

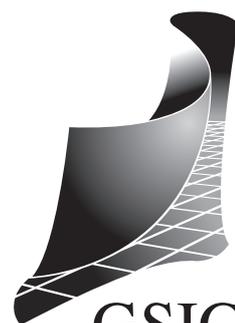
# GSIC年報 Annual Report 2014

---

第 13 号

---

東京工業大学 学術国際情報センター



**GSIC**  
Global Scientific Information  
and Computing Center

## 2014 年度 年報 目次

|                                            |    |
|--------------------------------------------|----|
| 巻頭言                                        | 1  |
| トピックス                                      | 2  |
| 1. 外部評価                                    | 2  |
| 2. CERT (Computer Emergency Response Team) | 5  |
| 3. Adobe・MATLAB 包括契約                       | 7  |
| 4. シドニー・ファーンバック記念賞受賞                       | 15 |
| 5. モンゴル国より北極製勲章、モンゴル教育大学より名誉博士号を授与         | 16 |
| <br>                                       |    |
| 1. 組織・運営                                   | 18 |
| 1-1 組織図                                    | 18 |
| 1-2 教員一覧および人事異動                            | 19 |
| 1-3 事務組織                                   | 21 |
| 1-4 各種委員会メンバー一覧                            | 23 |
| 1-5 運営委員会開催状況                              | 24 |
| 2. 情報基盤                                    | 26 |
| 2-1 スーパーコンピュータシステム                         | 26 |
| 2-1-1 構成                                   | 26 |
| 2-1-2 運用                                   | 27 |
| 2-1-3 実績                                   | 30 |
| 2-1-4 TSUBAME 課金システム改定                     | 35 |
| 2-1-5 TSUBAME におけるアプリケーション利用状況と利用分野        | 38 |
| 2-2 教育用計算機システム                             | 42 |
| 2-2-1 構成                                   | 42 |
| 2-2-2 運用                                   | 43 |
| 2-2-3 実績                                   | 43 |
| 2-2-4 次期システム                               | 44 |
| 2-3 ネットワークシステム                             | 47 |
| 2-3-1 有線ネットワーク (Titanet3)                  | 47 |
| 2-3-2 無線ネットワークシステム                         | 49 |
| 2-3-3 その他のサービス                             | 50 |
| 2-3-4 特記事項                                 | 52 |
| 2-4 情報セキュリティ                               | 54 |
| 2-4-1 東工大 CERT の設立                         | 54 |

|       |                                                                                   |    |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2-4-2 | WEB サイトの開設                                                                        | 54 |
| 2-4-3 | 全学向けの注意喚起                                                                         | 54 |
| 2-4-4 | 公開情報を利用した学内の脆弱性調査                                                                 | 55 |
| 2-4-5 | 講演活動等                                                                             | 55 |
| 2-4-6 | 次世代型セキュリティ機器の試験運用                                                                 | 55 |
| 2-4-7 | セキュリティインシデントへの対応                                                                  | 55 |
| 2-5   | キャンパス共通認証・認可システム                                                                  | 56 |
| 2-5-1 | 構成                                                                                | 56 |
| 2-5-2 | 運用                                                                                | 56 |
| 2-5-3 | 実績                                                                                | 57 |
| 2-6   | ソフトウェア包括契約                                                                        | 61 |
| 2-6-1 | 概要                                                                                | 61 |
| 2-6-2 | 運用                                                                                | 61 |
| 2-6-3 | 実績                                                                                | 63 |
| 2-7   | 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                                                      | 65 |
| 2-8   | 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                                              | 69 |
| 2-9   | TSUBAME 共同利用サービス                                                                  | 74 |
| 2-10  | TSUBAME の産業利用サービス                                                                 | 77 |
| 2-11  | TSUBAME グランドチャレンジ大規模計算制度                                                          | 84 |
| 3.    | 国際協働                                                                              | 89 |
| 3-1   | MOU に基づく国際共同研究                                                                    | 89 |
| 3-1-1 | ミュンヘン工科大学 Informatics 専攻、Scientific Computing<br>グループとの TSUBAME を用いた国際共同研究        | 89 |
| 3-1-2 | カンボジア・プノンペン市の 3 次元地質・地盤情報データベースの<br>構築と可視化                                        | 89 |
| 3-1-3 | インド工科大学マドラス校 Dept. of Biotechnology とのバイオイン<br>フォマティクスに関する国際共同研究                  | 90 |
| 3-2   | 国際シンポジウム                                                                          | 91 |
| 3-2-1 | UNESCO アジア太平洋地域事務所との共催地域シンポジウム                                                    | 91 |
| 3-2-2 | サウジアラビア King Abdullah University of Science and<br>Technology (KAUST) との共同ワークショップ | 91 |
| 3-3   | 国際共同研究・協働事業                                                                       | 92 |
| 3-3-1 | JICA(国際協力機構)との協定に基づいた「草の根パートナーシップ<br>型事業」                                         | 92 |
| 4.    | イベント及び啓蒙活動                                                                        | 93 |
| 4-1   | 工大祭・オープンキャンパスにおける TSUBAME 一般公開                                                    | 93 |

|                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------|-----|
| 4-2 Supercomputing 2014 におけるブース出展                             | 94  |
| 4-3 第 20 回スーパーコンピューティングコンテスト                                  | 97  |
| 4-4 講習会                                                       | 99  |
| 4-5 GPU コンピューティング研究会活動                                        | 100 |
| 5. 広報活動                                                       | 104 |
| 5-1 マスコミ報道等                                                   | 104 |
| 5-2 TSUBAME e-Science Journal の発行 (Vol. 11, Vol. 12, Vol. 13) | 106 |
| 5-3 見学者受入状況                                                   | 108 |
| 6. 予算執行状況                                                     | 111 |
| 7. 研究部門活動報告                                                   | 112 |
| 7-1 情報支援部門                                                    | 112 |
| 山口 雅浩                                                         | 112 |
| 権藤 克彦                                                         | 119 |
| 友石 正彦                                                         | 121 |
| 飯田 勝吉                                                         | 122 |
| 松浦 知史                                                         | 124 |
| 實本 英之                                                         | 126 |
| 金 勇                                                           | 127 |
| 木村 文一                                                         | 129 |
| 大溝 拓也                                                         | 132 |
| 7-2 先端研究部門                                                    | 133 |
| 青木 尊之                                                         | 133 |
| 松岡 聡                                                          | 142 |
| 山口 しのぶ                                                        | 153 |
| PIPATPONGSA THIRAPONG                                         | 155 |
| 関嶋 政和                                                         | 159 |
| 遠藤 敏夫                                                         | 162 |
| 渡邊 寿雄                                                         | 168 |
| 額田 彰                                                          | 169 |
| 下川辺 隆史                                                        | 171 |
| 佐藤 仁                                                          | 174 |
| 小野寺 直幸                                                        | 177 |
| 三浦 信一                                                         | 181 |
| 野村 哲弘                                                         | 183 |
| 小林 宏充                                                         | 185 |
| 丸山 直也                                                         | 187 |

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 稲富 雄一                       | 189 |
| 7-3 受賞学術賞等                  | 192 |
| 8. 業務貢献                     | 194 |
| 8-1 専門委員会所属・開催状況            | 194 |
| 8-2 講演会・セミナー・シンポジウム等企画・実施状況 | 195 |
| 8-3 仕様策定・技術審査対応状況           | 196 |
| 8-4 国際共同研究コーディネート・マッチング状況   | 196 |

## 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、2期目、合計4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思っております。私事で恐縮ですが、これでセンター長としての任期を終了することになりました。4年間のご支援どうもありがとうございました。平成27年度からは新たなセンター長が着任いたしますので、引き続きどうぞよろしくお願いたします。

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、平成22年度に組織改革を行いました。組織改革後、5年が経過したこともあり、本年度外部評価を実施いたしました。トピックスにも記載してありますように、外部評価委員の先生方からいただいたご意見をもとに組織として問題点を是正し、一層の向上を目指していく所存でございます。

平成26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、昨年度バージョンアップし、演算性能が5.7PFlopsと向上しましたTSUBAME2.5が2014年度11月のSC14で世界15位(Top500)にランクされ、省エネ性能でも世界12位(Green500)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6月には昨年から引き続き省エネ性能世界1位(Green500)にランクされていたのですが、11月には3位と後退しました。昨今のスパコンの省エネ技術の進化は激しく、当センターでも引き続き一層の省エネ技術の開発に取り組む所存でございます。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、先端研究基盤共用・プラットフォーム形成事業

(TSUBAMEの産業界での利用サービス)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、ポータルサーバーの更新や、Adobeとのソフトウェア包括契約などを行いました。学部低学年向けの教育用計算機もリプレースが終わり、来年度より運用を開始いたします。今後、当センター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 1

### ・外部評価の実施

当センターは、平成13年に総合情報処理センターと理工学国際交流センターが統合し、発足してから、TSUBAMEをはじめとするスーパーコンピュータによる学内外への計算サービスの提供、学内のキャンパスネットワーク、キャンパス共通認証・認可システムの開発・運用、教育用計算機の運用、ソフトウェアサイトライセンスの管理などの情報基盤の運用管理、諸外国との情報分野における協働プロジェクト展開などによる国際機関・開発援助機関との連携を行ってきた。平成22年に改組を行い、情報支援部門と先端研究部門の2部門になり、両部門の密接な連携のもと、いっそうの学内情報基盤支援や先端的研究への取り組みを進めてきた。一方で、国立大学法人化後10年目を迎え、平成19年度から始まった第2期中期目標・中期計画も来年度で最終年度を迎える。以上のような状況を鑑み、当センターでは改組を行ってからの平成22年～25年の4年間の活動に関して外部評価を実施し、次期中期目標・中期計画への課題等を見出すこととした。なお当センターは発足後2年目の平成14年に外部評価を実施しており、今回が2回目である。

外部評価委員、当日の実施内容を以下に示す。

実施日：平成26年9月29日（月） 13：30～17：30

実施場所：東京工業大学 学術国際情報センター(情報棟) 2階 会議室

### 外部評価委員

| 氏名     | 役職名                            |
|--------|--------------------------------|
| ◎米澤 明憲 | 独立行政法人理化学研究所 計算科学研究機構副機構長      |
| 安浦 寛人  | 国立大学法人九州大学 理事・副学長              |
| 小林 広明  | 国立大学法人東北大学 サイバーサイエンスセンター長      |
| 高田 章   | 旭ガラス株式会社中央研究所 特任研究員 日本応用数理学会会長 |
| 大貝 隆之  | 外務省 大臣官房ODA評価室長                |

◎：委員長

### 実施スケジュール：司会 松原情報基盤課長

| 時刻          | 内容                          | 説明担当        |
|-------------|-----------------------------|-------------|
| 13：17～13：23 | 開会挨拶                        | 佐伯 元司センター長  |
| 13：23～14：41 | 外部評価資料の説明                   |             |
|             | 理念と目的、組織・運営、教員の活動           | 佐伯 元司センター長  |
|             | TSUBAMEのシステム、アプリケーション       | 松岡 聡 教授     |
|             | TSUBAMEの外部利用                | 青木 尊之副センター長 |
|             | 学内へのサービス（1）<br>キャンパスネットワーク他 | 友石 正彦教授     |

|             |                                  |            |
|-------------|----------------------------------|------------|
|             | 学内へのサービス（２）<br>キャンパス共通認証・認可システム他 | 山口 雅浩教授    |
|             | 国際活動                             | 山口 しのぶ教授   |
|             | 「開かれた大学」への貢献・広報活動・将来計画           | 山田 功副センター長 |
| 14：41～15：45 | 質疑応答                             |            |
| 15：45～16：20 | TSUBAME 見学                       |            |
| 16：20～16：49 | 委員による打合せ                         |            |
| 16：49～17：15 | 講評                               |            |
| 17：15       | 閉会                               |            |

上表に示すように、あらかじめ評価委員に配布した資料をもとに、各担当教員がセンターの理念、目的、組織構成、研究、業務や学内外に提供しているサービス等を説明し、質疑応答を行った。その後、評価委員に TSUBAME を見ていただき、評価結果の打ち合わせを経て、当センターの教員、職員参加のもと、講評を行っていただいた。評価に際しては、評価の観点に記載した評価シートを各委員にあらかじめ渡し、シートをもとに評価を行っていただいた。シートの評価結果の清書版を後日、評価委員から送ってもらった。当日、使用した資料、評価結果の詳細は、[http://www.j-kiban.titech.ac.jp/doc/26gaibu/f\\_gsic\\_hyoka.pdf](http://www.j-kiban.titech.ac.jp/doc/26gaibu/f_gsic_hyoka.pdf)にあるので、そちらを参照していただきたい。以下に評価結果の概要をあげる。

継続性があまり担保されていない現在の予算や人員体制で、本センターの活動の質の高さと国内外の visibility の高さが維持されているのは驚くべきことである。教職員 1 人 1 人が高い志で目標達成に向けて取り組み、質の高い情報基盤サービスを維持すると共に、情報基盤に関する優れた研究成果をあげており、その活動は国内外から高く評価されている。TSUBAME を核とした最先端情報技術の研究開発の成果は、国際的にも高く評価され、我が国を牽引する高性能計算機開発の拠点としてのさらなる充実と発展を期待している。

一方で、組織面、財政面で不安定な要素も含んでおり、情報基盤という大学の教育研究を支える重要なインフラの維持・発展は大学全体で考えるべきであり、今後の大学改革の中での重要な全学的要素であることを大学執行部に認識してもらい、組織、人員、予算などについて持続的かつ強力な支援体制を早急に検討してもらうような計画を立てる必要がある。それとともに、大学内での情報基盤整備・運用に関するガバナンス体制を構築し、設備面だけでなく、予算・体制構造のあるべき姿を示し、それを学内外にどのように訴えていくか、しっかりした将来ビジョン・将来計画を明確にすべきと思われる。

今後は高度化する情報技術、ますます多様化するユーザーのニーズ、いろいろな海外の動きに対応していくことが求められ、ビジョンと戦略を明確にした活動が一層重要となる。他大学・機関との連携を拡大しながらさらに優れた成果を挙げられることを期待している。



当日の外部評価

## トピック 2

### ・ CERT (Computer Emergency Response Team)

#### 1. 背景

個人情報や機密情報の漏洩、情報システムの停止、不正送金等々私たちの生活や業務を脅かす事件が日常的に発生しており、本学もこのような脅威に晒され続けている。本センターでは情報セキュリティを確保するため下記の対策を行ってきた。

- 幹線ネットワークにおける異常な通信および不正な通信の検知
- ファイル交換ソフトの利用検知および通信の遮断
- サーバ代行サービスによる WWW および DNS サーバの管理集約
- アンチウイルスソフト等の包括ライセンス契約
- 委員会や講習会を通し、施策実施や広報活動の中心的な支援

しかし 2012 年 9 月に発生した尖閣諸島国有化に関連する大規模なサイバー攻撃において本学の学内組織においても被害が発生した。具体的には WEB サイトが改ざんされ、個人情報の流出が疑われた。被害にあった WEB サイトは外部業者に委託管理し運用されていたため、本センターによる情報セキュリティ対策が及ばないケースであった。該当組織と外部業者間において WEB サイトや個人情報の管理手順等が不徹底であるため発生した事件と言える。

本センターの管理下に無い情報システムも含め全学の情報セキュリティ対策を実施できる権限を有する組織が強く求められ、本センター所属教員が中心となり情報セキュリティ専門チーム(東工大 CERT)の設立に関わった。

#### 2. 組織の目的と体制

東工大 CERT は情報セキュリティ専門チームとして 2014 年度に設置された。東工大における研究/教育/事務活動等を促進させるため、安全な計算機環境を提供する事が CERT の役割である。セキュリティ事案発生時における緊急対応を行うほか、セキュリティ情報の発信、学内の脆弱性調査など事前対応に重きを置いた情報セキュリティに関わる活動を行っている。

東工大 CERT は情報セキュリティ監査・危機管理専門委員会内に設置され、CIO/CISO(副学長・理事)から権限を任された独立性の高い組織であり、情報セキュリティ規則に CERT が定められている。また構成員は下記の通りである。

- \* 統括責任者
  - 松浦知史 (学術国際情報センター 准教授)
  - 友石正彦 (大学マネジメントセンター 教授)
- \* CERT メンバー
  - 情報基盤課長
  - 情報企画グループ
  - 技術職員

また情報セキュリティと関連性の高いネットワークシステム担当(NOC)や認証基盤担当(NAP)のメンバーと連携の取れた体制を築いている。

### 3. 2014 年度の主な活動および今後の計画

東工大 CERT の設立に向けて学内規則の変更および人員の割り当てが 2014 年度の主だった活動である。半年に渡る CERT メンバーでの会議(週 1 回)および情報セキュリティ監査・危機管理専門委員会の会議(月 1 回)において慎重な議論を重ね、CERT の権限や体制を決定した。情報セキュリティの専門組織が設置され、専任の教員および予算が割り当てられている大学は全国でもわずかであり、先行事例として注目されている。

2014 年度はその他に下記の活動を行った。詳細は"2-4 情報セキュリティ"に記載されている。

- 情報セキュリティに関する注意喚起、解説を目的とした WEB サイトの開設
- 危険性/緊急性の高い事案に関し平易な解説を目的とした全学向けアナウンス
- 情報セキュリティの基礎的な内容を周知するためのチラシの作成
- 他大学や研究機関における情報セキュリティチームとの連携および情報共有
- 文部科学省等が主催・後援する講習会での講演を通じた全国規模の啓蒙活動
- 学内に接続されたネットワーク機器の脆弱性発見、通知および対応促進
- 次世代型セキュリティ機器の試験運用 (NOC との共同運用)
- 学内セキュリティ事案の初動対応および機器の回収/分析を通じた原因究明

情報セキュリティの重要性が高まる一方、東工大 CERT における人材、ソフトウェア、ハードウェアの絶対量が不足しておりこのようなリソース確保が急務である。今後は事前対策を一層充実させるために学内脆弱性診断を高度化させると共に技術的な側面でネットワークシステム担当等とより連携を進め SOC(Security Operation Center)としての機能強化を図っていく。また学内の教育および研究組織との協力関係の構築や学外セキュリティ組織との連携拡大等が計画されている。

## トピック 3

### ・ Adobe ・ MATLAB 包括契約

#### はじめに

本学では 2014 年度よりアドビシステムズ社（以下、アドビ社）製各種ソフトウェアおよび MathWorks 社製 MATLAB に関して全学での包括契約を開始した。本稿では、包括契約に至った背景と経緯、ならびにこれらのソフトウェアについて簡単に紹介するとともに、ソフトウェア配布方法について述べる。

#### 背景と経緯

本学では、2007 年度にマイクロソフト社およびシマンテック社との間でキャンパス包括ソフトウェアライセンスの契約を締結し、現在まで継続している。シマンテック社のウイルス対策ツールは、学内 LAN に接続されたほぼ全ての PC で利用が可能となり、セキュリティの向上に大きく寄与している。また、マイクロソフト Office と、同 Windows OS アップグレードライセンスは、教育・研究・事務などあらゆる場で活用されており、本学経費削減に大きく貢献した。実際に年間億円単位の費用対効果が得られている。加えて著作権侵害の防止などといったソフトウェア適正使用の面においてもリスク低減につながっている。

マイクロソフト社およびシマンテック社以外のソフトウェアに関しても、ソフトウェアの適正な使用に対する組織的対策の必要性は高い。違法コピー防止を徹底し、適正使用について説明責任を果たすには、ソフトウェアライセンスの管理を適切に実施しなければならない。そのためには、ライセンス管理のための規則を定めるとともに、購入したソフトウェアのライセンス数とインストール数を全て数え上げ、インストール数が保有ライセンス数以下に収まっていることを確認する。組織としてのコンプライアンスの点からもこのようなライセンス管理の導入が必要と考えられることから、現在、規則の策定作業が行われている。しかしながら現場での作業負担は大きくなると予想され、負担軽減を考慮することは必須である。ライセンス管理の一部を自動化するツールやサービスについても調査・検討を行ったが、費用を要するにもかかわらず作業負担は残ると見込まれた。これに対して、ソフトウェア包括契約を実施しているマイクロソフト Office、Windows、ウイルス対策ツールについてはライセンス数やインストール数の数え上げを省略できる。これらに加えて、本学で幅広く使われているアドビ社製ソフトウェアの包括契約を行えば、作業対象ソフトウェアは格段に減少し、利用者の作業負担の軽減が期待できる。

アドビ社製ソフトウェアに関しては、これまで本センターが窓口となり CLP(Contractual Licensing Program)と呼ばれるプログラムに加入してきた。これは、購入数に応じてボリュームディスカウントを受けられるもので、本学では最も割引率の高いレベルを維持していたため、格安で購入することが可能であった。東工大生協に販売を委託してメディアを貸

し出す形で運用を行い、これによってコスト面での大幅なメリットを受けることができていた。反面、CLP ではライセンス管理が義務付けられており、アドビ社からライセンス数とインストール数の集計が求められたため、ライセンス管理の具体的な方策についても検討を行ってきた。

アドビ社製ソフトウェアは高機能であるものの高価なものが多く、研究や業務遂行のために十分な数のライセンスを購入できないケースもしばしばあったため、学内からは包括契約の実施について要望が挙げられていた。包括契約については、2009 年頃に一度検討が行われたものの、契約上の課題のため実現されなかった。その後、2011 年頃から継続的に検討を進め、契約上の問題は解決される見通しが得られたが、費用面のメリットが明確にならなかった。その後、上述の CLP 契約による販売数から本学全体での支払金額を算出し、さらにライセンス管理の負担軽減も考慮して包括契約の採算ラインを検討していたところ、2014 年に本学としても十分にメリットを享受できる金額での提案があった。そこで情報基盤統括室を中心に検討を行い、導入を進めるとの結論になった。

汎用的な数値解析ソフトウェアである MATLAB に関しては、従前より TSUBAME 上での利用を可能としており、研究室や学科等においても研究・教育に用いられてきた。包括契約についても 2011 年以前から継続的に検討を行ってきたが、様々な Toolbox (後述) に対応するとコスト面で現実的な価格とならなかった。2013 年度に、本学の教育改革の検討から、研究・教育環境の向上を図るため、講義・実習等において広く活用が期待されるソフトウェアとして MATLAB の包括契約導入の要望があった。また学内における利用状況・導入実績を調査し、導入の効果を予測した。そして MathWorks 社から、従来のコストと概ね同等の負担で、本学で使用実績のある Toolbox をほとんどカバーする形での提案があったことから、実施に向けた具体的な準備を進めた。

MATLAB に関しても高価なソフトウェアであるため、従来、十分な数のライセンスを購入できず同時実行数の制限を受けている例や、予算上の制約などによって保守契約を行わず旧バージョンのまま使用しているケースも見受けられた。包括契約によって同時実行数の制約が無くなり、全ての端末で最新バージョンを利用可能になる。さらに学生・教職員の個人所有の PC にインストールすることも可能であることから、研究教育環境の改善や研究効率・教育効果の向上が大いに期待できる。そこで情報基盤統括室を中心に行った検討において、導入を進めるとの結論を得た。ただし、MATLAB は事務局では使われておらず、研究・教育において利用しない分野もあることから、MATLAB を利用する部局において費用を分担することとした。年度毎に利用部局を集計し、翌年の分担額を確定する。

## ソフトウェアの紹介と包括契約の概要

### ○ アドビ社製ソフトウェア

本年度より包括契約を行った Adobe Creative Cloud for Enterprise は、PDF 作成・編集、画像編集・デザイン、DTP (デスクトップパブリッシング)、ビデオ編集、Web ページ・グラフ

ミックコンテンツ作成・編集などの機能を持つソフトウェアのセットである。以下に主なソフトウェアとその概要を示す。



#### Adobe Acrobat Pro

PDF (Portable Document Format) 作成・編集ソフトウェア。作成された PDF ファイルは、無償配布されている Acrobat Reader で閲覧可能なので、PC 環境やタブレット・スマートフォンなどのデバイスを問わず正確に表示できる。PDF の中にフォントや画像データを埋め込みでき、作成ソフトのバージョンの違いなどの影響も避けられるため、近年は印刷会社との原稿データやり取りは PDF で行われることが増えている。PDF 開発元のアドビ社製ソフトウェアであれば比較的信頼性の高い PDF 作成・変換を行えると考えられる。また、PDF 中のテキストや画像の編集・フォームの作成や、動画像やインタラクティブコンテンツの埋め込み、スキャナで入力した画像の PDF ファイルへの変換、文字認識 (OCR) によるテキスト抽出なども可能である。



#### Adobe Illustrator

イラストの作成に使われるベクトルグラフィックソフトの代表格といえる。ポスターやフライヤーの制作にも使用される。精度の高いイラスト・印刷物・グラフィックデザインが可能であり、デザイン・印刷業界で広く使われている。



#### Adobe Photoshop

写真や画像の加工・編集・修正などを行うツールとして最高レベルの製品。撮影した写真の露出や色の補正、変形・歪み補正、レタッチ、鮮鋭化、強調、張り合わせなどを行って極めて品質の高い画像を作成できる。また、多様なブラシやレイヤーを活用してイラストなどを描画することもできる。



#### Adobe InDesign

DTP のソフトウェアで、冊子や電子書籍などの編集を行える。Web やタブレットのためのインタラクティブなコンテンツの作成も可能。InCopy は InDesign と連携して文書作成を行うツールである。



#### Adobe Dreamweaver



#### Adobe Muse

いずれも Web サイトおよび Web ページをデザイン・作成するためのソフトウェアである。Dreamweaver は HTML(HyperText Markup Language)、CSS(Cascaded Style Sheet)など、結果を視覚的に確認しながら編集を行える統合的なツール。一方、Muse はコードの編集を行わずにデザイン性の高い web ページの作成が可能なツールである。



Adobe Premiere Pro



Adobe After Effects

Premiere は映画・テレビなどの業界でも使われている高機能な映像編集ソフトウェアであり、様々な素材を統合して品質の高い映像コンテンツを作成できる。After Effects は映像合成、切り替え効果、テキストアニメーションなどの様々な映像効果を作成できる。



Flash Professional

Flash とされるインタラクティブコンテンツ及びモバイルデバイス用アプリケーションを作成するソフトウェアである。Flash は Web 等のビジュアルなコンテンツとして広く使われている。

その他にも、オーディオ編集、動画エンコード、メディア管理の機能を有するソフトウェアなどが契約に含まれている。

## ○ MATLAB



MATLAB はアルゴリズム開発、データの可視化、数値計算を行うためのソフトウェアで、信号(波形)解析、画像処理、通信システム設計、制御系設計、実験計測、金融工学、生命工学等の様々な分野で利用されている。

また、Toolbox と呼ばれる目的別の関数群(オプション)を利用することで、柔軟な機能拡張が可能である。

MATLAB の特徴は行列計算を容易かつ高速に行える点にある。例えば、N 要素のベクトル `vec` と M×N 要素の行列 `mat` のベクトル・行列積を M 要素のベクトル `vec_result` に格納する演算は

```
vec_result = mat * vec
```

の一行で実行できる。また標準的な関数の一つとして FFT (高速フーリエ変換) を行う場合、

```
vec_f = FFT( vec )
```

により FFT の結果をベクトル `vec_f` に得ることができる。このような演算は、コマンドとしてインタラクティブに実行でき、また関数やプログラムとして保存・実行することも可能である。GUI (グラフィカルユーザインタフェース) の機能も有しており、GUI を持つプログラムを比較的容易に開発することができる。

上述のような技術分野ではアルゴリズム開発段階やシミュレーションなどの目的で広く使われている。また学術分野では新しいアルゴリズムを論文発表する際に MATLAB のコードも公開して誰にでも検証ができるようにしている研究者も多い。

Toolbox ではさらに分野ごとに使われる高度な機能を関数として提供している。例として

statistics and machine learning toolbox では、各種統計量の計算、線形・非線形回帰分析、統計的検定、クラスター分析、パターン識別、教師付学習、モデル選択、隠れマルコフモデルなど高度なアルゴリズムが提供されており、それぞれの分野で最先端のアルゴリズムを効率的に実装できる。今回の包括契約によって利用可能な Toolbox は表 1 に示す通りであり、本学で従来利用されていた Toolbox のほとんどをカバーしている。なお、もし包括契約に含まれない Toolbox を使用したい場合には、Toolbox のみを追加購入すればよい。

表 1 包括契約に含まれる Toolbox 一覧

|                                  |                                       |
|----------------------------------|---------------------------------------|
| Bioinformatics Toolbox           | Optimization Toolbox                  |
| Communications System Toolbox    | Parallel Computing Toolbox            |
| Computer Vision System Toolbox   | Partial Differential Equation Toolbox |
| Control System Toolbox           | Phased Array System Toolbox           |
| Curve Fitting Toolbox            | Real-Time Windows Target              |
| Data Acquisition Toolbox         | RF Toolbox                            |
| Database Toolbox                 | Robust Control Toolbox                |
| DSP System Toolbox               | Signal Processing Toolbox             |
| Econometrics Toolbox             | SimElectronics                        |
| Embedded Coder                   | SimMechanics                          |
| Financial Toolbox                | SimPowerSystems                       |
| Fixed-Point Designer             | SimRF                                 |
| Fuzzy Logic Toolbox              | Simscape                              |
| Global Optimization Toolbox      | Simulink 3D Animation                 |
| HDL Coder                        | Simulink Coder                        |
| HDL Verifier                     | Simulink Control Design               |
| Image Acquisition Toolbox        | Simulink Design Optimization          |
| Image Processing Toolbox         | Simulink Real-Time                    |
| Instrument Control Toolbox       | Spreadsheet Link EX                   |
| Mapping Toolbox                  | Stateflow                             |
| MATLAB Coder                     | Statistics Toolbox                    |
| MATLAB Compiler                  | Symbolic Math Toolbox                 |
| Model Predictive Control Toolbox | System Identification Toolbox         |
| Neural Network Toolbox           | Wavelet Toolbox                       |

#### ○ 包括契約の概要

##### (1) アドビ社製ソフトウェア。

- ・ ETLA(Enterprise Term License Agreement) ライセンス。
- ・ Adobe Creative Cloud for Enterprise (最新バージョンの利用が可能)。  
日本語版及び英語版。
- ・ Windows 及び Mac OS 上で利用可能なライセンス。
- ・ 大学が所有する (レンタル等を含む) PC。 (個人所有 PC は含まれない)
- ・ 1年更新の非永続ライセンス。
- ・ 仮想環境での使用が可能。

##### (2) Matlab

- ・ TAH(Total Academic Headcount)ライセンス。

- Mathworks 社製 MATLAB, Simulink 及び表 1 の Toolbox (最新バージョンの利用が可能)。  
日本語版及び英語版。
- Windows, Mac OS 及び Linux で利用可能なライセンス。
- 大学が所有する (レンタル等を含む) PC と、教職員及び学生が個人で所有する PC で利用が可能。
- 1 年更新の非永続ライセンス。
- 仮想環境での使用が可能。

## ソフトウェアの配布とサポート

### ○ アドビ社製ソフトウェア

アドビ社が提供するソフトウェア配布方法を検討した結果、利用者の個別登録など管理者側の負担が大きくなり、現在の体制で安全に配布することは困難と考えられることから、マイクロソフト及びウイルス対策ソフトの配布と同様の仕組みを使用することとした。すなわち、PC 管理責任者 (教授、准教授、事務部門筆頭グループ長等) が適正なインストール・利用に関して責任を持つことで、東工大 IC カードを持つ職員・学生がインストール作業を行うことができる。具体的には以下の手順による (詳細は本年報の 2-5 節参照)。

- (1) PC 管理責任者は一年に一度、東工大ポータルから誓約書 (図 1、マイクロソフト及びウイルス対策ソフトと共通) を提出する。
- (2) インストール時には、PC 管理責任者が東工大ポータルにログインし、「パスワード」を取得する。
- (3) インストール作業者は、東工大ポータルにログインしてインストール用ソフトウェア (TTInstaller) をダウンロードし、該当するソフトウェアを選択・インストールを行う。インストールが終了したら TTInstaller を削除する。

以上の仕組みによって不適切なインストールを防止するとともに、インストール履歴が保存されるため問題が生じた際のトレーサビリティを確保している。

現在のところ、アドビ社が提供するインストーラには製品を選択してインストールする機能が無い。しかしながらアドビ社製ソフトウェアの利用者としては、Acrobat のみを必要としているケースと、それ以外のソフトウェアも使用するケースに大別されるため、以下の 2 種類のセットを用意した。一方は Acrobat のみがインストールされるセットで、他方は包括契約に含まれる全てのソフトウェアをインストールするセットである。後者の場合、もし不必要なソフトウェアがある場合にはインストール後にアンインストールを行う。

個別のソフトウェアのインストーラを用意することも検討したが、複数のソフトウェアを別々にインストールすると、その組み合わせや順番によってインストールに失敗するケースが頻繁にある。現在のところ、PC に他の Adobe 社製ソフトウェアが既にインストールされている場合にしばしばインストールに失敗する。その場合には、他の Adobe 社製ソフトウェアを全てアンインストールしてからインストール作業を行っている。今後、個別ソ

