピュータの世界ランキングである Top 500 List では、LINPACK ベンチマークの実行時の絶対性能によって順位付けを行う。2013 年 11 月のランキングでは TSUBAME-KFC は 150.4TFLOPS の性能（ピーク演算性能の 69.1%に相当）で世界第 311 位にランクされた。スーパーコンピュータの電力効率のランキングである Green500 List では、同じく LINPACK ベンチマークを用いるが、Top 500 List の第 500 位の性能以上のスーパーコンピュータを対象に、電力性能比（ワット辺りの MFLOPS 値）を基準として再度順位付けを行う。2013 年 11 月の Green500 List で TSUBAME-KFC は 4.503GFLOPS/W の電力効率で世界第 1 位を獲得した。日本のスーパーコンピュータが Green500 List で第 1 位を獲得するのは今回が初めてである。



Green500 List 第 1 位の表彰セレモニー。左から Green500 List 運営者の Wu-chun Feng、本センターの松岡聡教授、NVIDIA 社の Sumit Gupta 氏、本センターの額田彰特任准教授、日本電気株式会社の島本浩樹氏、本センターの遠藤敏夫准教授、Green Revolution Cooling 社の Andrew Price 氏と関係者が勢ぞろい。

今回の Green500 List では上位 10 システムが全て Intel Xeon プロセッサと NVIDIA Tesla K20 シリーズの組み合わせであった。これは NVIDIA Tesla K20 シリーズの電力効率の高さによるものであるが、その中でも TSUBAME-KFC が飛びぬけた効率を実現したことには、液浸冷却を採用しているためファンの除去による消費電力の削減、プロセッサ温度の低下による消費電力の削減などの理由がある。

## The Green500 List

Listed below are the November 2013 The Green500's energy-efficient supercomputers ranked from 1 to 10.

Green500 Rank	MFLOPS/W	Site*	Computer*	Total Power (kW)
1	4,503.17	GSIC Center, Tokyo Institute of Technology	TSUBAME-KFC - LX 1U-4GPU/104Re-1G Cluster, Intel Xeon E5-2620v2 6C 2.100GHz, Infiniband FDR, NVIDIA K20x	27.78
2	3,631.86	Cambridge University	Wilkes - Dell T620 Cluster, Intel Xeon E5-2630v2 6C 2.600GHz, Infiniband FDR, NVIDIA K20	52.62
3	3,517.84	Center for Computational Sciences, University of Tsukuba	HA-PACS TCA - Cray 3623G4-SM Cluster, Intel Xeon E5-2680v2 10C 2.800GHz, Infiniband QDR, NVIDIA K20x	78.77
4	3,185.91	Swiss National Supercomputing Centre (CSCS)	Piz Daint - Cray XC30, Xeon E5-2670 8C 2.600GHz, Aries interconnect, NVIDIA K20x Level 3 measurement data available	1,753.66
5	3,130.95	ROMEO HPC Center - Champagne-Ardenne	romeo - Bull R421-E3 Cluster, Intel Xeon E5-2650v2 8C 2.600GHz, Infiniband FDR, NVIDIA K20x	81.41
6	3,068.71	GSIC Center, Tokyo Institute of Technology	TSUBAME 2.5 - Cluster Platform SL390s G7, Xeon X5670 6C 2.930GHz, Infiniband QDR, NVIDIA K20x	922.54
7	2,702.16	University of Arizona	iDataPlex DX360M4, Intel Xeon E5-2650v2 8C 2.600GHz, Infiniband FDR14, NVIDIA K20x	53.62
8	2,629.10	Max-Planck-Gesellschaft MPI/IPP	iDataPlex DX360M4, Intel Xeon E5-2680v2 10C 2.800GHz, Infiniband, NVIDIA K20x	269.94
9	2,629.10	Financial Institution	iDataPlex DX360M4, Intel Xeon E5-2680v2 10C 2.800GHz, Infiniband, NVIDIA K20x	55.62
10	2,358.69	CSIRO	CSIRO GPU Cluster - Nitro G16 3GPU, Xeon E5-2650 8C 2.000GHz, Infiniband FDR, Nvidia K20m	71.01

\* Performance data obtained from publicly available sources including TOP500

Ranks 1 - 100

Ranks 101 - 200

Ranks 201 - 300

Ranks 301 - 400

Ranks 401 - 500

Downloads

Microsoft Excel™ Spreadsheet (.xls)

Comma Separated Values (.csv)

2013年11月版のGreen500 List の上位10システム

<http://www.green500.org/lists/green201311>

LINPACK ベンチマークの代わりにビッグデータ系のベンチマークとしてグラフ処理を対象としたスーパーコンピュータのランキングとして Graph 500 List がある。このグラフ処理に対しても同様に電力効率を競うランキング Green Graph500 List がある。問題サイズによって Big Data 部門と Small Data 部門に分かれているが、同じく2013年11月の Big Data 部門で TSUBAME-KFC が世界第1位を獲得することができ、省エネランキングで2冠を達成した。グラフ処理のアルゴリズムの研究は科学技術振興機構戦略的創造研究推進事業による研究課題「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」（代表者：中央大学教授藤澤克樹）による成果であり、同プロジェクトには東京工業大学からも多くの研究者が参画している。



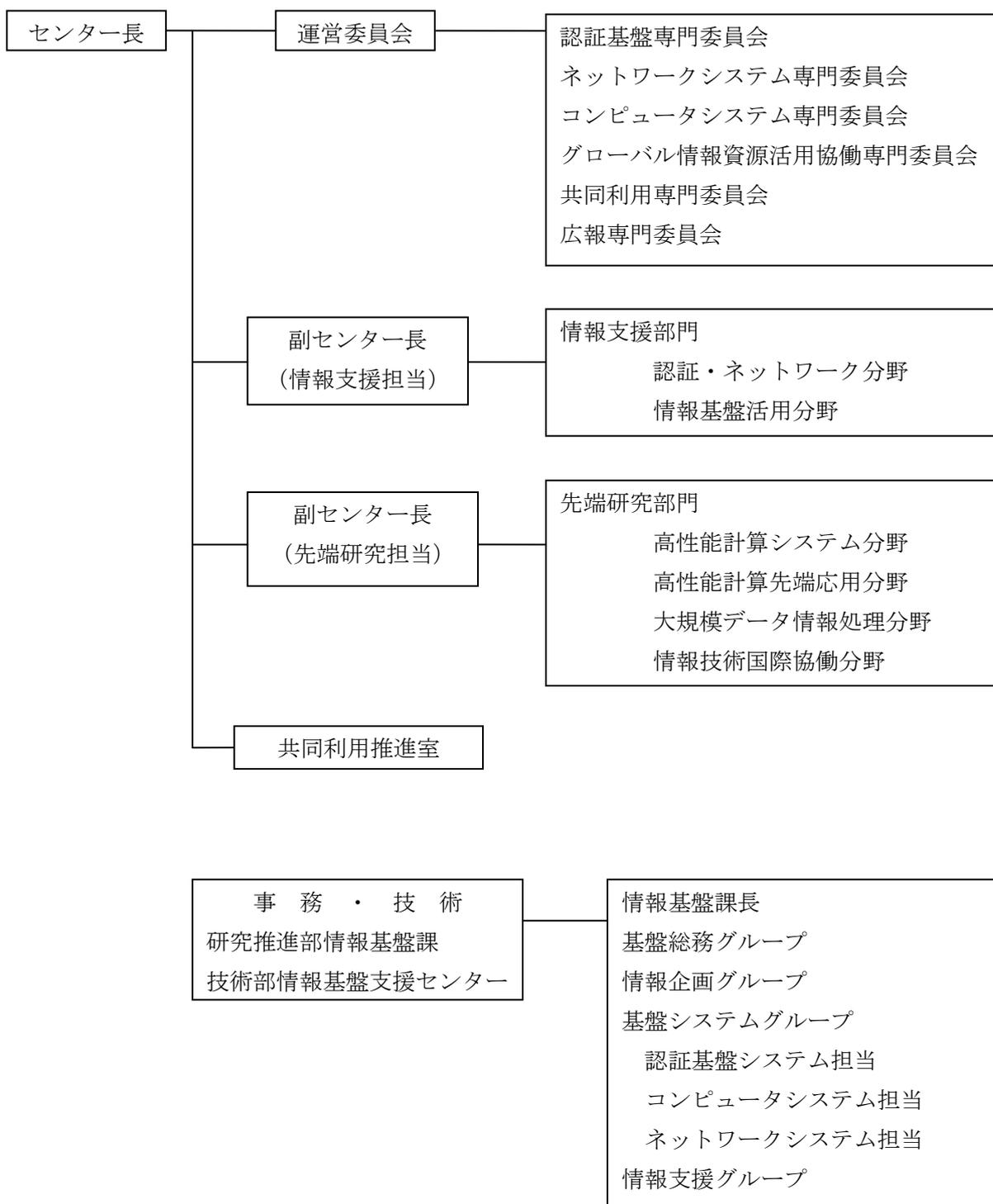
グラフ処理研究者チーム



Green Graph500 第1位の賞状

# 1. 組織・運営

## 1-1 組織図



## 1-2 教員一覧および人事異動

センター長（兼）	教授	佐伯 元司【大学院情報理工学研究科】	
副センター長（情報支援担当）（兼）	教授	山田 功【大学院理工学研究科】	
副センター長（先端研究担当）（兼）	教授	青木 尊之（高性能計算先端応用分野）	

### 情報支援部門（認証・ネットワーク分野/情報基盤活用分野）

教 授	山口 雅浩	
教 授	権藤 克彦	
教授（兼）	友石 正彦	
准 教 授	飯田 勝吉	
准 教 授	松浦 知史	26. 1. 1
助 教	渡邊 陽介	
特任助教	金 勇	25. 10. 1
特任助教	嶋村 昌義	
特任助教	村上 百合	
産学官連携研究員	木村 文一	
産学官連携研究員	浦谷 芳幸	

### 先端研究部門（高性能計算システム分野/高性能計算先端応用分野

#### 大規模データ情報処理分野/情報技術国際協働分野）

教 授	青木 尊之	
教 授	松岡 聡	
教 授	山口 しのぶ	
准 教 授	PIPATPONGSA THIRAPONG	
准 教 授	関嶋 政和	
准 教 授	遠藤 敏夫	
特任准教授	渡邊 寿雄	
特任准教授	額田 彰	
助 教	下川辺 隆史	
特任助教	佐藤 仁	
特任助教	小野寺 直幸	
特任助教	三浦 信一	
産学官連携研究員	野村 哲弘	
産学官連携研究員	DOMKE. Jens	25. 9. 29
客員教授	小林 宏充	

客員教授

客員教授

客員教授

客員准教授

客員准教授

折田 正弥

PARAYIL GOVINDAN

JAVZAN SUKHBAATAR

25. 6. 12~8. 9

丸山 直也

稲富 雄一

25. 6. 1~

#### 共同利用推進室

室長(兼務) 教 授

副 室 長 教育研究支援員

特任准教授

教育研究支援員

事 務 員

青木 尊之

佐々木 淳

渡邊 寿雄

松本 豊

仲川 愛理

### 1-3 事務組織

情報基盤課長 松原 康夫

#### 基盤総務グループ（庶務及び会計）

グループ長	大竹 祐司	～25. 6. 30
グループ長	森澤 淳一	25. 7. 1
主 任	永山 京子	
ス タ ッ プ	板倉 有希	
補 佐 員	金子 純子	
補 佐 員	宮口 豊子	～25. 9. 30
補 佐 員	土井 淳子	
補 佐 員	寺瀬 眞知子（国際棟事務室）	～26. 3. 31

#### 情報企画グループ

グループ長	松原 康夫（兼任）
主 任	森谷 寛
ス タ ッ プ	田島 義久
ス タ ッ プ	林 宏樹
補 佐 員	伊藤 智子

#### 基盤システムグループ

グループ長 小野 忍

##### 認証基盤システム担当（認証基盤システムの構築・運用・管理）

主 査	井上 進
ス タ ッ プ	昆野 長典
ス タ ッ プ	山崎 孝治
技術専門員	太刀川 博之
技術職員	新里 卓史
技術職員	一瀬 光
技術職員	橋本 重治
技術職員	伊藤 剛
技 術 員	中井 拓人

##### コンピュータシステム担当（研究・教育用計算機システムの運用管理、ソフトウェア 包括契約に関する業務）

グループ長 小野 忍

スタッフ	鶴見 慶
スタッフ	梁井 善之
補佐員	山田 章代
技術専門員	根本 忍
技術職員	安良岡 由規
技術職員	藤田 和宏

ネットワークシステム担当（学内基幹ネットワークの運用管理）

スタッフ	谷口 公洋	25.8.1
補佐員	木下 裕子	
技術職員	隅水 良幸	
技術職員	大場 準也	
技術職員	岸本 幸一	

情報支援グループ

グループ長	江尻 佳代
スタッフ	野村 綾子
スタッフ	磯野 涼子
補佐員	岩崎 敏則

### 1-4 各種委員会メンバー一覧

運営委員会・専門委員会委員構成 平成25年度										
職名	氏名	運営委員会	認証証盤	ネットワーク	コンピュ システム	研究系	教育系	グローバル資源	共同利用	広報
センター長	教授 佐伯 元司	○	○						○	○
副センター長	教授 山田 功	○	○	○		○				
副センター長	教授 青木 尊之	○	○					○	○	○
学情セ	教授 山口 雅浩	○	○	○		○				
学情セ	教授 権藤 克彦	○	○	○			○			○
学情セ/大学マネ	教授 友石 正彦	○	○	○		○				
学情セ	教授 松岡 聡	○	○	○		○		○	○	
学情セ	教授 山口 しのぶ	○	○				○			
学情セ	准教授 Pティラボン	○	○			○		○		○
学情セ	准教授 飯田 勝吉	○	○	○						
学情セ	准教授 関嶋 政和	○	○			○		○	○	○
学情セ	准教授 遠藤 敏夫	○	○	○		○				○
学術セ	准教授 松浦 知史	○	○	○						
理工学(理学系)	准教授 志賀 啓成	○	○							
理工学(工学系)	准教授 岡本 昌樹	○	○			○				
生命理工(バイオ)	教授 櫻井 実	○	○				○		○	
総理工	教授 中村 健太郎	○	○			○				
情報理工	教授 横田 治夫	○	○							
社会理工	教授 西原 明法	○	○			○		○		
イノベーション	教授 二宮 祥	○	○							
資源研	准教授 関 宏也	○	○	○			○			
精密研	准教授 宮本 晋之	○	○							
応セラ研	准教授 須崎 友文	○	○							
原子炉研	准教授 高橋 実	○	○			○		○		
教育推進室(社理工)	教授 肥田野 登	○	○							
研究戦略室(情理工)	准教授 田中 圭介	○	○							
国際室(理工学)	教授 高田 潤一	○	○			○		○		
教育工学開発センター長	教授 松澤 昭	○	○				○			
留学生センター長	教授 須佐 匡裕	○	○					○		
外国語研究教育セ	教授 小川 高義	○	○							
附属図書館長	教授 高橋 栄一	○	○							
附属高校長	教授 齋藤 義夫	○	○							
地球生命研究所	教授 牧野 淳一郎	○	○							
学情セ	特任准教授 渡邊 寿雄								○	○
学情セ	助教 渡邊 陽介		○							○
学情セ	助教 下川辺 隆史					○			○	○
学情セ	特任助教 佐藤 仁					○				
学情セ	特任助教 三浦 信一					○				
理工学(理学系)	准教授 植草 秀裕			○						
理工学(理学系)	准教授 村山 光孝			○						
理工学(理学系)	教授 河合 誠之		○							
理工学(理学系)	教授 齊藤 晋								○	
理工学(理学系)	助教 岡元 太郎					○				
理工学(工学系)	准教授 山下 幸彦			○						
理工学(工学系)	准教授 山岡 克式			○						
理工学(工学系)	准教授 川内 進								○	
理工学(工学系)	教授 店橋 護								○	
理工学(工学系)	准教授 高橋 安治		○							
理工学(工学系)	教授 神田 学					○				
総理工	准教授 杉野 暢彦			○						
総理工	教授 山村 雅幸			○						
総理工	准教授 肖 鋒							○		
総理工	教授 新田 克己					○		○		
総理工	教授 伊東 利哉		○	○						
生命理工	教授 黒川 顕					○				
生命理工	教授 伊藤 武彦			○						
情報理工	教授 秋山 泰					○				
情報理工	教授 徳永 健伸			○						
情報理工	准教授 西崎 真也		○							
情報理工	准教授 脇田 建			○				○		
情報理工	准教授 首藤 一幸			○						
情報理工	准教授 鹿島 亮		○					○		
情報理工	教授 篠田 浩一					○				
情報理工	准教授 渡部 卓雄							○		
情報理工	准教授 原 精一郎							○		
社会理工	准教授 赤間 啓之							○		
社会理工	教授 室田 真男			○						
社会理工	助教 棟尾 洋介			○						
イノベーション	教授 尾形 わかほ			○						
精密研	教授 奥村 学			○						
精密研	教授 奥村 学			○						
附属高校	教諭 仲道 嘉夫			○						
東京大学	准教授 片桐 孝洋								○	
国立情報学研究所	副所長 安達 淳								○	
名古屋大学	教授 太田 元規								○	
筑波大学	准教授 建部 修見								○	
電気通信大学	教授 成見 哲								○	
NTTメディアインテリ ジェンス研究所	主任研究員 高村 誠之								○	
ニューメリカルテク ノロジーズ	代表取締役社長 鳥居 秀行								○	
事務局	事務局長 山口 敏	○								
教務課	課長 草薙 久男		○							
施設整備課	主任 三好 立志			○						
施設安全企画課	課長 安達 元英		○							
情報図書館課	課長 小川 聡		○							
情報基盤課	課長 松原 康夫		○					○		○
事務情報企画課	課長 田中 昇		○							
学情セ	教育研究支援員 佐々木 淳								○	

○ 委員長

## 1-5 運営委員会開催状況

### 第1回運営委員会

開催日 2013年5月13日（月）

#### 1. 審議事項

- (1) 副委員長の選出について
- (2) 平成25年度客員教員選考について
- (3) 准教授再任審査委員会の設置について
- (4) 情報支援部門准教授選考委員会設置について
- (5) 情報支援部門認証・ネットワーク分野特任助教選考委員会設置について
- (6) マサチューセッツ総合病院（MGH:Massachusetts General Hospital）

#### 2. 報告事項

- (1) 専門委員会委員の選出について
- (2) 情報基盤統括室の体制の整備について
- (3) 平成25年度先端研究施設共用促進事業について
- (4) 平成25年度重点施策調の査定結果について
- (5) 平成25年度第1回情報基盤統括室会議報告
- (6) 平成24年度のTSUBAMEの利用状況について
- (7) ラオス国ルアンパバーン世界遺産局との協定更新について
- (8) TSUBAME2.0における高使用CPUアプリケーションのアクセラレータへの移植支援サービスについて
- (9) 各専門委員会・部門報告
- (10) 業務報告

### 第2回運営委員会

開催日 2013年9月5日（木）

#### 1. 審議事項

- (1) 情報支援部門認証・ネットワーク分野准教授再任審査委員会報告について
- (2) 先端研究部門大規模データ情報処理分野准教授再任審査委員会報告について
- (3) 情報支援部門認証・ネットワーク分野特任助教選考報告について
- (4) GPUコンピューティング研究会会則の規定について

#### 2. 報告事項

- (1) 平成25年度学術国際情報センター執行計画（案）について
- (2) 第19回スーパーコンピューティングコンテストについて

- (3) 各専門委員会・部門報告
- (4) 業務報告

### 第3回運営委員会

開催日 2013年10月23日(水)

#### 1. 審議事項

- (1) 情報支援部門 認証・ネットワーク分野 准教授の選考について
- (2) 客員研究員の受入について
- (3) 海外交流学生の終了認定について

#### 2. 報告事項

- (1) ミュンヘン工科大学との **TSUBAME** を利用した国際共同研究協定締結について
- (2) 各専門委員会・部門報告

### 第4回運営委員会

開催日 2014年3月14日(金)

#### 1. 審議事項

- (1) 学術国際情報センター情報支援部門情報基盤活用分野助教選考委員会設置について
- (2) 平成26年度学術国際情報センター客員教員の選考について
- (3) 平成26年度学術国際情報センター特任教員称号付与について
- (4) 準客員研究員の受入について
- (5) 海外交流学生の入学について

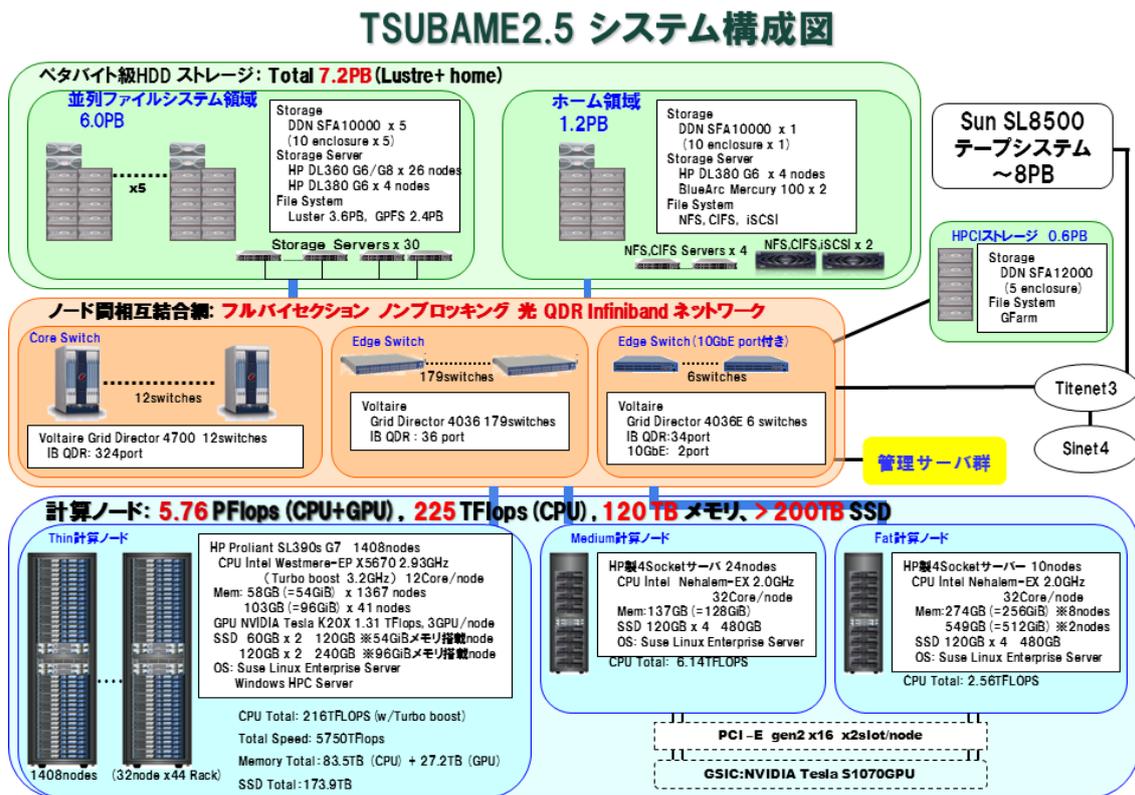
#### 2. 報告事項

- (1) **TSUBAME** 課金改正について(3月3日メール審議承認済)
- (2) 各部局等における平成25年度計画の実績報告提出および平成26年度計画の策定並びに平成25事業年度業務実績報告書に係る収容定員未充足の状況について
- (3) 各専門委員会・部門報告
- (4) 業務報告

## 2. 情報基盤サービス

### 2-1 スーパーコンピュータシステム

#### 2-1-1 構成



平成 22 年 11 月より TSUBAME Grid Cluster (TSUBAME1.2) に代わり「クラウド型グリーンスーパーコンピュータ」TSUBAME2.0 を導入、平成 25 年 9 月には GPU を入れ替えることで性能・電力効率を向上させた TSUBAME2.5 として運用している。

TSUBAME2.5 は NEC のシステムインテグレーション技術を中心に、Intel、HP、NVIDIA、DataDirect Networks、Voltaire 等の優れた技術を用いて構築されており、大規模並列計算機及び流体解析・構造解析・計算科学等の大規模計算処理をおこなう HP 社のサーバ群及び NVIDIA 社の GPU (総合演算性能(ピーク) 5.76PFlops)、ペタバイト級 HDD ストレージ(総容量 7.13PB) で構成されている。(前システムと比べ演算性能で約 67 倍、ディスク容量で約 7 倍の性能向上)

平成 25 年 11 月に発表された Top500 のランキングで 1.19PFlops で世界第 11 位、スーパーコンピュータの省エネランキングである The Green500 では 3,068.71MFlops/W で世界第 6 位にランキングされた。

なお、性能向上前の TSUBAME2.0 は、平成 24 年 2 月、スーパーコンピュータ界の業界紙として広く信頼を集めている HPC Wire 紙上にて TOP500、Graph500、GREEN500 の指標を基に解析が行われ、世界をリードするトップランクのスーパーコンピュータであるとの評価を受けている。

([http://www.hpcwire.com/hpcwire/2012-02-02/number\\_crunching,\\_data\\_crunching\\_and\\_energy\\_efficiency:\\_the\\_hpc\\_hat\\_trick.html](http://www.hpcwire.com/hpcwire/2012-02-02/number_crunching,_data_crunching_and_energy_efficiency:_the_hpc_hat_trick.html))

○演算ノード： HP ProLiant SL390s、 HP ProLiant DL380 G7

【ハードウェア構成】

ノード数	Thin ノード	1,408
	Medium ノード	24
	Fat ノード	10
	計	1,442
プロセッサ	Thin ノード	Intel Xeon X5670(2.93GHz)×2
	Medium、 Fat ノード	Intel Xeon X7550(2.0GHz)×4
プロセッサ数	2,952CPU / 17,984 Core	
GPU	NVIDIA Tesla K20X	
GPU 数	4,224 GPU / 11,354,112 Core	
演算性能	5.76PFlops (ピーク性能)	
主記憶容量	110.7 テラバイト	

【ソフトウェア構成】

OS	Linux, Windows Server
コンパイラ等	C, C++, Fortran
ライブラリ	OpenMP, MS MPI, CUDA, CULA
アプリケーション	PGI CDK, Intel compiler, ABAQUS, MD NASTRAN, PATRAN, ANSYS, LS-DYNA, Fluent, AVS/Express PCE, AVS/Express Developer, EnSight, AMBER, MOPAC, Molpro, Gaussian, GaussView, Linda, Scigress, Materials Studio, Discovery Studio, Mathematica, Maple, MATLAB

○高速フーリエ変換演算加速装置： TESLA S1070

【ハードウェア構成】

台数	170 台
演算性能	59TFlops (ピーク性能)

○ペタバイトスケール・データアーカイブ： Sun SL8500

【ハードウェア構成】

台数	2 台
総容量	4PB(非圧縮時、LT04 テープ 5000 巻使用)

## 2-1-2 運用

### 1) 24 時間運転

計算機システムは定期点検を除き、1 日 24 時間 365 日運転している。従って、利用者はキャンパスネットワークを介し、研究室から 24 時間計算機システムを利用することができる。

### 2) 大岡山センター及びすずかけ台分室の夜間利用

平成 22 年度の耐震工事の際に室内監視カメラ等の設備が撤去されたため、平成 23 年 4 月 1 日以降は夜間利用を行っていない。

平成 25 年度末に監視カメラを再設置したことにより、夜間利用再開を検討する予定である。

### 3) ホスティングサービス

TSUBAME2.5 の一部を利用して学内向けホスティングサービスを行っており 2014 年 3 月末現在、以下の合計 55 プロジェクトが TSUBAME ホスティングを利用している。

仮想ホスティングサービス(37 プロジェクト)
1. WEB サーバ代行サービス
2. HPCI 管理システム
3. Tokyo Titech OCW
4. Open Course Ware
5. 化学物質管理支援システム
6. 環境安全衛生教育システム
7. 総合プロジェクト支援センター
8. 研究力 DB(高度化プロジェクト)
9. TAMEDAS (Tokyo Tech Alumni Member Database System) 事業
10. 応用セラミック研究所ホームページ
11. 東工大名簿システム
12. Tokyo Tech E-Learning for Information Technology Education
13. アジアにおける都市水環境の保全・再生のための研究教育拠点事業
14. 大学情報データベース
15. 電気電子工学専攻・電子物理工学専攻ホームページ
16. 生命時空間ネットワーク進化型教育研究拠点
17. 国際開発工学専攻 web サーバ
18. 原子炉工学研究所 Web システム
19. 施設運営部建物情報管理システム
20. STAR サーチ
21. 通時コーパスによる古代語話しことばの再現プロジェクト
22. 教務 WEB システムバックアップサーバ
23. 教務基幹システムバックアップサーバ
24. 授業評価アンケートシステム
25. 多言語対応日本語読解学習支援システムあすなる
26. 広報センター

27. 情報基盤支援センターWeb フォーム提供サーバ
28. TOKYO TECH OCW
29. 東工大元素戦力拠点
30. グローバル人材育成推進支援室ホームページ管理システム
31. 研究企画課グループウェア導入
32. グループウェア導入評価
33. 研究戦略推進センタースケジュール管理
34. 地球生命研究所 Web サーバ
35. 高大連携プロジェクト
36. 認証基盤システム担当
37. 教育システム

個別ホスティングサービス(2プロジェクト)
1. 人事給与 web システム、物品等請求システム、出張旅費システム、財務会計システム等 (事務局)
2. 教務 WEB サービス (学務部)

ライセンスサーバホスティング(16プロジェクト)	
アプリケーション名	プロジェクト名
1. Atomistix	---
2. Agilent EMPro 2008	大規模空間での高い周波数におけるアンテナ伝播・電磁界シミュレーション
3. Fluent FC モジュール	---
4. COMSOL Multiphysics	COMSOL Multiphysics による連成解析・電磁応力解析
5. sysnoise	折り紙工学の産業への応用
6. MATLAB	平成 20 年度文部科学省大学院教育改革支援プログラム PBL と論文研究を協調させた教育の実践
7. Metacomp CFD++	素反応過程を考慮した燃焼シミュレーション技術の開発
8. MATLAB	旧機械系 COE MATLAB 利用グループ
9. PGI SV Compiler Linux	学外者用 PGI コンパイラ
10. Intel Cluster Toolkit Compiler Edition	学外者用 INTEL コンパイラ
11. Fluent FC モジュール	燃料電池のシミュレーション
12. MATLAB	旧教育用電子計算機システム MATLAB(学内配布用)
13. COMSOL	TSUBAME による MEMS 構造解析
14. SCRYU/Tetra	熱流体解析ソフトウェア
15. Materials Studio	化学アプリケーション
16. COMSOL	伝熱・流体達成解析を用いたレーザ加工減少の解明

## 2-1-3 実績

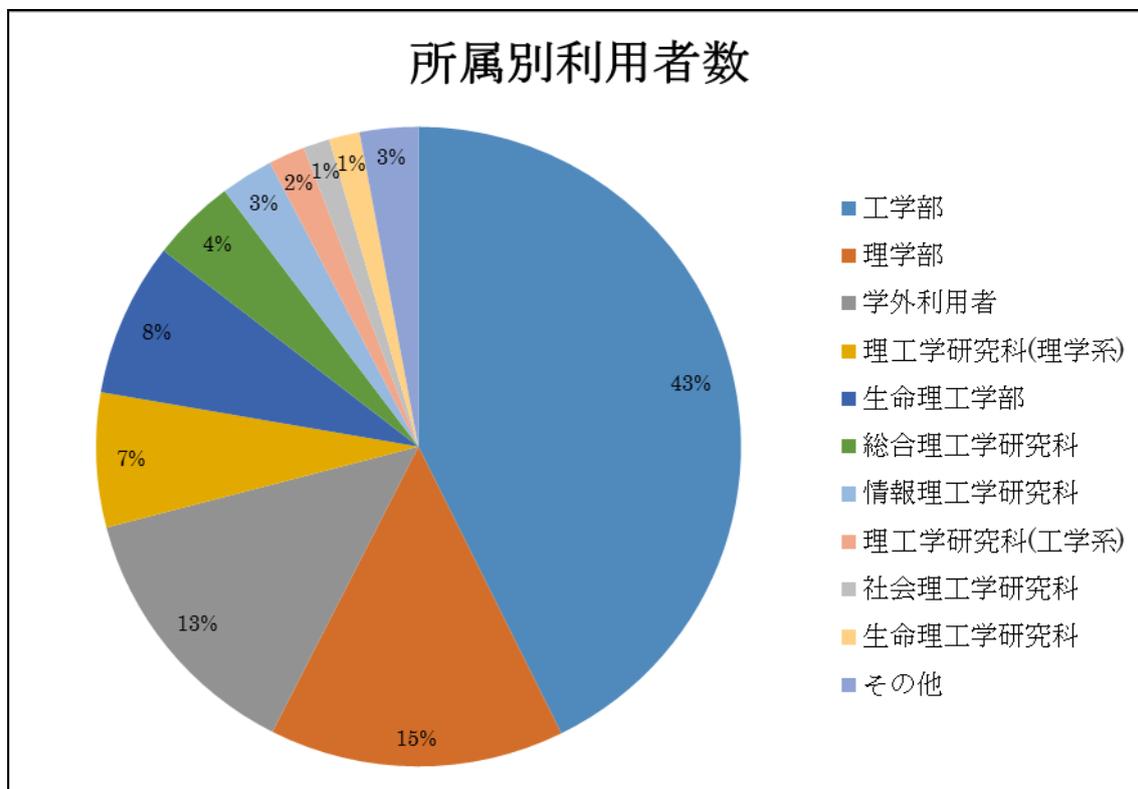
### ◎H25 年度計算機利用料収入内訳

総収入		134,783,500
学内		56,774,500
学外	国立大学／大学共同利用機関	9,329,000
	公立大学	211,000
	私立大学	1,323,000
	独立行政法人	2,426,000
	民間	64,499,000
	その他	221,000

### ◎利用者登録状況

平成 25 年									平成 26 年		
4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月
8243	8337	8408	8468	8461	8523	8535	8604	8662	8669	8695	8702

### ◎所属別登録状況



◎システム利用状況

		インタラクティブ	バッチキュー			予約キュー		
		ログイン数	ジョブ件数	CPU 時間 (時)	GPU 割り当て数	提供ノード数	利用ノード数 <sup>*1</sup>	利用グループ数
H25年	4月	680	29,796	592,390	92,245	7,560	436	2
	5月	683	201,755	1,186,440	125,814	13,020	256	8
	6月	646	57,589	1,090,059	278,594	12,600	700	7
	7月	691	50,941	1,137,709	134,408	7,696	262	4
	8月	661	88,817	914,286	79,966	4,464	96	6
	9月	575	133,530	817,477	126,616	5,788	3,024	22
	10月	828	53,593	1,517,752	192,403	9,660	2,668	14
	11月	761	69,365	1,483,313	146,340	12,600	2,608	14
	12月	711	1,950,211	1,823,369	286,104	11,340	7,020	45
H26年	1月	710	211,774	1,845,666	329,256	10,920	6,065	43
	2月	570	91,230	1,343,120	192,175	11,760	5,644	59
	3月	491	46,406	1,388,323	261,127	7,980	7,246	110
合計		-	2,985,007	15,139,904	2,245,048	112,605	45,885	442

\*1： 予約キューは予約が入っていない場合、短時間キューとして運用

\*2： 予約キューは節電のため平日縮退運転

\*3： 予約キューは実行機会均等化のため休日サービス停止

◎システム障害件数

	平成 25 年									平成 26 年			合計
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	
ソフトウェア	2	1	7	23	14	24	3	2	6	10	3	4	99
ハードウェア	97	79	44	64	194	135	39	38	39	121	183	214	1,247
その他	18	61	31	44	40	47	47	53	36	44	35	24	480
月小計	117	141	82	131	248	206	89	93	81	175	221	242	1,826

◎運用実績

平成 25 年 4月 2日 16:00	TSUBAME2.0 計算サービスの平成 25 年度運用開始
------------------------	--------------------------------

4月2日 16:00～ 4月5日 17:00	グラウンドチャレンジ実施に伴うサービス停止(全ノード)
4月8日 4月11日～17日	グラウンドチャレンジ実施に伴うHキュー停止(420ノード)
4月30日～6月14日	平成25年度前期TSUBAME講習会の開催
7月1日～9月30日	ピークシフト運用の実施
8月9日 9:00～ 8月16日 10:00	夏季一斉休業及び夏季法令停電に伴うTSUBAMEサービス停止
9月15日～	TSUBAME2.5正式運用開始
9月12日 9:00～ 13日 12:00	TSUBAME2.5性能測定及びグラウンドチャレンジ実施に伴うサービス停止(全ノード)
9月20日 9:00～ 24日 12:00	
10月3日 10月8日～14日	グラウンドチャレンジ実施に伴うH/Xキュー停止(420ノード)
10月2日～11月8日	平成25年度後期TSUBAME講習会の開催
12月28日～ 平成26年1月5日	年末におけるH/Xキューの停止
平成26年 3月18日～19日	グラウンドチャレンジ実施に伴うH/Xキュー停止(420ノード)
2月1日	Xキューの終了時刻延長(午前8時まで→午前9時まで)
3月20日～26日	年度末におけるH/Xキューの停止
3月27日 9:00～ 4月2日 16:00	年度末メンテナンスに伴うサービス停止

◎TSUBAME 2.5 キュー構成

サービス	キュー名	用途	ノード数 コア数 スレッド数	時間制限	メモリ制限	並列数 上限	備考
無料	インタラクティブ	デバック, ジョブ投入	20 240 480	30分	6GB	4	*9
無料	S	中規模並列	300 3600 7200*13	1～4日	1GB*4 (54GBまで)	7200	*14
従量	S96	54GB以上のメモリ	41 492 984	1～4日	1GB*4 (96GBまで)	984	*5
従量	L128	96GB以上のメモリ	10 320 640	1～4日	1GB*4 (128GBまで)	640	*6

従量	L128F	96GB以上のメモリ GPUあたり6GBのメモリ	10 320 640	1~4日	1GB** (128GBまで)	640	*6
従量	L256	128GB以上のメモリ	8 256 512	1~4日	1GB** (256GBまで)	512	*7
従量	L512	256GB以上のメモリ	2 64 128	1~4日	1GB** (512GBまで)	128	*8
従量	G	GPU専用	480 1920 3840	1~4日	1GB**	無制限	G側でコア指定は不可能
定額	V	ノード内並列	440 3520 7040	1~4日	1GB**	割当による**10	仮想環境
定額	Vw	WindowsHPC*1	40ノード**12	1~4日	1GB**	割当による**11	仮想環境
定額	Sw	WindowsHPC*1	8ノード**12	1~4日	1GB**	192	native
予約	H** X**14	大規模並列	420 5040 10080	スロット時間	1GB**	10080	予約期間はssh接続可能

1. 事前の利用準備が必要です。
2. 利用状況に応じて動的に配置されます。
3. 利用するためには事前に予約システムでスロットの予約を行う必要があります。(最小ノード数：16ノード、最大スロット数：7)  
予約方法に関しては『TSUBAME2.0利用ポータル利用の手引き』を参照して下さい。
4. 「mem」オプションで変更可能です。詳細は『TSUBAME2.0利用の手引き』の「5.5 メモリサイズの指定」を参照して下さい。
5. Sに比して1.2倍の課金がかかります。(使用時間に1.2倍の係数がかかります)
6. Sに比して2倍の課金がかかります。(使用時間に2倍の係数がかかります)
7. Sに比して4倍の課金がかかります。(使用時間に4倍の係数がかかります)
8. Sに比して8倍の課金がかかります。(使用時間に8倍の係数がかかります)
9. 経過時間ではなく、プロセスごとのCPU時間が最大30分となります。
10. 1ユニットあたり、64CPU(64並列または64本のシングルジョブ)となります。
11. 1ユニットあたり、24CPU(24並列または24本のシングルジョブ)となります。
12. 別途用意されている『TSUBAME2.0 Windows 環境利用の手引き』を参照して下さい。
13. ジョブの混雑状況に応じて割り当てが増える可能性があります。
14. Sキューに投球されたジョブのうち、翌日8時までに終了するアレイ以外のジョブはXキューとして、Hキューの予約が無いマシンに割り当てます。(Xキューは通常見えません)

#### ※ノード割り当てポリシーについて

ノードのユーザーへの割り当て方法によって、占有ノードと共有ノードの2種類に分けられます。

##### 占有ノード

各ノードは、1つのジョブによって占有されます。1つのジョブが複数のノードを使用することも可能です。S、L128、L256、L512、S96、Gキューおよび予約キューのノードが該当します。

#### **共有ノード**

各ノード内で、リソースが許す範囲で不特定多数のユーザーによる複数のジョブが実行されることがあります。1つのジョブが複数のノードを使用することも可能です。Vキューのノードが該当します。

## 2-1-4 TSUBAME におけるアプリケーション利用状況と利用分野

先端研究部門 高性能計算システム分野 助教 下川辺 隆史

### TSUBAME におけるアプリケーション利用状況

TSUBAME には様々な有償アプリケーションおよびフリーアプリケーションが導入されている。TSUBAME に導入された代表的な有償・フリーアプリケーションの利用状況について、2013 年度（2013 年 4 月 1 日-2013 年 3 月 31 日）にこれらのアプリケーションを使用したユーザ数、およびアプリケーションが使用したプロセス数、プロセス CPU 時間を示す。

#### (1) アプリケーションを使用したユニークユーザ数

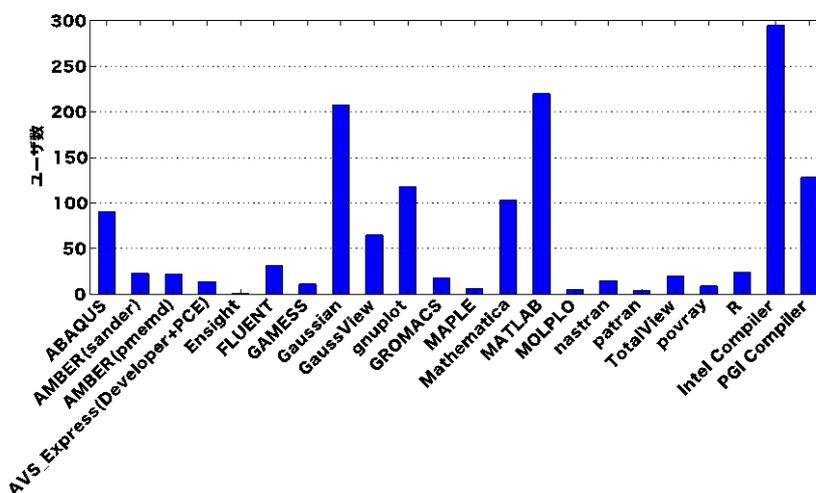


図 1 : アプリケーションを使用したユニークユーザ数

#### (2) アプリケーションが使用したプロセス数

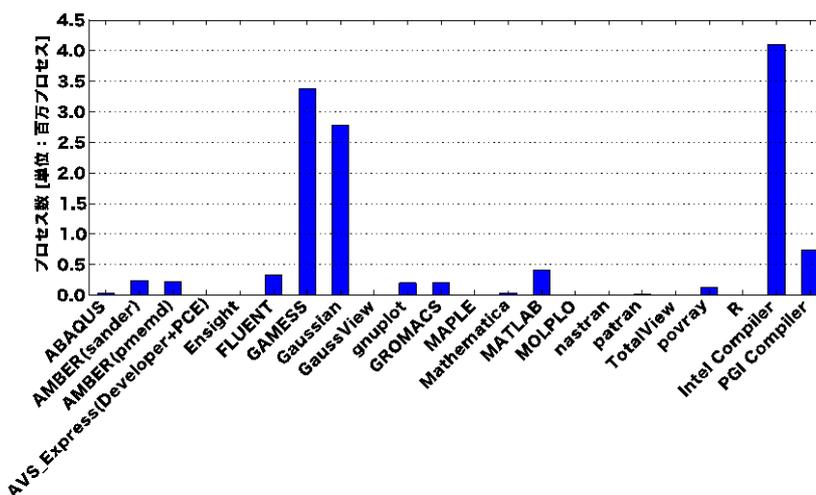


図 2 : アプリケーションが使用したプロセス数

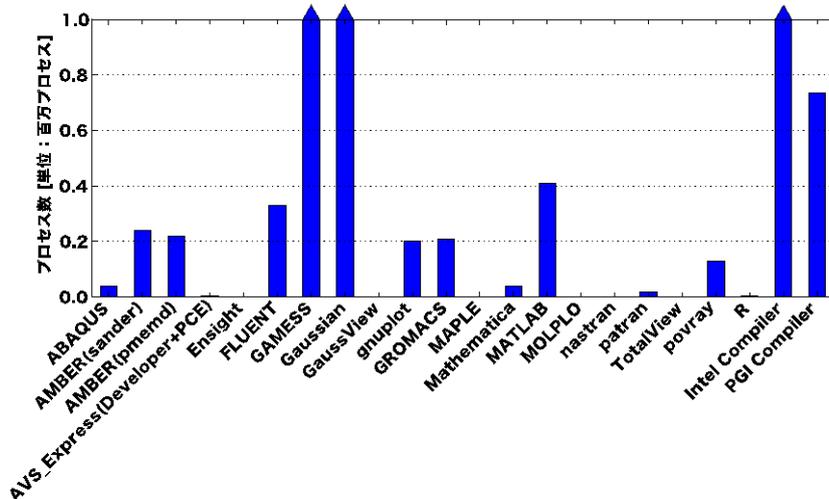


図 3 : アプリケーションが使用したプロセス数 (前図の百万プロセス数までを拡大)

### (3) アプリケーションが使用したプロセス CPU 時間

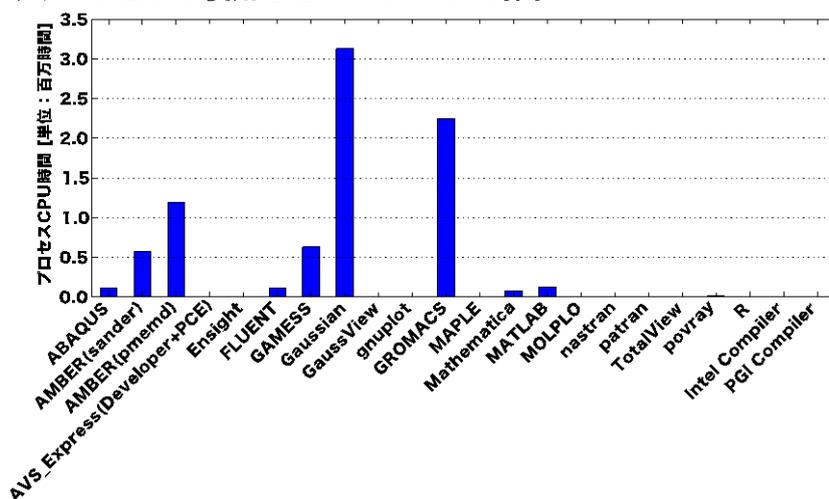


図 4 : アプリケーションが使用したプロセス CPU 時間

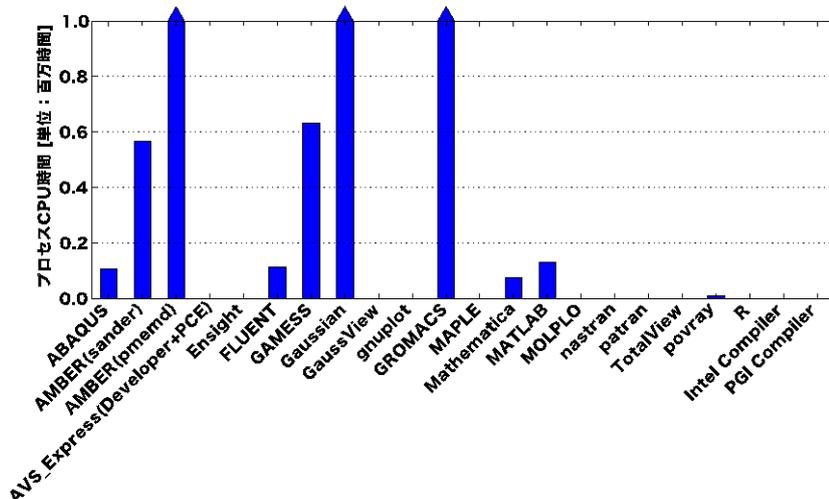


図 5 : アプリケーションが使用したプロセス CPU 時間 (前図の百万時間までを拡大)

## TSUBAME の利用分野

TSUBAME は様々な専門分野をもつ研究者による研究活動、民間企業による研究開発、また学内の講義や講習会など教育に使用されている。以下に TSUBAME の利用分野の内訳について示す。各ユーザが TSUBAME アカウントを作成した際に登録した利用目的（研究分野、教育など）と各ユーザの使用した TSUBAME ポイントに基づいて、算出している。

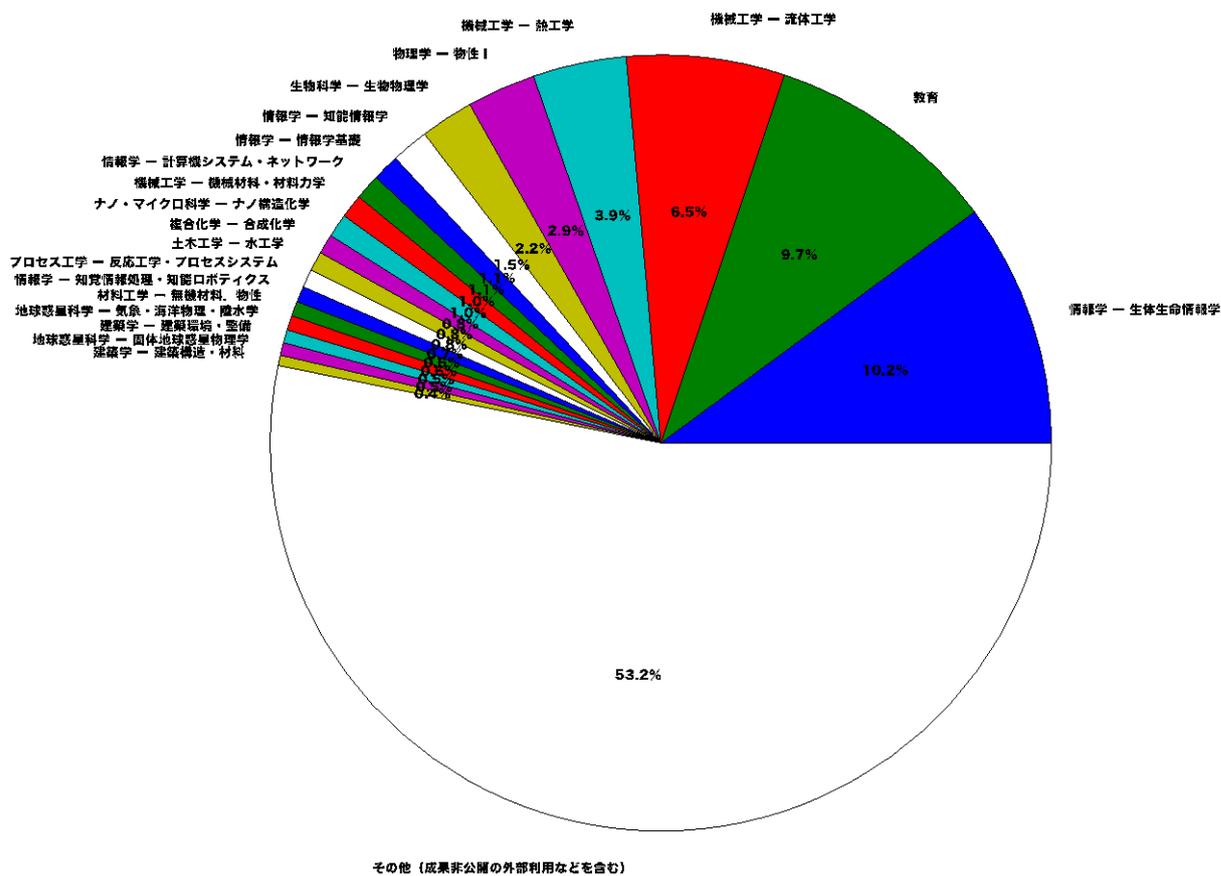


図 6 : TSUBAME の利用分野

## 2-1-5 TSUBAME における高使用 CPU アプリケーションの アクセラレータへの移植支援サービス

先端研究部門 高性能計算システム分野 助教 下川辺 隆史

学術国際情報センター（以下、「センター」）では、『平成24年度補正予算「高性能汎用計算機高度利用事業 「京」を中核とするHPC Iの産業利用支援・裾野拡大のための設備拡充』により平成25年9月にTSUBAME2.0スパコンの防災シミュレーションのための増強を行った。この増強では、新たに最新GPUであるNVIDIA Tesla K20Xを導入することによって、TSUBAME2.0はTSUBAME2.5へとアップグレードし、大幅な性能向上を達成した。

TSUBAMEでは、既に多くのアプリケーションがアクセラレータであるGPU上で実行され大幅な速度向上を達成しているが、ユーザー開発のアプリケーションの中にはGPU化されておらずCPUのみが計算に使用されているものも多くある。今回のTSUBAME2.5へのアップグレードで増設されたGPUを最大限に活用し、TSUBAME全体をより高い効率で高性能に使用するため、センターでは同じく補正予算により「スパコン・クラウド情報基盤における高使用アプリケーションのアクセラレータによる性能向上支援業務」を平成25年4月から平成26年3月まで実施した。

本支援業務では、TSUBAMEアカウントを持つユーザーからTSUBAMEに新たに搭載されたアクセラレータTesla K20X GPUへの移植支援を希望するCPU上で実行されるプログラムコード（ソフトウェア）を募集し、そのソフトウェアのボトルネックとなる箇所を分析、性能評価し、GPUを利用できるようソフトウェアを改良しチューニングを行った。

本年度は、14件のソフトウェアを採択した。内訳は、学内8件、学外研究機関5件、企業1件で、その課題一覧を表1に示す。センターとユーザーの密な連携のもと、ソフトウェアの構造・ボトルネック・期待される並列度などについて詳細解析を行い、11件をCUDAプログラミング環境によるアクセラレータ化を行い、3件をアクセラレータには不向きと判定し移植を行わなかった。さらに前者のうち2件は、近年注目されるディレクティブベースのプログラミング環境であるOpenACCにも移植を行った。その結果、元のソフトウェアに比べて、CUDAの場合で1.15~42倍、OpenACCの場合で1.7~13倍と大きく速度性能向上を実現した（表1参照）。なお本業務ではソフトウェアの公募を3回にわたって行ったが、回を追うごとに応募数が増えており、GPUアクセラレータによる高性能化への期待がますます増大していると考えられる。

表 1：アクセラレータ化支援を行った課題一覧と高速化率

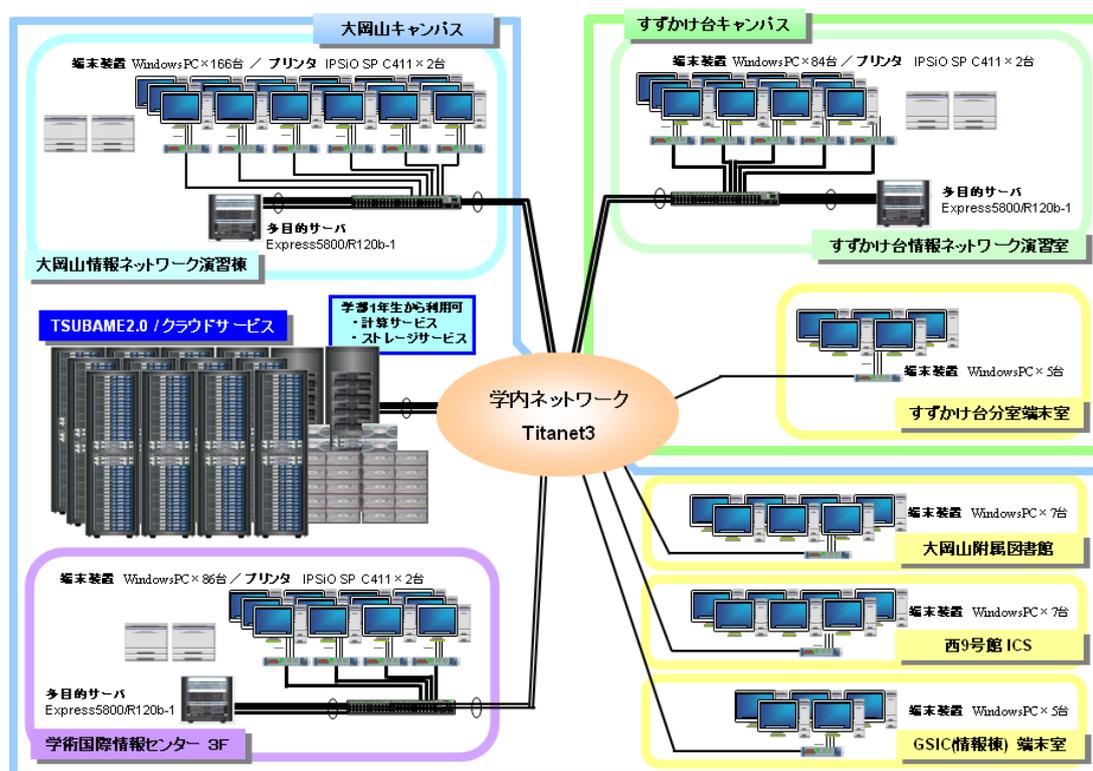
課題名	課題代表者	課題代表者所属	CUDA による高速化率 (最大)	OpenACC による高速化率 (最大)
正 2 0 面体 MCV コード	肖鋒	東京工業大学	4. 48	1. 67
SDPARA	藤澤克樹	中央大学	5. 00	
動的陽解法を用いた均質化結晶塑性有限要素解析の GPU 計算	山中晃徳	東京農工大学	(移植なし)	
Phase-field 転位動力学シミュレーションの GPU 高速化	高木知弘	京都工芸繊維大学	22. 75	12. 95
OpenFMO カーネルの GPU 化	稲富雄一	九州大学/東京工業大学	7. 12	
グリーン関数法による介在物・転位場のマルチフィジクス	村石信二	東京工業大学	41. 67	
SOFTWARE FOR COMPUTING SYNTHETIC SEISMOGRAMS IN Spherically symmetric transversely isotropic (TI) media using the Direct Solution Method (DSM)	河合研志	東京工業大学	1. 43	
第一原理計算ソフトウェア Advance/PHASE の GPU による高速化	西原慧径	アドバンストソフト株式会社	1. 15	
MiniSat	ジョーダン ハロルド	北海道大学/JST ERATO	(移植なし)	
RLSA 設計解析プログラム	是枝修一	東京工業大学/NEC 東芝スペースシステム株式会社	14. 18	
融体、ガラス、結晶のスロダイナミクスの MD シミュレーション用プログラム LSO	中崎潤子	東京工業大学	26. 01	
MXDORT0 (分子動力学プログラム)	落合穰司	東京工業大学	5. 92	
ACA により効率化された演算子積分法を用いた境界要素法による 2 次元外波動伝搬解析プログラムアプリアクション	伊海田明宏	東京工業大学	(移植なし)	
異方性・間隙流体の影響を考慮した岩盤の波動解析のための時間領域境界要素法	古川陽	東京工業大学	25. 36	