ソフトウェアの選択が可能なインストーラがアドビ社から提供されることが期待される。

図1 ソフトウェアライセンス利用に関する誓約書

2015.4.1 版

**ソフトウェアライセンス利用に関する誓約書**

**【PC管理責任者用】**  
国立大学法人 東京工業大学長 殿

**包括契約に基づくソフトウェア利用に関する誓約書**  
**【マイクロソフト社、シマンテック社、アドビシステムズ社】**

私の管理下（研究室・グループ・その他： \_\_\_\_\_）にある東京工業大学（以下、東工大）で購入またはレンタルしたコンピュータ（以下、管理下PC）において、包括契約対象各社と東工大との契約に基づき東工大が提供するソフトウェア等（以下、当該ソフトウェア）を利用するにあたり、以下の事項に同意します。

- ・当該ソフトウェアのインストールにおいては、ソフトウェアの著作権を保護するために、適切なインストール作業を行うよう管理する責任を負います。具体的には、管理下PCへのみインストールを行うこと、東工大の提供するインストールの方法に忠実に従いインストールが行われることを管理します。
- ・当該ソフトウェアがインストールされた管理下PCにおいて、当該ソフトウェアの不正な利用が起きないよう、十分注意して管理します。
- ・当該PCの廃棄等により管理から離れる場合は、動作不良等で不可能な場合を除き、当該ソフトウェアをアンインストールします。
- ・東工大が包括契約を終了した場合、契約終了時速やかに、すべての管理下PCから当該ソフトウェアをアンインストールします。
- ・当該ソフトウェアをアンインストールする場合には、適切にアンインストールが行われるよう管理します。

2015年 04月 日 個人番号 \_\_\_\_\_  
氏名 \_\_\_\_\_  
署名コード \_\_\_\_\_

アドビ社製ソフトウェアの配布に関しては、学術国際情報センター／研究推進部 タスクフォースチームが担当している。また、インストールに関する質問に関しては、エンドユーザが直接アドビ社に質問することはできず、登録された窓口担当者から問い合わせる必要があるため、その対応も同チームにて行っている。インストールの方法や最新情報、FAQなどは「東工大ソフトウェア提供のホームページ」に掲載されている。

<http://www.officesoft.gsic.titech.ac.jp/index.html>

<http://www.officesoft.gsic.titech.ac.jp/jp/contact.html>

#### ○ MATLAB

MATLAB に関しては MathWorks 社によってオンラインのライセンス管理の仕組みが提供されているため、これを用いて提供することとした。教職員は web による申請フォームから

申請することで MathWorks のアカウントが作成（既にアカウントを保有している場合は既存のものを使用）され、ソフトウェアのアクティベーションが可能になる。学生は MathWorks 社の web サイトで直接アカウントを作成する。このとき、東工大共通メールアドレスのドメインで認証を行うことで本学の学生であることを確認する。具体的なインストールやアクティベーションの方法などの詳細は以下の web サイトに掲載されている。

<http://tsubame.gsic.titech.ac.jp/MATLAB-TAH>

MATLAB の配布に関しては基盤システムグループのコンピュータシステム担当が受け持つこととした。インストールや使用方法に関するサポートは MathWorks 社から各種ドキュメントが公開されており、またエンドユーザから直接同社に質問を行うことが可能である。このため本センターでは個別のサポートは行っていない。

### 包括契約導入による効果

アドビ社製ソフトウェアは2014年11月から、MATLAB は2015年3月から包括契約を開始した。TTInstaller を用いてアドビ社製ソフトウェアの提供を行うためには、実装作業とテストが必要であったが、11月1日に包括契約が開始される前には実際のデータを使用することができなかったため、契約開始後に作業を開始し、11月20日に Windows 版のテスト公開を実施した。また、12月8日には MacOS 版のテスト公開を行い、概ね問題なく動作するようであったため、2015年4月より正式公開とした。

2014年度はテスト公開であったため、必要とする利用者のすべてがインストールをしていない可能性があるが、本年報の「2-5 ソフトウェア包括契約」に記載されているように5か月間で千数百件のインストールが行われた。

包括契約によってすべてのソフトウェアがインストールできるので、従来利用していなかったソフトウェアを試用することも可能になる。アドビ社包括契約には各種の高機能なソフトウェアが含まれているので、今後さらに活用が広がることが期待される。

MATLAB は2015年3月9日からライセンス提供を開始したため、2014年度中の利用実績についての統計情報は無いが、教育用のPCなどで購入を予定していたライセンスが不要になるなど、既に費用面での効果は得られている。また、MATLAB 本体及び Toolbox の利用数に制限がなくなるため、授業・演習用に用意した多数のPCへの導入、同時実行数を気にせず使うことができる等、研究教育環境が整備される。このように環境が整備されることにより、利用する教職員や学生が増えることも考えられる。MathWorks 社では、本学での利用をサポートするため、学内において各種セミナーを適時開催している。さらに、大学所有のPCや計算機だけでなく、個人所有のPCへの導入も可能であるため、研究効率・教育効果の向上に繋がる。学生にとっては、利用を習熟することによって就職活動の際のアピールポイントになる場合も多い。

今後、これらのソフトウェアが本学における教育・研究に大いに活用されることを期待している。

## トピック 4

### ・シドニー・ファーンバック記念賞受賞

2014年のIEEEコンピュータソサイエティの「シドニー・ファーンバック記念賞」を受賞した。

ファーンバック賞は1992年に創設され、「スーパーコンピュータのアプリケーションに対して傑出した貢献をもたらした画期的なアプローチ」に対して毎年与えられる。計算機科学の国際学会であるIEEEコンピュータソサイエティが毎年授与する最高レベルの研究技術賞の一つであり、スーパーコンピュータの学術賞としては世界的に最高峰のものであって、情報分野全体のノーベル賞に相当するACMアラン・チューリング賞の次席の賞の一つに位置づけされている。同賞は今までスーパーコンピュータにおける高性能アプリケーションやソフトウェア分野の歴代のトップ研究者が受賞してきましたが、日本人の受賞は今回が初めてである。

受賞理由は「先進的なインフラ基盤・大規模スーパーコンピュータ・CPU/GPU型スーパーコンピュータのソフトウェアシステムにおける研究において目覚ましい成果を出した」とされた。

授賞式は、2014年11月18日に米国ニューオーリンズ市にて開催されるIEEE-CSとACMが共同主催するSupercomputing（スーパーコンピューティング）2014国際会議の開会式の一部として執り行われ、更に同会議にて19日に記念招待講演が行われた。



## トピック5

### ・モンゴル国より北極星勲章、モンゴル教育大学より名誉博士号を授与

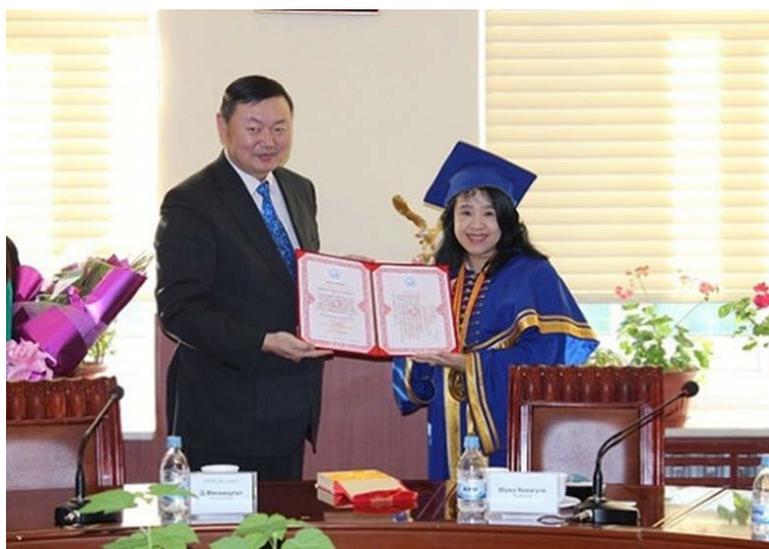
2014年9月、山口しのぶ教授がモンゴル国より北極星勲章を受賞した。北極星勲章は外国人にとって最高榮譽に当たる勲章で、山口教授の90年代初頭から今日までのモンゴルの教育開発分野への貢献が高く評価された。

学術国際情報センターは、国際開発工学専攻との連携のもと、2004年よりモンゴル文部科学省、モンゴル教育大学と共に、持続的な情報技術の活用を通じた基礎教育の向上に取り組んできた。2012年からはJICA 草の根協力事業（パートナーシップ型）「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」を実施しており、現地のニーズに合った様々な情報技術を活用してデジタル教材を作成するなど教員の質の向上を支援している。山口教授はこれまでモンゴルの教育開発に様々な形で関わっており、教育改革マスタープランの策定、モンゴル・中央アジアの教育における情報技術政策、教育行政官の研修ニーズ調査、高等教育の財政改革に関する調査、基礎教育分野における情報技術研修プログラム策定などにおける貢献が評価された。モンゴル教育科学省で行われた授章式典には科学技術振興機構より相澤益男顧問、東京工業大学より高田潤一教授、モンゴル教育大学とJICAプロジェクト運営委員代表の方々が出席した。

また、2015年1月には、教育分野での長期における様々な革新的な協働活動に対し、モンゴル国教育大学より名誉博士が授与された。



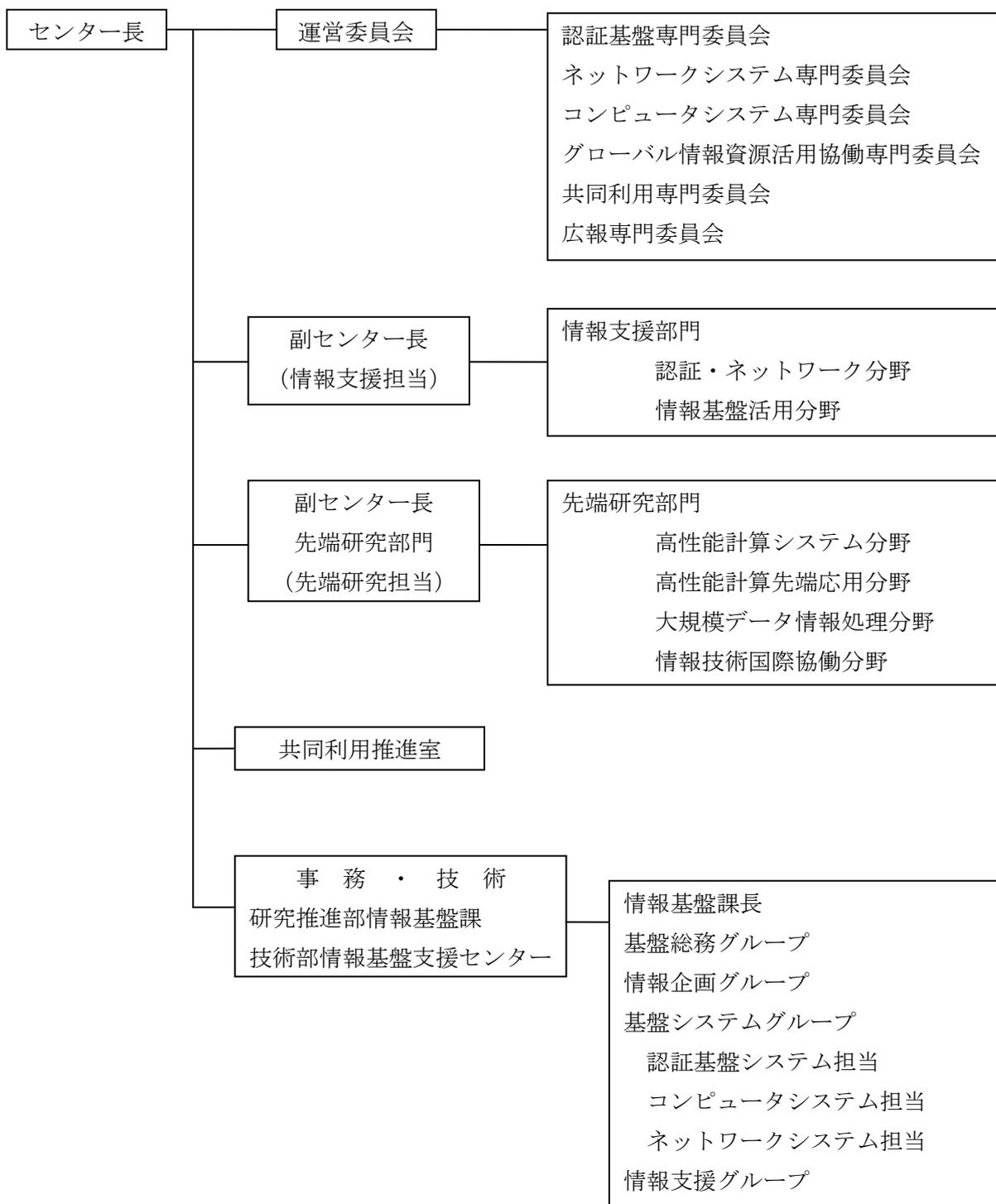
モンゴル教育科学省での授賞式



モンゴル国教育大学 Munkhjargal 学長と山口教授

# 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 | ～27. 3. 31 |
| 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 |            |
| 助 教      | 實本 秀之 | 27. 1. 1～  |
| 特 任 助 教  | 金 勇   |            |
| 特 任 助 教  | 村上 百合 | ～26. 6. 30 |
| 産学官連携研究員 | 木村 文一 | ～27. 3. 31 |
| 産学官連携研究員 | 大溝 拓也 | ～27. 3. 31 |

### 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 | ～26. 8. 31 |
| 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                | ～27. 3. 31 |
| 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 | DROZD.Aleksandr       |            |
| 客 員 教 授  | 小林 宏充                 |            |
| 客 員 教 授  | JAVZAN SUKHBAATAR     |            |

|       |       |
|-------|-------|
| 客員准教授 | 丸山 直也 |
| 客員准教授 | 稲富 雄一 |

**共同利用推進室**

|        |         |       |
|--------|---------|-------|
| 室長(兼務) | 教 授     | 青木 尊之 |
| 副 室 長  | 教育研究支援員 | 佐々木 淳 |
|        | 特任准教授   | 渡邊 寿雄 |
|        | 教育研究支援員 | 松本 豊  |
|        | 事 務 員   | 仲川 愛理 |

～27. 3. 31

### 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 | 遠藤 慎也 | 26. 7. 1～ |
| 主任    | 永山 京子 |           |
| スタッフ  | 板倉 有希 |           |
| 補佐員   | 金子 純子 |           |
| 補佐員   | 伊藤 智子 |           |
| 補佐員   | 土井 淳子 |           |
| 補佐員   | 木下 裕子 | 26. 4. 1～ |

#### 情報企画グループ

|       |           |            |
|-------|-----------|------------|
| グループ長 | 松原 康夫（兼任） | ～26. 6. 30 |
| グループ長 | 小寺 孝志     | 26. 7. 1～  |
| 主任    | 森谷 寛      |            |
| スタッフ  | 田島 義久     | ～27. 3. 31 |
| スタッフ  | 林 宏樹      |            |

#### 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   |
| スタッフ  | 昆野 長典  |
| スタッフ  | 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  |
| 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  |
| 補佐員   | 山田 章代  |

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 |
| 技術職員 | 隅水 良幸 |
| 技術職員 | 大場 準也 |
| 技術職員 | 岸本 幸一 |
| 補佐員  | 富澤 佳子 |

26.5.1～

情報支援グループ

|       |       |
|-------|-------|
| グループ長 | 江尻 佳代 |
| 主査    | 増渕 長興 |
| 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

| 所属1                | 職名      | 氏名     | 運営委員会 | 認証基盤 | ネットワーク | CC研究系 | CC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                | 教授      | 松岡 聡   | ○     |      | ○      | ★     |       | ○       | ○    |    |
| 学情セ                | 教授      | 山口 しのぶ | ○     |      |        |       |       | ★       |      |    |
| 学情セ/大学マネ           | 教授      | 友石 正彦  | ○     |      | ★      | ○     |       |         |      |    |
| 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  | ○     |      | ○      | ○     |       |         |      | ○  |
| 学情セ                | 准教授     | 松浦 知史  | ○     |      | ○      |       |       |         |      |    |
| 理工学 (理学系)          | 教授      | 志賀 啓成  | ○     |      |        |       |       |         |      |    |
| 理工学 (工学系)          | 准教授     | 塚越 秀行  | ○     |      |        | ○     |       |         |      |    |
| 生命理工 (バイオ)         | 教授      | 櫻井 実   | ○     | ○    |        | ○     | ○     |         | ○    |    |
| 総理工                | 教授      | 出口 弘   | ○     |      |        | ○     |       |         |      |    |
| 情報理工               | 教授      | 横田 治夫  | ○     | ○    |        |       |       |         |      |    |
| 社会理工               | 教授      | 桑子 敏雄  | ○     |      |        | ○     |       |         |      |    |
| イノベーション            | 教授      | 二宮 祥一  | ○     |      |        |       |       |         |      |    |
| 資源研                | 准教授     | 関 宏也   | ○     |      | ○      |       | ○     |         |      |    |
| 精密研                | 准教授     | 宮本 智之  | ○     |      |        |       |       |         |      |    |
| 応セラ研               | 准教授     | 須崎 友文  | ○     |      |        |       |       |         |      |    |
| 原子炉研               | 准教授     | 筒井 広明  | ○     |      |        | ○     |       | ○       |      |    |
| 教育推進室 (情報工)        | 教授      | 渡辺 治   | ○     |      |        |       |       |         |      |    |
| 研究戦略室 (情報工)        | 准教授     | 田中 圭介  | ○     |      |        |       |       |         |      |    |
| 国際室 (工学系)          | 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      | 山崎 太郎  | ○     |      |        |       |       |         |      |    |
| 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      | 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  |       |      |        | ○     |       |         |      |    |
| 学情セ                | 特任助教    | 金 勇    |       |      | ○      |       |       |         |      |    |
| 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)          | 教授      | 神田 学   |       |      |        | ○     |       |         |      |    |
| 理工学 (工学系)          | 准教授     | 藤田 英明  | ○     |      |        |       |       |         |      |    |
| 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     | 尚 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      | 藤田 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      | 棟居 洋介  |       |      | ○      |       |       |         |      |    |
| 社会理工               | 教授      | 西原 明法  |       |      |        |       |       | ○       |      |    |
| イノベーション            | 教授      | 尾形 わかほ |       |      | ○      |       |       |         |      |    |
| 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 修晃  |       |      |        |       |       |         | ○    |    |
| 電気通信大学             | 教授      | 成見 哲   |       |      |        |       |       |         | ○    |    |
| NITメディアインテリジェンス研究所 | 主任研究員   | 高村 誠之  |       |      |        |       |       |         | ○    |    |
| ニューメリアルテクノロジー      | 代表取締役社長 | 鳥居 秀行  |       |      |        |       |       |         | ○    |    |
| 事務局                | 事務局長    | 丹沢 広行  | ○     |      |        |       |       |         |      |    |
| 教務課                | 課長      | 早瀬 久男  |       | ○    |        |       |       |         |      |    |
| 施設整備課              | グループ長   | 村山 修   |       |      | ○      |       |       |         |      |    |
| 情報図書館課             | 課長      | 加藤 晃一  |       | ○    |        |       |       |         |      |    |
| 安全企画室              | 室長      | 本城 弘幸  |       | ○    |        |       |       |         |      |    |
| 学情セ                | 教育研究支援員 | 佐々木 淳  |       |      |        |       |       |         | ○    |    |
| 情報基盤課              | 課長      | 松原 康夫  |       | ○    |        |       |       | ○       |      | ○  |

★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 2014年5月20日(火)

#### 1. 審議事項

- (1) 準客員研究員の受入について
- (2) モンゴル国立教育大学との部局間協定の締結について

#### 2. 報告事項

- (1) ドイツ国アーヘン工科大学との TSUBAME を利用した国際協同研究の Agreement について
- (2) 平成26年度専門委員会委員の選出について
- (3) 平成25年度の TSUBAME の利用状況について
- (4) セキュリティ関連報告
- (5) 専門委員会・部門報告
- (6) 業務報告

### 第2回運営委員会

開催日 2014年10月8日(水)

#### 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について
- (2) 学術国際情報センター先端研究部門准教授選考委員会設置について

#### 2. 報告事項

- (1) 第20回スーパーコンピューティングコンテスト開催報告について
- (2) 平成26年度学術国際情報センター執行計画(案)について
- (3) セキュリティ関連報告
- (4) 専門委員会・部門報告
- (5) 業務報告

### 第3回運営委員会

開催日 2014年12月22日(月)

#### 1. 審議事項

- (1) 学術国際情報センター情報支援部門教授選考委員会設置について
- (2) 学術国際情報センター先端研究部門特任准教授専攻委員会設置について

#### 2. 報告事項

- (1) セキュリティ関連報告

- (2) 各専門委員会・部門報告
- (3) 業務報告

#### 第4回運営委員会

開催日 2015年3月6日(金)

##### 1. 審議事項

- (1) 学術国際情報センター情報支援部門教授の選考について
- (2) 学術国際情報センター先端研究部門准教授の選考について
- (3) 学術国際情報センター先端研究部門特任准教授の選考について
- (4) 平成27年度学術国際情報センター客員教員の選考について
- (5) 平成27年度学術国際情報センター特任教員称号付与について
- (6) 準客員研究員の受入について
- (7) 東京工業大学特別研究員の称号付与について

##### 2. 報告事項

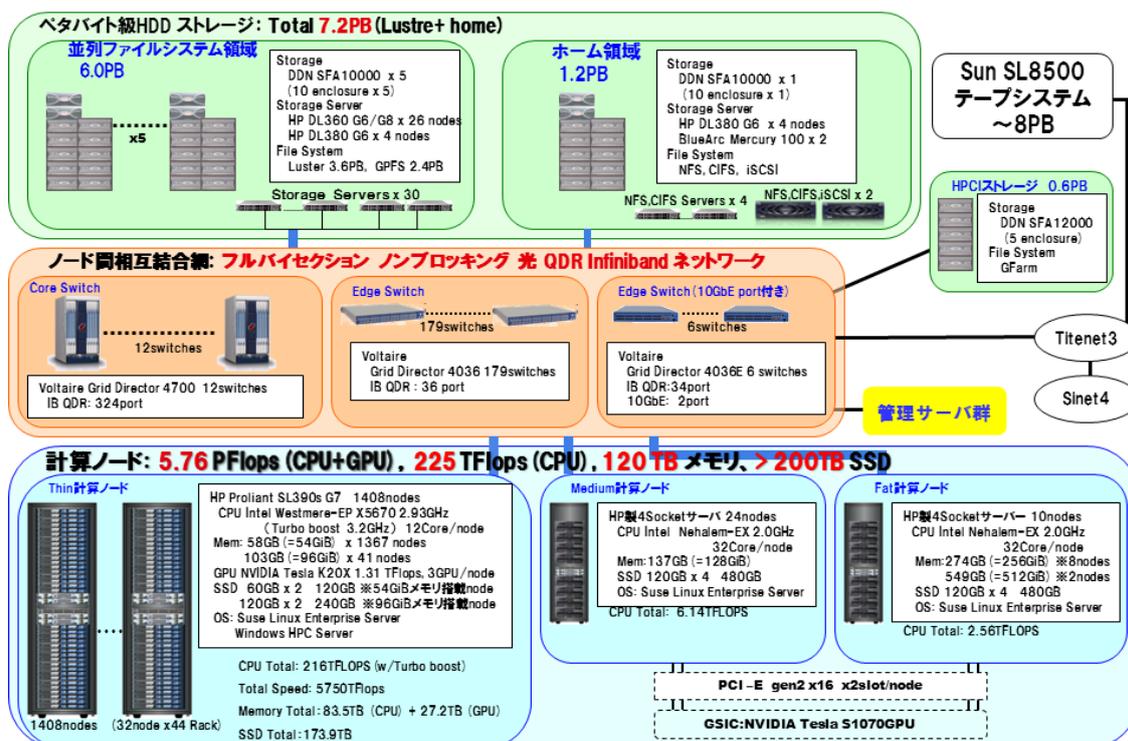
- (1) セキュリティ関連報告
- (2) 各専門委員会・部門報告
- (3) 業務報告

## 2 情報基盤

### 2-1 スーパーコンピュータシステム

#### 2-1-1 構成

### TSUBAME2.5 システム構成図



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) 5.76PTFlops)、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 2015 年 3 月末現在、以下の合計 62 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(43 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. 東工大元素戦力拠点                                                  |
| 29. 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                                 |

|                                       |
|---------------------------------------|
| 30. 研究企画課グループウェア導入                    |
| 31. グループウェア導入評価                       |
| 32. 研究戦略推進センタースケジュール管理                |
| 33. 地球生命研究所 Web サーバ                   |
| 34. 高大連携プロジェクト                        |
| 35. 認証基盤システム担当                        |
| 36. 教育システム                            |
| 37. 学生調査 2014                         |
| 38. CAMPAS Asia Research Review       |
| 39. オンライン教育プロジェクト                     |
| 40. 研究者情報管理システム                       |
| 41. 社会人教育院講座支援システム                    |
| 42. TiROP CANVAS                      |
| 43. 2015 年度 4 月入社学生対象 東工大 就職活動アンケート調査 |

|                                                     |
|-----------------------------------------------------|
| 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(17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 |
| 17. ansys            | ---                     |

### 2-1-3 実績

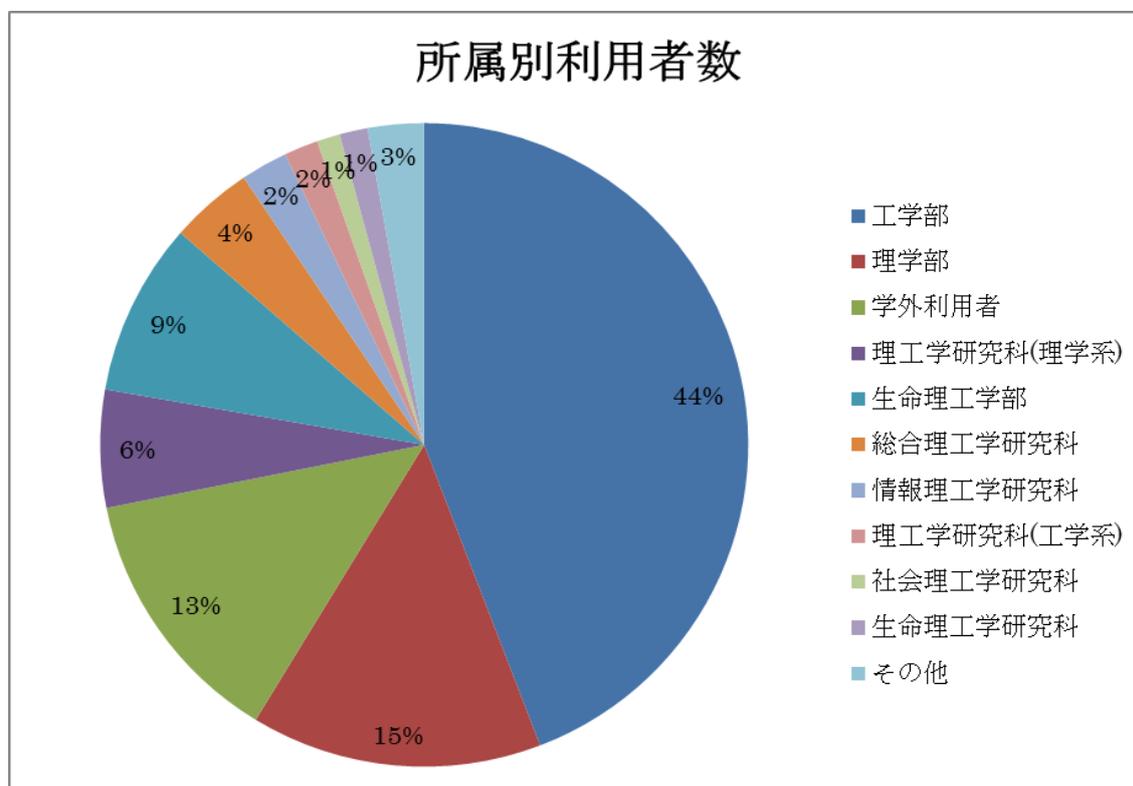
#### ◎H26 年度計算機利用料収入内訳

|     |               |             |
|-----|---------------|-------------|
| 総収入 |               | 181,514,078 |
| 学内  |               | 89,373,500  |
| 学外  | 国立大学／大学共同利用機関 | 14,628,075  |
|     | 公立大学          | 1,036,942   |
|     | 私立大学          | 1,555,661   |
|     | 独立行政法人        | 1,944,000   |
|     | 民間            | 72,846,300  |
|     | その他           | 129,600     |

#### ◎利用者登録状況

| 平成 26 年 |      |      |      |      |      |      |      |      | 平成 27 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  |
| 8872    | 8833 | 8883 | 8913 | 8928 | 8968 | 9006 | 9037 | 9084 | 9090    | 9097 | 9107 |

#### ◎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 |
| H26年 | 4月  | 650      | 31,246  | 920,317    | 263,178   | 9,660   | 440                  | 2       |
|      | 5月  | 629      | 93,076  | 1,096,028  | 163,321   | 12,600  | 420                  | 1       |
|      | 6月  | 596      | 73,112  | 921,677    | 165,110   | 9,240   | 840                  | 2       |
|      | 7月  | 597      | 61,885  | 903,653    | 127,728   | 7,696   | 176                  | 2       |
|      | 8月  | 510      | 44,976  | 518,149    | 76,377    | 4,942   | 1,856                | 11      |
|      | 9月  | 564      | 52,362  | 948,823    | 149,144   | 7,468   | 2,148                | 11      |
|      | 10月 | 770      | 56,984  | 946,278    | 164,446   | 9,660   | 468                  | 2       |
|      | 11月 | 678      | 77,447  | 1,076,882  | 206,067   | 12,600  | 216                  | 2       |
|      | 12月 | 705      | 133,188 | 1,674,110  | 421,700   | 10,920  | 3,814                | 47      |
| H27年 | 1月  | 663      | 103,694 | 1,654,900  | 468,082   | 11,340  | 4,906                | 60      |
|      | 2月  | 566      | 76,023  | 1,632,493  | 297,547   | 11,760  | 4,539                | 43      |
|      | 3月  | 506      | 55,106  | 2,170,732  | 249,062   | 9,264   | 8,621                | 77      |
| 合計   |     | -        | 859,099 | 14,464,042 | 2,751,762 | 117,150 | 28,444               | 260     |

\*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 | 14      | 1  | 14 | 55  | 55  | 1642 | 164 | 7   | 155 | 114     | 50 | 455 | 2726 |
| ハードウェア | 140     | 12 | 21 | 66  | 141 | 53   | 45  | 66  | 71  | 196     | 38 | 41  | 890  |
| その他    | 18      | 28 | 51 | 49  | 21  | 11   | 13  | 5   | 8   | 4       | 3  | 14  | 225  |
| 月小計    | 172     | 41 | 86 | 170 | 217 | 1706 | 222 | 78  | 234 | 314     | 91 | 510 | 3841 |