## 2-2 教育用計算機システム

### 2-2-1 構成

教育用支援設備は学部1年生を対象にする情報基礎科目教育と学部2年生以上を対象にする専門科目教育の内容、及び教育効率を考慮して、1クラスの学生数80人を単位に教室(演習室、実習室)は4つに分れている。

なお、教室にはそれぞれにWindows PC 約80台とカラーレーザプリンタを設置し、以下のシステム構成図のとおりキャンパスネットに接続されている。



### 【ハードウェア構成】

クライアント端末 (WindowsPC)	学術国際情報センター3階実習室	86台
	大岡山南4号館情報ネットワーク演習室	166台
	すずかけ台情報ネットワーク演習室	84台
	GSIC 端末室(大岡山・すずかけ台)	各5台
	大岡山西9号館 ICS	7台
	大岡山附属図書館	6台
カラーレーザプリンタ	学術国際情報センター3階実習室	2台
	大岡山南4号館情報ネットワーク演習室	2台
	すずかけ台情報ネットワーク演習室	2台

## 【ソフトウェア構成】

オペレーティングシステム	Windows 7
アプリケーション	Xilinx ISE Design Suite, GaussView, Spartan, ChemBioOffice, MATLAB, Mathematica, Microsoft Office
プログラミング言語処理系	C, C++, Fortran77, Fortran90/95, Perl, Ruby, Basic, Pascal, Java, Prolog, Squeak, Common Lisp, Squeak, Etoys, Python, Microsoft Visual Studio, Eclipse

### 2-2-2 運用

#### (1) 利用者登録

全学認証システムからのデータ提供を受けており、TSUBAME2.0 と同じアカウントで利用することができる。(事前に TSUBAME2.0 のアカウント取得が必要)

#### (2) 夜間利用

平日 17:00 以降に演習室(実習室)に入室する場合は IC カード(学生証)を使う。ただし、入室は次のとおり時間制限がある。

##### 1) センター3 階実習室：

平成 22 年度の耐震工事の際に室内監視カメラ等の設備が撤去されたため、平成 23 年 4 月 1 日以降は夜間利用を行っていない。

平成 25 年度末に監視カメラを再設置したことにより、夜間利用再開を検討する予定である。

##### 2) 大岡山情報ネットワーク演習室：21:00 まで

##### 3) すずかけ台情報ネットワーク演習室：

すずかけ台分室の無人化及び監視環境が整備されていないことから、夜間利用を中断している。

平成 25 年度末に監視カメラを設置したことにより、夜間利用再開を検討する予定である。

なお、いずれも演習室(実習室)も土曜・日曜及び祭日は防犯上の理由から入室を禁止している。

#### (3) 利用期限

東工大 IC カードの有効期間に準ずる。

(東工大 IC カードの有効期限が延長された場合は、自動的に延長される)

### 2-2-3 実績

(1) 大岡山 学術国際情報センター(情報棟) 3F 第1実習室(56台)

	授業数	
	H25 年度前期	H25 年度後期
コンピュータリテラシ	1	0
コンピュータサイエンス	0	7
その他	10	1

(2) 大岡山 学術国際情報センター(情報棟) 3F 第2実習室(28台)

	授業数	
	H25 年度前期	H25 年度後期
コンピュータリテラシ	0	0
コンピュータサイエンス	0	0
その他	5	2

(3) 大岡山 南4号館 3F 情報ネットワーク演習室 第1演習室(72台)

	授業数	
	H25 年度前期	H25 年度後期
コンピュータリテラシ	7	0
コンピュータサイエンス	0	2
その他	1	9

(4) 大岡山 南4号館 3F 情報ネットワーク演習室 第2演習室(92台)

	授業数	
	H25 年度前期	H25 年度後期
コンピュータリテラシ	7	0
コンピュータサイエンス	0	5
その他	5	7

(5) すずかけ台 情報ネットワーク演習室(83台)

	授業数	
	H25 年度前期	H25 年度後期
コンピュータリテラシ	2	0
コンピュータサイエンス	0	1
その他	1	9

## 2-3 ネットワークシステム

### 2-3-1 有線ネットワーク (Titanet3)

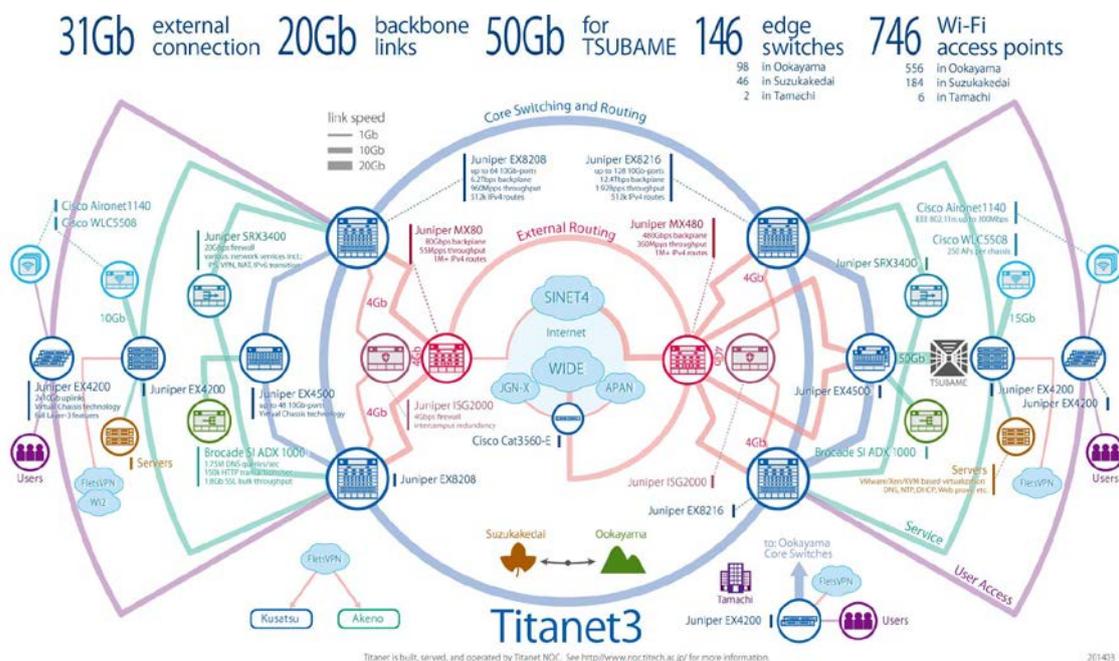
Titanet3 は、2010 年度に運用開始して本年度末で 4 年が経過しました。この間に、旧キャンパスネットワークからの支線ネットワークの移行、コア、対外接続、セキュリティ機器の移行を計画的に順次行うことで、ほとんどサービス停止せずに移行作業が終了しました。導入以来続けてきた新規導入機器の安定化作業もほぼ終了し、本年度は最低限の OS 更新作業のみの実施 (2-3-4(1)) で、安定した運用ができています。

現在の Titanet3 の構成図を以下に示します。ポート密度の高いコアスイッチを中心としたシンプルな 2 階層の構成で、キャンパス間を含めたコア間は 20Gbps 以上で、田町キャンパスへの接続を含むコア-エッジ間は 10Gbps×2 で、エッジから各支線へは 1Gbps の接続が確保されています。さらに、フレッツ・VPN ワイドを、キャンパス間バックアップ回線および、本学学外施設との遠隔接続のために導入しています。

学外との接続は、すずかけ台キャンパスの SINET4 GbE 接続を加えて、SINET4、APAN、WIDE、JGN-X と合計 31Gbps で接続しており、生活線としてだけでなく、多くのプロジェクトでも利用されています。本年度はプロジェクトが必要に応じて firewall などの帯域制限部分を回避する仕組みの再設計を行いました。

セキュリティ機器は、後述するファイアウォール、ファイル交換ソフトウェア検知機、WAF(Web Application Firewall)が導入されており、本年度は新 WAF の導入とともに、ファイル交換検知のバックアップを導入、また、ネットワーク状態監視を大岡山、すずかけ台に加え、学外にも用意し、トラブルの早期発見とともに早期原因特定のための措置を行いました。

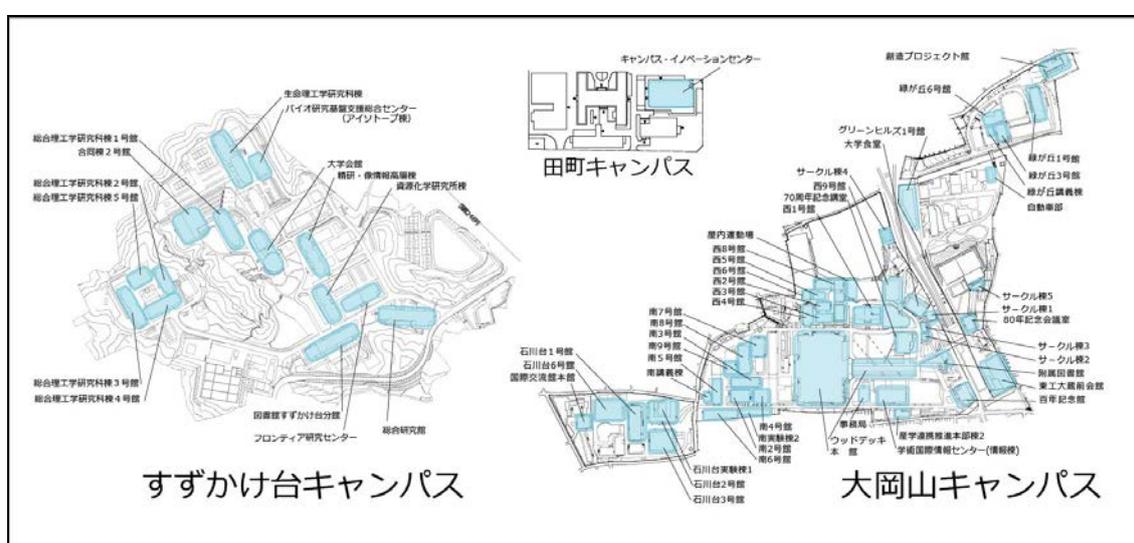
Titanet3 構成



## 2-3-2 無線 LAN

2010年3月に更新された無線 LAN システムでは、802.11n による高速接続、端末収容能力向上、複数 SSID によるネットワーク仮想化などの機能が新しく提供されました。当初、ウッドデッキ、講義室等、共用スペースを中心に配備されたアクセスポイントは、その後も配備が進み、本年度に当初予定よりも2年早く拡張ライセンスを導入、年度末時点で、746台（大岡山：556台、すずかけ台：184台、田町：6台）が稼働、国内大学最大規模となっています。今年度はさらに11b規格相当の電波を整理することで、より高速かつ安定した利用を可能としました。

また、仮想機能を利用した、学会等イベント用ネットワークや(2-3-4(2))、ゲスト向けの商用プロバイダ接続を提供しており、これらサービスの利用者も増え続けています。



## 2-3-3 その他のサービス

### (1) サーバ代行サービス (DNS (コンテンツ) サーバ代行サービス、WWW サーバ代行サービス)

支線における管理作業を軽減し、キャンパス全体のセキュリティ維持を目的として開始された代行サービスです。DNS サーバ代行サービスでは GUI からのレコード更新、WWW サーバ代行サービスでは、CMS ソフトウェアのライセンス提供、Web Application Firewall による不正利用防御などを強化してあります。

本年度は、WWW サーバ代行サービスでは、新 WAF の導入と、コンテンツ更新監視を開始し、DNS サーバ代行サービスでは、ソフトウェアを最新のものに更新しました。

本年度の DNS 並びに WWW サーバ代行サービス利用状況を 2-3-4 (2) に示します。

### (2) ファイル交換ソフトウェア検知サービス

キャンパスネットワークからの著作権侵害行為の防止強化のため、ファイル交換ソフトウェア検知サービスを提供しています。このサービスは、学外との通信内容を機械的に判断し、著作権侵害行為に荷担するおそれのあるソフトウェアを検知し、ポリシーに応じて遮断、支線連絡担当者に通知するサービスです。

年度末時点での検知対象は、BitTorrent, Gnutella, Kazaa, Share, WinMX, Winny,

eDonkey, eDonkey2000, Direct Connect, Gnutella Ultrapeer, Perfect Dark、同等の通信を行うソフトウェアです。本年度の検知状況を 2-3-4 (2)に示します。

### (3) DNS サーバサービス

東工大トップドメインの名前引きの管理を行っており、また、学内を対象として、DNS サーバ(フルリゾルバ)を提供しています。本年度は、リゾルバを負荷分散装置配下に設計実装し直し、IPv6, DNSSEC への対応を強化しています。

### (4) ファイアウォールサービス

専用ファイアウォール機器に、支線毎に利用するサービスの条件を指定して、利便性をできるだけ下げることなく、不正侵入の可能性を減少させるサービスです。入と出の通信ポリシーを個別に指定可能で、支線の端末へのアクセス禁止の設定もできます。

本年度は、印刷サービスを中心に一部ポートの制限が強化されています。

### (5) スクリーニングサービス

学内ネットワーク幹線と支線との接続点において、ホスト単位で通信の可、不可を選択できるサービスです。同一の支線内のみや、学内との通信のみ行うネットワークを利用できますが、ファイアウォールサービスとどちらかを選ぶ必要があります。

### (6) プロキシサービス

学内からの WWW、ftp、ストリーミング等のリクエストを中継しています。スクリーニング内、プライベートアドレス内のクライアントから WWW や ftp 等の利用が可能になっています。

本年度はプロキシサーバのサーバファーム構成の更新を行いました。また、anycastによる冗長構成に移行しています。

### (7) 時刻情報(NTP)サービス

GPS 及び CDMA を源とする時刻サーバを大岡山キャンパスとすずかけ台キャンパスにそれぞれ設置し、学内サーバ、PC に正確な時間を提供しています。計算機サービスが広がるにつれ、時刻は情報共有の最も重要な要素となっており、学内で stratum 1 が冗長提供される意義は大きいといえます。

### (8) 研究プロジェクトへの支援

SINET4 を利用する学内の研究プロジェクトに対して、学術国際情報センター情報棟内に設置された SINET4 ノードからプロジェクトを実施する研究拠点までの専用線、VLAN, 接続用スイッチの提供並びに技術支援を行っています。また、JGN-X, APAN に接続するプロジェクトについても同様の接続支援を行っています。

### (9) イベント用ネットワーク

本学で開催される学会や会議等のイベント向けネットワークを提供しています。本年度から有線・無線のサービスを(片方、もしくは両方を選択利用できる形に)統合しました。本年度のイベント用ネットワーク利用状況を 2-3-4 (2)に示します。

### (10) ゲスト用無線 LAN 提供サービスの実験(継続)

本学教職員、及び本学への訪問者も利用できる無線 LAN 環境の拡充を目的に商用無線 LAN 接続サービスを引き続き提供しています。現在プロバイダと、特に携帯、スマートホンのさらに柔軟な利用環境提供のための方策について協議中です。

### (11) インシデント対応

ネットワークインシデントに対しては、ネットワーク担当の機器を中心に早期検出、また、遮断などの緊急対応をこれまでも実施してきました。近年は特にその回数が増えており、本年度も数十を越える連絡対応を行っています。

本年度はそれに加え、DNS リゾルバ、プリンタポートへのスキャンを実施し、事前に攻撃への参加、情報流出を抑止する措置を実施しました。最終的な原因追及・対応は、バックボーンにおける通信遮断ではなく、支線において該当機器・PC で行う必要があり、支線での対応が必要でしたが、本年度から大学としての対応、支援の検討がはじまり、ネットワーク担当からも情報、技術提供などによる協力を行っています。

## 2-3-4 実績

### (1) キャンパスネットワークの安定性向上のための対応

#### 1) Titanet3 のソフトウェア更新

(2013 年 8 月 10 日)

脆弱性対応、機能拡張のため、メーカー推奨バージョンへアップデート

##### 1)-1 対外接続ルータ

- 対象機器  
MX480, MX80 (ジュニパーネットワークス社製品)
- ホスト名 / 役割  
border-o1, border-s1 / 対外接続ルータ
- ソフトウェアバージョン  
Junos11.4R4.4 から Junos11.4R7.5(メーカー推奨バージョン)へアップデート
- バージョンアップによる主な変更点  
巧妙に細工されたルータ宛の TCP パケットを受信し、RE で処理する場合に kernel が crash する可能性の解決

##### 1)-2 WDM

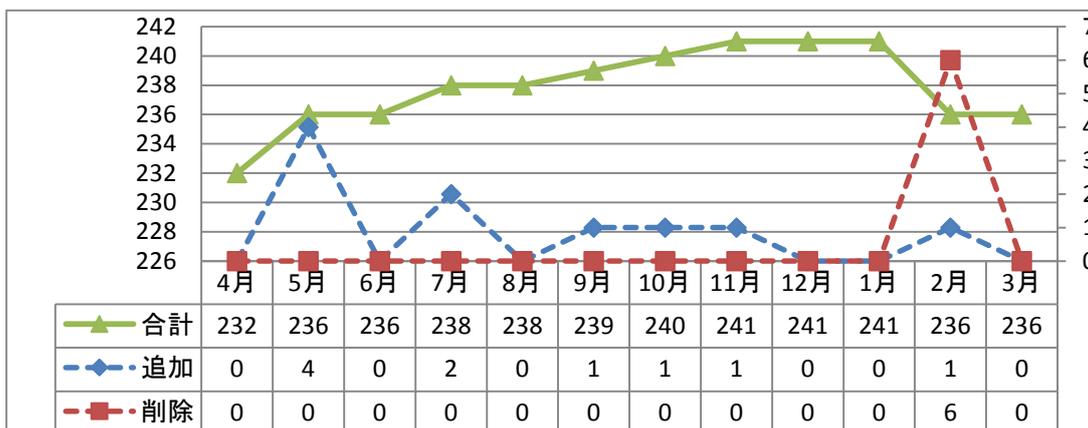
- 対象機器  
LightEdge4000 (FXC 社製品)  
ホスト名 / 役割  
wdm-os1, wdm-os2, wdm-so1, wdm-so2 / キャンパス間 WDM
- ソフトウェアバージョン  
Ver1.6.5 から Ver3.2.23(メーカー推奨最新バージョン)へアップデート
- バージョンアップによる主な変更点
  - HTTPS, SSH, NTP, SNMP Trap のサポート
  - Syslog, RADIUS 認証の追加
  - 大幅な WebGUI の変更
  - LAN ポートの Link up/down のイベント追加
  - HPOV/SNMPc NMS のための Trap フォーマットモードをサポート
  - CLI の拡張
  - ALS(Automatic Laser Shutdown)機能のサポート

## 2) 無線 LAN(コントローラ)のソフトウェア更新

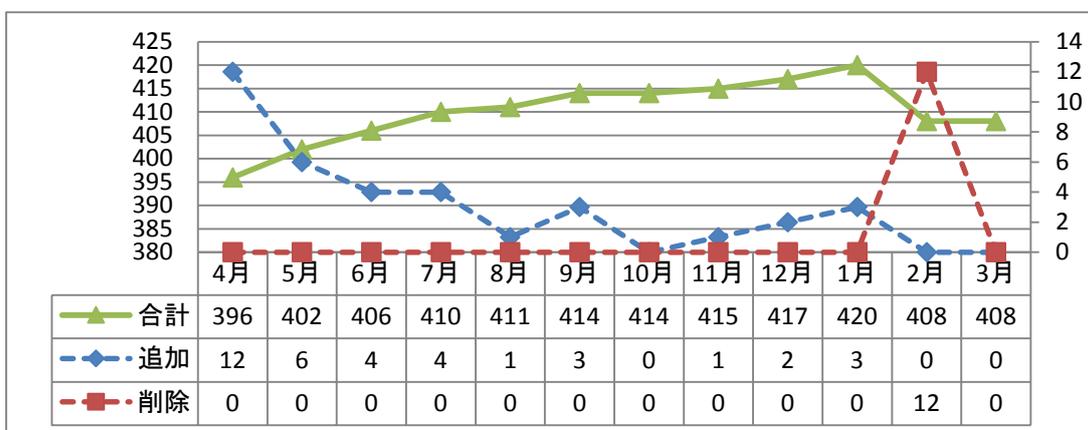
- ・ (2013 年 4 月 1 日)  
OS アップデート | Ver 7.0.235.0 → Ver 7.0.235.3
- ・ (2013 年 7 月 3 日)  
OS アップデート | Ver 7.0.235.3 → Ver 7.0.240.0
- ・ (2013 年 7 月 10 日)  
OS アップデート | Ver 7.0.240.0 → Ver 7.4.100.60
- ・ (2013 年 10 月 18 日)  
OS アップデート | Ver 7.4.100.60 → Ver 7.4.110.0
- ・ (2014 年 3 月 14 日)  
OS アップデート | Ver 7.4.110.0 → Ver 7.4.121.0

## (2) 代行サービス、イベントネットの利用状況、ファイル交換ソフトウェア検知状況

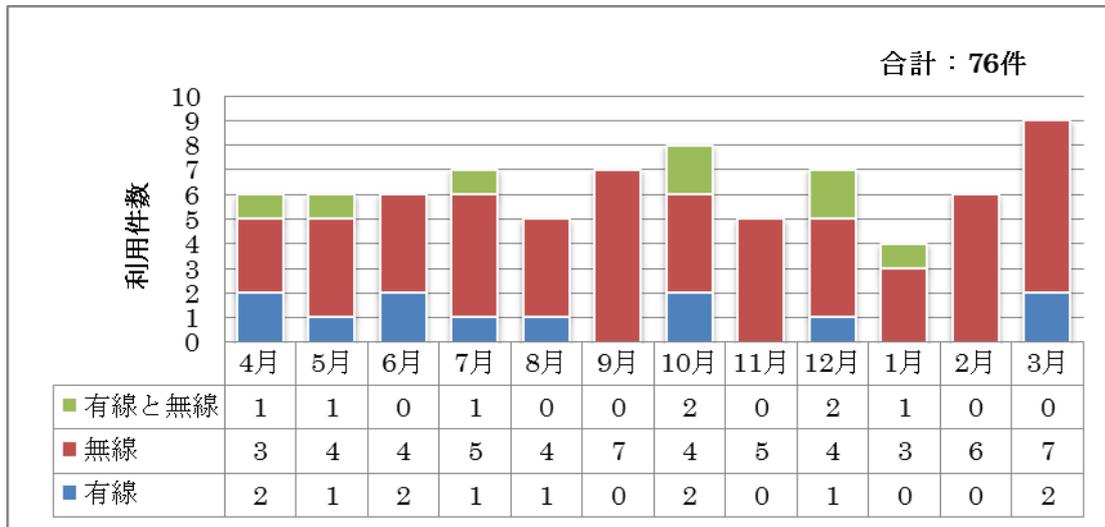
DNS サーバ代行サービス利用状況



WWW サーバ代行サービス利用状況

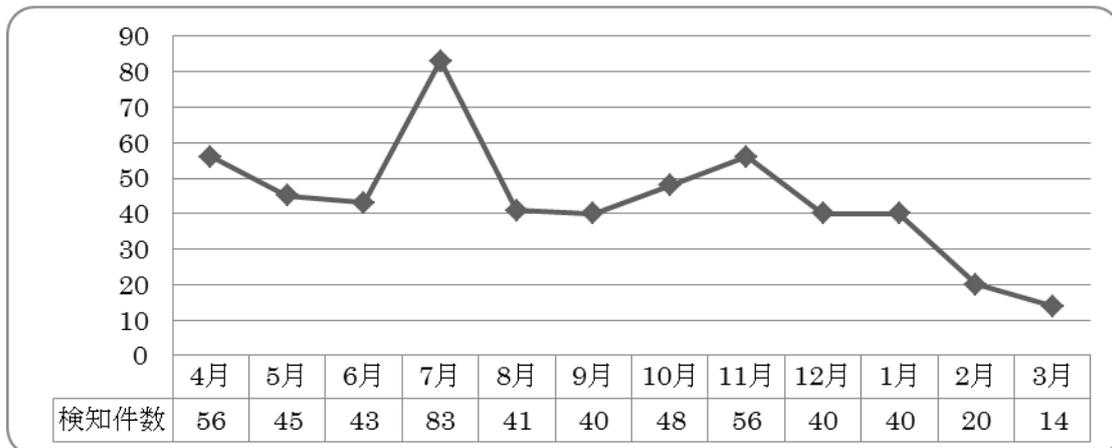


### イベント用ネットワーク利用状況



### ファイル交換ソフトウェア検知

自動遮断件数に加え、手動で追加遮断した件数も含まれています。



## 2-4 キャンパス共通認証・認可システム

### 2-4-1 構成

本学構成員全員に対し全学共通の情報基盤に対するアカウント（以下、東工大共通アカウントという。）を付与するとともに、PKI（公開鍵暗号方式を利用したセキュリティ基盤）を用いた「東工大 IC カード」並びに「全学共通メールアカウント」を提供している。現在利用可能なサービスを概念図として、図 2-4 に示す。

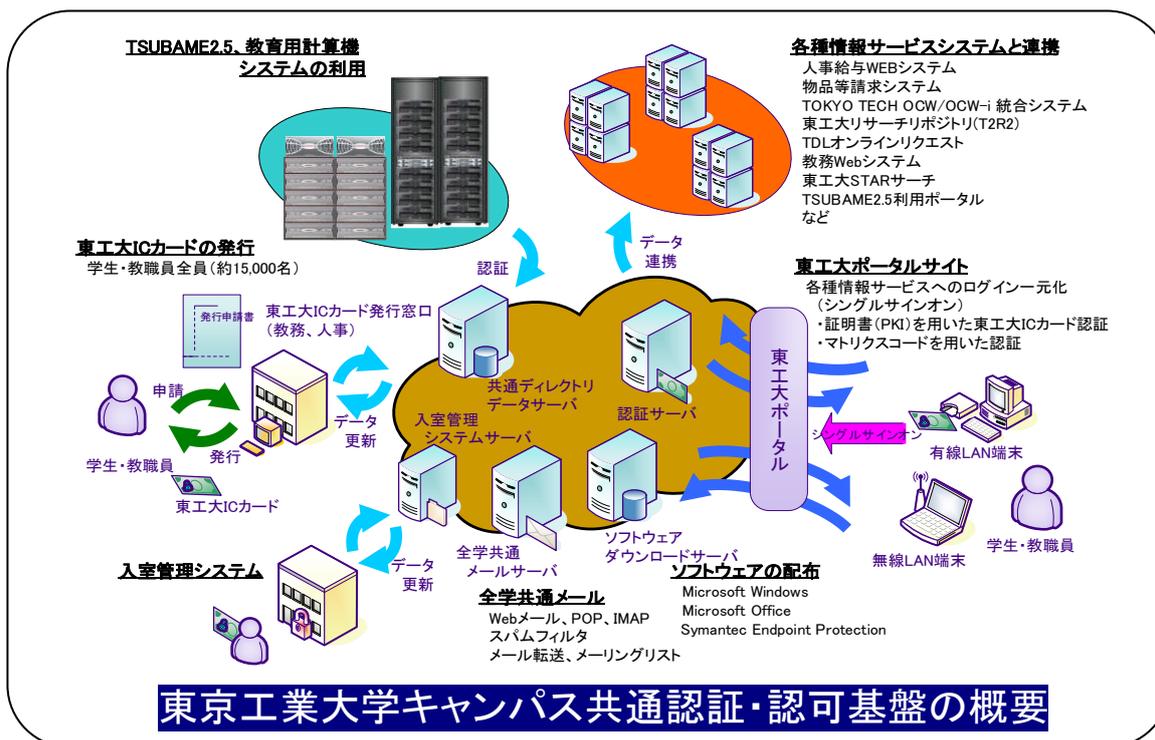


図 2-4 共通認証・認可システム及び全学共通メールシステム

### 2-4-2 運用

#### (1) 東工大ポータル

学内の情報基盤サービスや各種情報サービス（以下、情報サービスという。）に対する統一的な利用の窓口として「東工大ポータル (Tokyo Tech Portal)」と呼ぶウェブページを用意している。この東工大ポータルに一度ログインすることにより、各種情報サービスを利用すること（シングルサインオン）ができるようになっている。

#### (2) 利用可能な情報サービス

東工大ポータルから利用可能な主な情報サービスは以下のとおりである。

- ・全学共通メール（Tokyo Tech Mail ウェブメール、管理者機能など）
- ・物品等請求システム
- ・学内ネットワーク環境への接続(SSL-VPN 接続)
- ・包括ライセンスソフトウェアの提供
- ・東工大リサーチリポジトリ (T2R2)
- ・図書館サービス：TDL オンラインリクエスト

- ・ 人事給与 Web システム
- ・ Tokyo Tech OCW/OCW-i 統合システム
- ・ 教務 Web システム
- ・ 授業評価（大学院試行）【Course Evaluation】
- ・ 東工大 STAR サーチ（STAR Search）
- ・ Tsubame2.5 利用ポータル
- ・ 建物情報閲覧システム

### 2-4-3 実績

(1) 認証・認可システム／全学共通メールの運用状況を以下に示す。

2009年 4月	教務 Web システムの運用開始
2009年 8月	認証・認可システムのバージョンアップ
2009年 11月	認証基盤仮想化システム導入
2010年 2月	DeepMail 版迷惑メール機能導入
2010年 3月	Windows7(32/64bit)、MacOS(Leopard/snowLeopard) 対応 版証明書管理ツールの導入
2010年 6月	キャンパス無線 LAN の認証方法の変更
2010年 7月	非常勤職員の学外からの電子ジャーナルの利用開始
2011年 7月	カード発行の切替（java カード） ID 機能 C と D の追加とバーコードの新設等
2011年 11月	新個人証明書のインストール
2012年 11月	共通メールシステム更新
2012年 12月	旧共通メールシステム運用停止
2013年 1月	IC カードの学内発行を開始 (2013年4月からすべて学内発行)
2013年 4月	メールボックス容量増加（共通メールシステム）
2013年 10月	海外交流学生電子申請システムとの連携
2014年 2月	SSL-VPN サービスの更新（Windows8 にも対応）
2014年 3月	入室管理システム更新とクライアント PC 更新(Windows7)

(2) 全学共通メールの利用状況を以下に示す。

- ・全学共通メールアドレス発行件数 (2014年3月31日現在)

全学共通メールアドレス発行件数	14,404	
(内訳) 常勤職員	1,846	(13%)
常勤職員	2,127	(15%)
アクセスカード所有者	388	( 2%)
学部学生	4,773	(33%)
大学院学生 (修士課程)	3,588	(25%)
大学院学生 (博士後期課程)	1,432	(10%)
研究生等	250	( 2%)

- ・全学共通メール利用状況 (2013年4月1日～2014年3月31日)

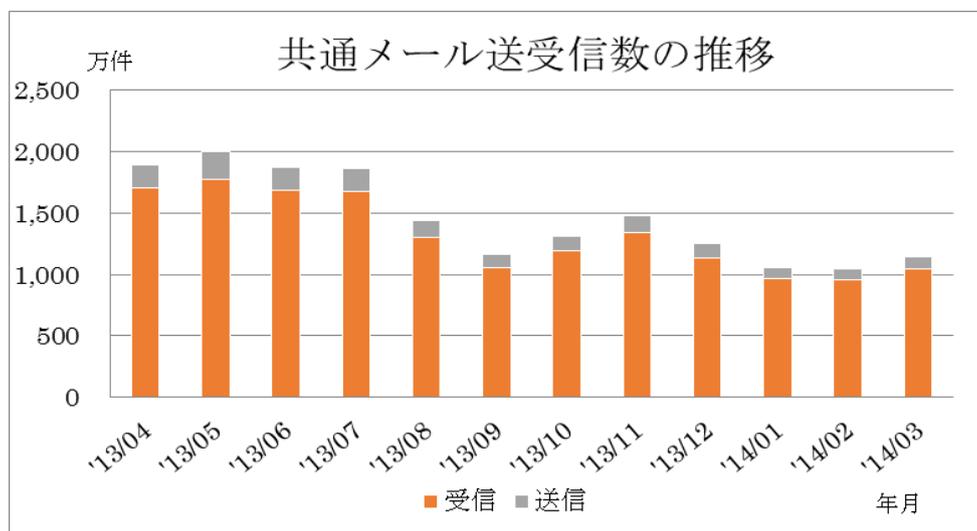


表 2-4 全学共通メール利用状況

(3) 東工大 IT サービスデスク

学術国際情報センターで提供する情報サービス全般の問合せの対応と東工大ポータルで利用可能な各種情報サービスの担当部署への誘導するサービスを提供している。

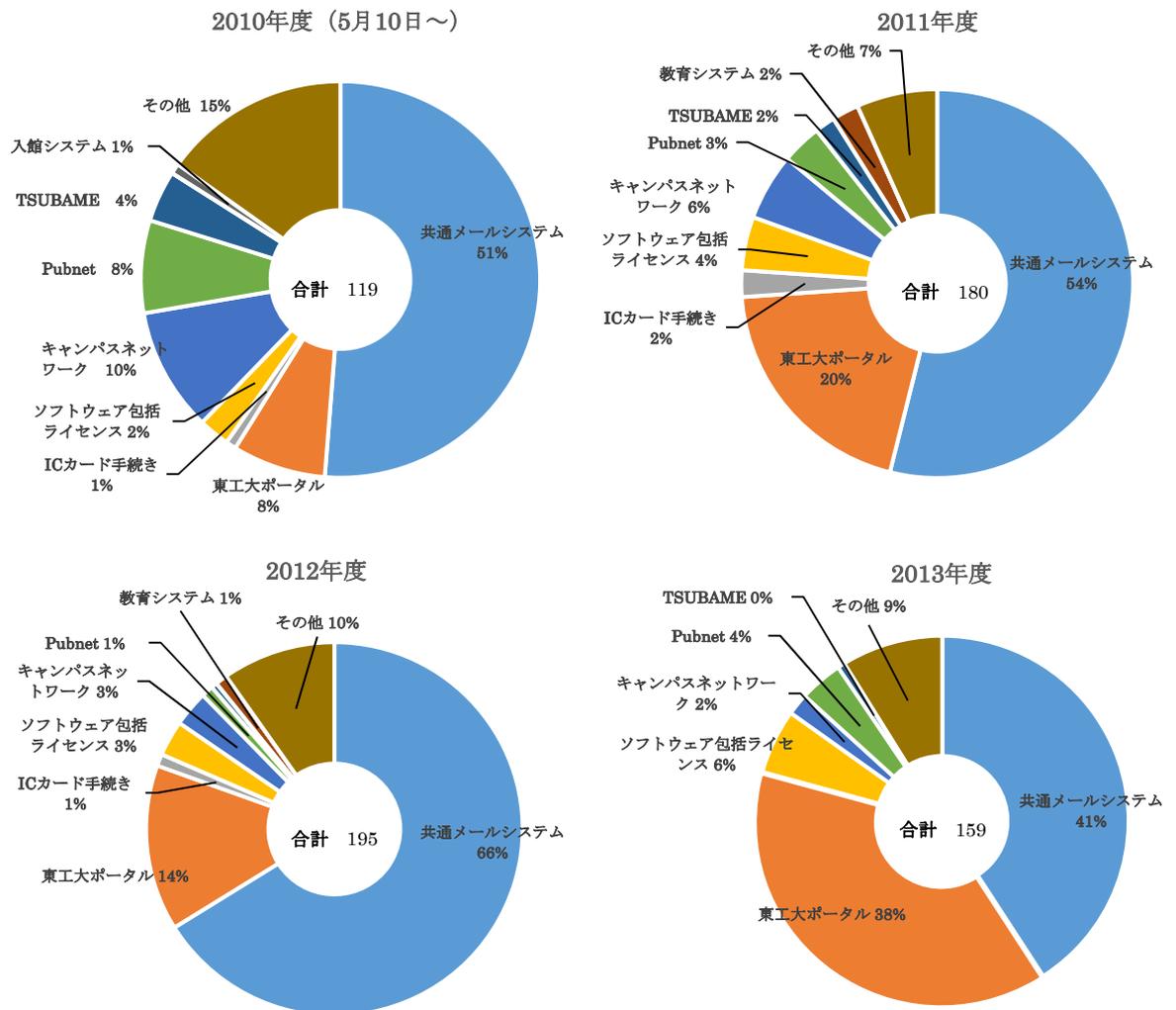
問合せ先と開設時間は次のとおりである。

研究情報部情報基盤課

東工大 IT サービスデスク

- ・電話 : 03-5734-3654 9:00～12:15、13:15～17:00 (休日・祝祭日を除く)
- ・メール : helpdesk@gsic.titech.ac.jp

以下に、2010年度のサービス開始から2013年度までにITサービスデスクに寄せられた問合せメールの傾向を示す。



## 2-5 ソフトウェア包括契約

### 2-5-1 概要

学内でも広く使われているソフトウェアの内、Microsoft Windows 及び Microsoft Office については平成 19 年 4 月から、Symantec 社製ウイルス対策ソフトウェアについては平成 21 年 4 月からキャンパス包括ライセンス契約(Campus Agreement)を締結した。これは、研究室等における上記ソフトウェアの購入経費の軽減(大学全体での経費削減)、不正コピーの抑止することを目的に導入したものである。

その結果、平成 25 年度の実績で約 1.6 億円の経費が削減され、加えて、生協において本学学生および教職員が Microsoft Windows 及び Microsoft Office を個人所有の PC 用に安価に購入することが可能となり、学生の学習・研究環境整備にも貢献している。

また、提供するソフトウェアに対する管理を厳密に行う手段として、全学認証システムとの連携による本人認証を行っている。

昨年度からの運用の変更点として、平成 25 年 4 月より Office 2008 for MAC、平成 25 年 11 月より Windows 8 Enterprise Upgrade、平成 26 年 3 月より Windows XP Professional Upgrade の供用を停止し、平成 25 年 11 月より Windows 8.1 Enterprise Upgrade の提供を開始した。

#### 【包括契約で提供されるソフトウェア】

Microsoft Office	Windows 版	Office 2007 Enterprise Office Professional Plus 2010 Office Professional Plus 2013
	Mac 版	Office 2008 for MAC Office 2011 for MAC
Microsoft Windows Upgrade	Windows 8.1 Enterprise Upgrade	
	Windows 8 Enterprise Upgrade	
	Windows 7 Enterprise Upgrade	
	Windows XP Professional Upgrade	
Symantec 社製ウイルス対策ソフトウェア	Windows 版	Endpoint Protection
	Mac 版	Endpoint Protection for Mac
	Linux 版	Endpoint Protection for Linux

### 2-5-2 運用

#### 1) 利用資格

アクセスカード、入館カードを除く東工大 IC カード身分証を保持する学生、教職員が利用できる。

2) インストール対象となるコンピュータ

以下の条件を満たすコンピュータにインストールすることができる。

- ・ 大学の経費で購入した大学所有のコンピュータ（大学の物品及びレンタル品を含む）
- ・ 利用資格を有する者が所有する個人所有のコンピュータ（ただし、一人当たり MS Office/OS 共にいずれかのバージョン1つを1台分利用可能。Symantec 社製ウィルス対策ソフトウェアについては学内 LAN に常時接続している PC に限り1台分利用可能）

3) 提供方法

a) 大学所有コンピュータへの提供

Step1:【教室系】常勤講師以上の方が作業／【事務系】筆頭グループ長が作業

ICカードリーダーを使って東工大ポータルにログイン ⇒ 誓約書を提出

Step2:【教室系】常勤講師以上の方が作業／【事務系】筆頭グループ長が作業

東工大ポータルにログイン（マトリックス認証可） ⇒ パスコード取得

Step3:【教室系】教職員・非常勤職員・学生が作業／【事務系】常勤職員が作業

東工大ポータルにログイン（マトリックス認証可） ⇒ インストーラをダウンロード

\*パスコード取得から24時間以内に作業する必要有り

b) 個人所有コンピュータへの提供（除、Symantec 社製ウィルス対策ソフトウェア）

Step1: 職員（学生）証を持って生協へ

Step2: 誓約書と使用条件許諾書にサイン（生協が職員（学生）証のコピーを保管）

Step3: メディアを購入（各メディア1種1枚まで購入可）

c) 個人所有コンピュータへの提供（Symantec 社製ウィルス対策ソフトウェア）

東工大ポータルにログイン（マトリックス認証可） ⇒ インストーラをダウンロード

2-5-3 実績

Microsoft Windows 8.1 配布数

	2013									2014			計
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	
学内 PC	-	-	-	-	-	-	-	16	30	16	18	35	115
個人 PC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	22	93	127
計	-	-	-	-	-	-	-	16	30	28	40	128	242

Microsoft Windows 8 配布数

	2013									2014			計
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	
学内 PC	16	22	11	19	7	15	20	17	2	1	3	1	134
個人 PC	35	20	16	16	15	18	14	24	20	14	30	27	249
計	51	42	27	35	22	33	34	41	22	15	33	28	383

Microsoft Windows 7 配布数

	2013									2014			計
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	
学内 PC	55	97	64	47	403	59	86	81	72	61	67	251	1343
個人 PC	48	27	19	29	20	10	25	18	25	21	47	80	369
計	103	124	83	76	423	69	111	99	97	82	114	331	1702

Microsoft Windows Vista 配布数

	2013									2014			計
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	
個人 PC	1	2	1	2	1	1	2	0	0	1	0	3	14

Microsoft Windows XP 配布数

	2013									2014			計
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	
学内 PC	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	4	6
個人 PC	5	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	8
計	5	1	0	0	1	0	2	1	0	0	0	4	14

Microsoft Office 2007 (Windows 版) 配布数

	2013									2014			計
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	
学内 PC	6	14	16	14	6	11	17	7	8	10	6	14	129
個人 PC	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2
計	7	14	16	14	6	11	17	8	8	10	6	14	131

Microsoft Office 2010 (Windows 版) 配布数

	2013									2014			計
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	
学内 PC	207	172	73	69	429	64	70	79	85	61	58	130	1497
個人 PC	32	17	15	9	8	6	8	12	22	12	17	21	179
計	239	189	88	78	437	70	78	91	107	73	75	151	1676

Microsoft Office 2013(Windows 版) 配布数

	2013									2014			計
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	
学内 PC	217	301	145	138	112	112	208	209	179	184	319	563	2687
個人 PC	479	171	136	101	66	79	97	76	97	81	158	284	1825
計	696	412	281	239	178	191	305	285	276	265	477	847	4512

Microsoft Office 2008 (Mac 版) 配布数

	2013									2014			計
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	
学内 PC	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
個人 PC	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	3
計	16	3	4	1	6	2	4	2	1	7	4	6	56

Microsoft Office 2011 (Mac 版) 配布数

	2013									2014			計
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	
学内 PC	137	65	46	52	15	33	58	37	33	31	65	59	631
個人 PC	120	53	36	43	18	34	37	31	26	37	44	50	529
計	257	118	82	95	33	67	95	68	59	68	109	109	1160

Symantec Endpoint Protection (Windows 版) 配布数

	2013									2014			計
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	
学内 PC	449	341	234	204	515	169	315	270	214	206	347	659	3923
個人 PC	94	82	65	62	38	44	58	43	28	48	40	57	659
計	543	423	299	266	553	213	373	313	242	254	387	716	4582

Symantec Endpoint Protection for Macintosh (Mac 版) 配布数

	2013									2014			計
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	
学内 PC	2	7	9	4	1	4	9	21	4	15	14	5	95
個人 PC	3	2	5	3	0	0	5	13	2	1	1	0	35
計	5	9	14	7	1	4	14	34	6	16	15	5	130

Symantec Endpoint Protection for Linux (Linux 版) 配布数

	2013									2014			計
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	
学内 PC	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

## 2-6 学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点の公募型共同研究

副センター長 青木 尊之

特任准教授 渡邊 寿雄

コンピューターシステム担当 根本 忍

### 【ネットワーク型拠点の概要】

「学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点」は、東京工業大学 学術国際情報センターが、北海道大学情報基盤センター、東北大学サイバーサイエンスセンター、東京大学情報基盤センター（中核拠点）、名古屋大学情報基盤センター、京都大学学術情報メディアセンター、大阪大学サイバーメディアセンター、九州大学情報基盤研究開発センターとともに構成する「ネットワーク型」の共同利用・共同研究拠点である。平成 22 年に本ネットワーク型拠点として認定を受けたことにより、学術国際情報センターは東京工業大学の学内共同利用施設から、個々の大学の枠を越えた全国の研究者のための共同利用・共同研究拠点となった。

本ネットワーク型拠点の目的は、超大規模計算機と超大容量のストレージおよび超大容量ネットワークなどの情報基盤を用いて、地球環境、エネルギー、物質材料、ゲノム情報、Web データ、学術情報、センサーネットワークからの時系列データ、映像データ、プログラム解析、その他情報処理一般の分野における、これまでに解決や解明が極めて困難とされてきた、いわゆるグランドチャレンジ的な問題について、学際的な共同利用・共同研究を実施することにより、我が国の学術・研究基盤の更なる高度化と恒常的な発展に資することにある。本ネットワーク型拠点には上記の分野における多数の先導的研究者が在籍しており、これらの研究者との共同研究によって、研究テーマの一層の発展が期待できる。

### 【ネットワーク型拠点としての活動：公募型共同研究】

本ネットワーク型拠点は、過半数を構成拠点以外の委員が占める運営委員会による審議・承認の下で運営されている。また年 1 回行われる共同研究課題公募とその共同利用課題の実施は本ネットワーク型拠点で最も重要な活動であり、その事務手続きの大部分（申請課題の受付、審査、採択結果の通知までの手続きなど）は、中核拠点である東京大学 情報基盤センターにて行われている。採択後の利用開始手続きや利用サポート、施設利用負担金の経理処理については、採択課題が利用する共同利用拠点にてそれぞれ行われている。

平成 25 年度共同研究から計算機利用では HPCI システムの一部を利用することになったため、採択課題



図 1 本ネットワーク型拠点活動を活性化させるため、全校生拠点内外のメンバーによる運営委員会と構成拠点メンバーのワーキンググループによるヒューマンネットワークも形成されている。

の施設利用負担金が無償となり、利用希望者が申請しやすく改善された。また、計算機を利用する課題申請には HPCI 申請支援システムが利用されることになったため、計算機利用の有無により異なる課題申請方法になった。それに伴い、平成 25 年度の共同研究課題の公募期間は、公募のプレアナウンスがあった平成 24 年 11 月 2 日から平成 25 年 1 月 8 日までと例年より 1 か月早まった。課題審査委員会（構成拠点の委員 8 名と構成拠点以外の委員 9 名の計 17 名）による厳正なる審査の結果、応募 55 件中 44 件（うち 31 件が HPCI-JHPCN システムを利用する課題、残り 13 件が JHPCN の課題）を採択した。

### 平成 25 年度 共同研究日程

平成 24 年 11 月 2 日（金）	プレアナウンス
11 月 14 日（水）	正式版詳細案内開始
12 月 10 日（月） 正午	課題応募受付開始
平成 25 年 1 月 8 日（火） 17:00	課題応募受付締切（Web 登録締切）
1 月 18 日（金） 17:00	紙媒体の課題申込書提出期日
3 月中旬	採択通知
4 月 1 日（月）	共同研究開始
7 月 10・11 日	第 5 回シンポジウム
平成 26 年 3 月 11 日（火）	第 1 回ネットワーク型学際研究シンポジウム
3 月 31 日（月）	共同研究期間終了

### 【ネットワーク型拠点としての活動：2つのシンポジウム】

平成 25 年度は本ネットワーク型拠点が主催する第 5 回シンポジウムが 7 月 10・11 日に品川グランドセントラルタワーにて 193 名の参加者を集めて行われた。本シンポジウムでは、平成 24 年度に実施された共同研究課題 35 件の研究成果を口頭発表で報告するとともに、平成 25 年度に採択された課題 44 件のポスター発表があり、活発な質疑・応答が行われた。

またネットワーク型拠点の特徴を生かした複数拠点型の共同研究を推奨し拡大することを目的とした新たな試みとして、平成 26 年 3 月 11 日（火）に第 1 回ネットワーク型学際研究シンポジウムを東京大学 弥生キャンパス フードサイエンス棟 2F 中島董一郎記念ホールにて開催した。本シンポジウムでは、我々とは別のネットワーク型共同利用・共同研究拠点である物質・デバイス領域共同研究拠点より 2 件の招待講演、平成 25 年度に採択された課題の中から 4 名の共同研究課題代表者による講演に加え、「ネットワーク型研究の目指すもの」と題したパネルディスカッションを行い、活発な議論が行われた。

### 【構成拠点としての活動：提供する計算機資源と施設利用負担金の無償化】

当センターは本ネットワーク型拠点の構成拠点として、クラウド型グリーンスパコン「TSUBAME 2.0/2.5」と HPCI 先端ソフトウェア運用基盤「HPCI-AE」を提供した。公募型共同研究の課題募集時（課題募集要項への掲載時）においては、TSUBAME2.0 の平均 64 ノード（768 CPU コア 9.8TFLOPS + 192 GPU 98.9TFLOPS、400 ノード以上を一度に使う利用も可能）の 12 ヶ月利用に相当する計算機資源を提供した。実際には、平成 25 年 9 月に TSUBAME2.0 から 2.5 への更新があり、TSUBAME2.5 への更新を待っていた実施課題の利用開

始が遅かったこともあり、TSUBAME2.5 の計算機資源の提供が大部分を占めた。また課題の標準的利用口数を 20 口と想定するなど、平成 24 年度公募時（標準的利用口数を 10 口と想定）よりもより大規模な課題を想定して公募を行った。

採択課題に対する資源提供の利用形態は共同利用（学術利用）に準じて、TSUBAME2.0/2.5 のバッチサービスの一部（ノード占有キュー（S, S96, L128, L128F, L256, L512, X）と GPU 専用ノード占有キュー（G））と予約ベースサービス（H キュー）の計算資源を提供し、一般ユーザと混在してご利用いただいた。また平成 25 年度共同研究から計算機利用では HPCI システムの一部を利用することになったため、TSUBAME2.0/2.5 の利用においても採択課題の施設利用負担金が無償となり、利用希望者が申請しやすく改善された。

### 【構成拠点としての活動：ネットワーク型拠点における当センターの特色】

平成 25 年度の公募型共同研究課題の採択課題の全 44 件は、公式 Web ページ (<http://jhpcn-kyoten.itc.u-tokyo.ac.jp/>) にて公開されているが、当センターを利用する採択課題として表 1 にまとめた 11 件が実施された。採択件数は平成 24 年度の 5 件と比較して倍増しており、これは平成 25 年度より採択課題の自己負担額が無償となったことが大きな要因である。平成 24 年度までは、採択課題は施設利用負担金の 1/3 を自己負担する必要があり、学内向けの優遇された施設利用負担金（施設利用負担金の 1/4 の額）よりも高額だったため、JHPCN への申請によるメリットが少なかった。

本ネットワーク拠点が供出する計算資源のうち、GPU を搭載したスパコンは当センターの TSUBAME2.0/2.5 のみであることを反映して、当センターの TSUBAME2.0/2.5 を利用した採択課題 10 件の全課題が何らかの形で GPU を活用した課題であった。これは本ネットワーク型拠点が持つスパコンの多様性が、公募型研究課題の多様性にも反映されていることを示している。

### 【構成拠点としての活動：採択課題への配分口数の再配分と高い利用率】

平成 24 年度から共用を開始した HPCI での経験より、年度末時点での残余口数が失効する当センターの課金制度の下では、採択課題の施設利用負担金の無償化により多くの残余口数が生じるリスクがあることが分かった。それを避けるため、第 12 回 JHPCN 運営委員会（H25/11/29 開催、於 九州大学）にて、各拠点の裁量にて当初配分口数の他課題への再配分が認められた。この決定を各実施課題へ周知し、各実施課題への複数回のインタビューを経て最終配分口数を決定した。最終配分口数の全課題合計は当初配分口数に対して 2 口増えた 118 口（配分率 101.7%）となり、また年度末時点で残余口数として失効したのは 3 口のみで最終配分口数に対する利用率は 97.5% と非常に高い利用率となった。

しかしながら、再配分実施が決定したのが 11 月末だったことや、TSUBAME2.5 への更新を待っていた実施課題の利用開始が遅かったこともあり、最終配分口数の決定が H26/2/24 まで遅れてしまい、当センターにおける収入額の確定に大きな支障をきたした。平成 26 年度は早期の最終配分口数の決定が課題となるが、年度当初からの再配分が可能であるため、平成 25 年度の経験を活かすことで克服できると思われる。

### 【文部科学省による中間評価】

本ネットワーク型拠点が平成 22 年度に認定を受けてからの 3 年間の活動に対し、「科学

技術・学術審議会 学術分科会 研究環境基盤部会 共同利用・共同研究拠点に関する作業部会」による中間評価が行われた。この中間評価の目的は、各拠点の成果や、各拠点において研究者コミュニティの意向を踏まえた取組が適切に行われているかなどを確認し、当該拠点の目的が十分達成されるよう適切な助言を行うことで、共同利用・共同研究拠点認定制度の創設目的である、学術研究の基盤強化と新たな学術研究の展開に資することである。

この中間評価は、現在、41の国公立大学において90拠点が認定されている共同利用・共同研究拠点のうち、国立大学法人における74拠点（平成22年度から認定されている70拠点及び平成23年度から認定されている4拠点）を対象に実施された。

表1 平成25年度 学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点 公募型共同研究課題一覧

番号	所属機関 利用課題責任者	申請課題名	当初 配分 口数	最終 配分 口数
全課題 合計			116	118*3
1	東京農工大 山中 晃徳	鉄鋼材料におけるマイクロ組織形成マルチフェーズドシミュレーションの大規模 GPU 計算技術の構築	7	7
2	九州大学 深沢 圭一郎	さまざまなアーキテクチャからなる計算機システムの性能評価と最適化	4	1
3	防災科学技術研究所 青井 真	GPGPUによる地震ハザード評価	15	30
4	京都工芸繊維大学 高木 和弘	大規模フェーズフィールド計算による高精度凝固組織予測システムの構築	25	26
5	中央大学 藤澤克樹	内点法アルゴリズムの並列計算による超大規模半正定値計画問題の解決	10	1
6	東京工業大学 神田 学	首都圏における大気乱流の超高解像度・広域数値計算	9	9
7	東京工業大学 小野寺 直幸	複数 GPU を用いた格子ボルツマン法による大規模流体・構造連成解析ー卓球競技におけるピンポン玉の軌道の解析ー	20	20
8	産業技術総合研究所 森田 裕司	ファイラー充填系高分子材料の粗視化分子動力学解析の HPC 活用研究	10	10
9	東京工業大学 松岡 聡	OpenACCを用いた大規模流体アプリケーションの高速化	6	4
10*1	九州大学 竹中 博士	沈み込み帯の巨大地震を対象とした大規模並列地震波・津波伝播シミュレーション	10	10
11*2	大阪大学 東田 学	広域分散ファイルシステムに基づく「ビッグテーブル」型の超大規模データ処理系の構築と機能および性能評価	-	-

\*1:クラスBでの採択

\*2:HPCI-AE(先端ソフトウェア運用基盤・ホスティングサーバ「RENKEI-VPE」を利用)での採択

\*3:当初配分口数から最終配分口数への増分2口は当センターが自己負担した

本ネットワーク型拠点は、A評価を受け、「拠点としての活動は概ね順調に行われており、今後、共同利用・共同研究を通じた成果や効果が期待され、関連コミュニティへ貢献している」と判断された。ちなみに、全 74 拠点の評価の分布は、S 評価 18 拠点、A 評価 46 拠点、B 評価 9 拠点、C 評価 1 拠点となった。

## 2-7 HPCI, 革新的ハイパフォーマンス・コンピューティング・インフラの運用

副センター長 青木 尊之  
特任准教授 渡邊 寿雄

### 【HPCIの概要と東工大の役割】

HPCI とは、「京コンピュータ」と全国の大学や研究機関に設置されたスパコンを高速ネットワークで結び、多様なユーザーニーズに応える革新的な共用計算機環境を実現する基盤システムである。HPCI によって、全国の幅広い HPC ユーザ層による効率よい利用と、萌芽的研究から大規模研究にわたる幅広い HPC 活用の加速が期待されている。

東京工業大学 学術国際情報センター（以下、当センター）は HPCI の基本設計・詳細設計段階より積極的に参画し、供用を開始した平成 23 年 9 月以降も HPCI 資源提供機関として、下記の通り重要な役割を果たしている。

- システム構成機関としての役割  
クラウド型グリーンスパコン「TSUBAME 2.0/2.5」の HPCI への提供  
HPCI 先端ソフトウェア運用基盤「HPCI-AE」の HPCI へ提供  
HPCI 共用ストレージ東工大拠点の HPCI への提供（平成 26 年 4 月より供用開始予定）  
当センターの計算資源を利用する研究課題へのローカルアカウント発行やサポート
- プライマリセンターとしての役割  
HPCI アカウントの発行、および IdP サーバの運用
- 最寄りセンターとしての役割  
対面認証業務の実施

ここでは、HPCI システム共用計算資源の利用研究課題募集で採択された課題への資源提供および利用サポートを中心に報告する。

### 【HPCIシステム共用計算資源の利用研究課題募集】

HPCI システム共用計算資源は、HPCI 運用事務局である一般財団法人 高度情報科学技術研究機構(RIST)が窓口となり原則年 1 回行われ、採択された利用研究課題は 1 年間の利用が認められる。利用研究課題募集と採択・利用のスケジュールについては、表 1 にまとめた。

表 1 HPCI システム共用計算資源の利用研究課題募集と採択・利用のスケジュール

	H24 HPCI 課題募集	H25 HPCI 課題追加募集	H26 HPCI 課題募集
申請受付開始	平成 24 年 5 月 9 日	平成 25 年 4 月 8 日	平成 25 年 10 月 1 日
電子申請受付終了	平成 24 年 6 月 15 日	平成 25 年 5 月 28 日	平成 25 年 11 月 11 日
押印済申請書郵送期限	平成 24 年 6 月 22 日	平成 25 年 6 月 3 日	平成 25 年 11 月 18 日
利用研究課題審査委員会による課題選定			
選定結果の公表	平成 24 年 9 月 3 日	平成 25 年 9 月上旬	平成 26 年 2 月初旬
最寄りセンターでの対面認証			
選定課題の利用開始	平成 24 年 9 月 30 日	平成 25 年 10 月 1 日	平成 26 年 4 月 1 日
利用終了	平成 26 年 3 月 31 日	平成 26 年 3 月 31 日	平成 27 年 3 月 31 日

共用初年度であった平成 24 年度は年度半ばの共用開始だったため、特例として 1 年半の利用期間が認められた。しかしながら、この平成 24 年度の募集では京コンピュータ以外の採択課題が少なく、計算資源量に余裕があったため、平成 25 年度の半年間（下半期、10～3 月）の利用期間を設定して追加募集が行われた。平成 26 年度からは通常通り 1 年間の利用期間で運用が行われている。

### 【課題選定の方法、選定結果の通知と利用開始手続き】

利用研究課題の審査は産学官の有識者から構成される利用研究課題審査委員会により実施された。利用研究課題審査委員会は、申請者から提出された申請書類などの内容について、「京」以外の HPCI 共用計算資源については「HPCI システムの利用研究課題選定に関する基本的な考え方」に基づき審査を行い、その審査結果を踏まえて、それぞれ登録施設利用促進機関および HPCI 運用事務局が利用研究課題を選定した。選定結果は、課題代表者及び連絡責任者にメールにて通知されると共に、HPCI 運用事務局のウェブページにて公表された。

課題採択の通知を受け取った利用研究課題は、課題代表者あるいは副代表者が最寄りセンターに出向き、対面による本人認証（対面認証）を受ける必要がある。もし課題代表者あるいは副代表者が既に対面認証済である場合は、対面認証申請書類一式をメール添付にて提出し対面認証を完了することが可能である。対面認証が完了すると自動的に HPCI アカウントや各利用計算機のローカルアカウントが発行される流れとなっている。

当センターではこれらの採択課題の利用開始手続きにおいて、最寄りセンターやプライマリセンターとしての役割を果たしており、対面認証業務の実施、HPCI アカウントの発行、および当センターが提供する計算資源のローカルアカウントの発行を行った。これらの業務の実績を表 2 にまとめた。

対面認証業務においては、共用開始初年度の平成 24 年度はほぼすべて（81 %）の対面認証が本学へ来学しての手続きとなっていたが、平成 25 年度は 52 %、平成 26 年度は 37 %と減少傾向にある。これは課題代表者もしくは副代表者の多くが既に対面認証済のため、より負担の少ないメールでの対面認証が増えた結果である。

表 2 東工大における最寄りセンターおよびプライマリセンター業務実績

	平成 24 年度	平成 25 年度	平成 26 年度(*)
最寄りセンター業務（対面認証）			
対面認証申請件数（うち来学数）	16 (13)	25 (13)	8 (3)
対面認証のべ人数	83	46	20
プライマリセンター業務（各種アカウント発行）			
HPCI アカウント発行数	38	26	14
TSUBAME ローカルアカウント発行数	173	105	45
HPCI-AE ローカルアカウント発行数	-	143	13

(\*) 平成 26 年 5 月 13 日現在

### 【東工大の計算資源を利用する採択課題】

当センターでは TSUBAME2.0/2.5 と HPCI-AE の計算資源を HPCI へ提供し課題募集を行っている。当センターの提供する計算資源を利用する採択課題一覧をこれまでに行われた課題募集毎にまとめたものが表 3 ～ 5 である。採択件数で見ると、H24, H25, H26 採択課題はそれぞれ 6 件、5 件、10 件となった。H24, H25 採択課題の利用期間が重なっていることを考慮すると採択課題数は増加傾向にある。また提供資源量は当初配分口数にて比較すると、H24, H25, H26 採択課題に対してそれぞれ 78 口、130 口、238 口となり、こちらも大幅に増加していることがわかる。

特に平成 26 年度の課題募集における新たな試みとして、年度を 2 つに分け、上半期における提供可能な資源上限量を下半期の 2 倍と設定した。これにより、年度前半の比較的計算資源に余裕のある時期に HPCI による大規模利用が集中して実施されることを期待している。実際に H26 採択課題への当初配分口数は上半期が 163 口に対して下半期が 75 口となっており、上半期に年間の総配分口数 238 口の 2/3 以上 (68.5%) が割り当てられた。今後、実利用においても上半期の大規模利用を推奨するように進めていく予定である。

### 【年度末の最終計算資源量の配分方法】

平成 24 年度末の HPCI での経験により、年度末時点での残余口数が失効する当センターの課金制度の下では、採択課題の利用負担金の無償化により多くの残余口数が生じるリスクがあることが分かっている。それを避けるため、各拠点の裁量にて当初配分口数の他課題への再配分が認められた。この決定を各実施課題へ周知し、各実施課題への複数回のインタビューを経て最終配分口数を決定した。

最終配分口数は当初配分口数 76 口 (H24 採択課題)、130 口 (H25 採択課題) に対してそれぞれにおいて 61 口、121 口 (配分率 80.3%、93.1%) となった。また平成 24 年度末に問題となった残余口数については、H24 採択課題は 3 口 (利用率 95.1%)、H25 採択課題は 12 口 (利用率 90.1%) と非常に少なく、各採択課題の利用状況に即した配分を行うことができ、高い利用率を達成することができた。しかしながら、H25 採択課題の利用開始が 10 月からと遅かったことや、H25 採択課題への配分計算資源量が H24 採択課題の 2 倍と多かったこともあり、最終配分口数の決定が H26/2/24 まで遅れてしまったため、当センターにおける収入額の確定に大きな支障をきたした。平成 26 年度は早期の最終配分口数の決定が課題となるが、平成 26 年度採択課題の利用は 4 月からの 1 年間のため、平成 25 年度の経験を活かすことで克服できると思われる。

### 【成果報告会の開催】

「平成 25 年度『京』を中核とする HPCI システム利用研究課題 中間報告会」が平成 25 年 10 月 2-3 日にタイム 2 4 ビル 2 階 (東京都江東区) にて開催された。中間報告会では、HPCI 戦略プログラム利用枠課題 (Session 1) とともに、「『京』を含む HPCI システム利用研究課題」として口頭発表 (Session 3 と 5 にて各 6 課題) やポスターセッション (Session 2 と 4) が行われた。

表3 平成 24-25 年度 HPCI 利用研究課題一覧と計算資源配分口数とストレージ容量(TB)

	所属機関	申請課題名	計算資源 (*)	ストレージ容量(*)
	利用課題責任者		(上段) 当初配分口数 (下段) 最終配分口数	
1	東京工業大学	コロイド-水複合系の分子動力学	1/1/-	15/15/-
	巾崎 潤子		1/1/1	
2	京都大学	ソフト分子集団系における物質分配・ 輸送機能の解析	10/10/10	5.5/5.5/5
	松林 伸幸		10/10/10	
3	東洋大学	エクサスケールに資する階層分割型 数値計算ライブラリ開発	1/1/1	-/-/-
	塩谷 隆二		1/1/1	
4	名古屋大学	レプリカ交換法によるタンパク質の 立体構造予測	10/10/10	0.5/0.5/0.5
	岡本 祐幸		10/10/4	
5	理化学研究所	超分子複合体の X 線結晶構造解析	6/8/6	10/5/5
	竹本 千重		6/1/1	
6	東京工業大学	将来の HPCI システムのあり方の 調査研究	10/10/10	-/-/-
	松岡 聡		10/10/11	

(\*) それぞれの口数およびストレージ容量は、第1期(H24 後期)／第2期(H25 前期)／第3期(H25 後期)

表4 平成 25 年度 HPCI 利用研究課題一覧と計算資源配分口数とストレージ容量

	所属機関	申請課題名	計算資源	ストレージ容量
	利用課題責任者		(上段) 当初配分口数 (下段) 最終配分口数	
1	神戸大学	コロイド-水複合系の分子動力学	17 口	14 TB
	向井 洋一		17 口	
2	大阪大学	ソフト分子集団系における物質分配・ 輸送機能の解析	30 口	1.2 TB
	福田 育夫		40 口	
3	防衛大学校	エクサスケールに資する階層分割型 数値計算ライブラリ開発	30 口	10 TB
	萩田 克美		30 口	
4	大阪大学	レプリカ交換法によるタンパク質の 立体構造予測	30 口	2 TB
	高木達也		14 口	
5	東京工業大学	将来の HPCI システムのあり方の 調査研究	30 口	20 TB
	岡元太郎		20 口	

表 5 平成 26 年度 HPCI 利用研究課題一覧と計算資源配分口数

	所属機関	申請課題名	計算資源 (*) 当初配分口数
	利用課題責任者		
1	大阪大学	転写因子 Ets1 のディスオーダー領域による	20 / 10 口
	笠原 浩太	DNA 結合制御機構の解明	
2	東京工業大学	Development of the enhanced activity and	20 / - 口
	大坂 武男	durability of Pt-3d ternary alloys	
3	大阪大学	分子動力学計算やフラグメント分子軌道計算を	20 / 10 口
	高木 達也	活用した蛋白質間ドッキングシステムの開発	
4	東京工業大学	光格子 3 成分フェルミ粒子系における超流	17 / 10 口
	古賀 昌久	動安定性	
5	京都大学	ソフト分子集合系の物質分配機能と集合様	20 / 10 口
	松林 伸幸	態のマルチスケール解析	
6	東京工業大学	熱帯病関連タンパク質の網羅的ドッキングによる	18 / 7 口
	秋山 泰	創薬ターゲットタンパク質相互作用の予測	
7	理化学研究所	ガンやアルツハイマー病に関係する膜タンパク質の二	20 / 10 口
	宮下 尚之	量体構造予測とラフト環境における構造揺らぎ	
8	防衛大学校	強い等方性をもつ K4 格子構造のフェノール	4 / 4 口
	萩田 克美	樹脂強度の古典 MD 仮想実験	
9	東洋大学	エクサスケールに資する階層分割型数値計	4 / 4 口
	塩谷 隆二	算ライブラリ開発	
10	ボストン大学	モンテカルロスペクトロスコープによる量子	20 / 10 口
	諏訪 秀麿	スピン系のスケーリング次元解析	

(\*) それぞれの口数は、H26 上半期/H26 下半期

## 2-8 TSUBAME 共同利用サービス

副センター長 青木 尊之  
特任准教授 渡邊 寿雄

### 【TSUBAME共同利用サービスの概要】

学術国際情報センターでは、スパコンTSUBAME2.0/2.5の計算資源を学内のみでなく、学外の利用者へも広く提供するTSUBAME共同利用サービスを行っている。学外からのTSUBAMEの利用は本稿で述べるTSUBAME共同利用サービスの他にも、別稿にて説明しているJHPCN、HPCI、そして先端研究基盤共用・プラットフォーム形成事業トライアルユースでも可能であり、平成25年度はTSUBAMEの全提供可能計算資源の30%を上限として学外向け資源提供サービスを行った。上限については、共同利用専門委員会において審議され決定している。

### 【TSUBAME共同利用サービスのカテゴリ】

TSUBAME共同利用サービスには、「学術利用」、「産業利用」、「社会貢献利用」の3つの利用区分と「成果公開」と「成果非公開」のカテゴリがあり、それぞれ下記のように分類される。

**学術利用：**学術的な貢献を目的とし、「成果公開」のカテゴリの課題のみ公募する。利用課題責任者は、大学・大学共同利用機関・国立研究所・高等専門学校、独立行政法人・公設試験研究機関・特殊法人（非株式会社形態のもの）、財団法人又は社団法人等（以下「大学・研究機関等」）、特定非営利活動促進法に規定される特定非営利活動法人等のいずれかに所属する者でなければならない。

**産業利用：**産業界でのイノベーション創出、競争力向上のために企業では実施し難い規模の計算をTSUBAMEで行う課題であり、「成果公開」と「成果非公開」の両方のカテゴリの課題を公募する。利用課題責任者は、会社法等に規定される法人に所属する者でなければならない。

**社会貢献利用：**さまざまな社会貢献を目的として、「成果公開」と「成果非公開」の両方のカテゴリの課題を公募する。利用課題責任者は、特定非営利活動促進法に規定される特定非営利活動法人、または公共団体等のいずれかに所属する者でなければならない。

### 【採択課題数の推移】

平成21年7月より開始したTSUBAME共同利用サービスは平成25年度で5年目、またTSUBAME2.0/2.5での運用も4年目となり、一年間を通して安定したサービスを提供することができた。図1に示した採択課題数の推移から明らかなように、平成25年度の採択課題数の合計35件（内訳は学術利用17件、産業利用・成果公開8件、産業利用・成果非公開10件）は平成21～24年度までの6, 17, 22, 27件から順調な増加となった。特に学術利用での採択課題数の増加（平成21～25年度までそれぞれ1, 4, 9, 14, 17件）が顕著であり、これはTSUBAME2.0/2.5の高い性能による利用希望者の増加に加え、他大学や研究

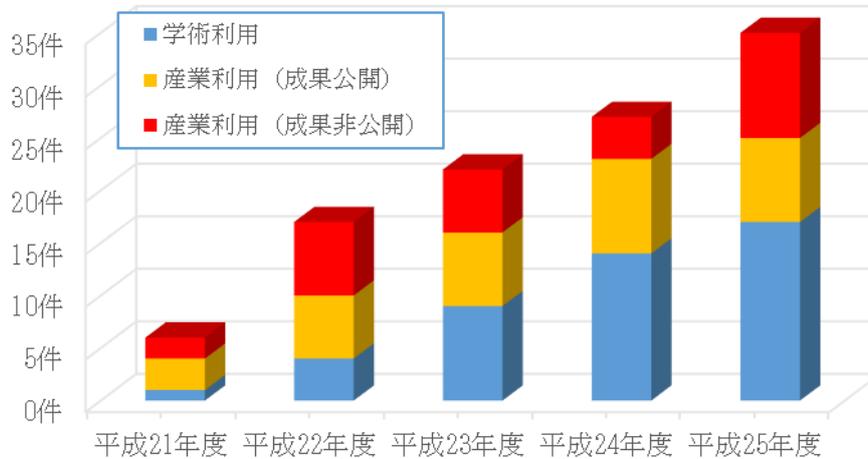


図1 Tsubame 共同利用サービスの採択課題数の推移

機関に対する本サービスの周知が進んだことが要因と考えられる。特に今年度実施したTsubame2.0から2.5へのアップグレードによる性能向上により、同じ利用口数であっても提供計算資源量が大幅に増加（FLOPS値で2.4倍、GPU利用アプリケーションのベンチマークで2倍弱～3倍）していることも、利用希望者の増加につながっている。

また表1には、採択課題一覧として課題代表者所属機関や課題名、そして利用口数を成果非公開の課題では、課題代表者の所属機関以外の情報は非公開である。成果公開の課題における利用口数の傾向を見ると、学術利用の利用口数が平均5.1口（＝86口/17課題）に対し、産業利用の利用口数は平均17.8口（＝142口/8課題）となり、産業利用は学術利用の3.5倍程度の大口利用であることが分かる。もちろん、どちらの利用区分においても利用口数の大小には大きな分布があるが、産業利用・成果公開では企業では実施し難い大規模な実応用計算にTsubame2.0/2.5が利用されていることを反映した結果であろう。

### 【平成26年度からの利用課金額変更】

東京工業大学の電気料金値上げにともない平成25年度より10%程度の値上げを実施したが、電気料金の値上がりは震災前に比べ28%以上と言われており、Tsubameの平成26年度の運用費用は、平成24年度実績に対し約34%増となることが予測された。GSICのコンピュータシステムおよび共同利用の両専門委員会の下で立ち上げた課金改定ワーキンググループにて検討した結果、平成26年度より主に電気料金の値上がり分を補填する規模の値上げを提案するに至った。この利用課金変更案はGSICのコンピュータシステムおよび共同利用の両専門委員会のメール審議を経たのち、東京工業大学の役員会によって承認された。

なお今年度実施した、Tsubame2.0から2.5へのアップグレードによる性能向上により、平成25年10月から12月期のジョブの平均ノード時間積が、平成24年度の実績に対し約23%短縮されたとの分析が報告されており、2.5へのアップグレードによる性能向上が実質的な値下げとして利用者に還元されている。

表1 平成25年度 TSUBAME 共同利用サービス（学術利用）の採択課題一覧

課題番号	所属機関 利用課題責任者 申請課題名	購入口数
1	理化学研究所 計算科学研究機構 丸山直也 高性能・高生産性を達成する垂直統合型アプリケーションフレームワーク	2
2	慶應義塾大学 理工学部機械工学科 泰岡顕治 仮想 GPU を用いた分子動力学シミュレーションコードの開発と評価	9
3	東京大学 情報理工学系研究科 須田礼仁 ポストベタ時代の大規模並列数値計算のための技術開発	2
4	東京大学大学院 情報理工学系研究科 田浦健次朗 高性能と高生産性を両立する並列分散ランタイムシステム	5
5	国立情報学研究所 佐藤真一 マルチメディア内容解析に関する研究	5
6	独立行政法人 情報通信研究機構 山本健詞 TSUBAME2.0 利用による大規模なホログラム計算	1
7	千葉工業大学 工学部生命環境科学科 山本典史 結晶構造中における有機蛍光色素の光物性	2
8	首都大学東京 理工学研究科 岡部豊 TSUBAME2 GPU によるスピン系のクラスターアルゴリズム・モンテカルロシミュレーション	2
9	量子化学研究協会研究所 中辻博 並列計算機を利用した FC-LSE 法による原子・分子のシュレーディンガー方程式の解	1
10	独立行政法人海洋研究開発機構 吉川知里 福島原発事故由来の硫黄放射性同位体モデルを用いた硫酸塩エアロゾルの動態の解明	9
11	京都工芸繊維大学 高木知弘 超大規模フェーズフィールド GPU 計算によるデンドライト競合成長メカニズムの解明	12
12	九州大学 カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所 辻 健 多相流 LBM シミュレーションの大規模間隙モデルへの適用	10
13	京都大学大学院 黒橋禎夫 知識に基づく構造的言語処理の確立と知識インフラの構築	14
14	理化学研究所生命システム研究センター 泰地真弘人 GPU による高速化を利用した計算分子設計	9
15	理化学研究所計算科学研究機構 富田浩文 GPU を用いた全球高解像度気象モデル力学コアの開発	1
16	杏林大学保健学部 田中薫 食品に含まれる抗酸化物質を対象とした多配座解析	1
17	都城工業高等専門学校 野地英樹 超電導電力ケーブルの交流損失解析	1
	小計	86

表2 平成25年度 TSUBAME共同利用サービス（産業利用）の採択課題一覧

番号	所属機関 申請課題名	購入 口数
<b>成果公開</b>		
1	新日鐵住金株式会社 鋼中析出物の水素捕捉能の計算機シミュレーション	20
2	清水建設株式会社 大規模室内外建築環境解析システムの開発	11
3	太陽誘電株式会社 電子デバイス材料の計算機設計	18
4	株式会社構造計画研究所 防災ソリューション部 三次元の広帯域地震動シミュレーションの実用化に向けた検討	1
5	武田薬品工業株式会社 拡張アンサンブルシミュレーションによるタンパク質とリガンドの 結合構造予測法の開発	48
6	株式会社豊田中央研究所 Li イオン二次電池負極/被膜界面における Li 脱挿入過程に関する ハイブリッド量子古典シミュレーション	19
7	住友化学株式会社先端材料探索研究所 理論計算に基づく有機半導体材料の開発	10
8	TOTO 株式会社技術開発センター 節水型衛生陶器設計のための高精度な混相流シミュレーション	15
	小計	142
<b>成果非公開</b>		
1	富士通アドバンステクノロジー株式会社（非公開）	（非公開）
2	コニカミノルタ株式会社（非公開）	（非公開）
3	アイシン・エイ・ダブリュ株式会社（非公開）	（非公開）
4	株式会社 リコー（非公開）	（非公開）
5	株式会社 リコー（非公開）	（非公開）
6	信越化学工業株式会社（非公開）	（非公開）
7	株式会社 LUMINOVA JAPAN（非公開）	（非公開）
8	株式会社 クレハ（非公開）	（非公開）
9	協和発酵キリン株式会社（非公開）	（非公開）
10	株式会社本田技術研究所（非公開）	（非公開）
	小計	55

## 2-9 先端研究施設共用促進事業

### 先端研究基盤共用・プラットフォーム形成事業

#### 『みんなのスパコン』TSUBAMEによる日本再生

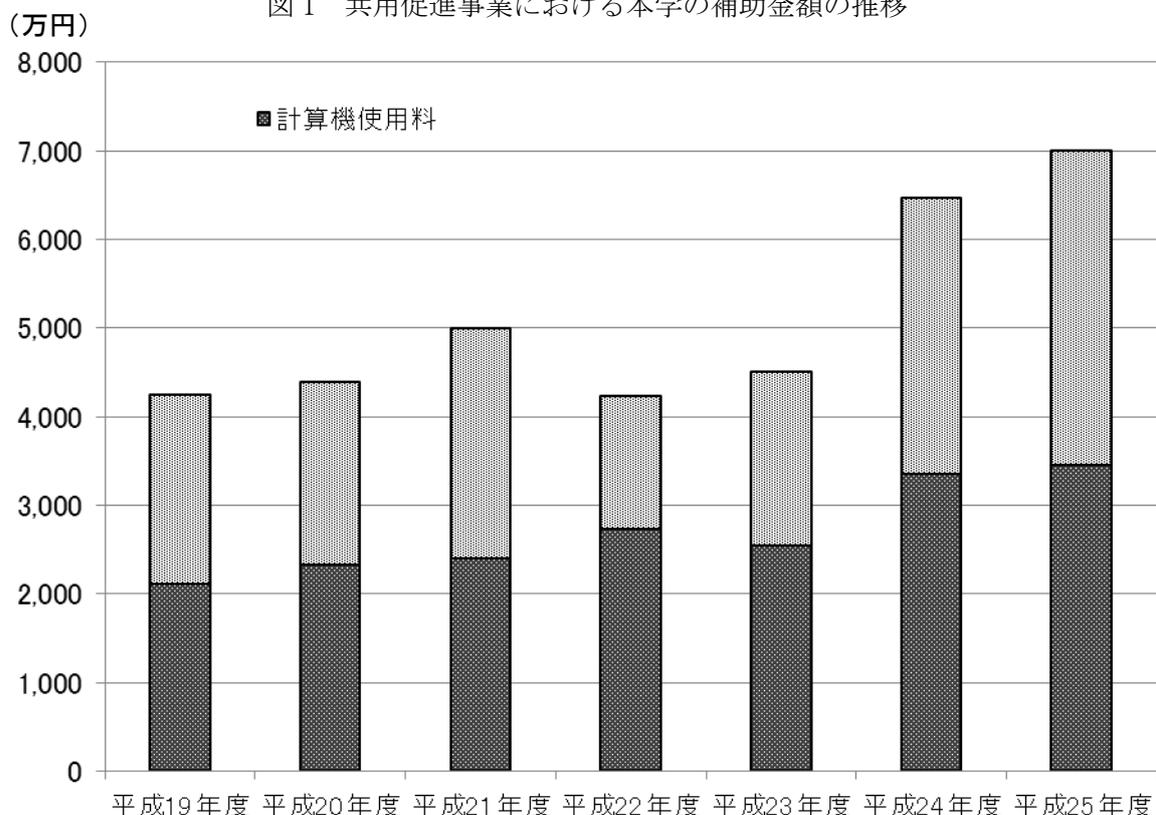
共同利用推進室 副室長 佐々木 淳

#### 【事業概要】

文部科学省 先端研究基盤共用・プラットフォーム形成事業の補助事業である“『みんなのスパコン』TSUBAMEによる日本再生”（以下、「本補助事業」）は、平成19年度に「先端研究施設共用イノベーション創出事業」により採択され、平成21年度より先端研究施設共用促進事業の枠組みに移行、平成25年度からは先端研究基盤共用・プラットフォーム形成事業として、学術国際情報センター 共同利用推進室が主体的に実施している。

本補助事業は、本学 学術国際情報センターのスパコン TSUBAME の計算資源を企業に利用いただく事業であり、平成25年度末時点で延べ154件の課題にて利用いただいている。本補助事業のフラッグシップ的なメニューである産業利用トライアルユースは、企業にTSUBAMEの計算資源を無償で提供する制度であり、平成25年度の課題採択件数は21件となり平成24年度の採択件数12件を大きく上回った。また有償による企業での利用は18件（成果公開8件、成果非公開10件）であった。

図1 共用促進事業における本学の補助金額の推移



## 【事業実施と成果】

### 【実施体制】

本補助事業の事業代表者である青木尊之教授（本事業代表者、学術国際情報センター 副センター長・共同利用専門委員会委員長）の下、本補助事業を主体となって行う学術国際情報センター 共同利用推進室（室長 青木尊之教授）を組織し、本補助事業の補助金（以下、「本補助金」）で雇用している専従の共用促進リエゾン員 1 名、専従の施設共用技術指導員 1 名、および本学経費による雇用の施設共用技術指導員 1 名（特任准教授）、課題の受付・管理を行う事務員 1 名にて本補助事業の運営体制を構成した。また平成 25 年度より、本補助事業の補助金で給与負担する企業からの出向者を迎え体制の強化を図ったが、残念ながら期中（10 月末まで）にて、出向者の都合により出向契約が終了している。

共同利用推進室の主な業務内容は、事業運営・実施業務、事業計画策定、事業広報、応募課題の発掘・渉外、課題選定評価支援業務、利用制度および環境整備、技術指導および支援等と広範な業務となるため、研究推進部情報基盤課、研究資金管理課、財務部契約課等からの支援を受け実施した。

### 【広報活動】

本補助事業の認知向上のため、また利用課題を広く公募するために、積極的に広報・渉外活動を行った。表 1 に平成 25 年度の広報活動の実績、表 2 に平成 25 年度に出稿した広告を提示する。

表 1 平成 25 年度 広報アクティビティ実績一覧

行事名	開催日	場所	目的	参加者
SACIS 2013(情報処理学会)	5 月 22～24 日	仙台国際センター	出展	250 名
日本コンピュータ化学会 2013 春季年会	5 月 30、31 日	東京工業大学	出展	150 名
設計・製造ソリューション展	6 月 19～21 日	東京ビックサイト	出展	76701 名
GTC JAPAN 2013	7 月 30 日	東京ミッドタウン	出展	2400 名
第 18 回高分子計算機科学研究会講座	8 月 7 日	東京工業大学	出展	100 名
TSUBAME 産業利用シンポジウム	10 月 3 日	東京工業大学蔵前会館	主催	154 名
地球シミュレータシンポジウム	10 月 10 日	学術総合センター	出展	100 名
日本コンピュータ化学会 2013 秋季年会	10 月 17、18 日	九州大学	出展	150 名
SC13	11 月 17～22 日	米国デンバー	出展	10550 名
CD-adapco STAR Conference 2013	12 月 3、4 日	パシフィコ横浜	出展	480 名
TSUBAME2.5 記念シンポジウム	12 月 10 日	東京工業大学	出展	200 名
HPCS 2014(情報処理学会)	1 月 7、8 日	一橋大学 一橋講堂	出展	300 名
NVIDIA Manufacturing Day 2014	1 月 17 日	東京駅 JP タワーホール	出展	550 名

第 15 回 GPU コンピューティング研究会	10 月 17 日	東京工業大学	周知・広報	85 名
-------------------------	-----------	--------	-------	------

表2 平成 25 年度 広告出稿実績一覧

媒体	発行日	内容	発行部数
第 18 回高分子計算機科学研究会講座	8 月 7 日発行	TSUBAME 共同利用サービス	約 100 部
第 3 回分子シミュレーション国際会議 要旨集	11 月 18 日発行	TSUBAME 共同利用サービス	約 300 部
Journal of Computer Chemistry, Japan 2013 Vol.12	11 月 26 日発行	TSUBAME 共同利用サービス	約 650 部

6 月の設計・製造ソリューション展は、平成 22 年度から 4 期続けて出展しており、本補助事業の最大のプロモーションとなっており、多くの企業に対し、本補助事業の認知向上に努めた。また本学 TSUBAME の最大の特徴である GPU の活用に強く訴求するため、GPU ベンダの主催するカンファレンスに積極的に出展し、GPU コンピューティングの効用の認知向上に努めるとともに、商用アプリバンドル型トライアルユースに提供いただいているアプリケーションベンダのイベントにも積極的に参加し、本補助事業の取組みを紹介した。

本補助事業の利用成果報告会とし 10 月 3 日に文部科学省 科学技術・学術政策局 研究開発基盤課長の弦本様を来賓としてお招きし、本学 TTF 蔵前ホールにて産業利用シンポジウムを開催した。産業利用シンポジウムでは満席となる 154 名の参加を得て、TOTO 池端様、日本放送協会 小郷様の口頭発表と、11 件のポスター発表にて平成 24 年度終了課題および実施課題の成果を報告、盛況なシンポジウムとなった。本シンポジウムの模様および終了課題の報告書は、本事業の Web ページならびに文部科学省の共用ナビに掲載し公開したとともに、本学のクロニクルにおいても報告している。

### 【トライアルユース課題公募】

平成 25 年度の定期公募は、4 月利用開始課題は平成 25 年 2 月から、10 月利用開始課題は平成 25 年 7 月から公募を実施した。表 3 に開催した公募説明会の日程と出席者数を提示する。公募説明会の周知に関しては、本学の WEB ページおよび文部科学省 共用ナビの WEB ページに掲載するとともに、広報活動で得られた名刺情報もとに作成、メンテナンスしているハウスリスト（約 1400 件）にてメールにて案内を行っている。

表3 公募説明会の実績

開催日	公募説明会	出席者
平成 25 年 2 月 6 日	平成 25 年度上期 産業利用トライアルユース公募説明会(1 回目)	8 名
平成 25 年 2 月 15 日	平成 25 年度上期 産業利用トライアルユース公募説明会(2 回目)	13 名
平成 25 年 7 月 10 日	平成 25 年度下期 産業利用トライアルユース公募説明会(1 回目)	10 名
平成 25 年 7 月 26 日	平成 25 年度下期 産業利用トライアルユース公募説明会(2 回目)	8 名
平成 26 年 1 月 15 日	平成 26 年度上期 産業利用トライアルユース公募説明会(1 回目)	7 名
平成 26 年 1 月 24 日	平成 26 年度上期 産業利用トライアルユース公募説明会(2 回目)	12 名

### 【商用アプリバンドル型トライアルユース】

平成 24 年度より「商用アプリバンドル型トライアルユース」の取組みを、新たな企業に対する TSUBAME 産業利用の動機付けを強く後押しする施策として実施している。「商用アプリバンドル型トライアルユース」とは、新たなスパコンの利用促進が期待できる分野の商用アプリケーションソフトウェアの利用権を調達し、トライアルユースとして計算資源とともに、当該商用アプリケーションソフトウェアの利用も無償にて提供する制度で、平成 24 年度補正予算にて整備した電磁界解析シミュレーション基盤（3次元電磁界解析ソフト「CST STUDIO SUITE」）を9月から平成24年に継続して提供した。また平成25年度として、汎用流体解析ソフト（CD-adapco Star-CCM+）および汎用構造解析ソフト（MSC Nastran/Marc）を調達し提供した。

平成 25 年度の商用アプリバンドル型トライアルユースでの利用課題は 10 件で、その内訳は、電磁界解析シミュレーション基盤 4 件、汎用流体解析ソフト 2 件、汎用構造解析ソフト 4 件である。

### 【トライアルユース課題採択】

平成 25 年度 産業利用トライアルユースの課題採択件数は 21 件で、内訳は戦略分野利用推進課題が 6 件、新規利用拡大課題が 5 件、商用アプリバンドル型トライアルユースが 10 件となった。課題採択時期については上期公募での採択課題 7 件、下期公募での採択課題 3 件、また随時受付にて 7 月 1 件、9 月 4 件、12 月 2 件、1 月 4 件を採択した。表 4 に平成 25 年度に採択した産業利用トライアルユースの課題一覧を示す。

表 4 平成 25 年度 産業利用トライアルユース採択課題一覧

番号	課題区分	課題名	企業名	利用開始
1	新規利用拡大	超大規模行動データを用いた 広告出稿最適シミュレーション高速化実験	株式会社 電通国際情報サービス	4 月
2	新規利用拡大	密度汎関数法体系における実空間直接数値解析の大規模高速化	東芝原子力エンジニアリングサービス株式会社	4 月
3	新規利用拡大	減衰を考慮した高周波数領域までの音響構造連成シミュレーション大規模化技術の検討	フォスター電機株式会社	4 月
4	戦略分野 ナノシム	格子ボルツマン法による航空機離着陸形態の空力特性予測と空力騒音予測法の改良に関する研究	エクサ・ジャパン株式会社	4 月
5	戦略分野 ナノシム	リチウムイオン二次電池正極材料の第一原理計算	古河電気工業株式会社 次世代電池開発センター	4 月
6	戦略分野 ナノシム	無機材料開発への第一原理計算の活用	株式会社ニコン	4 月
7	戦略分野 アクセラレータ	GPU クラスタを利用した電子写真システム設計における電磁場計算の高速化	株式会社リコー	4 月
8	新規利用拡大	企業研究における大型計算機活用の促進	旭硝子株式会社	7 月
9	アプリバンドル型 トライアルユース	大規模施設内における無線通信システム用アンテナに関する基礎検討	パナソニックシステムネットワークス開発研究所	9 月
10	アプリバンドル型 トライアルユース	三次元電磁界シミュレータを用いた静電気放電イミュニティ試験に於ける PCB/Package/Chip のイミュニティ解析	ルネサスエレクトロニクス株式会社	9 月
11	アプリバンドル型	大規模シミュレーションによるレーダの車両搭載時の特性	古河電気工業株式会社	9 月

	トライアルユース	把握	自動車電装技術研究所	
12	戦略分野 ナノシム	大規模・大領域 TCAD への HPC 応用技術の開発	株式会社 半導体理工学 研究センター	9 月
13	アプリバンドル型 トライアルユース	大規模アレイアンテナの 電磁波解析への GPU クラスタ応用	NEC 東芝スペース システム株式会社	10 月
14	アプリバンドル型 トライアルユース	塗布・乾燥プロセスの流体・粒子連成シミュレーション	MPM 数値解析センター株 式会社	10 月
15	新規利用拡大	波力発電システムシミュレータの TSUBAME への移植と高速化	株式会社CAEソリューションズ	10 月
16	アプリバンドル型 トライアルユース	数値振動台開発を目的とした大規模 FEM 解析のフィージビリティスタディ	清水建設株式会社	12 月
17	アプリバンドル型 トライアルユース	広域都市環境の大規模計算による検討	清水建設株式会社	12 月
18	戦略分野 ナノシム	フィラー充填ゴムの多目的設計探査	横浜ゴム株式会社	1 月
19	アプリバンドル型 トライアルユース	産業用ゴムベルトの有限要素法による構造解析	三ツ星ベルト株式会社	1 月
20	アプリバンドル型 トライアルユース	熱応答シミュレーションにおける計算規模拡大の効果検証	ローム株式会社	1 月
21	アプリバンドル型 トライアルユース	脆性破壊の予測を目的とした構造解析	海上技術安全研究所	1 月

### 【トライアルユース課題実施】

平成 25 年度の産業利用トライアルユースの新規採択課題数は 21 件で、平成 24 年度採択の継続課題 7 件と合わせて、28 件の実施となった。年度当初の実施計画でトライアルユース課題の年間総口数として計画していた 460 口全てを配分した。平成 25 年度の産業利用トライアルユースの実施課題と企業名について表 5 に示す。

表5 平成 25 年度 共用促進トライアルユース 実施課題一覧

番号	課題区分	課題名	企業名	配分口数
過年度採択 継続課題				
1	戦略分野 アクセラレータ	メソ構造を持つ高分子材料の マルチスケール・シミュレーション	日本ゼオン株式会社 総合開発センター	
2	戦略分野 ナノシム	量子化学計算を活用した企業研究の効率化	出光興産株式会社 先進技術研究所	
3	戦略分野 アクセラレータ	衛生陶器設計のための 並列 GPGPU 気液二相流シミュレーション	TOTO株式会社 技術開発センター	
4	戦略分野 アクセラレータ	大規模三次元電磁界シミュレーションの トンネルモデルへの適用	株式会社構造計画研究所 社会インフラシステム部	
5	戦略分野 ナノシム	密度汎関数法を用いた エンジニアリングプラスチックの熱劣化反応解析	日立化成工業株式会社	
6	戦略分野 ナノシム	企業の材料開発における計算化学の活用促進	株式会社豊田自動織機	
7	戦略分野 ナノシム	3次元ナノアーキテクチャの 各種光デバイスへの応用の為の光学的解析	サイバネットシステム 株式会社	

平成 25 年度 採択課題				
8	新規利用拡大	超大規模行動データを用いた 広告出稿最適シミュレーション高速化実験	株式会社 電通国際情報サービス	
9	新規利用拡大	密度汎関数法体系における実空間直接数値解析の大規模高速化	東芝原子力エンジニアリングサービス株式会社	
10	新規利用拡大	減衰を考慮した高周波数領域までの音響構造連成シミュレーション大規模化技術の検討	フォスター電機株式会社	
11	戦略分野 ナノシム	格子ボルツマン法による航空機離着陸形態の空力特性予測と空力騒音予測法の改良に関する研究	エクサ・ジャパン株式会社	
12	戦略分野 ナノシム	リチウムイオン二次電池正極材料の第一原理計算	古河電気工業株式会社 次世代電池開発センター	
13	戦略分野 ナノシム	無機材料開発への第一原理計算の活用	株式会社ニコン	
14	戦略分野 アクセラレータ	GPU クラスタを利用した電子写真システム設計における電磁場計算の高速化	株式会社リコー	
15	新規利用拡大	企業研究における大型計算機活用の促進	旭硝子株式会社	
16	アプリバンドル型 トライアルユース	大規模施設内における無線通信システム用アンテナに関する基礎検討	パナソニックシステムネットワークス開発研究所	
17	アプリバンドル型 トライアルユース	三次元電磁界シミュレータを用いた静電気放電イミュニティ試験に於ける PCB/Package/Chip のイミュニティ解析	ルネサスエレクトロニクス株式会社	
18	アプリバンドル型 トライアルユース	大規模シミュレーションによるレーダの車両搭載時の特性把握	古河電気工業株式会社 自動車電装技術研究所	
19	戦略分野 ナノシム	大規模・大領域 TCAD への HPC 応用技術の開発	株式会社 半導体理工学研究センター	
20	アプリバンドル型 トライアルユース	大規模アレイアンテナの 電磁波解析への GPU クラスタ応用	NEC 東芝スペース システム株式会社	
21	アプリバンドル型 トライアルユース	塗布・乾燥プロセスの流体・粒子連成シミュレーション	MPM 数値解析センター株式会社	
22	新規利用拡大	波力発電システムシミュレータの TSUBAME への移植と高速化	株式会社CAEソリューションズ	
23	アプリバンドル型 トライアルユース	数値振動台開発を目的とした大規模 FEM 解析のフィージビリティスタディ	清水建設株式会社	
24	アプリバンドル型 トライアルユース	広域都市環境の大規模計算による検討	清水建設株式会社	
25	戦略分野 ナノシム	フィラー充填ゴムの多目的設計探査	横浜ゴム株式会社	
26	アプリバンドル型 トライアルユース	産業用ゴムベルトの有限要素法による構造解析	三ツ星ベルト株式会社	
27	アプリバンドル型 トライアルユース	熱応答シミュレーションにおける計算規模拡大の効果検証	ローム株式会社	
28	アプリバンドル型 トライアルユース	脆性破壊の予測を目的とした構造解析	海上技術安全研究所	

### 【有償利用（産業）の実施】

平成 25 年度 TSUBAME 産業利用において、有償にて利用いただいた課題件数は 18 件で、成果公開が 8 件、成果非公開が 10 件であった。表 6 に TSUBAME 産業利用（有償）実施課題の一覧を提示する。

課題区分ごとの利用口数は、成果公開の合計が 142 口、成果非公開が 55 口、合計 197 口であった。

表6 平成 25 年度 TSUBAME 産業利用(有償)実施課題一覧

番号	課題区分	課題名	企業名	利用口数
1	有償利用 成果公開	鋼中析出物の水素捕捉能の計算機シミュレーション	新日鐵住金株式会社	
2	有償利用 成果公開	大規模室内外建築環境解析システムの開発	清水建設株式会社	
3	有償利用 成果公開	電子デバイス材料の計算機設計	太陽誘電株式会社	
4	有償利用 成果公開	三次元の広帯域地震動シミュレーションの 実用化に向けた検討	株式会社構造計画研究所 防災ソリューション部	
5	有償利用 成果公開	拡張アンサンブルシミュレーションによるタンパク質と リガンドの結合構造予測法の開発	武田薬品工業株式会社	
6	有償利用 成果公開	Li イオン二次電池負極/被膜界面における Li 脱挿入過程 に関するハイブリッド量子古典シミュレーション	株式会社豊田中央研究所	
7	有償利用 成果公開	理論計算に基づく有機半導体材料の開発	住友化学株式会社 先端材料探索研究所	
8	有償利用 成果公開	超大規模行動データを用いた 広告出稿最適シミュレーション高速化実験	TOTO 株式会社 技術開発センター	
9	有償利用 成果非公開		富士通アドバンス テクノロジー株式会社	
10	有償利用 成果非公開		コニカミノルタ株式会社	
11	有償利用 成果非公開		アイシン・エイ・ダブリュ 株式会社	
12	有償利用 成果非公開		株式会社 リコー	
13	有償利用 成果非公開		株式会社 リコー	
14	有償利用 成果非公開		信越化学工業株式会社	
15	有償利用 成果非公開		株式会社 LUMINOVA JAPAN	
16	有償利用 成果非公開		株式会社 クレハ	
17	有償利用 成果非公開		協和発酵キリン株式会社	
18	有償利用 成果非公開		株式会社本田技術研究所	

### 【共用実績】

本補助事業の産業利用トライアルユースでは、TSUBAME 年間供給可能計算資源の 13%を上限に共用する計画に対し実績は 12.97%であった。また有償利用を含めた配分口数の総計は 657 口で、年間供給可能資源の 18.52%となった。

一方、共用率は全体提供時間に対する共用時間の割合であり、トライアルユースの共用率は 16.34%、有償利用を含めた全体の共用率は 22.63%となった。表 7 に平成 25 年度の TSUBAME 産業利用での TSUBAME の計算資源の使用実績を提示する。

ここで述べる TSUBAME 年間供給可能計算資源とは TSUBAME が 1 年間に提供可能な資源量を示しており、全体提供資源は 1 年間にユーザが実際に使用した TSUBAME の資源量を示す。

表7 平成 25 年度 共用時間、全体提供時間、共用率

	計算資源供給量		
	トライアルユース 実績値	全産業利用 実績値	トライアルユース 年度計画値
共用時間 (a)	1,029,226	1,425,181	1,380,000
全体提供時間 (b)	6,297,646	6,297,646	10,640,000
共用率 (a)/(b)	16.34%	22.63%	12.97%

(単位:ノード時間はマシンタイムの単位で、1ノード時間は1計算ノードを1時間占有利用に相当。)

### 【利用者支援】

スパコンの産業利用促進には継続的なユーザ教育の取組みは不可欠であり、TSUBAME2.0 を初めて使うすべての課題従事者に対し、利用開始前の利用講習会への参加を義務づけ、平成 25 年度においては、該当者のために延べ 15 回の利用講習会を開催した。

日常の利用においては共同利用推進室にて、TSUBAME2.0 の基本操作、プログラムの並列化やポーティングの支援、また商用アプリバンドル型トライアルユースで調達したアプリケーション利用の支援を行った。また本事業のユーザが使用する有償アプリケーションを TSUBAME 上で使えるようにするため、当該有償アプリケーションのライセンスのライセンスサーバへの設定や登録等の、ユーザが TSUBAME を利用する際のサポートを提供している。

### 【利用環境整備】

平成 25 年度に他大学で発生したセキュリティインシデントを契機に、TSUBAME 産業利用の利用者に向け、セキュリティ機能が強固な共有ストレージを導入することにより、産業利用ユーザの要望に応えるとともに、TSUBAME の情報セキュリティを脅かすインシデントが発生した際にも、産業利用ユーザの情報セキュリティが保障される運用が行えるよう、強固なセキュリティ機能を有するストレージを調達し提供した。

**【総括】**

平成 25 年度 TSUBAME 産業利用は、トライアルユースの件数および有償利用の件数および収入が前年度に比べ大幅に増加し、期待以上の成果を残すことができた。

今後も TSUBAME 産業利用の取組みが永続的となるよう、制度や枠組みの整備とともに、提供するサービスの質についても向上させるよう取り組んでいきたい。

## 2-10 TSUBAME グランドチャレンジ大規模計算制度

副センター長 青木 尊之  
特任准教授 渡邊 寿雄

### 【本制度の概要】

TSUBAME2.0/2.5は世界トップレベルのスパコンであると共に、「みんなのスパコン」TSUBAMEとして東工大内外に対して計算機資源を提供する共同利用スパコンでもあるため、通常運用では最大でも420ノードまで（Hキュー利用時）しか占有利用できず、全ノードのピーク性能2.4/5.7PFLOPSを有効活用する機会はほとんどなかった。そこで、TSUBAME2.0/2.5のピーク性能を生かして初めて可能となるグランドチャレンジの学術分野の研究課題を広く公募し、TSUBAME2.0/2.5の全ノード占有利用環境を提供することで、世界のトップクラスのスパコンでしか達成できない著しい成果を上げることを目的として、TSUBAMEグランドチャレンジ大規模計算制度を新たに設立し、平成23年度より春と秋の年2回で実施してきた。その結果として、採択課題のうちの2つがSC12においてスパコンの分野での最高栄誉と言われるゴードンベル賞・特別賞（本賞）と奨励賞を受賞するなど、輝かしい成果を上げている。平成25年9月にはTSUBAME2.0がTSUBAME2.5へ大幅に性能向上したため、本制度を利用することによって更なる成果が期待できる。

### 【実施スケジュールと申請～採択課題決定までの流れ】

TSUBAMEグランドチャレンジ大規模計算制度は、春期と秋期の年2回のペースで実施している。それに加えて平成26年度からは、上半期の計算資源に余裕のある時期にカテゴリBの公募を複数回行うことを予定している。基本スケジュールとしては、全ノードもしくは大規模ノードを占有利用しての本実施が行われる2か月前より公募を開始し、1か月前に申請締切／審査／採択決定、その後の本実施までの間にHキュー1日占有利用相当の予備実施などの準備が行われる。

課題の申請手続きは、課題申請Webフォームより課題名・課題概要・課題責任者情報を送信した後に、申請書の電子ファイルをメール添付にて提出し、申請受理メールを受信することで完了する。

申請締切後に、課題選定評価委員会による審査によって採択課題が決定される。具体的には、委員3名以上による書類審査と、その結果を踏まえた課題選定評価委員会の2段階審査によって採択課題が決定される。その後、速やかに課題責任者へメールにて審査の可否が通知される。

### 【公募するカテゴリ、申請状況、採択課題一覧】

本制度で公募するカテゴリとしては、TSUBAME2.0/2.5のピーク性能（計算速度）を目指して全ノードを利用するカテゴリAと、膨大な計算量が必要な課題のためにTSUBAME2.0/2.5の全ノードの1/3程度（Hキューの全ノード、420ノード）を一週間利用するカテゴリB

表1. 各カテゴリごとの申請状況と採択件数（括弧内は申請課題数）

申請区分	平成 26 年		平成 25 年		平成 24 年		平成 23 年		計
	春期	秋期	春期	秋期	春期	秋期	春期		
カテゴリ A	2(2)	0(0)	1(1)	2(2)	2(2)	3(3)	4(6)	14(16)	
カテゴリ B	0(0)	1(1)	1(1)	0(0)	0(0)	2(3)	-	4(5)	
小計	2(2)	1(1)	2(2)	2(2)	2(2)	5(6)	4(6)	18(21)	

の2つの区分があり、これまでの申請状況と採択件数は表1のようになっている。

また採択課題一覧を表2に掲載した。東京工業大学所属の課題責任者のみでなく、他機関所属の課題責任者も多く、本制度が学外に対しても開かれた制度であることを示している。課題内容の傾向として、TSUBAME2.0/2.5の特徴であるGPUを用いた課題が多い点がまず挙げられる。CPUのみ利用した課題は、平成25年度春期および秋期のカテゴリ B の採択課題である中辻先生の課題のみである。これは、カテゴリ B ではピーク性能よりも科学的重要性に重きが置かれていることを反映している。

表2. TSUBAMEグランドチャレンジ大規模計算制度の採択課題一覧

実施時期	カテゴリ	所属機関 利用課題責任者	申請課題名
H25 春期	A	中央大学 准教授 藤澤克樹	超大規模半正定値計画問題に対する 高性能汎用ソルバの開発と評価
		量子化学研究協会 研究所 所長 中辻 博	超並列計算機TSUBAMEの利用による 幾つかの有機・無機分子のシュレーディンガー解の計算
H25 秋期	B	量子化学研究協会 研究所 所長 中辻 博	超並列計算機TSUBAMEの利用による幾つかの有機化合物のシュレーディンガー解の計算
H26 春期	A	理化学研究所 チームリーダー 富田浩文	GPU とOpenACCを用いた全球高解像度気象モデル の大規模シミュレーション
		東京工業大学 特任助教 佐藤仁	TSUBAME2 におけるビッグデータ基盤処理の性能評価

### 【本制度の申請課題が満たすべき条件と採択課題が果たすべき義務】

本制度に申請するには、以下の条件を満たす必要がある。これらの条件は、本制度がTSUBAME2.0/2.5の一般ユーザへのサービスを止めての実施となるため、その負担に見合うだけの成果を要求されることから生じている。

- 申請課題のカテゴリは、TSUBAME共同利用（学術利用・成果公開）に準ずること。
- TSUBAME2.0/2.5の大規模ノード占有利用により、広くその重要性が認識されている

分野での挑戦的な課題におけるチャンピオンデータが得られる十分な見込みがあること。

- 課題申請の段階で既に1000以上のプロセスを同時に実行するような大規模計算の実績があること。
- 課題申請までにTSUBAME2.0/2.5を利用していることは必須ではないが、大規模ノード占有利用前に与えられる僅かな期間・計算資源にて万全の準備ができること。

一方、採択課題が果たすべき義務としては、主に成果の公開に関する以下の4点が挙げられている。

- 本制度によって得られた成果は、利用終了後1ヵ月以内に所定の様式を満たした実施報告書として提出すること。提出された実施報告書のうち、公開すると定めた部分は東工大GSICのWebページなどで公開される。
- 東工大GSICが開催するシンポジウムなどのイベントにおける発表や、TSUBAME e-Science Journalなどへの執筆へ協力すること。TSUBAME e-Science Journalへ執筆した場合には、最終成果報告書の別紙として代替することができる。なお特許申請や学術的競争のために発表等ができない場合は、その理由と共に発表できる時期を明記した文書を提出すること。
- この成果を論文発表・学会発表・プレスリリースなどする際は、TSUBAMEグランドチャレンジ大規模計算制度による成果であることを明記し、発表後2週間以内に東工大GSICへ報告すること。
- これらを含めて利用終了後1年以内に、所定の様式を満たした最終の成果報告書を提出すること。申請時に継続課題として認定された場合には、継続課題の利用終了後1年以内に複数課題の最終報告書をまとめて提出すること。

## 【実施スケジュールと各採択課題への提供計算機資源量】

### 平成25年度春期 TSUBAME グランドチャレンジ大規模計算制度

課題公募	1/31	～ 2/20 17:00	
採択通知	3/5		
<b>(藤澤グループ) カテゴリA</b>			
予備実施(Hキュー420 ノード)	3/18 10:00	～ 3/19 09:00	23 時間
本実施 (全ノード)	4/2 16:00	～ 4/4 09:00	41 時間
グループディスク(/work0 1TB)			3～4 月
<b>(中辻グループ) カテゴリB</b>			
予備実施(Hキュー420 ノード)	4/8 10:00	～ 4/9 09:00	23 時間
本実施 (420 ノード)	4/11 10:00	～ 4/18 11:30	169.5 時間
グループディスク(/work0 30TB)			4～6 月

### 平成 25 年度秋期 TSUBAME グランドチャレンジ大規模計算制度

課題公募	7/31	～ 8/28 17:00	
採択通知	9/30		
<b>(中辻グループ) カテゴリB</b>			
予備実施(H キュー420 ノード)	10/3 10:00	～ 10/4 09:00	23 時間
本実施 (420 ノード)	10/8 10:00	～ 10/15 10:00	168 時間
グループディスク(/work1 30TB)			10～11 月

### 平成 26 年度春期 TSUBAME グランドチャレンジ大規模計算制度

課題公募	2/12	～ 3/3 17:00	
採択通知	3/17、3/24		
<b>(富田グループ) カテゴリA</b>			
予備実施(H キュー420 ノード)	3/19 10:00	～ 3/20 09:00	23 時間
本実施 (全ノード)	4/3 16:00	～ 4/4 9:00	17 時間
グループディスク(/work0 6TB, /work1 1TB, /data0 1TB)			3～5 月
<b>(佐藤グループ) カテゴリA</b>			
予備実施(H キュー420 ノード)	3/25 10:00	～ 3/26 09:00	23 時間
本実施 (全ノード)	4/2 14:00	～ 4/3 16:00	26 時間
グループディスク(/work1 2TB)			3～5 月

### 3. 国際協働

#### 3-1 MOUに基づく国際共同研究

##### 3-1-1 モンゴルにおける地方小学校教員の質の向上—地域性に即した ICT を活用した教材開発を通じて

先端研究部門 情報技術国際協働分野 山口 しのぶ

2012年3月から開始された JICA 草の根技術協力事業草の根パートナー型プロジェクト「モンゴルにおける地方小学校教員の質の向上—地域性に即した ICT を活用した教材開発を通じて」の一環として、現地調査を中心に協働事業・共同研究を展開した。本年度はモンゴル 21 県とウランバートル市を対象に ICT を活用した教員研修教材の全国コンテストを実施し、ホブド県（西部）、バヤンホンゴル県（ゴビ地域）、ブルガン県（北部）、ヒンティ県（東部）、ソングノハイルハン地区（ウランバートル市）の 5 地域が選出された。来年度より、各地域 6 教科、全 30 からなる教員件教材の作成に取り掛かる。教材作成には各地域 36 名の教員・専門家が参加し、50 名の教員を対象に教材の改良を実施する。同時に、モンゴルの小学校教員の ICT スキルの調査に関する共同研究の一環として、5 県におけるアンケート調査を実施し、現在データ分析を進めている。

##### 3-1-2 発展途上国の世界遺産地域における持続可能な情報通信技術の応用に関する実践研究

先端研究部門 情報技術国際協働分野 山口 しのぶ

ラオスルアンパバーン政府世界遺産局との連携のもと、持続可能な世界遺産開発を実現するための情報通信技術を用いた包括的かつ効果的・効率的な施策について、実践研究を実施。今年度は、モバイルラーニングの活用した世界遺産に関する意識向上調査、及び、世界遺産局の保有する authorization database の改善を実施した。現地の二大学の学生を対象とした世界遺産保存に関する意識向上のためのモバイルラーニング導入に関する調査分析に基づき、2014年2月には、ルアンパバーンにて「ICT を活用した世界遺産保存：意識向上週間」を開催し、様々な ICT を活用した世界遺産管理の手法についてワークショップを実施した。120 名を超える学生・専門家が参加し現地メディアも取り上げるなど、注目が集まった。調査結果は 2014 年 4 月開催予定の国際学会にて発表の予定。Authorization Database に関しては、現地調査に基づきユーザビリティを向上させたプロトタイプが開発され、専門家を対象に試行された。今後、本運用のための開発を進める予定である。

### 3-1-3 アジア 10 カ国における教育政策における 21 世紀型スキルの比較研究と参加型データベースの構築

先端研究部門 情報技術国際協働分野 山口 しのぶ

本事業では、近年ユネスコやOECDなどの国際機関がこれからの教育政策・改革において重要であると提唱している「21世紀型スキル」に注目し、ユネスコバンコク事務所との連携のもと、アジア地域10カ国の基礎教育政策を「21世紀型スキル」の観点から比較分析した。比較分析は多面的な要素から構成され、第一に、ユネスコが開発している教育政策分析フレームワークを活用し、各国の教育政策における「21世紀型スキル」に関する分析を通じて国別レポートを作成した。更には、教育現場の教師、生徒からの意見を反映させるために「21世紀型スキル」に関するe-コンテストを実施し、エッセイ、ビデオ、フィルムなどの媒体によりウェブ上で意見を収集した。世界20カ国以上から160に上るエッセイ、ビデオが寄せられ、優秀作品は、ユネスコバンコク事務所・東工大学術国際情報センターより表彰された。2013年10月には、ユネスコバンコク事務所・東工大学術国際情報センター共催の国際シンポジウムが開催され、アジア太平洋地域11カ国40名の専門家が出席し、各国の分析報告及び事例紹介が実施された。また、本取り組みでは、参加型教育政策データベースを構築し、上記の国別レポート、事例集、e-コンテストで収集した意見を含めたコンテンツの積極的な情報発信を目指した。アジア太平洋地域の教育開発を網羅するユネスコバンコク事務所の特性を生かし、そのネットワークを活用することで、その成果が広く普及されている。

### 3-1-4 法尻掘削におけるアーチ効果に関するチェンマイ大学との共同研究

先端研究部門 高性能計算先端応用分野 ピパットポンサー ティラポン

平成22年3月28日にGSICとタイ国チェンマイ大学工学部との部局間MOUが締結され、国際共同研究“Modeling and Simulation of Large-Scale Open-Pit Coal Mining”を開始しました。GSICと共同研究を実行しているチェンマイ大学、またカセサート大学およびタイ発電公社からの様々な研究者が協力して、2013年8月14日～15日にタイ北部の炭鉱を調査するとともに、資源エネルギー開発に向けた共同研究を充実するため、2日間の現場訪問後、8月16日にチェンマイ大学において、GSIC主催国際シンポジウムを開催した。

詳細：タイ王国チェンマイ大学との共同研究活動，東工大クロニクル No. 491 (October 2013)p. 3.