◎運用実績

|                          |                                  |
|--------------------------|----------------------------------|
| 平成 25 年<br>4月2日 16:00    | TSUBAME2.5 計算サービスの平成 26 年度運用開始   |
| 4月2日 16:00～<br>4月7日 9:00 | グランドチャレンジ実施に伴うサービス停止(全 Thin ノード) |

|                            |                                   |
|----------------------------|-----------------------------------|
| 4月7日 9:00                  | U キューサービスイン                       |
| 4月16日～6月4日                 | 平成25年度前期 TSUBAME 講習会の開催           |
| 6月16日～6月25日                | グランドチャレンジ実施に伴うサービス停止(420 ノード)     |
| 7月1日～9月30日                 | ピークシフト運用の実施                       |
| 8月5日 15:00～<br>8月15日 14:00 | 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24日 9:00～<br>24日 17:00   | グランドチャレンジ実施に伴うサービス停止(全 Thin ノード)  |
| 10月2日<br>10月8日～14日         | グラ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8日～11月18日               | 平成26年度後期 TSUBAME 講習会の開催           |
| 12月27日～<br>平成26年1月4日       | 年末における H/X キューの停止                 |
| 平成27年<br>3月19日～20日         | グランドチャレンジ実施に伴う H/X キュー停止(420 ノード) |
| 3月23日～29日                  | 年度末における H/X キューの停止                |
| 3月30日 9:00～<br>4月3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<br>ビス | キュー<br>名             | 用途                                  | ノード数<br>コア数<br>スレッド<br>数 | 時間<br>制限 | メモリ制限               | 並列数<br>上限 | 備考  |
|----------|----------------------|-------------------------------------|--------------------------|----------|---------------------|-----------|-----|
| 無<br>料   | イン<br>タラ<br>クテ<br>ィブ | デバック,<br>ジョブ投入                      | 20<br>240<br>480         | 30分      | 6GB                 | 4         | *9  |
| 無<br>料   | S                    | 中規模並列                               | 300<br>3600<br>7200*13   | 1～4日     | 1GB**<br>(54GB まで)  | 7200      | *14 |
| 従<br>量   | S96                  | 54GB 以上のメモリ                         | 41<br>492<br>984         | 1～4日     | 1GB**<br>(96GB まで)  | 984       | *5  |
| 従<br>量   | L128                 | 96GB 以上のメモリ                         | 10<br>320<br>640         | 1～4日     | 1GB**<br>(128GB まで) | 640       | *6  |
| 従<br>量   | L128F                | 96GB 以上のメモリ<br>GPU あたり 6GB のメモ<br>リ | 10<br>320<br>640         | 1～4日     | 1GB**<br>(128GB まで) | 640       | *6  |

|    |                                     |                          |                         |        |                                |                      |              |
|----|-------------------------------------|--------------------------|-------------------------|--------|--------------------------------|----------------------|--------------|
| 従量 | L256                                | 128GB以上のメモリ              | 8<br>256<br>512         | 1~4日   | 1GB <sup>*4</sup><br>(256GBまで) | 512                  | *7           |
| 従量 | L512                                | 256GB以上のメモリ              | 2<br>64<br>128          | 1~4日   | 1GB <sup>*4</sup><br>(512GBまで) | 128                  | *8           |
| 従量 | G                                   | GPU専用                    | 480<br>1920<br>3840     | 1~4日   | 1GB <sup>*4</sup>              | 無制限                  | G側でコア指定は不可能  |
| 従量 | U                                   | ノード内並列                   | 240/1920/3<br>640(最大)   | 1~4日   | 1GB <sup>*4</sup>              | ジョブ量により可変            | 仮想環境         |
| 定額 | V                                   | ノード内並列                   | 430<br>3440<br>6880(最大) | 1~4日   | 1GB <sup>*4</sup>              | 割当による <sup>*10</sup> | 仮想環境         |
| 定額 | Vw                                  | WindowsHPC <sup>*1</sup> | 40ノード <sup>*12</sup>    | 1~4日   | 1GB <sup>*4</sup>              | 割当による <sup>*11</sup> | 仮想環境         |
| 定額 | Sw                                  | WindowsHPC <sup>*1</sup> | 8ノード <sup>*12</sup>     | 1~4日   | 1GB <sup>*4</sup>              | 192                  | native       |
| 予約 | H <sup>*3</sup><br>X <sup>*14</sup> | 大規模並列                    | 420<br>5040<br>10080    | スロット時間 | 1GB <sup>*4</sup>              | 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『TSUBAME2.5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『TSUBAME2.5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『TSUBAME2.5 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 9 時までには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、L128F、L256、L512、S96、G、U、X 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 利用課金改定

電気料金の値上りに伴い、TSUBAME2.5 運用費用増加の反映分として利用課金を改定しました。

### 1) 施行までの流れ

|                               |                  |
|-------------------------------|------------------|
| 共同利用・コンピュータシステム専門委員会承認(メール審議) | 平成 26 年 2 月 10 日 |
| 学術国際情報センター運営委員会承認(メール審議)      | 平成 26 年 3 月 3 日  |
| 役員会・教育研究評議会承認                 | 平成 26 年 3 月 6 日  |
| 施行                            | 平成 26 年 4 月 1 日  |

### 2) 改定後の利用課金

| 利用資格(第 4 条関係)      | 定額利用<br>オプション※ <sup>1</sup> | 従量利用オプション※ <sup>2</sup> /<br>グループディスク※ <sup>3</sup> |                           |
|--------------------|-----------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------|
|                    | 1 ユニット当り<br>の課金単価           | 1 口当りの<br>課金単価                                      | 1 口当りの<br>TSUBAME<br>ポイント |
| 第 4 条第 1 項第 1 号    | 6,000 円                     | 6,000 円                                             | 600                       |
| 第 4 条第 1 項第 2 号    |                             |                                                     |                           |
| 第 4 条第 1 項第 5 号    |                             |                                                     |                           |
| 第 4 条第 1 項第 3 号    | 24,000 円                    | 24,000 円                                            | 600                       |
| 第 4 条第 1 項第 4 号    |                             |                                                     |                           |
| 第 4 条第 1 項第 6 号    | 利用不可                        | 120,000 円<br>(税別)                                   | 3,000                     |
| 第 4 条第 1 項第 7 号    |                             |                                                     |                           |
| 第 4 条第 4 項 (成果公開)  |                             | 489,000 円<br>(税別)                                   | 3,000                     |
| 第 4 条第 5 項 (成果公開)  |                             |                                                     |                           |
| 第 4 条第 4 項 (成果非公開) |                             |                                                     |                           |
| 第 4 条第 5 項 (成果非公開) |                             |                                                     |                           |

| ユニット/<br>ポイントの<br>有効期限 | 定額利用オプション              | 従量利用オプション | グループディスク |
|------------------------|------------------------|-----------|----------|
|                        | ユニットが割り当てられ<br>ている月内有効 | 年度内有効     | 指定月内有効   |

#### ※ 1 定額利用オプション

下記の計算式によるジョブの使用量の合計が、購入しているユニット数を超えない範囲でジョブの同時実行を可能とする。(ユニットが割り当てられている月内であれば何度でも実行可能)

月の途中で利用開始した場合でも日割りの課金とはならない。

$$\text{ジョブの使用量} = \frac{\text{利用 CPU コア(スレッド)数} \times \text{係数 1} \times \text{係数 2} \times \text{係数 3}}{64}$$

※2 従量利用オプション

下記の計算式によるジョブ毎の使用ポイント及びグループディスクの使用ポイントの累計が、購入している TSUBAME ポイントに達するまで利用可能とする。

ジョブ毎の使用ポイント

$$= \frac{\text{利用ノード数} \times \text{ジョブの walltime(秒)} \times \text{係数 1} \times \text{係数 2} \times \text{係数 3}}{3,600 \text{ 秒}}$$

※3 グループディスク

1TB/月当り 30 TSUBAME ポイント

1TB 単位かつ月単位の利用可能枠(クォータ)を TSUBAME ポイントで購入する。月の途中で利用開始した場合でも日割りの課金とはならない。

※4 係数表

| バッチ<br>キュー  | 係数 1:<br>バッチキュー<br>毎の係数                                                                                                                                                        | 係数 2: 優先度       |      |      | 係数 3: 実行可能時間の指定 <sup>(注)</sup> |                 |                |                |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|------|------|--------------------------------|-----------------|----------------|----------------|
|             |                                                                                                                                                                                | 標準<br>(default) | 中    | 高    | ≥ 1 時間<br>(default)            | 1 時間 <<br>≥ 1 日 | 1 日 <<br>≥ 2 日 | 2 日 <<br>≥ 4 日 |
| (定額利用オプション) |                                                                                                                                                                                |                 |      |      |                                |                 |                |                |
| V           | 1.00                                                                                                                                                                           | 1.00            | 2.00 | 4.00 | 1.00                           | 1.00            | 2.00           | 4.00           |
| Vw          | 1.00                                                                                                                                                                           | 1.00            | 2.00 | 4.00 | 1.00                           | 1.00            | 2.00           | 4.00           |
| Sw          | 1.00                                                                                                                                                                           | 1.00            | 2.00 | 4.00 | 1.00                           | 1.00            | 2.00           | 4.00           |
| (従量利用オプション) |                                                                                                                                                                                |                 |      |      |                                |                 |                |                |
| S           | 1.00                                                                                                                                                                           | 1.00            | 2.00 | 4.00 | 0.90                           | 1.00            | 2.00           | 4.00           |
| S96         | 1.20                                                                                                                                                                           | 1.00            | 2.00 | 4.00 | 0.90                           | 1.00            | 2.00           | 4.00           |
| L128        | 2.00                                                                                                                                                                           | 1.00            | 2.00 | 4.00 | 0.90                           | 1.00            | 2.00           | 4.00           |
| L128F       | 2.00                                                                                                                                                                           | 1.00            | 2.00 | 4.00 | 0.90                           | 1.00            | 2.00           | 4.00           |
| L256        | 4.00                                                                                                                                                                           | 1.00            | 2.00 | 4.00 | 0.90                           | 1.00            | 2.00           | 4.00           |
| L512        | 8.00                                                                                                                                                                           | 1.00            | 2.00 | 4.00 | 0.90                           | 1.00            | 2.00           | 4.00           |
| G           | 0.50                                                                                                                                                                           | 1.00            | 2.00 | 4.00 | 0.90                           | 1.00            | 2.00           | 4.00           |
| X           | 1.00                                                                                                                                                                           | 1.00            | 2.00 | 4.00 | 0.90                           | 1.00            | 2.00           | 4.00           |
| U           | 0.70                                                                                                                                                                           | 1.00            | 2.00 | 4.00 | 0.90                           | 1.00            | 2.00           | 4.00           |
| H           | 1 スロット <sup>※5</sup> 1 ノード当り 30 TSUBAME ポイント<br>早期予約(8~14 日前)は 1 スロット 1 ノード当り 60 TSUBAME ポイント<br>ただし、利用資格が第 4 条第 4 項第 1 号に該当する利用者は、予約時期に関わらず一律で、1 スロット 1 ノード当り 60 TSUBAME ポイント |                 |      |      |                                |                 |                |                |

(注) 実際の利用時間に係わらず、指定した利用可能時間によって係数が掛かります。

※5 スロット

予約期間の最小単位。1スロットは朝10:00～翌日の朝9:00までの23時間。

## 2-1-5 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、2014年度（2014年4月1日-2015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

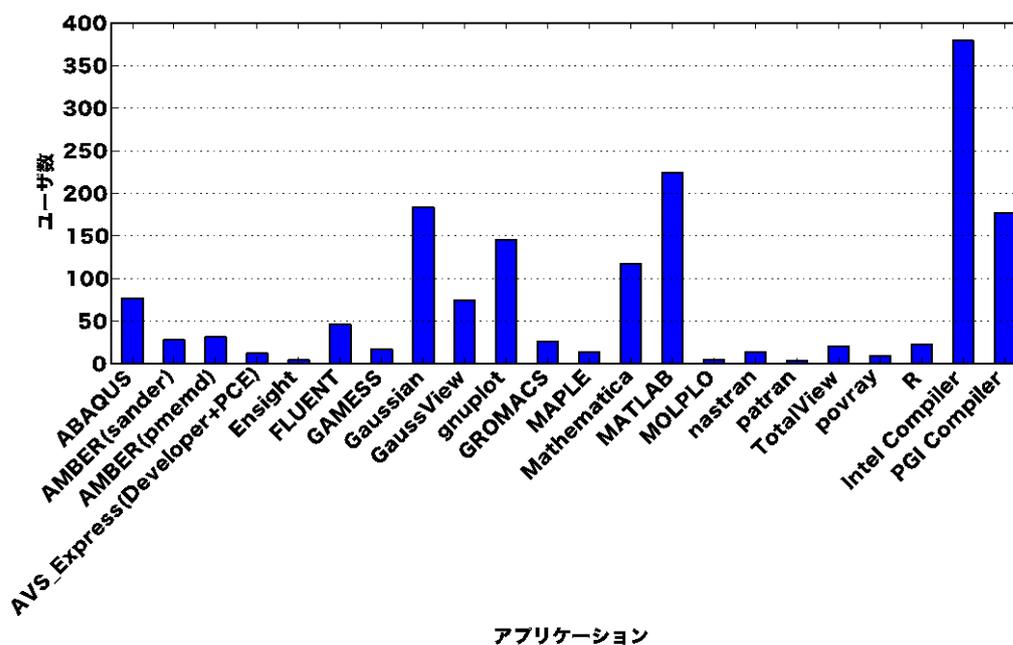


図1：アプリケーションを使用したユニークユーザ数

(2) アプリケーションが使用したプロセス数

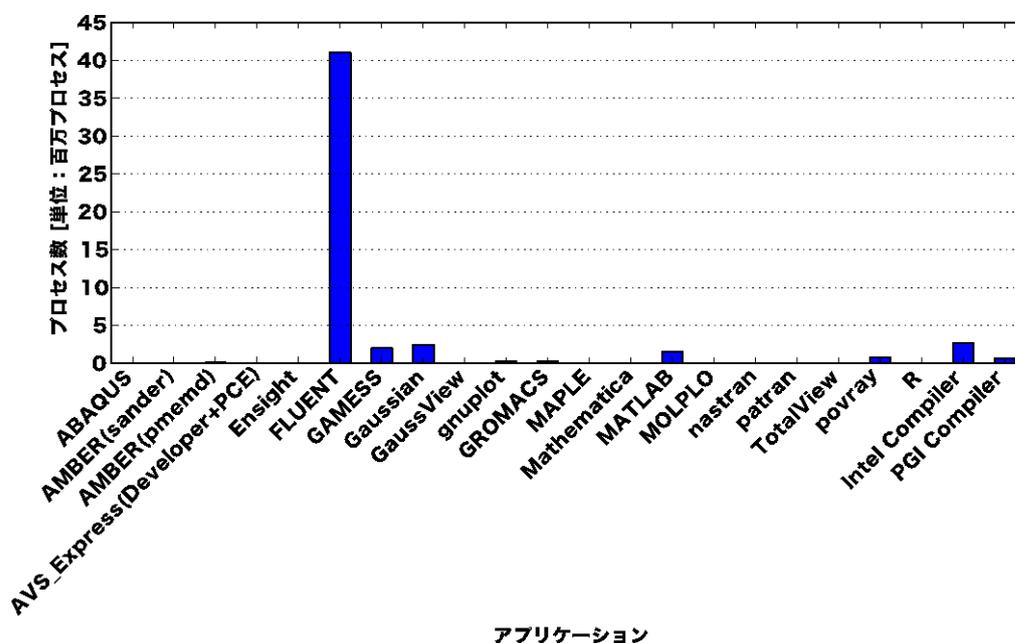


図 2 : アプリケーションが使用したプロセス数

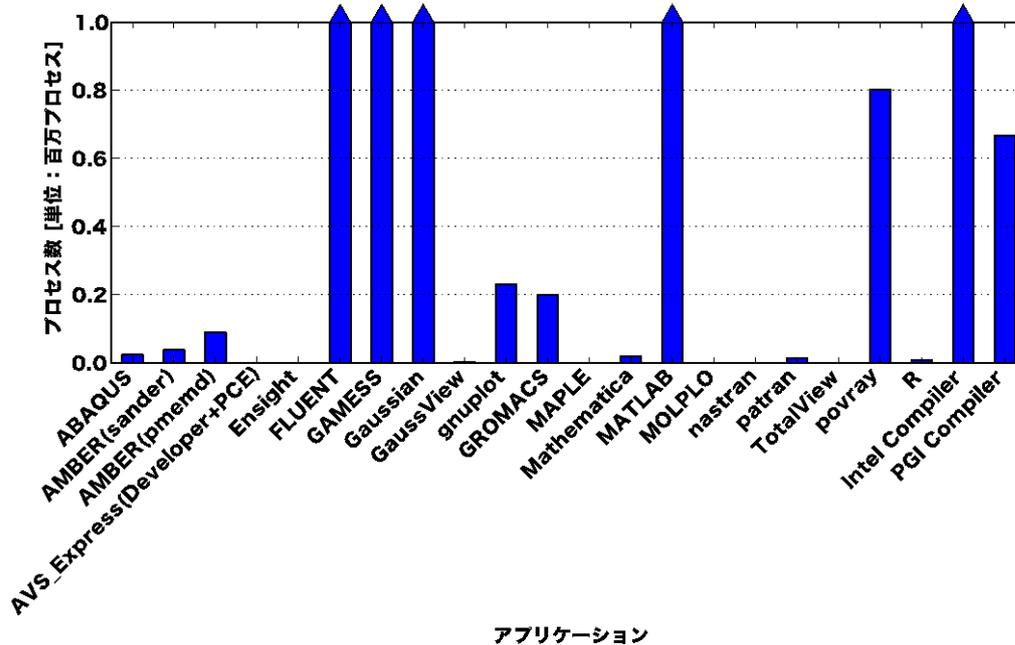


図 3 : アプリケーションが使用したプロセス数 (前図の百万プロセス数までを拡大)

(3) アプリケーションが使用したプロセス CPU 時間

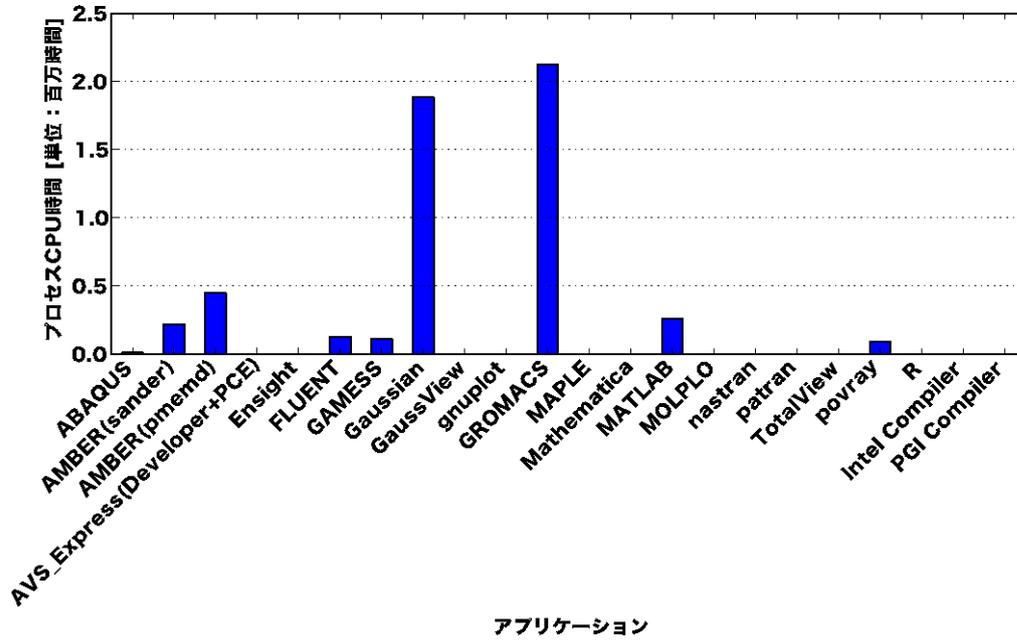


図 4 : アプリケーションが使用したプロセス CPU 時間

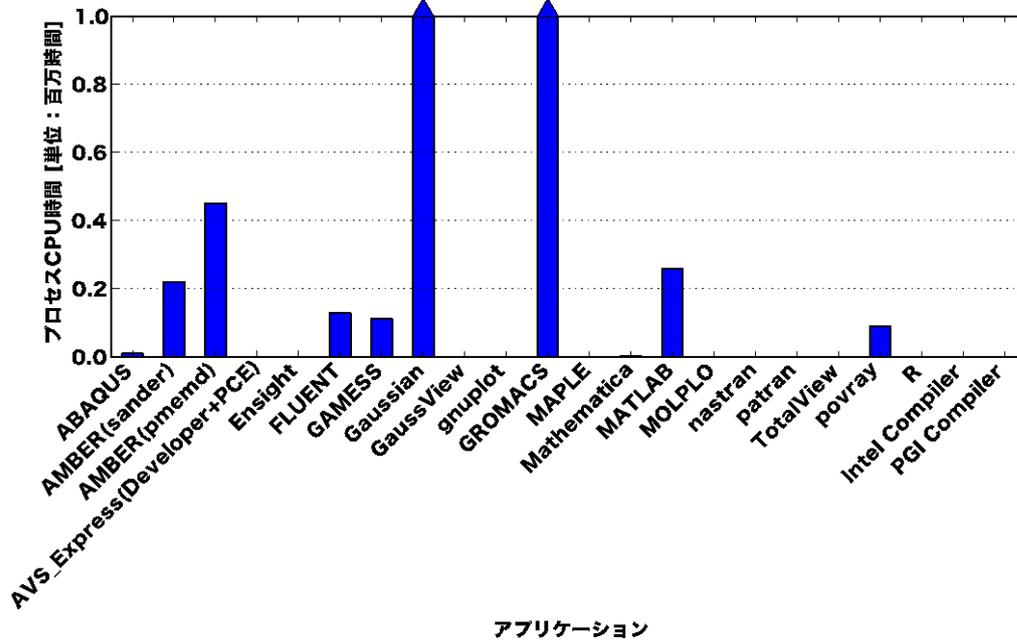


図 5 : アプリケーションが使用したプロセス CPU 時間 (前図の百万時間までを拡大)

## 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。

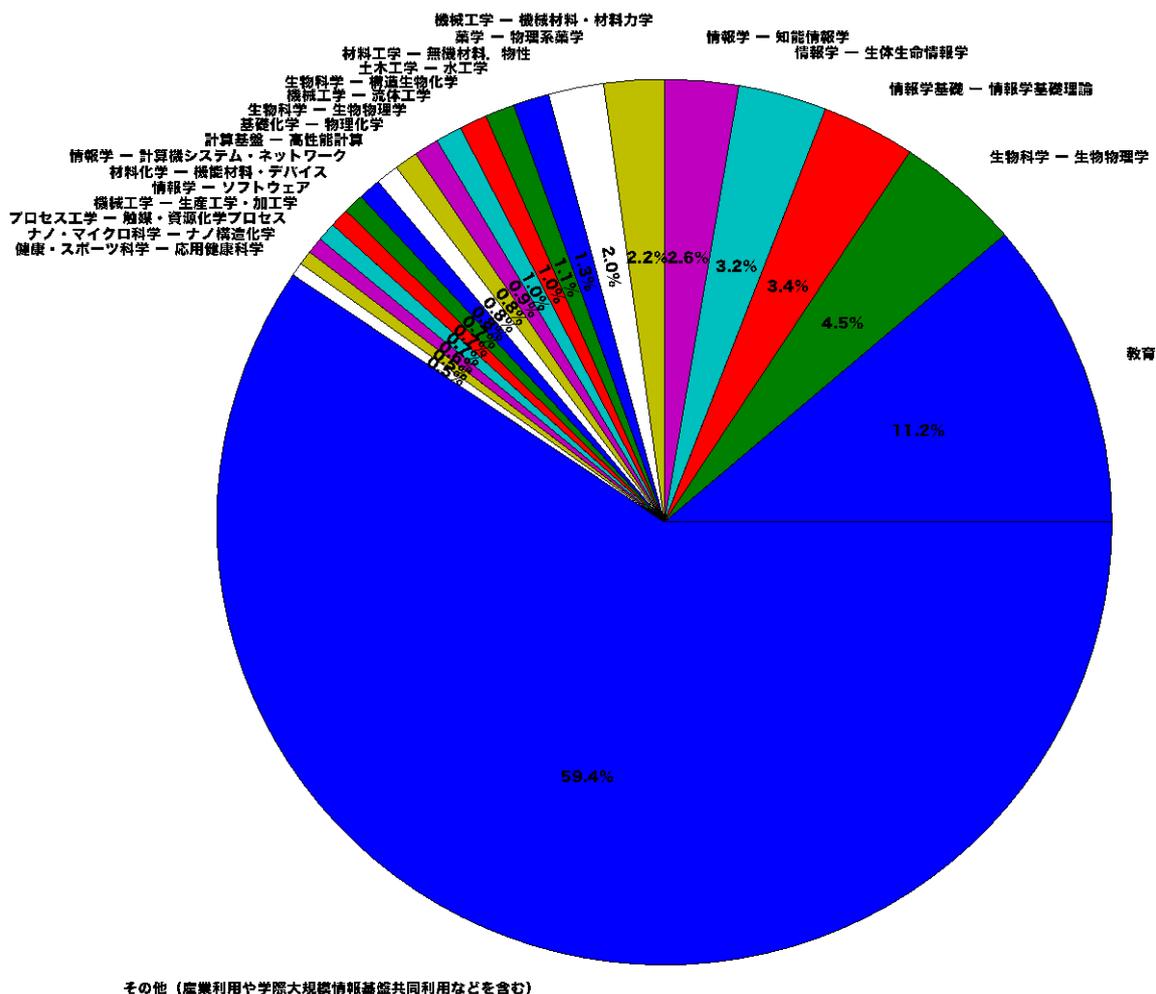


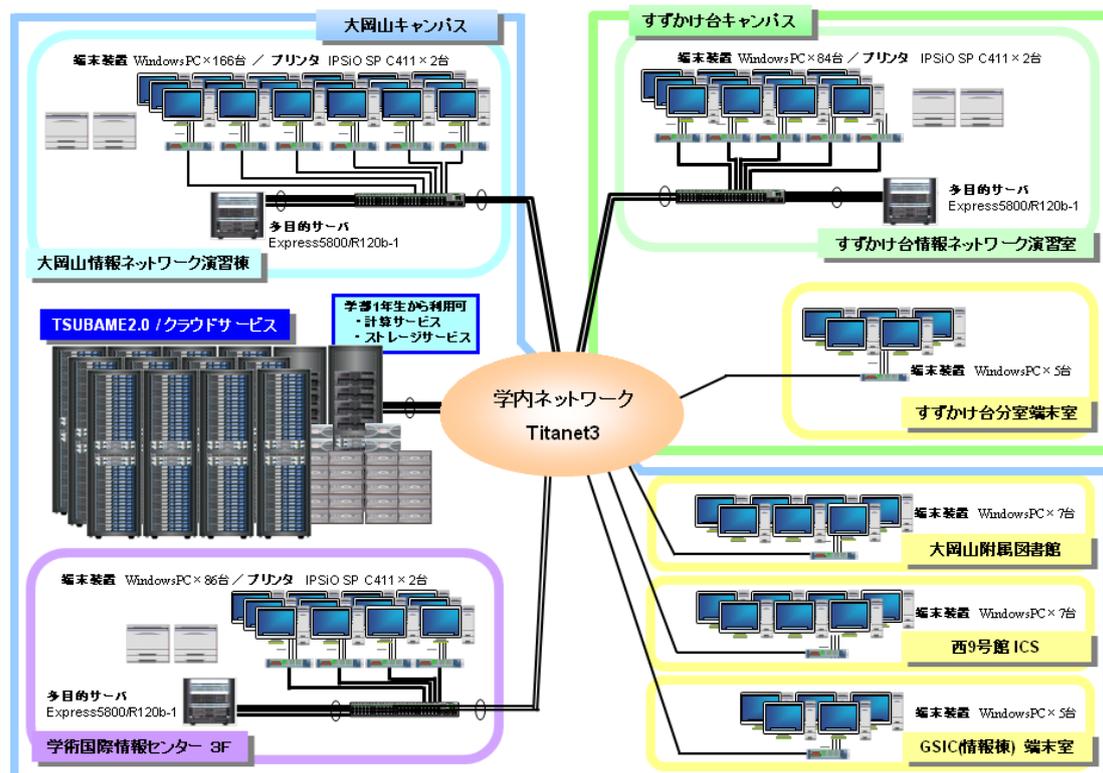
図 6 : TSUBAME の利用分野

## 2-2 教育用電子計算機システム

### 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<br>(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、TSUBAME2.5 と同じアカウントで利用することができる。(事前に TSUBAME2.5 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 25 年度に監視カメラを再設置したが防犯上の理由から夜間利用は行っていない。

#### 2) 大岡山情報ネットワーク演習室：

平成 25 年度に監視カメラを設置し、学生アルバイトの支援体制を構築して 21 時までの夜間利用を行っている。

#### 3) すずかけ台情報ネットワーク演習室：

平成 25 年度に監視カメラを再設置したが防犯上の理由から夜間利用は行っていない。

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      |          |
|-------------|----------|----------|
|             | H26 年度前期 | H26 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        | 0        |
| その他         | 10       | 9        |

### (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      |          |
|-------------|----------|----------|
|             | H26 年度前期 | H26 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 | 3 | 3 |
|-----|---|---|

(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      |          |
|-------------|----------|----------|
|             | H26 年度前期 | H26 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        | 3        |
| その他         | 2        | 7        |

(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      |          |
|-------------|----------|----------|
|             | H26 年度前期 | H26 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         | 4        | 9        |

(5) すずかけ台 情報ネットワーク演習室(83台)

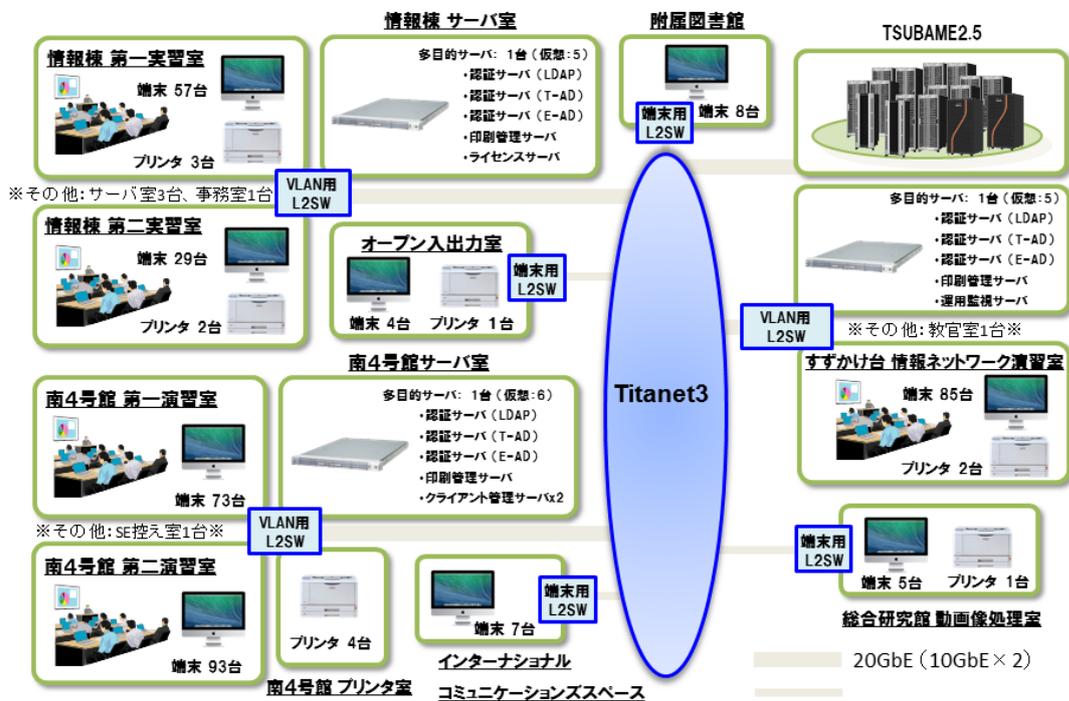
|             | 授業数      |          |
|-------------|----------|----------|
|             | H26 年度前期 | H26 年度後期 |
| コンピュータリテラシ  | 2        | 0        |
| コンピュータサイエンス | 0        | 1        |
| その他         | 1        | 7        |

#### 2-2-4 次期システム

平成 27 年 3 月に教育システムが更新され、平成 27 年度より本運用を開始する。教室に変更はないが、プリンタ台数および教室外に設置する端末台数を増強している。

また、端末は Windows PC から iMac に変更となり、Mac OS と Windows のデュアルブートで運用する。

# 教育用電子計算機システム構成図



## 【ハードウェア構成】

|                    |                      |      |
|--------------------|----------------------|------|
| クライアント端末<br>(iMac) | 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     | 85台  |
|                    | 学術国際情報センター1階オープン入出力室 | 4台   |
|                    | すずかけ台総合研究館動画像処理室     | 5台   |
|                    | 大岡山西9号館 ICS          | 7台   |
|                    | 大岡山附属図書館             | 8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      | 5台   |
|                    | 大岡山南4号館情報ネットワーク演習室   | 4台   |
|                    | すずかけ台情報ネットワーク演習室     | 2台   |
|                    | 学術国際情報センター1階オープン入出力室 | 1台   |
|                    | すずかけ台総合研究館動画像処理室     | 1台   |

## 【ソフトウェア構成】

|              |                                                                                                                |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| オペレーティングシステム | Mac OS X 10.10 Yosemite<br>Windows 8.1 Pro                                                                     |
| アプリケーション     | Adobe Creative Cloud, ChemBioOffice Ultra, Gaussian, GaussView, MATLAB, Mathematica, Microsoft Office, Spartan |