### 3-1-5 チュラロンコン大学・カセサート大学・タイ国立科学技術開発機構の訪問

先端研究部門 高性能計算先端応用分野 ピパットポンサー ティラポン

2014年3月5～7日に、チュラロンコン大学、カセサート大学およびタイ国立科学技術開発機構の共同研究者らと打ち合わせを行い、研究情報を収集した。活動内容としては、土壌サンプルの化学特性を調べるために、タイ国内へ軽量盛土工法を導入しているカセサート大学のEPS（発泡スチロール）工法に関する実験室を訪問、また塩害地に関する研究情報収集のため、タイ国立科学技術開発機構（NSTDA）において、遺伝子生命工学研究センター（BIOTEC）の研究者と面談、さらにチュラロンコン大学の土質研グループセミナーでは、本学学生が「Central pressure drop underneath embankments caused by basal settlement」と題して研究成果を発表した。

### 3-1-6 ミュンヘン工科大学 Informatics 専攻, Scientific Computing グループとの TSUBAME を用いた国際共同研究協定締結

先端研究部門 高性能計算先端応用分野 青木 尊之

これまでも交流のあったドイツ・ミュンヘン工科大学 Informatics 専攻の Prof. Dr. Hans-Joachim Bungartz のグループと TSUBAME を用いた国際共同研究の3年間の協定を2013年11月に締結した。ミュンヘン工科大学の敷地に隣接した Leibniz スーパーコンピューティングセンターには、18,432 個の Intel Xeon Sandy Bridge-EP プロセッサを搭載したスパコン Super MUC がある。2013年11月のスパコン Top500 では10位にランキングされている。主に大規模格子ボルツマン法に対して、通常の x86 プロセッサによる実行性能と GPU による実行性能の比較などを行う。

### 3-1-7 エルランゲン-ニュルンベルグ大学工学部との国際交流協定に基づいた共同研究

先端研究部門 高性能計算先端応用分野 青木 尊之

継続的しているエルランゲン-ニュルンベルグ大学との TSUBAME を用いた大規模流体計算の共同研究を進めた。スパコン TSUBAME のバージョンアップにより、全ての GPU が最新の Kepler コアになり、最適化手法の適用などの議論を行った。1st International Workshop on High-Performance Stencil Computations において下川辺助教が Dr. Harald Koestler と、SIAM Conference on Parallel Processing for Scientific Computing 2014 では青木と Prof. Dr. Ulrich Rüde が格子ボルツマン法をベースとした流体-構造連成問題における適合格子細分化の議論を行った。

## 3-2. 国際シンポジウム

### 3-2-1 GSIC 主催国際シンポジウム：露天掘り炭鉱における斜面の安定評価・補強・モニタリング (GSIC International Symposium on Slope Stability Assessment, Reinforcement and Monitoring in Open-Pit Coal Mining)

先端研究部門 高性能計算先端応用分野 ピパットポンサー ティラポン

本シンポジウムは、GSIC 国際協働経費の支援を受け、平成 25 年 8 月 16 日(金)8:30~16:30 にチェンマイ大学工学部にて開催された。シンポジウム開会にあたり、森村タイ拠点長より、本学の国際連携活動、タイ拠点の教育プログラム、GSIC の紹介、シンポジウム開催趣旨など詳細の挨拶があった。引き続き、Nat Vorayos チェンマイ大学工学部長から来賓挨拶を頂いた後、中央大学の太田教授(東工大名誉教授)による基調講演、および講演者(6名)による発表を行った。シンポジウムには、大学(東工大 2 人、中央大学 1 人、チュラロンコン大学 1 人、カセサート大学 2 人、チェンマイ大学 41 人)・組織機関(タイ発電公社 8 人)、民間企業(Banpu 2 人、Siam Cement Group 4 人)から 62 名の参加者があり、各テーマについて熱心な議論が行われた。今後の国際的な産学連携の強化を推進する効果が期待される。



森本タイ拠点長よりシンポジウム開会の挨拶



シンポジウムの様子

(講演者 7 人を含む参加者 62 名)

本シンポジウム URL <http://www.geo.gsic.titech.ac.jp/activity/GSIC-CMU2013/>

### 3-2-2 東京工業大学 GSIC・インド工科大学マドラス校バイオテクノロジー学科共催シンポジウム

先端研究部門 大規模データ情報処理分野 関嶋政和

2013年9月27日、28(木)に、インド工科大学マドラス校において、東京工業大学学術国際情報センターとインド工科大学マドラス校バイオテクノロジー学科の主催で、イ

インド文部科学省バイオ局（DBT）と東京工業大学情報生命博士教育院の後援を受けて” 2<sup>nd</sup> IIT Madras - Tokyo Tech Joint Symposium on Techniques and Applications of Bioinformatics” と題した国際共同シンポジウムを開催した。マドラス大学の P. K. Ponnuswamy 副学長による記念講演からシンポジウムは始まり、6つのセッションで合計講演15件、ポスター発表53件、参加者が国内外150名（日本からは、東工大、中央大、東京電機大からの7名）あった。



2<sup>nd</sup> IITM – Tokyo Tech Joint Symposium on “Techniques and Applications of Bioinformatics” 公式ホームページ <http://www.biotech.iitm.ac.in/bif/workshop/index.html>

### 3-2-3 学術国際情報センター・ユネスコ Education Research Institutes Network (ERI-Net) 共催国際シンポジウム

先端研究部門 情報技術国際協働分野 山口 しのぶ

2013年10月17日～19日、タイ・バンコクにおいてユネスコ教育アジア太平洋地域事務所（ユネスコバンコク事務所）主催による Education Research Institute Network (ERI-Net) 年次会議が東京工業大学学術国際情報センター共済、及び韓国信託基金の支援を基に開催された。2009年に設立された ERI-Net は現在 23カ国 29の大学および研究機関をメンバーとしており、毎年地域レベルでの教育政策の合同研究を行なっている。

2013年3月の専門家会合での合意に基づき、本年度の ERI-Net 年次会合では「教育政策への Non-cognitive skills（非認知スキル）の導入」および「中等教育から高等教育への進学過程」の二つの研究テーマに基づき、両テーマでのべ10カ国の参加国・地域から研究成果が発表され、11カ国40名の参加者により活発な議論が行われた。

一日目は「教育政策への Non-cognitive（非認知スキル）の導入」をテーマに、10カ国・地域（インド、オーストラリア、韓国、シンガポール、タイ、香港、フィリピン、マレーシア、モンゴル、日本）での研究が発表された。ソフトスキルとも呼ばれる「非認知スキル - non-cognitive skills」は創造力やコミュニケーション能力、批判的能力や倫理観など多様な能力に代表され、このような能力を教育の現場で育むことの重要性は各国で認識されているものの、各国でその実現に苦慮している状況が浮き彫りとなった。主な点として、適切な教員訓練・サポート、教材の不足、非認知スキルへの理解醸成の必然性、適切な評価方法の必要性などが挙げられた。本学からは、山口しのぶ教授と小野寺純子研究員、黒川美穂子研究員が日本における「生きる力」に基づく新学習指導要領について発表した。その中で、日本の研究開発校における実践事例を提示し、参加者からは、興味深い指導例として受け止められた。また、各国の専門家間の議論の中で「非認知スキル」として紹介されている内容が、知識やスキルを超えて個人の行動特性や能力を含みうるという考え方から、より広範で多義な用語として「transversal competencies」という新しい語の適用が提案されるなど、Non-cognitive skills（非認知スキル）または「transversal competencies」を重視したアジア太平洋地域からの多様な教育政策の経験の発信についても活発な意見交換が行われた。

二日目は「中等教育から高等教育への進学過程」をテーマに議論が行なわれた。アジア太平洋地域の教育において、大学入試は教育全体に及ぼす影響が多岐に渡るとして重要な検討テーマの一つとなっている。変化する高等教育への需要に、アジア太平洋地域の各国・地域がどのように対応しているのかを比較研究するべく、インド、オーストラリア、韓国、タイ、香港、フィリピン、マレーシア、モンゴル、日本の9カ国から大学入試制度についての研究結果が報告された。各事例研究によって、各国における大学入試はその特性や目的、プロセスなどがアジア太平洋地域内でも非常に多岐に渡っていることが明確になり、共有された知見の活用や今後の更なる研究課題について広く活発な意見交換がなされた。

三日目は、2009年以来拡大を続けて来た ERI-Net の研究ネットワークとしての運営をさらに強固なものとするためにステアリンググループの第1回会合が行われた。学術国際情

報センターの山口しのぶは、ステアリンググループのメンバーの一人として同会合に参加し、ERI-Net における官民連携強化の必要性をメンバーに提言した。

3日間のERI-Net 年次会議を通じて、参加者は二つの研究テーマでの研究成果について活発に意見を交換した。その議論に基づき、研究参加者は各自の研究を最終化し、全ての研究がユネスコのネットワークを通じて広く発信される予定である。



2013 年度 ERI-Net 年次会議 公式ホームページ：

<http://www.unescobkk.org/education/epr/epr-partnerships/eri-net/seminar-2013/>

### 3-3. 国際ワークショップ

#### 3-3-1 学術国際情報センター・ラオスルアンパバーン世界遺産局共催ワークショップ ICT を活用した世界遺産地域管理：World Heritage Site Preservation Awareness Campaign in Luang Prabang, Lao PDR

先端研究部門 情報技術国際協働分野 山口 しのぶ

東京工業大学学術国際情報センターとラオスルアンパバーン県世界遺産保存局（The Department of World Heritage (DPL)）は、2014年2月19日-20日にラオスルアンパバーンにて「ICTを活用した世界遺産地域管理：地域保存のための意識向上週間」の一環としてルアンパバーン遺産管理委員会を中心にワークショップを開催した。遺産管理データベース、町並みの変化を可視化した地理情報システム（GIS）、遺産保存意識向上を目指したモバイルラーニング、Evernoteを活用した知識管理システムなどの展示説明会には120名を超す学生、専門家が参加した。



ICTを活用した遺産管理プレゼンテーションの様子（世界遺産局 ICT センター）  
世界遺産管理委員会とのワークショップ（世界遺産管理局）

遺産管理委員会との現地ワークショップには 21 名が参加し、これまでの取り組みの実績と教訓、及び今後の協働活動について話し合われた。特に、現在開発中のモバイルラーニングのアプリケーションを通じた世界遺産地域保存の意識向上プロジェクトには、高い興味が寄せられ、現在大学生を対象にした調査を政府関係者を含む調査に拡大し、幅広い層を網羅するようリクエストが寄せられた。

ICT を活用した世界遺産管理意識向上週間では、ルアンパバーン世界遺産保存に関するコンペティションが開催され多くの参加者を得た。様々な ICT を活用した世界遺産保存の重要性が確認され、本取り組みの様子は世界遺産管理局により各種のメディアを使い広く宣伝された。また、海外研究機関との協働の好事例として注目された。



ルアンパバーン世界遺産委員会のメンバーと世界遺産局の前で（2014 年 2 月）

### 3-3-2 学術国際情報センター， JICA， モンゴル教育省， モンゴル教育大学共催海外ワークショップ

先端研究部門 情報技術国際協働分野 山口 しのぶ

2013年5月，モンゴルウランバートルにて，JICA，東京工業大学学術国際情報センター，モンゴル教育科学省，モンゴル教育大学共催の海外ワークショップが開催された。これは，2012年3月より草の根パートナー型事業として実施されている「モンゴルにおける地方小学校教員の質の向上―地域性に即したICTを活用した教材開発を通じて」プロジェクトの一環である。

前年度に実施されたICTを活用した教材開発の全国研修を受け，モンゴルの21県とウランバートル市の9地区の代表の93名の地方政府教育専門家及び小学校教員による，各地域の特性を生かしたデジタル教員研修教材の発表が実施された。



全国から集まった教育専門家および教員



ホブド県代表者の発表の様子

モンゴル教育大学ジャダンバー学長は，冒頭の挨拶で「地域に根ざしたデジタル教材の開発は，教員や学校にとって教材を手に入れる新たな手段となる。」と本取り組みを賞賛し，デジタル教材開発は，教師間のコミュニケーションを促進し，教員が互いに学び，経験や情報を共有する新たな機会にもなっていることが確認された。また，JICA モンゴル事務所岩井次長からは，全国展開のデジタル教材開発は，大きな波として教員研修の現場に新風を巻き起こしており，今後の展開に大きな期待を寄せているとの挨拶があった。モンゴル教育大学学部長ツェデフスレン教授は，どの地域も質の高い教材を作成しており，実際，発表された教材は，地域の中学校教員やテレビ局の職員も巻き込んだ努力の結晶であると高く評価した。

各地域のプロジェクトパートナー県として，ホブド県（西地域），バヤンホンゴル県（南地域），ヘンティ県（東地域），ブルガン県（北地域），ソングノハイルハン地区（ウランバートル市）の5県/地区が選出された。今後，来年度の取り組みに向けて，モンゴル教育大学の専門家とともに，デジタル教員研修教材に更に改善を加え，研修教材としてモンゴル全土に配布される。



プロジェクトパートナー県の授賞式（バヤンホンゴル県）

**3-3-3 GSIC・LDD 共催国際ワークショップ：持続可能な土地開発のための情報技術並びに地理情報システムの応用(GSIC & LDD Joint International Workshop on Applications of Information Technology and Geographic Information System for Sustainable Land Development)**

先端研究部門 高性能計算先端応用分野 ピパットポンサー ティラポン



ワークショップの様子



本学学生による講演

2013年5月3日（金）9：30-12：00時に開催した本ワークショップでは、GIS（地理情報システム）の応用および関連する情報技術の適用を中心に、土地開発に貢献するための工学的アプローチによる実行例を報告する。持続可能な開発のための取組の中で、農業、土木、環境など様々な分野からのデータ（地質、地理、地下水、降雨量、土壌の物理化学性、植物および土壌のスペクトル情報等）と併せて、GISに適応し、農作物の品質管理の向上、塩類集積被害状況、植生調査情報、3次元地理情報などに対する総合化データベースの構築に向けて、多様な研究者との議論を通じ、今後、土地開発の為にリモートセンシングとGISデータに関する利用性について検討を開始する機会となることを目指す。

参加者は 29 人（講演者 4 人）だった。

本ワークショップホームページ

<http://www.geo.gsic.titech.ac.jp/activity/GSIC-LDD2013/>

### 3-3-4 GSIC 共催国際ワークショップ:地力学・地質学における崩壊メカニズムの物理的・理論的・数理的アプローチ (Joint International Workshop on Physical, numerical and analytical approaches to the collapse mechanisms observed in geomechanics and geology)

先端研究部門 高性能計算先端応用分野 ピパットポンサー ティラポン

本ワークショップでは、物理的、理論的、数理的なアプローチを用いた崩壊メカニズムに関する研究を通じて地力学や地質学の様々な研究グループの間で研究情報を共有することを目指している。また、防災のための海陸地殻応力場解析に関する国際協働を立ち上げ、フランスのエコール・ノルマル・シュペリウールと共同研究・情報発信を行うことで、積極的な GSIC のプレゼンスを維持することを目指し、平成 25 年 9 月 9 日（月）9:00-13:00 時にフランスのエコール・ノルマル・シュペリウールで共催ワークショップを開催した。



エコール・ノルマル・シュペリウールの正面



Leroy 教授の歓迎挨拶

ワークショップ当日は、参加者 12 人のうち、8 人の講演者が順番に 20 分ずつ各自の研究内容について発表し、活発な討議が繰り広げられ、盛況に終了した。最初に、Leroy 教授による論題表示と講演者紹介があり、それに引き続き、Thirapong 准教授が砂丘・砂谷の応力分布に関する理論解とその実験的検証を演じた。Marks 氏は理論的に明らかになる粒子破碎および相分離などの多分散粒子の興味深い現象に関する数値解析を紹介し、次に Lagree 講師が動的接触を用いた粒子カラム崩壊の妥当性について論じた。数値解析に詳しい Krabbenhoft 准教授は仮想的質量・減衰による微分方程式に基づいた DEM-FEM 連成解析について発表し、模型実験を中心に実施している Maillot 教授が、地理地殻活動に関連して、統計力学の基礎であるエルゴード性の重要な役割を議論した。Soulioumiac 助教による講演では、海洋プレートと大陸プレートに挟まれた付加体について、臨界尖形の力学的観点を元に説明がなされ、最後に Mary 氏と Yuan 氏により、沈み

込み帯における順次極限解析の手法が提案され、それに応じた間隙水圧が堆積岩内に発生するメカニズムを解明する研究について報告された。

本ワークショップのホームページ

<http://www.geo.gsic.titech.ac.jp/activity/ENS-GSIC2013/>

### 3-4. 国際共同研究

#### 3-4-1 TSUBAME2.5 を用いた大規模分子シミュレーションとタンパク質-RNA 複合体の解析

先端研究部門 大規模データ情報処理分野 関嶋 政和

本研究の目的は、構造解析、分子動力学シミュレーション、生化学実験による結合特異性の解析を通じて、生物種間に特異的なタンパク質-RNA 複合体の認識メカニズムを解明することである。この目的で具体的に行うことは、1)異なる生物種(例えば、大腸菌、ウシ、高度高熱菌)由来のタンパク質-RNA 複合体のデータベース作成、2)これらの複合体の結合部位における結合傾向 (Binding propensity), 疎水性指標 (Surrounding hydrophobicity), 長距離接触 (Long range order), 配列保存性 (Conservation score), 凝集傾向 (Aggregation prone regions) の計算、3)タンパク質-RNA 複合体の結合の詳細を分子動力学シミュレーションにより解析、4)上記計算機による解析と生化学実験により得られた結合情報の統合である。現在、1)~3)まで進めており、来年度より3)のTSUBAME2.5を用いた分子シミュレーションを実施する予定である。

#### 3-4-2 タイ北部ラムパーン県のメモ炭鉱における地下水処理の一連調査

先端研究部門 高性能計算先端応用分野 ピパットポンサー ティラポン

メモ炭鉱が直面する工学的問題の一つは、地下水の影響を受ける掘削に伴うヒービング(盤ぶくれ)である。掘削底面を持ち上げる地下深部帯水層の高い圧力を制御するために行われる地下水の排水対策が重要な課題となっており、集水井による現在の総排出量は約 9000~15,000m<sup>3</sup>と推定される。既存の地下水は、自然由来のヒ素が含まれているため、沈殿池および人工湿地に排出する前に、水処理所にて一日当たり 12 万 m<sup>3</sup>の水が圧送され、地下水中のヒ素の濃度を低減・排除する。メモ炭山では、地盤安定性と地下水環境に関する工学的な問題に対して、2010年から2013年の間に行われてきた地下水処理施設への現地訪問の報告を目指している。水質特性の実態を把握するため、フィールド測定を行った結果、坑内貯水が弱アルカリ性 pH8 のレベルと総溶解固形分 (TDS) 870~2020 ppm の範囲を有することが明らかになった。水処理施設は、塩化第二鉄を用いて、汚染水から確実に 95%のヒ素成分を除去することができる高い処理効率を実現している。国内基準に従って準拠するいくつかの水質特性を管理するため、タイ発電公社は、処理後のヒ素濃度が 10 μg/L で基準を下回ったままであることを表明している。なお、本調査研究はアジア研究教育拠点事業の助成を受けたものである。

### 3-4-3 オーストラリアのニューカッスル大学の招待訪問

先端研究部門 高性能計算先端応用分野 ピパットポンサー ティラポン

ニューカッスル大学の地盤科学・工学分野のセンターオブエクセレンスであるところの The Australian Research Council Centre of Excellence for Geotechnical Science and Engineering (CGSE)の招待を受けて、2014年1月20-21日に当センターを訪問し、研究チームのセミナーで地盤の数理・物理モデリングについて講演を行い、地盤変形解析、地盤材料の構成式、不連続最適化による極限解析などに関する有用な共同研究をいくつか同定した。

### 3-4-4 タイ米貯蔵時における悪臭発生メカニズムに関する国際的な産学連携

先端研究部門 高性能計算先端応用分野 ピパットポンサー ティラポン

本学産学連携推進本部を通し、タイ米貯蔵時における悪臭発生メカニズムの解明に関して、タイ最大米輸出企業STCグループCapital Rice社との産学連携共同研究を2014年10月に開始した。タイ米の悪臭発生原因となる化学反応および微生物機能を分析し、悪臭物質、発生源、発生条件等を明らかにすることを目的としている。悪臭の原因が分かれば、そのメカニズムに対する低減・防止および消臭・脱臭の産業技術を開発することも期待できる。2014年3月6日に、本学国際開発工学専攻の共同研究者とともに、企業のタイ米倉庫・出荷工程を観察し、中間研究成果報告を行った。

## 4. イベント及び啓蒙活動

### 4-1 工大祭における TSUBAME 一般公開

10月12日（土）と13日（日）の2日間にわたり開催された工大祭に合わせて、「スパコン TSUBAME2.5」の一般公開をしました。

昨年同様、今年も、①担当教員によるスパコンについての解説を聞いた後、マシンルームを見学をするコースと②いつでもマシンルームが自由に見学ができるコースの2コースを設けました。①コースは、両日ともに5回開催し、381名の方が見学されました。またマシンルームのみの見学には、両日で448名の方がお越しになられ、2日間で829名の方がTSUBAME2.5を見学されました。

昨年同様、多くの方々にご興味をもっていただき感謝申し上げます。

	説明会	マシン室のみ	計
一般	214	246	460
大学生	81	93	174
高校生	65	79	144
中学生以下	15	27	42
その他	6	3	9
合計	381	448	829



## 4-2 Supercomputing 2013 におけるブース出展

先端研究部門 高性能計算システム分野 准教授 遠藤敏夫

2013年11月17日から22日まで、米国デンバーにおいて、国際会議 ACM/IEEE Supercomputing 2013 (SC13)が開催されました。本会議はスーパーコンピューティング・ビッグデータ・ネットワーク分野における世界最大の会議であり、参加者は例年一万人を超えます。論文発表やワークショップだけでなく、各国の研究機関・ベンダーによるブース展示も非常に注目されます。

東工大学術国際情報センターも2008年以降連続して、スーパーコンピュータの運用・研究・開発に関するアクティビティを主な内容としてブース出展を行っております。今年度は、GPUアクセラレータ増強による5ペタフロップス超を実現したTSUBAME2.5スパコンおよび、先進的な冷却技術により世界トップクラスの電力性能比を持つスパコンテストベッドTSUBAME-KFCにフォーカスを置きました。さらに、TSUBAMEによるペタスケールシミュレーション、本センターや研究協力機関によるソフトウェアの研究発表、HPCIをはじめとする学外との協調などについてアピールし、当ブースへの期間中の来場者は208名に上りました(関係者を除く)。ブースでは、TSUBAME2.5計算ノードのモック展示や、3D立体視プロジェクタを用いたシミュレーションの可視化も行い、注目されました。



東工大ブースでの展示メンバー(一部)

SCでは、各種のスパコン世界ランキングが会期中に発表されることでも知られます。演算速度ランキングである Top500、スパコン省エネ性ランキング Green500、ビッグデータに関する処理速度と省エネ性の Graph500/GreenGraph500 が、会期中に発表されます。今回我々は、TSUBAME-KFC が Green500 ランキングで世界何位になるかが特に注目しました。そして11月20日に発表された Green500 では、二位の Cambridge と24%の差をつけ世界一を獲得し、表彰を受けました。さらに GreenGraph500(Big Data カテゴリ)

でも世界一を獲得し、TSUBAME-KFC は二冠となりました。なお演算速度を向上させた TSUBAME2.5 も、Top500 で 11 位（前回 21 位）、Green500 で 6 位（前回 92 位）と大幅にランクアップしました。



Green500 ランキング世界一位表彰式の様子

さらに本学ブースでは、国内外の著名な研究者における講演も開催されました。国外の講演者として、Argonne National Laboratory の Rick Stevens 博士、Oak Ridge National Laboratory の Jeffrey Vetter 博士をお招きしました。本センターからは青木教授、松岡教授、遠藤に加えて博士課程の若手研究者も発表を行いました。また本センターの研究成果への注目への表れとして、松岡教授や青木教授は、SC 期間中に開催されるワークショップやパネル討論、様々なベンダーブースにて講演を行いました。



東工大ブースにおける Jeffrey Vetter 先生 (ORNL) による講演

以上のように、SC13 では本センターのスーパーコンピューティングに関する運用面・研究面、国際協働分野におけるプレゼンスを示すことができ、実り多いブース展示参加となりました。

### 4-3 第19回スーパーコンピューティングコンテスト

第19回スーパーコンピューティングコンテスト SuperCon2013が、今年も東工大GSICと大阪大学サイバーメディアセンター(CMC)の共同主催で行った。コンテストの本選会場は東工大と阪大の2会場であり、6月に行われた予選に応募してきた39チームの中から選抜された20チームが、8月19日から23日まで開催された本選に参加した。

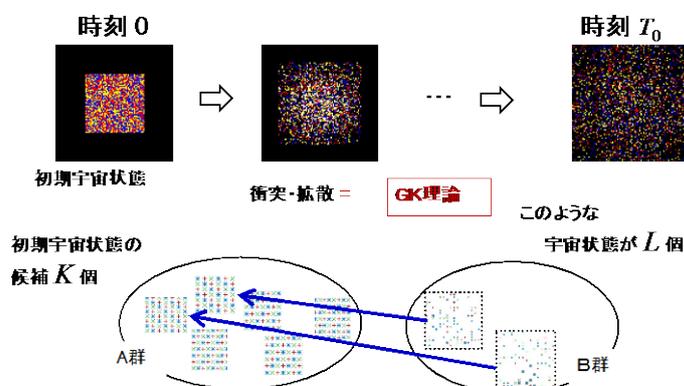
今年の本選課題は「宇宙の起源探索問題」であった。これは、非常に単純化した宇宙(2次元のトーラス格子)の上で、ある法則に従って12,000個の星が衝突や拡散を繰り返す架空の宇宙を考え、この宇宙の星の状態を過去に遡って計算し、与えられた候補から選び出すという問題である。計算にはTSUBAME2.0のGPUを使用した。

**宇宙の起源探索問題**

2次元の  $N \times N$  のトーラス格子平面上に3色の粒子が各々  $M$  個存在し、各々が一定の速さ(向きは異なる)で、ある法則に従って移動する宇宙モデル — GK理論 — を考える。

A群と呼ばれる  $K$  個の初期宇宙状態の候補に対し、約  $T$  時刻後には  $L$  個の宇宙状態に絞り込むことができる(それをB群と呼ぶ)。

このB群の宇宙状態から、GK理論に従って約  $T$  時刻遡った状態をA群の中から選び出すことで、初期宇宙状態を  $L$  個に絞り込むことができる。その計算を行いA群の中からB群に対応する初期宇宙状態を選び出せ。



**対応する初期宇宙状態を見つけ出せ!**

実行時間の高速化を競った結果、チーム imishinn(久留米高専)が優勝した。6位までのチーム名、学校名、実行時間は以下の通りである。上位3チームにはメダル・賞状・楯が贈呈され、1位にはNVIDIA社からの副賞が授与された。また、2位のチーム YOSUBATO には、優れたアルゴリズム及びプログラムを作成したチームに送られる学会奨励賞(情報処理学会若手奨励賞、電子情報通信学会情報・システムソサイエティスーパーコンピューティング奨励賞)が授与された。

順位	チーム名	学校名	実行時間
1	imishinn	久留米工業高専	0.097 秒
2	YOSUBATO	麻布高	26.99 秒
3	Answer	早稲田高	63.09 秒
4	sakata	福井県立藤島高	134.86 秒
5	CatcherS	静岡県立浜松工業高校	176.93 秒
6	retum	熊本高専	215.76 秒

#### 4-4 講習会

##### 【研究用計算機システム】

##### 平成 25 年度前期講習会【大岡山地区】

1	UNIX 入門	4 月 30 日(火)
2	プログラムチューニング(シングル)	5 月 2 日(木)
3	プログラムチューニング(並列)	5 月 7 日(火)
4	Discovery Studio	5 月 10 日(金)
5	Mathematica 入門(初級編)	5 月 13 日(月)
6	MD Nastran/MD Patran	5 月 15 日(水), 16 日(木)
7	Abaqus オンサイトセミナー	5 月 17 日(金)
8	Gaussian 入門	5 月 22 日(水)
9	Amber 入門	5 月 23 日(木)
10	Maple 初級オンサイトトレーニング	5 月 30 日(木)
11	Molpro 入門	5 月 31 日(金)
12	Fluent	6 月 5 日(水)
13	AVS Express 流体編	6 月 12 日(水)
14	AVS Express 分子編	6 月 13 日(木)
15	SCIGRESS	6 月 14 日(金)

##### 平成 25 年度前期講習会【すずかけ台地区】

1	UNIX 入門	5 月 1 日(水)
---	---------	------------

##### 平成 25 年度臨時講習会【大岡山地区】

1	UNIX 入門	9 月 10 日(火)
---	---------	-------------

##### 平成 25 年度臨時講習会【すずかけ台地区】

1	UNIX 入門	9 月 11 日(水)
---	---------	-------------

##### 平成 25 年度後期講習会【大岡山地区】

1	UNIX 入門	10 月 2 日(水)
2	AVS Express 流体編	10 月 7 日(月)
3	プログラムチューニング(シングル)	10 月 9 日(水)
4	Mathematica 入門(初級編)	10 月 10 日(木)
5	プログラムチューニング(並列)	10 月 11 日(金)

6	Gaussian 入門	10 月 15 日 (火)
7	Materials Studio	10 月 23 日 (水)
8	Discovery Studio	10 月 24 日 (木)
9	SCIGRESS	10 月 25 日 (金)
10	Abaqus オンサイトセミナー	10 月 28 日 (月)
11	Maple 初級オンサイトトレーニング	10 月 29 日 (火)
12	Molpro 入門	10 月 30 日 (水)
13	Fluent	11 月 5 日 (火)
14	MD Nastran/MD Patran	11 月 7 日 (木), 8 日 (金)

平成 25 年度後期講習会【すずかけ台地区】

1	UNIX 入門	10 月 4 日 (金)
---	---------	--------------

#### 4-5 GPU コンピューティング研究会活動

研究会主査 青木 尊之  
幹事 下川辺 隆史  
幹事 小野寺 直幸

##### ■ GTC Japan 2013

平成 25 年 7 月 30 日 東京ミッドタウンホール&カンファレンス (六本木)

NVIDIA Japan と GTC Japan 2013 を共催し、GPU コンピューティング研究会がテクニカル・セッションを担当し、6 名の講師による講演セッションを実施した。

- 13:10 - 13:40           **GPU による映像処理シミュレーションの研究例：  
3 次元テレビジョンを指向したホログラフィ計算**  
伊藤 智義 (千葉大学)
- 13:55 - 14:25           **NVIDIA プロセッサによる最適化高速計算及び省電力グラフ探索**  
藤澤 克樹 (中央大学, JST CREST)
- 14:40 - 15:10           **Roadmap to Eigensolver on a GPU-cluster**  
今村 俊幸 (理研 AICS, JST-CREST)
- 16:10 - 16:40           **GPU クラスタによる音空間レンダリングと高精細可聴化**  
土屋 隆生 (同志社大学)
- 16:40 - 17:10           **GPU を用いた生体流れの計算バイオメカニクス**  
今井 陽介 (東北大学)
- 17:20 - 17:50           **TSUBAME2.0 の全ノードを用いた東京都心部 10km×10km の 1m 解像度による  
気流シミュレーション**  
小野寺 直幸 (東京工業大学 学術国際情報センター)

##### ■ 高校生 CUDA サマーキャンプ 2013

「CUDA サマーキャンプ」は学生の夏休みを利用したプログラミング入門講座である。プログラミングに興味を持つ高校生や高等専門学校生を対象に、NVIDIA の GPU を活用した C 言語ベースの統合開発環境「CUDA」の基本を学ぶ場を提供し、新しい並列プログラミングの可能性を体感してもらうことで、世界で通用する人材を産学連携して育成していくことを目的としている。今年で 5 回目の開催となり、関東近郊の地域を中心として各地から参加者が集まった。

平成 25 年 8 月 1 日 学術国際情報センター・情報ネットワーク演習室 第 2 演習室  
主催：東京工業大学・学術国際情報センター, NVIDIA Japan

高校生 76 名参加

- ◆ オープニング (NVIDIA Ian Back)
- ◆ GPU と CPU の違いについて (NVIDIA 森野 慎也)
- ◆ CUDA の最先端研究紹介 (東工大 青木尊之)
- ◆ TSUBAME2.0 への Login と Windows 端末の環境設定 (東工大 下川辺隆史)
- ◆ CUDA プログラミング基礎 (東工大 青木尊之)
- ◆ 昼食&TSUBAME 2.0 見学ツアー
- ◆ CUDA プログラミングの応用例(1)  
(波動現象のコンピュータシミュレーション) (東工大 下川辺隆史)
- ◆ CUDA プログラミングの応用例(2)  
(1 億個の実数の総和) (東工大 青木尊之)
- ◆ グループワーク: 「東工大」と「合格」の文字を探せ! (東工大 青木尊之)

<http://www.nvidia.co.jp/object/cuda-day-jp.html>

### ■ 第 13 回 GPU コンピューティング講習会

平成 24 年 11 月 26 日 情報ネットワーク演習室 第 2 演習室

70 名出席

ステンシル・アプリ (格子計算) とマルチ GPU をテーマとし、CUDA プログラミング入門より一歩進んだアプリケーション開発と複数 GPU の利用講習。

10:50-11:05 TSUBAME2.0 による大規模ステンシル・アプリケーションの紹介

青木尊之 (東京工業大学・学術国際情報センター)

11:05-11:30 本講習会で TSUBAME2.0 を使うための環境設定

下川辺隆史 (東京工業大学・学術国際情報センター)

11:30-12:30 CUDA プログラミング入門

青木尊之 (東京工業大学・学術国際情報センター)

12:30-13:30 昼食時間

13:30-15:10 マルチ GPU による格子系流体計算

青木尊之 (東京工業大学・学術国際情報センター)

15:30-17:10 マルチ GPU による FDTD 法による電磁波伝播計算

下川辺隆史 (東京工業大学・学術国際情報センター)

## ■ 第 15 回 GPU コンピューティング講習会

平成 25 年 10 月 17 日 情報ネットワーク演習室 第 2 演習室  
62 名出席

2013 年 9 月にスパコン TSUBAME が搭載している GPU の全てを最新の Tesla K20X に入れ替え TSUBAME2.5 となり、その総合演算性能は単精度 17.1 PFLOPS、倍精度 5.7 PFLOPS に向上している。その原動力は新型 GPU によるもので、Kepler 新機能に対するハンズオンの講習を行った。

- |              |                                                                         |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------|
| 13:15-13:40  | <b>アップグレードした TSUBAME2.5 の運用開始と性能向上への期待</b><br>青木 尊之 (東京工業大学・学術国際情報センター) |
| 13:40-14:00  | <b>TSUBAME2.5 への Login</b><br>下川辺 隆史 (東京工業大学・学術国際情報センター)                |
| 14:00-15:00  | <b>GPUDirect と OpenACC 最新情報</b><br>Duncan Poole (NVIDIA)                |
| 15:30 -17:00 | <b>Kepler 世代 GPU 向けプログラム最適化</b><br>成瀬 彰 (NVIDIA)                        |

## 5. 広報活動

### 5-1 マスコミ報道等

- ◆ 日刊工業新聞：大学活用法 企業の産学連携戦略（37） 清水建設 次世代社会インフラに磨き 津波の力予測シミュレーション技術は東京工業大学スーパーコンピューター「TSUBAME」で実用化 【2013/4/19】
- ◆ 薬事ニュース：東京工業大学/アステラス製薬 抗デングウイルス薬の検索で共同研究開始 東工大のスーパーコンピュータ「TSUBAME2.0」活用 【2013/4/26】
- ◆ 朝日新聞：スパコンで節水便器 TOTO 産学連携に取り組む東京工業大のスパコン「ツバメ 2.0」を11年10月から使い始めた 【2013/5/9】
- ◆ 日刊工業新聞ほか：スパコン世界ランク 1位に中国「天河2号」日本「京」は4位「トップ500」17日発表 東京工業大学の「TSUBAME2.0」は21位 【2013/6/18】
- ◆ 日本経済新聞ほか：スパコン、中国最速 1秒間に3京回計算 「京」4位に後退 東工大の松岡聡教授は「中国の1位は予想されていた。実力が上がっている。」 【2013/6/18】
- ◆ 日刊工業新聞：スパコン「ツバメ 2.5」秋稼働 性能、世界最高水準 東工大 5.7ペタフロップス（毎秒5700兆回の演算性能）を開発 今秋本格稼働 【2013/7/18】
- ◆ 日本経済新聞：スパコン 国内最速 東工大など、「京」上回る 地震予測・創薬に活用 東京工業大学松岡聡教授ら 29日、「ツバメ 2.5」を開発したと発表。 【2013/7/30】
- ◆ 電波新聞ほか：東工大スパコン 性能増強 9月にもフル稼働 理論演算、世界一クラスに TSUBAMEの大幅な性能向上と今後のロードマップを29日発表 【2013/7/30】
- ◆ 日経産業新聞：地震や津波の予測用途 計算速度「京」を抜く 東工大などスパコン開発 東京工業大学の松岡聡教授らは、29日ツバメ 2.5を開発と発表 【2013/7/30】
- ◆ 日刊工業新聞：産業春秋 高校生のもう一つの熱い戦い、スーパーコンピューティングコンテスト「夏の電脳甲子園」も東工大スパコン「TSUBAME」で順位決定 【2013/8/23】
- ◆ 読売新聞：都内180万棟 揺れ予測 首都直下 スパコンで模擬実験 「都市災害プロジェクト」の一環で、東大や東京工業大のスパコンを使って予測 【2013/9/4】
- ◆ 読売新聞：駆ける 「みんなのスパコン」作る 松岡聡氏 50 東京工業大学学術国際情報センター教授 【2013/9/19】
- ◆ 中国新聞：東工大のスパコン 進化 省エネ特長「TSUBAME」 処理能力2～3倍に 東京工業大「TSUBAME」シリーズが改造されてバージョン「2.5」に 【2013/9/27】
- ◆ 北海道新聞：東工大スパコン進化 実用精度の処理能力 世界最高クラス TSUBAME2.5 血流、地震波をシミュレーション 【2013/9/30】
- ◆ 読売新聞（大阪）：東京23区の建物 揺れ予測 首都直下地震 スパコンに180万棟デ

- ータ 東大と東工大のスパコンを使って、揺れ方をシミュレーション 【2013/10/7】
- ◆ 電波新聞：スパコンランキング 中国「天河2号」が首位 日本の「京」は4位  
TOP5 変わらず 「TOP500」18日発表 11位にはツバメ 2.5 【2013/11/20】
  - ◆ 朝日新聞ほか：省エネスパコン 東工大が世界一、日本勢初 「グリーン 500」が21日に発表され、東京工業大の「ツバメ KFC」が世界1位 【2013/11/21】
  - ◆ 山梨日日新聞ほか：省エネスパコン 東工大世界一 日本勢で初の快挙 東京工業大のスパコン「TSUBAME-KFC」が1位になったと21日、東工大発表 【2013/11/22】
  - ◆ 化学工業日報ほか：東工大のスパコン 省エネ性能で2冠 TSUBAME-KFC が世界最高省電力スパコンとして1位 ビックデータ処理省エネ性能1位 【2013/11/26】
  - ◆ 日本情報産業新聞ほか：省エネ性能で世界一獲得 東工大など 試験環境用スパコン 計算機を液体に浸し冷却 東京工業大に設置している「TSUBAME-KFC」【2013/12/02】
  - ◆ 日経産業新聞[日経テレコン 21]：東京工業大学 スーパーコンピューターについてのシンポジウム「スーパーコンピューター『TSUBAME』の進化と未来」 【2013/12/03】
  - ◆ 化学工業日報：CCS 特集第2部 コンピューターケミストリーシステム 次世代スパコンで待望のブレークスルー 先端研究基盤で共用化 【2013/12/06】

## 5-2 TSUBAME e-Science Journal の発行 (Vol.9, Vol.10)

先端研究部門・高性能計算先端応用分野 青木 尊之

学術国際情報センターでは、世界トップレベルのスパコン TSUBAME を利用して得られた成果を広く公表するために平成 22 年から TSUBAME e-Science Journal を機関紙として刊行している。

平成 25 年度は Vol.9 と Vol.10 を発行した。Vol.9 は平成 23 年度から発足させた TSUBAME グランドチャレンジ大規模計算制度の採択課題と TSUBAME の産業利用で採択された課題を記事に取り上げた。Vol.10 では巻頭で 2013 年 9 月に総合演算性能 5.7 ペタフロップス (倍精度) に性能向上した TSUBAME2.5 に関する記事を掲載した。

各号の記事のタイトルと著者を以下に記載する。

### No.9 (2013 年 9 月)

#### ・都市部 10km 四方の 1m 格子を用いた大規模 LES 気流シミュレーション

Large-scale LES Wind Simulation using Lattice Boltzmann

Method for a 10 km x 10 km Area in Metropolitan Tokyo

小野寺直幸 青木尊之 下川辺隆史 小林宏充

#### ・移動中継用 FPU の周波数移行を考慮した大規模電磁界解析による電磁波曝露の評価

Evaluation of Electromagnetic Wave Exposure by Large-scale Electromagnetic Field

Analysis in Response to the Frequency Migration of Mobile-relay FPU's

小郷直人 池田哲臣

#### ・大規模 GPU 計算による光合成細菌の細胞膜システムの全原子シミュレーション

All-Atom Simulation of a Cell Membrane System of Photosynthetic Bacteria

Using Large-Scale GPU Calculation

関嶋政和 宇田川拓郎

### No.10 (2013 年 11 月)

#### ・TSUBAME2.5 への進化

The TSUBAME2.5 Evolution

松岡聡

#### ・非エバルト法に基づく GPU で加速された G 蛋白質共役型受容体の分子動力学計算

Molecular Dynamics Simulation Accelerated

by GPU for GPCR with a non-Ewald Algorithm

真下忠彰 福西快文 神谷成敏 鷹野優 福田育夫 中村春木

・巡回セールスマン問題に対する反復局所探索の大規模並列アルゴリズム

Large-scale Parallel Iterated Local Search

Algorithm for Traveling Salesman Problem

須田礼仁

### 5-3 見学者受入状況

#### H25 年度学術国際情報センター見学者受入状況

月	日	見学者所属	人数	学外者	外国人
4	1	University of Colorado Boulder	1	1	1
	8	共同利用学外ユーザー	2	2	0
	10	共同利用学外ユーザー	9	9	0
	12	マラヤ大学 (マレーシア)	24	22	22
	17	アブダビ教育評議会 (ADEC)	5	5	5
	18	インペリアル・カレッジ・ドンドン	3	2	1
	19	共同利用学外ユーザー	4	4	0
	25	東工大電気電子工学科 2 年生	90	0	0
5	7	フィリピンデラサール大学、国際開発工学科	49	43	43
	9	共同利用学外ユーザー	1	1	0
	17	沖縄科学技術大学院大学	1	1	1
	20	東工大 (「実践的並列コンピューティング」受講者)	20	0	0
	24	共同利用学外ユーザー	2	2	0
	29	共同利用学外ユーザー	3	3	0
6	26	共同利用学外ユーザー	3	3	0
7	1	韓国科学技術学院 清華大学 MIT 他	20	20	20
	10	共同利用学外ユーザー	10	0	0
	26	東工大 計算工学	4	1	1
	26	TSUBAME 公募説明会参加者	8	8	0
8	1	ハルビン工業大学	4	2	2
	29	TSUBAME 利用講習会参加者	5	5	0
10	3	TSUBAME 産業利用シンポジウム参加者	80	80	0
	4	TSUBAME 利用講習会参加者	4	4	0
	8	TSUBAME 利用講習会参加者	3	3	1
	12	工大祭一般公開	829	0	0
	15	東工大ナノ支援センター受入研修生	4	3	3
	22	エヌ・ティ・エヌ・コムウェア株式会社	11	11	0
11	15	石川工業高等専門学校 他	26	22	0
	18	茨城県立並木中等教育学校	33	30	0

		TSUBAME 利用講習会参加者	2	2	0
	21	Northern Arizona University	2	1	1
12	2	三島博士顕彰会（代表：徳田 正）	28	26	0
	3	東工大情報理工学研究科学生	5	0	1
	9	千葉大学財務課長	2	2	0
	17	UmmAlqura 大学（サウジアラビア）教員	15	13	13
	20	アジアの大学院生	13	12	12
	26	東工大工学部機械科学 3 年	2	0	2
1	10	TSUBAME 利用講習会参加者	5	5	0
	15	韓国 京畿科学高校	13	13	13
	15	TSUBAME 利用講習会参加者	4	4	0
	22	TSUBAME 利用講習会参加者	5	5	0
	24	JAXA2014 内定者（東工大生含む）	4	3	0
		TSUBAME 利用講習会参加者	4	4	0
2	14	宇宙航空研究開発機構	6	6	0
	17	東工大情報理工学研究科学生	7	0	0
3	4	東工大技術部	50	0	0
	28	フィンランド学生	13	9	9
	31	タイ Kasetsart University	23	23	23
	31	The University Corporation for Atmospheric Research, Argonne National Laboratory	2	2	2
		計	1254	327	103

## 6. 予算執行状況

### 1. 平成25年度法人運営費決算額

研究経費	47,266 千円
教育研究支援経費 (うち電子計算機賃借料)	1,315,911 千円 (781,578) 千円
特別経費	36,860 千円
合 計	1,400,037 千円

### 2. 外部資金受入状況

奨学寄附金	3 件	13,302 千円	
受託研究	11 件	155,310 千円	
受託事業	5 件	28,990 千円	
民間等との共同研究	7 件	26,428 千円	
科学研究費補助金	代表	分担	
	新学術領域研究	1 件 0 件	4,500 千円
	基盤研究 A	0 件 0 件	0 千円
	基盤研究 B	3 件 3 件	11,700 千円
	基盤研究 C	3 件 0 件	2,344 千円
	基盤研究 S	2 件 0 件	17,160 千円
	若手研究 A	0 件 0 件	0 千円
	若手研究 B	5 件 0 件	7,300 千円
	挑戦的萌芽	1 件 1 件	1,070 千円
	特別研究員奨励費	3 件 0 件	2,400 千円
研究開発施設共用等促進費補助金	1 件	69,900 千円	
政府開発援助ユネスコ活動費補助金	1 件	10,999 千円	
平成 24 年度補正予算繰越分	3 件	1,226,000 千円	
合 計	53 件	1,577,403 千円	

## 7. 研究部門活動報告

### 7-1 情報支援部門

情報支援部門 認証・ネットワーク分野 教授 山口 雅浩

キャンパス共通認証・認可システムの運用と改善

#### 【研究の概要と成果】

情報支援部門 認証・ネットワーク分野では、認証基盤専門委員会の審議に基づき、情報基盤課 認証基盤システム担当とともに、キャンパス共通認証・認可システム、東工大ポータル、共通メールシステムの安定運用に努めるとともに、IT サービスデスクによる利用者サポート、システム・運用の改善検討などを行っている。また、同課のコンピュータシステム担当と認証基盤システム担当との連携により、マイクロソフト及びシマンテックとの包括契約に基づくソフトウェア提供サービスを行っている。これらの業務に関しては「2-4 キャンパス共通認証・認可システム」「2.5 ソフトウェア包括契約」に報告されている。以下に本年度の主な活動を述べる。

#### ・東工大ポータルの運用と改善

新規サービスとして、海外交流学生の電子申請システムを東工大ポータルへ接続した。同システムでは、受入予定教員へ送付された電子メール中にリンクが記載されていて、受入教員はこのリンクから東工大ポータルでの認証を経由してシステムにアクセスし、受入内諾書を作成する。このため東工大ポータルのリソースメニューは用いていない。他に、T2R2 の OS 更新への対応、機械系工作室の IC カード認証システム更新に関して技術協力を行った。

SSL-VPN サービスに関しては 2006 年に導入した装置が新規 OS に対応できなかったため新規の装置に更新し、2014 年 2 月から Windows 8 にも対応した新規装置の運用を開始した。この間、SSL-VPN の必要性に関する要望が問い合わせ窓口に寄せられたが、その中には、海外で国情によりインターネット接続先が制限されている場合に有効といった予想外の使い方も挙げられた。

その他、2014 年度に予定している LDAP サーバの更新に関する予備検討、さらに生涯メールサービス、名誉教授向けメールサービス、文書共有システムなどの実現方法について検討を行った。

#### ・共通メールシステム

2012 年 11 月の稼働後、大きなトラブルは無く安定した運用を続けている。このため 2013 年 4 月 1 日よりメールボックス容量を職員 7.5GB、学生 3GB に増加した。現時点では更なる増加の要望は顕在化していないが、将来的には職員分を 10GB まで増加を予定している。

## ・東工大 IC カードの学内発行

2013 年 1 月から 3 月の間に部分的に学内発行を実施して課題抽出を図ったが、大きな問題は見出されなかったため、4 月以降は学生証・職員証 IC カード全ての発行を情報基盤課内で実施することとした。ただしトラブルに備えて外部委託の体制は確保した。通常期の発行については火曜日に教務課・人事課でデータ入力し、金曜日までに発行済みのカードを依頼部署へ受け渡すことが可能となり、従来よりも 1 週間以上の短縮となった。また外部委託の際には一回の発注あたりのカード枚数に制限があったため、制限枚数を超えそうになったときには教務・人事での発行枚数の調整を行う必要があったが、学内発行ではそのような調整は不要となり、業務の効率化・トラブルのリスク低減が可能となった。加えて、4 月入学の新入生を対象とした大量発行を滞りなく実施するため、IC カード発行機 5 台体制とし、またソフトウェア改修により発行作業時のオペレーションを原則無人化した。これらの対策により実際に春の大量発行では円滑な発行・納品を実現できた。

学生証・職員証等の IC カード発行には、教務課・すずかけ台学務課・人事課・情報基盤課が関係しており、業務を円滑に行うためには、担当者間で業務方針の意識共有を図り、詳細手順などの情報交換を行うことが重要である。そこで定期的な検討会（IC カード学内発行検討会）を開催することとした。この検討会の中で業務プロセスの確認やトラブルへの対処方法の検討などを行うとともに、各担当者が日ごろ疑問に思うことなどを情報共有することができた。通常は電子メールで業務連絡を行っているが、2～3回/年程度であっても対面で意見を交換することは業務の円滑化に大きく寄与すると考えられる。

なお、IC カード発行に関して、5～6 月に IC カードの在庫不足が発生して発行ができない事態が発生したため、この間は臨時のプラスチックカードを発行し、7 月以降に正規の IC カードに交換した。結果的にプラスチックカードの発行は約 200 枚であった。今後、同様の在庫不足が生じないよう、年間消費枚数と同程度の IC カード在庫を確保することとした。

## ・入室管理システムサーバの更改

入室管理システムサーバについては、2006 年の導入後 7 年が経過して老朽化・陳腐化がみられるとともに、接続された IC カードコントローラの数が増え、サーバの動作が不安定になっていた。予算の制約からサーバの更新が遅れたため、建物管理者のクライアント端末からサーバにログインできない場合があり、その場合には情報基盤課で設定変更の作業を代行していた。サーバの更新は 2013 年 4 月～6 月に仕様を策定し、7 月～9 月に公告・入札・契約の手続き、現場への設置・更新作業は 2014 年 3 月という手順で行った。要件としては、現行の機能を基本的に継承し、使い勝手を大きく変えないこと、現在と同様に仮想環境のサーバ上で動作することがまず挙げられた。また、更新後の運用期間について検討した結果、OS や DB のサポートライフサイクルから、2019 年度までの運用を想定することとした。そして、それまでの間の対象ゲート数（コントローラの数）の増加などにも耐えられる性能を有することを条件とした。なお、調達予定のサーバでは 1 台あたりのコントローラ数の上限が 300 程度であることから、サーバ 2 台に分散して管理することとした。このとき、同一の建物管理者が複数のサーバで作業を行う必要が無いように割り振りを最適化した。更新作業は 3 月下旬に実施され、同時にクライアントも Windows 7 に対応した PC 入れ替えを行った。その結果サーバの安定化が確認できた。運用開始から間がないためしばらく様子を見る必要はあるが、更改の目的は概ね達成された。

## 定量的病理診断の実現を目的とした画像解析技術に関する研究

### 【研究の概要と成果】

定量的病理診断の実現を目指して、実用性のある肝細胞がんの病理画像診断支援システムの開発を企業及び医学部との共同研究により進めている。

#### ・肝細胞がん診断支援システムプロトタイプの開発

従来病理画像解析で主に利用されている細胞核の特徴量に加えて、組織構造の特徴量計測を導入し、肝細胞がんの領域を自動検出する技術を開発した。そしてこれまでに開発した技術の実用化に向けて、共同研究先企業とともに、臨床評価を行うためのプロトタイプシステムの実装を行った。プロトタイプシステムでは、デジタルスライドとしてコンピュータに入力された肝細胞の生検組織標本から、画像認識によって識別されたがんの領域を画面上に特定の色で提示するとともに、細胞核や組織構造の特徴量を自動計測した結果を表示する。これを用いて2014年度に計測結果を蓄積し、評価を行う予定としている。

#### ・組織構造・組織変化特徴量の数量化技術の開発

肝細胞索の構造を表す特徴量として、新たに類洞の流れの規則性及び核の偏在性を数量化する手法を開発し、肝細胞がんと非がん組織において特徴量の分布に違いが見られることを確認した。これらを含む組織構造に関する特徴量は上述のプロトタイプシステムへの組み込みを行った。また、脂肪化や淡明化といった組織の状態変化に関する特徴を定量化するため、核周辺の画像信号値の累積ヒストグラムに基づいて細胞の淡明度を算出する手法を開発した。

#### ・肝細胞がん識別の性能評価

核特徴量に加えて、組織構造に関わる特徴量を用いて肝細胞がん識別を行うことで、肝細胞がん識別の精度を向上できることを確認した。また識別に有効な特徴量の選別を行った。

#### ・色・スペクトル情報の高精度化技術の検討（担当：東京工業大学）

病理画像の色のばらつきが画像解析に与える影響を低減するために、HE染色の肝生検標本のデジタルスライドに適した色補正の手法を開発し、上述のプロトタイプシステムへの組み込みを行った。色補正を適用することにより、核抽出の成功確率が格段に改善されることを確認した。

本研究はNEDO委託研究「定量的病理診断を可能とする病理画像認識技術」の一環として実施された。

## 実物の色・質感を忠実に再現する映像システムに関する研究

### 【研究の概要と成果】

優れた質感を再現する映像システムの基盤となる映像収集技術と表示技術に関する研究開発を行っている。映像収集技術としては、これまでに開発した「複合解像度型分光イメージング」技術を発展させ、忠実な色情報に加え、動き、高輝度な光沢やテクスチャー、さらに分光的な照明環境マップ等を効率的に収集する技術の確立を目指している。映像表示技術としては、広色域かつ自然な色再現技術、光沢や高輝度なテクスチャーなどの質感の再現性を向上する表示技術等を統合化したディスプレイの構築・視覚的評価を予定している。

2013年度は、光沢等の変化を含む映像を分光画像として取得するために、分光動画像入

カシステムを実装した。このシステムでは、RGB カメラと低解像度分光画像センサーにより取得したデータから、高解像度の分光画像を信号処理により復元する。本研究室で開発した Piecewise Wiener 推定手法を動画処理用に実装し、良好な精度の分光動画をリアルタイムで取得することができることを確認した。本システムを 8 月に開催されたイノベーション JAPAN 2013 に出展し、動態展示を行った。さらに、本システムの一つの課題であった RGB カメラの分光感度特性の正確な測定を省略するため、カメラとセンサーの取得データの位置あわせを行って重回帰分析を適用することで自動キャリブレーションを可能とした。低解像度分光画像センサーの画素数が少ないこと、感度が低いことが課題であるが、今後本システムで取得した映像の質感再現性の評価等を実施していく予定である。

なお本研究は文部科学省科学研究費補助金（新学術領域研究）23135509 の一環として実施されている。

## 高密度光線情報及び波面情報処理に基づくホログラフィック・ディスプレイ技術の研究

### 【研究の概要と成果】

よりリアリティの高い立体映像再現に向けて、空中に実像もしくは虚像を再現する方式の 3D ディスプレイの研究が進んでいる。なかでもホログラフィーによる波面再生方式は、奥行きの高い像を高い分解能で再現できる点が大きな特徴である。電子的なディスプレイにホログラムを表示するには、3 次元画像データからホログラムを計算する必要があるが、光線追跡に基づいて映像を計算する従来の CG とは異なり、波面に基づく映像生成（レンダリング）が必要となる。もし光線に基づくレンダリング方法を用いると、再生像の分解能が低下し、ホログラフィーの特徴が失われてしまう。本グループでは、光線情報と波面情報を相互に変換することで、分解能の低下を人間の知覚限界以下に抑えつつ、光線に基づくレンダリングの応用が可能な計算方式を開発してきた。具体的には、物体近傍に光線サンプリング面（RS 面）を設け、RS 面を通過する全ての光線を計算した後、FFT を用いて光線から波面に変換する。波面伝搬は、再度 FFT を用いたフレネル回折計算により計算する。このとき RS 面上での波面は光の波長程度の間隔でサンプリングする必要があり、RS 面上での波面データのサイズは巨大となる。このため、これまで大きな像を再生するホログラムを計算することが難しかった。本研究ではホログラム面を空間分割し、これに合わせて RS 面上の光線情報も分割することで、分割された各領域を独立に計算することが可能な方式を開発した。大きなホログラムを計算する際には、独立に計算したホログラムをタイリングすればよい。この手法の実装を行い、各領域を少ないメモリ量で独立に実行可能であることを確認した。計算時間は相対的に増加したため、その削減は今後の課題である。

### 【発表論文・学会発表等】

#### 査読付き論文

- [1] 橋本典明, 村上百合, 山口雅浩, 大山永昭, “マルチスペクトル画像を用いた H 単染色標本からのデジタル H&E 染色とその応用”, 電子情報通信学会論文誌 D, Vol. J96-D, No. 4, pp. 844-852, Apr. 2013.
- [2] 山口雅浩, 長橋宏, 坂元亨宇, 橋口明典, 齋藤彰, 小林直樹, “定量的病理診断に向けた病理画像解析技術 (招待論文)”, 電子情報通信学会論文誌 D, Vol. J96-D, No. 4, pp.

782-790, Apr. 2013.

- [3] Koki Wakunami, Hiroaki Yamashita, and Masahiro Yamaguchi, "Occlusion culling for computer generated hologram based on ray-wavefront conversion," *Optics Express*, Vol. 21, No. 19, pp. 21811-21822, Sep. 2013.
- [4] Hiroyuki Suzuki, Masamichi Suzuki, Takuya Urabe, Takashi Obi, Masahiro Yamaguchi, Nagaaki Ohyama, "Secure biometric image sensor and authentication scheme based on compressed sensing," *Applied Optics*, Vol. 52, No. 33, pp. 8161-8168, Nov. 2013.
- [5] Masahiro Ishikawa, Sercan Taha Ahi, Fumikazu Kimura, Masahiro Yamaguchi, Hiroshi Nagahashi, Akinori Hashiguchi, Michiie Sakamoto, "Segmentation of Sinusoids in Hematoxylin and Eosin Stained Liver Specimens Using an Orientation-Selective Filter," *Open Journal of Medical Imaging*, Vol. 3, No. 4, pp. 144-155, Dec. 2013.
- [6] Yuri Murakami, Tokiya Abe, Akinori Hashiguchi, Masahiro Yamaguchi, Michiie Sakamoto, "Color correction for automatic fibrosis quantification in liver biopsy specimens," *Journal of Pathology Informatics* 2013;4:36, Dec. 2013.

#### **国際会議発表**

- [1] Masahiro Yamaguchi, Keigo Suzuki, Yuri Murakami, "Realistic Reproduction of Surface Highlight by Superposed Laser-scanning Projection Display," *Laser Display Conference'13, LDC10-2*, Apr., 2013.
- [2] Yuri Murakami, Asami Tanji, Masahiro Yamaguchi, "Development of low-resolution spectral imager and its application to hybrid-resolution spectral imaging," *Proc. AIC2013*, pp. 363-366, Jul. 2013.
- [3] Chamidu Atupelage, Hiroshi Nagahashi, Fumikazu Kimura, Masahiro Yamaguchi, Tokiya Abe, Akinori Hashiguchi, Michiie Sakamoto, "Computational Cell Classification Methodology for Hepatocellular Carcinoma," *International Conference on Advances in ICT for Emerging Regions (ICTer)*, pp.21-27, Dec. 2013.