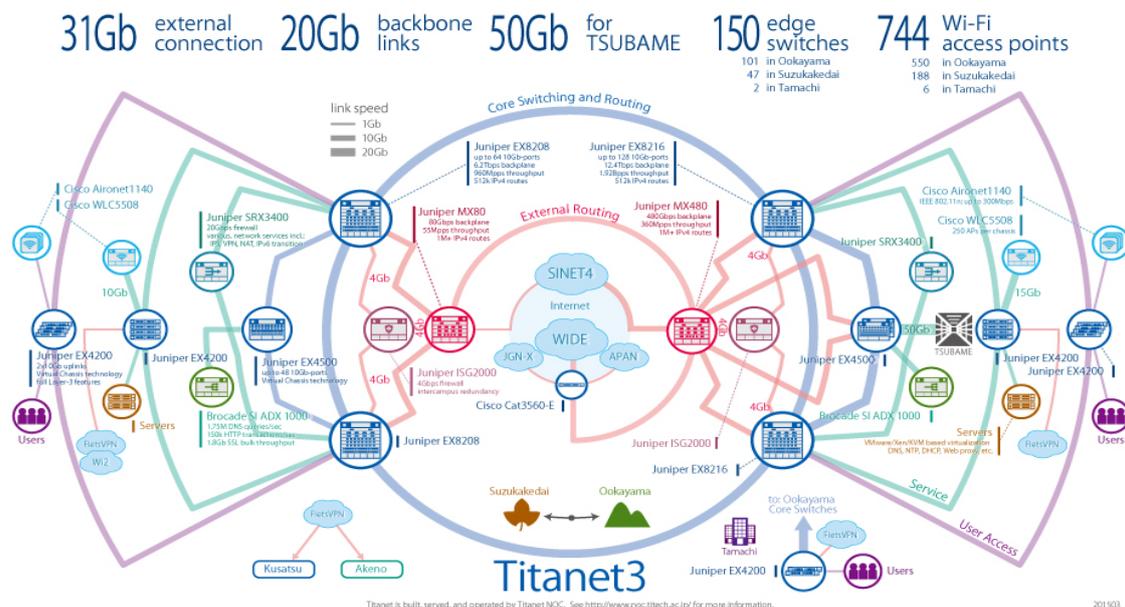
|              |                                                                                                                       |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| プログラミング言語処理系 | C, C++, Common Lisp, Eclipse, Etoys, Fortran77, Fortran90/95, Java, Pascal, Perl, Prolog, Python, Ruby, Squeak, Xcode |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## 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 が導入されてから本年度末で5年が経過した。導入以来続けてきた機器の安定化作業は終了し、本年度は幹線を構成するスイッチ群の OS 更新作業のみを法定停電に合わせて実施したが、OSの一部にテスト運用環境では見つからなかった不備が見つかったため、即時切り戻しを実施し、現在メーカーに対応を求めている状況である。無線用、その他のサービス用アプライアンスも含めた各ハードウェアの稼働率は、そういったトラブルがあったにもかかわらず99%~100%を実現した。章末に稼働率の表を示す。

次に、現在のTitanet3 幹線部分の構成を以下に示す。



### Titanet3 の構成

本年度も新規の建物を中心にスイッチの配備・接続を適宜実施し、規模を拡大した。保守対応については、無線用 PoE スイッチを含めて 15 台の機器交換等を実施している。ファイバ網等の拡充については、使い切り状態にあった南地区のファイバを 32 芯増設した。実施した保守作業の詳細を以下に示す。

### 保守作業の履歴

| 日付   | 種別       | 機種名        | 対処       | 原因/症状            |
|------|----------|------------|----------|------------------|
| 4/25 | PoE スイッチ | DGS-3100   | センドバック交換 | FAN 故障のため        |
| 5/1  | PoE スイッチ | DGS-3100   | センドバック交換 | FAN 故障のため        |
| 5/1  | PoE スイッチ | DGS-3100   | 追加       | AP 追加のため         |
| 5/23 | エッジスイッチ  | EX3300-24T | 追加       | 事務機器 GSIC へ以降のため |

|       |          |             |          |                                  |
|-------|----------|-------------|----------|----------------------------------|
| 7/22  | PoE スイッチ | DGS-3100    | センドバック交換 | FAN 故障のため                        |
| 6/3   | PoE スイッチ | DGS-3100    | センドバック交換 | FAN 故障のため                        |
| 8/8   | エッジスイッチ  | EX4200-48T  | 交換       | 監視ツールにて頻繁に alert 検知するため          |
| 11/21 | コアスイッチ   | EX8216 SIB1 | センドバック交換 | SIB1error による故障の疑い               |
| 12/11 | PoE スイッチ | DGS-3100    | 追加       | AP 追加のため                         |
| 12/24 | PoE スイッチ | DGS-3100    | センドバック交換 | FAN 故障のため                        |
| 1/7   | エッジスイッチ  | EX4200-48T  | センドバック交換 | エラーログ頻発のため故障の疑い                  |
| 2/2   | エッジスイッチ  | EX3300-48T  | 追加       | port 不足の為 48T 追加,<br>今後 24T 回収予定 |
| 2/9   | 対外ルータ    | MX480(PEM1) | センドバック交換 | パワーユニット故障のため                     |
| 3/17  | PoE スイッチ | DGS-3100    | 交換       | FAN 故障のため                        |
| 3/25  | エッジスイッチ  | EX4200-48T  | センドバック交換 | エラーログ頻発のため故障の疑い(日エ<br>レの処理上再交換)  |

セキュリティ機器は、これまでと変わらず、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)を運用している。本年度もセキュリティインシデントが数多く起き、上記機器を用いてのポート制限、注意喚起を行うとともに、重度な脅威に対しては該当するソフトウェアが動作していないか調べるため、学内ポートスキャンを都度実施した。特に、情報流出で話題となった印刷サービス、大規模攻撃として話題になった NTP、DNS レゾルバに関連するポートについては、状況に応じた制限を実施し、学内の安全を高めるとともに、学外に迷惑をかけないように対応を行った。

ファイル交換ソフトウェアの検知状況については後述する。

次年度以降に導入が検討されている次世代のセキュリティ機器について、複数候補のテストを実施した。次年度も継続する予定である。導入すべき機器の機能を精査している段階であるが、テスト中に見つかった学内外の脅威が多数あり、注意喚起を行うとともに、大学執行部などに資料を提出している。

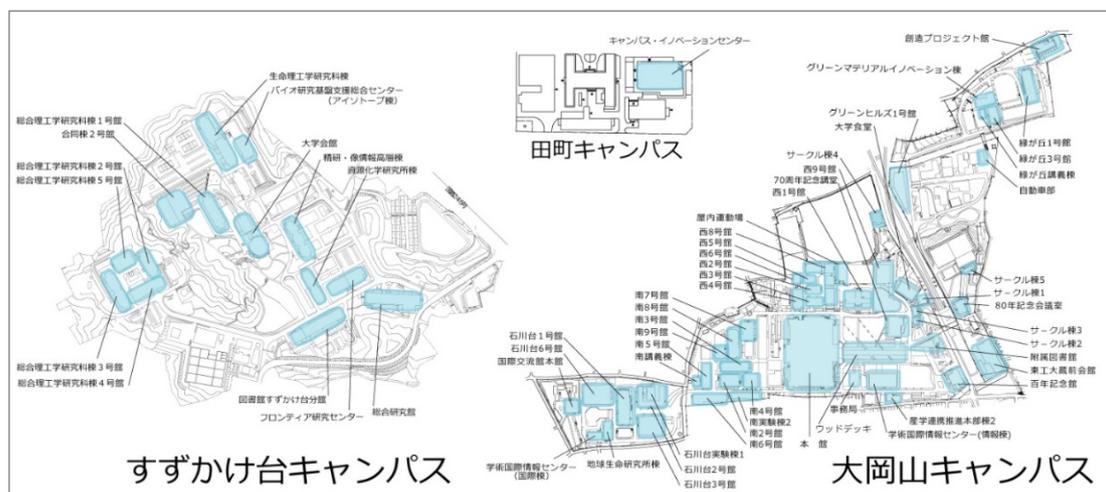
本年度、災害時放送設備が全学の多くの建物に導入されたのに伴い、それらを順次建物スイッチに接続するとともに、同時に導入された UPS 配下に建物スイッチを繋ぎ込んだ。これにより、災害時に停電した場合でも、一定時間、放送を維持することができるようになっていく。さらに、導入された UPS が具体的にどれくらいの間スイッチを稼働できるかについて、法定停電時を利用して測定を行っている。

来年度、SINET の更新に合わせて導入予定の 100 ギガ接続を実現するための機器についてテストを行った。100 ギガ技術、特に光コネクタ部分と転送チップはまだ成熟していないが、テスト・検討を継続の上、SINET の更新に合わせて次年度中に機器を調達する予定である。

## 2-3-2 無線ネットワークシステム

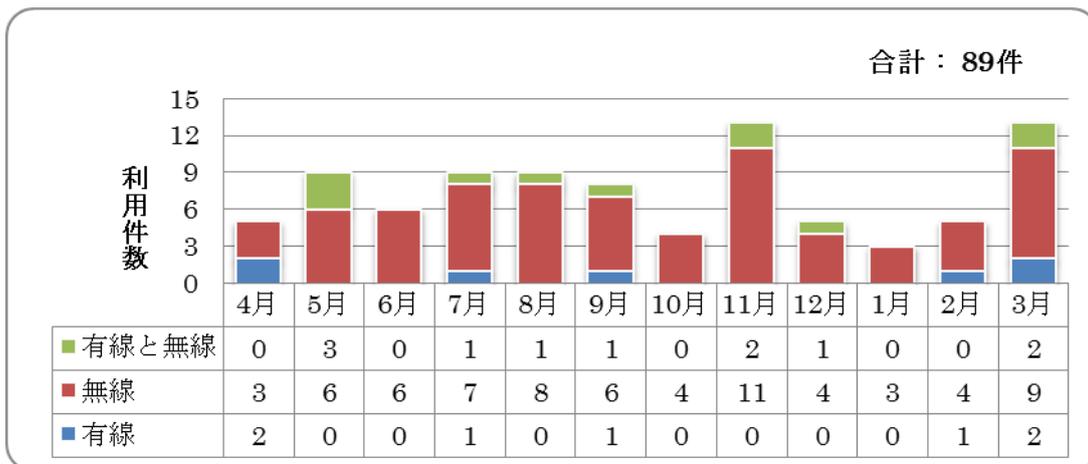
2010年3月に更新された無線ネットワークシステムは、本年度も順調に配備が進み、28台のアクセスポイントを増設、年度末時点で744台(大岡山：550台、すずかけ台：188台、田町：6台)が稼働している。コントローラは年末にOSの更新を行った。以下に無線ネットワークが利用可能なエリアを示す。

### 無線ネットワーク利用可能エリア



無線ネットワークシステム上に実現されている、全構成員用無線サービスでは、安全への配慮から、夏に古い暗号化方式の利用を停止した。また、年度末からは、キャリアグレード NAT を用いた次期サービスのテストを開始した。

学会等の実施に欠かせないイベント用ネットワークサービスについても、年度末からキャリアグレード NAT を用いた実現に本格移行し、より安全で使い易いものとした。訪問者向けの商用無線 LAN 接続サービスも引き続き提供している。本年度のイベント用ネットワークサービスの利用状況を示す。

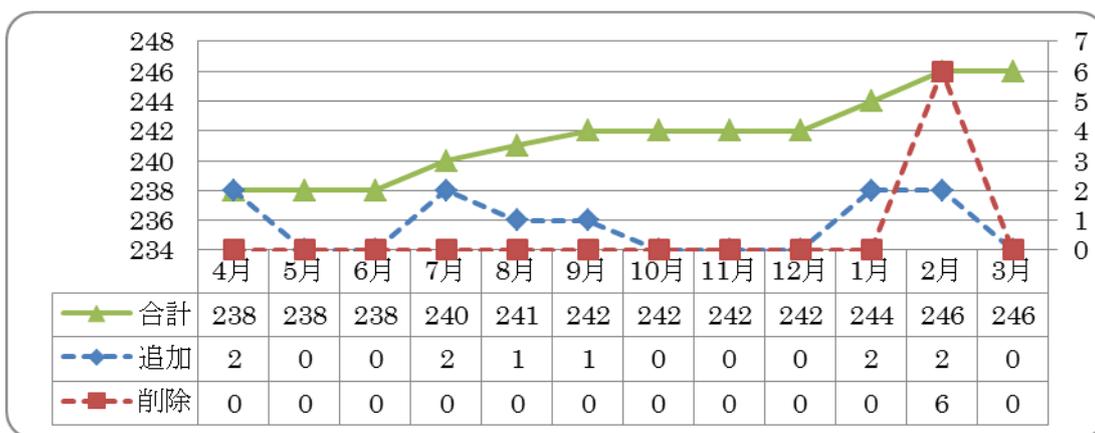


イベント用ネットワークサービス利用件数の状況

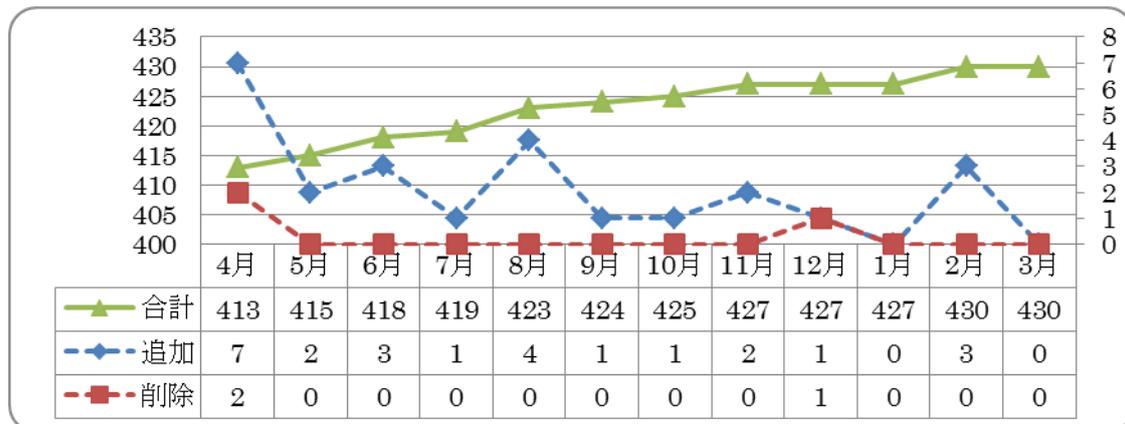
### 2-3-3 その他のサービス

#### (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向上を目的として開始された代行サービスだが、本年度末から新 WWW サーバ代行サービスのテスト運用を開始し、希望者は先行して移行できるようになった。サーバ、ソフトウェアのバージョンが新しくなり、安全になるとともに最新のコンテンツを動かせるようになったが、古いコンテンツがそのまま動作するとは限らないため、時間をかけて移行を実施、支援する予定である。本年度の DNS 並びに WWW サーバ代行サービス利用状況を示す。



DNS サーバ代行サービス利用件数の状況

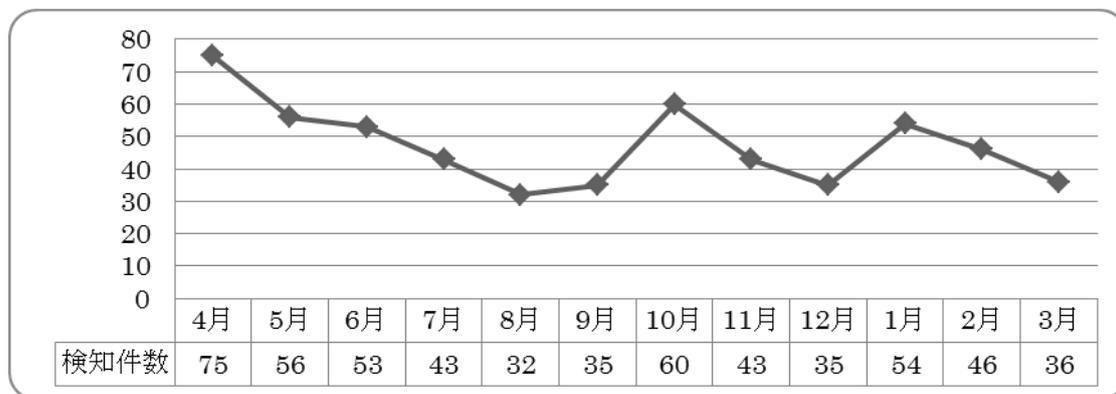


WWW サーバ代行サービス利用件数の状況

## (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を強化するため、学外との通信内容を機械的に判断し、そういった行為に荷担するおそれのあるソフトウェアを検知、遮断、通知するサービスである。

年度末時点での検知対象は、BitTorrent, Gnutella, Kazaa, Share, WinMX, Winny, eDonky, eDonkey2000, Direct Connect, Gnutella Ultrapeer, Perfect Dark、および、それらと同等の通信を行うソフトウェアである。本年度の検知状況を示す。(自動遮断件数に加え、手動で追加遮断した件数が含まる。)



ファイル交換ソフトウェア検知数の状況

### (3) その他

以下のサービスについてもハードウェア、ソフトウェアの更新、標準変更への対応等を適宜実施し、継続してサービス提供を行っている。

- 東工大トップドメイン用名前引きサーバの運用、組織・プロジェクトドメインの登録管理
- 支線毎に学外との通信ポリシーを設定できる（ファイアウォール/スクリーニング選択）サービス
- WWW、ftp、ストリーミング等の通信を学内外で中継するサーバ、大規模DNSフルリゾルバ、時刻情報(NTP)提供サーバなど学内共用サーバ
- SINET4, JGN-X を利用する学内プロジェクトに対する接続支援

#### 2-3-4 特記事項

来年度末の SINET5 への移行は、幹線の対外接続だけでなく、学内の多くのプロジェクトが同時に行う必要があり、準備段階からかなりの支援・調整が必要となる。

同じタイミングで、教育改革にともなう組織の大改編が予定されており、その後居室、ネットワークトポロジ等が変更される可能性がある。ドメイン名の割当を含む多くのサービスは現在の組織単位で、スイッチの配置は現在の建物に在る組織を基準に設計されているため、来年度末以降、大きな作業が継続して発生する可能性が高くなっている。これらによって想定される大きな工数不足は、来年度以降の大きな課題である。

新組織の公式な Web サイトについては、広報センターを中心に再編、集中が計画されており、広報面のみでなくセキュリティ面でも大きな成果が期待されるため、我々も関連するサービスや利用者の誘導などを中心に協力を行っている。

| 稼働率100%             |       |                  |       |                   |       |                            |       |
|---------------------|-------|------------------|-------|-------------------|-------|----------------------------|-------|
| スイッチ名               | conn  | スイッチ名            | conn  | スイッチ名             | conn  | スイッチ名                      | conn  |
| border-o1           | 99.99 | nishi1-1         | 99.99 | ttf-5             | 99.99 | monitor-s[kvm-s1]          | 99.99 |
| border-s1           | 99.99 | nishi3-1         | 99.99 | circle5-1         | 99.99 | monitor-o2[kvm-o2]         | 99.99 |
| ooyakayama-gw(v301) | 99.99 | nishi4-1         | 99.99 | 100nen-3          | 99.99 | log-o1[xen-o1]             | 99.99 |
| ookayama-gw(v306)   | 99.99 | nishi6-1         | 99.99 | 1shoku-2          | 99.99 | log-o2[qnap]               | 99.99 |
| suzukake-gw(v302)   | 99.99 | nishi7-1         | 99.99 | 1shoku-4          | 99.99 | tn3[xen-o1]                | 99.99 |
| suzukake-gw(v307)   | 99.99 | nishi8w-1        | 99.99 | circle1-1         | 99.99 | sbox[kvm-o2.sandbox]       | 99.99 |
| noc-kote-1          | 99.99 | nishi8e-1        | 99.99 | circle2-1         | 99.99 | 10gs3g[kvm-o2.noc-redmine] | 99.99 |
| bunki-o1            | 99.99 | higashi1-1       | 99.99 | circle3-1         | 99.99 | radius-napldap[xen-o1]     | 99.99 |
| bunki-o2            | 99.99 | haeki-1          | 99.99 | sanren2-2         | 99.99 | nsauth-o1[xen-o1]          | 99.99 |
| core-o1             | 99.99 | midori1-1        | 99.99 | ishikawa1-2       | 99.99 | auth-s1                    | 99.99 |
| core-o2             | 99.99 | gsic-1           | 99.99 | ishikawa2-2       | 99.99 | dhcp-o1[xen-o1]            | 99.99 |
| core-s1             | 99.99 | johoeno-1        | 99.99 | ishikawa3-2       | 99.99 | dhcp1.pubnet[xen-o1]       | 99.99 |
| core-s2             | 99.99 | gsickokusai-1    | 99.99 | ishikawa6-2       | 99.99 | dhcp2.pubnet[xen-o2]       | 99.99 |
| vpn-o               | 99.99 | minami6-1        | 99.99 | minami2-2         | 99.99 | xen-o1                     | 99.99 |
| vpn-s               | 99.99 | tamachi-1        | 99.99 | minami5-2         | 99.99 | xen-o2                     | 99.99 |
| vpn-t               | 99.99 | honkan-1         | 99.99 | johoeno-2         | 99.99 | kvm-o1                     | 99.99 |
| 10g-gsic-1          | 99.99 | nishi5-1         | 99.99 | minami6-2         | 99.99 | kvm-o2                     | 99.99 |
| 10g-setsubi-1       | 99.99 | higashi2-1       | 99.99 | minami8-2         | 99.99 | vmw-o1                     | 99.99 |
| noc-gsic-1          | 99.99 | ttf-1            | 99.99 | midori6-2         | 99.99 | vmw-o2                     | 99.99 |
| noc-gsic-2          | 99.99 | honkans-1        | 99.99 | honkane-2         | 99.99 | kvm-s1                     | 99.99 |
| noc-gsic-3          | 99.99 | nishi9-1         | 99.99 | honkane-3         | 99.99 | vmw-s1                     | 99.99 |
| noc-gsic-4          | 99.99 | honkanko-1       | 99.99 | honkane-4         | 99.99 | proxy                      | 99.99 |
| noc-honkan-1        | 99.99 | jimu-gsic-1      | 99.99 | kodo-2            | 99.99 | slb-o1                     | 99.99 |
| noc-honkan-2        | 99.99 | vande-1(P)       | 99.99 | nishi2-1          | 99.99 | slb-s1                     | 99.99 |
| noc-setsubi-1       | 99.99 | rji-1            | 99.99 | nishi3-2          | 99.99 | res-o1_mgmt                | 99.99 |
| noc-setsubi-2       | 99.99 | kitaji1-1        | 99.99 | nishi8w-2         | 99.99 | res-o1                     | 99.99 |
| noc-setsubi-3       | 99.99 | gsic-2           | 99.99 | nishi8e-2         | 99.99 | res-o2_mgmt                | 99.99 |
| wdm-os1             | 99.99 | hokenkanri-1     | 99.99 | nishi9-2          | 99.99 | res-o2                     | 99.99 |
| wdm-os2             | 99.99 | sanren2-1        | 99.99 | nishi9-3          | 99.99 | res-s1_mgmt                | 99.99 |
| wdm-so1             | 99.99 | gokuteion-1      | 99.99 | nishi9-4          | 99.99 | res-s1                     | 99.99 |
| wdm-so2             | 99.99 | taikukan-1       | 99.99 | nishi9-5          | 99.99 | res-s2_mgmt                | 99.99 |
| wdm-ot1             | 99.99 | minamiji4-1      | 99.99 | circle4-1         | 99.99 | res-s2                     | 99.99 |
| wdm-ot2             | 99.99 | midoriko-1(P)    | 99.99 | toshoo-2          | 99.99 | prx-s1_mgmt                | 99.99 |
| wdm-tb1             | 99.99 | minamiko-1(P)    | 99.99 | toshoo-4          | 99.99 | prx-s1                     | 99.99 |
| wdm-tb2             | 99.99 | minami7-1        | 99.99 | taikukan-2(P)     | 99.99 | prx-o1[kvm-o1]             | 99.99 |
| midori2-1           | 99.99 | minami7-2        | 99.99 | tamachi-2         | 99.99 | prx-o2[xen-o2]             | 99.99 |
| midori3-1           | 99.99 | j2-1             | 99.99 | green1-2          | 99.99 | prx-o3[xen-o1]             | 99.99 |
| midori4-1           | 99.99 | j3-1             | 99.99 | green1-3(P)       | 99.99 | prx-o5[vmw-o1]             | 99.99 |
| sozo-1              | 99.99 | isotope-1        | 99.99 | elsi-2            | 99.99 | kvmw-o1                    | 99.99 |
| kita2-1             | 99.99 | b1-1             | 99.99 | honkans-2         | 99.99 | waf-o1                     | 99.99 |
| midori6-1           | 99.99 | b2-1             | 99.99 | j2-2              | 99.99 | waf-2                      | 99.99 |
| green1-1            | 99.99 | r3-1             | 99.99 | j2-3              | 99.99 | ntp-o1                     | 99.99 |
| cc-gsic-1           | 99.99 | coe-1            | 99.99 | j2-4              | 99.99 | sgw-o1                     | 99.99 |
| 80nen-1             | 99.99 | daigakuikaikan-1 | 99.99 | b1-2              | 99.99 | sgw-o2                     | 99.99 |
| 100nen-1            | 99.99 | g1-1             | 99.99 | b2-2              | 99.99 | sgw-s1                     | 99.99 |
| toshoo-1            | 99.99 | soken-1          | 99.99 | daigakuikaikan-2  | 99.99 | sgw-s2                     | 99.99 |
| jimu1-1             | 99.99 | frontier1-1      | 99.99 | daigakuikaikan-3  | 99.99 | raid                       | 99.99 |
| 1shoku-1            | 99.99 | frontier2-1      | 99.99 | frontier1-2       | 99.99 | db[vmw-o1]                 | 99.99 |
| ishikawa1-1         | 99.99 | r1-1             | 99.99 | frontier2-2       | 99.99 | logger[vmw-o1]             | 99.99 |
| ishikawa2-1         | 99.99 | sokenbekkan-1    | 99.99 | toshos-2(P)       | 99.99 | opw10g                     | 99.99 |
| ishikawa3-1         | 99.99 | johoens-1        | 99.99 | g1-2              | 99.99 | opw10g-o2                  | 99.99 |
| ishikawa4-1         | 99.99 | g2-1             | 99.99 | g2-2              | 99.99 | ntp1                       | 99.99 |
| ishikawa5-1         | 99.99 | g3-1             | 99.99 | g3-2              | 99.99 | ntp2                       | 99.99 |
| ishikawa6-1         | 99.99 | g4-1             | 99.99 | setsubi-3         | 99.99 | slb-o1(ve352)              | 99.99 |
| koryukaikan-1       | 99.99 | g5-1             | 99.99 | g4-2              | 99.99 | ns1[vmw-o2]                | 99.99 |
| elsi-1              | 99.99 | j1-1             | 99.99 | r1-2              | 99.99 | ns2[vmw-o2]                | 99.99 |
| minami1-1           | 99.99 | r2-1             | 99.99 | tw2-gw-o          | 99.99 | ns6[vmw-o2]                | 99.99 |
| minami2-1           | 99.99 | toshos-1         | 99.99 | tw2-gw-s          | 99.99 | ns-o[vmw-o2]               | 99.99 |
| minami3-1           | 99.99 | setsubi-1        | 99.99 | wlc-o1            | 99.99 | ns-s[vmw-s1]               | 99.99 |
| minami4-1           | 99.99 | cc-soken-1       | 99.99 | wlc-o1_v110       | 99.99 | dns-o.net[vmw-o2]          | 99.99 |
| minami5-1           | 99.99 | yvp-1            | 99.99 | wlc-o2            | 99.99 | dns-s.net[vmw-s1]          | 99.99 |
| minami8-1           | 99.99 | mhd-1            | 99.99 | wlc-o2_v110       | 99.99 | app[vmw-o2]                | 99.99 |
| minami9-1           | 99.99 | kenbikyoo-1      | 99.99 | wlc-o3            | 99.99 | app1[vmw-o2]               | 99.99 |
| choele-1            | 99.99 | midori1-2        | 99.99 | wlc-o3_v110       | 99.99 | app2[vmw-o1]               | 99.99 |
| minamiji2-1         | 99.99 | gsic-4           | 99.99 | wlc-s1            | 99.99 | noc-s1[vmw-s1]             | 99.99 |
| honkanw-1           | 99.99 | gsic-5           | 99.99 | wlc-s1_v111       | 99.99 | web1                       | 99.99 |
| honkane-1           | 99.99 | ttf-2            | 99.99 | wlc-s2            | 99.99 | web2                       | 99.99 |
| honkanc-1           | 99.99 | ttf-3            | 99.99 | wlc-s2_v111       | 99.99 | web-db1                    | 99.99 |
| kodo-1              | 99.99 | ttf-4            | 99.99 | monitor-o[xen-o2] | 99.99 | web-db2                    | 99.99 |

## ネットワーク機器、アプライアンス、サーバ群の稼働率

## 2-4 情報セキュリティ

### 2-4-1 東工大 CERT の設立

本稿の巻頭トピックで触れたように、情報セキュリティに対する重要性が高まる中で 2014 年度に情報セキュリティの専門チームである CERT が設置された。東工大 CERT は情報セキュリティ監査・危機管理専門委員会内に置かれ、CIO/CISO(理事・副学長)から権限を任された独立性の高い組織となっている。本学の情報セキュリティ規則に定められた CERT に関する項目を引用する。

第 16 条第 5 項：最高情報セキュリティ責任者は、緊急を要する事案が発生した場合又は緊急を要する事案が発生することが想定される場合、当該事案に係る関連部署及び第 18 条第 5 項に定める情報システム緊急対応チームに対し、当該事案に関する初動体制としての緊急措置を講ずる全権を委任することができる。

第 18 条第 5 項：監査・危機管理専門委員会に、第 18 条第 1 項第 3 号及び第 4 号に掲げる事案に関する情報収集、分析及び危機対応を行うため、情報システム緊急対応チーム（Computer Emergency Response Team 以下「CERT」という。）を置く。

東工大における研究/教育/事務活動等を促進させるため、安全な計算機環境を提供する事が CERT の役割である。セキュリティ事案発生時における緊急対応を行うほか、セキュリティ情報の発信、学内の脆弱性調査など事前対応に重きを置いた情報セキュリティに関わる活動を行っている。

### 2-4-2 WEB サイトの開設

最新の情報セキュリティに関する注意喚起、情報解説を目的としたホームページ (<<http://cert.titech.ac.jp>>) を開設し、これまでに 150 件以上の記事を掲載することで啓蒙活動を行った。最新のセキュリティニュースの内大学に関係する話題をピックアップし、平易で短い解説を付けて紹介する事でセキュリティに関する興味喚起を図っている。

### 2-4-3 全学向けの注意喚起

特に危険度が高いと判断したセキュリティ情報については、全学の利用者向けに分かり易く伝えることを目的とした注意喚起をメールを配信している。月 1 件以上送信し計 14 件の通知を行った。部局長等会議におけるセキュリティ報告等と連動させることで学内への周知効果を高めるよう努めている。

#### 2-4-4 公開情報を利用した学内の脆弱性調査

Google や SHODAN といった検索エンジンを利用する事で公開情報から脆弱性を調査する方法が知られている。これは不正侵入等を試みる犯罪者も利用する方法で有り、事前に脆弱性のある機器を調査し対策を講じることで不正侵入等を防止する効果が期待出来る。学内の WEB サーバやプリンタ複合機、テレビ会議システム等に脆弱性が発見され、担当者に通知すると共に対応を行った。

#### 2-4-5 講演活動等

学外のセキュリティ関連活動チームとの連携を図ると共に、文部科学省、国立情報学研究所が主催/後援する講習会での講演を行い、全国レベルの啓蒙活動を行った。2014 年度に行った講演一覧は下記の通りである。REN-ISAC Japan の会議ではパネリストを務め、他は講演を行った。

- 07/28 REN-ISAC Japan (東京大学 本郷キャンパス)
- 09/30 情報化発表会 @ (北海道大学)
- 12/11 大学 ICT 推進協議会 @ (仙台市 AER ビル)
- 02/27 情報セキュリティセミナー @ (一橋講堂)

#### 2-4-6 次世代型セキュリティ機器の試験運用

攻撃手法が高度化および多様化しており既存のファイヤウォール等だけでは攻撃の検知が非常に難しくなっている。そこで最新の脅威を検知をする次世代型セキュリティ機器の利用実験と評価を NOC と共同で実施した。機器の評価、知見を得るとともに実験中に発見された脅威について通知及び対応促進を行った。

#### 2-4-7 セキュリティインシデントへの対応

学内で起きたセキュリティを脅かす事象に対して該当マシンをネットワークからの切断する等初動対応を行った。また場合に寄っては該当機器を回収し、ログ等の分析を通して原因究明を行い今後の対策に活用した。

## 2-5 キャンパス共通認証・認可システム

### 2-5-1 構成

本学の研究・教育・事務処理における情報サービスに対する利用者情報を統合し、かつ利便性、安全性、安定性の向上を図るため設けられた全学キャンパス共通認証・認可基盤システム及び全学共通メールシステムの概念図を図 2-5 に示す。本学構成員全員に対して情報基盤を利用するための全学共通のアカウント（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）を用いた認証サーバに基づき、「東工大 IC カード」、「全学共通メールサービス」を提供している。