#### **招待講演（国際会議等）**

- [1] Masahiro Yamaguchi, "High-fidelity Color Reproduction and Multispectral Medical Imaging," *Summit on Color in Medical Imaging*, Silver Spring, USA, May 2013. [Invited]
- [2] Masahiro Yamaguchi, "Color and multispectral image analysis for quantitative pathology," *WIO 2013 - 12th Workshop on Information Optics*, Tenerife, Spain, Jul. 2013. [Invited]
- [3] Masahiro Yamaguchi, "Hologram computation for the display of deep and realistic 3D scene," *DHIP 2013, Workshop for Digital Holography and Information Photonics*, Daejeon, Korea, Nov. 2013. [Invited]
- [4] Masahiro Yamaguchi, "Image-based computational holography for deep 3D scene display," *2013 International Conference on Optical Instruments and Technology: Optical Systems and Modern Optoelectronic Instruments*, Beijing, China, *Proc. SPIE 9042, 90420A*, Dec. 2013. [Invited]
- [5] Masahiro Yamaguchi, "Toward high-quality 3D displays: holographic printer and computational holography," *3D Display Symposium*, Beijing Institute of Technology, Nov. 2013. [Invited]

- [6] Tokiya Abe, Yuri Murakami, Akinori Hashiguchi, Ken Yamazaki, Masahiro Yamaguchi, Michiie Sakamoto, "Quantification of liver fibrosis using whole slide image," ICC Medical Imaging Working Group Meeting, Tokyo, Mar. 2014. [invited]

#### 招待講演（国内），セミナー講演等

- [1] 竹田賢史, 中野和也, 鈴木裕之, 山口雅浩, "デジタルホログラフィーを用いた秘匿化センシングによる生体情報の取得", ホログラフィック・ディスプレイ研究会, HODIC Circular, Vol. 33, No. 2, pp. 25-29, May. 2013.
- [2] 山口雅浩, "光線一波面変換に基づくホログラム生成とディスプレイ", 情報フォトニクス研究会第2回 3D Displays and Devices 研究会, NHK 放送技術研究所, Jun. 2013.
- [3] 山口雅浩, "医療分野におけるカラーマネジメントの動向", ビジネス機械・情報システム産業協会 (JBMIA) 標準化センター主催『カラーマネジメント講演会』, Oct. 2013.
- [4] 山口雅浩, "医療分野におけるカラーマネジメントーICC Medical Imaging WG の動向について," 保健医療福祉情報システム工業会 (JAHIS) 病理・臨床細胞部門システム専門委員会講演会, Feb. 2014.
- [5] 山口雅浩, "光線情報と波面情報の融合によるホログラフィック・ディスプレイ", URCF 超臨場感立体映像技術に関する調査WG, セミナー「新しい3D表示技術の息吹」, Mar. 2014.
- [6] 山口雅浩, 「コンピュータの目でがんの性格を見分ける」, 東京工業大学公開講演会「東京工業大学の最先端研究」, Jun. 2013.

#### 国内学会発表

- [1] Oranit Boonsiri, Chamidu Atupelage, Hiroshi Nagahashi, Kota Aoki, Fumiaki Kimura, Masahiro Yamaguchi, "Significance of multispectral band for classification of cancer cells in Hepatocellular carcinoma from high-magnification histopathology images," 画像電子学会年次大会, Proc. Media Computing Conference, Jun. 2013.
- [2] 中野和也, 竹田賢史, 鈴木裕之, 山口雅浩, "インテグラルフォトグラフィーに基づいた秘匿化イメージング,"第7回新画像システム・情報フォトニクス研究討論会予稿集, pp. 34-35, Jun. 2013.
- [3] 鈴木裕之, 竹田賢史, 中野和也, 山口雅浩, "デジタルホログラフィーを用いた指紋画像秘匿化センサー,"第7回新画像システム・情報フォトニクス研究討論会予稿集, pp. 62-63, Jun. 2013.
- [4] 村上百合, 丹治麻美, 中崎溪一郎, 山口雅浩, "低解像度分光センサーを用いた複合解像度型分光イメージングシステム," 第7回新画像システム・情報フォトニクス研究討論会予稿集, Jun. 2013.
- [5] 石川雅浩, 福井智也, 藤田悠介, 村上百合, 山口雅浩, 阿部時也, 橋口明典, 坂本亨宇, 齋藤彰, "HE 染色肝病理組織標本における索状構造の配列の乱れ定量化法の提案", 第32回日本医用画像工学会大会予稿集(CD-ROM), OP7-5, Aug. 2013.

### (大会奨励賞受賞)

- [6] 中野和也, 竹田賢史, 鈴木裕之, 山口雅浩. 二重ランダム位相暗号化法の評価及び拡張性についての研究, 第 14 回情報フォトンクス研究グループ研究会, 第 14 回情報フォトンクス研究グループ研究会予稿集, pp. 40-45, Sep. 2013.
- [7] 村上百合, 丹治麻美, 中崎溪一郎, 山口雅浩, "低解像分光センサーの試作と複合解像度型分光イメージングへの応用", 視覚情報基礎研究会第 17 回研究発表会, Sep. 2013.
- [8] 中崎溪一郎, 村上百合, 山口雅浩, 「複合解像度方式による実時間分光イメージングシステム」、電子情報通信学会電子ディスプレイ研究会, 信学技報, Vol.113, No.273, pp. 17-22, Oct. 2013.
- [9] 阿部時也, 村上百合, 小掠真貴, 喜友名朝春, 巖田麻紀, 山崎剣, 橋口明典, 山口雅浩, 坂元亨宇, "肝生検 Whole Slide Image を用いた肝線維化自動定量法," 第 12 回日本テレパソロジー・バーチャルマイクロコピー研究会, G0-06, Sep. 2013.
- [10] 中崎溪一郎, 村上百合, 山口雅浩, "複合解像度型分光イメージングによる実時間色再現とその評価", Optics & Photonics Japan 2013、奈良県新公会堂、12aD1, Nov. 2013.
- [11] 石川雅浩, 小林直樹, 駒形英樹, 山口雅浩, 阿部時也, 橋口明典, 坂元亨宇, "機械学習を用いた肝生検病理画像からの脂肪滴抽出のための一手法", メディカルイメージング連合フォーラム, 信学技報, Vol. 113, No. 410, MI2013-75, pp. 103-108, Jan. 2014.
- [12] 駒形英樹, 小林直樹, 石川雅浩, 篠田一馬, 山口雅浩, 阿部時也, 橋口明典, 坂元亨宇, "肝病理組織画像における核のグラフ構造特徴量高速計算アルゴリズム", メディカルイメージング連合フォーラム, 信学技報, Vol. 113, No. 410, MI2013-100, pp. 239-244, Jan. 2014.
- [13] 中崎溪一郎, 村上百合, 山口雅浩, "複合解像度型分光イメージングシステムの実装と評価", 第 8 回情報フォトンクス研究会関東学生研究論文講演会, Mar. 2014.
- [14] 新井隆浩, 山口雅浩, 村上百合, "光沢感や質感をリアリティ高く再現するための階調圧縮に関する研究", 第 8 回情報フォトンクス研究会関東学生研究論文講演会, Mar. 2014.
- [15] 村上百合, 阿部時也, 山口雅浩, 橋口明典, 坂元亨宇, "肝臓病理画像における細胞の淡明度定量化", 2014 年電子情報通信学会総合大会, D-16-3, Mar. 2014.

### 解説, 著書等

- [1] Masahiro Yamaguchi and Koki Wakunami, "13. Ray-based and Wavefront-based 3D Representations for Holographic Displays," in *Multi-Dimensional Imaging*, Bahram Javidi, Enrique Tajahuerce and Pedro Andrés eds., John Wiley & Sons, Mar. 2014.
- [2] 山口雅浩. CIE TC 8-07 マルチスペクトル・イメージング活動報告, 日本照明委員会誌, Vol. 30, No. 2, pp. 42-43, May. 2013.
- [3] 山口雅浩, "巻頭言「究極の 3 次元映像ディスプレイを目指して」" NHK 技研 R&D, No. 144, Mar. 2014.

## その他

1. 「画像融合技術を用いた実時間分光画像センシング」出展  
イノベーション JAPAN2013 (2013年8月29～30日, 東京ビッグサイト)

### 脆弱性の問題となる整数オーバーフローの未定義動作検出に関する研究

#### 【研究の概要と成果】

C 言語における未定義動作を伴う整数オーバーフロー（時限爆弾）は重大な脆弱性の原因となることが知られている。本研究ではこの時限爆弾を軽量に効率よく検出する手法として、6つの固定的な整数値（整数境界値）である 0, -1LL, INT32\_MIN, INT32\_MAX, INT64\_MIN, INT64\_MAX を使う方法を提案し、19 のオープンソースに適用して定量的に評価した。その結果、整数境界値は従来のランダム法に比べて、平均で 36.7%多くの時限爆弾を検出した。さらに、整数演算の未定義動作のうち、比較・ビット演算が 61.3%を占めることと、比較・ビット演算とその他の演算での、整数境界値による時限爆弾の検出率には有意差がないという結果を得た。

### C 言語初学者向け静的解析ツールの研究

#### 【研究の概要と成果】

既存の C 言語処理系の警告エラーメッセージは初心者には難解であり、初心者の学習を妨げている。本研究では C 言語初学者向けの静的解析手法を提案し実装した。提案手法の特徴は平易なメッセージ、誤用性機能の検出、解決策の提案である。C 言語学習を支援する既存の研究やツールがあるが、平易な言葉で出力し、誤用性機能を検出し、構文誤りにも対応するものは、本研究で調べた範囲では存在しない。初学者のソースコードを静的に解析し、15 個の問題検出ルールを適用する静的解析器を Eclipse 上のプラグイン C-Helper として実装を行った。C-Helper は検出した問題を解決策とともに示し、初学者の学習効率の向上を狙っている。小規模な被験者実験のアンケート結果では良い結果を得た。

#### 【発表論文・学会発表等】

- [1] 森川知哉, 荒堀喜貴, 権藤克彦: 整数オーバーフローの未定義動作検出に対する整数境界値の定量的評価, コンピュータソフトウェア (レター論文) [31], No.1, pp.103--109 (2014)
- [2] 内田公太, 権藤克彦: C 言語初学者向けツール C-Helper の予備評価, 電気情報通信学会 技術研究報告 信学技報, vol.113, no.159, pp.67--72 (2013)

### 一階で定義されないフレームを意味構造とする様相論理のレゾリューション証明法に関する研究

#### 【研究の概要と成果】

基本的様相論理においては、式を CNF に変換し、様相に関するユニフィケーションを用いるレゾリューション規則を用いて、空節を導くことで推論、レゾリューション証明法を構築することができる。

しかし、一階で定義できないフレームを意味構造とする様相論理 KW, KM について、同様にユニフィケーションに用いた証明法の構築を考えると、そのフレームの性質から基本的様相論理と同様な方法では様相のユニフィケーション規則を作ることができない。

そこで、様相論理 KW については、フレームにおける well-foundedness に変えて、エルブランフレームにおける non-iterativity を用いて、様相のユニフィケーション規則を構成することで、様相論理 KM については、ユニフィケーションではなく、節の書き換えを用いる方法を規則とすることで、それら規則によるレゾリューション証明法を構成した。

### システム性能向上を目的とした超高速ネットワークの自律制御手法の研究（継続）

#### 【研究の概要と成果】

継続して構築している実験環境において、繰り返し実験を行うことで、通信帯域が飽和する前に、あるセッション数において一定の性能低下が起る条件が確認できた。さらに、この通信低下については、同一条件で再現するとともに、他に通信が行われている場合でも、それら通信からの/への影響なく、起ることを確認した。

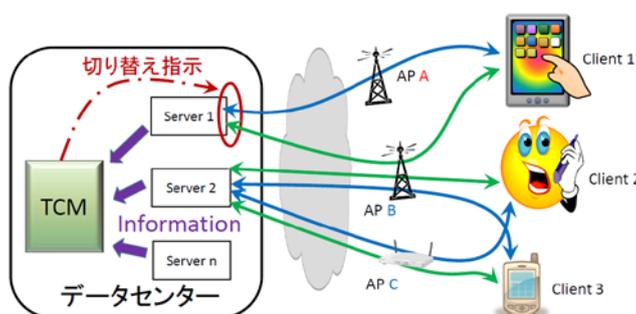
#### 【発表論文・学会発表等】

- [1] On Constructing Unification-based Proof Methods for Modal Logics with First-order Undefinable Frames. Shigeki Hagihara, Masahiko Tomoishi, Naoki Yonezaki. 14th Philippine Computing Science Congress (PCSC 2014). Proceedings of the 14th Philippine Computing Science Congress. pp. 22-27.

### データセンターでの集中制御を用いた統一的輻輳制御機構の設計と実装

#### 【研究の概要と成果】

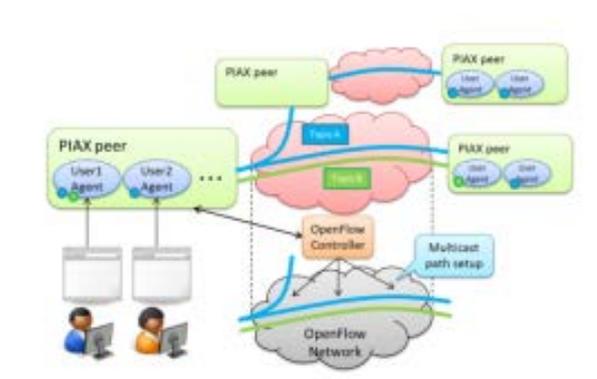
現在のネットワークの輻輳制御は End-to-end 型の TCP を用いて行われている。一方、ほとんどのサーバはデータセンター内に設置されているため、異なるサーバ間で途中経路の通信品質に関する情報を共有することが可能となり、よりよい品質制御が実現できると考えられる。この目的のため、統一的輻輳制御機構というコンセプトを提案している。プロジェクト初年度にあたる 2013 年度では、モバイルネットワークの異種無線ネットワークの適切な選択を可能にすることで、クライアントの通信品質要求を満たし、また、適切なトラフィック分散を可能とする機構を設計、実装し、実証評価によりその有効性を明らかにした。



### Pub/Sub 通信モデルにおけるマルチキャストを最適化するための SDN 基盤の設計と実装

#### 【研究の概要と成果】

Twitter や Facebook など、スケーラビリティが必要な多数のインターネットアプリケーションで利用されている通信モデルとして Pub/Sub 通信モデルが存在する。Pub/Sub 通信モデルでは、ノードが多数の他のノードに対して情報を発信する。そのため、オーバーレイマルチキャストによる転送が必要になり、その負荷が問題となる。本研究では SDN 基盤により下位層でのマルチキャストを併用させることで、帯域資源を効率的に利用可能でかつノードのオーバーレイ転送負荷を低減する方式を提案し、実証的にその有効性を明らかにした。



## 【発表論文・学会発表等】

- [1] S. Jivorasetkul, M. Shimamura, and K. Iida, “Better network latency with end-to-end header compression in SDN architecture,” Proc. IEEE Pacific Rim Conference on Communications, Computers and Signal Processing (PACRIM2013), pp. 183-188, Aug. 2013.
  - [2] K. Kusahata, I. Kaneko, K. Iida, H. Koga, and M. Shimamura, “A unified congestion control architecture design to improve heterogeneous wireless network efficiency and accommodate traffic by various rich applications,” Proc. IFIP Intn’l Working Conference Performance and security modelling and evaluation of cooperative heterogeneous networks, (HET-NETs2013), USB memory, WP07, 5 pages, Nov. 2013.
  - [3] M. Shimamura, H. Yamanaka, Y. Uratani, A. Nagata, S. Ishii, K. Iida, E. Kawai, and M. Tsuru, “Architecture for resource controllable NVE to meet service providers’ dynamic QoS demands,” Proc. IEEE Intn’l Conference on Network of the Future (NoF2013), USB memory, TS6-2, 6 pages, Oct. 2013.
  - [4] T. Akiyama, Y. Kawai, K. Iida, J. Zhang, and Y. Shiraishi, “Proposal for a new generation SDN-aware pub/sub environment,” Proc. IARIA Intn’l Conference on Networks (ICN2014), 5 pages, Feb. 2014.
  - [5] 西谷純一・飯田勝吉：「P2P ライブストリーミングの可用性向上を目的としたプロキシ動的制御方式の接続安定性評価」, 電子情報通信学会・技術研究報告, vol. 113, no. 472, NS2013-204, pp. 161-166, 2014年3月.
  - [6] 佐野修一・大溝拓也・飯田勝吉：「Android 端末における SPDY プロトコルの実機・シミュレータ連携を用いた性能評価」, 電子情報通信学会・技術研究報告, vol. 113, no. 472, NS2013-225, pp. 283-288, 2014年3月.
  - [7] 塩山幹彦・飯田勝吉：「パス切り替えによる通信品質低下を抑制するための段階的パス切り替え手法の提案と評価」, 電子情報通信学会・技術研究報告, vol. 113, no. 472, NS2013-242, pp. 379-384, 2014年3月.
  - [8] 石川諒汰・楠畑勝彦・飯田勝吉・古閑宏幸・嶋村昌義：「データセンタでの集中制御を用いた統一的輻輳制御機構の設計と実装」, 電子情報通信学会・ネットワークシステム研究会, 2014年4月発表予定.
  - [9] 金子 樹・飯田勝吉・石川諒汰・古閑宏幸・嶋村昌義：「ネットワーク収容効率向上を目的とした連鎖的フロー再配置モデルの提案と性能評価」, 電子情報通信学会・ネットワークシステム研究会, 2014年4月発表予定.
- 浦谷芳幸・嶋村昌義・山中広明・永田 晃・河合栄治・飯田勝吉・鶴 正人：「多様なサービスモデルの提供とトランジットコストを考慮したトラフィック制御を可能とするCDN基盤の設計と実装」, 電子情報通信学会・コミュニケーションクオリティ研究会, 2014年4月発表予定.

**【研究の概要と成果】**

**分散 Publish/Subscribe システムに関する研究**

大量に発生するセンサデータをリアルタイムでユーザに届けるために、in-network-processingの機能を備えたPublish/Subscribeシステムの研究開発を進めている。この研究では配送過程における負荷分散、スケーラビリティの確保、リアルタイム性の確保が大きな課題となっている。配送過程における負荷分散を実現するために三段の木構造を基礎としたトポロジーを動的に構築し、その中でsubscriptionの分割再配置を行う手法を提案した。また、提案するPublish/Subscribeシステムを地理情報に基づくオーバーレイネットワーク上に実装し、評価を行った。この三段木のトポロジー構成を採ることで、システムのマネジメントコストを抑えつつ地理的に局所的な範囲で概ね均等に負荷を分散することが可能となることを確認した。評価は全国規模でオーバーレイネットワークを構築しているテストベッドであるPIAX上で行った。実環境に近いネットワークや計算機環境を利用する事で、アルゴリズムの特性からだけでは発見しにくい実環境特有の問題(知見)も得られた。昨年度に引き続き実装・評価を重ね、研究成果を論文誌等に発表した。

他に車車間通信や飛行体(e.g.,クアッドコプター)を利用したDTNの研究、車車間通信におけるプライバシー保護の研究、セキュリティ人材の育成プログラムの企画・運用等を行った。

**【発表論文・学会発表等】**

**・論文誌(2件)**

- [1] Satoru NOGUCHI, Satoshi MATSUURA, Atsuo INOMATA, Kazutoshi FUJIKAWA, Hideki SUNAHARA:  
"Wide-Area Publish/Subscribe Mobile Resource Discovery Based on IPv6 GeoNetworking",  
IEICE Transaction on Communication, Vol. E96-B, No. 7, pp. 1706--1715, Jul, 2013
- [2] 福井達也, 松浦正尚, 松浦知史, 猪俣敦夫, 藤川和利:  
"処理の動的分割再配置により負荷分散を実現する Publish/Subscribe システム",  
情報処理学会論文誌, Vol. 55, No. 1, pp. 289--299, Jan, 2014

**・国際会議(2件)**

- [1] Tsubasa Teramoto, Satoshi Matsuura, Masatoshi Kakiuchi, Atsuo Inomata, Kazutoshi Fujikawa:  
"Location Tracking Prevention with Dummy Messages for Vehicular Communications",  
2013 13th International Conference on ITS Telecommunications (ITST  
2013), pp. 56--61, Nov, 2013

- [2] Yohei Kanemaru, Satoshi Matsuura, Masatoshi Kakiuchi, Satoru Noguchi, Atsuo Inomata, Kazutoshi Fujikawa:  
"Vehicle Clustering Algorithm for Sharing Information on Traffic Congestion",  
2013 13th International Conference on ITS Telecommunications (ITST  
2013),pp.38--43,Nov,2013

・国内研究会(4件)

- [1] Masanao Matsuura, Satoshi Matsuura, Atsuo Inomata, Kazutoshi Fujikawa:  
"Adaptation of Storm to Large Scale Distributed Publish/Subscribe System",  
マルチメディア, 分散, 協調とモバイル(DICOMO2013)シンポジウム予稿  
集,pp.2128--2132,Jul,2013
- [2] 猪俣敦夫, 大平健司, 松浦知史, 奥田剛, 門林雄基, 山口英, 藤川和利, 曾根秀昭, 砂原  
秀樹, 宮地充子, 後藤厚宏:  
"情報セキュリティ人材育成プログラム SecCap の取り組み",  
2013 年度日本ソフトウェア科学会全国大会予稿集,Vol.repit-7,Sep,2013
- [3] 松浦正尚, 松浦知史, 猪俣敦夫, 藤川和利:  
"メッセージ保証機構を備えた分散 Publish/Subscribe システム",  
電子情報通信学会インターネットアーキテクチャ研究会信学技報,Jan,2014
- [4] 畑中健作, 松浦知史, 猪俣敦夫, 藤川和利:  
"災害救助活動を想定したメッセージフェリーの動的経路決定手法",  
電子情報通信学会モバイルネットワークとアプリケーション研究会 (MoNA) 予稿  
集,Vol.MoNA2013,No.50,pp.7--12,Jan,2014

### 【研究の概要と成果】

#### ストリームデータ処理に関する研究

センサーデータやカメラなどのストリーム型の情報源が増加・多様化し、それらに対する連続的なデータ処理を実現するストリーム処理システムに注目が集まっている。ストリーム処理では、将来にわたって生み出され続けるデータへの処理要求を事前に登録するという特徴があり、1つの処理要求が実行される期間は非常に長い。そのため、実行中に実世界で起こる様々な環境変化にさらされる。データ分布やデータ発生頻度の変化、計算機リソース（CPU 負荷や遅延、計算機台数）の増減についてはこれまでの研究でも考慮されてきた。しかし、処理要求レベルでの変化、例えば、処理対象となるストリーム情報源そのものを時間や位置・状況に応じて変更することや、実行中にストリーム情報源から届くデータの構造（スキーマ）が変更されることは想定されていない。既存のストリーム処理における処理要求定義方式では、そのような事態には実行を停止し、処理要求を再定義して新たに処理を開始する以外にはない。情報源も含めて動的に変化する環境において、処理要求を長期安定稼働させる仕組みを実現するために、本研究では情報源に関するメタデータを RDF グラフとして扱い、ストリームデータとメタデータの両方を用いた、柔軟性の高い要求定義方式を提案した。ストリームデータに対しては SQL ベース、メタデータである RDF グラフに対しては SPARQL ベースの記述を行えるようにし、ストリームデータとメタデータ間の相互変換や、メタデータの検索結果を用いてストリームの処理要求定義を動的に書き換える機能を実現した。

また、ストリームデータ処理においては処理遅延の削減が重要な課題である。本研究では処理遅延の削減のため、同一データへの依存関係のない複数の処理に対し、複数 CPU コアを駆使した並列評価を行う Join 処理方式について前年度から続けて評価検討を行った。

#### XML 文書の類似検索に関する研究

XML 文書が幅広く利用されるようになり、XML 文書への検索要求が多様化してきている。その1つが XML 文書同士の類似検索である。本研究では前年度に提案した XML 類似度計算アルゴリズム LAX+を改良し、XML 文書内の PCDATA 部分の文字列が完全一致しなくても、語単位での部分一致から類似度が算出できるような類似度計算アルゴリズムを提案した。LAX+の内部処理である XML の葉ノード同士の比較において語の部分一致を考慮するようにした KLAX と、LAX+での計算結果へ XML 文書全体の語の部分一致を後から補正する LAX&KEY の2手法を提案し、両者の性質の違いを評価する実験を行った。

## 【発表論文・学会発表等】

- [1] 呉怡, 渡辺陽介, 横田治夫, 「RMC 操作に基づくタスクとタスク間関連度を考慮したファイル検索」 電子情報通信学会論文誌 D, Vol. J96-D, No. 5, pp. 1166-1177, 2013 年 5 月.
- [2] Yousuke Watanabe, Hidetaka Kamigaito, Haruo Yokota, "Similarity Search for Office XML Documents Based on Style and Structure Data" International Journal of Web Information Systems, Emerald Group Publishing, Vol. 9, Issue 2, pp.100-116, 2013. 6.
- [3] Qiang Song, Takayuki Kawabata, Fumiaki Itoh, Yousuke Watanabe, Haruo Yokota, "A File Recommendation Method Based on Task Workflow Patterns Using File-Access Logs", Proc. International Conference on Database and Expert Systems Applications (DEXA 2013), Lecture Notes in Computer Science, Springer, Vol. 8056, pp. 410-417, August, 2013.
- [4] Yousuke Watanabe, Haruo Yokota, "Evaluation of Parallel Window-Join Algorithms for Reduction of Processing Delay", Proc. International Workshop on Streaming Media Delivery and Management Systems (SMDMS 2013), pp. 635-640, October, 2013.
- [5] Apichaya Auvattanasombat, Yousuke Watanabe, Haruo Yokota, "An Evaluation of Similarity Search Methods Blending Structures and Keywords in XML Documents" Proc. International Conference on Information Integration and Web-based Applications & Services (iiWAS2013), pp. 518-522, December, 2013.
- [6] Apichaya Auvattanasombat, Yousuke Watanabe and Haruo Yokota, "XML Documents Searching Combining Structure and Keywords Similarities", The joint workshop of IPSJ SIG-DBS/IPSJ SIG-IFAT/IEICE DE, IPSJ SIG Technical Report, Vol.2013-DBS-157, No.14, pp. 1-6, July 2013.
- [7] 牧原健太郎, 荒堀喜貴, 渡辺陽介, 串間宗夫, 荒木賢二, 横田治夫, 「電子カルテシステムの操作ログデータの時系列分析による頻出シーケンスの抽出」, DEIM Forum 2014, 2014 年 3 月.
- [8] 加藤大智, 渡辺陽介, 横田治夫, 「情報利得を用いたラベル選定に基づくマルチクラスタリング手法の評価」, DEIM Forum 2014, 2014 年 3 月.
- [9] 奥村開里, 荒堀喜貴, 渡辺陽介, 横田治夫, 「遠隔カメラ側でのフレーム選択を用いた時刻指定動画再生システム」, DEIM Forum 2014, 2014 年 3 月.
- [10] 渡辺陽介, 横田治夫, 「データストリームに対する連続的問合せの動的変更機能の提案」, 情報処理学会第 76 回全国大会, pp. 469-470, 2014 年 3 月.

**【研究の概要と成果】**

**新世代ネットワークの実現に向けた多様なサービスプロバイダの収容を可能とする  
ミドルレイヤ型ネットワークアーキテクチャに関する研究**

アプリケーションサービス事業者 (SP: Service Provider) が持つ多様なサービス品質 (QoS: Quality of Service) の要求を満たすことは今後の情報通信ネットワークを考える上で重要な課題である。QoS 向上のために、SP 各々に対して論理的なネットワークを提供するネットワーク仮想化技術は一つの有効手段として注目されている。

本研究では、ネットワーク仮想化技術を想定したネットワーク仮想化環境を実現するために、SP に対して論理ネットワークの構築・制御・監視が可能なインタフェースを提供するネットワークアーキテクチャを提案した。今年度は特に実現可能性を検証するために、プロトタイプ開発をし、広域ネットワークを想定した検証実験を実施した。さらに、小規模な実験環境での動作検証および広域テストベッドネットワーク JGN-X での共同研究組織との連携実験に着手し、提案アーキテクチャの有効性を検証した。

**【発表論文・学会発表等】**

**国際会議**

- [1] Masayoshi Shimamura, Hiroaki Yamanaka, Yoshiaki Uratani, Akira Nagata, Shuji Ishii, Katsuyoshi Iida, Eiji Kawai, and Masato Tsuru, "Architecture for resource controllable NVE to meet service providers' dynamic QoS demands," Proc. IEEE Fourth International Conference on the Network of the Future (NoF 2013), pp. 1-6, October 2013.
- [2] Takahiro Kawano, Masayoshi Shimamura, and Hiroyuki Koga, "A selective caching scheme based on request history in content-centric networks," Proc. ACM CoNEXT Student Workshop '13, pp. 47-48, December 2013.
- [3] Mei Yoshino, Hiroyuki Koga, Masayoshi Shimamura, and Takeshi Ikenaga, "Adaptive online compressing schemes using flow information on advanced relay nodes", Proc. IARIA Ninth International Conference on Systems (ICONS 2014), pp. 98-103, February 2014.

**学会発表**

- [1] 河野孝博, 嶋村昌義, 古閑宏幸, 「コンテンツ指向型ネットワークにおける要求履歴を用いたキャッシュ効率向上手法の提案」, 電子情報通信学会技術研究報告, 第 113 巻 244 号 (NS2013-112), 117-122 頁, 2013 年 10 月.

**【研究の概要と成果】**

**定量的病理診断の実現を目的とした画像解析技術に関する研究**

肝細胞がん (HCC) の組織診断では、核の異型、核密度の増加、肝細胞配列の変化等の評価すると共に、脂肪化や淡明化などの組織変化も考慮する必要がある。病理医はこれらの変化を観察し総合的に HCC の診断を行う。これまでに、肝臓病理標本画像における核と細胞配列の特徴の定量化と HCC 判別への有用性の検討が行われている。しかし、肝細胞の淡明度については検討されていない。そこで今年度は、細胞の淡明度を定量化する手法を確立すると共に、淡明度と核特徴量との関係を調査した。

ヘマトキシリン・エオジン染色の肝臓組織標本において、細胞質は通常エオジンによりピンクに染色されるが (図 1 (a))、細胞へのグリコーゲンなどの蓄積により細胞質が淡明な色を呈する場合がある (図 1 (b)(c))。そこで、細胞質以外の組織要素である間質、脂肪滴、核をマスクした後、核周辺の緑チャネルの画像信号値の累積ヒストグラムに基づいて、細胞の淡明度を算出する手法を確立した。また、肝生検標本 (背景肝 46 症例、HCC50 症例) を 20 倍でスキャンしたホールスライド画像から、2048×2048 画素の ROI を切り出した画像 (背景肝 198 枚、HCC 255 枚) を対象として解析を行った結果、淡明度と核特徴量の間に関連が確認されると共に、肝細胞がんの識別において淡明度を特徴量として加えることの有用性が示された (図 2)。

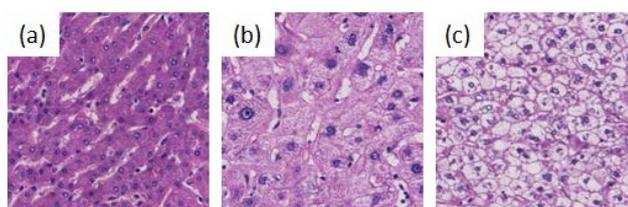


図 1 手術材料の肝組織像(20倍)。(a)淡明でない例と(b)(c)淡明な例。

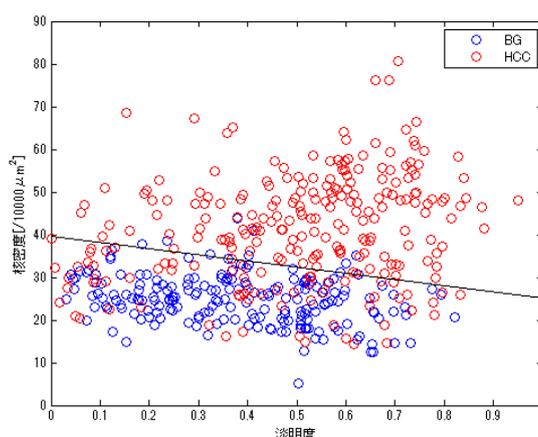


図 2 背景肝(BG)とHCCの生検肝臓標本の淡明度と核密度の関係

また、画像解析を安定して行う目的で、HE染色の肝生検標本の色補正手法の開発を行った。この手法では、対数 RGB 色空間において、対象画像の色分布が参照画像の色分布と一

致するように補正を行う。この際、画像の色分布を表現するベクトルは、ホールスライド上において選択された適切な領域を用いて求めることで、安定的かつ効率的に抽出することが可能となる。図 3 に画像から色分布を取得する過程と結果を示す。色補正を適用することにより、核抽出の成功確率が格段に上昇することを確認した。

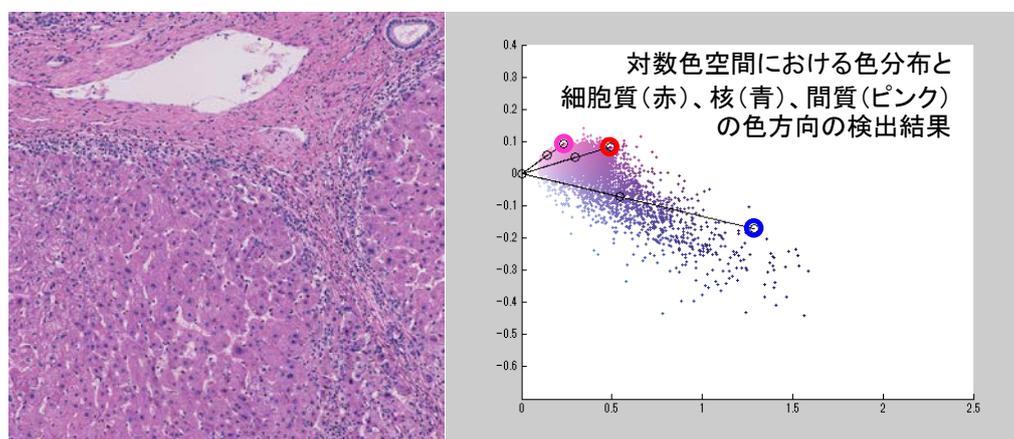


図 3 HE 染色の肝臓標本画像（左）とその色分布を表現する色ベクトルの検出結果（右）

#### 効率的な分光画像情報取得手法に関する研究

波長方向・空間方向に冗長性を有する分光画像を効率的に取得する手法として、高解像度 RGB 画像と低解像度分光画像を併せて取得し、これらを組み合わせることで高解像度な分光画像を取得する複合解像度型分光イメージング手法を提案している。今年度は、68 画素の分光画像を動画像として取得できる低解像度分光センサ (LRSS) と、市販の RGB カメラを用いて、分光動画像の取得・処理・再現が可能なシステムを構築した (図 4)。試作したシステムでは、取得した分光画像から任意の照明光下で色再現したカラー画像をリアルタイムで表示すると共に、画像上でマウスにより指定した点の分光反射率グラフを表示することが可能である。図 5 は本システムで撮影した手のひらの分光画像 (400nm~770nm) である。

また、システムの操作性を向上させるため、2 台のカメラ (LRSS と RGB カメラ) の画像の自動位置合わせ機能を実装すると共に、RGB カメラの分光感度情報を用いずに分光画像復元を実現する手法を取り入れた。これにより、操作性の向上のみならず、RGB カメラの分光感度情報に含まれる誤差の影響を受けることがなくなり、精度の向上も実現した。



図 4 試作した複合解像度型分光イメージングシステムの全体 (左) とカメラヘッド (右)

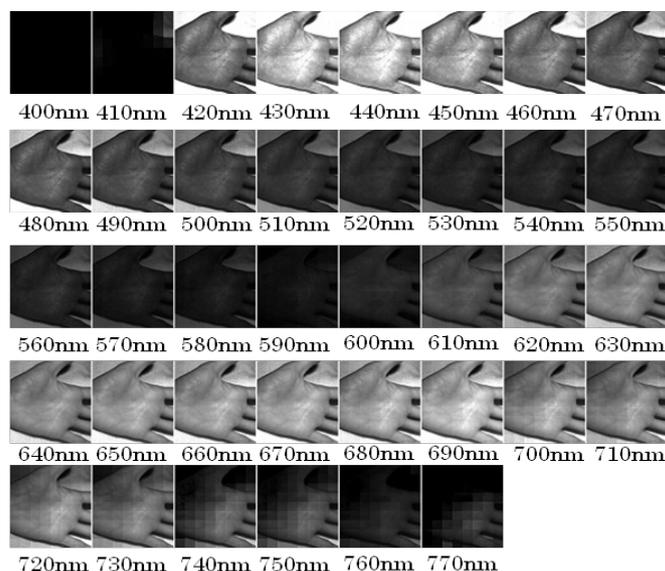


図5 試作システムで撮影した手のひらの分光画像

#### 【発表論文・学会発表等】

##### 査読付き論文

- [1] Yuri Murakami, Tokiya Abe, Akinori Hashiguchi, Masahiro Yamaguchi, Michiie Sakamoto, "Color correction for automatic fibrosis quantification in liver biopsy specimens," J Pathol Inform 2013;4:36 (Dec. 2013).

##### 国際会議発表

- [1] Yuri Murakami, Asami Tanji, Masahiro Yamaguchi, "Development of low-resolution spectral imager and its application to hybrid-resolution spectral imaging," Proc. AIC2013, 363-366, 8-12 July, 2013, Newcastle upon Tyne, UK.

##### 国内学会発表

- [1] 村上百合、丹治麻美、中崎溪一郎、山口雅浩、「低解像度分光センサーを用いた複合解像度型分光イメージングシステム」、第7回新画像システム・情報フォトニクス研究討論会、Jun. (2013).
- [2] 石川雅浩、福井智也、藤田悠介、村上百合、山口雅浩、阿部時也、橋口明典、坂元亨宇、齋藤彰、「HE染色肝病理組織標本における索状構造の配列乱れ定量化法提案」第32回日本医用画像工学会大会、Aug. (2013).
- [3] 中崎溪一郎、村上百合、山口雅浩、「複合解像度方式による実時間分光イメージングシステム」、電子情報通信学会信学技報 Vol.113 No.273, 17-22 (2013).
- [4] 村上百合、丹治麻美、中崎溪一郎、山口雅浩、「低解像分光センサーの試作と複合解像度型分光イメージングへの応用」、視覚情報基礎研究会第17回研究会発表会、Sep. (2013).

- [5] 阿部時也、村上百合、小椋真貴、喜友名朝春、巖田麻紀、山崎剣、橋口明典、山口雅浩、坂元亨宇、「肝生検 Whole Slide Image を用いた肝線維化自動定量」、第 12 回日本テレパソロジー・バーチャルマイクロスコープ研究会総会 G0-06、Sep.(2013)
- [6] 中崎溪一郎、村上百合、山口雅浩、「複合解像度型分光イメージングによる実時間色再現とその評価」、Optics & Photonics Japan 2013、奈良県新公会堂、12aD1, Nov. (2013).
- [7] 村上百合、阿部時也、山口雅浩、橋口明典、坂元亨宇、「肝臓病理画像における細胞の淡明度定量化」、電子情報通信学会総合大会、D-16-3、Mar. (2014)

#### 解説, 著書等

- [1] 村上百合「マルチスペクトルイメージング技術の進展」、レーザー研究、41、991-994 (Dec. 2013).

#### その他

イノベーション JAPAN2013 出展、「画像融合技術を用いた実時間分光画像センシング」

### 【研究の概要と成果】

#### 新世代ネットワークにおける高可用ネットワーク構成法とその技術展開に関する研究

新世代ネットワークにおいて安全・安定な高可用ネットワークを構築するためには、マルチホームネットワークの導入が注目されている。複数のネットワークに接続することでネットワークシステムの性能向上や耐障害性の向上などが期待出来る。

しかし、マルチホーム化を進むことに伴い、ネットワーク機器へのアドレス割当やリネバリングなどへの対策が不十分であり、管理面でのコストが高い問題がある。また、集約されてないアドレスを使ったマルチホーム化により、コアネットワークでの経路情報が増えており、ネットワークシステムの性能低下に繋がる恐れがある。

そこで、本研究ではマルチホーム化を容易にする自動かつ階層的なアドレス割当機構 HANA (Hierarchical Automatic Number Allocation) を開発し、複数経路に夜耐障害性の向上や管理者負担軽減及びコアネットワークでの経路情報削減を実現することを目的としている。その一環として、HANA によるマルチホームネットワークにおいて、複数の経路の中で使っていた経路に障害が発生した場合、他の使用可能な経路に自動切り替わる手法を提案した。

また、高可用ネットワークの構築に関連する研究として「ID・ロケータ分離機構」に関する研究にも参加した。この研究では、今までネットワーク機器の識別子と位置情報の全てを IP アドレスで表したことを分けて ID では識別子、ロケータでは位置情報を表すように分離し安全・安定な高可用ネットワークを構築することを目的としている。

#### 名前解決による遅延及びネットワークトラフィックの削減に関する研究

新世代ネットワークにおける高可用ネットワークの構成でも情報サービスを提供するためには名前解決が必要になる。近年、新たなドメイン名登録の増加に加え、ほとんどがそのレジストラによって名前解決を提供されており、その結果外部ドメインの権限委譲が増えている。そのため、名前解決に遅延が出るだけでなく、名前解決のネットワークトラフィックが増える問題が生じる。現状、インターネットでの名前解決応答の中で 60% が外部ドメインを含んでおり、まだ増加する傾向である。一般にインターネットユーザは情報サービスを使う時にまず名前解決を行うため、このような遅延は情報サービスの提供に悪影響を与える恐れがある。

そこで、本研究では外部ドメインにおける名前解決の遅延を削減する方法を提案した。具体的には外部ドメインの権限委譲を持つ DNS サーバではあらかじめその IP アドレスを問合せ、自分のキャッシュに保存しておくことになる。それで、外部からその外部ドメイン権限委譲に関連する問合せが来た場合、キャッシュした IP アドレスと該当 NS レコードを一緒に返すことになる。こうすることによって、外部の問合せ元の DNS サーバは余計な問合せをせずに必要な情報を獲得し、名前解決による遅延を削減することが期待できる。また、余計な問合せが減るためインターネット全体の名前解決によるネットワークトラフィックの削減にも繋がる。

### 【発表論文・学会発表等】

- [1] 金勇、福島裕介、藤川賢治、小針康永、原井洋明：  
”HANA ベースのマルチホームネットワークにおける自動経路切替手法”、信学技報,  
vol.113, no.200, IA2013-25, pp.47-52, 2013 年 9 月.
  
- [2] 福島裕介、藤川賢治、ベドカフレ、田崎創、金勇、原井洋明：”ID・ロケータ  
分離アーキテクチャのネットワーク基盤の高可用化設計と実装,”信学技報,  
vol.113, no.35, NS2013-12, pp.7-12, 2013 年 5 月.
  
- [3] Yamaguchi, T.; Yong Jin; Yamai, N.; Okayama, K.; Okamoto, K.; Nakamura, M., "An  
Optimal Route Selection Mechanism for Outbound Connection on IPv6 Site  
Multihoming Environment," *Computer Software and Applications Conference  
Workshops (COMPSACW), 2013 IEEE 37th Annual* , vol., no., pp.575,580, 22-26 July  
2013
  
- [4] Yong Jin, Kenji Fujikawa, Hiroaki Harai, Masataka Ohta:"Secure Glue A Cache and Update",  
APPRICOT2013, February 2013.

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）における「がん超早期診断・治療機器の総合開発」プロジェクトにおいて「病理画像の特徴量を用いた数量化技術の開発および色・スペクトル情報の高精度化技術の研究開発」を行なっている。

## 【研究の概要と成果】

### 1. 腫瘍細胞集塊の構造解析に関する研究

昨年度実施した腫瘍細胞集塊の構造解析をより自動化（類洞マスクと間質マスクの融合、画像サイズ及びグレースケール化の自動化、細線化の条件設定および macro 化など）し、症例数を増やして検討を行った。作製された（腫瘍）細胞集塊マスク画像に対して細線化、楕円フィッティングを行い長軸・短軸の半径、各種面積（mask、e-mask、er\_mask 等）、AIC、平均、分散を算出して正常肝臓組織（BG）、肝細胞癌（高分化型；G1、中分化型；G2、低分化型；G3）と比較した。BG や G1 では楕円の長軸半径の小さい細胞索が多いが、G2、G3 では少ない。一方、G2、G3 では楕円の長軸が大きいものが多く、それに比べてBG、G1 では少ない。特にBGは正常の肝細胞（索）なので楕円は小さいサイズが多い。G1、G2、G3になるに連れて索が太くなるので楕円は大きくなり分化度による構造の違いを反映している。Linear SVMによる判別分析では10 fold cross validation では72,7%の正確度であった。

### 2. Ki67 発現核の核内特徴量の抽出に関する研究

昨年度に引き続き悪性腫瘍に対するHE染色標本におけるKi67陰性核と陽性核の特徴量を算出しより詳細な検討を行った。画素シフト方式の撮影画像の尖りにおけるテクスチャ特徴量への影響を軽減するため尖りを平均化して特徴量を算出した。各特徴量に対し統計学的有意差検定等の検討を行い、核症例数を増やしてlinear SVMによる分類を行ったところKi67陰性核と陽性核の判別が約90%の確率で可能であり、昨年度と比べ約5%向上した。判別分析ではnon-linear SVMやrandom forestなどについてもさまざまな特徴量を使用して実施できるシステムを構築した。また肝臓 tissue microarray 標本を使用して同様の検討を行った。昨年度より精度が向上したことにより、工学的手法がHE標本からのKi67発現の予測をおこなうツールとしてより現実味が増したと思われる。

### 3. サイトケラチン19の細胞内特徴量の抽出に関する研究

サイトケラチン19（以下、CK19）は肝細胞癌の転移や再発の可能性を示唆する因子として注目されている。肝細胞癌のDABとQdotによるCK19発現HE標本におけるCK19発現細胞と陰性細胞に対して、輝度値、濃度共起行列、Tamura特徴量、Local binary pattern、Gabor・LMフィルタセットから特徴量を算出した。症例によって異なるが、各種輝度値を用いたlinear SVMでは94.5%の精度で判別可能になった症例も見られた。HE標本からCK19の発現が予測できれば腫瘍の悪性度を示す有用なツールとなることが期待される。

### 4. 肝臓内出現細胞の判別に関する研究

肝臓HE標本上に出現する細胞、即ち肝細胞、肝がん細胞、血管内皮細胞、線維細胞、リンパ球、組織球（Kupffer cell）をmultifractalによる識別を目的とし、教師データ作成の

ために細胞種類ごとのアノテーションを行った。

## 5. Panoramic DESK (3D Histec) を用いた Tissue microarray 標本における whole slide image 撮影環境の構築

Whole slide image (WSI) は病理分野では日常の診断や標本の保管のために使用され、画像の特徴量を用いた数量化技術の開発も WSI を用いて解析が行われて始めている。昨年は生検や手術材料を対象にしたバーチャルスライドの撮影を検討したが、通常の組織標本と比べ tissue microarray 標本はスキャンエリアの設定やフォーカス設定に煩雑さが課題であった。今年度は tissue microarray 標本を使用する際の閾値によるスキャンにエリア設定、Extended focus によるより高精細なフォーカス合わせによる画像作製を行った。病理顕微鏡画像の様々な特徴量算出のための実験装置として活用予定である。

### 【発表論文・学会発表等】

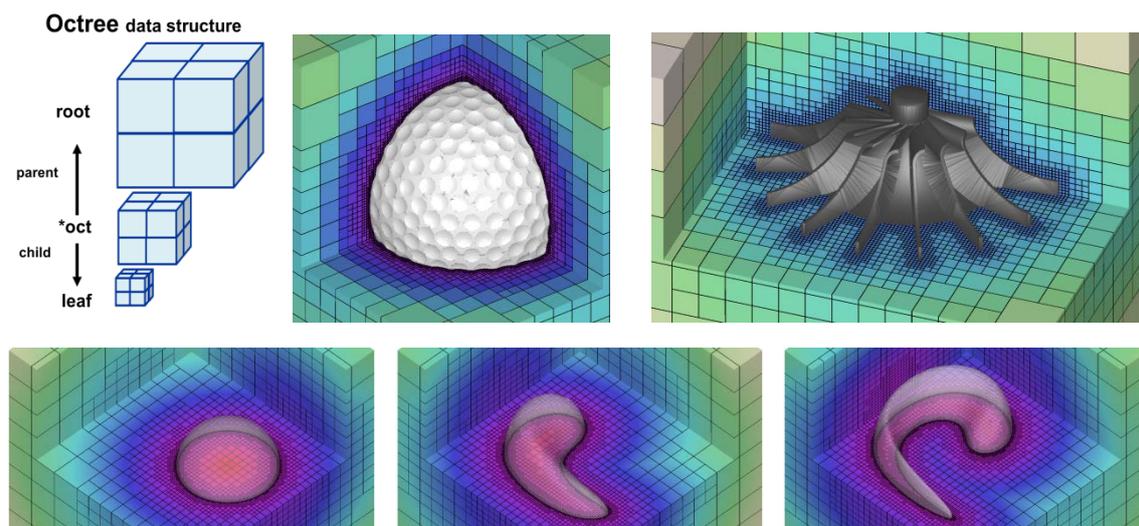
- [1] M. Ishikawa, S. T. Ahi, F. Kimura, M. Yamaguchi, H. Nagahashi, A. Hashiguti, M. Sakamoto. Segmentation of sinusoids in hematoxylin and eosin stained liver specimens using an orientation-selective filter. *Open Journal of Medical Imaging*. 2013;3:144-155.
- [2] F. Kimura, I. Okayasu, H. Kakinuma, Y. Satoh, S. Kuwao, M. Saegusa, J. Watanabe. Differential diagnosis of reactive mesothelial cells and Malignant Mesothelioma Using Cell Proliferation Markers, including Minichromosome Maintenance Protein 7, Geminin, Topoisomerase II $\alpha$  and Ki-67. *Acta Cytol.* 2013;57:384-390.
- [3] C. Atupelage, H. Nagahashi, F. Kimura, M. Yamaguchi, T. Abe, A. Hashiguchi, M. Sakamoto. Cell nuclei segmentation and classification in images of HE stained liver biopsy specimens. The 2014 International Conference on Biology and Biomedical Engineering, Venice, Italy, March 15-17, 2014.