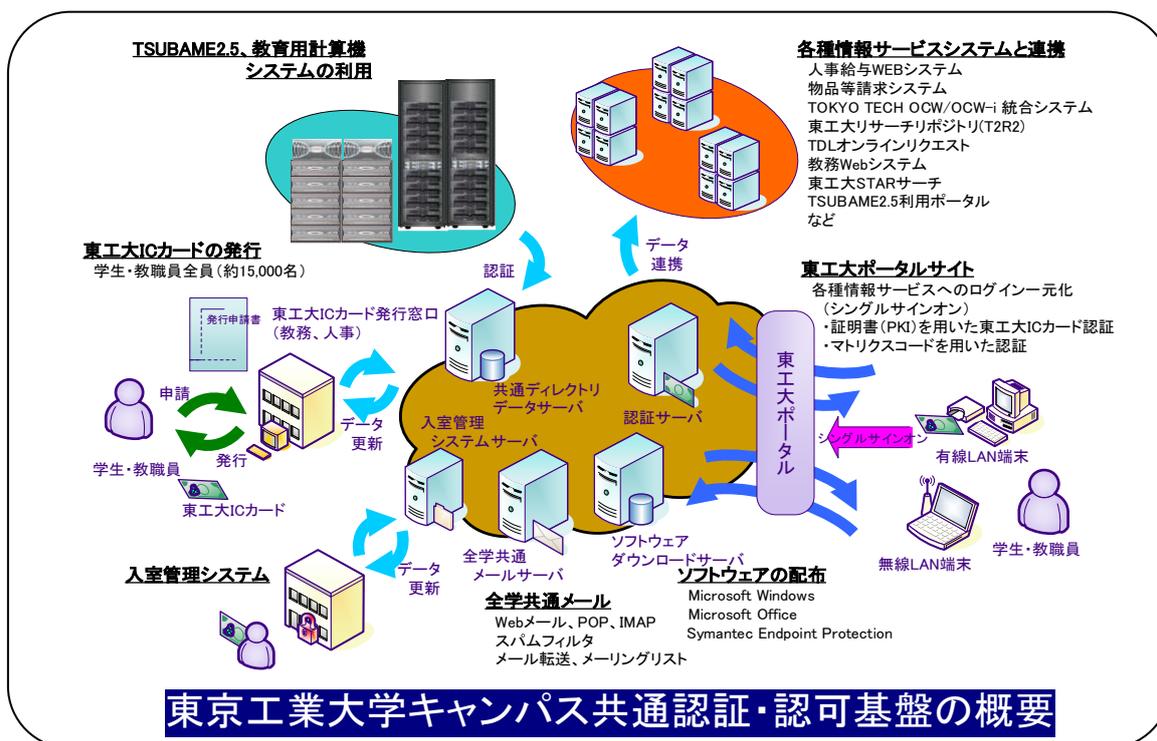


図 2-5 共通認証・認可システム及び全学共通メールシステム

### 2-5-2 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、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)
- ・包括契約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【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

### 2-5-3 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)<br>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<br>(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<br>(Windows7)                       |

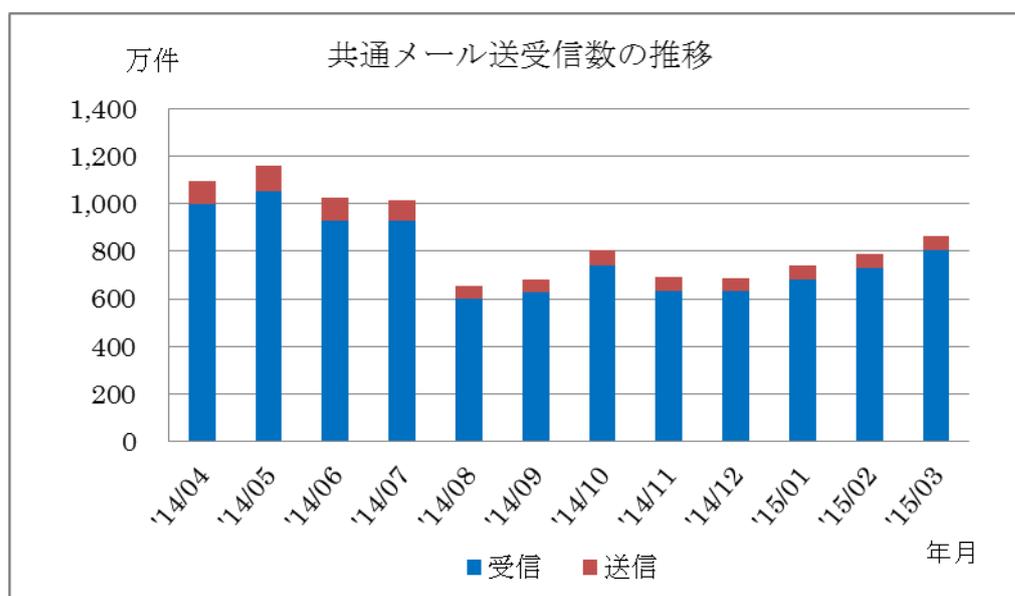
|                      |                                      |
|----------------------|--------------------------------------|
| 2014年6月              | 論文剽窃チェックツールとの連携開始                    |
| 2014年9月～<br>2014年10月 | 学勢調査2014WEBサイトとの連携                   |
| 2014年11月             | 包括契約ソフトウェア提供サービス<br>Adobeソフトウェアを提供開始 |
| 2015年1月～<br>2015年3月  | 就職活動調査アンケートとの連携                      |
| 2014年7月～<br>2015年3月  | 東工大ポータルシステムのリプレース                    |
| 2015年3月              | 東工大ポータル英語版を作成                        |

(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(2015年3月31日現在)

|                 |             |
|-----------------|-------------|
| 全学共通メールアドレス発行件数 | 13,914      |
| (内訳) 常勤職員       | 1,768 (13%) |
| 非常勤職員           | 1,728 (12%) |
| アクセスカード所有者      | 400 (3%)    |
| 学部学生            | 4,748 (34%) |
| 大学院学生(修士課程)     | 3,596 (26%) |
| 大学院学生(博士後期課程)   | 1,405 (10%) |
| 研究生等            | 269 (2%)    |

・全学共通メール利用状況(2014年4月1日～2015年3月31日)



### (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。

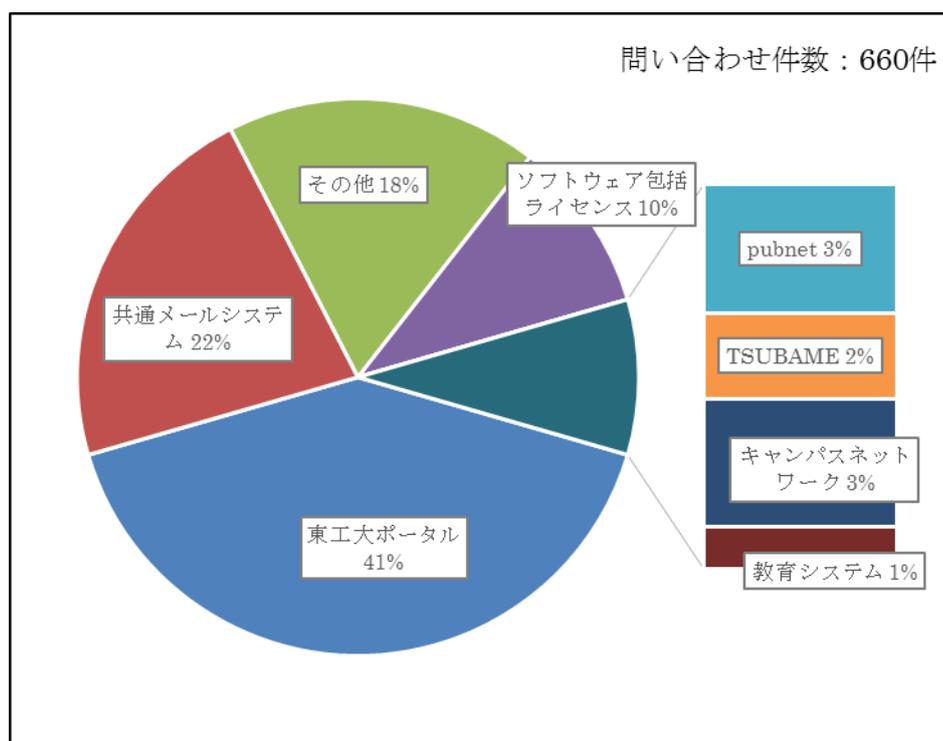
研究推進部情報基盤課基盤システムグループ

東工大 IT サービスデスク

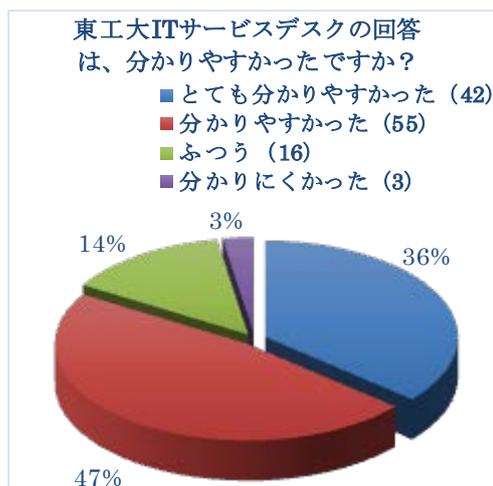
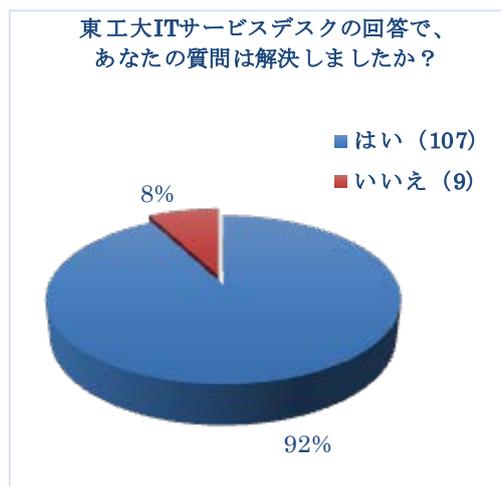
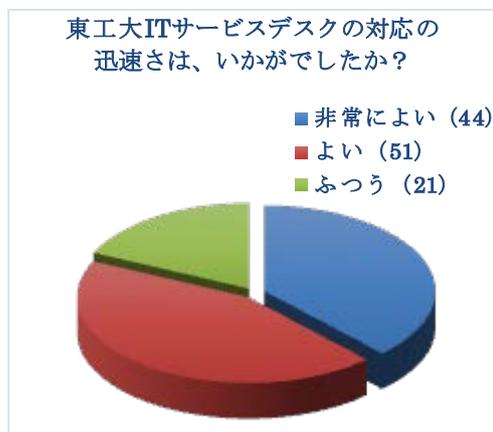
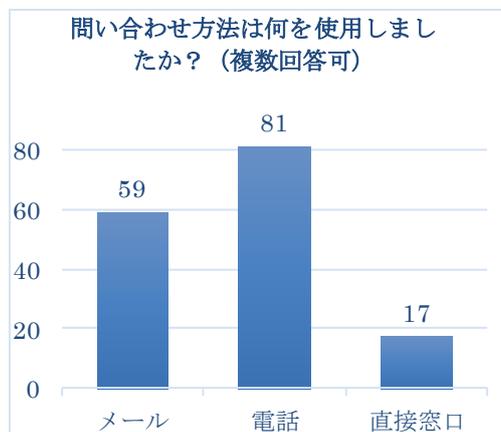
・電話：03-5734-3654 9:00～12:15、13:15～17:00（休日・祝祭日を除く）

・メール：helpdesk@gsic.titech.ac.jp

以下に、2014 年度における東工大 IC サービスデスクに寄せられた問い合わせ（660 件）の傾向を示す。なお、グラフ中の「その他」は教務 Web システムや物品等請求システムなどの東工大ポータルと連携している情報サービスに関する問い合わせや PC 端末の操作などの問い合わせが含まれる。



また、東工大 IT サービスデスクでは、毎年（例年 1 月頃）教職員（非常勤職員を含む）を対象にアンケートを実施し、サービスのさらなる向上と改善に努めている。以下に主な集計結果（東工大 IT サービスデスク利用者数：116 名）を示す。



## 2-6 ソフトウェア包括契約

### 2-6-1 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 26 年度の実績で約 1.7 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 26 年 4 月より Office 2007 Enterprise の供用を停止した。

また、平成 26 年 11 月より Adobe 社との ETLA(Enterprise Term License Agreement) ライセンスを、平成 27 年 3 月より MathWorks 社と MATLAB の TAH(Total Academic Headcount)ライセンスを締結した。

#### 【包括契約で提供されるソフトウェア】

|                           |                                |                                                                |
|---------------------------|--------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Microsoft Office          | Windows 版                      | Office Professional Plus 2010<br>Office Professional Plus 2013 |
|                           | Mac 版                          | Office 2011 for MAC                                            |
| Microsoft Windows Upgrade | Windows 8.1 Enterprise Upgrade |                                                                |
|                           | Windows 7 Enterprise Upgrade   |                                                                |
| Symantec 社製ウイルス対策ソフトウェア   | Windows, Mac, Linux 版          | Endpoint Protection                                            |
| Adobe                     | Windows, Mac 版                 | Adobe Creative Cloud                                           |
| MathWorks                 | Windows, Mac, Linux 版          | MATLAB                                                         |

### 2-6-2 運用

○ Microsoft, Symantec, Adobe 製品

#### 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 社製ウイ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。Adobe 製品については個人所有のコンピュータでの利用は不可。）

### 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、Adobe 社製品、Symantec 社製品)

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 社製ウイ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

### ○ Mathworks 製品 (MATLAB)

#### 1) 利用資格

教職員: 東京工業大学に勤務する教職員

学 生: 東京工業大学に在籍する学部生および大学院生

#### 2) インストール対象となるコンピュータ

教職員: 教職員の個人の PC および大学予算で購入した研究室等の PC

学 生: 学生個人の PC

#### 3) 手続方法

##### 教職員

1. MATLAB TAH 教職員用申請フォームに必要事項を記入して申請
2. My MathWorks にアカウントが登録されるとメールが届くので、メール中のリンクをクリックし、MathWorks License Center へログインし、登録内容の確認、仮パスワードから変更をする。(既に My MathWorks にアカウントがある場合は特に連絡はないので MathWorks License Center から確認する)

##### 学生

1. My MathWorks のサイトでアカウントを作成

2. My MathWorks にアカウントが登録されると「Verify Email Address」という件名のメールが mathworks.com から届くので、メール中のリンクから Verify your email クリックし、メールアドレスを承認する。

詳しくは、<http://tsubame.gsic.titech.ac.jp/MATLAB-TAH> で確認。

### 2-6-3 実績

#### Microsoft Windows 8.1 配布数

|       | 2014 |    |    |    |    |    |     |     |     | 2015 |    |    | 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 | 82   | 33 | 16 | 12 | 4  | 25 | 44  | 16  | 10  | 17   | 11 | 49 | 319 |
| 個人 PC | 41   | 20 | 11 | 18 | 14 | 5  | 17  | 7   | 14  | 19   | 17 | 44 | 227 |
| 計     | 123  | 53 | 27 | 30 | 18 | 30 | 61  | 23  | 24  | 36   | 28 | 93 | 546 |

#### Microsoft Windows 7 配布数

|       | 2014 |     |    |    |    |    |     |     |     | 2015 |    |     | 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 | 393  | 170 | 80 | 77 | 40 | 60 | 56  | 59  | 49  | 51   | 39 | 73  | 1147 |
| 個人 PC | 48   | 30  | 16 | 11 | 12 | 16 | 11  | 10  | 6   | 8    | 14 | 27  | 209  |
| 計     | 441  | 200 | 96 | 88 | 52 | 76 | 67  | 69  | 55  | 59   | 53 | 100 | 1356 |

#### Microsoft Windows Vista 配布数

|       | 2014 |    |    |    |    |    |     |     |     | 2015 |    |    | 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 | 5    | 3  | 1  | 0  | 1  | 0  | 1   | 0   | 0   | 0    | 0  | 0  | 11 |

#### Microsoft Office 2010 (Windows 版) 配布数

|       | 2014 |     |    |    |    |    |     |     |     | 2015 |    |    | 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 | 229  | 121 | 51 | 48 | 34 | 38 | 48  | 41  | 28  | 31   | 29 | 38 | 736 |
| 個人 PC | 17   | 15  | 10 | 10 | 3  | 4  | 5   | 5   | 9   | 23   | 21 | 15 | 137 |
| 計     | 246  | 136 | 61 | 58 | 37 | 42 | 53  | 46  | 37  | 54   | 50 | 53 | 873 |

#### Microsoft Office 2013 (Windows 版) 配布数

|       | 2014 |     |     |     |     |     |     |     |     | 2015 |     |     | 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 | 966  | 377 | 196 | 169 | 486 | 158 | 285 | 165 | 171 | 182  | 245 | 333 | 3733 |
| 個人 PC | 467  | 161 | 204 | 100 | 42  | 54  | 70  | 53  | 42  | 49   | 56  | 128 | 1426 |
| 計     | 1433 | 538 | 400 | 269 | 528 | 212 | 355 | 218 | 213 | 231  | 301 | 461 | 5159 |

Microsoft Office 2011 (Mac 版) 配布数

|       | 2014 |     |    |    |    |    |     |     |     | 2015 |    |     | 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 | 213  | 65  | 36 | 25 | 26 | 30 | 59  | 32  | 52  | 50   | 52 | 100 | 740  |
| 個人 PC | 130  | 44  | 48 | 33 | 17 | 11 | 30  | 12  | 12  | 29   | 20 | 36  | 422  |
| 計     | 343  | 109 | 84 | 58 | 43 | 41 | 89  | 44  | 64  | 79   | 72 | 136 | 1162 |

Symantec Endpoint Protection (Windows 版) 配布数

|       | 2014 |     |     |     |     |     |     |     |     | 2015 |     |     | 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 | 1370 | 375 | 246 | 253 | 526 | 213 | 349 | 236 | 244 | 257  | 374 | 519 | 4962 |
| 個人 PC | 206  | 89  | 70  | 32  | 42  | 39  | 57  | 67  | 52  | 39   | 39  | 72  | 804  |
| 計     | 1576 | 464 | 318 | 285 | 568 | 252 | 406 | 303 | 296 | 296  | 413 | 591 | 5766 |

Symantec Endpoint Protection for Macintosh (Mac 版) 配布数

|       | 2014 |    |    |    |    |    |     |     |     | 2015 |    |    | 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 | 53   | 6  | 10 | 12 | 5  | 3  | 32  | 27  | 44  | 30   | 37 | 62 | 321 |
| 個人 PC | 17   | 2  | 3  | 10 | 1  | 10 | 15  | 2   | 32  | 12   | 20 | 11 | 135 |
| 計     | 70   | 8  | 13 | 22 | 6  | 13 | 47  | 29  | 76  | 42   | 57 | 73 | 456 |

Symantec Endpoint Protection for Linux (Linux 版) 配布数

|       | 2014 |    |    |    |    |    |     |     |     | 2015 |    |    | 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  | 0   | 0   | 0   | 0    | 0  | 0  | 0 |

Adobe Creative Cloud(フルセット)配布数

|     | 2014 |    |    |    |    |    |     |     |     | 2015 |     |     | 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  |      |
| Win | -    | -  | -  | -  | -  | -  | -   | 134 | 264 | 189  | 145 | 226 | 958  |
| Mac | -    | -  | -  | -  | -  | -  | -   | -   | 50  | 56   | 50  | 57  | 213  |
| 計   | -    | -  | -  | -  | -  | -  | -   | 134 | 314 | 245  | 195 | 283 | 1171 |

Adobe Acrobat XI Pro 配布数

|     | 2014 |    |    |    |    |    |     |     |     | 2015 |    |    | 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 |     |
| Win | -    | -  | -  | -  | -  | -  | -   | 23  | 59  | 61   | 54 | 73 | 270 |
| Mac | -    | -  | -  | -  | -  | -  | -   | -   | 15  | 8    | 4  | 12 | 39  |
| 計   | -    | -  | -  | -  | -  | -  | -   | 23  | 74  | 69   | 58 | 85 | 309 |

## 2-7 学際大規模情報基盤協働利用・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。



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。

### 【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 26 年度も平成 25 年度と同様に、計算機を利用する共同研究は課題申請時に HPCI 課題申請支援システムを利用し、採択課題の一部は課題実施時にも HPCI システムの一部（HPCI-JHPCN システム）を利用した。平成 26 年度の共同研究課題の公募は平成 25 年 11 月 7 日から平成 25 年 1 月 8 日まで行われ、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 53 件中 34 件（うち 22 件が HPCI-JHPCN システムを利用する課題、残り 12 件が JHPCN の課題）を採択した。表 1 に採択課題数や採択率の推移を示したが、平成 25 年度以降に採択課題の施設利用負担金が無償になったことで申請しやすくなり応募課題数が増加した一方で、採択率が下がる結果となっている。

#### 平成 26 年度 共同研究日程

|                          |                    |
|--------------------------|--------------------|
| 平成 25 年 11 月 7 日（木）      | 公募案内開始             |
| 12 月 10 日（火）             | 課題応募受付開始           |
| 平成 26 年 1 月 8 日（水） 17:00 | 課題応募受付締切（Web 登録締切） |
| 1 月 16 日（木） 17:00        | 紙媒体の課題申込書提出期日      |
| 3 月中旬                    | 採択結果通知             |
| 4 月 1 日（火）               | 共同研究開始             |
| 7 月 10・11 日              | JHPCN 第 6 回シンポジウム  |
| 平成 27 年 3 月 31 日（火）      | 共同研究期間終了           |

表 1 JHPCN 共同研究課題公募における採択課題数の推移

|                   | H22 年度 | H23 年度 | H24 年度 | H25 年度 | H26 年度 |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 採択課題数             | 37 件   | 39 件   | 35 件   | 44 件   | 34 件   |
| うち HPCI-JHPCN 課題数 | —      | —      | —      | 31 件   | 22 件   |
| うち東工大を利用する課題数     | 4 件    | 6 件    | 6 件    | 11 件   | 10 件   |
| 応募課題数             | 41 件   | 41 件   | 39 件   | 55 件   | 53 件   |
| 採択率               | 90.2%  | 95.1%  | 89.7%  | 80.0%  | 64.2%  |

### 【ネットワーク型拠点としての活動：シンポジウムの主催・共催・協賛】

平成 26 年度は本ネットワーク型拠点が主催する第 6 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参加者 186 名（大学 117 名、独法等研究機関 21 名、企業他 48 名）を集めて行われた。本シンポジウムでは、平成 25 年度に実施された共同研究課題 44 件の研究成果を口頭発表で報告するとともに、平成 26 年度に採択された課題 34 件のポスター発表があり、活発な質疑・応答が行われた。

また平成 26 年度は本拠点が主催するシンポジウム以外にも、ポストペタスケールシステムソフトウェアに関する JST CREST 国際シンポジウム (JST CREST International Symposium on Post Petascale System Software (ISP2S2)) (共催) や ACSI (Annual Meeting on Advanced Computing System and Infrastructure) 2015 (協賛、JHPCN Special Session も開催) などの共催・協賛を行った。

### 【構成拠点としての活動：提供する計算機資源】

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 2.5」と HPCI 先端ソフトウェア運用基盤「HPCI-AE」を提供した。平成 26 年度は平成 25 年度 9 月に TSUBAME2.0 から 2.5 への更新があり、TSUBAME2.5 を年間通して提供した最初の年となり、口数の増加（118 口から 121 口へ 3 口増加）以上に大幅な提供資源量の増大となった。

採択課題へ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、TSUBAME2.5 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提供した。

### 【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 26 年度の公募型共同研究課題の採択課題の全 34 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 2 にまとめた 10 件が実施された。東工大を利用する採択件数の推移は表 1 に示したが、平成 24 年度の 5 件より倍増、平成 25 年度の 11 件とはほぼ同数であり、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で東工大を利用する課題数が大きく増えているのが分かる。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 TSUBAME2.5 のみであることを反映して、当センターの TSUBAME2.5 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】

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、平成25年度に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126口に対して5口減の121口（配分率96.0%）となり、また年度末時点で残余口数として失効したのは1口のみで最終配分口数に対する利用率は99.2%と非常に高い利用率となった。

同様な再配分を行った平成26年度のHPCIにおいては配分率と利用率ともに100%を達成しており、HPCIにて平成26年度より新たに行った当初配分口数の2期制化による上半期の利用促進は非常に有効な方法であることが分かる。JHPCNでは平成27年度の採択課題への当初配分口数は1年間を通してのものであるため、平成27年度は部分的に2期制を導入し、平成28年度以降は募集要項への2期制の明記を行うことを検討することになった。

表2 平成26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

|    | 所属機関<br>利用課題責任者    | 申請課題名                                                 | 当初割当口数<br>最終割当口数 |
|----|--------------------|-------------------------------------------------------|------------------|
| 1  | 東京工業大学<br>下川辺 隆史   | マルチGPUコンピューティング・フレームワークを用いた高精度気象計算コードの開発              | 14口<br>8口        |
| 2  | 防災科学技術研究所<br>青井 真  | GPGPUによる地震ハザード評価                                      | 25口<br>21口       |
| 3  | 東京農工大学<br>山中 晃徳    | マルチフェーズフィールド法の大規模GPU計算による金属多結晶組織制御法の探索                | 10口<br>10口       |
| 4  | 東京工業大学<br>青木 尊之    | 動的負荷分散によるGPUスパコンを用いた粒子法の大規模シミュレーション手法の開発              | 16口<br>22口       |
| 5  | 京都工芸繊維大学<br>高木 知弘  | 高精度凝固組織予測のための大規模フェーズフィールドシミュレーションとその高速化               | 25口<br>33口       |
| 6  | 東京工業大学<br>渡邊 寿雄    | 並列フラグメント分子軌道計算プログラム<br>OpenFMOのマルチプラットフォーム化           | 7口<br>4口         |
| 7  | 産業技術総合研究所<br>森田 裕史 | フィラー充填系高分子材料の粗視化分子動力学解析の連携型HPC活用研究                    | 10口<br>5口        |
| 8  | 東京工業大学<br>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                              | 10口<br>10口       |
| 9  | 岡山大学               | 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                 | 8口<br>8口         |
| *1 | 竹中 博士              |                                                       |                  |
| 10 | 東京大学               | 科学技術計算における効率の良い複数拠点利用とそれを実現するユーザ駆動型・拠点協調フレームワークの開発と検証 | 1口<br>1口         |
| *2 | 實本 英之              |                                                       |                  |

\*1 クラスBでの採択、\*2 クラスBでの採択、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

## 2-8 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 |
| 准教授    | 遠藤 敏夫 |
| 特任准教授  | 渡邊 寿雄 |
| 特任助教   | 三浦 信一 |

### 【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HPCIユーザー層による効率よい利用と、萌芽の研究から大規模研究にわたる幅広いHPCI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。特に平成26年4月からは新たにHPCI共用ストレージ東工大拠点の資源提供を開始するとともに、HPCI共用ストレージの安定運用にも貢献している。

- 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 2.5」の資源提供
  - ▶ HPCI先端ソフトウェア運用基盤「HPCI-AE」の資源提供と取りまとめ
  - ▶ HPCI共用ストレージ東工大拠点の資源提供と運用（平成26年4月供用開始）
- 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

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や利用サポート、そしてHPCI共用ストレージ東工大拠点の供用開始について報告する。

### 【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の利用研究課題募集は、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)を窓口年に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。利用研究課題募集から採択までのスケジュールを表1にまとめた。

### 【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。「京」以外のHPCI共用計算資源に対する申請課題は、利用研究課題審査委員会によって「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」に基づき審査され、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

|                    | 平成26年度スケジュール  | 平成27年度スケジュール  |
|--------------------|---------------|---------------|
| 申請受付開始             | 平成25年10月1日    | 平成26年10月1日    |
| 電子申請受付終了           | 平成25年11月11日   | 平成26年11月6日    |
| 押印済申請書の郵送期限        | 平成25年11月18日必着 | 平成26年11月13日必着 |
| 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26年2月7日     | 平成27年2月20日    |

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        |

(\*) 平成27年3月1日現在

表3 HPCIにてTSUBAME2.0/2.5を利用する採択課題数、提供資源量、利用率の推移

| 実施年度 (※1)   | H24年度 | H25年度 |       | H26年度 | H27年度 |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 課題採択年度 (※1) | H24年度 |       | H25年度 | H26年度 | H27年度 |
| 採択課題数       | 6 課題  |       | 5 課題  | 10 課題 | 14 課題 |
| 採択時承認口数     | 38 口  | 78 口  | 130 口 | 238 口 | 254 口 |
| 最終配分口数      | 38 口  | 61 口  | 121 口 | 238 口 | -     |
| 配分率         | 100%  | 80.3% | 93.1% | 100%  | -     |
| 利用実績口数      | 23 口  | 58 口  | 109 口 | 238 口 | -     |
| 利用率         | 60.5% | 95.1% | 90.1% | 100%  | -     |

※1 それぞれの実施期間は、平成24年度採択課題は平成24年9月～平成26年3月末、平成25年度採択課題は平成25年10月～平成26年3月末、その後は当該年度である。

表4 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<br>課題責任者   | 申請課題名                                                                       | 採択時承認口数<br>利用実績口数(※1)      |
|----|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| 1  | 大阪大学<br>笠原 浩太   | 転写因子 Ets1 のディスオーダー領域による DNA 結合制御機構の解明                                       | 20 / 10 / 1<br>36 / 15     |
| 2  | 東京工業大学<br>大坂 武男 | Development of the enhanced activity and durability of Pt-3d ternary alloys | 20 / - / 1<br>12 / -       |
| 3  | 大阪大学<br>高木 達也   | 分子動力学計算やフラグメント分子軌道計算を活用した蛋白質間ドッキングシステムの開発                                   | 20 / 10 / 1<br>13 / 15     |
| 4  | 東京工業大学<br>古賀 昌久 | 光格子 3 成分フェルミ粒子系における超流動安定性                                                   | 17 / 10 / 1<br>13 / 10     |
| 5  | 大阪大学<br>松林 伸幸   | ソフト分子集合系の物質分配機能と集合様態のマルチスケール解析                                              | 20 / 10 / 1<br>30 / 15     |
| 6  | 東京工業大学<br>秋山 泰  | 熱帯病関連タンパク質の網羅的ドッキングによる創薬ターゲットタンパク質相互作用の予測                                   | 18 / 7 / 2<br>19 / 7       |
| 7  | 理化学研究所<br>宮下 尚之 | ガンやアルツハイマー病に関係する膜タンパク質の二量体構造予測とラフト環境における構造揺らぎ                               | 20 / 10 / 2<br>77 / 17     |
| 8  | 防衛大学校<br>萩田 克美  | 強い等方性をもつK4格子構造のフェノール樹脂強度の古典 MD 仮想実験                                         | 4 / 4 / 2<br>0 / 4         |
| 9  | 東洋大学<br>塩谷 隆二   | 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                                                 | 4 / 4 / 1<br>5 / 2         |
| 10 | 東京大学<br>諏訪 秀磨   | モンテカルロスペクトロスコピーによる量子スピン系のスケーリング次元解析                                         | 20 / 10 / 2<br>1 / 32      |
|    |                 | 合計                                                                          | 163 / 75 / 14<br>135 / 117 |

※1 採択時承認口数には上半期/下半期/ストレージ分相当を示した。利用実績口数には上半期は実績口数、下半期は最終配分口数を示した。ストレージ分は各半期に含まれている。

### 【東工大の計算資源を利用する採択課題とその実施】

当センターでは TSUBAME2.5 と HPCI-AE の計算資源を HPCI へ提供し課題募集を行っている。これまでの TSUBAME2.0/2.5 を利用する採択課題数、提供資源量、そして利用率の推移を表 3 に、平成 26 年度に当センターの提供する計算資源を利用した採択課題一覧を表 4 にまとめた。まず表 3 の採択課題数の推移を見ると、平成 24～27 年度に対してそれぞれ 6、5、10、14 件と増加傾向にあることがわかる。これは HPCI 供用開始当初には HPCI＝「京」コンピュータというイメージが強かったのに対し、「京」以外の HPCI 計算資源の存在が徐々に周知されてきたためである。また提供資源量は採択時承認口数で比較すると、平成 24～27 実施年度に対してそれぞれ 38 口、208 口(=78 口+130 口)、238 口、254 口とこちらも増加傾向であることがわかる。平成 25 年 9 月に TSUBAME2.0 から 2.5 へ更新されピーク性能で 2.4 倍に高速化されたことを考慮すると、平成 26 年度は初めて TSUBAME2.5 の計算資源を年間通して提供しており、承認口数の増加以上に大幅な提供資源量の増大となった。

### 【提供資源を有効利用するための運用上の改善】

TSUBAME2.5 の資源提供方法はチケット制と呼ばれる各課題へ配分された口数を消費して計算を行う方法であり、固定ノードを一定期間割り当てる専用利用と比較して、利用課題が主体的に実施計画を組みやすい反面、閑散期や繁忙期における利用率や利用課題の残余計算資源の過不足を運営側からコントロールするのが難しい。実際にこれまでの HPCI の運用では、年度末時点での残余口数の失効により貴重な計算機資源が有効に利用されないことがあった。そこで平成 26 年度からの新規施策として 2 期制での採択時承認口数の割り当てを、また平成 25 年度からは計算資源の課題間における再配分を行っており、その結果として、平成 26 年度はこれまでにあった未配分や未使用の計算資源がなくなり、配分率と使用率の両方で 100%を達成することができた。

2 期制での採択時承認口数の割り当てでは、年度を上半期/下半期の 2 つに分け、上半期における 1 課題への提供可能上限量を 20 口と下半期の 10 口の 2 倍に設定した。これにより、採択時承認口数の合計では下半期 75 口に対して上半期 163 口(68.5%)、実際の利用実績口数においても下半期 117 口に対して上半期 135 口(53.6%)と、年度前半の比較的計算資源に余裕のある時期に HPCI による利用を集中させることに成功した。

また、計算資源の課題間における再配分の目的は、課題実施中に計算資源の余剰が生じた課題から不足している課題へ再配分することによる貴重な計算資源の有効活用であり、それを実現するために再配分の決定権が各計算資源提供機関に認められている。平成 26 年度の実施では、各実施課題への複数回のインタビューを経た上で、上半期の課題間の再配分 24 口、上半期から下半期への再配分 42 口、下半期の課題間の再配分 2 口を行った。

この再配分は平成 25 年度より実施しているが、平成 25 年度の配分率(80.3%、93.1%)や利用率(95.1%、90.1%)に対し、平成 26 年度の配分率と利用率が 100%になったのは、先に述べた採択時承認口数の 2 期制での割り当てにより計算機資源利用を上半期へ集中させたことにより下半期に再配分すべき資源総量が減ったことと、再配分の際に問題となる余剰資源量の見極めが上半期終了時の余剰資源として明確になったことが要因だと思われる。

### 【成果報告会の開催】

「第1回「京」を中核とする HPCI システム利用研究課題 成果報告会」が平成 26 年 10 月 31 日にコクヨホール（東京都港区）にて開催された。成果報告会では、HPCI 戦略プログラム利用枠（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 4 と 5 にて各 5 課題）やポスターセッション（Session 2）が行われた。

### 【HPCI共用ストレージ東工大拠点の供用開始】

HPCI では、全国の基盤センター群のスーパーコンピュータを連携利用させるため、HPCI 共用ストレージと呼ばれるデータアーカイブシステムが構築され、HPCI 供用開始当初からユーザに提供されている HPCI 共用ストレージは、日本東西に配置された計 22 PB（東京大学 柏キャンパス：12 PB、理化学研究所計算科学研究機構：10 PB）の Gfarm ファイルシステムを用いた分散ファイルシステムであり、HPCI に供された全国のスーパーコンピュータ上から利用可能となっている。

当センターが有する TSUBAME2.5 上から効率的に HPCI 共用ストレージにアクセス可能とするため、HPCI 共用ストレージ東工大拠点を整備し、平成 26 年 4 月より資源提供を開始した。東工大拠点は TSUBAME2.5 からのアクセスに対するストレージキャッシュの役割を主目的として設計され、ストレージサイズは 370 TB 程度を提供すると共に、既存の HPCI 共用ストレージと連携した運用を行っている。平成 27 年度からの運用では、Gfarm ファイルシステムの改修により、TSUBAME2.5 上からより効率的なデータアクセスが可能になるものと期待されている。

東工大拠点の供用開始と同時に HPCI 共用ストレージ運用会議へ当センターも参加し、HPCI 共用ストレージの安定運用へ貢献している。HPCI 共用ストレージ運用会議は、資源を提供する 3 機関（理化学研究所 計算科学研究機構、東京大学 情報基盤センター、当センター）の他に Gfarm システムの開発保守に携わる筑波大学などが参加して月 1 回開催され、HPCI 共用ストレージに関する下記のような事項について議論・検討が行われている。

- 運用に係る技術的問題の解決
  - Gfarm システムの保守・更新
  - 毎月末のメンテナンス実施
- HPCI 共用ストレージの利用方針の検討
  - 資源利用状況の管理
  - 利用課題への資源配分方針の検討
  - HPCI 共用ストレージ利用規約の策定
- HPCI 共用ストレージの利用者へのサポート
  - 利用者からの技術的質問への対応
  - 利用マニュアルや FAQ の作成・更新
  - 利用者へのアンケートの実施や利用促進活動



図 1 HPCI 共用ストレージ

東工大拠点 ストレージサーバ

## 2-9 TSUBAME 共同利用サービス

副センター長 青木 尊之  
共同利用推進室 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TSUBAME2.5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26年度はTSUBAMEの全提供可能計算資源の37%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。なお、産業利用の詳細は「2-10 TSUBAMEの産業利用サービス」を参照のこと。

**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26年度で6年目、またTSUBAME2.0/2.5での運用も6年目となり、1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26年度の採択課題数の

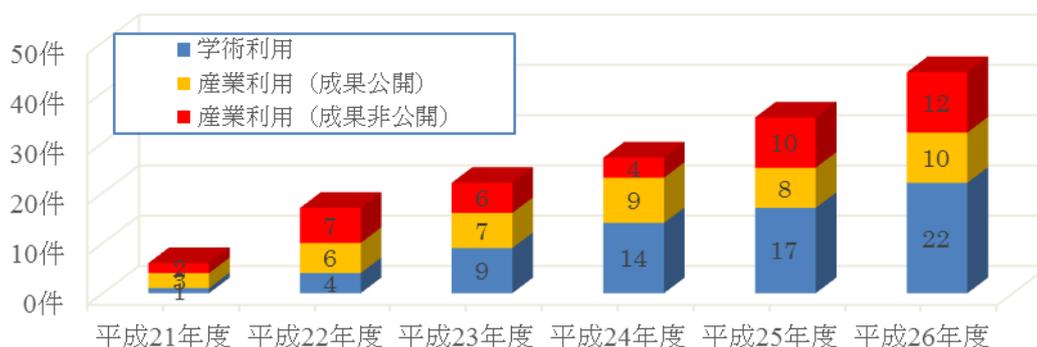


図1 Tsubame共同利用サービスの採択課題数の推移

合計 44 件 (内訳は学術利用 22 件、産業利用・成果公開 10 件、産業利用・成果非公開 12 件) は平成 21～25 年度までの 6, 17, 22, 27, 35 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 21～26 年度までそれぞれ 1, 4, 9, 14, 17, 22 件) が顕著であり、これは Tsubame2.5 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。平成 26 年度は Tsubame2.5 として初めて年間を通して資源を提供しており、Tsubame2.0 と比較して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 (=113 口/22 課題) に対し、産業利用の利用口数は平均 16.2 口 (=162 口/10 課題) となり、産業利用は学術利用の 3.2 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 Tsubame2.5 が利用されていることを反映した結果であろう。

表 1 平成 26 年度 共同利用 学術利用 (有償利用) 採択課題一覧

|   | 所属機関 (利用課題責任者)<br>申請課題名                                        | 利用口数 |
|---|----------------------------------------------------------------|------|
| 1 | 理化学研究所 計算科学研究機構 丸山直也<br>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 | 独立行政法人海洋研究開発機構 吉川知里<br>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    |
| 3 | 東京大学 情報理工学系研究科 須田礼仁<br>ポストペタ時代の大規模並列数値計算のための技術開発               | 3    |
| 4 | 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<br>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 | 6    |

表1つづき 平成26年度 共同利用 学術利用(有償利用)採択課題一覧

| 課題<br>番号 | 所属機関 (利用課題責任者)<br>申請課題名                                                    | 利用<br>口数 |
|----------|----------------------------------------------------------------------------|----------|
| 5        | 都城工業高等専門学校 野地英樹<br>超電導電力ケーブルの交流損失解析                                        | 1        |
| 6        | 京都大学大学院 黒橋禎夫<br>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                                 | 23       |
| 7        | 京都工芸繊維大学 高木知弘<br>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<br>II           | 8        |
| 8        | 千葉工業大学 山本典史<br>結晶構造中における有機蛍光色素の光物性                                         | 2        |
| 9        | 大阪府立大学 須賀一彦<br>多孔体界面乱流の直接数値計算                                              | 5        |
| 10       | 首都大学東京 岡部豊<br>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<br>ション          | 2        |
| 11       | 慶應義塾大学 理工学部機械工学科 泰岡顕治<br>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                 | 8        |
| 12       | 理化学研究所計算科学研究機構 八代尚<br>GPU を用いた気象・気候アプリケーションライブラリの開発                        | 1        |
| 13       | 桐蔭横浜大学 川久保達之<br>ATP加水分解によって惹き起こされるミオシン分子モーターの偏った揺らぎ運動に<br>関する分子動力学シミュレーション | 1        |
| 14       | 東京大学 情報理工学系研究科 田浦健次朗<br>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        |
| 15       | 東京大学 地震研究所 古村孝志<br>不均質地球構造における地震波・津波伝播シミュレーション                             | 1        |
| 16       | 大阪府立大学 須賀一彦<br>分子動力学法によるナノ間隙内流動性の解明                                        | 1        |
| 17       | 理化学研究所 計算科学研究機構 三上和徳<br>ミニアプリケーションの開発                                      | 2        |
| 18       | 大阪大学蛋白質研究所 中村春木<br>転写サイクルを制御する蛋白質複合体ダイナミクスの解析                              | 24       |
| 19       | 東京医科歯科大学 石川俊平<br>低分子化合物とタンパクとの相互作用の計算                                      | 5        |
| 20       | 成蹊大学 緑川博子<br>高性能計算向け分散メモリ・ストレージ統合システムの研究                                   | 1        |
| 21       | 情報通信研究機構 チャカロタイ・ジェドヴィスノブ<br>GPU クラスタを利用した詳細人体モデルの大規模電磁界計算                  | 1        |
| 22       | 東京大学 工学系研究科 機械工学専攻 塩見淳一郎<br>ナノ構造界面における熱輸送特性の分子シミュレーション                     | 2        |
|          | 小計                                                                         | 113      |

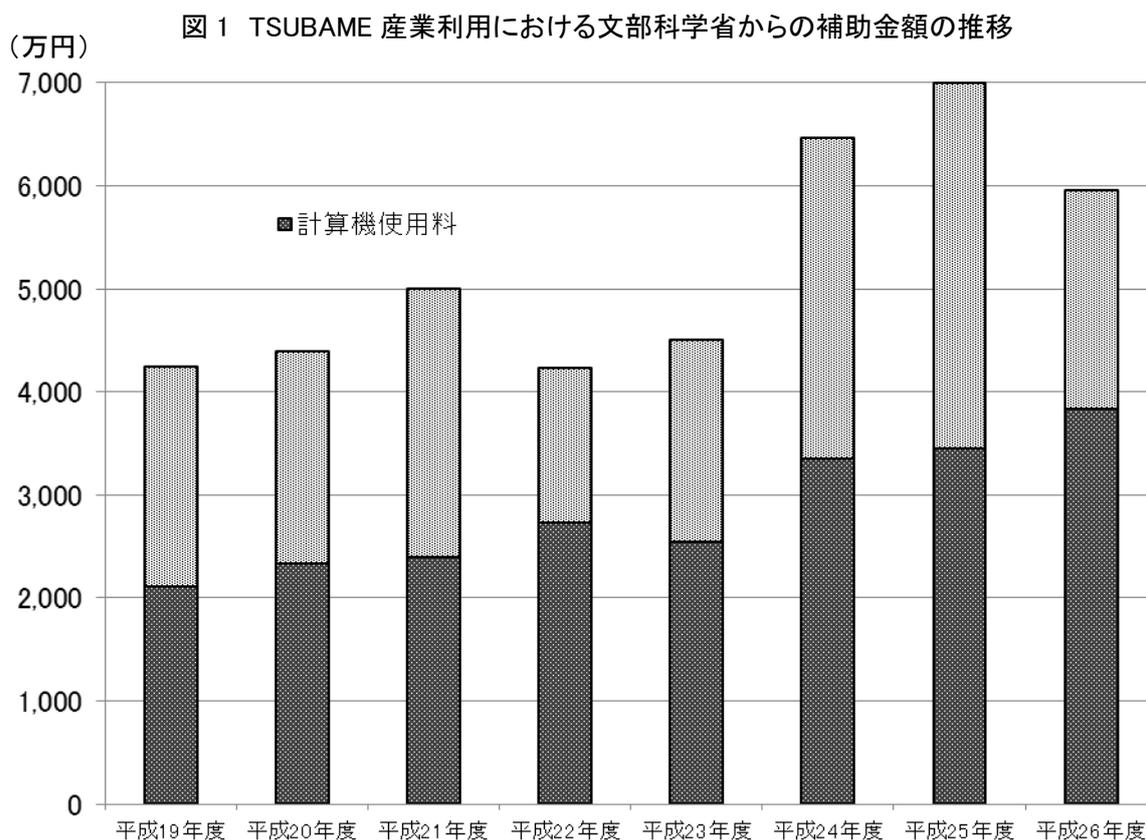
## 2-10 TSUBAME の産業利用サービス

共同利用推進室 副室長 佐々木 淳

### 【事業概要】

TSUBAME の計算資源を産業界に提供するサービスは、平成 19 年度から文部科学省「先端研究施設共用イノベーション創出事業」により開始し、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、本センター・共同利用推進室が主体的に実施している。

平成 26 年度末時点で延べ 192 件の課題に TSUBAME の計算資源を提供している。本補助事業の産業利用トライアルユースは、民間企業に TSUBAME の計算資源を無償で提供する制度であり、平成 26 年度の新規課題の採択件数は 17 件であった。また有償による企業での利用は 22 件（成果公開 10 件、成果非公開 12 件）であった。



## 【事業実施と成果】

### 【実施体制】

本センターでは共同利用推進室を組織し、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、施設共用技術指導研究員 1 名（特任准教授）、課題の受付・管理を行う事務員 1 名にて事業を実施している。

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であり、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支援を受けている。

### 【広報活動】

TSUBAME 産業利用の認知向上のため、また利用課題を広く公募するために広報・渉外活動を行っている。平成 26 年度の広報活動の実績を表 1 に提示する。

表 1 平成 26 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     |
|-----------------------|--------------|---------------|----|---------|
| MSC ソフトウェアユーザカンファレンス  | 5 月 28 日     | 品川カンファレンスセンター | 出展 | 500 名   |
| 日本コンピュータ化学会 2014 春季年会 | 5 月 29、30 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 25～27 日  | 東京ビックサイト      | 出展 | 80606 名 |
| GTC JAPAN 2014        | 7 月 16 日     | 東京ミッドタウン      | 出展 | 2400 名  |
| 国際スパコン産業応用ワークショップ     | 10 月 2、3 日   | 東洋大学          | 出展 | 80 名    |
| TSUBAME 産業利用シンポジウム    | 10 月 17 日    | 東京工業大学蔵前会館    | 主催 | 133 名   |
| 地球シミュレータシンポジウム        | 10 月 23 日    | 学術総合センター      | 出展 | 100 名   |
| 日本コンピュータ化学会 2014 秋季年会 | 10 月 17、18 日 | 日本大学工学部       | 出展 | 150 名   |

平成 26 年 6 月の設計・製造ソリューション展は、平成 22 年度から 6 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いる。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出展し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で利用しているアプリケーションのベンダー・イベントにも参加し、本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平成 26 年 10 月 17 日に産業利用シンポジウムを開催した。文部科学省 科学技術・学術政策局 研究開発基盤課 渡辺課長を迎え、本学 TTF 蔵前ホールにて開催した。133 名の参加があり、株式会社豊田自動織機、株式会社構造計画研究所からの口頭発表と、13 件のポスター発表にて平成 25 年度終了課題および実施課題の成果報告があり、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を本

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。 共用ナビ：  
<http://kyoyonavi.mext.go.jp/>

産業利用シンポジウム開催報告：<http://www.gsic.titech.ac.jp/H26SympReport>

### 【トライアルユース課題公募】

平成 26 年度の 4 月利用開始課題は平成 26 年 1 月から定期公募を開始し、10 月利用開始課題は平成 26 年 7 月から公募を開始した。開催した公募説明会の日程と出席者数を表 2 に提示する。公募説明は本学の WEB ページおよび文部科学省 共用ナビの WEB ページへの掲載とメールでの案内を行っている。

表 2 公募説明会の実績

| 開催日              | 公募説明会                              | 出席者  |
|------------------|------------------------------------|------|
| 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 |
| 平成 26 年 7 月 28 日 | 平成 26 年度下期 産業利用トライアルユース公募説明会(1 回目) | 4 名  |
| 平成 26 年 8 月 1 日  | 平成 26 年度下期 産業利用トライアルユース公募説明会(2 回目) | 16 名 |
| 平成 27 年 1 月 23 日 | 平成 27 年度上期 産業利用トライアルユース公募説明会(1 回目) | 18 名 |
| 平成 27 年 1 月 28 日 | 平成 27 年度上期 産業利用トライアルユース公募説明会(2 回目) | 17 名 |

### 【商用アプリバンドル型トライアルユース】

「商用アプリバンドル型トライアルユース」とは、アプリケーションソフトウェアの利用権をセンター側で調達し、トライアルユースとして計算資源とともに無償にて提供する制度である。平成 26 年度では、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」)のほか、汎用流体解析ソフト(CD-adapco Star-CCM+)と汎用構造解析ソフト(MSC Nastran/Marc)のライセンスを提供した。

平成 26 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 6 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 1 件、汎用構造解析ソフト 1 件であった。

### 【トライアルユース課題実施】

平成 26 年度 産業利用トライアルユースの課題採択件数は 17 件で、内訳は戦略分野利用推進課題が 8 件、新規利用拡大課題が 3 件、商用アプリバンドル型トライアルユースが 6 件であった。

平成 26 年度の産業利用トライアルユース実施件数は、平成 26 年度採択課題 17 件と平成 25 年度採択の継続課題 7 件と合わせて 24 件の実施となった。実施計画でトライアルユース課題に予定していた年間総口数 320 口の全てを配分した。平成 26 年度の産業利用トライアルユースの実施課題と企業名を表 3 に示す。

表 3 平成 26 年度 産業利用トライアルユース 実施課題一覧

| 番号            | 課題区分                 | 課題名                                                              | 企業名                        |
|---------------|----------------------|------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| 過年度採択 継続課題    |                      |                                                                  |                            |
| 1             | 戦略分野<br>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                 |
| 2             | 戦略分野<br>流体構造連成       | 格子ボルツマン法による航空機離着陸形態の<br>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               |
| 3             | 戦略分野<br>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<br>次世代電池開発センター  |
| 4             | 戦略分野<br>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                    |
| 5             | 戦略分野<br>アクセラレータ      | GPU クラスタを利用した<br>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                    |
| 6             | 戦略分野<br>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<br>半導体理工学研究センター       |
| 7             | 戦略分野<br>ナノシム         | ファイラー充填ゴムの多目的設計探査                                                | 横浜ゴム株式会社                   |
| 平成 26 年度 採択課題 |                      |                                                                  |                            |
| 8             | 新規利用拡大               | ホモジナイザーを用いた攪拌混合による<br>乳液製造のスケールアップに関する解析                         | 株式会社 資生堂                   |
| 9             | アプリバンドル型<br>トライアルユース | LTE-Advanced における<br>大型車両内電磁界特性に関する基礎検討                          | パナソニックシステムネット<br>ワークス開発研究所 |
| 10            | アプリバンドル型<br>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<br>自動車電装技術研究所   |
| 11            | 戦略分野<br>ナノシム         | 塗料や塗膜における大規模シミュレーションの検討                                          | 関西ペイント株式会社                 |
| 12            | 戦略分野<br>ナノシム         | 第一原理計算による熱電変換材料の特性評価                                             | 古河電気工業株式会社<br>解析技術センター     |
| 13            | 戦略分野<br>社会基盤リスク      | 極稀地震時における軟弱地盤上の<br>高層建物に想定される被害の検討                               | 株式会社竹中工務店                  |
| 14            | 戦略分野<br>ナノシム         | 量子化学計算による光学物性評価                                                  | 日本ゼオン株式会社                  |
| 15            | 新規利用拡大               | 超大規模行動データを用いた<br>広告出稿最適シミュレーション高速化実験                             | 株式会社<br>電通国際情報サービス         |
| 16            | 新規利用拡大               | 減衰を考慮した高周波数領域までの<br>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                |
| 17            | アプリバンドル型<br>トライアルユース | 数値振動台開発を目的とした<br>大規模 FEM 解析のフィジビリティスタディ                          | 清水建設株式会社<br>総合解析技術センター     |
| 18            | アプリバンドル型<br>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<br>環境総合シミュレーション P |
| 19            | アプリバンドル型<br>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<br>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<br>株式会社       |
| 20            | 戦略分野<br>ナノシム         | アミンと CO <sub>2</sub> の反応の第一原理分子動力学計算                             | 関西電力株式会社<br>電力技術研究所        |
| 21            | 戦略分野<br>創薬           | 創薬研究における大規模FEP計算                                                 | シュレーディングー<br>株式会社          |
| 22            | 戦略分野                 | 電子写真システム設計のための                                                   | 富士ゼロックス株式会社                |

| 番号 | 課題区分                 | 課題名                                 | 企業名                        |
|----|----------------------|-------------------------------------|----------------------------|
|    | ナノシム                 | 並列シミュレーション技術の開発                     | 基盤技術研究所                    |
| 23 | 戦略分野<br>アクセラレータ      | 大規模画像データセットの<br>機械学習のための分散コンピューティング | 株式会社<br>デンソーアイティラボラトリ      |
| 24 | アプリバンドル型<br>トライアルユース | ワイヤレス電力伝送による漏えい電波の<br>環境解析技術の研究開発   | パナソニックシステムネット<br>ワークス開発研究所 |

### 【有償利用（産業）の実施】

平成 26 年度 TSUBAME 産業利用において、有償にて採択した課題件数は 22 件で、成果公開が 10 件、成果非公開が 12 件であった。TSUBAME 産業利用（有償）実施課題の一覧を表 6 に提示する。

課題区分ごとの利用口数は、成果公開の合計が 162 口、成果非公開が 21 口、合計 183 口であった。

表4 平成 26 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                        |
|----|---------------|----------------------------------------------|----------------------------|
| 1  | 有償利用<br>成果公開  | 気象イベントを考慮した建築環境の解析評価                         | 清水建設株式会社                   |
| 2  | 有償利用<br>成果公開  | 鋼中析出物の水素捕捉能の高精度計算                            | 新日鐵住金株式会社                  |
| 3  | 有償利用<br>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<br>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                 |
| 4  | 有償利用<br>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                   |
| 5  | 有償利用<br>成果公開  | TSUBAME2.5 利用による大規模な光の波面伝搬計算                 | 株式会社JVCケンウッド               |
| 6  | 有償利用<br>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<br>先端材料探索研究所      |
| 7  | 有償利用<br>成果公開  | 衛生陶器混相流シミュレーションの商品設計および販促への展開                | TOTO 株式会社<br>技術開発センター      |
| 8  | 有償利用<br>成果公開  | 塗エスラリーの分子シミュレーション                            | トヨタ自動車株式会社                 |
| 9  | 有償利用<br>成果公開  | ワイヤレス電力伝送による漏えい電波の<br>環境解析技術の研究開発            | パナソニックシステムネット<br>ワークス開発研究所 |
| 10 | 有償利用<br>成果公開  | 大容量データ伝送用ミリ波アンテナのレドームに関する<br>基礎検討            | スタッフ株式会社                   |
| 11 | 有償利用<br>成果非公開 | (非公開)                                        | 富士通アドバンス<br>テクノロジー株式会社     |
| 12 | 有償利用<br>成果非公開 | (非公開)                                        | 株式会社 構造計画研究所               |
| 13 | 有償利用<br>成果非公開 | (非公開)                                        | 信越化学工業株式会社                 |
| 14 | 有償利用<br>成果非公開 | (非公開)                                        | コニカミノルタ株式会社                |

| 番号 | 課題区分          | 課題名   | 企業名                  |
|----|---------------|-------|----------------------|
| 15 | 有償利用<br>成果非公開 | (非公開) | 株式会社 クレハ             |
| 16 | 有償利用<br>成果非公開 | (非公開) | アイシン・エイ・ダブリュ<br>株式会社 |
| 17 | 有償利用<br>成果非公開 | (非公開) | トヨタ自動車株式会社           |
| 18 | 有償利用<br>成果非公開 | (非公開) | 協和発酵キリン株式会社          |
| 19 | 有償利用<br>成果非公開 | (非公開) | 株式会社 リコー             |
| 20 | 有償利用<br>成果非公開 | (非公開) | セイコーインスツル株式会社        |
| 21 | 有償利用<br>成果非公開 | (非公開) | 株式会社 豊田自動織機          |
| 22 | 有償利用<br>成果非公開 | (非公開) | トヨタ自動車株式会社           |

### 【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 9.02%であった。また有償利用を含めた配分口数の総計は 503 口で、年間供給可能資源の 14.18%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 12.39%、有償利用を含めた全体の共用率は 19.40%となった。平成 26 年度の TSUBAME 産業利用での TSUBAME の計算資源の使用実績を表 5 に提示する。なお、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 の資源量を示している。

表5 平成 26 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<br>実績値 | 全産業利用<br>実績値 | トライアルユース<br>年度計画値 |
| 共用時間 (a)    | 693,231         | 1,085,885    | 960,000           |
| 全体提供時間 (b)  | 5,597,327       | 5,597,327    | 10,640,000        |
| 共用率 (a)/(b) | 12.39%          | 19.40%       | 9.02%             |

(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が不可欠であり、TSUBAME2.5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

26年度は延べ18回の利用講習会を開催した。

共同利用推進室では、TSUBAME2.5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ている。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、ライセンスサーバへの設定や登録等のサポートを行っている。

## 2-11 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】

TSUBAME2.5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5.7PFLOPSを有効活用する機会はほとんどなかった。そこで、TSUBAME2.5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、TSUBAME2.5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、平成23年度よりTSUBAMEグランドチャレンジ大規模計算制度を設立し、春と秋の年2回で実施している。

### 【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きた。それに加えて平成26年度からは、より多くのユーザに本制度によるTSUBAMEでの大規模計算環境を提供するため、カテゴリBの複数回実施を検討した。カテゴリBで提供する資源はHキュー相当（420ノード）のため通常運用に対して影響が少ない点、上半期は計算資源に比較的余裕がある時期である点、そして節電のために夏季縮退運転（ピークシフト）が始まる前の時期である点などを考慮した上で、これまでの4月と10月の実施に加えて5月と6月にも実施することを決めた。

本制度の基本スケジュールとしては、まずカテゴリA/Bともに本実施が行われる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。

表1. 各カテゴリの申請状況と採択件数の推移(括弧内は申請課題数)

| カテゴリー | H27  | H26  |      | H25  |      | H24  |      | H23  |      | 計      |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|
|       | 春※   | 秋    | 春※   | 秋    | 春    | 秋    | 春    | 秋    | 春    |        |
| A     | 2(2) | 1(1) | 2(2) | 0(0) | 1(1) | 2(2) | 2(2) | 3(3) | 4(6) | 14(16) |
| B     | 2(2) | 2(3) | 2(2) | 1(1) | 1(1) | 0(0) | 0(0) | 2(3) | -    | 4(5)   |
| 小計    | 4(4) | 3(4) | 4(4) | 1(1) | 2(2) | 2(2) | 2(2) | 5(6) | 4(6) | 18(21) |

※ 平成 26 年春期には 4～6 月実施分を含み、平成 27 年春期には 4 月実施のみを含む。

### 【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、TSUBAME2.5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TSUBAME2.5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。採択課題の課題代表者の所属機関を見ると、1課題を除き東工大以外の大学や法人であり、本制度が学外に対して開かれた制度であることを示し

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      | カテゴリー    | 所属機関<br>利用課題責任者            | 申請課題名                                           |
|-----------|----------|----------------------------|-------------------------------------------------|
| H26<br>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<br>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                    |
|           | B<br>6月  | 量子化学研究協会研究所<br>研究所長 中辻博    | 超並列計算機TSUBAMEの利用による幾つかの有機・無機化合物のシュレーディンガー解の計算   |
|           |          | 横浜市立大学<br>教授 立川仁典          | 第一原理経路積分シミュレーションによるプロトン化分子の解析                   |
| H26<br>秋期 | A        | 理化学研究所チームリーダー 中嶋隆人         | マルチGPU超並列クラスタシステムを用いた大規模ナノ炭素分子の電子状態計算           |
|           |          | 量子化学研究協会研究所<br>研究所長 中辻博    | 超並列計算機TSUBAMEの利用による幾つかの有機・無機化合物のシュレーディンガー解の計算   |
|           | B<br>10月 | 横浜市立大学<br>教授 立川仁典          | 量子モンテカルロ法による水素結合系分子の振動状態解析                      |
| H27<br>春期 | A        | 九州大学<br>教授 藤澤克樹            | 超大規模半正定値計画問題に対するデータドリブン型高性能汎用ソルバの開発と評価          |
|           |          | 理化学研究所<br>研究員 Jaewoon Jung | 巨大生体系をターゲットにした分子動力学計算における GPU クラスタでの最適化         |
|           | B<br>4月  | 大阪大学<br>教授 高木達也            | MD シミュレーションを用いた薬物過敏症新規メカニズムの解析                  |
|           |          | 量子化学研究協会研究所<br>研究所長 中辻博    | 超並列計算機 TSUBAME の利用による幾つかの有機・無機化合物のシュレーディンガー解の計算 |

ている。課題内容の傾向として、TSUBAME2.5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。また継続課題を含めた複数回の採択課題も多く、世界トップレベルのスパコンTSUBAME2.5を用いた本制度による大規模計算環境が他に代替のない貴重な機会となっていることが分かる。

### 【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TSUBAME2.5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。
- TSUBAME2.5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TSUBAME2.5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、主に成果の公開に関する以下の4点が挙げられる。

- 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 26 年度春期(4 月実施) 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 |

**平成 26 年度春期(5 月実施) TSUBAME グランドチャレンジ大規模計算制度**

|        |      |              |  |
|--------|------|--------------|--|
| 課題公募   | 4/15 | ～ 4/24 17:00 |  |
| 応募課題なし |      |              |  |

**平成 26 年度春期(6 月実施) TSUBAME グランドチャレンジ大規模計算制度**

|                        |            |              |          |
|------------------------|------------|--------------|----------|
| 課題公募                   | 4/15       | ～ 5/22 17:00 |          |
| 採択通知                   | 6/12       |              |          |
| <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)     | 6/16 10:00 | ～ 6/17 09:00 | 23 時間    |
| 本実施 (H キュー420 ノード)     | 6/18 10:00 | ～ 6/23 09:30 | 119.5 時間 |
| グループディスク (/work1 30TB) |            |              | 6～8 月    |
| <b>(立川グループ) カテゴリB</b>  |            |              |          |
| 予備実施(H キュー420 ノード)     | 6/17 10:00 | ～ 6/18 09:00 | 23 時間    |
| 本実施 (H キュー420 ノード)     | 6/23 09:30 | ～ 6/26 09:00 | 71.5 時間  |
| グループディスク (/work1 1TB)  |            |              | 6～8 月    |

**平成 26 年度秋期(9-10 月実施) TSUBAME グランドチャレンジ大規模計算制度**

|                       |            |              |        |
|-----------------------|------------|--------------|--------|
| 課題公募                  | 8/5        | ～ 8/22 17:00 |        |
| 採択通知                  | 9/16       |              |        |
| <b>(中嶋グループ) カテゴリA</b> |            |              |        |
| 予備実施(H キュー420 ノード)    | 9/18 10:00 | ～ 9/19 09:00 | 23 時間  |
| 本実施 (全ノード)            | 9/24 17:00 | ～ 9/26 8:00  | 39 時間  |
| グループディスク (/work1 4TB) |            |              | 9～12 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)     | 10/2 19:00 ~ 10/3 09:00  | 14 時間   |
| 本実施 (420 ノード)         | 10/11 10:00 ~ 10/15 9:00 | 95 時間   |
| グループディスク(/work1 30TB) |                          | 10~12 月 |
| <b>(立川グループ) カテゴリB</b> |                          |         |
| 予備実施(Hキュー420 ノード)     | 10/2 10:00 ~ 10/2 19:00  | 9 時間    |
| 本実施 (Hキュー420 ノード)     | 10/8 10:00 ~ 10/11 10:00 | 72 時間   |
| グループディスク(/work1 1TB)  |                          | 10~12 月 |