## 【研究の概要と成果】

## GPU による AMR (Adaptive Mesh Refinement) 計算

有限要素法や有限体積法で用いられる四面体要素を用いた非構造格子は、任意の物体形状に対して効率的な計算格子を生成できるため、商用アプリケーション等で広く用いられている。しかし、ペタスケール以上の大規模計算に対しては、間接参照を伴うランダムなメモリ・アクセスが大きなオーバーヘッドになり、効率的な計算が期待できない。一方、均一な直交格子などの構造格子を用いた計算は効率的なメモリ・アクセスと高次精度の数値計算手法の適用が容易であり、大規模計算に向けた計算であるためゴードンベル賞のステンシル・アプリケーションは全て構造格子である。しかし、複雑形状の物体（境界条件）や界面を含んだ問題では、境界近傍や界面近傍にのみ高解像度格子を配置すればよいにも関わらず計算空間全域に同じ間隔の格子を配置するなど、メモリの利用効率が低くなることが多い。AMR (Adaptive Mesh Refinement) 法は任意の領域に任意の空間解像度の格子を生成できる非常に強力な計算手法であり、直交格子を用いて tree 型データ構造により再帰的に格子を細分化することができる。

これまで CPU による AMR 法は海外で 1990 年代から積極的に研究が行われてきたが、GPU ではメモリ管理とスレッド配置の困難さのため、殆ど計算例が示されていない。そこで、リーフの格子サイズを CPU の  $2 \times 2 \times 2$  より大きくし、 $8 \times 8 \times 8$  や  $16 \times 16 \times 16$  などとすることにより局所的な Coalesced メモリ・アクセスと GPU コアのスレッド占有率を上げることにより計算効率を上げ、デバイス上にメモリ・プールを保持することにより頻繁なメモリ確保と解放を行うことを避け、GPU による効率的な AMR 計算が可能であることを示した。リーフのトレースには、Hilbert 空間充填曲線を用いている。



## TSUBAME を用いた個別要素法による大規模粉体シミュレーション

砂粒などで構成される粉体は接触を通して近接相互作用を行うが、全体としては流体に近い振る舞いや固体に近い連続体的な振る舞いを示すことが多いが、亀裂などの不連続性

も示し多様性がある。多くの場合、個別要素法 DEM (Distinct Element Method) により計算されるが、最大の問題点は粒子数が膨大になり計算コストが大きくなるため、実際に近い粒子数で計算することができずに粗視化したモデルが使われていることで実現象とシミュレーションの隔たりが大きい。そこで、複数 GPU を用いたことにより、実現象に近い粒子サイズと粒子数で大規模個別要素法のシミュレーションを行う。

計算領域を小領域に空間分割し、分割された各小領域に GPU を割り当てて計算する。反発力と摩擦力としてバネとダッシュポットを仮定する一般的な DEM のモデルにより相互作用計算を行い、計算の安定性のために 2 段 2 次精度のルンゲクッタ法による時間積分を行う。粒子間相互作用の計算量を低減するために近傍粒子リストを保持するが、メモリを削減するために Linked-List 法を導入している。計算領域を静的に分割すると、時間とともに粒子分布の偏りが生じ、小領域内の粒子数が大きくばらついてしまう。そこで、各小領域の粒子数を一定にすることにより、各 GPU に対する計算負荷を均一に保つよう、スライス・グリッド法による動的な領域分割を行った。

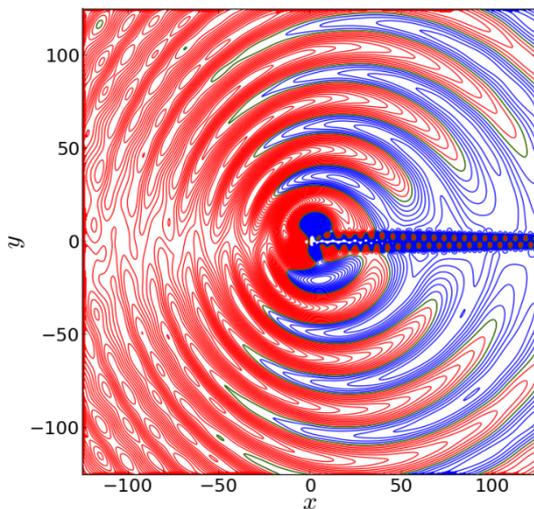
動的負荷分散を用いた大規模個別要素計算の適用例として、ゴルフのバンカーショットのシミュレーションを行った。サンドウェッジのスイングによる砂のかき上げとかき上げられた砂によるゴルフボールへの運動伝達を含む複雑な問題である。図は 64 個の GPU を用いた 1600 万個の粒子を用いたシミュレーションである。最大で 256 個の GPU を用い、1.3 億個の粒子数を用いたシミュレーションを行っている。



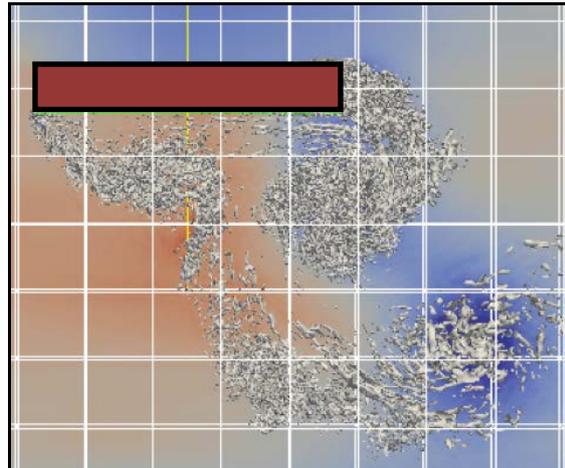
### 圧縮性流体計算による流体音の直接解析

自動車、鉄道、航空機などの高速輸送機から発生する空力騒音や、強風時の高層ビルやベランダ手摺子から発生する金切り音などは流体から発生される騒音が原因である。これまでの流体音の数値解析は、計算機リソースの制限から非圧縮性流れで計算した圧力場から音響アナロジーを利用する分離解法が主流であった。流れ場の圧力変動に対して、非常に微小な流体音の圧力変動を捉えるために圧縮性流体方程式に対して高次精度が必要であり、計算効率を高めるために圧縮性流体方程式に対して方向分離解法による特性線解法とセミ・ラグランジアン法を組み合わせた。広範囲にわたる計算領域に対して直交格子ベースの適合格子細分化法を適用することで、物体近傍や渦の発生する箇所に高解像度の格子を配置することが可能になり、効率的に大幅に計算資源を節約することができる。

検証として 2 次元圧縮性 Navier-Stokes 方程式の直接数値計算により、比較的高いマッハ数 ( $M=0.25$ ) で低レイノルズ数 ( $Re=150$ ) 流れの角柱物体周りの圧力分布 (左図) から、エオルス音の発生と伝播を確認することができた。さらに低マッハ数 ( $M=0.045$ )、高レイノルズ数 ( $Re=6260$ ) での音の発生を解明すべく、複数 GPU を用いた 3 次元圧縮性流体計算を進めている。



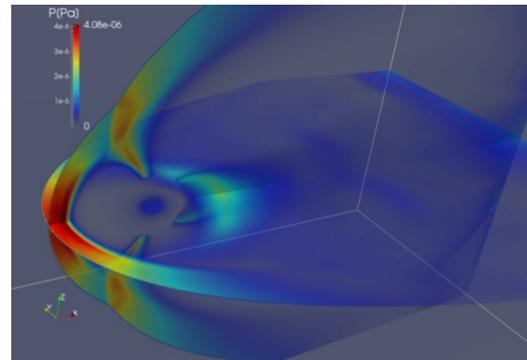
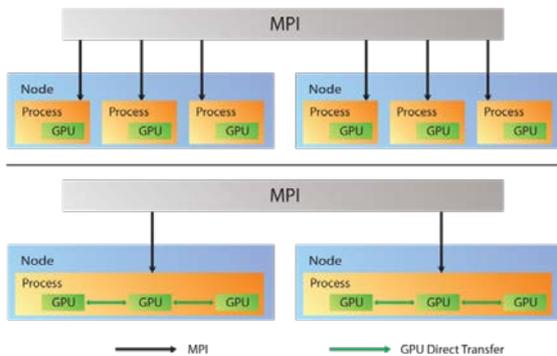
低レイノルズ数・高マッハ数流れの角柱からのエオルス音



高レイノルズ数・低マッハ数流れの乱流状態

### TSUBAME による大規模電磁流体シミュレーション

太陽風と惑星の相互作用を解析する目的で大規模電磁流体シミュレーションを進めている。Relaxing TVD と Modified Leapfrog の数値計算スキームを実装し、GPU スパコンで電磁流体シミュレーションのフレームワークの構築を行っている。GPU の間のデータ通信のオーバーヘッドを押えるために、ノード内の GPU Direct の機能を使いノード間は MPI ライブラリを使ったデータ通信を行う。太陽風と地球の相互作用のシミュレーションを図に示す。

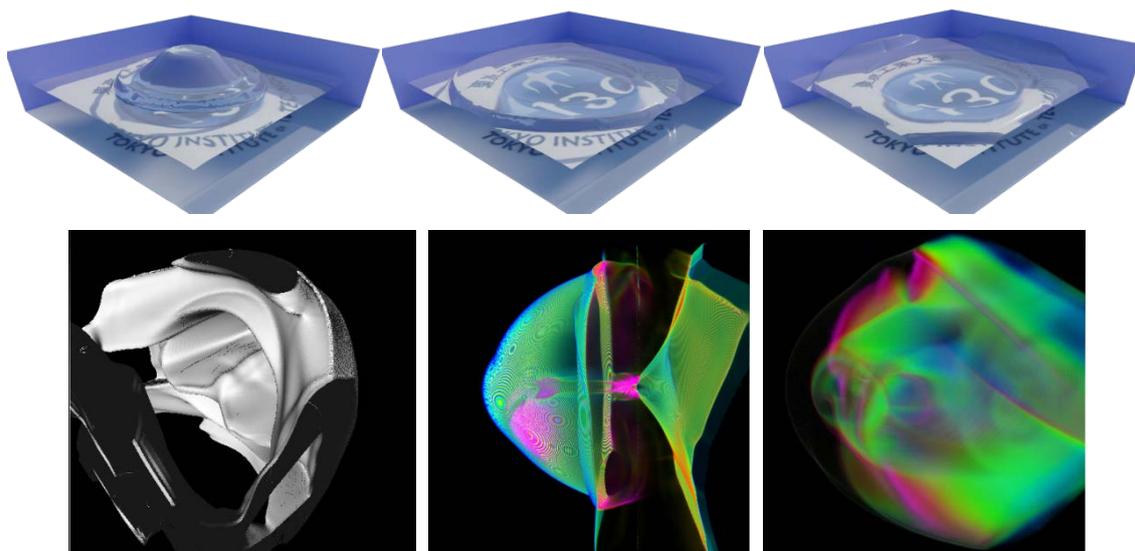


### リアルタイム・レイトレーシング可視化と大規模データのボリュームレンダリング

レイトレーシングは高品位なリアリスティックな可視化が行える反面計算量が多く、レンダリングに時間がかかりオフライン（オフスクリーン）レンダリングで使われている。リアルタイムのレイトレーシングを目指し、多相流シミュレーションデータの水の界面のメッシュから NVIDIA の GPU によるレイトレーシング・フレームワーク Iray を使い、512 × 384 画像のリアルタイム・レイトレーシングが可能であること示すことができた。

一方、大規模シミュレーションのデータ量は膨大であり、グラフィクス・サーバ等へのデータ移動は非常に大きなコストとなる。そこで、大規模並列計算により出力される並列

データにそのままアクセスし、**Marching Cube** 法による等値面生成およびレイキャスト法によるダイレクトボリュームレンダリングを分散可視化する。各ノードで得られた可視化画像を集め 1 つの画像にすることで全計算領域のシミュレーション結果の可視化を行った生成します。全計算領域のデータを集めるのではなく可視化画像を転送するため、データ通信量も少なく、可視化も使用した全ノードの GPU を使うことができ、太陽風と地球の相互作用のリアルタイム可視化が可能になった。



#### 【発表論文・学会発表等】

- [1] 岡元太郎,竹中博士,青木尊之:地震学における大規模・高性能 GPU 計算,日本地球惑星科学連合 2013 年大会,千葉県幕張市, 2013 年 5 月 20 日
- [2] 岡元太郎,竹中博士,原辰彦,中村武史,青木尊之: 3 次元グリーンテンソル波形によるインバージョンで推定した 2011 年東北地方太平洋沖地震の破壊過程,日本地球惑星科学連合 2013 年大会,千葉県幕張市,2013 年 5 月 23 日
- [3] 丹愛彦,青木尊之: CFD が描く流体潤滑の新しい世界,日本トライボロジー学会誌「トライボロジスト」, 2013 年 6 月 15 日 **【総説・書籍】**
- [4] 都築怜理,青木尊之,下川辺隆史,小野寺直幸: GPU スパコンにおける大規模粒子法計算の動的負荷分散,第 18 回計算工学講演会,東京,2013 年 6 月 19 日
- [5] 都築怜理,青木尊之,下川辺隆史,小野寺直幸: GPU による 1 億個の粒子を用いた大規模個別要素法シミュレーション,第 18 回計算工学講演会,東京,2013 年 6 月 20 日
- [6] 黄遠雄,青木尊之,黄漢青:Efficient CFD/MHD Simulation for Distributed Multi-GPU System using GPU Direct 2.0,日本計算工学会,東京大学生産技術研究所,2013 年 6 月 19 日
- [7] 藤山崇紘,青木尊之,小野寺直幸,下川辺隆史:最新マルチコアにおける圧縮性流体計算～GPU と MIC の比較～,日本計算工学会,東京大学生産技術研究所,2013 年 6 月 19 日

- [8] Takayuki Aoki: GPU Computing and HPC Applications on a GPU-rich Supercomputer, Annual Meeting of TWSIAM, Providence University (Taichung), Taiwan, Jun.2,2013 **【基調講演】**
- [9] Takayuki Aoki: A Turbulent Air Flow Simulation in Metropolitan Tokyo for 10km x 10km area with 1m resolution and Several Peta-scale Real-world Simulations on TSUBAME 2.0, Workshop: Big Data and CFD Simulation on TSUBAME 2.0, A\*STAR Computational Resource Centre (A\*CRC), Singapore, Jul.2,2013 **【招待講演】**
- [10] 小野寺直幸:TSUBAME2.0 の全ノードを用いた東京都心部 10km×10km の 1m 解像度による気流シミュレーション, GTC (GPU Technology Conference) Japan 2013, 東京, 2013 年 7 月 30 日 **【招待講演】**
- [11] Un-Hong Wong, Hon-Cheng Wong, Meng Zhu, Aoki Takayuki: Toward Real-time Ray Tracing for CFD Visualization via NVIDIA Iray, GTC (GPU Technology Conference) Japan 2013, 東京, 2013 年 7 月 30 日 **【査読付・ポスター】**
- [12] Un-Hong Wong, Takayuki Aoki, Hon-Cheng Wong: Efficient TVD MHD Simulations on a Distributed Multi-GPU System Using GPU Direct 2.0, The 11th International School / Symposium for Space Simulations, National Central University, Taiwan, R.O.C., Jul.23,2013 **【査読付・ポスター】**
- [13] 青木尊之: スパコン TSUBAME によるペタスケール格子系アプリケーション, GPU コンピューティングチュートリアル講演会, 首都大学東京南大沢キャンパス, 2013 年 8 月 6 日 **【基調講演】**
- [14] 小野寺直幸, 青木尊之: GPU を用いた固体粒子群を含む固気液三相流の大規模シミュレーション, 日本混相流学会・混相流シンポジウム 2013, 信州大学 長野キャンパス, 2013 年 8 月 7 日
- [15] Takayuki Aoki: Large-scale CFD Applications on GPU Supercomputer TSUBAME, 第二十届全国計算流体力学學術研討會 (CFD21), 中興大學惠蓀林場(台中, 台湾), 2013 年 8 月 22 日 **【基調講演】**
- [16] 都築怜理, 青木尊之, 下川辺隆史: GPU スパコンにおける 1 億個のスカラー粒子計算の強スケーリングと動的負荷分散, 情報処理学会論文誌コンピューティングシステム, Vol.9, No.3, P.82-93 **【査読付・論文誌】**
- [17] T. Takaki, T. Shimokawabe, M. Ohno, A. Yamanaka, T. Aoki: Unexpected selection of growing dendrites by very-large-scale phase-field simulation, Journal of Crystal Growth, 21-25, Volume 382 **【査読付論文誌】**
- [18] 小野寺直幸, 青木尊之: GPU を用いた固体粒子群を含む固気液三相流の大規模シミュレーション, 日本混相流学会混相流シンポジウム, 信州大学, 2013 年 8 月 9 日
- [19] 小野寺直幸: TSUBAME 2.0 の全ノードを用いた格子ボルツマン法による東京都心部 10km 四方の大規模 LES 気流シミュレーション, 第 5 回アクセラレーション技術発表討論会, 会津大学, 2013 年 9 月 5 日 **【招待講演】**

- [20] 小野寺直幸,青木尊之,下川辺隆史: GPU を用いた格子ボルツマン法による大規模流体・構造連成解析,日本流体力学会年会 2013,東京農工大学,2013年9月12日
- [21] S. Tsuzuki, T. Aoki and T. Shimokawabe: A Large-scale Particle Simulations based on Dynamic Load Balance on a GPU-rich Supercomputer, Third Conference on Particle-Based Methods PARTICLES 2013, Stuttgart, Germany, Sep.18,2013
- [22] 都築怜理,青木尊之,下川辺隆史:近接相互作用に基づく大規模粒子計算(個別要素法)における効率的な動的負荷分散手法の提案と GPU スパコンでの実装,日本応用数学会 2013年度年会,福岡, 2013年9月9日
- [23] 岡元太郎,竹中博士,原辰彦,中村武史,青木尊之: 3次元グリーンテンソル波形による 2011年東北地方太平洋沖地震の破壊過程(2),日本地震学会 2013年秋季大会,神奈川県横浜市, 2013年10月7日 **【ポスター】**
- [24] 都築怜理,青木尊之: GPU で演算加速された1億個の粒子による大規模粉体シミュレーション, 粉体工学会 2013年度秋期研究発表会,大阪, 2013年10月9日
- [25] 小野寺直幸: TSUBAME 2.0 の4,032台の GPU を用いた格子ボルツマン法による大規模 LES 気流シミュレーション,学術情報メディアセンターセミナー,京都,2013年10月22日 **【招待講演】**
- [26] 青木尊之: Space-filling Curve に基づいた AMR (Adaptive Mesh Refinement) 法による圧縮性流体計算のアルゴリズムと GPU 実装,学術情報メディアセンターセミナー, 京都,2013年10月22日 **【招待講演】**
- [27] Un-Hong Wong, Hon-Cheng Wong, Yonghui Ma: Global magnetohydrodynamic simulations on multiple GPUs, Computer Physics Communications 185 (2014), 144-152 **【査読付・論文誌】**
- [28] 岡本成史,山中晃徳,下川辺隆史,青木尊之: 多結晶粒成長の大規模マルチフェーズフィールドシミュレーション ~GPU スパコン SUBAME 2.0 への実装~,日本機械学会・第26回計算力学講演会,佐賀, 2013年11月2日
- [29] 小野寺直幸,青木尊之,下川辺隆史: GPU を用いた格子ボルツマン法による流体構造連成のラージエディ・シミュレーション,日本機械学会・第26回計算力学講演会,佐賀, 2013年11月2日
- [30] 黄遠雄,青木尊之,黄漢青: Large-scale 3D MHD simulation on GPU-rich supercomputer TSUBAME,日本機械学会・第26回計算力学講演会,佐賀,2013年11月2日
- [31] 下川辺隆史,青木尊之,小野寺直幸: 気象計算コードのための GPU コンピューティング・フレームワーク,日本機械学会・第26回計算力学講演会,佐賀,2013年11月2日
- [32] 都築怜理,青木尊之: GPU スパコンを用いた大規模 DEM シミュレーションによる粉体の攪拌解析,日本機械学会・第26回計算力学講演会,佐賀,2013年11月2日

- [33] 青木尊之: GPU スパコン TSUBAME によるペタスケール物理シミュレーション, 日本計算工学会・S&V (Simulation & Visualization) 研究会, 東京 (中央大学), 2013 年 11 月 26 日 **【招待講演】**
- [34] 青木尊之: 複数 GPU (Graphics Processing Unit) による大規模格子計算(FDTD)の高速化, 電子情報通信学会・マイクロウェーブワークショップ, パシフィコ横浜, 2013 年 11 月 28 日 **【招待講演】**
- [35] Takashi Shimokawabe: A High-productivity Framework for Multi-GPU Computing of Weather Prediction Code, The 4th AICS International Symposium, 理化学研究所 AICS (神戸), 2013 年 12 月 2 日 **【ポスター】**
- [36] Satori Tsuzuki, Takayuki Aoki: Dynamic load balance for a granular simulation using billion particles on GPU supercomputer, The 4th AICS International Symposium, 理化学研究所 AICS (神戸), 2013 年 12 月 2 日 **【ポスター】**
- [37] 小野寺直幸: TSUBAME の GPU を用いた格子ボルツマン法による流体構造連成のラージエディ・シミュレーション, 日本学術会議 第 3 回計算力学シンポジウム, 日本学術会議講堂, 2013 年 12 月 3 日 **【招待講演】**
- [38] 青木尊之: ものづくり系アプリの将来 - エクサスケール時代のスパコンを見通して -, 第 14 回 IPAB (並列生物情報処理イニシアティブ) シンポジウム, 東京, 2013 年 12 月 6 日 **【基調講演】**
- [39] S. Tsuzuki, T. Aoki: Large-scale Particle Simulations using Dynamic Load Balance on TSUBAME 2.0 Supercomputer, Proceedings of the 5th Asia Pacific Congress on Computational Mechanics and 4th International Symposium on Computational, Singapore, Dec.11,2013
- [40] Naoyuki Onodera, Takayuki Aoki, Takashi Shimokawabe, Tatsuji Miyashita, and Hiromichi Kobayashi: Large-Eddy Simulation of Fluid-Structure Interaction using Lattice Boltzmann Method on Multi-GPU Clusters, Proceedings of the 5th Asia Pacific Congress on Computational Mechanics and 4th International Symposium on Computational, Singapore, Dec.11,2013
- [41] Takashi Shimokawabe, Takayuki Aoki, and Naoyuki Onodera: A High-productivity Framework for Weather Prediction Code on Multi-GPU Computing, Proceedings of the 5th Asia Pacific Congress on Computational Mechanics and 4th International Symposium on Computational, Singapore, Dec.11,2013
- [42] Takashi Shimokawabe, Takayuki Aoki and Naoyuki Onodera: Scalability model for multi-GPU computation of stencil applications using regular structured meshes with explicit time integration, 第 189 回 ARC・第 132 回 HPC 合同研究発表会(HOKKE-19), 北海道大学, 2013 年 12 月 16 日

- [43] 小野寺直幸,青木尊之,下川辺隆史,宮下達治: TSUBAME の GPU を用いた格子ボルツマン法による 東京都心部の大規模気流シミュレーション,第 27 回数値流体力学シンポジウム,名古屋大学, 2013 年 12 月 19 日
- [44] 黄遠雄(東工大),青木尊之(東工大),黄漢青(MUST): Efficient large scale MHD simulations: 3D OT vortex and Solar Wind - Earth interaction using distributed multi-GPU system, 第 27 回数値流体力学シンポジウム,名古屋大学, 2013 年 12 月 19 日
- [45] 下川辺隆史,青木尊之,小野寺直幸: 複数 GPU による格子に基づいたシミュレーションのためのマルチ GPU コンピューティング・フレームワーク, HPCS2014,一橋大学, 2014 年 1 月 8 日 **【査読付】**
- [46] Takashi Shimokawabe, Takayuki Aoki and Naoyuki Onodera: A High-productivity Framework for Multi-GPU computation of Mesh-based applications, HiStencil, Vienna, Austria, Jan.21,2014 **【査読付】**
- [47] 青木尊之: GPU スパコン TSUBAME による大規模 CAE アプリと産業利用,第 24 回関東 CAE 懇話会,早稲田大学 (東京) , 2014 年 1 月 21 日 **【基調講演】**
- [48] Takayuki Aoki: Large-scale GPU Applications for Scientific Computing, SIAM Parallel Processing 2014, Portland, US, Feb.20,2014 **【基調講演】**
- [49] Takayuki Aoki: Peta-Scale Flow Simulations using GPUs, Advances in Computational Fluid-Structure Interaction and Flow Simulation, 東京(早稲田大学), 2014 年 3 月 20 日 **【招待講演】**
- [50] Un-Hong Wong, Takayuki Aoki, Hon-Cheng Wong: Un-Hong Wong, Takayuki Aoki, Hon-Cheng Wong, GTC 2014(GPU Technology Conference) Japan 2014, San Jose, US, Mar.24,2014 **【査読付・ポスター】**
- [51] Michel Müller: ASUCA on GPU: Uncompromising Hybrid Port for Physical Core of Japanese Weather Model, GTC 2014(GPU Technology Conference) Japan 2014, San Jose, US, Mar.27,2014 **【査読付】**
- [52] Takashi Shimokawabe: Weather Prediction Code Witten by a High-productivity Framework for Multi-GPU Computing, GTC 2014(GPU Technology Conference) Japan 2014, San Jose, US, Mar.27,2014 **【査読付】**
- [53] Takayuki Aoki: AMR-Based on Space-Filling Curve for Stencil Applications, GTC 2014(GPU Technology Conference) Japan 2014, San Jose, US, Mar.27,2014 **【査読付】**

## 【研究の概要と成果】

### 10億並列・エクサスケールスーパーコンピュータの耐故障性基盤

ムーアの法則に従い、スーパーコンピュータの性能は年々向上し、近年では、ペタ(10<sup>15</sup>)フロップス級の性能(1PFlop=1秒あたり1000兆回の演算性能)は珍しくない。しかし、計算ノードの増加や計算機器の複雑化に伴い、障害発生率も増加する。このため、科学技術計算など長時間の解析を行う大規模並列アプリケーションは実行を完了することができず、ポストペタ(数十ペタフロップス)スケールの計算は障害・回復時間が実計算の何十倍ともなり実質的に不可能とされている。これを解決するために、様々な耐障害技術が提案されているが、エクサスケールシステムへの適用は難しい。そこで、我々は、TSUBAME2.0/2.5を利用し、その後継として予定されているTSUBAME3.0に向けた、10億並列・エクサスケールコンピュータの耐障害性基盤の実現を目指している。

本年度は、前年度に提案した非同期チェックポイントに拡張を加え、耐障害システム全体のオーバーヘッドを削減するため、(1)科学技術アプリケーション・データを対象としたチェックポイントデータの圧縮と(2)バースト・バッファを用いたチェックポイント戦略(coordinated/uncoordinated)についての研究を行った。

#### (1) 科学技術アプリケーション・データを対象としたチェックポイントデータの圧縮

チェックポイントデータの圧縮では、科学技術アプリケーションでよく見られるチェックポイントデータの特徴を活かして、JPEG-2000で使用されているウェーブレット変換の多重解像度解析を適用し、その後、量子化・符号化を行う非可逆圧縮手法を提案した。ウェーブレット変換は周波数解析に用いられる技術であるが、その特徴である多重解像度解析を利用することで、復元時の誤差を最小限に抑えながら、高い圧縮率を実現できると期待される。ウェーブレット変換を科学技術アプリケーションの物理量を表す配列データに適用すると、対象のデータは低周波成分と高周波成分に分かれることになるのだが、高周波成分の値は比較的小さい値になる。特に、いくつかの科学技術アプリケーションにおけるシミュレーションデータでは、隣接した物理量の値の差が小さい傾向があるため、この高周波成分の値を量子化(非可逆性を伴うデータの置き換え)し、符号化(より短いバイト列への置き換え)した場合でも、誤差を最小限に抑えながら、高い圧縮率を実現できると期待される。実際に、我々が提案した圧縮手法を気象アプリケーションNICAMコード中の温度を表す配列データに適用した結果、わずか0.11%の誤差でチェックポイントサイズを13.07%に削減した。

#### (2) バースト・バッファを用いたチェックポイント戦略

バースト・バッファを用いたチェックポイント戦略については、米国ローレンス・リバモア国立研究所(LLNL)のBronis R de. Supinski氏と共同で、将来の高信頼スパコンの実現に向けて、バースト・バッファを備えた、階層型ストレージの信頼性やCoordinated, Uncoordinatedチェックポイントなどの既存手法の適用性をTSUBAME及びLLNLの複数のスパコンを対象とした検証実験を行った。これは、前年度で提案した階層型チェックポイントの複合的数値モデルをベースとしており、これと制限付き自由文脈文法を用いたストレージ・モデルと組み合わせることで、より多くのアーキテクチャに対応可能なモデルへと拡張した。このモデルを用いた検証では、バースト・バッファとUncoordinatedチェックポイントを併用することにより、従来型のストレージ・アーキテクチャ及びチェックポイン

ト手法に比べ、数十倍の効率化が実現できることを定量的に立証した。

### **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**

将来 Zeta( $10^{21}$ )Byte/日 (あるいは Yotta( $10^{24}$ )Byte/年) という、今の Google/Amazon の個々の IDC に代表される 10 万ノード級のクラウドのデータ処理能力の、最大で 10 万倍に至る処理能力を達成するための EBD(Extreme Big Data) システム基礎技術の確立を達成することを目標とし、そのためにスパコン技術、特にメニーコア超並列処理と広帯域低遅延ネットワーク技術・不揮発性メモリ技術・及び高性能データベース技術を融合し、単なる「ビッグデータ」から「EBD」への相転移的な技術革新をはかる。本年度は、1) 将来のゼータバイト～ヨッタバイト規模の EBD アプリケーションを支えるハードウェアアーキテクチャの設計と定量化を行う環境の整備、2) EBD アプリケーションを最大限支援するためのシステム・ソフトウェアの研究開発、3) バッチジョブスケジューラとデータと計算の co-location による全体最適化、などの要素技術の研究開発を推進した。

1) 将来のゼータバイト～ヨッタバイト規模の EBD アプリケーションを支えるハードウェアアーキテクチャの設計と定量化を行う環境の整備を行った。具体的には、EBD アプリケーションが動作するプラットフォーム上でのローカルストレージの最適な構成方法を明らかにするために、不揮発性メモリデバイスとして、省電力・少スペースな mini SATA SSD を複数組み合わせることで、従来の SSD や PCI-E 接続型のフラッシュメモリに比べ、大容量かつ高バンド幅、高 IOPS を実現する EBD IO 手法を提案し、実際に EBD IO プロトタイプマシンを構築した。16 枚の mSATA SSD を用いたプロトタイプマシン上で予備実験を行った結果、シーケンシャル I/O 性能において、Read バンド幅 7.69GB/s, Write バンド幅 3.75GB/s となることを確認した。また、GPU などのメニーコアアクセラレータから EBD IO プロトタイプへ I/O を行う手法を比較検討し、GPU アクセラレータのデバイスメモリ容量(3GB)を超える問題サイズ(35GB)の行列積ベンチマークアプリケーションを用いて予備実験を行った結果、mSATA SSD デバイス間で RAID0 を組み、ストライプサイズを 1MB と設定することにより、GPU アクセラレータへ 3.06GB/s のスループットで PCI-E バンド幅の上限の性能で処理できることを確認した。また、Pinned メモリの使用により 1.21～2.28 倍の性能向上が見られ、GPU への転送粒度は 35～70MB 程度で最も性能が高いという結果を得た。EBD IO 手法については、この他にも現在、Lustre や GPFS などの並列ファイルシステムへの I/O アクセラレーションのためのバースト・バッファーとしての利用や、ソートやグラフ処理などの EBD アプリケーションを支える基本アルゴリズムへの適用などを進めている。

2) EBD アプリケーションを最大限支援するためのシステム・ソフトウェアの研究開発に関しては、EBD アプリケーションを支える基本アルゴリズムの整備に着手し、EBD アーキテクチャ上での実行を考慮したソートやグラフ処理の検討や開発を進めた。ソートに関しては、まず、NVIDIA GPU や Intel MIC の上で可変長のキーの長さに対応した MSD Radix Sort や 3-way MSD Radix Quicksort (multi-way quick sort) の開発を進め、データ並列やタスク並列手法の効果や、スケーラビリティの検証を進めた。また、並列ソートに関しては、EBD アーキテクチャ上で最適な並列ソートの調査を進めるため、Sample Sort, HyperQuickSort, PSort, Histogram Sort, HykSort という 5 つの並列ソートアルゴリズム

について、理論的考察や、TSUBAME2を用いた定量的な評価を行った。その結果、ローカルソートやマージ処理などのボトルネック部分を確認した。さらに、我々は、HykSortのボトルネックであるローカルソートを、GPUアクセラレータを用いることで高速化し、並列度が64のときに70%の性能向上を達成した。グラフ処理に関しては、スーパーコンピュータ上の大規模データ処理のベンチマークであるGraph500に対し、我々が開発した不揮発性メモリを考慮した幅優先探索などのグラフ処理の実装をEBD IOプロトタイプなどのEBDアーキテクチャを想定したマシンに適用し、計算機のDRAMメモリの容量を超える規模のデータセットに対しても、20%程度の性能低下で抑えられることを確認した。また、消費電力効率に関しても、EBDアーキテクチャのプロトタイプを用いることにより、省エネルギーな大規模データ処理のベンチマークであるGreen Graph500のビッグデータカテゴリで第4位を達成した。

この他にも、3) バッチジョブスケジューラとデータと計算のco-locationによる全体最適化に向けた第一歩として、UPVで開発されているGPUアクセラレータ向けの仮想化技術であるrCUDAの挙動解析を進め、GPUインテンシブなアプリケーションとCPUインテンシブなアプリケーションが混在した環境での性能評価を進めた。また、GPU間マイグレーションによる効率的な複数アプリケーションの並列実行をサポートするツールとしてMobile CUDAの開発も推進した。

### **国際共同研究事業 多国間国際研究協力事業 (G8 Research Councils Initiative)**

本研究では、全体の中で各計算ノードにおける気候コードのエクサスケールに向けた新世代のアーキテクチャの最適化に関する手法の調査や研究開発を行った。エクサスケールのシステムにおいては、各ノードは高い確率で所謂ハイブリッド型—弱スケーリングのための高密度なメニーコア・マルチスレッドSIMD実行の部分と、強スケーリングの為の逐次型の低レーテンシマルチコアの組み合わせ—によって構成される。前者は今後数百から数千に上り、一方後者は数十である。これらに関し、気候アプリケーションにおけるコアの使い分け、特に性能向上と全体のスケーリングに必須な局所性の確保とレーテンシの隠蔽が必須であり、それらをプログラミングにおいて気候の研究者が扱い易い枠組みの構築を目指した。

特に、気候シミュレーションの数値カーネルのメインの部分であり、最も計算負荷が高い移流計算を差分離散化した時に現れるステンシル計算に関し、メニーコアプロセッサであるGPU上とCPU上のプログラミングと詳細な性能比較を行い、特にGPUにおいてはそのネイティブなプログラミング環境であるCUDA言語と、新たなメニーコア用に標準化と研究開発が進んでいるプログラミング言語であり、宣言的な並列性やデータ移動の記述により記述を容易にするOpenACC言語を比較し、定量的な性能モデルを構築すると共に、OpenACCのオーバーヘッドや利害得失を同定し、今後のOpenACCの気候コードへの適用に対する世界初の指針を示した。

また、単一プロセッサチップの性能向上と共に今後はメモリ階層が深くなり、気候アプリケーションに必要なメモリ量を階層の高速な部分だけで賄う事が困難になるが、その問題に対して通信量を減らして性能上の効率を維持する通信・同期削減アルゴリズム(CSAR-Communication and Synchronization Avoiding Algorithm)の最適アルゴリズムをス

テンシル計算に対して提案し、GPUの数ギガバイトの少ない高速メモリを実質的にCPU側の数十ギガバイトに延長しながら、GPUの高い性能を維持できる事を示した。

更に、気候アプリケーションは大規模なスパコン上で複数のコンポーネントがMPIで結合された単一アプリケーションとして長時間実行されるが、そのような場合は耐故障性を確保するために頻繁にチェックポイントが取られる；昨今の大規模化に伴い、そのチェックポイントの大きさが巨大化し、I/O性能の限界により実行性能に影響を与えている。そこで、それらを解決するチェックポイントの階層化・圧縮化を提案し、長時間実行時の高信頼と大幅な実行性能の向上を同時に達成した。

これらの研究成果は、主に我が国の代表的な気候コードであるNICAMに対して、G8のもう一つのプロジェクトで理研・計算科学研究機構(AICS)が主導するICOMEXとの研究協力の元に行われ、実際のプログラムは我が国で二番目に高速なスーパーコンピュータTSUBAME2上で試験実行・検証され、その結果は多くの注目を集め、我が国では単精度演算速度では17.1ペタフロップスと京コンピュータを抜いて一位となったTSUBAME2.5の設計に活かされた。また、多くの国際会合や、インターン・ポスドクなどを中心とした人材交流を行い、その成果として複数名の人材が博士号を取得し、米国DoEのトップ研究所や本学のポスドクなどで若手研究者として活躍している。

NICAMに関してAICS/ICOMEXとの協力関係により、気候コードの記述性を高めつつ、性能を維持することに達成した。特に、GPUのネイティブな記述系であるCUDA Fortranだけでなく、宣言的なディレクティブ記述系のメニーコアの並列プログラム技術の標準であるOpenACCを用いたNICAMの記述を試み、CUDA Fortranにおける性能との比較や、有効なディレクティブの記述系を探り、ストロングスケーリングの阻害要因の同定に成功した。また、GPU化コードのTSUBAME2.0の大規模ノードを用いたスケーラビリティも、プロファイリング性能調査をG8の他のグループと協力して行った。また、大規模かつ長時間実行を行う気候プログラムの耐故障性に関して、新たな耐故障性アルゴリズムに関し、故障予測を用いた手法を検討し、またチェックポイント時におけるオーバーヘッドの低減をはかるアルゴリズムを開発した。

具体的にはICOMEXの協力を得た最新の気候シミュレーションプログラムであるNICAMのTSUBAMEへのCUDA Fortranへの移植を詳細に検討し、他ノード時の強スケーリングの調査を行い、メニーコアGPU実装がその点に関してもCPUと比べて優れていることを示した。次に、その結果を参考にしつつ、主にその際に同定されたカーネルに関し、ベースのNICAMコードに関するOpenACC化へのアノテーション記述を行った。性能評価の結果、CUDAと比較すると、スケーラビリティに関しては同程度であるものの、リミット周辺ではCUDAと比べると悪いことが判明した。その原因を詳細に調査すると、図1にあるように、CUDAと比較すると、計算時間はほぼ一緒であるものの、CPU-GPU間のメモリコピーのオーバーヘッドがCUDAと比較して大きくなっていることが判明した。

この解決のために、コンパイラベンダーのPGI社や、本研究室の他のOpenACC関係のプロジェクトにおける成果と照らし合わせたところ、ディレクティブの挿入方法の改善により、コピーオーバーヘッドの大幅な削減が達成され、図2のように、CUDA版とそん色の無い強スケーリングの性能が得られることがわかった。このプログラミングスタイルは、他の類似のアプリケーションでも活用できる汎用のものである。

このように、本研究成果は気候アプリケーションの今後に対し、多くの基礎的なHPCと

しての計算機科学的な成果をもたらし、今後もっとも重要な社会的問題の解決の基盤技術として活用されていく事が期待される。のみならず、類似の種類アプリケーションである気象シミュレーションや、他の多くの科学技術シミュレーションにも貢献する基礎技術として、社会貢献をなしとげていくであろう。

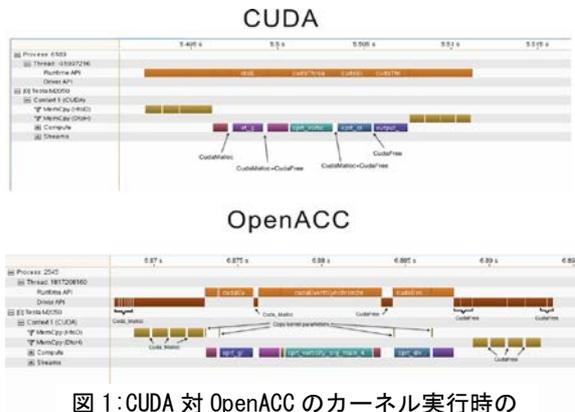


図 1: CUDA 対 OpenACC のカーネル実行時のタイムライン

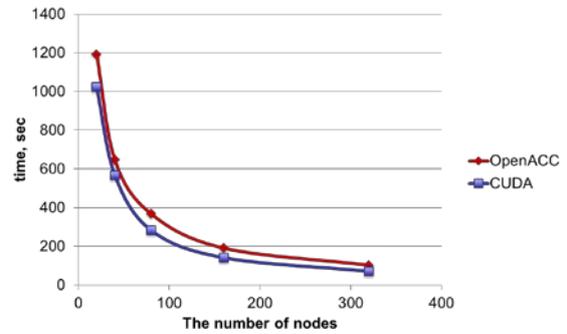


図 2: 最適化後の OpenACC-NICAM の強スケーリング

## JST-ANR FP3C プログラム 「ポストペタスケールコンピューティングのための フレームワークとプログラミング」

### 東工大分担：ポストペタスケールコンピューティングのためのアクセラレータ技術

システムのサイズおよびその上の問題サイズが性能向上と共に単純に増加（つまり、弱スケールリング、weak scaling）すると、多くの場合複雑なアプリケーションの実行時間が非現実的になってしまうため、その点強スケールリングを達成することは大変重要である。我々は GPU によるマルチ・ペタフロップスの性能を実アプリで達成するために、特に数千 GPU における強スケールリングのための性能モデルと、それに基づいた自動チューニング、さらには有効な GPU 上の耐故障性を本研究で実現する。平成25年度には、ボルドー大学の実行時システムである StarPU 上で、GPU と CPU を両方同時に活用する形での FMM (Fast Multipole Method) のスケジューリングの実現とモデル化、性能評価や、Physis DSL フレームワーク上での通信削減アルゴリズムのアクセラレータチューニングのモデル化や自動チューニングを実現した。各項目とも、開発・評価環境としては約 4000GPU を備えた東工大 TSUBAME2.0/2.5(ピーク性能6.7スパコンを中心に用い、必要に応じ当研究室に備える世代・性能の異なる GPU 環境等を用いた。以下、詳細を述べる：

#### (1) 階層的アプリケーションに対する動的タスクスケジューリングエンジンの適用

エクサスケールのアプリケーションにおいては、システムを構成するノード数が飛躍的に増大するため、全対全通信を削減できる階層的アルゴリズムの重要性が高まると考えられる。しかし、一般に階層的アプリケーションは、入力データによってプロセッサ間の負荷の不均衡が生じ、計算資源の浪費に繋がる問題点が知られている。これは、複数プロセッサにまたがる分散実行、および単一計算ノード内において GPU を利用する際に問題となる。個別の入力データに応じてヒューリスティックな調整を行うことは可能であるが、一般的な実装においてはそのような実装コスト・手間をかけるのは現実的ではない。負荷の不均衡を自動的に改善するための手法は複数考えられるが、本研究では動的タスクスケジューリングの手法を検討した。

階層的アプリケーションの事例として Fast Multipole Method の実装である KIFMM を用い、動的タスクスケジューリング機構として StarPU を適用した。この実装が、単一ノード内において負荷の不均衡が生じやすい入力データにおいてどのように性能改善を行うことができるか調査した結果、最適な計算割り当てに対する性能比は、複数の既存手法のうち最善性能に対して約 120%~40%の性能であった。性質の違う複数の入力データに対して自動的に負荷分散を行う目的はある程度達成されたものの、想定できる最適性能には大きく劣る結果となり、また実験のうち少数のケースでは既存手法より大きく劣る結果となった。

次に、この結果のさらなる調査を行い、性能を阻害する要因を調査した。大きな要因となっているのは、現状の提案実装では動的スケジューリングに用いるタスクの粒度と負荷分散がトレードオフの関係になっているという点である。GPU は、CPU と違いスループット試行のプロセッサであり、StarPU による実行ではタスクサイズを大きくしないと性能が劣化する特性がある。タスク粒度による GPU の性能劣化は、Kepler 世代から導入された Hyper-Q を用いることによって回避可能であることがわかった。現状の StarPU では対応できないが、フランスとの共同プロジェクト FP3C の枠組み中で開発者へのフィードバックを行い、対応される予定である。

動的タスクスケジューリングをノード間の分散実行へ拡張するための予備研究も行っている。これを実現するためには、木構造ベースで実装される階層的アプリケーションの性能を、複数種のプロセッサに渡って表現できる性能モデリング手法が必要である。オークリッジ国立研究所との共同研究において、同研究所で開発されている性能モデル記述言語 Aspen を用いて FMM の性能モデリングを開始し、評価中である

## (2) 階層的アプリケーションに対する動的タスクスケジューリングエンジンの適用

ステンシル計算は流体や熱シミュレーションなどに頻出する科学技術計算において重要なカーネルの一つで、近傍の値を用いて時間発展していく計算であり、この計算式は全てのセルに対して同一の式で書くことができる。ステンシル計算の多くはメモリバンド幅律速であるため、高いメモリバンド幅を持つ GPU を用いることで高速化できることは現在では広く知られているが、大規模なシミュレーションを行う際に、シミュレーション範囲を拡大や高精度な計算を行うためには格子点数を増加させる必要があり、それに伴い必要なメモリ容量も増加していく。そのため、大規模なステンシル計算を行うためにはメモリバンド幅の値だけでなく、メモリ容量も必要となってくる。

しかし、GPU のメモリ容量は現在 3GB~12GB 程度しかなく、一般的に CPU よりもメモリ容量が小さい。例えば、東京工業大学のスーパーコンピュータ Tsubame2.5 では 1 ノードあたりに CPU メモリは 54GB あるのに対して、GPU は NVIDIA Tesla K20X の 6GB が 3 基で合計 18GB しかない。GPU メモリサイズを超える問題を扱うためには、対象となる問題を 1GPU に収まる程度まで分割し、大量の GPU を用いることが一般的ではあるが、全体の問題サイズが GPU メモリ容量依存となってしまう、マシン全体のメモリを使い切れぬ。これに対し、GPU メモリ容量を超える問題を GPU で解く方法として、GPU メモリサイズ以下のサブドメインに分割をし、各サブドメインを順番に GPU で計算を行う方法もあるが、この手法では PCI-Express 通信が頻繁に発生してしまい、実行性能が PCI-Express ネットワークバンド幅律速となってしまう。

この問題に対して PCI-Express 通信を対象とするテンポラルブロッキングと呼ばれる、通信・同期削減型アルゴリズム (CSRA) の手法を用いることで、GPU メモリ容量以上の問題に対して性能劣化なしに 1GPU で解くことができることを示した Jin らを中心とした我々の研究がある。しかし、この手法を適用するにはプログラミングコストが高いという問題があった。そこで、本研究ではこの PCI-Express 通信を対象とするテンポラルブロッキングの自動最適化を提案し、そのモデル化と一部実装による実証を行った。本研究では、本プロジェクトから発した自動化を実現するためにステンシル DSL である Physis フレームワークを用いて、トランスレータによる変換先の 1 つとしてテンポラルブロッキングの自動最適化のプロトタイプを実現し、比較的単純な手動によるテンポラルブロッキングのコード性能と同等の性能を示した。また、このテンポラルブロッキングにはサブドメイン数とブロッキング段数という二つのパラメータによって性能が変化すが、本研究ではパラメータ変化による性能変化を事前に予測するための性能モデルも構築した。

## OpenACC による実アプリケーションのメニーコア環境への移植技術に関する研究

高レベルなプログラミングモデルのひとつとして、メニーコア並列プログラム技術の標準である OpenACC が近年提案・研究開発されている。東工大 GSIC は我が国唯一の OpenACC

標準化委員会の一員として活躍するとともに、その有効性や将来に向けた諸機能の研究を行っている。我々の研究で得られた研究成果は常時 OpenACC の標準化委員会にフィードバックしており、それらは OpenACC の次期仕様の策定に取り込まれている。

エクサスケールのシステムにおいては、各ノードは高い確率で電力効率の高いメモリアのアクセラレータを導入したシステムになるとされる。しかし、アクセラレータを用いる際には低レベルなプログラミングモデルを用いるのが主流であり、現状においてアクセラレータの利用は多くの研究者にとって簡単ではなく、高性能でかつ簡便にアクセラレータを利用できる枠組みが必要とされており、その要請に応じて、既存のプログラムに対しディレクティブを挿入することのみでアクセラレータ対応・並列化が行える OpenACC が着目されている。

本年度の研究では、複数の OpenACC の言語処理系をとりあげ、現在主流である CUDA と性能・生産性の観点から比較評価を行った。比較評価を行うために、JAXA により研究・開発されている流体アプリケーションである UPACS を OpenACC・CUDA 双方を用いて移植・最適化を試みた。特に、CUDA において有効である最適化が OpenACC において適用可能/有効であるか、可能でない場合どの程度の性能ギャップが発生するのか、有効な最適化が何であるか調査を行い、OpenACC における課題を抽出した。また、明らかになった課題を解決するために、OpenACC の記述性を保ちつつ性能ギャップを埋めるための自動チューニング機構を現在開発中である。

## アプリケーション分野からみた将来の HPCI システムのあり方の調査研究

アプリケーションをもとにした将来の HPCI システムの評価法を確立するために、アプリケーション性能モデルの変数となりうる計測項目のリストを作成し、TSUBAME2.5 および京コンピュータにおいて Scalasca, Vampir を中心とする性能評価ツール群を用いたアプリケーションの性能計測手法を文書化した。また、アプリケーション開発者を対象とした性能評価ワークショップを開催することにより、構築した性能計測手法を用いて 10 を超えるアプリケーションについて各種性能指標を機械的に計測することができることを確認し、理化学研究所計算科学研究機構が中心としてまとめた「計算科学ロードマップ」に記載されたエクサスケールコンピュータに対するアプリケーションの要求性能の見積りへの精緻化に貢献した。また、アプリケーションのベンチマーク結果を格納する性能評価レポジトリの構築を行った。これらの研究の過程では、オークリッジ国立研究所、ユーリッヒスーパーコンピューティングセンターなどとの協力関係を構築し、将来的にはアプリケーションベンチマーク、性能モデルの記述、検証、可視化のための共通フレームワークを構築することを目指している。

## 学術クラウド環境の運用環境整備

基盤全国基盤センター等で構成される HPCI/JHPCN(学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点事業)に関し、東工大は積極的に主要資源提供機関および運用機関としてサービスを提供した。特に全国共同の HPCI の先行研究基盤として学術クラウド環境(サイエンスクラウド)を提供する先端ソフトウェア運用基盤(HPCI-AE)においては、HPCI 全体の運用計画として東工大が全国のリーダーになる事が決定されている。それを受け我々が昨年度ま

で行った仕様策定や開発のソフトウェア成果物に基づき、今年度はHPCIの各種委員会において正式な資源に登録されるべく活動を行った。その結果、平成26年度利用公募分よりHPCI/JHPCNの正式な利用資源として運用開始が決定なされた。

#### 【発表論文・学会発表等】

- [1] Kento Sato, Kathryn Mohror, Adam Moody, Todd Gamblin, Bronis R. de. Supinski, Naoya Maruyama and Satoshi Matsuoka, "A User-level InfiniBand-based File System and Checkpoint Strategy for Burst Buffers", 2014 14th IEEE/ACM International Symposium on Cluster, Cloud, and Grid Computing (CCGrid), May 2014. (to appear)
- [2] Keita Iwabuchi, Hitoshi Sato, Ryo Mizote, Yuichiro Yasui, Katsuki Fujisawa and Satoshi Matsuoka, "Hybrid BFS Approach Using Semi-External Memory" IPDPS-HPDIC2014 3rd High Performance Data Intensive Computing Workshop, Phoenix, Arizona, USA, May 23, 2014. (to appear)
- [3] Kento Sato, Adam Moody, Kathryn Mohror, Todd Gamblin, Bronis R. de Supinski, Naoya Maruyama and Satoshi Matsuoka, "FMI: Fault Tolerant Messaging Interface for Fast and Transparent Recovery", In Proceedings of the International Conference on Parallel and Distributed Processing Symposium 2014 (IPDPS2014), Phoenix, USA, May, 2014. (to appear)
- [4] K. Fujisawa, T. Endo, Y. Yasui, H. Sato, N. Matsuzawa, S. Matsuoka and H. Waki, "Peta-scale General Solver for Semidefinite Programming Problems with over Two Million Constraints", In Proceedings of the International Conference on Parallel and Distributed Processing Symposium 2014 (IPDPS2014), Phoenix, USA, May, 2014. (to appear)
- [5] Miquel Pericàs, Abdelhalim Amer, Kenjiro Taura and Satoshi Matsuoka, "Analysis of Data Reuse in Task-Parallel Runtimes", 4th International Workshop on Performance Modeling, Benchmarking and Simulation of High Performance Computer Systems (PMBS13), Denver, November 2013,  
[http://www.dcs.warwick.ac.uk/~sdh/pmbs13/PMBS13/Workshop\\_Schedule.html](http://www.dcs.warwick.ac.uk/~sdh/pmbs13/PMBS13/Workshop_Schedule.html)
- [6] Satoshi Matsuoka, "The TSUBAME2.5 Evolution"  
TSUBAME E-Science Journal Vol.10, pp.2-8, Nov., 2013,  
[http://www.gsic.titech.ac.jp/sites/default/files/TSUBAME\\_ESJ\\_10en\\_0.pdf](http://www.gsic.titech.ac.jp/sites/default/files/TSUBAME_ESJ_10en_0.pdf)
- [7] Marco Pellegrini, Leonardo Bautista-Gomez, Naoya Maruyama, Masanori Naitoh, Satoshi Matsuoka, Franck Cappello, "SAMPSON Parallel Computation for Sensitivity Analysis of TEPCO's Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident", Joint International Conference on Supercomputing in Nuclear Applications and Monte Carlo 2013 (SNA-MC'13), Oct 2013, Paris, France
- [8] Satoshi Matsuoka, William Kramer, Daisuke Takahaoshi, "The HPC Decathlon Assessment Measure A Proposal to Define a New Composite Benchmark for High Performance Computing, Storage, Networking and Analysis ?", Proceedings of Modeling and Simulation of Exascale Systems and Applications, Seattle, WA, Sep. 2013, pp.1-2.  
<https://sites.google.com/site/modsimws2013/home/workshop-papers>
- [9] Guanghao Jin, Toshio Endo, Satoshi Matsuoka. A Parallel Optimization Method for Stencil

- Computation on the Domain that is Bigger than Memory Capacity of GPUs . In Proceedings of IEEE Cluster 2013, Indianapolis, September 2013.
- [10] Abdelhalim Amer, Naoya Maruyama, Miquel Pericàs, Kenjiro Taura, Rio Yokota, Satoshi Matsuoka: "Fork-Join and Data-Driven Execution Models on Multi-core Architectures: Case Study of the FMM", ISC'13, Supercomputing, Springer Berlin Heidelberg, 2013, Volume 7905, Series: Lecture Notes in Computer Science, Pages: 255-266, Doi: 10.1007/978-3-642-38750-0\_19
- [11] Takafumi Saito, Kento Sato, Hitoshi Sato and Satoshi Matsuoka, "Energy-aware I/O Optimization for Checkpoint and Restart on a NAND Flash Memory System", In the Workshop on Fault-Tolerance for HPC at Extreme Scale 2013 (FTXS2013) in conjunction with the International Symposium on High Performance Parallel and Distributed Computing (HPDC13), New York, USA, June, 2013.
- [12] Guanghao Jin, Toshio Endo, Satoshi Matsuoka. A Multi-level Optimization Method for Stencil Computation on the Domain that is Bigger than Memory Capacity of GPU. In Proceedings of The Third International Workshop on Accelerators and Hybrid Exascale Systems (AsHES), in conjunction with IEEE IPDPS 2013, Boston, May 2013.
- [13] Mohamed Slim Bouguerra, Ana Gainaru, Leonardo Bautista-Gomez, Franck Cappello, Naoya Maruyama, Satoshi Matsuoka, "Improving the computing efficiency of HPC systems using a combination of proactive and preventive checkpointing", IEEE International Parallel & Distributed Processing Symposium 2013 (IPDPS'13), May 2013, Boston, MA, USA.
- [14] Tetsuya Hoshino, Naoya Maruyama, Satoshi Matsuoka, Ryoji Takaki, "CUDA vs OpenACC: Performance Case Studies with Kernel Benchmarks and a Memory-Bound CFD Application", pp.136-143, 2013 13th IEEE/ACM International Symposium on Cluster, Cloud, and Grid Computing (CCGrid), May 2013
- [15] Koichi Shirahata, Hitoshi Sato, Toyotaro Suzumura and Satoshi Matsuoka, "A Scalable Implementation of a MapReduce-based Graph Processing Algorithm for Large-scale Heterogeneous Supercomputers", 13th IEEE/ACM International Symposium on Cluster, Cloud and Grid Computing (CCGrid), Delft, Netherlands, May 2013
- [16] 星野 哲也, 丸山 直也, 松岡 聡, "CPU-GPU それぞれに最適なデータレイアウトを選択可能にする OpenACC ディレクティブ拡張", 第 143 回ハイパフォーマンスコンピューティング研究発表会, Mar 2014
- [17] 岩渕 圭太, 佐藤 仁, 溝手 竜, 安井 雄一郎, 藤澤 克樹, 松岡 聡, 不揮発性メモリを考慮した Hybrid-BFS アルゴリズムの省メモリ化, 第 143 回ハイパフォーマンスコンピューティング研究発表会, Mar 2014
- [18] 三浦 信一, 滝澤 真一郎, 松岡 聡, 棟朝 雅晴, 實本 英之, 小林 泰三, "HPCI 先端ソフトウェア運用基盤の構築と運用", 第 143 回ハイパフォーマンスコンピューティング研究発表会, Vol.2014-HPC-143(30), Mar 2014
- [19] 河村 知輝, 丸山 直也, 松岡 聡, 自動テンポラルブロッキングによる大規模ステンシル計算の実現, 第 143 回ハイパフォーマンスコンピューティング研究発表会, Mar 2014
- [20] Jin Guanghao, Endo Toshio, Matsuoka Satoshi, "Multi-level Temporal Blocking for Stencil Computation for Memory Hierarchy on TSUBAME2.5", 第 143 回ハイパフォーマンスコン

ピューティング研究発表会,Mar 2014

- [21] 遠藤 敏夫, 額田 彰, 松岡 聡. “ウルトラグリーンスパコン TSUBAME2.5/TSUBAME-KFC”, 大学 ICT 推進協議会 2013 年度年次大会講演論文集, T5G-4, 2013 年 12 月
- [22] 遠藤 敏夫, 額田 彰, 松岡 聡. ” TSUBAME-KFC: 液浸冷却を用いたウルトラグリーンスパコン研究設備”, ハイパフォーマンスコンピューティングとアーキテクチャの評価
- [23] 価に 関する北海道ワークショップ (HOKKE), 情報処理学会研究報告, 2012-ARC-199/HPC-142, 2013 年 12 月
- [24] 佐藤仁, 松岡聡 “Extreme Big Data 時代に向けた TSUBAME スーパーコンピュータ上での取り組み”, AXIES 大学 ICT 推進協議会 (AXIES2013), 幕張, 2013 年 12 月
- [25] Chih-Song Kuo, Akihiro Nomura, Satoshi Matsuoka, Aamer Shah, Felix Wolf, Ilya Zhukov, “Environment Matters: How Competition for I/O among Applications Degrades their Performance”, IPSJ SIG Technical Reports 2013-ARC-199 2013-HPC-142 (HOKKE-21), Hokkaido, Nov 2013
- [26] Aleksandr Drozd, Satoshi Matsuoka. “MSD Radix String Sort on GPU: Longer Keys, Shorter Alphabets, IPSJ SIG Technical Reports 2013-ARC-199 2013-HPC-142 (HOKKE-21), Hokkaido, Nov 2013
- [27] 松岡聡、佐藤賢斗、遠藤 敏夫 「エクサスケールスパコンに向けた耐故障性の評価—TSUBAME2.0 を例にして —」、情報処理学会研究報告 HPC-141、2013 年 10 月
- [28] Kento Sato, Satoshi Matsuoka, Adam Moody, Kathryn Mohror, Todd Gamblin, Bronis R. de Supinski and Naoya Maruyama, "Burst SSD Buffer: Checkpoint Strategy at Extreme Scale", IPSJ SIG Technical Reports 2013-HPC-141, Okinawa, Sep, 2013.
- [29] 白幡晃一, 佐藤仁, 松岡聡 “GPU アクセラレータと不揮発性メモリを考慮した I/O 性能の予備評価 ”情報処理学会研究報告 HPC-141, 那覇, 2013 年 9 月
- [30] 岩渕圭太, 佐藤仁, 安井 雄一郎, 藤澤 克樹, 松岡 聡, “不揮発性メモリを用いた Hybrid-BFS アルゴリズムの最適化と性能解析” 情報処理学会研究報告 HPC-141, 那覇, 2013 年 9 月
- [31] 野村 哲弘, 三浦 信一, 遠藤 敏夫, 松岡 聡, 鈴木 惣一郎, 丸山 直也. “システム評価のためのアプリケーション性能リポジトリの構築と性能モデルの評価“, 情報処理学会研究報告 2013-HPC-140, No.6, 2013 年 7 月 24 日
- [32] Satoshi Matsuoka, Takayuki Aoki, Toshio Endo, Hitoshi Sato, Shin'ichiro Takizawa, Akihiko Nomura, Kento Sato "TSUBAME2.0: The First Petascale Supercomputer in Japan and the Greenest Production in the World", in Chapter 20, Contemporary High Performance Computing From Petascale toward Exascale, Edited by Jeffrey S . Vetter, pp.525-556, Chapman and Hall/CRC 2013, Print ISBN: 978-1-4665-6834-1, eBook ISBN: 978-1-4665-6835-8, <http://www.crcnetbase.com/doi/book/10.1201/b14677>
- [33] Taichirou Suzuki, Akira Nukada, Satoshi Matsuoka, “The Efficient Execution of Multiple Applications on Single GPU using Process Migration between GPUs”, International Supercomputing Conference 2014 (ISC14) HPC in Asia, June 2014 (to appear)

- [34] Naoto Sasaki, Kento Sato, Toshio Endo and Satoshi Matsuoka, “Exploration of Application-level Lossy Compression for Fast Checkpoint/Restart “, International Supercomputing Conference 2014 (ISC14) HPC in Asia, June 2014, (to appear)
- [35] Hideyuki Shamoto, Koichi Shirahata, Aleksandr Drozd, Hitoshi Sato and Satoshi Matsuoka, “Large-scale Multi-level Sorting for GPU-based Heterogeneous Architectures”, International Supercomputing Conference 2014 (ISC14) HPC in Asia, June 2014 (to appear)
- [36] Akihiro Nomura, Shin’ichi Miura, Toshio Endo and Satoshi Matsuoka, “Application Performance Characterization towards Exa-scale Supercomputers”, International Supercomputing Conference 2014 (ISC14) HPC in Asia, June 2014 (to appear)
- [37] Yusuke Nagasaka, Akira Nukada, Satoshi Matsuoka, “Cache-aware Sparse Matrix Format for GPU”, International Supercomputing Conference 2014 (ISC14) HPC in Asia, June 2014 (to appear)
- [38] Kento Sato, Akira Nukada, Naoya Maruyama and Satoshi Matsuoka , "I/O acceleration with GPU for I/O-bound Applications", GPU Technology Conference 2014, Mar. 2014
- [39] Koichi Shirahata, Hitoshi Sato and Satoshi Matsuoka, “Preliminary I/O Performance Evaluation on GPU Accelerator and External Memory “, GPU Technology Conference 2014, Mar. 2014
- [40] Pak Markthub, Michel Jansen and Satoshi Matsuoka, “Preliminary Evaluation of GPU Virtualization in Supercomputer for Better Utilization”, GPU Technology Conference 2014, Mar. 2014
- [41] Guanghao Jin, Tomoki Kawamura, Naoya Maruyama, Toshio Endo and Satoshi Matsuoka, “Optimization methods for efficient utilization of memory hierarchy on GPU cluster”, GPU Technology Conference 2014, Mar. 2014
- [42] 白幡晃一, 佐藤仁, 鈴木豊太郎, 松岡聡. MapReduce 型グラフ処理アルゴリズムの複数 GPU による大規模計算, GTC Japan 2013, July 2013
- [43] 岩渕 圭太, 佐藤 仁, 安井 雄一郎, 藤澤 克樹, 松岡 聡. “不揮発性メモリを用いた Graph500 ベンチマークの大規模実行へ向けた予備評価”, 先進的計算基盤システムシンポジウム SACSIS2013, May. 2013.
- [44] 河村知輝, 丸山直也, 松岡聡. 「ステンスル計算における通信の自動最適化に向けた性能モデルの評価」, ハイパフォーマンスコンピューティングと計算科学シンポジウム (HPCS).2013 年ハイパフォーマンスコンピューティングと計算科学シンポジウム論文集, Jan 2013.
- [45] 星野哲也, 丸山直也, 松岡聡. 「ディレクティブベースプログラミング言語 OpenACC の性能評価」, ハイパフォーマンスコンピューティングと計算科学シンポジウム(HPCS). 2013 年ハイパフォーマンスコンピューティングと計算科学シンポジウム論文集. Jan 2013.

#### 【招待講演・受賞等】

- [1] Satoshi Matsuoka, “Extreme Big Data - Convergence of Supercomputing and Big Data Infrastructures towards Exascale”, Invited Talk, The Japanese Extreme Big Data (EBD) Projects Workshop, Feb 26 2014

- [2] Satoshi Matsuoka, “TSUBAME2.5 onto 3.0 and Extreme Big Data “, Invited Talk, HPC in Saudi Arabia, Dec 2013
- [3] Satoshi Matsuoka, “TSUBAME2.0 to 3.0 and Onwards to Exascale “, Invited Talk, King Abdullah University of Science and Technology (KAUST), Dec .2013
- [4] Satoshi Matsuoka, “Evolution of TSUBAME2.0 to 2.5 -- The Fastest Supercomputer in Japan (in Single Precision FP)”, Invited Talk, Supercomputing 2013 NEC Booth, Nov 21 2013
- [5] Satoshi Matsuoka, “Fault Tolerance/Resilience at Petascale/Exascale: Is it Really Critical? Are Solutions Necessarily Disruptive?”, Invited Panelist, Supercomputing 2013 (SC13), Nov 21 2013
- [6] Satoshi Matsuoka, “TSUBAME2.5 evolution and onwards to 3.0 towards Exascale and Extreme Big Data Convergence”, Invited Talk, Supercomputing 2013 (SC13) Tokyo Tech Booth, Nov 20 2013
- [7] Satoshi Matsuoka, “Being Very Green with Tsubame 2.5 Towards 3.0 and Beyond to Exascale”, Invited Talk, Supercomputing 2013 (SC13) NVIDIA Booth, Nov 19 2013
- [8] Satoshi Matsuoka, “Convergence of Supercomputing and Extreme Big Data on the TSUBAME Supercomputer”, Invited Talk, APAC LUG 2013 Tokyo, Oct 17 2013
- [9] Satoshi Matsuoka, “Extreme Big Data and Resilience in Tsubame2.0 towards 3.0”, Invited Talk,, ACRC Workshop, Singapore, July 3, 2013
- [10] Satoshi Matsuoka, “Resiliency in Exascale Systems – Rocket Science or Engineering?”, Invited Talk, International Supercomputing(ISC13), June 17 2013, Leipzig Germany, Jun 20, 2013
- [11] Satoshi Matsuoka, “Panel: How Do We Protect the HPC Software Investments in the Future?”, Invited Panelist, International Supercomputing(ISC13), Leipzig Germany, Jun19, 2013
- [12] Satoshi Matsuoka, “Big Data Meets Big Supercomputers – High-End Niche or Main stream in the Future Clouds?”, Invited Talk, International Supercomputing(ISC13), Leipzig Germany, Jun 18, 2013
- [13] Satoshi Matsuoka, “Mini- & Proto-Applications as Co Design Development Vehicles for Exascale: Status & Plans”, Invited Talk, Supercomputing(ISC13), Leipzig Germany, June 17 2013
- [14] Satoshi Matsuoka, HPC in Asia - Panel Discussion, Invited Panelist, International Supercomputing(ISC13), June 17 2013, Leipzig Germany
- [15] Satoshi Matsuoka, “TSUBAME2.0 Storage Evolution”, Invited Talk, INSUPUR Workshop, Shanghai, China, April 19, 2013
- [16] Satoshi Matsuoka, Software Research Efforts for TSUBAME2.0 Evolution to 2.5 towards 3.0 and Exascale”, Invited Talk, INSPUR Workshop, Shanghai, China, April 19, 2013
- [17] Satoshi Matsuoka, “TSUBAME 2.0 Possible Evolution to 2.5 and onto 3.0 and beyond towards Exascale”, Keynote Talk , Exascale Applications and Software Conference, April 9 2013, Edinburgh, UK
- [18] Tetsuya Hoshino, Naoya Maruyama, Satoshi Matsuoka. “Porting and Optimizing a Large-Scale CFD application with CUDA and OpenACC ”, Society for Industrial and Applied Mathematics Conference on Computational Science and Engineering (SIAM).Feb 2013.

- [19] 松岡 聡、「全世界の IDC 内の総バンド幅を一台で実現する T SUB AME 3.0 へ向けた Extreme Big Data 技術」、招待講演、第 3 回電子光技術シンポジウム 電子と光の融合を目指して一ネットワークからインターコネクションへ、2014 年 2 月 25 日
- [20] 松岡 聡、「EBD: Extreme Big Data - ビッグデータと HPC の技術的統合へ向けて」、招待講演、平成 25 年度第 3 回スーパーコンピューティング・セミナー（スーパーコンピュータ技術産業応用協議会）、2014 年 2 月 20 日
- [21] 松岡 聡、「TSUBAME の Extreme な飛翔：Extreme なグリーンや Extreme なビッグデータ」、招待講演、2014 年ハイパフォーマンスコンピューティングと計算科学シンポジウム(HPCS2014)、2014 年 1 月 7 日
- [22] 松岡 聡、「TSUBAME2.0 から 2.5 への進化、3.0 への道」、基調講演、第十三回 PC クラスタシンポジウム、2013 年 12 月 12 日
- [23] 松岡 聡、「TSUBAME2.0 始まる」、招待講演、第 53 回生物物理若手の会 夏の学校、2013 年 9 月 6 日
- [24] 松岡 聡、「TSUBAME 2.0 から TSUBAME 2.5、3.0、更にはエクサへの進化」、特別招待講演、GTC Japan2013、2013 年 7 月 30 日
- [25] 松岡 聡、楽天テクノロジーアワード・金賞、平成 25 年 10 月 26 日、  
[http://tech.rakuten.co.jp/award.html#satoshi\\_matsuoka](http://tech.rakuten.co.jp/award.html#satoshi_matsuoka)
- [26] 小柳 義夫、中村 宏、佐藤 三久、松岡 聡、第 22 回 2013 年度大川出版賞、『岩波講座 計算科学 別巻 スーパーコンピュータ』、平成 25 年 12 月 4 日、  
[http://www.okawa-foundation.or.jp/activities/publications\\_prize/list.html](http://www.okawa-foundation.or.jp/activities/publications_prize/list.html)

### 【研究の概要と成果】

#### MOU を活用した共同研究

#### モンゴルにおける地方小学校教員の質の向上—地域性に即したICTを活用した教材開発を通じて

2012年3月から開始された JICA 草の根技術協力事業草の根パートナー型プロジェクト「モンゴルにおける地方小学校教員の質の向上—地域性に即した ICT を活用した教材開発を通じて」の一環として、現地調査を中心に協働事業・共同研究を展開した。本年度はモンゴル 21 県とウランバートル市を対象に ICT を活用した教員研修教材の全国コンテストを実施し、ホブド県（西部）、バヤンホンゴル県（ゴビ地域）、ブルガン県（北部）、ヒンティ県（東部）、ソングノハイルハン地区（ウランバートル市）の 5 地域が選出された。来年度より、各地域 6 教科、全 30 からなる教員件教材の作成に取り掛かる。教材作成には各地域 36 名の教員・専門家が参加し、50 名の教員を対象に教材の改良を実施する。同時に、モンゴルの小学校教員の ICT スキルの調査に関する共同研究の一環として、5 県におけるアンケート調査を実施し、現在データ分析を進めている。

#### 発展途上国の世界遺産地域における持続可能な情報通信技術の応用に関する実践研究

ラオスルアンパバーン政府世界遺産局との連携のもと、持続可の湯女世界遺産開発を実現するための情報通信技術を用いた包括的かつ効果的・効率的な施策について、実践研究を実施。今年度は、モバイルラーニングの活用した世界遺産に関する意識向上調査、及び、世界遺産局の保有する authorization database の改善を実施した。現地の二大学の学生を対象とした世界遺産保存に関する意識向上のためのモバイルラーニング導入に関する調査分析に基づき、2014年2月には、ルアンパバーンにて「ICTを活用した世界遺産保存：意識向上週間」を開催し、様々な ICT を活用した世界遺産管理の手法についてワークショップを実施した。120 名を超える学生・専門家が参加し現地メディアも取り上げるなど、注目が集まった。調査結果は 2014 年 4 月開催予定の国際学会にて発表の予定。Authorization Database に関しては、現地調査に基づきユーザビリティを向上させたプロトタイプが開発され、専門家を対象に試行された。今後、本運用のための開発を進める予定である。

#### アジア 10 カ国における教育政策における 21 世紀型スキルの比較研究と参加型データベースの構築

本事業では、近年ユネスコやOECDなどの国際機関がこれからの教育政策・改革において重要であると提唱している「21世紀型スキル」に注目し、ユネスコバンコク事務所との連携のもと、アジア地域10カ国の基礎教育政策を「21世紀型スキル」の観点から比較分析した。

比較分析は多面的な要素から構成され、第一に、ユネスコが開発している教育政策分析フレームワークを活用し、各国の教育政策における「21世紀型スキル」に関する分析を通じて国別レポートを作成した。更には、教育現場の教師、生徒からの意見を反映させるために「21世紀型スキル」に関するe-コンテストを実施し、エッセイ、ビデオ、フィルムなどの媒体によりウェブ上で意見を収集した。世界20カ国以上から160に上るエッセイ、ビデオが寄せられ、優秀作品は、ユネスコバンコク事務所・東工大学術国際情報センターより表彰された。2013年10月には、ユネスコバンコク事務所・東工大学術国際情報センター共催の国際シンポジウムが開催され、アジア太平洋地域11カ国40名の専門家が出席し、各国の分析報告及び事例紹介が実施された。また、本取り組みでは、参加型教育政策データベースを構築し、上記の国別レポート、事例集、e-コンテストで収集した意見を含めたコンテンツの積極的な情報発信を目指した。アジア太平洋地域の教育開発を網羅するユネスコバンコク事務所の特性を生かし、そのネットワークを活用することで、その成果が広く普及されている。

#### 【研究業績】

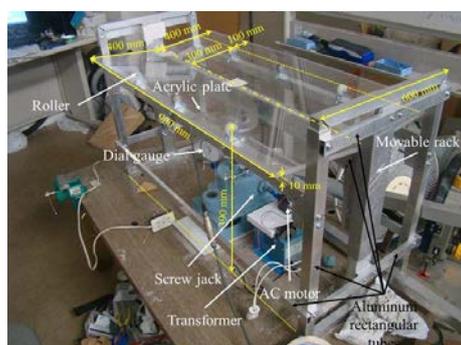
- [1] Yamaguchi, S., Sukhbaatar, S., "The effect of using XO computers on students' math and reading abilities in primary education schools in Mongolia", Conference proceedings 58th Annual conference on Comparative and International Education Society, Toronto, Canada (March 2014)
- [2] Yamaguchi, S., "Integrating Transversal Competencies in Education Policy and Practice through 'Zest for Living' ", Conference proceedings 58th Annual conference on Comparative and International Education Society, Toronto, Canada (March 2014)
- [3] Oyun, Ts., Yamaguchi, S., and Takada, J., "Measuring ICT skills of primary school teachers: instrument development in Mongolia", Conference proceedings 58th Annual conference on Comparative and International Education Society, Toronto, Canada (March 2014)
- [4] 山口しのぶ, 小野寺純子, 「国際機関および大学は地球問題の解決のために何をしているのか?—情報通信技術と社会開発の融合を事例として」, グローバル協力論入門, 法律文化社, pp142-155 (Jan. 2014)
- [5] Yamaguchi, S., Ueno, A., and Enomoto, N., "Transforming Teaching and Learning in Asia and the Pacific: Pedagogical Approaches in Japan" submitted to UNESCO Bangkok, pp.1-52, Bangkok (December 2013)
- [6] Yamaguchi, S., Auxillos, J., Takada, J., and Sukhbaatar, S., "Mixed-Methods Impact Study of One Laptop Per Child Initiative : A Case of Khovd Province in Mongolia", Proceedings of the 24th Annual Conference, the Japan Society for International Development, (November 2013)

- [7] Oyun, Ts., Yamaguchi, S., and Takada, J., "Development of Instrument to measure ICT skills of primary school teachers in Mongolia", Proceedings of the 24th Annual Conference, the Japan Society for International Development, Poster abstract, (November 2013)
- [8] Yamaguchi, S., Onodera, J., and Kurokawa, M., "Integrating non-cognitive skills in Educational policy and practice: Case of Japan", submitted to Education Policy and Reform Unit, UNESCO Bangkok, pp. 1-70, Bangkok, (November, 2013)
- [9] Onodera, J., Yamaguchi, S., and Sukhbaatar, J., "Current trends and perceptions of ICT use at primary schools in Mongolia: Comparative analysis from viewpoints of school leaders and teachers" Proceedings of the 49<sup>th</sup> Annual Conference on Japan Comparative Education Society, (July 2013).
- [10] Auxillos, J., Yamaguchi, S., "How does the One Laptop Per Child Initiative Impact Children, Teachers, and the Community? : Findings from a Mixed-Methods Research in Mongolia," Proceedings of the 49<sup>th</sup> Annual Conference on Japan Comparative Education Society, (July 2013).

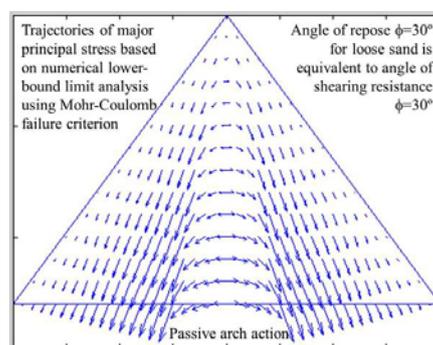
【研究の概要と成果】

盛土沈下に伴う荷重伝達メカニズム

国土交通省東北地方整備局の調査によると、2011年3月11日東北地方太平洋沖地震による堤防被害の主要因の一つは、地盤上に砂質系材料を用いて築堤した堤体下部において、圧密沈下により基礎地盤表層が凹状となり、ゆるみが発生し、その上部で堤体基礎地盤に浸透した雨水がたまり、飽和領域を形成した部分において、地震動により間隙水圧が上昇し液状化が発生したと報告されている。本研究では、基礎地盤の沈下のたわみに跨る受働アーチが形成された場合の初期応力状態が、液状化に対する抵抗を低下させるメカニズムに与える影響を検討し、地震時の堤防の安定性を評価することを目的とする。堤防内の静的応力状態は、均質・一様ではなく、複雑であるがために液状化判定を難しくしている。本研究によって、堤体内の正確な応力状態を信頼できる精度で推定する手法を提案することができれば、今後、地震時の堤防の安定検討に大きく貢献すると期待される。



1G 場での模型実験の構造フレーム

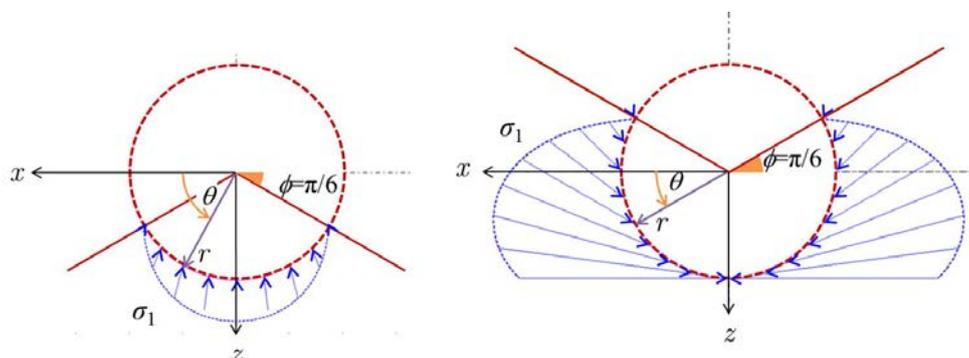


アーチ効果に基づく理論的な初期応力

緩い粒状体斜面内の応力分布をめぐる理論的展開

安息角で自立している緩い坂や丘などの静的な問題は、自重による荷重伝達メカニズムを理解する上で基本的な力学の概念の一つであるため、長期にわたって議論が続けられている。上方からさらさらと落下する粒状体は、摺動面に沿った近傍部がクーロンの摩擦法則を満たしている平衡状態において安定した三角形の砂丘形状を保ち得る。本研究では、ナダイ（1963）による分極主応力軸仮定と二次元半無限楔状の自己相似性に関して、物体力を考慮するエアリーの応力関数を用いた理論を再評価し、主働的土圧である砂丘問題と対照的に、新たに修正された砂谷の静的許容応力場は受働的土圧状態であることを示している。そして、幾何学的に対照的である砂丘と砂谷の応力分布に共役関係があることが解

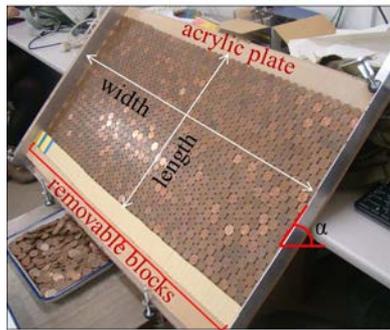
積された。境界条件と平衡条件に基づいて誘導した荷重伝達方程式は楕円方程式で表現されず，重調和関数で表せる従来のエアリー関数とは矛盾し，双曲線方程式によって特徴付けられることが分かった。また，サンブナンの原理を受け入れた上で，無限の自己相似応力場で有限の砂丘・砂谷の内部応力を推定することができる。



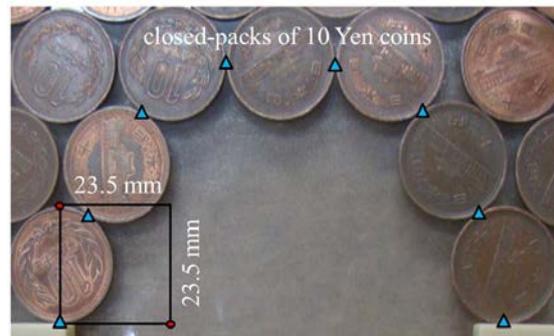
安息角形状を保つ砂丘および砂谷における最大主応力分布の理論解

### 層理面に沿った斜面法尻掘削の10円硬貨を用いた簡単な模型実験

本実験における目的は，斜面法尻掘削によるアーチ形成破壊の幾何学的形状を検討することである。模型斜面は傾斜させたアクリル板上に十円硬貨を敷き詰めることによって作成した。硬貨を敷き詰めている区間は模型斜面のアーチ形成に重要な影響を与える要素であるので，まず硬貨の並べ方について考えた。十円硬貨の内部摩擦角は，かみ合わせによる硬貨間の応力計算で測定することができる。次に不連続性斜面の破壊メカニズムを把握するために，アクリル板の斜面の角度を変えて，法尻部の中心から十円硬貨を左右に一個ずつ模型斜面が破壊するまで抜き取っていき，最後に破壊したときの掘削幅を記録する。また，法尻掘削によるアーチ形状を画像データで詳しく分析するために，デジタルライザーによって読み取られたアーチ形状の座標を用いて三角形，懸垂線形，放物線形，弓形の式に近似した。その平均二乗誤差を求め，それぞれ誤差を比較した結果，アーチ形は弓形で最も精度よく推定できることが分かった。アーチ効果によって生じるアーチ形状を特定することで，ラーメ・マックスウェルの平衡条件式から得られる理論値と比較し，アーチ作用を考慮に入れて結論を出している。



アクリル板上に敷き詰める十円玉で作成した  
模型斜面



デジタイザーによって読み取られたアーチ  
形状の座標

### 法尻掘削におけるアーチ効果に基づく新たな炭鉱採掘手法

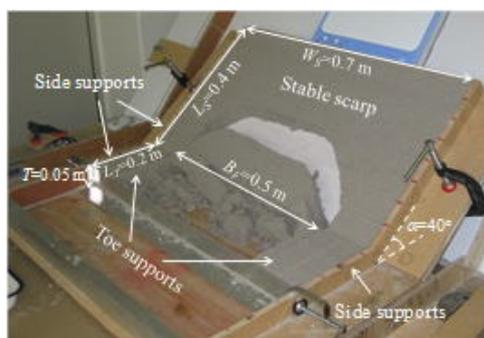
鉱山工学の分野では、切土法面に形成されるアーチ効果を法尻掘削の設計に導入することにより、斜面下部の掘削における安定性を確保することが出来ると考えており、最大掘削幅の予測が必要とされている。締固め土によって切土法面の模型を作成し、側面を拘束させた状態に対して模型の勾配、厚さ、幅及び長さを変化させて、1G場で模型実験を行い、不安定化に及ぼす影響を検討した。さらに最大掘削幅の理論的予測式を検証するため、遠心模型実験と比較して、十分な実用性が得られることが確認できた。この研究成果を直ちに実用化させるため、タイ北部のメモ炭鉱における実際の現場に導入し、最大静水圧と完全飽和条件にある斜面の安全率を評価して算出された限界幅まで斜面法尻掘削が行われた。結果として、実現できる有用な炭鉱採掘手法を開発できただけでなく、大規模な掘削、残土の輸送、投棄サイト等の問題解決に繋がるので、莫大な費用の軽減と時間の節約をもたらしている。



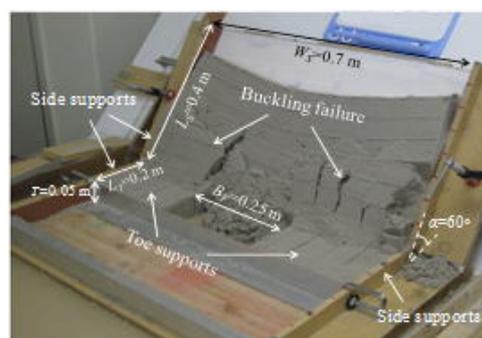
層理面に沿う法尻の限界掘削幅の設計に成功した新理論並びに  
タイ国メモ露天掘り炭鉱の実用例（2012年5月の掘削段階）

## 受働的アーチ効果に関する理論的・実験的検討

斜面の破壊に伴う坑内への影響を定量的に評価することは困難であるため、崩壊を起こさない最大の法尻掘削幅を予測することが必要とされている。また、坑内の斜面に沿ってアーチを形成して安定させる方法は、鉱山工学分野における採掘法として、斜面法尻掘削の設計において利点を与える。本研究で用いた模型斜面は、側面を平行な剛性壁によって拘束し、均一になるように締固めた複数の層からなる土で作製している。安定する掘削幅と斜面の傾斜角との関係を実験的に得るため、斜面崩壊を起こすまで、斜面の勾配を徐々に増加させる方法と斜面の勾配は固定し法尻部を徐々に掘削する2つの方法で、厚さ、幅及び長さを変えた模型斜面を用いて一連の実験を行った。それに加えて、ラメ・マックスウェルの平衡条件式に基づく理論と比較し、法尻部の掘削のための設計を考案することができた。



アーチ形成による破壊機構（穏斜面）



座屈褶曲による破壊機構（急斜面）

### 【発表論文・学会発表等】

#### 論文

- [1] T. Pipatpongsa, T. Matsushita, Maho Tanaka, S. Kanazawa, K. Kawai. Theoretical and experimental studies of stress distribution in wedge-shaped granular heaps, *Acta Mechanica Solida Sinica*, Elsevier, Vol. 27, No. 1, pp. 28-40, Mar. 2014.
- [2] S. Thay, T. Pipatpongsa, A. Takahashi, T. Ishigaki. Shear strength and breakage of disturbed snail fossils adjacent to the preservation zone in the Mae Moh coal mine, *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, Vol. 73, No. 1, pp. 95-107, Feb. 2014.
- [3] T. Pipatpongsa. Statically admissible stress solutions in gravitating loose earth of wedge and valley with plane slopes inclined at angle of repose, *Granular Matter*, Springer, Vol. 15, No. 5, pp. 645-659, Oct. 2013.
- [4] M.H. Khosravi, T. Pipatpongsa, J. Takemura. Experimental analysis of earth pressure against rigid retaining walls under translation mode, *Geotechnique*, ICE Publishing, Vol. 63, No. 12, pp. 1020-1028, Sep. 2013.
- [5] D. Apriadi, S. Likitlersuang, T. Pipatpongsa. Loading path dependence and non-linear stiffness

at small strain using rate-dependent multisurface hyperplasticity model, *Computers and Geotechnics*, Elsevier, Vol. 49, pp. 100-110, Apr. 2013.

#### **著書**

- [6] T. Pipatpongsa, H. Ohta. Chapter 13: Threshold of friction stabilizes self-weight transmission in gravitating loose sand heaps, *Geotechnical Predictions and Practice in Dealing with Geohazards*, Springer, pp. 199-213, May. 2013.

#### **国際会議発表 (査読有り)**

- [7] T. Pipatpongsa, M.H. Khosravi, J. Takemura. Physical model of a rigid retaining wall under translation mode and its variation of arch action in backfill material with interface friction, *The 8th International Conference on Physical Modelling in Geotechnics (ICPMG2014)*, Proceedings of the the 8th International Conference on Physical Modelling in Geotechnics 2014, CRC Press/Balkema, Vol. 2, pp. 923-929, Jan. 2014.
- [8] T. Pipatpongsa, M.H. Khosravi, J. Takemura. Physical modeling of arch action in undercut slopes with actual engineering practice to Mae Moh open-pit mine of Thailand, *The 18th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (ICSMGE18)*, Proceedings of the 18th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (ICSMGE18), Vol. 1, pp. 943-946, Sep. 2013.

#### **国内会議発表 (査読有り)**

- [9] T. Pipatpongsa, H. Hirai. Simple model tests for an undercut slope using closed-packs of 10 yen coins inclined along a bedding plane, *The 4th Tokyo Tech-KU Joint Seminar on Infrastructure Development*, Proceedings of the 4th Tokyo Tech - KU Joint Seminar on Infrastructure Development, pp. 139-144, Oct. 2013.
- [10] S. Touch, T. Pipatpongsa, J. Takemura, T. Takeda. Variation of leaf area index of rice investigated in paddy fields suffering from soil salinity in northeastern Thailand, *The 18th National Convention on Civil Engineering (NCCE18)*, Proceedings of the 18th National Convention on Civil Engineering (NCCE18), Engineering Institute of Thailand, Vol. 1, GTE, pp. 209-216, May. 2013.

#### **国際会議発表 (査読なし)**

- [11] S. Touch, C. Borely, T. Pipatpongsa, J. Takemura, T. Takeda. Exploring of field hyperspectral bands of rice canopy suffering from soil salinity in the northeastern Thailand, *The 6th ASEAN Civil Engineering Conference (ACEC) and the 6th ASEAN Environmental Engineering Conference (AEEC)*, CE12, pp. 1-13, Nov. 2013.
- [12] T. Pipatpongsa, J. Takemura, P. Pongpanlarp, P. Doncommul. Site visits to underground water treatment facilities of the Mae Moh mine in Thailand, *The International Conference on the Preservation and Rehabilitation of Urban Water Environment for Asian Core Program of NRCT, JSPS, and ERDT*, pp. 78-84, Nov. 2013.

- [13] R., B. Ukritchon, T. Pipatpongsa. Numerical studies of slip test of moist sand block sliding on Teflon sheet, The 6th ASEAN Civil Engineering Conference (ACEC) and the 6th ASEAN Environmental Engineering Conference (AEEC), CE7, pp. 1-10, Nov. 2013.
- [14] S. Touch, P. Pongpanlarp, T. Pipatpongsa, J. Takemura. Underground water in open pit mining at the Mae Moh mine Thailand, The International Conference on the Preservation and Rehabilitation of Urban Water Environment for Asian Core Program of NRCT, JSPS, and ERDT, pp. 173-176, Nov. 2013.

**国内会議発表 (査読なし)**

- [15] S. Touch, C. Borely, T. Pipatpongsa, J. Takemura, T. Takeda. Exploring of field hyperspectral bands of rice leaves suffering from soil salinity in the northeastern Thailand, 第10回地盤工学会関東支部発表会, CD-ROM 環境 2-6, Oct. 2013.
- [16] M.H. Khosravi, T. Pipatpongsa, J. Takemura. Interface shearing resistance properties between moist silica sand and surface of materials investigated by direct shear apparatus, 第10回地盤工学会関東支部発表会, CD-ROM 材料 4-5, Oct. 2013.
- [17] C. Borely, T. Pipatpongsa. Passive limit of stresses in conical sand valley, The 5th Multidisciplinary International Student Workshop (MISW2013), Proceedings of the 5th Multidisciplinary International Student Workshop, p. 116, Aug. 2013.
- [18] T. Techawongsakorn, T. Pipatpongsa, M.H. Khosravi, C. Borely. Failure mechanism of undercut slope with planes of discontinuity, The 5th Multidisciplinary International Student Workshop (MISW2013), Proceedings of the 5th Multidisciplinary International Student Workshop, p. 43, Aug. 2013.
- [19] S. Kitakata, W. Wu, S. Thay, T. Pipatpongsa, P. Boonpramuk. Particle crushing progression of snail fossils under compression observed by audible frequency measurement, The 48th Japan National Conference on Geotechnical Engineering, Proceedings of the 48th Japan National Conference on Geotechnical Engineering, The Japanese Geotechnical Society, pp. 875-876, Jul. 2013.
- [20] T. Techawongsakorn, H. Hirai, M.H. Khosravi, T. Pipatpongsa. Slip mechanisms and interface shear strength between moist silica sand and acrylic plate, The 48th Japan National Conference on Geotechnical Engineering, Proceedings of the 48th Japan National Conference on Geotechnical Engineering, The Japanese Geotechnical Society, pp. 895-896, Jul. 2013.
- [21] S. Touch, T. Pipatpongsa, J. Takemura, T. Takeda. Assessment of the effects of soil salinity to rice crop in northeastern Thailand, The 48th Japan National Conference on Geotechnical Engineering, Proceedings of the 48th Japan National Conference on Geotechnical Engineering, The Japanese Geotechnical Society, pp. 2215-2216, Jul. 2013.
- [22] L. Tang, M.H. Khosravi, T. Pipatpongsa, J. Takemura. Nonlinear and hysteretic responses of pressure gauges in a sand chamber due to loading and unloading processes, The 48th Japan National Conference on Geotechnical Engineering, Proceedings of the 48th Japan National Conference on Geotechnical Engineering, The Japanese Geotechnical Society, pp. 519-520, Jul. 2013.

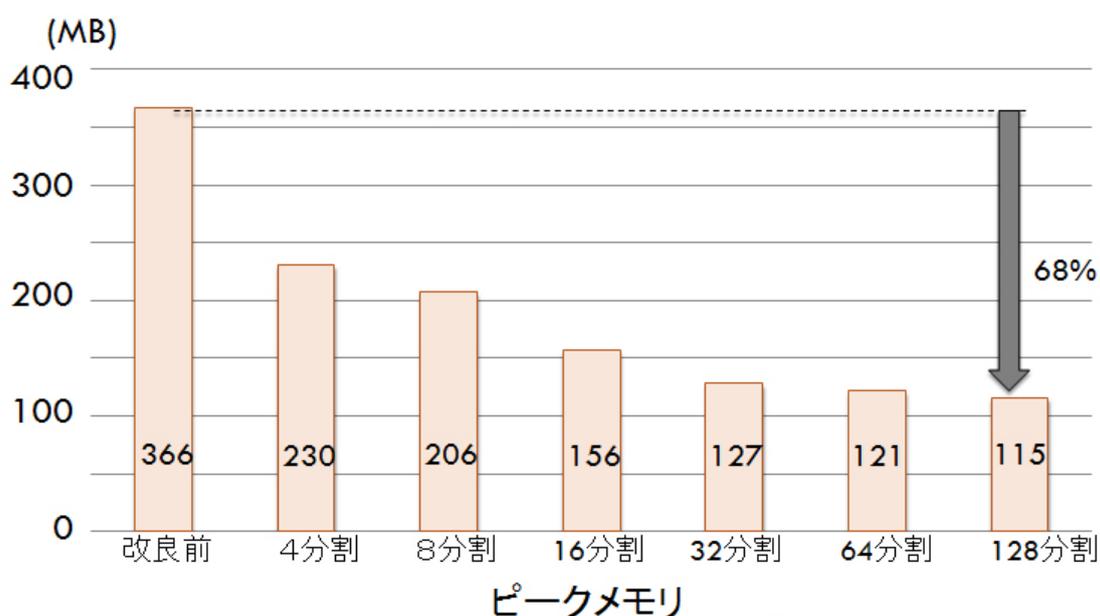
## その他

- [23] ピパットポンサーティラポン, 森村浩明. タイ王国チェンマイ大学との共同研究活動, 東工大クロニクル, 東京工業大学広報センター, No. 491, p. 3, Oct. 2013.
- [24] ピパットポンサーティラポン, 江頭竜一. タイの企業および大学との産学連携活動, 東工大クロニクル, 東京工業大学広報センター, No. 487, p. 7, May. 2013.

### 【研究の概要と成果】

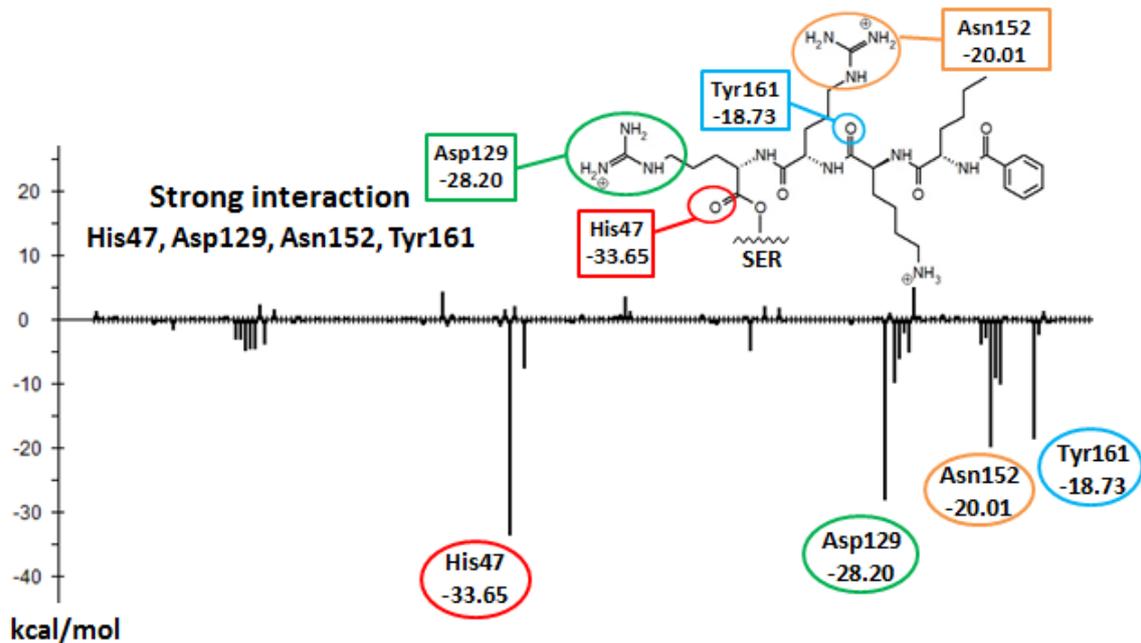
#### ゲノムアセンブリの消費メモリ削減に関する研究

現在、ゲノムの解析には次世代シーケンサと呼ばれるハイスループットなゲノム読み取り装置が用いられている。このシーケンサは大量のゲノムを高速かつ低価格に読み取ることができる一方、読み取るゲノム断片配列の長さが数十から百数十塩基しかないという欠点を持っている。このため、次世代シーケンサが出力した短いゲノム断片配列は、元の長いゲノム配列に再構築する必要がある。短いゲノム断片配列を、他のゲノム配列を参照すること無しに元の長いゲノム配列に再構築することを *de novo* アセンブリと言い、アセンブリを行うツールのことをアセンブラと呼ぶ。*de Bruijn graph* を用いる代表的 *de novo* アセンブラである Velvet は、その消費メモリの多さが課題とされている。Velvet は大きく 2 つのステップから構成されており、1 つ目のステップについてはハッシュテーブルの分割による消費メモリの削減手法が既に提案されている。本稿では後半のステップで Velvet が作成する 1 つ目の *de Bruijn Graph* である PreGraph を分割することで、Velvet の特定の処理の消費メモリを削減した。



Pre Graph 生成の消費メモリの変化





### Protease と阻害剤間の相互作用エネルギー

#### 【発表論文・学会発表等】

- [1] 吉川舜亮, 石田貴士, 関嶋政和, 秋山 泰 「Sparse k-mer graph アルゴリズムの評価と Velvet への実装」, 2013-BIO-34, 2013, 沖縄.
- [2] 齊藤有紀, 石田貴士, 関嶋政和, 秋山 泰 「結合自由エネルギー予測を用いたクリアランス経路予測の改善に関する研究」, 2013-BIO-34, 2013, 沖縄.
- [3] 杉浦 典和, 石田 貴士, 秋山 泰, 関嶋 政和 「De Bruijn Graph の分割による Velvet の消費メモリの低減」, 2013-BIO-36, 2013, 東京.
- [4] 吉野龍ノ介, 安尾信明, 千葉峻太郎, 萩原 陽介, 大野一樹, 折田正弥, 関嶋政和 「FMO 法を用いた抗 dengue virus 薬の創薬標的蛋白質と既知化合物間の相互作用解析」, 第 54 回日本熱帯医学会大会, 長崎.
- [5] 千葉峻太郎, 萩原 陽介, 大野一樹, 折田正弥, 関嶋政和 「分子動力学シミュレーションで探る阻害剤結合によって誘起される dengue virus プロテアーゼの特徴的な構造」, 54 回日本熱帯医学会大会, 長崎.
- [6] 篠崎 隆宏, 関嶋 政和 「SCMS2.0 によるタンパク質ポテンシャルエネルギー最小化の諸条件における評価」, 2014-BIO-37, 2014, 福岡.
- [7] 杉浦典和, 石田貴士, 秋山泰, 関嶋政和 「ハッシュテーブル及び de Bruijn Graph の分割による、ゲノム解析の消費メモリ量の低減」, 情報処理学会第 76 回全国大会, 2014, 東京. 学生奨励賞受賞

### 【研究の概要と成果】

#### ポストペタスケール時代へ向けたスケーラブルなソフトウェア技術に関する研究

2012年度より、JST-CREST プロジェクト「ポストペタスケール時代のメモリ階層の深化に対応するソフトウェア技術」(代表：遠藤、2012-2018)を JAIST・成蹊大の研究グループと共に推進している。本プロジェクトでは、スーパーコンピュータのポストペタ・エクサスケールの実現に向けた課題の一つとして重要性が高まっている、メモリウォール問題の深刻化への対処を主目標としている。この問題は、世代進化による演算性能の向上よりもメモリのバンド幅と容量の向上が遅く、相対的にメモリ性能が下がってしまうというものであり、科学技術計算の大規模化・高性能化を阻んでいると考えられる。その解決に向けて、アーキテクチャ・システムソフトウェア・応用アルゴリズムの各分野の協調によりメモリ階層利用の効率化・局所性向上に関する研究に取り組んでいる。

- 局所性向上の対象とする計算の一つとして、流体計算や構造計算のカーネル演算となる規則格子上のステンシル演算を取り上げた。GPU 上でステンシル演算を行う際には、格子データが全て GPU デバイスメモリに収まるよう問題サイズを設定するのが通常だが、これでは問題サイズに限られる。より広大なホストメモリの容量を活用しつつ高性能を保持するため、時間ブロッキング手法とその最適化に関する研究を行っている。これは格子データの一部ずつについて、複数時間ステップ分の演算を進める手法であり、これをデバイスメモリとホストメモリの階層効率利用のために用いる。さらなる最適化として、冗長な計算の削減・複数階層にまたがる時間ブロッキングなどの技法を組み込み、TSUBAME2.5 上の新しい GPU 上での評価を行った。それにより、問題サイズがデバイスメモリ容量(現状約 6GB)を超えてもほぼオーバヘッドのない実行を実現した。また、複数 GPU/複数ノードに対応するために、2D-1D 分割手法を提案することにより、256GPU で 1GPU 時の約 120 倍の性能(20.2TFlops)と、高いスケーラビリティと問題の大規模性の両立を可能とした。
- 上記の研究により高性能性と大規模性の両立は可能となったが、プログラミングコストが高くなるという問題が発生する。その問題に対してシステムソフトウェアの面からの改善をめざし、Hybrid Hierarchical RunTime (HHRT)ライブラリの設計・実装・評価を行っている。このライブラリでは、MPI+CUDA を用いて記述された既存プログラムに対して、ほぼ無変更でデバイスメモリ・ホストメモリ間のスワッピングに対応させる。時間ブロッキングに関するループ構造変更の一部は依然ユーザプログラム側で必要なものの、プログラミングコストを削減することができる。この上で時間ブロッキングを組み込んだステンシル演算を実行したところ、時間ブロッキング未使用の場合に比べ約 10 倍の性能向上を達成した。上記の高度に最適化された版に比較するとまだ半分弱の性能であるが、最適化とプログラミングコストの低下の両立について、今後研究を進める予定である。

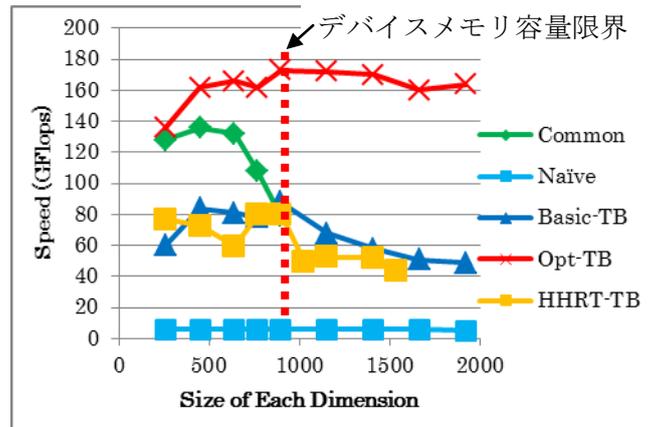


図 1: 時間ブロッキングを組み込んだステンシル演算の性能

- ステンシル演算以外にも、前年度に引き続き、中央大学藤澤克樹教授らのグループと協同にて、半正定値計画問題を解くソフトウェアである SDPARA の改良を行っている。大規模問題への対応はすでに手作業で実現できているため、今年度はデバイスメモリー-ホストメモリー間の通信削減に取り組んだ。そのために密行列のブロックをタスクとみなしたデータドリブン型実行に基づく実装を行った。1GPU 上でのプロトタイプ実装を用いた実験によると、行列サイズによっては通信量を 92%削減可能であることを示した。今後は通信量を削減しつつマルチ GPU・マルチノード対応を進めていく。

### スーパーコンピュータの省電力化に関する研究

将来のエクサスケールに向けたスーパーコンピュータの実現において最大のハードルは性能と消費電力の比の圧倒的な向上である。センターとして取り組んでいる省エネスパコンの実証実験装置 TSUBAME-KFC によるグリーン世界一についてはトピックスに譲り、本稿ではそれ以外の項目について記述する。

近年の計算機アーキテクチャでは CPU、メモリ、GPU といったパーツの省エネ技術が進む一方で、走行するソフトウェアの性質による電力の差が激しくなっている。そのため、システムの電力設計・運用については「リアルタイムの状況を考慮」「ソフトウェアの性質を考慮」した新しい制御手法により、電力効率やユーザの利便性の向上を行うことができる。

- 東日本大震災に伴う電力危機以来、毎年夏季には TSUBAME2 の部分縮退運転を行っている。しかしながら、その方法は前もって決められた計算ノード数を朝夕に OFF/ON を繰り返すという単純なものであった。各計算ノードの消費電力は走行するソフトウェアによって全く異なるので、このような固定的制御では、必要以上に計算ノードを止めすぎたり、逆に電力制約を守れないケースも生じうる。この改善のために、NEC との協働により、リアルタイム電力を考慮しつつ電力制約を守るようなスケジューラ改良を実装した。ここでは、電力余裕が少なくなった場合にジョブが走行しうるノード数を削減し、必要に応じてシャットダウンするなどの動的制御を行う。TSUBAME2 へのインストールおよび小規模な実験・調整はすでに終了しており、平成 24 年度夏季の本格運用開始をめざしている。
- 上記に加え、ジョブ内部の電力最適化によるさらなる省電力化に向けて下記の研究

を行っている。走行するソフトウェアの性質と消費電力の関係を捉え、制御を行うことを目的に、TSUBAME2 や TSUBAME-KFC のような GPU アクセラレータを搭載した計算機において、CPU・GPU それぞれのクロックとソフトウェアのメモリアクセス頻度などの性質を考慮した電力・性能モデルを構築した。モデルパラメータの取得ができるだけ簡便になるように構築しており、実マシン上での評価では、電力およびエネルギーを 5%程度の誤差で求めることができた。このモデルに基づき、プログラムの消費エネルギーを最小に近づけるようなクロック周波数設定も求めることができた。

### 【発表論文・学会発表等】

- [1] Katsuki Fujisawa, Toshio Endo, Yuichiro Yasui, Hitoshi Sato, Naoki Matsuzawa, Satoshi Matsuoka, Hayato Waki. Peta-scale General Solver for Semidefinite Programming Problems with over Two Million Constraints. In Proceedings of the International Conference on Parallel and Distributed Processing Symposium 2014 (IPDPS2014), Phoenix, USA, May, 2014. (to appear)
- [2] Jin Guanghao, Endo Toshio, Matsuoka Satoshi. Multi-level Temporal Blocking for Stencil Computation for Memory Hierarchy on TSUBAME2.5, IPSJ SIG Technical Report, 2014-HPC-143 No.33, 8 pages, Nanao, March 2014.
- [3] Toshio Endo. Software Technology that Deals with Deeper Memory Hierarchy in Post-petascale Era, The Japanese Extreme Big Data Projects Workshop, Fukuoka, Japan, February 2014.
- [4] 渡辺治, 遠藤敏夫. スーパーコンピューティング・コンテスト 2013 . 日本評論社, 数学セミナー, 第 53 巻 1 号, 2014 年 1 月号, pp. 50--55.
- [5] 遠藤 敏夫. IEEE SC13 (参加報告). グリッド協議会 第 41 回ワークショップ, 東京, 2014 年 1 月.
- [6] 遠藤 敏夫. ポストペタスケール時代に向けた格子系アルゴリズムの局所性向上. 自動チューニング研究会 第 5 回 自動チューニング技術の現状と応用に関するシンポジウム, 東京, 2013 年 12 月.
- [7] 遠藤 敏夫, 額田 彰, 松岡 聡. ウルトラグリーンスパコン TSUBAME2.5/TSUBAME-KFC . 大学 ICT 推進協議会 2013 年度年次大会講演論文集, T5G-4, 2013 年 12 月.
- [8] 三浦 信一, 渡邊 寿雄, 佐藤 仁, 遠藤 敏夫. 東京工業大学の HPCI に関する取り組み . 大学 ICT 推進協議会 2013 年度年次大会講演論文集, T3G-3, 2013 年 12 月.
- [9] 遠藤 敏夫, 額田 彰, 松岡 聡. TSUBAME-KFC: 液浸冷却を用いたウルトラグリーンスパコン研究設備 . ハイパフォーマンスコンピューティングとアーキテクチャの評価に関する北海道ワークショップ(HOKKE), 情報処理学会研究報告, 2013-ARC-199/HPC-142, 2013 年 12 月.
- [10] 松岡 聡, 佐藤 賢斗, 遠藤 敏夫. エクサスケールスパコンに向けた耐故障性の評価 --- TSUBAME2.0 を例にして --- . 情報処理学会研究報告, 2013-HPC-141 No.22, 8 pages, 2013 年 10 月.
- [11] 遠藤 敏夫. ポストペタスケール時代のメモリ階層の深化に対応するソフトウェア技術. HPC ワークショップ金沢, 金沢, 2013 年 10 月.

- [12]Guanghao Jin, Toshio Endo, Satoshi Matsuoka. A Parallel Optimization Method for Stencil Computation on the Domain that is Bigger than Memory Capacity of GPUs . In Proceedings of IEEE Cluster Computing (CLUSTER2013), pp. 1--8, Indianapolis, September 2013.
- [13]遠藤 敏夫. TSUBAME2.0/2.5 スーパーコンピュータとポストペタスケール時代に向けた課題. 日本学術会議 電気電子工学委員会 URSI 分科会 無線通信システム信号処理小委員会 (URSI-C) 第22期 第8回公開研究会, 沖縄, 2013年9月.
- [14]遠藤 敏夫. 並列プログラムをメモリ階層利用可能とするランタイム . 並列/分散/協調処理に関するサマワーショップ(SWoPP2013), 情報処理学会研究報告, 2013-HPC-140 No.43, 8 pages, 2013年8月.
- [15]野村 哲弘, 三浦 信一, 遠藤 敏夫, 松岡 聡, 鈴木 惣一郎, 丸山 直也. システム評価のためのアプリケーション性能リポジトリの構築と性能モデルの評価 . 並列/分散/協調処理に関するサマワーショップ(SWoPP2013), 情報処理学会研究報告, 2013-HPC-140 No.4, 6 pages, 2013年7月.
- [16]Yukinori Sato, Hiroko Midorikawa, and Toshio Endo. Identifying working data set of particular loop iterations for dynamic performance tuning. In 6th Workshop on Architectural and Microarchitectural Support for Binary Translation (AMAS-BT2013). Held in conjunction with the 40th Int'l Symposium on Computer Architecture (ISCA-40), Tel-Aviv, Israel, pp. 1-6, Jun. 24, 2013.
- [17]Guanghao Jin, Toshio Endo, Satoshi Matsuoka. A Multi-level Optimization Method for Stencil Computation on the Domain that is Bigger than Memory Capacity of GPU . In Proceedings of The Third International Workshop on Accelerators and Hybrid Exascale Systems (AsHES), in conjunction with IEEE IPDPS 2013, pp. 1080--1087, Boston, May 2013.

**【研究の概要】**

**並列フラグメント分子軌道計算プログラム OpenFMO のマルチプラットフォーム化**

コンピュータシミュレーションによって原子や電子を露わに扱い化学反応を解明・予測する計算化学は、2013年ノーベル化学賞を受賞し、方法論やプログラムの開発から様々な応用まで幅広く研究・開発が行われている。その中でもフラグメント分子軌道(FMO)法は、たんぱく質などの巨大分子に対する第一原理電子状態計算を可能にする計算手法として注目されている。いくつかのFMOプログラムではスパコンへ向けた最適化も行われており、稲富(九州大学)らにより開発されたFMOプログラムOpenFMOは、京をはじめとしたSMPクラスタ型並列計算機で効率的な超並列実行が可能なプログラムである。

昨今、様々なアーキテクチャのスパコンが登場し、特に省電力性能に優れたアクセラレータ型スパコンはエクサへ向けて重要な役割を果たすことが期待されている。しかしながら、同じ計算化学分野のプログラムである分子動力学法がアクセラレータ化に素早く対応したのとは対照的に、分子軌道法のプログラム群のアクセラレータ化はその複雑なカーネルコードが原因で遅れている。そのカーネルコードの複雑さを解消することは、今後SIMD長が増大するであろうアクセラレータ向きのコード開発が可能になるだけでなく、計算化学者と計算機科学者によるプログラムの共同開発も容易にすることが期待できる。

そこで、カーネルコードの複雑さ解消のために、電子状態の基底関数展開を最も単純な関数(s型Gauss関数)のみを用いて再展開することを試みた。このアイデア自体は非常に古くから(1956年H. PreussらのGaussian Lobe法など)あり、アルゴリズムやカーネルコードの簡素化とそれに伴うプログラムの高速化が可能であるが、その一方で計算量の増大が起こるため、現在の主要プログラムでは採用されていない。この計算量増大は高々定数倍であるため、アクセラレータ化による高速化によってこの問題を克服し、実用的なFMOプログラムの開発を行うことを目的とした。

**【学会発表等】**

- [1] 稲富 雄一、眞木 淳、本田 宏明、梅田 宏明、渡邊 寿雄、池上 努、石元 孝佳、青柳 睦、超並列フラグメント分子軌道法プログラムOpenFMOの開発、分子科学討論会、2013年9月。
- [2] 渡邊 寿雄、佐々木 淳、松本 豊、早川 義久、仲川 愛理、青木 尊之、「みんなのスパコン」TSUBAMEにおける産業利用促進の取り組み、大学ICT推進協議会 (AXIES2013)、幕張、2013年12月。
- [3] 三浦 信一、渡邊 寿雄、佐藤 仁、遠藤 敏夫、東京工業大学のHPCIに関する取り組み、大学ICT推進協議会 (AXIES2013)、幕張、2013年12月。

**【研究の概要と成果】**

**GPUによる高い電力効率の実現に関する研究**

• **TSUBAME-KFCのセンサ集中管理システムの構築**

電力効率の検証を目的としている TSUBAME-KFC システムでは多種多様なセンサ装置が搭載されている。計算ノードについてはノード毎に AC 電源ケーブルにクランプを装着しており、消費電力を 1 秒に 1 回の頻度で計測可能である。また計算ノードの BMC を介して IPMI プロトコルにより、プロセッサの温度などを取得可能である。これらは高頻度で取得することも可能であるが、その場合には CPU 負荷も上がるという問題がある。GRC の制御コントローラへアクセスすることによって油性冷媒液や冷却水の温度や圧力、ポンプの速度や消費電力などのデータを取得することができるが、これらは約 20 秒に 1 回の頻度になる。冷却塔や冷却水用のポンプなどの消費電力も同様に電源ケーブルにクランプを装着することによって 1 秒に 1 回の頻度で計測可能である。

このようにセンサデータを複数の機器で分散して記録している状況である。この場合、Green500 の計測の時の様に時刻 T0 から時刻 T1 までの平均消費電力を得たいという要求は満たせるが、リアルタイムにデータ見ることは容易ではない。そこでこれらのデータを集約するシステムを構築した。クランプを用いた電力計測系は Panasonic 製の Data Logger Light に蓄積されるが、NEWTocol というプロトコルを用いて情報をリアルタイムに取得する。これらに加えて IPMI によって得られる情報と GRC の制御コントローラから得られる情報を一箇所に集約するシステムを構築した。集約されたデータは共有メモリ上に格納され、これを用いてユーザが自由に情報を取得することや、カスタマイズされたモニタリング機能や独自のサービスを実装することも可能となる。

• **混合精度 AMG 法**

GPU や CELL B.E. の中では倍精度演算性能と比べて単精度演算性能が格段に高いものがある。このようなプロセッサでは単精度演算と倍精度演算を合わせた混合精度アルゴリズムが有効である。連立一次方程式の解法に関しても CG 法を初めとして多くの解法が検証されている。解法の中でかなり複雑な部類に入る AMG 法を対象として混合精度アルゴリズムの検証を行った。GPU の種類によって効果は異なるが、全てのプロセッサで性能向上が得られた。AMG 法の場合反復回数が他の解法と比べて少ないが、混合精度アルゴリズムの適用によって反復回数がほとんど変わらなかったことが大きい。このため混合精度で大部分の演算が単精度で行われることによる実行時間の短縮がそのまま性能向上に繋がる。AMG 法で実行される処理のほとんどは Level 1 BLAS と疎行列ベクトル積である。いずれも演算というよりメモリアクセス性能がボトルネックとなる処理であり、単精度化によってメモリアクセス量が半分に減ることが大きく寄与している。

**【発表論文・学会発表等】**

[1] 住吉優希, 長岡駿希, 藤井昭宏, 額田彰, 田中輝雄, 「APU 上の混合精度 AMG 法」, 情

報処理学会研究報告 2013-HPC-141, 2013 年 9 月.

- [2] 遠藤敏夫, 額田彰, 松岡聡. 「TSUBAME-KFC: 液浸冷却を用いたウルトラグリーンスパコン研究設備」. ハイパフォーマンスコンピューティングとアーキテクチャの評価に関する北海道ワークショップ (HOKKE), 情報処理学会研究報告, 2012-ARC-199/HPC-142, 2013 年 12 月.
- [3] 遠藤敏夫, 額田彰, 松岡聡. 「ウルトラグリーンスパコン TSUBAME2.5/TSUBAME-KFC」, 大学 ICT 推進協議会 2013 年度年次大会講演論文集, T5G-4, 2013 年 12 月.
- [4] Taichirou Suzuki, Akira Nukada, Satoshi Matsuoka. “Efficient Execution of Multiple Applications using Process Migration”, HPC in Asia Poster Session at ISC'14, Liepzig, Germany, June 2014, to appear.
- [5] Yusuke Nagasaka, Akira Nukada, Satoshi Matsuoka. “Cache-aware Sparse Matrix Format for GPU”, HPC in Asia Poster Session at ISC'14, Liepzig, Germany, June 2014, to appear.

【研究の概要と成果】

マルチ GPU コンピューティング・フレームワークを用いた気象計算コードの開発

格子法に基づいた物理シミュレーションは高性能計算分野において重要なアプリケーションである。ここ数年、高い浮動小数点演算能力と高いメモリバンド幅および電力効率のよい Graphics Processing Units (GPU) を汎用計算に用いる General-Purpose GPU (GPGPU) の研究が盛んに行われている。GPU 計算は高い性能が得られることが期待されるが、GPU に特化した CUDA 等を用いプロセッサの性能を引き出すために個々のアーキテクチャを意識したプログラミングを行い、機種固有の最適化手法を導入する必要がある。本研究では、独自に言語拡張することなく通常の C++ コードを記述することで GPU スパコンに最適なコードを高生産に開発できるフレームワークを開発した。

フレームワークは、C/C++ 言語および CUDA を用い実装されている。格子点上のステンスル計算では、ユーザーはある格子点を更新する関数（ステンスル関数）のみ記述する。単一のステンスル関数から GPU および CPU 用コードを生成し、GPU と CPU の両方でユーザーコードを実行することができる。ノードをまたがる GPU 間通信は MPI を利用した通信を行うが、ノード内 GPU 間通信は高速な GPUDirect を活用する。これらを統一的に扱えるユーザープログラム用のインターフェースを提供する。大規模 GPU 計算では、通信によるアプリケーション全体の性能低下を防ぐため、通信コストを計算で隠蔽するオーバーラップ手法がしばしば用いられる。しかし、この手法は実装が複雑である。そこで、本フレームワークでは、これを簡便に記述する機能を提供している。

本研究では、このフレームワークを用い、気象計算コード ASUCA を実装した。ASUCA は気象庁が次期気象予報のための現業コードとして開発を進めている次世代高分解能局地モデルである。フレームワークを用いることで高い生産性で開発でき、さらにオーバーラップ手法を導入することで、これを用いない計算よりも高い性能を達成した。

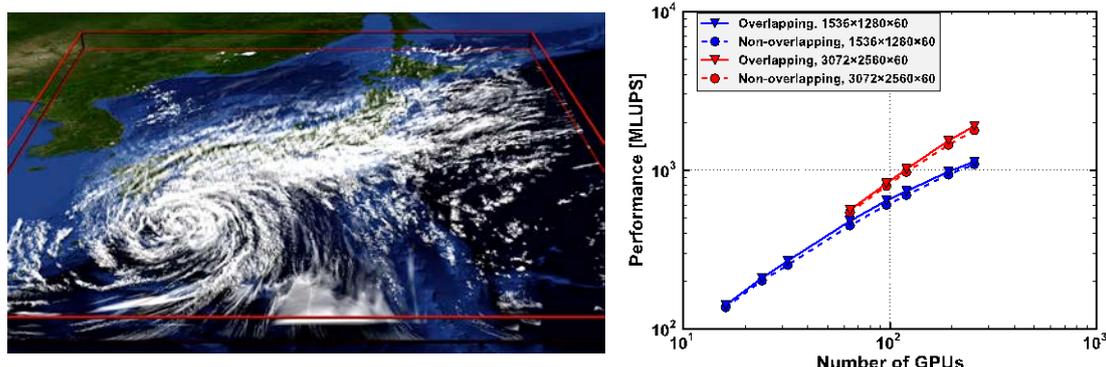


図 1 : (左) GPU を用いた気象計算コード ASUCA の計算例。  
 (右) オーバーラップ手法を用いた場合と用いない場合の ASUCA の実行性能の比較 (強スケーリング)。

## 複数 GPU による直交格子を用いた陽的時間発展のステンシル計算のためのスケーラビリティモデル

複数 GPU による直交格子を用いた陽的時間発展の大規模ステンシル計算のためのスケーラビリティモデルを提案した。大規模ステンシル計算では、分割された領域間の境界領域データの交換がスケーラビリティを低下させる大きな要因となる。本モデルを用いることで、アプリケーション開発前にそのスケーラビリティを予測できる。このモデルでは、アプリケーションの実行時間を GPU の計算時間と GPU-CPU 間通信時間とノード間通信時間で見積もる。計算時間は、浮動小数点演算回数とメモリアクセス量によって評価され、通信時間は、転送されるデータサイズの関数として評価される。拡散方程式、格子ボルツマン法、フェーズフィールド法を TSUBAME2.0 および Cray XK6m システムで実行し、本モデルが十分にこれらのアプリケーションの実行性能を予測できることを示した。

### 【発表論文・学会発表等】

- [1] Takashi Shimokawabe, Takayuki Aoki and Naoyuki Onodera, "A High-productivity Framework for Multi-GPU computation of Mesh-based applications," First International Workshop on High-Performance Stencil Computations (HiStencils), Vienna, Austria, Jan 2014
- [2] 下川辺隆史, 青木尊之, 小野寺直幸, "複数 GPU による格子に基づいたシミュレーションのためのマルチ GPU コンピューティング・フレームワーク" 2014 年ハイパフォーマンスコンピューティングと計算科学シンポジウム HPCS2014, 東京, 2014 年 1 月. 【最優秀論文賞, および IEEE Computer Society Japan Chapter 優秀若手研究賞】
- [3] Takashi Shimokawabe, Takayuki Aoki and Naoyuki Onodera, "Scalability model for multi-GPU computation of stencil applications using regular structured meshes with explicit time integration", 第 199 回 ARC・第 142 回 HPC 合同研究発表会 (HOKKE-21), 北海道大学, 2013 年 12 月. 【計算機アーキテクチャ研究会若手奨励賞】
- [4] Takashi Shimokawabe, "A High-productivity Framework for Multi-GPU Computing of Weather Prediction Code," The 4th AICS International Symposium, Kobe, Japan, Dec 2013 (ポスター)
- [5] Takashi Shimokawabe, Takayuki Aoki and Naoyuki Onodera, "A High-productivity Framework for Weather Prediction Code on Multi-GPU Computing," the 5th Asia Pacific Congress on Computational Mechanics (APCOM2013), Singapore, Dec 2013
- [6] Tomohiro Takaki, Takashi Shimokawabe, Munekazu Ohno, Akinori Yamanaka, Takayuki Aoki "Unexpected selection of growing dendrites by very-large-scale phase-field simulation," Journal of Crystal Growth, Volume 382, 1 November 2013, Pages 21-25
- [7] 下川辺隆史, 青木尊之, 小野寺直幸, "気象計算コードのための GPU コンピューティング・フレームワーク", 日本機械学会 第 26 回計算力学講演会, 佐賀大学, 2013 年 11 月.