#### 平成 26 年度春期(4 月実施) TSUBAME グランドチャレンジ大規模計算制度

|                          |                           |       |
|--------------------------|---------------------------|-------|
| 課題公募                     | 1/23 ~ 2/18 17:00         |       |
| 採択通知                     | 3/11                      |       |
| <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)        | 3/20 10:00 ~ 3/21 09:00   | 23 時間 |
| 本実施 (全ノード)1回目            | 4/3 16:00 ~ 4/4 09:00     | 17 時間 |
| 本実施 (全ノード)2 回目           | 4/5 01:00 ~ 4/5 17:00     | 16 時間 |
| グループディスク(/work1 10TB)    |                           | 3~6 月 |
| <b>(Jung 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)1回目            | 4/4 09:00 ~ 4/5 01:00     | 16 時間 |
| 本実施 (全ノード)2 回目           | 4/5 17:00 ~ 4/6 09:00     | 16 時間 |
| グループディスク(/work1 20TB)    |                           | 3~6 月 |
| <b>(高木グループ) カテゴリB</b>    |                           |       |
| 予備実施(Hキュー420 ノード)        | 4/14 10:00 ~ 4/14 19:00   | 9 時間  |
| 本実施 (Hキュー420 ノード)        | 4/21 10:00~4/28 09:00 のうち | 72 時間 |
| グループディスク(/work1 10TB)    |                           | 4~6 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)        | 4/14 19:00 ~ 4/15 09:00   | 14 時間 |
| 本実施 (Hキュー420 ノード)        | 4/21 10:00~4/28 09:00 のうち | 95 時間 |
| グループディスク(/work1 30TB)    |                           | 4~6 月 |

### 3 国際協働

#### 3-1 MOUに基づく国際共同研究

##### 3-1-1 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

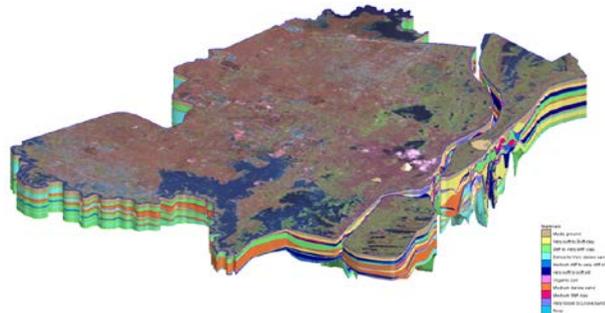
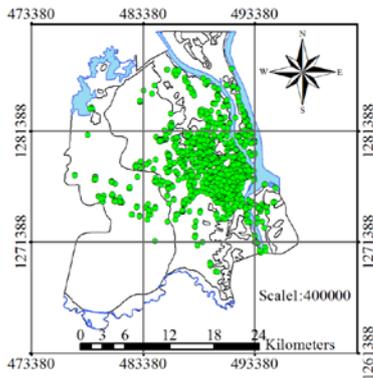
先端研究部門 高性能計算先端応用分野 青木 尊之

2013年11月にGSICと部局間交流協定を締結したドイツ・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を進めた。GSICの青木が2014年7月にミュンヘン工科大学を訪問して研究打合せを行い、同年10月～12月にミュンヘン工科大学の博士課程の学生が若手準客員研究員として本学に滞在し、TSUBAME2.5を使って Randomized Ordinary Differential Equations の並列化の研究を行った。ステンシル計算とは異なる数学的な問題に対して、TSUBAME2.5による計算の有効性を確認した。

##### 3-1-2 カンボジア・プノンペン市の3次元地質・地盤情報データベースの構築と可視化

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

カンボジアの首都プノンペン市のインフラ開発に貢献するため、GSICとタイ国チュラロンコン大学工学部との国際共同研究である3次元統合化地質・地盤情報データベースを完成させた。これはカンボジア・プノンペン市初の技術であり、応用地質学術雑誌「Engineering Geology」8月号に掲載された。地盤工学・地質学分野において、地下の地質構造区分を把握することは重要な意義を有し、最近ではカンボジアの首都プノンペン市のインフラ開発に向けて、地盤調査の数が増加している。ボーリングによる地層の形成や土の性質などの調査は多数行われているが、その地質データを基にした3次元地質構造モデルの構築は実施されていない。本研究は、地下水モデル化システム(GMS)を用いて、1,200箇所以上から収集した既存のボーリングデータを基にプノンペン市の地盤情報データベースを作成することを目的とした。GMS上で集積した工学的性質を、3次元的に地下構造を可視化することにより、プノンペン市における地質情報の全体像を視覚的に捉えることに成功した。また、本研究で活用したデータ処理は、プノンペン市初の3次元統合化地質・地盤情報データベースであることに加え、より正確な地質学的解釈の根拠及び、せん断強度との相関関係を提案している。



プノンペン市でのボーリング位置情報

GMS による 3 次元地質・地盤モデルの作成

プレスリリース

[http://www.titech.ac.jp/news/pdf/tokyotechpr20140724\\_thirapong.pdf](http://www.titech.ac.jp/news/pdf/tokyotechpr20140724_thirapong.pdf)

東工大ニュース

### 3-1-3 インド工科大学マドラス校 Dept. of Biotechnology とのバイオインフォマティクスに関する国際共同研究

先端研究部門 大規模データ情報処理分野 関嶋 政和

2011 年 11 月に GSIC と部局間交流協定を締結したインド・インド工科大学マドラス校の Biotechnology 専攻の Prof. Dr. Michael M. Gromiha のグループとバイオインフォマティクスに関する国際共同研究を実施した。2013 年 9 月にインド工科大学にてシンポジウムの開催し、2014 年に TSUBAME2.5 を活用した分子動力学シミュレーションを用いて蛋白質と RNA 間の相互作用を計算した。蛋白質と RNA の相互作用は細胞内において様々な役割を果たしており、その相互作用を理解することは計算生物学にとって重要なことである。本研究により、mesophilic organisms は thermophiles と比較して結合部位の数が多く、また *E. coli*, *H. sapiens*, *S. cerevisiae* 及び thermophiles と archaea において結合部位のアミノ酸の傾向が他と異なっていることを示した。本研究の結果は、Biology Direct 誌 (Impact Factor 4.04) に "Structure based approach for understanding organism specific recognition of protein-RNA complexes" (doi:10.1186/s13062-015-0039-8) と題する論文として掲載された。

## 3-2 国際シンポジウム・ワークショップ

### 3-2-1 UNESCO アジア太平洋地域事務所との共催地域シンポジウム

政府開発援助 UNESCO 補助金事業「教育現場における 21 世紀型スキル育成のための教育活動の現状」の一環として、2014 年 11 月 26 日～28 日の 3 日間にわたり、UNESCO-GSIC 地域シンポジウムが中国杭州市で開催された。同地域シンポジウムでは、約 40 名の教育専門家がアジア・太平洋地域から参加し、10 ヶ国（オーストラリア、中国、日本、インド、マレーシア、モンゴル、フィリピン、韓国、タイ、ベトナム）の研究者が「21 世紀型スキル」の促進を含む教育政策の学校レベルでの実施について発表した。東京工業大学からは、山口しのぶ教授と山本祐規子研究員が秋田県の教育政策を中心に分析発表を行なうと共に、高田潤一教授がユネスコバンコクの情報共有プラットフォーム『National Education Systems and Policies in Asia-Pacific (NESPAP)』の最新状況を報告した。NESPAP はユネスコバンコクと東工大の協働のもと、2013 年より運営・改善が続けられており、アジア太平洋地域を中心とした活発な情報交換・共有を目的としている。

詳細：[2014 ERI-Net Annual Meeting](#) (UNESCO ウェブサイト)



### 3-2-2 サウジアラビア King Abdullah University of Science and Technology (KAUST) との共同ワークショップ

JST CREST 「ポストペタスケール高性能計算に資するシステムソフトウェア技術の創出」領域の「高性能・高生産性アプリケーションフレームワークによるポストペタスケール高性能計算の実現」の活動の一環として、サウジアラビア King Abdullah University of Science and Technology (KAUST) で David Keyes 教授が率いる Extreme Computing Research Center (ECRC)

との間でハイパフォーマンス・コンピューティングに関する共同ワークショップを開催した。これは David Keyes 教授が前年の 2013 年 12 月に、TSUBAME2.5 披露式典の招待講演者として学術国際情報センターを訪問したことがきっかけとなり実現した企画である。2014 年 9 月 3 日～4 日の 2 日間に 12 件の発表があり、熱のこもった議論をすることができた。これをさらに発展させるべく GSIC- ECRC との部局間交流協定の締結の話し合いを進めている。



### 3-3 国際共同研究・協働事業

#### 3-3-1 JICA（国際協力機構）との協定に基づいた「草の根パートナーシップ型事業」

モンゴル教育科学文化省との連携のもと実施している、情報技術を駆使した教育機会の提供・教育の質の向上を目指した共同研究および協働プロジェクトの一環として、2012年に、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ー地域性に即した ICT を活用した教材開発を通じて」を開始した。本年度はモンゴル 4 地域とウランバートル市から選出された 4 県と 1 地区を対象に教員研修を実施し、計 260 名に ICT を活用した地域性を反映した教材開発を実施した。合計 30 科目からなる教員研修教材は、研修用 VCD として来年度の全国教員研修で活用される予定である。全国教員調査で収集されたデータに基づき、教育現場における情報技術活用に関するデータ分析を進めている。

## 4 イベント及び啓蒙活動

### 4-1 工大祭・オープンキャンパスにおける TSUBAME 一般公開

10月11日（土）と12日（日）の2日間にわたり開催された工大祭に合わせて、今年も4回目となる「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4回開催し、250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788名の方がお越しになられ、2日間で1038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ください感謝申し上げます。



また、今年度は8月8日（金）に行われたオープンキャンパスでも一般公開をしました。こちらは情報基盤課及び情報基盤支援センタースタッフによる案内であったため、TSUBAME紹介ビデオを見て頂いた後にマシンルームを見学するコースのみとし、4回で98名の方が見学されました。

## 4-2 Supercomputing 2014 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

2014年11月16日から21日まで、米国ニューオリンズで開催された国際会議 ACM/IEEE Supercomputing 2014 (SC14)に、学術国際情報センターとしてブース出展しました。

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。

本センターも2008年以降毎年、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、先進的な液浸冷却技術を用いた次々世代スパコンに向けた試作機である、TSUBAME Golden Boxの実機を展示・稼働し、注目されました。また運用中のTSUBAME2.5スパコン、HPCIをはじめとする学外との連携運用に関する発表に加え、次世代のスーパーコンピューティングに向けたビッグデータ処理技術、ペタスケールシミュレーション等の技術の研究発表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294名に上りました(関係者を除く)。



注目を集める東工大ブースの様子



液浸冷却を用いた TSUBAME Golden Box の実機を展示

SC では、高性能計算に関する学術賞受賞者や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。本年は、本センターの松岡聡教授が IEEE-CS Sidney Fernbach 賞を受賞し、受賞式および記念講演が、最大の講演会場である New Orleans Theater にて行われました(詳細はトピックスに譲る)。



#### 松岡教授 Sidney Fernbach 賞受賞式の案内掲示

スパコンランキングにおいては、TSUBAME2.5 が演算速度ランキングである Top500 において世界 15 位、ビッグデータ処理速度のランキングである Graph500 において世界 12 位となりました。スパコン省エネ性ランキング Green500 において、前回まで世界一を獲得した TSUBAME-KFC は惜しくも世界 3 位となりました。

さらに当ブースでは例年、国内外の著名な研究者による招待講演も開催しています。今回は Swiss National Supercomputing Center の Director である Thomas Schulthess 博士による講演「Piz Daint and Piz Dora: A Productive, Heterogeneous Supercomputing Infrastructure for Science」が行われました。



#### 東工大ブースにおける Thomas Schulthess 先生による講演

以上のように、SC14 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・研究開発・国際協働分野におけるプレゼンスを示し、さらに次期 Tsubame3.0 をはじめとする次世代スーパーコンピューティング技術に向けた方向性を示すブース展示参加となりました。

### 4-3 第20回スーパーコンピューティングコンテスト

平成 26 年 8 月 18 日～22 日に「第 20 回スーパーコンピューティング・コンテスト (SuperCon14)」を開催した。例年は阪大と東工大の会場に分かれての開催だが、今年は第 20 回記念ということで、全 21 組のチーム (1 チーム 2～3 名) が東工大に集結した。

今年の本選課題は「テトリス風パズルゲーム」であった。この問題では、テトリスよりも複雑な 15 種類のピース (下図) が事前に 100～200 個与えられ、最終的に積み重なったピースの高さがなるべく低くなるように、ピースの順番、位置、回転角度を解答するという問題であった。計算は TSUBAME2.5 上で MPI を用いた 384 プロセスの並列実行で行った。

| 問題                                                                                                                                             |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 今回の本選課題はテトリスという有名なゲームにヒントを得たものである。<br>オリジナルのテトリスと違い、使うピースのセットがあらかじめ与えられる。<br>それらを (1) どのような順番で (2) どの向きで (3) どこに落とせば、最終的に積み上がった高さを最も低くできるかを競う。 |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                      |
| ピースの種類                                                                                                                                         |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                      |
| 0                                                                                                                                              | 1                                                                                   | 2                                                                                   | 3                                                                                   | 4                                                                                    |
|                                                             |  |  |  |  |
| 5                                                                                                                                              | 6                                                                                   | 7                                                                                   | 8                                                                                   | 9                                                                                    |
|                                                             |  |  |  |  |
| 10                                                                                                                                             | 11                                                                                  | 12                                                                                  | 13                                                                                  | 14                                                                                   |
|                                                             |  |  |  |  |

本選審査ではピースが積み重なった高さをスコアとした。順位は3つの審査例題に対する、そのスコアの合計の小さい順で決めた。上位6位のチーム名とスコアは以下の通りである。1位から3位までのチームには東京工業大学 大谷清理事・副学長より賞状、盾、メダル、記念品が授与された。また、1位の MamaGoto 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     | スコア (高さ)        | 学校名                 |
|----|----------|-----------------|---------------------|
| 1  | MamaGoto | 1, 1, 5 合計 7    | 大阪府立大学工業高専          |
| 2  | nicotoum | 5, 5, 10 合計 20  | 渋谷教育学園渋谷高校          |
| 3  | sontaku  | 6, 1, 16 合計 23  | 香川県立高松高校            |
| 4  | overflow | 10, 1, 13 合計 24 | 横浜市立横浜サイエンスフロンティア高校 |
| 5  | pclub14  | 17, 8, 21 合計 46 | 渋谷教育学園幕張高校          |
| 6  | Sigmas   | 19, 8, 25 合計 52 | 松江工業高専              |

#### 4-4 講習会

##### 【研究用計算機システム】

##### 平成 26 年度前期講習会 【大岡山地区】

|    |                                          |                      |
|----|------------------------------------------|----------------------|
| 1  | UNIX 入門                                  | 4 月 16 日(水)          |
| 2  | Materials Studio                         | 4 月 22 日(火)          |
| 3  | Gaussian 入門                              | 4 月 23 日(水)          |
| 4  | Discovery Studio                         | 4 月 30 日(水)          |
| 5  | Mathematica 入門(初級編)                      | 5 月 1 日(木)           |
| 6  | Abaqus オンサイトセミナー                         | 5 月 8 日(木)           |
| 7  | AVS Express 分子編                          | 5 月 14 日(水)          |
| 8  | MSC Nastran/Patran(MD Nastran/MD Patran) | 5 月 20 日(火), 21 日(水) |
| 9  | Fluent                                   | 5 月 27 日(火)          |
| 10 | SCIGRESS                                 | 5 月 28 日(水)          |
| 11 | Maple 初級オンサイトトレーニング                      | 5 月 29 日(木)          |
| 12 | プログラムチューニング(シングル)                        | 6 月 3 日(火)           |
| 13 | プログラムチューニング(並列)                          | 6 月 4 日(水)           |

##### 平成 26 年度前期講習会 【すずかけ台地区】

|   |         |             |
|---|---------|-------------|
| 1 | UNIX 入門 | 4 月 21 日(月) |
|---|---------|-------------|

##### 平成 26 年度後期講習会 【大岡山地区】

|    |                                          |                       |
|----|------------------------------------------|-----------------------|
| 1  | UNIX 入門                                  | 10 月 8 日(水)           |
| 2  | Discovery Studio                         | 10 月 16 日(木)          |
| 3  | Materials Studio                         | 10 月 23 日(木)          |
| 4  | Fluent                                   | 10 月 27 日(月)          |
| 5  | MSC Nastran/Patran(MD Nastran/MD Patran) | 10 月 29 日(水), 30 日(木) |
| 6  | Abaqus オンサイトセミナー                         | 11 月 4 日(火)           |
| 7  | Gaussian 入門                              | 11 月 5 日(水)           |
| 8  | Amber 入門                                 | 11 月 6 日(木)           |
| 9  | AVS Express 流体編                          | 11 月 10 日(月)          |
| 10 | Maple 初級オンサイトトレーニング                      | 11 月 13 日(木)          |
| 11 | プログラムチューニング(シングル)                        | 11 月 18 日(火)          |
| 12 | プログラムチューニング(並列)                          | 11 月 18 日(火)          |

##### 平成 26 年度後期講習会 【すずかけ台地区】

|   |         |              |
|---|---------|--------------|
| 1 | UNIX 入門 | 10 月 10 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

##### ■GPU コンピューティングセミナー No.1

日時：2014年5月15日 13:30~15:00  
場所：東京工業大学 大岡山キャンパス 情報棟2F会議室  
講演者：Petros Koumoutsakos 教授 (ETH Zurich, Switzerland)  
講演タイトル：「Multiscale Flow Simulations: Particle, Grids and Supercomputers」

##### ■GTC Japan 2014 テクニカル・セッション

日時：2014年7月16日  
場所：東京ミッドタウンホール&カンファレンス (六本木)

開催内容：NVIDIA Japan とともにGTC Japan 2014 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、8名の講師による講演セッションを実施した。

- 13:10 - 13:35 GPU を使った3次元素粒子飛跡認識システムの開発  
中野 敏行 (名古屋大学大学院理学研究科 素粒子宇宙物理学専攻)
- 13:45 - 14:10 TSUBAME2 におけるGPU を用いた大規模データ処理  
佐藤 仁 (東京工業大学 学術国際情報センター)
- 14:20 - 14:45 GPU を用いた大規模シミュレーションによる地震ハザード評価  
青井 真 (防災科学技術研究所)
- 14:55 - 15:20 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  
辻 健 (九州大学カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所)
- 16:20 - 16:45 動的負荷分散による粒子法 (SPH/DEM) の大規模粒子法シミュレーション  
都築 怜理 (東京工業大学 総合理工学研究科)
- 16:55 - 17:20 TSUBAME を用いた生体分子シミュレーション研究  
宮下 尚之 (理化学研究所 生命システム研究センター)
- 17:30 - 17:55 フラグメント分子軌道法におけるFock 行列計算のGPGPU 化  
梅田 宏明 (筑波大学計算科学研究センター)

##### ■GPU コンピューティングセミナー No.2

日時：2014年9月30日 16:00~17:30  
場所：東京工業大学 大岡山キャンパス 情報棟2F会議室  
講演者：Dr. Andreas Schafer 氏 (Friedrich-Alexander-Universitat Erlangen-Nurnberg, Germany)  
講演タイトル：「Conducting Accelerated Computer Simulations at Scale with LibGeoDecomp」

#### 講演概要：

Computer simulations have become a major workhorse of many scientific disciplines. However, the effort required for an efficient, scalable implementation distracts domain scientists from the simulation model. In this talk I will give an overview on how LibGeoDecomp can auto-parallelize simulation codes and which optimization techniques it leverages to scale from smartphones to peta-scale machines like the GPU-accelerated Tsubame 2.5 supercomputer.

### ■ワークショップ自由表面や気液界面を含む流れの数値解析

#### ー 粒子法と格子法、数理と実践 ー

日時：2014年9月10日 13:30～17:40

場所：博多駅東リファレンスビル 会議室 V4

九州大学 数値解析セミナーと GPU コンピューティング研究会との共同開催

**ワークショップ概要：**粒子法の数理的な側面とスパコン上で大規模実行するための実装、さらには同じ問題を格子法で計算する場合との比較を行い、今後の方向性を議論するワークショップを開催した。

13:30-14:10 ある一般化粒子法を用いた Poisson 方程式の誤差評価と流れ問題への適用へ向けた検討 (九州大学 井元 佑介)

14:10-14:50 弱形式に基づく粒子型解法の数値解析 九州大学 田上大助)

14:50-15:30 MPS による超大規模津波遡上シミュレーション (東京大学 室谷 浩平)

15:40-16:20 動的負荷分散による粒子法 (SPH/DEM) の大規模シミュレーション  
ーGPU スパコンでの実装と性能ー 都築 怜理, 青木 尊之 (東工大)

16:20-17:00 格子法による気液二相流の GPU スパコンを用いた大規模シミュレーション  
ー 粒子法と同じ自由度で直接比較 ー  
杉原 健太, 小野寺 直幸, 青木 尊之 (東工大)

17:00-17:40 3つの Level Set 関数を用いた水面近くの移動物体まわりの解析  
佐々木 一真, 白崎 実(横浜国大)

### ■16回 GPU コンピューティング講習会 (CUDA プログラミング基礎)

日時：2014年9月19日 13:20～17:00

場所：東京工業大学 大岡山キャンパス 情報ネットワーク演習室 第2演習室

**講習会概要：**GPU コンピューティングの経験のない初心者向けに Tsubame2.5 の Tesla K20X を用いた「CUDA プログラミング基礎」のハンズオン講習会を実施した。

13:20-14:00 Tsubame2.5 の概要と GPU 計算の大規模アプリ

- 青木尊之（東京工業大学・学術国際情報センター）
- 14:00-14:20 TSUBAME2.5 への Login  
下川辺隆史（東京工業大学・学術国際情報センター）
- 14:20-15:20 CUDA 入門  
青木尊之（東京工業大学・学術国際情報センター）
- 15:30-16:10 CUDA で使えるライブラリ  
下川辺隆史（東京工業大学・学術国際情報センター）
- 16:10-17:00 Kepler 向け 7 点ステンシル計算のチューニング  
青木尊之（東京工業大学・学術国際情報センター）

### ■第 17 回 GPU コンピューティング講習会（OpenACC）

日時：2014 年 10 月 22 日

場所：東京工業大学 大岡山キャンパス 情報ネットワーク演習室 第 2 演習室

講習会概要：NVIDIA 成瀬彰氏、理研 AICS 八代尚氏をお迎えし、OpenACC についての TSUBAME2.5 の GPU を使用したハンズオン講習会を開催した

- 13:25-13:30 講習会を企画した趣旨（東工大 青木 尊之）
- 13:30-14:00 OpenACC を用いた GPU 最適化：全球気象・気候モデル NICAM を例に  
（理研 AICS 八代尚）
- 14:00-15:10 OpenACC による GPU コンピューティング（NVIDIA 成瀬 彰）
- 15:20-15:40 TSUBAME2.5 への Login（東工大 下川辺 隆史）
- 15:40-17:00 OpenACC ハンズオン講習（NVIDIA 成瀬 彰）

### ■首都大学東京ミニ研究環ワークショップ

#### 「メニーコアシステムにおける格子アプリケーション-GPU と MIC の実行性能比較-」

日時：2014 年 12 月 12 日 13:20~16:45

場所：首都大学東京秋葉原サテライトキャンパス

共催：GPU コンピューティング研究会

開催趣旨：

科学技術計算等への適用が注目されているメニーコアプロセッサの GPU（Graphics Processing Unit）及び MIC（Many Integrated Core）を取り上げ、現状におけるその実行性能の比較を行った。様々な格子アプリケーションを対象とした手動チューニングによる最適化およびディレクティブ（OpenMP, OpenACC）を用いた自動並列化の実効性能比較に関する講演を扱った。

- 13:25-13:55 7 点ステンシル計算(拡散方程式)に対する GPU と MIC の実行性能比較  
藤山 崇紘、青木 尊之（東京工業大学）
- 13:55-14:25 圧縮性流体アプリケーションの Xeon Phi 向け最適化  
小林 広和（インテル株式会社）
- 14:25-14:55 リアルタイム可視化を目指した FDTD 法電磁界解析における

- メニーコア計算の性能比較 大久保 寛、鈴木 敬久（首都大学東京）
- 15:05-15:35 演算加速クラスター HA-PACS と COMA 及びアプリケーションについて  
朴 泰祐（筑波大学）
- 15:35-16:05 Xeon Phi と GPU を利用した MHD シミュレーションコードの性能評価  
深沢 圭一郎（京都大学）
- 16:05-16:35 パネルディスカッション
- 16:35-16:40 総括（東京工業大学・青木 尊之）

■第 18 回 GPU コンピューティング講習会（MATLAB と GPU を用いた高速並列演算セミナー）

日時：2015 年 1 月 30 日 13:00～16:15

場所：東工大蔵前会館(TTF) ロイヤルブルーホール

**講習会概要：**GPU の高い実行性能に対し、CUDA や OpenACC でのプログラムではハードルが高いという声も聞こえる。東京工業大学でも平成 26 年度内にサイトライセンスの導入が決まっている Mathworks 社の Matlab を使ったコードを CPU/GPU を使って高速化するための講習会を開催した。並列処理技術について、例を交えながら分かりやすく解説し、Matlab の利用者が GPU による高速化を理解してもらうことを目的とした。

- 13:00-13:10 講習会企画の趣旨について  
下川辺隆史（東京工業大学・学術国際情報センター）
- 13:10-14:30 MATLAB 基礎および Parallel Computing 機能概要  
吉田剛士（Mathworks Japan・シニアアプリケーションエンジニア）
- 14:40-16:15 CUDA を用いた MATLAB 画像処理  
森野 慎也（NVIDIA・CUDA エンジニア）

## 5 広報活動

### 5-1 マスコミ報道等

- ◆ 日経産業新聞：日本のイノベーター 世界一の省エネスパコン 東工大教授松岡聡氏  
④ 計算担う端末、油に浸す 【2014/4/22】
- ◆ 日経産業新聞：日本のイノベーター 世界一の省エネスパコン 東工大教授松岡聡氏  
⑤ 企業に開放 産業活用進む 【2014/4/23】
- ◆ 日経新聞ほか：「京」が4位を維持 スパコン計算速度 上位変わらず 世界スパコン  
ランキング「TOP500」23日発表 東京工業大学「TSUBAME2.5」は13位 【2014/6/24】
- ◆ 東京新聞：スパコン省エネ 東工大また世界一 世界のスーパーコンピューターが性能  
ランキングで東京工業大のスパコン「TSUBAME-KFC」が選ばれた。 【2014/7/1】
- ◆ 産経新聞ほか：東工大スパコン、再び省エネ世界一 世界のスーパーコンピューターが  
性能を競い合うランキングで省エネ性能世界一に「TSUBAME-KFC」 【2014/7/2】
- ◆ 日経新聞：スパコン「京」超え大学競う 東工大や東大、16年導入へ 汎用品で安く  
民間に活用促す 東工大「TSUBAME3.0」は京の2～3倍の計算能力実現。 【2014/7/2】
- ◆ 日本情報産業新聞：省エネスパコンで世界一に 東工大 TSUBAME 2期連続で達成  
次期開発用テストベッドで TSUBAME-KFC 【2014/7/7】
- ◆ 日経産業新聞： Deng熱に挑む日の丸薬 武田、ワクチン開発急ぐ アステラスも東京  
工業大学のスーパーコンピューター「TSUBAME」使い治療薬開発目指す 【2014/9/13】
- ◆ 日刊工業新聞：スパコン最高峰学術賞 東工大松岡教授が受賞 スーパーコンピューター  
の最高峰学術賞「2014年シドニー・ファーンバック記念賞」受賞決定。 【2014/9/29】
- ◆ 日経産業新聞：スーパーコンピューター学術賞 東工大・松岡氏が受賞 米電気電子学  
会(IEEE)は、東京工業大学の松岡聡教授を選んだ。日本人の受賞初。 【2014/9/30】
- ◆ 電波新聞：スパコン性能ランキング 「天河2号」(中国)4回連続首位 日本の「京」は  
4位 国際会議「SC14」で発表 15位に東京工業大学「ツバメ2.5」 【2014/11/19】
- ◆ 日経産業新聞：生活・サービス 異分野連携で柔軟発想 専門部署開設、VBと共同研  
究 カイコ由来の新製品開発 アステラスは東京工業大などと共同で開発 【2014/11/21】
- ◆ マイナビニュース：テクノロジーレポート、「GPUとXeon Phi、どちらが計算処理アクセラ  
レータに最適か? - 実際の実行性能を比較するワークショップを首都大学東京が開催」  
【2014/12/16】
- ◆ 読売新聞：駆ける スパコンで「風の道」再現 青木尊之氏 54 東京工業大学・学術国  
際情報センター 東工大スーパーコンピューター「TSUBAME」を使用 【2014/12/25】
- ◆ 日本経済新聞：スパコン新薬生み出す 眠る論文発掘候補に東工大スパコン  
「TSUBAME」を活用。学術国際情報センター関嶋政和准教授は説明する。 【2015/1/1】
- ◆ 日経産業新聞：技術で創る未来 日本を元気にする産業技術会議 メモリー・回線 進  
化を 大規模データ 省電力処理 東京工業大学の松岡聡教授ら講演 【2015/1/27】
- ◆ 日刊工業新聞：トイレの洗浄能力向上 水・空気・固体の流れ最適化 スパコン

「TSUBAME」活用 TOTO は東工大との共同研究に長年取り組んでいる。【2015/2/23】

- ◆ 日刊工業新聞：コアテクノロジー＝シミュレーション 熱帯難病の新薬探索 東工大ス  
パコンで共同研究アステラス 作業期間半分以下 【2015/3/23】

## 5-2 TSUBAME e-Science Journal の発行 (Vol.11, Vol.12, Vol.13)

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 26 年度は Vol. 11、Vol. 12、Vol. 13 を発行し、Vol. 11 は、スパコンの省エネランキング Green500 List (TOP500 のスパコンの電力性能〈速度性能値 / 消費電力〉) を半年ごとにランキングしているリスト) の 2013 年 11 月版および 2014 年 6 月版において世界 1 位を獲得した「TSUBAME-KFC」に関する記事の他に、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の研究内容を含む研究内容を記事に取り上げた。Vol. 12 では、ビッグデータ処理に関する記事や GPU プログラミング支援の記事を含む TSUBAME を利用した研究内容を掲載し、Vol. 13 は、TSUBAME グランドチャレンジ大規模計算制度の採択課題と大規模格子系と粒子径のアプリケーションの記事を掲載した。

各号の記事のタイトルと著者を以下に記載する。

### No.11 (2014 年 6 月)

- ・**TSUBAME-KFC：液浸冷却を用いた世界一省エネなスーパーコンピュータ**  
TSUBAME-KFC: the Greenest Supercomputer in the World with Liquid Submersion Cooling  
遠藤 敏夫 額田 彰 松岡 聡
- ・**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**  
Schrödinger Equations of Some Organic Molecules with Superparallel Computer TSUBAME  
中辻 博 中嶋 浩之
- ・**GPGPU による地震ハザード評価**  
Application of GPGPU to Seismic Hazard Assessment  
青井 真 前田 宜浩 青木 尊之

### No.12 (2014 年 9 月)

- ・**将来のスーパーコンピュータにおけるエクストリームなビッグデータ処理にむけた TSUBAME2 での取り組み**  
Extreme Big Data with TSUBAME2 and Beyond  
佐藤 仁 上野 晃司 白幡 晃一 社本 秀之 松岡 聡
- ・**OpenACC を用いた全球雲解像モデル NICAM 力学コアの大規模 GPU 計算**  
A Global Atmosphere Simulation on a GPU Supercomputer using OpenACC: Dry Dynamical Core Tests  
八代 尚 成瀬 彰 吉田 龍二 丸山 直也 富田 浩文
- ・**気象計算のための GPU コンピューティング・フレームワーク**  
High-productivity Framework on GPU-rich Supercomputers for Weather Prediction Code  
下川辺 隆史 青木 尊之 小野寺 直幸

### No.13 (2015 年 3 月)

・マルチフェーズフィールド法を用いた金属多結晶組織形成シミュレーションの  
大規模 GPU 計算

Multi-GPU Computation of Multi-phase Field Simulation of the Evolution of Metallic  
Polycrystalline Microstructure

山中 晃徳 岡本 成史 下川辺 隆史 青木 尊之

・量子モンテカルロ法に基づく振動状態解析の大規模並列計算

A Large-scale Parallel Computation for Vibrational State Analysis Based on Quantum Monte  
Carlo method