### 【研究の概要と成果】

#### 不揮発性メモリを用いた大規模グラフ処理

大規模データ処理の性能によりスーパーコンピュータをランキング付けする Graph500 で用いられている幅優先探索 (BFS) のベンチマークを題材として、フラッシュデバイスなどの不揮発性メモリを補助的に利用することで、DRAM 容量を超える規模のグラフを処理するためのデータ管理手法の開発を進めている。これまで、近年、Graph500 上位の実装で採用されている Hybrid BFS Algorithm を対象にし、Forward Graph と Backward Graph で構成されるデータ構造のうち、参照の比較的少ない Forward Graph をフラッシュデバイスに退避し、アルゴリズムの切り替えを適切に行うことで、性能低下を抑えられることを確認してきたが、さらに実装の最適化を進めることで、ホストのメモリ容量の 2 倍程度を超えるような大規模グラフサイズでも 10%~20% 程度の性能低下に抑えられることを確認した。この実装をベースに、2013 年 11 月に、スーパーコンピュータのビッグデータ処理の省エネルギー性を競うランキングである Green Graph500 に計測結果を投稿した結果、SCALE30 の問題で 4.35MTEPS/W となり、Big Data Category で 4 位 (EBD-RH5885v2) の成績となり、シングルノードの性能では世界第 1 位となった。

また、別途開発を進めている Backward Graph のみを用いた Hybrid BFS Algorithm の実装を基盤に、使用頻度の多い頂点を DRAM へ残し、残りの頂点をフラッシュデバイスへ退避することで、より少ないホストメモリ容量でより大規模なグラフサイズを解く手法を提案し、開発を進めた。現状では、ホストのメモリの 4 倍のサイズのグラフを解くことができ、ホストのメモリのみで解ける問題サイズの性能と比較して、6.9% の性能低下に抑えられることを確認した。

#### 汎用グラフ処理モデル GIM-V の複数 GPU による大規模計算

MapReduce プログラミングモデルに基づく大規模グラフ処理手法である GIM-V (Generalized Iterative Matrix-Vector multiplication) アルゴリズムを、現在我々が開発を進めている、数千~数万のアクセラレータを搭載したスパコン上でのデータ並列処理を目指した MapReduce 型のソフトウェア基盤である Hamar (Highly Accelerated MapReduce) への適用を進めた。特に、GPU のデバイスメモリの容量を超えるデータの処理への対応を進め、Map, Reduce ではホストメモリ、デバイスメモリ間のストリーミング転送、Sort に関しては、ストリーミング転送と External Merge Sort の実装を進めた。さらに、別プロジェクトで開発を進めている、省電力・少スペースな mini SATA SSD を複数組み合わせることで、従来の SSD や PCI-E 接続型のフラッシュメモリに比べ、大容量かつ高バンド幅、高 IOPS を実現する EBD IO 手法の適用を進め、GPU に代表されるメモリーコアアクセラレータと不揮発性デバイス間での最適なデータ転送の要素技術の開発を行った。

### 【発表論文・学会発表等】

#### 査読付き論文

- [1] Katsuki Fujisawa, Toshio Endo, Yuichiro Yasui, Hitoshi Sato, Naoki Matsuzawa, Satoshi Matsuoka and Hayato Waki, "Peta-scale General Solver for Semidefinite Programming Problems with over Two Million Constraints", In Proceedings of the International Conference

on Parallel and Distributed Processing Symposium 2014 (IPDPS2014), Phoenix, USA, May, 2014. (to appear)

- [2] Koichi Shirahata, Hitoshi Sato, Toyotaro Suzumura and Satoshi Matsuoka, "A Scalable Implementation of a MapReduce-based Graph Processing Algorithm for Large-scale Heterogeneous Supercomputers", 13th IEEE/ACM International Symposium on Cluster, Cloud and Grid Computing (CCGrid), Delft, Netherlands, May, 2013.

#### 査読付きワークショップ

- [3] Keita Iwabuchi, Hitoshi Sato, Ryo Mizote, Yuichiro Yasui, Katsuki Fujisawa and Satoshi Matsuoka, "Hybrid BFS Approach Using Semi-External Memory" IPDPS-HPDIC2014 3rd High Performance Data Intensive Computing Workshop, Phoenix, Arizona, USA, May 23, 2014. (to appear)
- [4] Takafumi Saito, Kento Sato, Hitoshi Sato and Satoshi Matsuoka, "Energy-aware I/O Optimization for Checkpoint and Restart on a NAND Flash Memory System", In the Workshop on Fault-Tolerance for HPC at Extreme Scale 2013 (FTXS2013) in conjunction with the International Symposium on High Performance Parallel and Distributed Computing (HPDC13), New York, USA, June, 2013.

#### テクニカルレポート

- [5] 岩渕 圭太, 佐藤 仁, 溝手 竜, 安井 雄一郎, 藤澤 克樹, 松岡 聡, 不揮発性メモリを考慮した Hybrid-BFS アルゴリズムの省メモリ化, 情報処理学会 第 143 回ハイパフォーマンスコンピューティング研究発表会, 3 月 2014 年.
- [6] 岩渕 圭太, 佐藤 仁, 溝手 竜, 安井 雄一郎, 藤澤 克樹, 松岡 聡, 不揮発性メモリを用いた Hybrid BFS アルゴリズム, 情報処理学会 第 147 回アルゴリズム研究発表会, 3 月 2014 年.
- [7] 佐藤仁, 松岡聡 "Extreme Big Data 時代に向けた TSUBAME スーパーコンピュータ上での取り組み", AXIES 大学 ICT 推進協議会 (AXIES2013), 幕張, 2013 年 12 月.
- [8] 三浦 信一, 渡邊 寿雄, 佐藤 仁, 遠藤 敏夫, 東京工業大学の HPCI に関する取り組み, 大学 ICT 推進協議会 (AXIES2013), 幕張, 2013 年 12 月.
- [9] 建部 修見, 原田浩, 實本英之, 佐藤仁, 平川学, HPCI 共用ストレージの性能評価, 情報処理学会 第 142 回ハイパフォーマンスコンピューティング研究発表会, 札幌, 2013 年 12 月.
- [10] 白幡晃一, 佐藤仁, 松岡聡 "GPU アクセラレータと不揮発性メモリを考慮した I/O 性能の予備評価, 第 141 回ハイパフォーマンスコンピューティング研究発表会, 那覇, 2013 年 9 月.
- [11] 岩渕圭太, 佐藤仁, 安井 雄一郎, 藤澤 克樹, 松岡 聡, "不揮発性メモリを用いた Hybrid-BFS アルゴリズムの最適化と性能解析" 情報処理学会 第 141 回ハイパフォーマンスコンピューティング研究発表会, 那覇, 2013 年 9 月.

#### ポスター発表

- [12] Hideyuki Shamoto, Koichi Shirahata, Aleksandr Drozd, Hitoshi Sato and Satoshi Matsuoka, "Large-scale Multi-level Sorting for GPU-based Heterogeneous Architectures", HPC in Asia Posters in conjunction with International Supercomputing Conference 2014 (ISC14), June 2014. (to appear, refereed)

- [13]Koichi Shirahata, Hitoshi Sato and Satoshi Matsuoka, “Preliminary I/O Performance Evaluation on GPU Accelerator and External Memory “, GPU Technology Conference 2014, Mar. 2014.
- [14]Keita Iwabuchi, Hitoshi Sato, Yuichiro Yasui, and Katsuki Fujisawa, "Performance Analysis of Hybrid BFS Approach Using Semi-External Memory", SC 2013 Regular, Electronic, and Educational Poster, International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis 2013 (SC2013), 2013. (refereed)
- [15]Katsuki Fujisawa, Toshio Endo, Hitoshi Sato, Yuichiro Yasui, Naoki Matsuzawa, Hayato Waki, “Peta-Scale General Solver for Semidefinite Programming Problems with Over Two Million Constraints” SC13 Regular, Electronic, and Educational Poster, International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis 2013 (SC13), Denver, USA, November 2013. (refereed)
- [16]Katsuki Fujisawa, Toshio Endo, Hitoshi Sato, Yuichiro Yasui, Naoki Matsuzawa, and Hayato Waki, "Peta-scale General Solver for Semidefinite Programming Problems with over Two Million Constraints", GTC Japan 2013, 2013. (Best poster award)
- [17]白幡晃一, 佐藤仁, 鈴木豊太郎, 松岡聡. MapReduce 型グラフ処理アルゴリズムの複数 GPU による大規模計算, GTC Japan 2013, July 2013.
- [18]Katsuki Fujisawa, Toshio Endo, Hitoshi Sato, Yuichiro Yasui, Naoki Matsuzawa, and Hayato Waki, "Peta-scale General Solver for Semidefinite Programming Problems with over Two Million Constraints", The ISC'13 HPC in Asia Session, 2013. (refereed)
- [19]岩渕 圭太, 佐藤仁, 安井 雄一郎, 藤澤 克樹, 松岡 聡. “不揮発性メモリを用いた Graph500 ベンチマークの大規模実行へ向けた予備評価”, 先進的計算基盤システムシンポジウム SACSIS2013, May. 2013.

## 講演

- [20]Hitoshi Sato, Towards Extreme-scale Graph Processing with Deepening Memory Hierarchy、Big Data and Extreme Computing Fukuoka, Japan, Fukuoka, February 2014.
- [21]Hitoshi Sato, Towards Extreme-scale Graph Processing, Japan-UK Big Data Research Workshop、Tokyo, February 2014.

## その他

- Graph500 (November 2013) 96 位(EBD-RH5885v2), 98 位 (MEM-CREST Node #1), 117 位 (EBD-prototype-m).
- Green Graph500 (November 2013) Big Data Category 4 位(EBD-RH5885v2 シングルノードの性能では世界第一位), Small Data Category 19 位 (MEM-CREST Node #1).

### 【研究の概要と成果】

#### 流体アプリケーションの AMR 構造格子に向けた GPU 実装と乱流と物体の流体構造連成解析に関する研究

2013 年度は、昨年度に東京工業大学・学術国際情報センターの TSUBAME グランドチャレンジ大規模計算制度を利用し、4032 台の GPU を用いて東京都心 1 m 解像度気流計算に世界で初めて成功した格子ボルツマン法の計算コードを発展させ、乱流と複雑物体の連成解析手法を開発した。車体周りの乱流解析を行った結果、車体周囲の流れが激しく乱される様子を再現し、車体形状の最適設計の為の基礎的な評価手法を確立した。今年度の秋に TSUBAME の GPU が NVIDIA Tesla K20X へと更新されたのに対応し、計算コードの最適化を行い、3968 台の GPU を用いた計算では 1.14PFlops (単精度) を達成した。TSUBAME 2.0 に比べて 1 GPU あたり 1.93 倍の高速化を達成し、計算時間の効率的な短縮によるアプリケーションの省電力化等に貢献した。また、今年度 5 月に、高精度な流体計算手法について提案した論文「コンパクト差分を用いた高次精度マルチ・モーメント法」に対して平成 24 年度の日本計算工学会の論文賞を受賞した。本年度の研究概要について、以下で詳細な内容を述べる。

自動車の車体や飛行機の翼など、最適設計を行うには物体周りの速度変動やそれに伴う圧力変動を正確に予測し制御することが極めて重要である。乱流と物体との連成問題に関しては解明されていないことが非常に多く、高精度・高解像度の大规模流体シミュレーションが必要とされる。ラージエディ・シミュレーション (LES) は実用レベルの乱流計算手法としては最も精度が高く、既に広く用いられている。しかし、高レイノルズ数の流れでは十分な格子解像度が必要であり大规模計算が必要とされる。格子ボルツマン法は基本的な部分の計算アルゴリズムが単純であるために GPU を用いた大规模計算に対して適している。本研究グループは、従来広く用いられている動的スマゴリンスキーモデルに匹敵する精度と共に、GPU 計算に適した並列性を有する最新の乱流モデルを開発しており、これを適用することで複雑物体周りの大规模計算を実行できる。複雑形状周りの LES として、車体周りの流体解析を行った。車体の物体形状は、三角形の頂点と法線ベクトルからなる STL データを格子点上の距離関数へと変換することで読み込んだ。距離関数のデータ構造として、物体表面近傍のみデータを持つ AMR 構造格子を用いる事で計算のメモリ量を削減した。計算条件として、格子解像度 4.2mm、計算領域 13m × 6.5m × 3.25m、格子点数 (N1, N2, N3) = (3072, 1536, 768) を設定し、288 台の GPU にて計算を行った。境界条件として、主流方向に流入・流出境界条件を、スパン方向および高さ方向には主流方向速度を流入速度とした Dirichlet 境界条件を設定した。流入速度 (走行速度) は 60km/h とした。本計算では LBM の速度分布関数のモデルとして D3Q27 モデルを適用して解析を行った。

図 1 に車体周りの空気の流れを粒子で可視化した結果を示す。計算結果より、車体下部および車体後方だけでなく、ホイール周辺やミラー後方などの領域においても粒子が激しく乱されている様子が再現された。以上より、現実に存在する様な高レイノルズ数の乱流解析に対して本計算手法が有効であることが分かる。より高精度な計算を行うためには、乱れが大きい領域に対して局所的に高解像度格子を用いる必要があり、適合格子細分化法 (AMR) 法の導入が必須となる。

今年度の9月よりTSUBAMEのGPUがNVIDIA Tesla K20Xに入れ替えられTSUBAME 2.5へと更新されたのに対応し、格子ボルツマン法の計算コードの最適化を行った。TSUBAME 2.0およびTSUBAME 2.5での弱スケーリングの結果を図2に示す。並列計算の大きなオーバーヘッドとなるGPU間の通信を分割領域内の計算とオーバーラップさせることにより、ノード内の演算性能が上がったTSUBAME 2.5においても良いスケーリングが得られ、3,968台のGPUを用いた計算では1.14PFlops(単精度計算)を達成した。また、TSUBAME2.0に比べて1GPUあたり1.93倍の高速化を達成し、計算時間の効率的な短縮等によるアプリケーションの省電力化等にも貢献した。

来年度は、今年度に関連した流体構造連成手法にAMR法を導入することで車体周りの最適化技術の確立へと貢献すると共に、AMR法を用いた大規模計算に適したアルゴリズムの開発を行う。

#### 【招待講演等】

- [1] 小野寺直幸、“TSUBAME2.0の全ノードを用いた東京都心部10km×10kmの1m解像度による気流シミュレーション”、GTC (GPU Technology Conference) Japan 2013、東京、2013年7月
- [2] 小野寺直幸、“TSUBAME 2.0の全ノードを用いた格子ボルツマン法による東京都心部10km四方の大規模LES気流シミュレーション”、第5回アクセラレーション技術発表討論会(主催:電子情報通信学会集積回路研究専門委員会)、会津、2013年9月
- [3] 小野寺直幸、“TSUBAME 2.0の4,032台のGPUを用いた格子ボルツマン法による大規模LES気流シミュレーション”、学術情報メディアセンターセミナー「GPUコンピューティングにおける計算事例」、京都、2013年10月
- [4] 小野寺直幸、“TSUBAMEのGPUを用いた格子ボルツマン法による流体構造連成のラージエディ・シミュレーション”、日本学術会議第3回計算力学シンポジウム、東京、2013年12月

#### 【学会発表等】

- [1] 小野寺直幸、青木尊之、下川辺隆史、小林宏充、宮下達治、“TSUBAME 2.0の4032台のGPUを用いた格子ボルツマン法による都市部10km四方の大規模LES気流シミュレーション”、第18回計算工学講演会、東京、2013年6月
- [2] 小野寺直幸、青木尊之、“複数GPUを用いた複雑移動物体周りの気液二相流解析”、第18回計算工学講演会、東京、2013年6月
- [3] 都築怜理、青木尊之、下川辺隆史、小野寺直幸、“GPUスパコンにおける大規模粒子法計算の動的負荷分散”、第18回計算工学講演会、東京、2013年6月
- [4] 都築怜理、青木尊之、下川辺隆史、小野寺直幸、“GPUによる1億個の粒子を用いた大規模個別要素法シミュレーション”、第18回計算工学講演会、東京、2013年6月
- [5] 藤山崇紘、青木尊之、小野寺直幸、下川辺隆史、“最新マルチコアにおける圧縮性流体計算～GPUとMICの比較～”、第18回計算工学講演会、東京、2013年6月
- [6] 小野寺直幸、青木尊之、“GPUを用いた固体粒子群を含む固気液三相流の大規模シミュレーション”、日本混相流学会・混相流シンポジウム2013、長野、2013年8月
- [7] 小野寺直幸、青木尊之、下川辺隆史、“GPUを用いた格子ボルツマン法による大規模流体・構造連成解析”、日本流体力学会年会2013、東京、2013年9月

- [8] 小野寺直幸、青木尊之、下川辺隆史、“GPU を用いた格子ボルツマン法による流体構造連成のラージエディ・シミュレーション”、日本機械学会 第26回 計算力学講演会、佐賀、2013年11月
- [9] 下川辺隆史、青木尊之、小野寺直幸、“気象計算コードのためのGPUコンピューティング・フレームワーク”、日本機械学会 第26回計算力学講演会、佐賀、2013年11月
- [10] Naoyuki Onodera, Takayuki Aoki, Takashi Shimokawabe, Tatsuji Miyashita, and Hiromichi Kobayashi, “Large-Eddy Simulation of Fluid-Structure Interaction using Lattice Boltzmann Method on Multi-GPU clusters”, 5TH ASIA PACIFIC CONGRESS ON COMPUTATIONAL MECHANICS & 4TH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COMPUTATIONAL MECHANICS (SINGAPORE), 2013年12月
- [11] Takashi Shimokawabe, Takayuki Aoki, and Naoyuki Onodera, "A High-productivity Framework for Weather Prediction Code on Multi-GPU Computing," the 5th Asia Pacific Congress on Computational Mechanics (APCOM2013), Singapore, Dec 2013
- [12] Takashi Shimokawabe, Takayuki Aoki, and Naoyuki Onodera, "Scalability model for multi-GPU computation of stencil applications using regular structured meshes with explicit time integration", 第199回ARC・第142回HPC合同研究発表会 (HOKKE-21), 北海道大学, 2013年12月.
- [13] 小野寺直幸、青木尊之、下川辺隆史、宮下達治、“TSUBAME の GPU を用いた格子ボルツマン法による 東京都心部の大規模気流シミュレーション”、第27回数値流体力学シンポジウム、名古屋、2013年12月
- [14] 下川辺隆史、青木尊之、小野寺直幸、“複数GPUによる格子に基づいたシミュレーションのためのマルチGPUコンピューティング・フレームワーク”2014年ハイパフォーマンスコンピューティングと計算科学シンポジウム HPCS2014、東京、2014年1月
- [15] Takashi Shimokawabe, Takayuki Aoki, and Naoyuki Onodera, "A High-productivity Framework for Multi-GPU computation of Mesh-based applications," First International Workshop on High-Performance Stencil Computations (HiStencils) , Vienna, Austria, Jan 2014

### 【研究の概要と成果】

#### TSUBAME2.5 運用・利用環境向上に関する研究

TSUBAME2.0/2.5（以下、「TSUBAME」という）は運用開始からすでに3年余りが経過し、当初の設計思想と現在の運用形態に乖離が生じている。本問題に対応するために、主にネットワークに関する以下の整備・拡張を実施し、システムの性能向上と安定性向上に取り組んだ。

##### ストレージ用ネットワークの整備

TSUBAME のネットワークは計算とストレージを兼用するため、ネットワークの停止はストレージの停止も意味する。そのためメンテナンス性が低く、安定した運用を行うことが難しかった。本問題を解決するために、ストレージ専用ネットワークを別途構築し、計算用ネットワークから独立させた。これにより、ストレージ部分の安定性の向上が期待できる。

##### IP系ネットワークの拡張

TSUBAME のネットワークは基本的に InfiniBand を用いて整備されている。InfiniBand は既存の Ethernet 系のシステムと親和性が高く、既存の TSUBAME においても 10Gbps クラスの Ethernet 用機器との接続口用意されている。しかしながら、Ethernet 系の接続機器が増加し、これ以上の拡張が難しい状態であった。そこで、InfiniBand 系のネットワークとは別に、主に IP 系の機器を接続する 10Gbps 級の Ethernet 系のネットワークを新たに整備した。これにより、今後増加が予想される、ネットワーク機器の増加に対応可能になった。また、同時に将来的に TSUBAME の機器からの直接インターネット接続も想定し、10Gbps クラスのファイアウォール機能を有する NAT 装置を導入した。加えて、単純な F/W だけではなく、IP アドレスや MAC アドレス、各 VLAN などのレベルでアクセス制御可能な OpenFlow 対応スイッチを導入し、SDN 技術の導入の評価環境を TSUBAME に導入した。

##### セキュリティ対策

今年度は、他組織のスーパーコンピュータにおいて、多くの不正アクセスが発生するインシデントが発生した。これらの状況を鑑み、不正アクセスの防止と検出の仕組み TSUBAME にも整備する必要があった。特に、ログ保全是不正アクセスの防止や、不正アクセス後の原因追及と範囲特定に非常に重要な要素であり、今年度の取り組みとし、ログ保全のための環境を構築した。

### 分散環境システムにおける仮想計算機運用に関する研究

先端ソフトウェア運用基盤は各種のホスティングサービスを HPCI の枠組みの中で利用者に提供し、HPC 資源利用を補完するとともに高度なシステムソフトウェア群の研究開発を支援する。本年度は、HPCI/JHPCN への正式な資源としての採用のため先端ソフトウェア運用基盤の技術検証を実施した。これにより、平成 26 年度からの正式な資源としての運用が決定した。また、システムの安定化のためにネットワーク部の拡張を TSUBAME の IP ネットワークの拡張と共に実施した。特に、既存の先端ソフト運用基盤で提供される仮想計算機環境下のネットワークは、インターネットに直接接続不可能であったため、利用範囲が限られていたが、TSUBAME で導入したファイアウォール装置と連携することで、外部ネットワークへ接続を可能とした。

### HPCI の利用環境向上に関する研究

HPCI では、各組織間のスーパーコンピュータで使用するデータを保管するために、Gfarm ファイルシステムを用いた、HPCI 共用ストレージ環境を東西（東拠点：東京大学、西拠点：理化学研究所計算科学研究機構）に整備している。東京工業大学が HPCI に資源提供している TSUBAME や先端ソフトウェア運用基盤から、共用ストレージへのシームレスな接続のため、一システム提供機関として初めて HPCI 共用ストレージを整備し、既存の HPCI 共用ストレージとの一体的な運用を行う環境を整備した。

整備にあたり、主にネットワーク環境の整備と他組織との接続調整を行った。本ストレージは平成 26 年 3 月 28 日をもって、HPCI の正式な資源として、運用を開始し、これにより、TSUBAME や先端ソフトウェア運用基盤より HPCI 共用ストレージへの高速なデータ転送が可能になった。

### 【発表論文・学会発表等】

- [1] 野村 哲弘, 三浦 信一, 遠藤 寿雄, 松岡 聡, 鈴木 総一郎, 丸山 直也, “システム評価のためのアプリケーション性能リポジトリの構築と性能モデルの評価“, 情報処理学会研究報告 2013-HPC-140, No.6, 2013 年 7 月
- [2] 三浦 信一, 渡邊 寿雄, 佐藤 仁, 遠藤 敏夫, “東京工業大学の HPCI に関する取り組み“, 大学 ICT 推進協議会 (AXIES2013), 幕張, 2013 年 12 月
- [3] 三浦 信一, 滝澤 真一郎, 松岡 聡, 棟朝 雅晴, 實本 英之, 小林 泰三, “HPCI 先端ソフトウェア運用基盤の構築と運用“, 第 143 回ハイパフォーマンスコンピューティング研究発表会, Vol.2014-HPC-143(30), 2014 年 3 月.

### 【研究の概要と成果】

#### アプリケーション性能評価手法に関する研究

将来の HPCI (High Performance Computing Infrastructure) システムのあり方の調査研究として、東京大学、筑波大学、東北大学をそれぞれ中心としたチームにより、次世代スーパーコンピュータのアーキテクチャ案がそれぞれ策定されようとしているが、それらに対して共通する評価機軸を提供するため、共通のアプリケーション群をもとにしたベンチマークおよび性能モデルを提供するべく理化学研究所計算科学研究機構と共同で研究を行った。

本学に設置されている TSUBAME2.0/2.5 および京コンピュータ上で性能モデルの元となるアプリケーションの性能評価を行うために、Scalasca, Vampir を中心とするツール群を用いた性能評価マニュアルを作成し、アプリケーション開発者を対象とした性能評価ワークショップを開催することにより、10 を超えるアプリケーションについて演算数、メモリフットプリントサイズ、メモリアクセス総量、通信量の各指標を機械的に計測することができることを確認した。

このようにして得られたベンチマーク結果を格納し、性能モデルを作成・評価するためのインフラストラクチャとして、性能評価リポジトリの作成を提案し、プロトタイプとなる実装を作成した。リポジトリに格納すべきデータ・メタデータの仕様については米国 Oak Ridge National Laboratory の研究チームと共同で検討しており、得られた結果を相互に活用できるようにすることを予定している。このようなレポジトリを作成することにより、アプリケーションの性能モデルを評価するだけでなく、性能モデルから新たなアーキテクチャ上でのアプリケーション性能の予測や、アーキテクチャのパラメータからアプリケーションの適否の予測が可能になると見込んでいる。

#### 【発表論文・学会発表等】

- [1] 野村哲弘, 三浦信一, 遠藤敏夫, 松岡聡, 鈴木惣一郎, 丸山直也. システム評価のためのアプリケーション性能リポジトリの構築と性能モデルの評価, 2013 年並列/分散/協調処理に関する『北九州』サマー・ワークショップ (SWoPP 北九州 2013), 情報処理学会 研究報告, 情報処理学会, Vol. 2013-HPC-140, No. 4, pp. 1-6, Jul. 2013.
- [2] Chih-Song Kuo, Akihiro Nomura, Satoshi Matsuoka, Aamer Shah, Felix Wolf, Ilya Zhukov. Environment Matters: How Competition for I/O among Applications Degrades their Performance, 第 199 回計算機アーキテクチャ・第 142 回ハイパフォーマンスコンピューティング合同研究発表会 (HOKKE-21), IPSJ SIG Technical Reports, 情報処理学会, Vol. 2013-HPC-142, No. 11, pp. 1-7, Dec. 2013.
- [3] Akihiro Nomura, Shin'ichi Miura, Toshio Endo, Satoshi Matsuoka. Application Performance Characterization towards Exa-scale Supercomputers (Poster), HPC in Asia workshop, International Supercomputing Conference 2014, Jun. 2014. (Accepted)

**【Research Summary and Results】**

**High performance and fault-tolerant network design for post-petascale HPC systems as an indirect boost for climate simulations**

The main objectives within the G8 ECS project are to identify bottlenecks in the current design approach from the highest level, algorithms, to the lowest level, system design, which prevents climate simulations to run at an exascale level. Our work focuses on the indirect performance/scalability improvements achievable with an enhanced network layer, rather than the direct improvements achievable via source code redesign.

As a first stage, we built a tool chain (shown in Fig. 1), which allows us to simulate the performance of different routing algorithms on state-of-the-art network topologies. This was combined with an injection of network failures to make design decisions for a future fail-in-place network. Fail-in-place networks will enable high communication performance, a crucial component for application scalability, while being extremely resilient for non-critical network failures, which increases the system availability for climate simulations and decreases the need for application level resiliency.

In conclusion of our simulations, the change of the routing algorithm from the currently used Up\*/Down\* routing to DFSSSP routing on TSUBAME2.5 would not only lead to a higher performance of the MPI\_Alltoall on the fault-free network, as shown in Fig. 2, but also will increase the fail-in-place characteristic of the network. Both will support the efforts to achieve exascale climate simulations. A next step will be a detailed analysis of the communication layer of the climate simulation and a co-design phase to match the needs of the climate simulation with the underlying network infrastructure, i.e., topology and routing algorithm.

**【Publications and Presentations】**

Not yet published; currently in review process

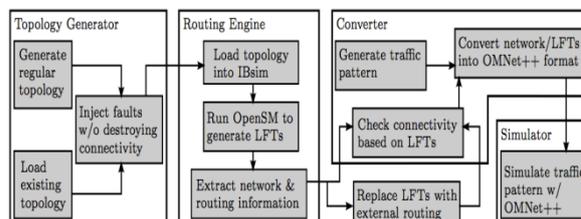


Figure 1: MPI\_Alltoall runtime simulation for TSUBAME2.5 using different routing algorithms while network failures have been injected

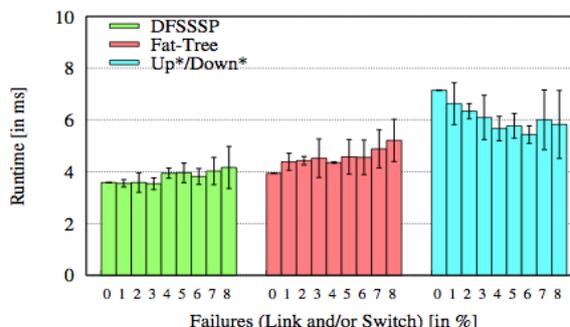


Figure 2: MPI\_Alltoall runtime simulation for TSUBAME2.5 using different routing algorithms while network failures have been injected

### 【研究の概要と成果】

#### LES (Large-Eddy Simulation) を用いた乱流と物体との流体構造連成問題の検討

自動車周りの流れ、風力発電機のブレード周りの流れなど、乱流中で運動する物体への抗力や揚力を検討することは、非常に重要である。移動物体と流体との構造連成問題は、血液流と血管壁との連成問題など、遅い流れで検討が進んでいる。一方で、自動車や風力発電機などでは、風が速く乱流状態の流れ場の中で、物体が非定常に移動する。これまでは物体は固定もしくは一定速度で移動している状態で、高速流体がその周りを流れる計算が行われてきている。しかしながら、車は不規則なカーブを曲がることもあり、風力発電機のブレードの回転速度は風速によって時々刻々と変化する。このように乱流と非定常物体との構造連成問題は、非常に重要であることが知られているが、計算性能が追いつかず、未解決の問題として残されてきた。

本研究では、卓球で用いられるピンポン玉の挙動を計算することを目的としている。角をもつ物体では流体の剥離点が角の位置に固定されるが、球体は理想的な形状ではあるものの、球の回転・移動に伴い流体の剥離点が球上を連続的に変化することから、高解像度計算が要求される最もチャレンジングな連成問題である。回転球体が曲がる現象はマグヌス効果と呼ばれ、物体の移動方向と回転ベクトルとの垂直な向きに力が発生することが原因である。この力が通常方向とは逆にかかる負のマグヌス効果も未解明の問題の1つであり、流れの中で球体が自発的に回転をしている状況下でのマグヌス効果は、現在検討中の大規模連成計算によって初めて明らかになる重要な問題と思われる。

この問題に対して、GPU を用いた高速流体計算に適した格子ボルツマン法を用いて、非定常乱流計算である Large-eddy Simulation の検討を行い、非定常移動物体との連成問題への適用の妥当性を研究した。

#### GPU 高速計算を用いた金星におけるスーパーローテーションの維持機構の乱流現象からの解明

金星は自転速度が約 243 地球日と非常に低速であることに対して、硫酸の雲に覆われた金星上空では時速 350km ほどの速度で大気が金星の自転を追い越して吹いており、その東西風の分布は地面から上層まで直線状の分布になることが観測現象から分かっている。この現象は、金星のスーパーローテーション（超回転）と呼ばれ、その高速の東西風の維持機構は未解明のままである。

ここでは、赤道から極へ向かうゆっくりとした子午面循環（南北風）を仮定して、超回転となる経度方向の東西風の維持について、金星大気が経度方向に一様であることに着目して、経度方向に垂直な 2 次元平面内での理論的、数値的な検討を試みた。乱流モデルとしては、定常計算にも用いることができる  $K-\epsilon$  モデルに対して、渦度のラグランジュ微分に起因する時間スケールを導入することで、この効果を模擬することとした。

本計算は定常 2 次元計算であるが、定常になるまで時間発展をさせる必要がある。その時間刻みが非常に小さくなることから、高速計算が必要であった。そこで、TSUBAME の GPU を用いることで CPU 用に最適化したプログラムに対して、60 倍の高速計算に成功し、研究が飛躍的に進展した。

通常の  $K-\epsilon$  モデルでは、金星の東西風のような高速流では完全に発達した乱流となり、乱流拡散によって、流速分布は一様化して上空の大気の色度は地表の自転速度とほぼ同じになってしまうが、渦度のラグランジュ微分に起因する時間スケールを導入したモデル化により、その時間スケールが非常に小さくなり、速度スケールの2乗と時間スケールの積で表現される乱流粘性係数が非常に小さくなり、層流化が起こるとすると、上空の大気の色度が高速流を維持する超回転状態を再現できることが判明した。

金星の超回転の研究では、乱流現象に関する検討がほとんどなされてこなかったが、乱流の層流化現象が大事であることが分かったことから、今後 GCM (General Circulation Model) を用いた金星の全球計算においても、その効果を導入することで、その維持機構が詳細に解明されていくと思われる。

### LESによるMHD(電磁流体力学)発電機の性能計算とそのMHD発電機の波力エネルギー変換への応用

矩形ダクト内を流れる液体金属に対して、流れ方向に垂直に磁場を印可するとファラデーの法則によって、磁場と流れ方向に垂直な方向に起電力が発生する。その起電力を対抗する壁に一对の電極を設けることで外部に取り出すMHD(電磁流体力学)発電機は、高速回転によって高効率を実現するタービン発電機と異なり、ゆっくりとしているが非常に大きな力を有する波の力を電気エネルギーに変換する場合に適している。

そこで、どのような作動流体が最も高効率となるかを検討するために、電流が流れ込む電極の材質(銅)も考慮した3次元MHD乱流計算をLESによって検討した。本研究では、多くのパラメータの計算を行うために、TSUBAMEを用いた計算の高速化が重要であった。検討の結果、水銀、低融点の合金であるUalloy, Galinstan, NaKの中では、インターラクシオンパラメータ(相互作用係数)が大きく、電気伝導度が低い水銀が、流速低下による壁面損失の低下および電極内のジュール損失の低下に起因して、最も効率が高くなることが分かった。

また、波の上下運動でピストンを押し引きし、そのピストンを介して発電機内の液体金属を動かすことで、連続的に発電を行う波力エネルギー変換システムの周波数応答を理論的および数値的に検討した。ここではピストン部分の断面積と発電機部分の断面積が異なることで発生する形状損失を考慮しており、この損失は速度の2乗で効く非線形効果を与える。本システムの検討の結果、一定の外力で押し込んだ際に得られる終端速度で決まる効率は形状損失によって効率が低下するが、波による外力が周期的に変化するとした場合、その周波数が高くなると、終端速度に達することがなく形状損失の効果が小さくなり、効率は与えた負荷率で与えられる効りに近づき上昇することが分かった。ただし、高周波の波の場合は、ピストンがわずかにしか変位しないことから、高効率であっても得られる電力はわずかとなる。実際の波を模擬した場合も、同様の結果となることが分かった。

#### 【発表論文・学会発表等】

##### 発表論文

- [1] Akira Yoshizawa, Hiromichi Kobayashi, Norihiko Sugimoto, Nobumitsu Yokoi, Yutaka Shimomura, "A Reynolds-averaged turbulence modeling approach to the maintenance of the Venus superrotation", *Geophysical & Astrophysical Fluid Dynamics*, Vol.107, No.6,

pp.614-639 (2013)

#### **国際会議**

- [2] Liancheng Hu, Hiromichi Kobayashi, Yoshihiro Okuno, “Performance of Liquid Metal MHD Generator for Various Working Fluids”, The International Conference on Electrical Engineering (ICEE 2013), Xiamen, China (2013)
- [3] Hiromichi Kobayashi, Yoshihiro Okuno, “MHD Turbulent Duct Flows in a Liquid-Metal MHD Power Generator”, The V International Conference on Coupled Problems in Science and Engineering (COUPLED 2013), Ibiza, Spain (2013)
- [4] Hiromichi Kobayashi, Yoshihiro Okuno, “Liquid metal turbulent duct flows in a magnetohydrodynamic power generator”, International Conference on Computational & Experimental Engineering and Sciences (ICCES'13), Seattle, USA (2013)

#### **国内会議**

- [5] 胡蓮成, 小林宏充, 奥野喜裕, 「Response Analyses of a Liquid Metal MHD Generator」, 電気学会 新エネルギー・環境研究会, 講演要旨集, 新潟, (2013)
- [6] 胡蓮成, 小林宏充, 奥野喜裕, 「液体金属 MHD 発電機における作動流体の影響」, 平成 25 年電気学会全国大会, 講演要旨集, 名古屋, (2013)
- [7] 小林宏充, 胡蓮成, 奥野喜裕, 「非一様磁場が印可された MHD ダクト流れにおける乱流現象」, 第 28 回生研 TSFD シンポジウム, 講演要旨集, 東京, (2013)

**【研究の概要と成果】**

**「顧みられない熱帯病」の寄生原虫治療薬の探索に関する研究**

世界には未だ治療満足度が低く、更なる医薬品の貢献が求められるアンメットメディカルニーズの高い疾患が数多く存在し、いわゆる顧みられない熱帯病 (Neglected Tropical Diseases、以下「NTDs」) も地球規模での保健医療問題と位置づけられ、国家間を超えた取り組みが行われている。本研究は、NTDs の中でもリーシュマニア症、シャーガス病、アフリカ睡眠病といった疾患を引き起こす寄生原虫治療薬探索、ならびに、抗 Dengue ウイルス治療薬探索に寄与するものである。

研究内容は大きく二段階に分かれており、第一段階では、特許や文献等の公開情報に対するデータマイニングを実施し、治療薬探索に関する有用な知識を取り出す。具体的には、東工大の秋山泰教授ら、東大の北潔教授ら、アステラス製薬熱帯感染症研究チームが連携し、「顧みられない熱帯感染症」の病原体に関する膨大な情報を統合した創薬研究向けデータベース『iNTRODB』 (<http://www.bi.es.titech.ac.jp/introdb/>) を活用し、治療薬の創出に有用な知識を取得する。第二段階では、インシリコスクリーニングを用いて、抗寄生原虫活性、ならびに、抗 Dengue ウイルス活性を有する可能性のある化合物を探索する。具体的には、創薬標的蛋白質の三次元構造を解析し、多数の市販化合物から抗寄生原虫活性、ならびに、抗 Dengue ウイルス活性を持つ可能性のある化合物を選び出し、選ばれた化合物リストの中から実際に活性を評価する化合物リストを作成する。現段階で標的分子の同定、インシリコスクリーニングで選抜された化合物の活性評価が進行中である。

今後、NTDs 感染で苦しむ患者さんのために早期に治療薬が生み出されるように、本研究を通じた取り組みを通じグローバル規模の保健医療問題の改善に貢献する。

**【発表論文・学会発表等】**

- [1] Hagiwara Y, Ohno K, Orita M, Koga R, Endo T, Akiyama Y, Sekijima M. *Curr Comput Aided Drug Des.* 2013 Sep;9(3):396-401.
- [2] Kakuta H, Kurosaki E, Niimi T, Gato K, Kawasaki Y, Suwa A, Honbou K, Yamaguchi T, Okumura H, Sanagi M, Tomura Y, Orita M, Yonemoto T, Masuzaki H. *J Pharmacol Exp Ther.* 2014 Jan 14.
- [3] Takeuchi M, Niimi T, Masumoto M, Orita M, Yokota H, Yamamoto T. *Biol Pharm Bull.* 2014;37(1):31-6.
- [4] FMO 法を用いた抗トリパノソーマ候補薬と標的蛋白質間の相互作用解析 吉野龍ノ介, 安尾 信明, 萩原 陽介, 大野 一樹, 折田 正弥, 井上 将行, 原田 繁春, 本間 光貴, 稲岡 健, 北 潔, 関嶋 政和 情報処理学会研究報告. *MPS, 数理モデル化と問題解決研究報告* 2013-MPS-96(5), 1-7, 2013-12-04

### 【研究の概要と成果】

#### GPU アクセラレータに関する研究

松岡教授および松岡研究室と共同で GPU アクセラレータのプログラミング、性能に関する研究を進めた。特に新しいプログラミングインターフェイスである指示文による GPU プログラミングについて昨年度に引き続き網羅的な性能評価研究を行った。具体的には指示文の仕様として OpenACC に着目し、対応する複数の OpenACC コンパイラを使った評価を行った。その結果、従来の CUDA のような明示的なプログラミングに比べて大幅にプログラミングコストを削減可能であり、適切な GPU 向け最適化により CUDA の場合の 7 割から 8 割程度の性能を達成可能であることがわかった。一方でそのような高性能を達成するためには指示文の挿入以外に元のプログラムそのものの変更が必要になる場合があり、特にデータ構造を GPU 向けに変更することの重要性を確認した。これは CPU 用に最適化されたデータ構造と GPU 用に最適化されたデータ構造が通常は異なることに起因するものであり、現在の OpenACC 指示文によって解決できる問題ではない。そこで我々は OpenACC 指示文を拡張し、自動的に GPU 環境向けにデータ構造を変換するシステムの設計・試作を行った。本変換器では具体的には Array of Structures として記述されたデータ構造を指示文により Structure of Arrays に変換するものであり、これによって元のプログラムを変更無しに GPU 上においても高い実行効率を達成することを狙ったものである。

また、計算コストに比べてデータ移動コストが相対的に大きくなるにつれて、データ移動を最小化することが性能上重要になってきているが、その問題に対して特にテンポラルブロッキングとよばれる時間軸上のブロッキングの有効性が確認されている。我々は GPU 計算におけるホスト・GPU間の PCI 転送に着目し、同転送コストを隠蔽するブロッキング手法をステンシル計算向けフレームワーク Physis に実現するための試作を行った。ブロッキングアルゴリズムは松岡研究室にて開発されたものを用い、これをフレームワークが生成するコードに自動適用する。本ブロッキング手法は人手による実装が大変煩雑になり現実的には適用が困難である問題があるが、Physis フレームワーク内に実現することにより同フレームワークが提供する DSL を用いてプログラムを記述さえすれば自動的にホスト・GPU間転送コストを大幅に隠蔽可能であることを確認した。

### 【発表論文・学会発表等】

#### 論文誌および査読付き学会発表

- [1] Naoya Maruyama, Takayuki Aoki, "Optimizing Stencil Computations for NVIDIA Kepler GPUs," International Workshop on High-Performance Stencil Computations, Vienna, January 2014.
- [2] Toshiya Komoda, Shinobu Miwa, Hiroshi Nakamura, Naoya Maruyama, "Integrating Multi-GPU Execution into an OpenACC Compiler," 42nd International Conference on Parallel Processing (ICPP), pp. 260--269, Lyon, France, October 2013.
- [3] Mohamed Attia Wahib, Naoya Maruyama, "Highly Optimized Full GPU-Acceleration of Non-hydrostatic Weather Model SCALE-LES," IEEE Cluster 2013, Indianapolis, IN, USA, September 2013.

- [4] Tetsuya Hoshino, Naoya Maruyama, Satoshi Matsuoka, Ryoji Takaki, "CUDA vs OpenACC: Performance Case Studies with Kernel Benchmarks and a Memory-Bound CFD Application," Proceedings of the 2013 IEEE/ACM International Symposium on Cluster, Cloud and Grid Computing (CCGrid 2013), Delft, the Netherlands, May 2013.
- [5] Mohamed Slim Bouguerra, Ana Gainaru, Leonardo Bautista Gomez, Franck Cappello, Satoshi Matsuoka, Naoya Maruyama, "Improving the Computing Efficiency of HPC Systems Using a Combination of Proactiev and Preventive Checkpointing," Proceedings of the 27th IEEE International Parallel and Distributed Processing Symposium (IPDPS'13), Boston, USA, May 2013.

**査読無し発表、ポスター等**

- [1] 河村知輝, 丸山直也, 松岡聡, 自動テンポラルブロッキングによる大規模ステンシル計算の実現, 情報処理学会研究報告ハイパフォーマンスコンピューティング (HPC), 2014年3月.
- [2] 星野哲也, 丸山直也, 松岡聡, CPU-GPU それぞれに最適なデータレイアウトを選択可能にする OpenACC ディレクティブ拡張, 情報処理学会研究報告ハイパフォーマンスコンピューティング (HPC), 2014年3月.

### 【研究の概要と成果】

#### 量子化学計算プログラムの GPGPU 化に関する研究

GPGPU などのアクセラレータを用いた科学技術計算の高速化が計算物理や計算化学などの分野で行われており、その成果も数多く報告されている。しかし、計算機を用いた応用計算が盛んに行われている量子化学分野では、GPGPU 向けのコード作成や最適化の報告はいくつか存在するが、その大規模な応用例などは報告されていない。その原因のひとつとして、分子積分と呼ばれるカーネルコードが複雑で、その GPGPU 化が進んでいないことが挙げられる。そこで今回、大規模生体分子への応用が期待されており、メモリ使用量が少なく、かつ、大規模並列処理向きの量子化学計算手法であるフラグメント分子軌道 (FMO) 法を行うためのプログラム OpenFMO を対象プログラムとして採用し、FMO 計算の GPGPU 化の第一段階として、その分子積分計算部分を GPGPU 化することにした。

GPGPU 化に際して、まず、OpenFMO プログラムから分子積分計算を行っている部分を抜き出して、その部分(積分 BMT コード)を単体で実行できるように変更した。これは、GPGPU 化の対象を小さく絞ることで、GPGPU 化の作業や検証を容易にするためである。

次に、「TSUBAME2.0 における高使用 CPU アプリケーションのアクセラレータへの胃初期支援サービス」を利用して、作成した積分 BMT コードの GPGPU 化を試みた。その際に、まず、GPGPU 化を行う際にコード開発が比較的容易であり、NVIDIA 社製以外のアクセラレータへの対応も可能である OpenACC による GPGPU 化、および、その性能の検証を行った。その結果、複数のスレッドで配列を共有していることや計算粒度が小さいこと (ループ長が短い)、ならびに、atomic な処理が必要となるリダクション演算が存在することなどにより、OpenACC による GPGPU 化では性能が出にくいことが判明した。

そこで、NVIDIA 社製アクセラレータに対するアプリケーションプログラムのより高度な最適化を行うことができる CUDA を用いて、積分コードの GPGPU 化を行った。その際に、OpenACC 化で問題になっていたリダクション演算部分に atomic 処理を行う回数を軽減するための既存研究の成果を適用することで、該当処理部分の性能が向上した。今回の積分 BMT コードには 21 種類の積分計算コードが含まれているが、その全ての GPGPU 化が完了し、FMO 計算で行う標準的な大きさの入力を用いて積分 BMT コードを実行した場合で、GPGPU 化によって CPU の 7.12 倍の速度向上を達成した。この成果を利用して、今後、FMO 計算全体の GPGPU 化を行いたいと考えている。

また、GPGPU 化した積分 BMT コードの性能評価の結果、一部積分コードにおいてレジスタ使用数が GPGPU (Kepler 世代) の最大値に達していたことから、積分計算における使用レジスタ数を削減するための工夫が必要であることが判明した。この知見を今後の積分プログラム (アルゴリズム) 開発に繋げたい。

### 【発表論文・学会発表等】

#### 発表論文

- [1] 「京コンピュータでの効率的な動作を目指した並列 FMO プログラム OpenFMO の高性能化」稲富雄一, 眞木淳, 本田宏明, 高見利也, 小林泰三, 青柳睦, 南一生  
Journal of Computer Chemistry, Japan, Vol.12(No.2) (2013)145-155.

- [2] 「フラグメント分子軌道法に現われる Fock 行列計算の GPGPU 化」, 梅田宏明, 埜敏博, 庄司光男, 朴泰祐, 稲富雄一 情報処理学会論文誌コンピューティングシステム (ACS) ,6(4),26-37  
(2013-10-30) , 1882-7829
- [3] 「並列フラグメント分子軌道プログラム OpenFMO の超並列化」, 稲富雄一, 井上弘士, 眞木淳, 本田宏明, 青柳睦, 日本化学会情報化学部会誌 Vol. 32(No.1) (2014) 6-12.

#### **学会発表**

- [1] 「耐障害性を考慮した並列 FMO プログラムの実装」, 稲富雄一, 梅田宏明, 辻美和子, 村井均, 南一生, 横川三津夫, 佐藤三久, 青柳睦, 日本コンピュータ化学会 2013 春季年会, 2013.5.30-31, 東京工業大学
- [2] 「超並列フラグメント分子軌道法プログラム OpenFMO の開発」, 稲富雄一, 眞木淳, 本田宏明, 石元孝佳, 梅田宏明, 渡邊寿雄, 池上努, 青柳睦, 第 7 回分子科学総合討論会 2013, 2013.9.24-27, 京都テルサ (京都)

#### **招待講演**

- [1] 「量子化学計算プログラムの並列化と問題点」, 稲富雄一, 超並列計算シンポジウム「科学技術計算のための超並列計算の展望—利活用とその課題—」, 2014.3.15, 首都大学東京南大沢キャンパス

### 7-3 受賞学術賞等

小野寺直幸，青木尊之，杉原健太:

平成24年度 日本計算工学会・論文賞

論文題目「コンパクト差分を用いた高次精度マルチ・モーメント法の開発」(2013年5月16日)

下川辺隆史，青木尊之，小野寺直幸:

情報処理学会・ハイパフォーマンスコンピューティングと計算科学シンポジウム (HPCS 2014)・最優秀論文賞

論文題目「複数GPUによる格子に基づいたシミュレーションのためのマルチGPU コンピューティング・フレームワーク」  
(2014年1月8日)

下川辺隆史:

IEEE Computer Society Japan Chapter 2013年度 優秀若手研究賞  
(2014年1月8日)

下川辺隆史:

情報処理学会・計算機アーキテクチャ研究会若手奨励賞  
第189回ARC・第132回HPC合同研究発表会 (HOKKE-19)

論文題目「Scalability model for multi-GPU computation of stencil applications using regular structured meshes with explicit time integration,」  
(2014年2月14日)

テチャウオンサコン・タナチョート，平井秀平，ホスラヴィ・モハンマドホセイン，ピパットポンサー・ティラポン

湿潤第48回地盤工学研究発表会優秀論文発表者賞珪砂・アクリル板間の摩擦抵抗およびそのすべりメカニズム 公益社団法人地盤工学会 (平成26年11月29日)

## 8. 業務貢献

### 8-1 専門委員会所属・開催状況

氏名	認証基盤	ネットワーク	コンピュータシステム		グローバル 資源	共同利用	広報
			(研究系)	(教育系)			
佐伯元司	○			○		○	○
山田 功	○	○	○	○			
青木尊之				○	○	◎	○
山口雅浩	◎	○					
権藤克彦	○	○	○	◎			
友石正彦		◎	○				
松岡 聡		○	◎		○	○	
山口しのぶ					◎		
飯田勝吉	○	○					
Pテイラホン			○		○		○
関嶋政和			○		○	○	◎
遠藤敏夫		○					
松浦知史		○					
渡邊陽介	○						○
下川辺隆史			○			○	
渡邊寿雄						○	○
額田 彰							
金 勇		○					
佐藤仁			○				
三浦信一			○				○

専門委員会開催数 (メール審議含む)	認証基盤専門委員会	2回
	ネットワークシステム専門委員会	2回
	コンピュータシステム専門委員会	14回
	研究システムWG	0回
	教育システムWG	0回
	T S U B A M E 課金検討WG	3回
	グローバル情報資源活用協働専門委員会	2回
	共同利用専門委員会	13回
	広報専門委員会 S C ブース展示WG	0回 3回

定期ミーティング開催数	認証基盤システム	45回
	ネットワークシステム	48回
	コンピュータシステム	40回
	T S U B A M E	50回
	教育システム	24回
	共同利用・共用促進事業	40回

## 8-2 調査・広報活動（見学・来賓・式典対応状況）

件名	対応者氏名
マラヤ大学（マレーシア）（04/08/2013）	ティラポン
アブダビ教育評議会（ADEC）（04/17/2013）	遠藤
インペリアル・カレッジ・ドンドン （04/18/2013）	額田
フィリピンデラサール大学学生（05/07/2013）	下川辺、小野寺
沖縄科学技術大学院大学（05/17/2013）	額田
韓国科学技術学院 精華大学 MIL 他 （07/01/2013）	下川辺
ハルビン工業大学（08/01/2013）	関嶋
工大祭（10/12, 13/2013）	佐伯、青木、遠藤、ティラポン、渡邊（寿）
エヌ・ティ・ティ・コムウェア株式会社 （10/22/2013）	遠藤
石川工業高等専門学校 他（11/15/2013）	コンピュータシステム担当
茨城県立並木中等教育学校（11/18/2013）	コンピュータシステム担当
Northern Arizona University（11/21/2013）	コンピュータシステム担当
韓国 京畿科学高校（01/15/2014）	下川辺

## 8-3 講演会・セミナー・シンポジウム等企画・実施状況

件名	企画・実施者氏名
平成 25 年度春の講習会（04/30/2013）	情報基盤課基盤システム GP
平成 25 年度秋の講習会（10/02/2013）	情報基盤課基盤システム GP
高校生のための CUDA サマーキャンプ （08/01/2013）	青木
第 19 回スパコンコンテスト （08/19～08/23/2013）	実行委員長 権藤

TSUBAME 一般公開 (10/12~10/13/2013)	佐伯、青木、関嶋、遠藤、ティラポン、渡邊（寿）、渡辺（陽）、下川辺
TSUBAME 産業利用シンポジウム (10/03/2013)	青木、渡邊（寿）、佐々木
GPU コンピューティング研究会 (10/17/2013)	青木
SuperComputing 2013 ブース出展 (11/17~11/22/2013)	松岡、青木、関嶋、遠藤、額田 渡邊（寿）、佐藤、
TSUBAME2.5 記念シンポジウム (12/10/2013)	佐伯、青木、松岡、関嶋
GSIC・LDD 共催国際ワークショップ (05/03/2013)	ティラポン
GSIC主催国際シンポジウム：露天掘り炭鉱 における斜面の安定評価・補強・モニタ リング (08/16/2013)	ティラポン
GSIC・インド工科大学マドラス校バイオテ クノロジー学科共催シンポジウム (09/27/2013)	関嶋
GSIC・ユネスコ共催国際シンポジウム (10/17~10/19/2013)	山口（し）
GSIC・ラオスルアンパバーン県世界遺産局 共催ワークショップ	山口（し）

#### 8-4 仕様策定・技術審査対応状況

件名	対応教職員(★委員長)
入室管理システムサーバソフトウェア改 修業務 一式	(仕様策定) ★山口（雅）、飯田、井上、 新里 (技術審査) 伊藤、一瀬
I Cカード 一式	(仕様策定) ★山口（雅）、井上 (技術審査) 伊藤、一瀬
東京工業大学キャンパス包括ソフトウェ アライセンス	(仕様策定) ★山口（雅）、小野、伊藤、 藤田 (技術審査) 根本、新里、一瀬
ウルトラグリーン冷却技術実証実験用計 算サーバ群 一式	(仕様策定) ★遠藤、額田、佐藤、小野 (技術審査) 三浦、野村

三次元電磁界シミュレーションソフトウェア	(仕様策定) ★佐々木, 青木 (技術審査) 渡邊(寿), 下川辺
HPCI 共用ストレージ向けデータアーカイブシステム	(仕様策定) ★佐藤, 額田, 安良岡, 遠藤 (技術審査) 松岡, 三浦
TSUBAME2.0 スーパーコンピュータにおける減災・省エネルギー向けシステムソフトウェア改修業務	(仕様策定) ★遠藤, 野村, 額田, 鶴見 (技術審査) 松岡, 三浦
HPC アプリケーションの性能評価および性能モデル構築支援業務	(仕様策定) ★野村, 遠藤, 滝澤, 安良岡 (技術審査) 松岡, 佐藤
スパコン・クラウド情報基盤における高使用アプリケーションのアクセラレータによる性能向上支援業務	(仕様策定) ★下川辺, 遠藤, 額田, 鶴見 (技術審査) 松岡, 野村
TSUBAME2.0 の社会貢献アプリケーション増強	(仕様策定) ★松岡, 遠藤, 青木, 関嶋 (技術審査) 額田, 下川辺

#### 8-5 国際共同研究コーディネート・マッチング状況

件名	対応者氏名
チェンマイ大学	ティラボン
エルランゲン・ニュルンベルグ大学	青木
IAC-CNR (イタリア)	松岡
ユネスコ アジア・パシフィック地域事務所	山口

東京工業大学学術国際情報センター年報  
2013 年度  
第 12 号

---

編集 東京工業大学学術国際情報センター広報専門委員会  
発行 東京工業大学学術国際情報センター  
〒152-8550 東京都目黒区大岡山 2-12-1  
電話 03-5734-2087

---