中山 涼太 藤岡 蔵 北 幸海 立川 仁典

・個別要素法による粉体の大規模シミュレーション

Large-scale DEM Simulations for Granular Dynamics

都築 怜理 渡辺 勢也 青木 尊之

### 5-3 見学者受入状況

#### 平成 26 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 | 3  | Embrapa(Brazilian Agricultural Research Corporation)                  | 4  | 3   | 3   |
|   | 9  | TSUBAME 利用講習会参加者                                                      | 5  | 5   | 0   |
|   | 10 | TSUBAME 利用講習会参加者                                                      | 3  | 3   | 0   |
|   | 11 | Oak Ridge National Laboratory,USA                                     | 1  | 1   | 1   |
|   | 22 | Sirindhorn International Institute of Technology,Thammasat University | 5  | 3   | 3   |
| 5 | 2  | TSUBAME 利用講習会参加者                                                      | 1  | 1   | 0   |
|   | 7  | フィリピンデラサール大学・東工大国際開発工学科                                               | 40 | 34  | 34  |
|   | 15 | スイス連邦工科大学 チューリッヒ校                                                     | 1  | 1   | 1   |
|   | 21 | 香港理工大学                                                                | 55 | 50  | 50  |
|   | 28 | キングモンクット工科大学 ノースバンコク校他                                                | 15 | 12  | 12  |
| 6 | 4  | NVIDIA                                                                | 1  | 1   | 1   |
|   | 5  | 文部科学省                                                                 | 5  | 5   | 0   |
|   | 10 | フィリピンデラサール大学教授他                                                       | 4  | 4   | 4   |
|   | 13 | TSUBAME 利用講習会参加者                                                      | 1  | 1   | 0   |
|   | 17 | TSUBAME 利用講習会参加者                                                      | 2  | 2   | 0   |
|   | 18 | 株式会社ワークスアプリケーションズ                                                     | 10 | 10  | 6   |
|   | 19 | チリ大使館 (チリ学術基盤ネットワークREUNA)                                             | 2  | 2   | 2   |
|   | 26 | 東工大電気電子工学科 2 年生                                                       | 90 | 0   | 0   |
|   | 30 | マツタ (株)、産学連携推進本部                                                      | 10 | 7   | 0   |
| 7 | 1  | 高校生 保護者                                                               | 80 | 80  | 0   |
|   | 3  | 精華大学、KAIST (Campus Asia Summer Program 参加学生)                          | 12 | 10  | 2   |
|   | 3  | 文部科学省 第三予算主査視察                                                        | 3  | 0   | 0   |
|   | 8  | TSUBAME 利用講習会参加者                                                      | 2  | 2   | 0   |
|   | 9  | 上智大学学長他                                                               | 4  | 2   | 0   |
|   | 9  | オランダ eindhoven 工科大学                                                   | 32 | 32  | 32  |
|   | 15 | National Nuclear Security Administration 他                            | 4  | 4   | 3   |
|   | 17 | A*STAR Computational Resource Center 他                                | 7  | 7   | 7   |
|   | 17 | The HPC User Forum                                                    | 2  | 2   | 2   |
|   | 22 | 東工大技術部ナノ支援センター研修生                                                     | 3  | 2   | 2   |
|   | 23 | 東工大理工学研究科化学専攻学生                                                       | 31 | 0   | 0   |

| 月  | 日      | 見学者所属                                      | 人数   | 学外者  | 外国人 |
|----|--------|--------------------------------------------|------|------|-----|
| 7  | 23     | CAMPUS Asia Summer Program の授業で招聘する高校生     | 12   | 9    | 0   |
|    | 24     | TSUBAME 利用講習会参加者                           | 2    | 2    | 0   |
|    | 28     | TSUBAME 利用講習会参加者                           | 3    | 3    | 0   |
| 8  | 4      | JST さくらサイエンスプラン受入高校生                       | 94   | 94   | 88  |
|    | 5      | 日本テレビ「NEWS ZERO」関係者                        | 1    | 1    | 0   |
|    | 6      | E-JUST (エジプト日本科学技術大学)                      | 10   | 7    | 2   |
|    | 7      | 山梨県立甲府東高等学校                                | 89   | 83   | 0   |
|    | 8      | Bansomdejchaopraya Rajabhat University     | 50   | 50   | 50  |
|    | 20     | 日経新聞ヴェリタス編集部                               | 1    | 1    | 0   |
|    | 21     | Department of Computer Engineering 他       | 2    | 2    | 2   |
|    | 21     | 東工大国際開発工学専攻学生                              | 7    | 6    | 0   |
|    | 26     | Future Facilities 代表取締役社長                  | 1    | 1    | 0   |
| 9  | 1      | 東工大大学院理工学研究科                               | 5    | 0    | 2   |
|    | 5      | TSUBAME 利用講習会参加者                           | 1    | 1    | 0   |
|    | 8      | Barcelona Supercomputing Centre            | 2    | 2    | 2   |
|    | 10     | TSUBAME 利用講習会参加者                           | 1    | 1    | 0   |
|    | 17     | 東工大、University College Dublin 学生           | 3    | 1    | 1   |
|    | 18     | 東工大 OB                                     | 3    | 3    | 0   |
|    | 18     | Lawrence Livermore National Laboratory     | 1    | 1    | 1   |
| 10 | 3      | 東工大 5 類学部生                                 | 45   | 0    | 0   |
|    | 7      | スーパーマイクロ株式会社                               | 2    | 2    | 1   |
|    | 9      | 新潟県立高田高校                                   | 31   | 30   | 0   |
|    | 9      | TSUBAME 利用講習会参加者                           | 6    | 6    | 0   |
|    | 10     | ヴォレオグループ                                   | 4    | 4    | 1   |
|    | 11, 12 | 工大祭 (TSUBAME 一般公開)                         | 1038 | 1038 | 0   |
|    | 17     | 西武学園文理高等学校                                 | 19   | 16   | 0   |
|    | 22     | 住友電工 (株) 光通信研究所他                           | 17   | 15   | 0   |
|    | 28     | 東京大学 国際高等研究所 ガブリ数物<br>連携宇宙研究機構 (KAVLIIPMU) | 2    | 2    | 0   |
|    | 28     | TSUBAME 利用講習会参加者                           | 4    | 4    | 0   |
| 11 | 4      | 北京航空航天大学                                   | 12   | 11   | 11  |
|    | 6      | メルボルン大学 教授                                 | 1    | 1    | 1   |
|    | 7      | 蔵前工業会・神奈川支部                                | 80   | 80   | 0   |

| 月  | 日  | 見学者所属                                  | 人数   | 学外者  | 外国人 |
|----|----|----------------------------------------|------|------|-----|
| 11 | 13 | 東京都小石川中等教育学校                           | 27   | 26   | 0   |
|    | 14 | サウジアラビア教育副大臣他                          | 5    | 3    | 3   |
|    | 17 | マイクロソフト北京研究所副所長                        | 1    | 1    | 1   |
|    | 18 | モンゴル科学技術大学学長他                          | 4    | 2    | 2   |
| 12 | 1  | Swiss National Supercomputing Center 他 | 3    | 3    | 2   |
|    | 2  | サムスン日本研究所                              | 2    | 2    | 1   |
|    | 3  | TSUBAME 利用講習会参加者                       | 2    | 2    | 0   |
|    | 5  | 東京電気大学工学部情報通信工学科                       | 5    | 5    | 0   |
|    | 10 | 東工大タイオフィス                              | 2    | 1    | 1   |
|    | 16 | 東京都立町田高等学校                             | 13   | 13   | 0   |
|    | 17 | 東工大建築学科                                | 1    | 1    | 0   |
|    | 17 | 産学連携会員企業 Canon 他                       | 13   | 12   | 0   |
|    | 18 | 株式会社ファナテック                             | 2    | 2    | 0   |
| 1  | 7  | TSUBAME 利用講習会参加者                       | 1    | 1    | 0   |
|    | 14 | 高校生                                    | 13   | 13   | 0   |
|    | 23 | TSUBAME 利用講習会参加者                       | 15   | 15   | 1   |
|    | 28 | TSUBAME 利用講習会参加者                       | 15   | 15   | 0   |
|    | 29 | マレーシア王子他                               | 8    | 7    | 2   |
|    | 30 | 東工大理工学研究科                              | 2    | 0    | 1   |
| 2  | 10 | デラサール大学 Lipe 校他                        | 68   | 54   | 54  |
|    | 18 | 文部科学省                                  | 3    | 3    | 0   |
|    | 19 | IBM T.J.Watson Research Center         | 1    | 1    | 1   |
|    | 23 | タイ・チュラロンコン大学工学部                        | 4    | 3    | 3   |
|    | 26 | 名古屋大学                                  | 1    | 1    | 0   |
| 3  | 5  | カナダトロント大学、立命館大学他                       | 3    | 2    | 1   |
|    | 10 | 三菱電機株式会社                               | 5    | 5    | 0   |
|    | 19 | ASCENT (アジア理工系学生連携促進プログラム)             | 29   | 14   | 14  |
|    | 20 | University of Waikoto New Zealand      | 1    | 1    | 1   |
|    | 30 | 東工大大学院理工学研究科                           | 2    | 0    | 1   |
|    | 30 | アーヘン工科大学学長他                            | 10   | 7    | 7   |
|    |    | 計 (件)                                  | 2245 | 1974 | 391 |

## 6. 予算執行状況

### 1. 平成26年度法人運営費決算額

|                          |                              |
|--------------------------|------------------------------|
| 研究経費                     | 55,066 千円                    |
| 教育研究支援経費<br>(うち電子計算機賃借料) | 1,212,018 千円<br>(655,721) 千円 |
| 特別経費                     | 24,874 千円                    |
| 合 計                      | 1,291,958 千円                 |

### 2. 外部資金受入状況

|                  |          |               |
|------------------|----------|---------------|
| 奨学寄附金            | 2 件      | 15,249 千円     |
| 受託研究             | 9 件      | 152,877 千円    |
| 受託事業             | 4 件      | 19,718 千円     |
| 民間等との共同研究        | 11 件     | 6,595 千円      |
| 科学研究費補助金         | 新学術領域研究  | 1 件 4,700 千円  |
|                  | 基盤研究A    | 1 件 8,400 千円  |
|                  | 基盤研究B    | 3 件 3,351 千円  |
|                  | 基盤研究C    | 2 件 1,923 千円  |
|                  | 基盤研究S    | 2 件 79,000 千円 |
|                  | 若手研究A    | 0 件 0 千円      |
|                  | 若手研究B    | 4 件 5,300 千円  |
|                  | 挑戦的萌芽    | 1 件 801 千円    |
|                  | 特別研究員奨励費 | 1 件 1,100 千円  |
| 研究開発施設共用等促進費補助金  | 1 件      | 59,561 千円     |
| 政府開発援助ユネスコ活動費補助金 | 1 件      | 8,500 千円      |
| 合 計              | 43 件     | 367,075 千円    |

## 7. 研究部門活動報告

### 7-1 情報支援部門

#### 教授 山口 雅浩（認証・ネットワーク分野）

##### 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 基盤システムグループ 認証基盤システム担当とともにキャンパス共通認証・認可システムの安定運用と改善に取り組んでいる。担当しているシステムは、東工大ポータル、共通メールシステム、入館管理システム、SSL-VPN、IC カード発行システム等であり、加えて IT サービスデスクによる利用者サポート、システム・運用の改善検討を行っている。また同課のタスクフォースチームにより、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 2-5 節、2-6 節に報告されている。なお本年度に導入したアドビ・MATLAB の包括契約については、本年報のトピックスの箇所に紹介されている。

IC カード発行に関しては、関連部署の連携を円滑に行うために関係各課の担当者による学内発行連絡会を開催し、発行スケジュール調整や IC カード発行管理に関する疑問点の解消などを図った。

東工大ポータルでは新しいサービスとの接続を行う際に認証基盤専門委員会の審議を経ている。これは不適切なサービスを防ぐことも目的であるが、認証基盤上でどのようなサービスが運用されているかについて、学内で情報共有を行うことも大きな目的である。本年度は、学勢調査アンケート及び就職活動調査アンケートについて接続申請があり、専門委員会で承認した。アンケートは無記名であるが、本学学生以外からの入力を防ぎアンケートの信頼性を高めることが目的であり、実際にポータルと接続してアンケートを実施した結果、所期の目的は達成されたとのことであった。また、ポートフォリオシステム、博士人材データベースについても専門委員会で承認された。実際の接続作業は次年度となる。

認証基盤システム担当では、本年度、東工大ポータルを構成するサーバの更新を実施した。従前のサーバは 2006 年度に導入されたもので、ハードウェア保守の終了への対応、ソフトウェアや OS のバージョンアップが必要であった。本更新ではシステム全体を仮想サーバ群として再構築し、メンテナンス性・耐障害性・パフォーマンスの向上を可能とした。以前はアクセス集中によりサーバが停止する事態が生じたが、更新後にアクセスが集中した際には十分な余裕をもって処理が行えており、大幅な性能改善が確認された。

共通メールに関しては引き続き安定した運用が行われている。ディスクストレージ使用量等を確認した結果、比較的余裕があることが確認されたため、次年度の 4 月より利用者のメールボックス容量の拡大を行うこととした。なお、共通メールに関してはセキュリティ事案が頻発しており、それに関する対処・注意喚起を実施した。また IC カードを利用者に交付する際に同時に渡す「IC カード発行通知書」及び「東工大ポータルニュース」に、パスワードの使いまわしをしないよう注意を促す記述を加えた。

東工大ポータルの利用案内や操作・設定ガイドは web 上から提供されているが、英語化さ

れているページはその一部であった。学内では英語版の説明ページに対する要望が強いことから、英語版の作成を行った。

本学の大学改革により 2016 年 4 月から新たな体制、組織の構成が予定されているため、情報システムで扱うデータやデータ形式などにも変更が生じることが予想される。しかしながら学内の各種情報システムに与える影響の全体像が明らかになっていないため、早急に全体像を整理し、システム改修のプランを明確化する必要がある。教職員・学生の所属・属性データは東工大ポータルで扱っている個人情報ディレクトリサーバを通じて連携を行っているケースも多いことから、認証基盤システム担当を介して各種システムの担当と情報交換を行い、大学改革により生じる影響について検討を行った。今後、大学改革推進本部に設置された情報システム改修部会において具体的な検討が行われる予定である。

### 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

NEDO（新エネルギー・産業技術総合開発機構）からの受託研究として、定量的病理診断の実現を目的とした病理画像解析技術の研究を行った。研究は慶應義塾大学医学部、日本電気株式会社、埼玉医科大学との共同で実施されたものである。本研究の目的は、デジタルスライドの画像解析により、客観的・定量的診断指標の自動算出技術を開発し、「定量的病理診断支援システム」を実現することであり、形態学の客観化・定量化、病理診断の質向上・均てん化、低侵襲で必要最小限な治療の選択を可能とすることを目指している。

#### (1) 画像特徴量を用いた数量化技術の開発

パターン認識技術等を用いて病理画像中の組織要素を認識し、組織構造の特徴を数量化する手法として、肝細胞核の偏在性を表す特徴量を算出するアルゴリズム開発し、この特徴量のがん再発予測に対して寄与する可能性を示した。

また、細胞核特徴量に加えて組織構造特徴量及び色に関する特徴量を用いることが、SVM（Support Vector Machine）を用いたがん識別精度向上につながることを実験的に示した。また同一のアルゴリズムで手術材料・生検標本の画像に対して十分な性能が得られることを確認した。手術材料による評価（画像数 1076 枚）では感度 91.3%・特異度 89.7%、生検標本に対する評価（画像数 1054 枚）では感度 88.2%・特異度 91.9%を達成した。そして開発した色補正や解析アルゴリズムをモジュール化してプロトタイプシステムに組み込みを行った。その結果は NEC においてシステム化され、慶應での臨床評価に用いられた。

#### (2) 色・スペクトル情報の高精度化技術の検討

肝細胞がん計測・識別システムのための色補正技術を開発し、HE 染色肝生検標本を用いた評価、プロトタイプシステムへの組み込みを行った。本技術によって染色のばらつきが存在する場合でも自動的な解析を可能とした。またデジタルスライドスキャナの機器に依存した色再現特性を評価するために、国際的な作業部会で検討されている標準評価スライドを適用し、カラーマネジメント適用有無がシステム性能に与える影響を明らかにした。

さらに、色を用いた特徴量として、組織の淡明度を数量化する技術を開発し、淡明度を考慮することでがん識別精度が向上する可能性を示した。また上記プロトタイプへの組み込みを行った。

### 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

映像システムにおいて、実物の色・質感をリアリティ高くディスプレイ上に再現すること

は究極の課題の一つである。そのためには赤・緑・青（RGB）の三原色だけでは不十分であり、分光画像技術の応用が有望視されている。しかし、従来の分光画像技術では、高精細・高画質・動画像を取得・処理することが難しく、また質感の再現のために重要な、光沢の輝きや色を正確に再現することが困難という課題があった。これに対して本研究課題では「複合解像度型分光イメージング」の技術による課題解決に取り組んだ。

2013年度に構築したリアルタイムの分光画像取得・処理システムでは、高解像度分光画像の再構成精度の低下要因として、高解像度 RGB カメラの分光感度特性のモデル化誤差が挙げられたことから、重回帰分析を用いた再構成手法を適用するとともに、局所重みつき重回帰分析に基づく分光画像再構成手法を新たに提案し、実験的に精度向上の効果を確認した。

また、高輝度な光沢やテクスチャーを含む分光動画像の収集・再現を目的として、17bitのダイナミックレンジを有するカメラを用いて複合解像度型分光イメージングシステムを実装し、光沢部分を飽和しないように入力可能とした。

こうして取得した高ダイナミックレンジの映像を通常のディスプレイに表示するには、ダイナミックレンジの圧縮（トーンマッピング）を行う必要があるが、階調圧縮のパラメータをユーザが手動で設定する必要があった。本研究では、階調圧縮の程度を最適化するようなパラメータを自動的に定める方法を提案し、開発した分光動画像システムに適用することでその効果を確認した。

さらに、映像のリアリティや色・質感が、ディスプレイ周囲の環境によってどのように影響を受けるか、主観評価実験による検討を行い、リアリティや色再現性に対する評価が高くなる条件を示した。

## 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

### (1) 光線サンプリング面を用いたホログラム計算手法

将来、よりリアリティの高い立体像ディスプレイを実現するために、ホログラフィーによる 3D ディスプレイの研究が行われている。本研究では、そのためのホログラム計算方式として、光線サンプリング面（RS 面）を用いた計算手法の提案を行ってきた。この手法は、光線に基づく従来のコンピュータグラフィックスにより画像生成が可能であり、かつ光線に基づくホログラフィー以外のディスプレイ方式の限界を超えて、奥行きが深く高い分解能を有する立体像の表示が可能である。ホログラフィーでは干渉性の高い（コヒーレント）光を用いるためスペックルと呼ばれるノイズが生じることから、本年度までに、RS 面を用いた計算方式においてスペックルノイズの低減を行う手法の開発を行った。また、RS 面を用いたホログラム計算のアルゴリズムの効率化を図る方法を提案し、これによって等身大人物の上半身程度の大きな像をホログラムとして計算することが現実的に可能となった。

### (2) 「立体像に触る」インタフェースを持つ 3D ディスプレイ

近年、映像を用いた新しいインタフェースとして非接触で入力操作が可能な空間インタフェースが注目されている。本研究では、立体像を用いた非接触ユーザインタフェースの検討を行った。まず、ホログラムスクリーンとプロジェクターを用いた光線再生型の全方向視差 3D ディスプレイを構築した。このディスプレイによって、空中に浮遊する立体像（実像）を再生することができる。ユーザが再生された実像に触ると、立体像を再生する光が指先にあたり、指先が明るくなる。そこでこの指先で散乱された光をカメラで撮影することでユーザからの操作をシステムに入力する。本年度は、ホログラムスクリーンを用いた簡単な実験に

より、非接触の3Dタッチセンシング機能を実証した。

#### 【査読付き学術論文】

- 1) Kazuya Nakano, Masafumi Takeda, Hiroyuki Suzuki, Masahiro Yamaguchi. Encrypted imaging based on algebraic implementation of double random phase encoding, *Applied Optics*, Optical Society of America, Vol. 53, No. 14, pp. 2956-2963, May. 2014.
- 2) Masahiro Yamaguchi, Koki Wakunami, Mamoru Inaniwa. “Computer generated hologram from full-parallax 3D image data captured by scanning vertical camera array (Invited Paper),” *Chinese Optics Letters*, Chinese Optical Society, Vol. 12, No. 6, pp. 060018, Jun. 2014.
- 3) Naoki Kobayashi, Kazuma Shinoda, Ayako Katoh, Hideki Komagata, Masahiro Yamaguchi, Tokiya Abe, Akinori Hashiguchi, Michiie Sakamoto, “Effective Color Transform Method for Image Compression of H&E Stained Whole Slide Image Using Subset Pixels,” *IIEEJ Transactions on Image Electronics and Visual Computing*, Vol. 1, No. 2, pp. 37-47, Jun. 2014.
- 4) Takeru Utsugi, Masahiro Yamaguchi, “Speckle-suppression in hologram calculation using ray-sampling plane,” *Optics Express*, Vol. 22, No. 14, pp. 17193-17206, Jul. 2014.
- 5) Yuri Murakami, Keiichiro Nakazaki, Masahiro Yamaguchi, “Hybrid-resolution spectral video system using low-resolution spectral sensor,” *Optics Express*, Vol. 22, No. 17, pp. 20311-20325, Aug. 2014.
- 6) Kazuya Nakano, Masafumi Takeda, Hiroyuki Suzuki, Masahiro Yamaguchi, “Security analysis of phase-only DRPE based on known-plaintext attack using multiple known plaintext–ciphertext pairs,” *Applied Optics*, Vol. 53, No. 28, pp. 6435-6443, Sep. 2014.
- 7) Chamidu Atupelage, Hiroshi Nagahashi, Fumikazu Kimura, Masahiro Yamaguchi, Tokiya Abe, Akinori Hashiguchi, Michiie Sakamoto, “Computational hepatocellular carcinoma tumor grading based on cell nuclei classification,” *SPIE Journal of Medical Imaging*, Vol. 1, No. 3, pp. 034501, Oct. 2014.
- 8) Masafumi Takeda, Kazuya Nakano, Hiroyuki Suzuki, Masahiro Yamaguchi, “Encrypted Sensing Based on Digital Holography for Fingerprint Images,” *Optics and Photonics Journal*, Scientific Research Publishing Inc., Vol. 5, No. 1, pp. 6-14, Jan. 2015.

#### 【査読付き国際会議・国内学会発表】

- 1) Keiichiro Nakazaki, Yuri Murakami, Masahiro Yamaguchi. “Hybrid-Resolution Spectral Imaging System Using Adaptive Regression-Based Reconstruction,” 6th International Conference, ICISP 2014, Image and Signal Processing, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 8509, pp. 142-150, Jul. 2014.
- 2) Pauli Fält, Masahiro Yamaguchi, Yuri Murakami, Lauri Laaksonen, Lasse Lensu, Ela Claridge, Markku Hauta-Kasari, Hannu Uusitalo, “Multichannel Spectral Image Enhancement for Visualizing Diabetic Retinopathy Lesions,” 6th International Conference, ICISP 2014, Image and Signal Processing, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 8509, pp. 52-60, Jul. 2014.
- 3) Oranit Boonsiri, Chamidu Atupelage, Hiroshi Nagahashi, Kota Aoki, Fumikazu Kimura, Masahiro Yamaguchi. Significance of Multispectral Band for Classification of Cancer Cells in Hepatocellular

Carcinoma from Histopathology Images Using Gabor Descriptor, The 4th IEEE International Workshop on Image Electronics and Visual Computing 2014, Proceedings of IEVC2014, Oct. 2014.

- 4) Yoshiko Yamashita, Tomoharu Kiyuna, Michiie Sakamoto, Akinori Hashiguchi, Masahiro Ishikawa, Yuri Murakami, Masahiro Yamaguchi, "Development of a prototype for hepatocellular carcinoma classification based on morphological features automatically measured in whole slide images," 2nd International Congress of the International Academy of Digital Pathology (IADP), Analytical Cellular Pathology, Vol. 2014, Article ID 817192, 2 pages, Nov. 2014.
- 5) Tokiya Abe, Yuri Murakami, Masahiro Yamaguchi, Yoshiko Yamashita, Tomoharu Kiyuna, Ken Yamazaki, Akinori Hashiguchi, Yutaka Yasui, Masayuki Kurosaki, Namiki Izumi, Michiie Sakamoto, "Whole Slide Image Analysis System for Quantification of Liver Fibrosis," 2nd International Congress of the International Academy of Digital Pathology (IADP), Analytical Cellular Pathology, Vol. 2014, Article ID 505968, 2 pages, Nov. 2014.
- 6) Maulana Abdul Aziz, Hiroshi Kanazawa, Yuri Murakami, Fumikazu Kimura, Masahiro Yamaguchi, Tomoharu Kiyuna, Yoshiko Yamashita, Akira Saito, Masahiro Ishikawa, Naoki Kobayashi, Tokiya Abe, Akinori Hashiguchi, Michiie Sakamoto, "Enhancing Automatic Classification of Hepatocellular Carcinoma Images through Image Masking, Tissue Changes, and Trabecular Features," 2nd International Congress of the International Academy of Digital Pathology (IADP), Analytical Cellular Pathology, Vol. 2014, Article ID 726782, 2 pages, Nov. 2014.

#### 【査読付きポスター発表】

- 1) Yuri Murakami, Tokiya Abe, Yoshiko Yamashita, Masahiro Yamaguchi, Masahiro Ishikawa, Akinori Hashiguchi, Tomoharu Kiyuna, Akira Saito, Michiie Sakamoto. Color processing in pathology image analysis system for liver biopsy, Color and Imaging Conference, Proc. Color and Imaging Conference 2014, Society for Imaging Science and Technology, pp. 184-188, Nov. 2014.
- 2) Hideki Komagata, Naoki Kobayashi, Masahiro Ishikawa, Masahiro Yamaguchi, Tomoharu Kiyuna, Akira Saito, Tokiya Abe, Akinori Hashiguchi, Michiie Sakamoto, "Automatic Detection of Unusual Aligned Nuclei on HCC Histopathological Images," The 4th IEEE International Workshop on Image Electronics and Visual Computing 2014, Proceedings of IEVC2014, Oct. 2014.
- 3) Ryo Higashida, Masahiro Yamaguchi. "Automatic Geometric Calibration in Full-Parallax 3D Display using Holographic Screen," 21st International Display Workshops, Proc. IDW 2014, Dec. 2014.  
(IDW Outstanding Poster Paper Award 受賞)
- 4) Masahiro Ishikawa, Naoki Kobayashi, Hideki Komagata, Kazuma Shinoda, Masahiro Yamaguchi, Tokiya Abe, Akinori Hashiguchi, Michiie Sakamoto. "An accurate method of extracting fat droplets in liver images for quantitative evaluation," SPIE Medical Imaging 2015: Digital Pathology, Proc. SPIE, Vol. 9420, Mar. 2015.  
(Poster Award 受賞)

#### 【査読なし国際会議発表】

- 1) Keiichiro Nakazaki, Yuri Murakami, Masahiro Yamaguchi, "High-fidelity color reproduction using hybrid-resolution spectral imaging," 2nd Asian Image Sensors and Imaging Systems Symposium, ITE

Technical Report, Vol. 38, No. 47, pp. 51-52, Dec. 2014.

- 2) Hiroyuki Suzuki, Kazuya Nakano, Masafumi Takeda, Masahiro Yamaguchi, Takashi Obi, Nagaaki Ohyama, “Encrypted sensing for enhancing security of biometric authentication,” 13th Workshop on Information Optics (WIO2014), Jul. 2014.
- 3) 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, Mar. 2014.
- 4) Masahiro Yamaguchi, “Real-time spectral video for spectrum-based color display by hybrid resolution imaging,” International Workshop ‘Level-processing of color vision - optics, cone and color perception,’ Mar. 2015.

#### 【国内学会・ワークショップ・講演会等での発表】

- 1) 木村文一, 村上百合, 山口雅浩, “Pathology informatics : デジタル定量病理細胞診断学における画像解析の進展”, 第 55 回日本臨床細胞学会総会, 日本臨床細胞学会雑誌, Vol. 53, p. 155, Apr. 2014.
- 2) 山下慶子, 喜友名朝春, 山口雅浩, “乳腺 Ki - 67 計測定量化のための画像解析手法の検討”, JAMIT2014 : 第 33 回日本医用画像工学会大会予稿集, OP3-6, Jul. 2014.
- 3) 石川雅浩, 藤田悠介, AZIZ Maulana Abdul, 村上百合, 山口雅浩, “HE 染色肝病理標本における組織構造定量化によるがん検出精度向上の検討”, JAMIT2014 : 第 33 回日本医用画像工学会大会, 日本医用画像工学会大会予稿集, OP3-7, Jul. 2014.
- 4) 阿部時也, 橋口明典, 山崎剣, 尾島英知, Maulana Abdul Aziz, 金沢宏, Chamidu Atupelage, 村上百合, 木村文一, 石川雅浩, 駒形英樹, 小林直樹, 山下慶子, 丸亀敦, 斉藤彰, 喜友名朝春, 山口雅浩, 坂元亨宇, “バーチャルスライドを用いた肝細胞癌診断支援ソフトウェア実用化への試み”, 第 13 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抄録集, p. 22, GO-05, Aug. 2014.
- 5) 東田諒, 山口雅浩, “ホログラフィックスクリーンを用いた全方向視差立体像表示における自動位置合わせのための画像補正法”, 映像情報メディア学会 2014 年年次大会講演予稿集, 23-11 (2 pages). Aug. 2014.
- 6) 東田諒, 山口雅浩, “全方向視差立体像再生を利用したユーザーインターフェース”, 電子ディスプレイ研究会, 信学技報, Vol. 114, No. 248, pp. 21-24, Oct. 2014.
- 7) 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における重回帰分析を用いた画像再構成法の実装”, 日本光学会年次学術講演会, Optics & Photonics Japan 2014 予稿集, 6aE3, Nov. 2014.
- 8) 東田 諒, 山口 雅浩, “ホログラフィックスクリーンとプロジェクターを用いた立体像再生における自動画像位置合わせ”, 日本光学会年次学術講演会, Optics & Photonics Japan 2014 予稿集, 6aE9, Nov. 2014.
- 9) 木村文一, Chamidu Atupelage, 金沢宏, 石川雅浩, 村上百合, 長橋 宏, 山口雅浩, “HE 染色画像におけるテクスチャ解析による Ki67 発現の証明の可能性”, 医用画像情報学会第 171 回大会, Feb. 2015.
- 10) 石川雅浩, 工藤良太, 金沢宏, 山口雅浩, 駒形英樹, 小林直樹, 山下慶子, 喜友名朝春, 阿部時也, 橋口明典, 坂元亨宇, “Superpixel を用いた HE 染色肝病理標本からの線維化領域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 2015 (JAMIT フロンティア 2015), 信

学技報, Vol. 114, No. 482, pp. 105-108, Mar. 2015.

- 11) 東田諒, 山口雅浩, “立体像に触れるインタフェース機能を持つ光線再生型ディスプレイ”, 立体映像技術研究会, 映像情報メディア学会技術報告, Vol. 39, No. 10, pp. 37-40, Mar. 2015.

#### 【書籍】

- 1) Masahiro Yamaguchi, Koki Wakunami. 13. Ray-based and Wavefront-based 3D Representations for Holographic Displays, Multi-Dimensional Imaging, Bahram Javidi, Enrique Tajahuerce and Pedro Andrés eds., John Wiley & Sons, pp. 303-325, Mar. 2014.

#### 【解説】

- 1) Masahiro Yamaguchi, “Reproducing deep 3D images from captured light fields,” SPIE Newsroom, Dec. 2014. <https://spie.org/x111089.xml>

#### 【招待講演】

- 1) Masahiro Yamaguchi, Takeru Utsugi. “Speckle suppression in computational hologram generated using ray-sampling plane,” Three-Dimensional Imaging, Visualization, and Display, Proc. SPIE, Vol. 9117, 91170a (10 pages), Baltimore, USA, May 2014.
- 2) Masahiro Yamaguchi, “Speckle reduction and image resolution in computational holographic display,” IPTA 2014, International Conference on Optoelectronic Technology and Application, Beijing, China, May. 2014.
- 3) 山口雅浩, “ディスプレイ～色の見え方・再現方法の基礎と最新動向～”, 第18回微小光学特別セミナー「微小光学の基礎と応用」, Jun. 2014.
- 4) 山口雅浩, “光線再生と波面再生の融合に基づくホログラフィック 3D ディスプレイ”, 日本色彩学会 視覚情報基礎研究会 第20回研究発表会, Jun. 2014.
- 5) 山口雅浩, “招請講演: 医療分野におけるカラーマネージメントの動向”, 第13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抄録集, IL-01, Aug. 2014.
- 6) 石川雅浩, 坂元亨宇, 橋口明典, 山口雅浩, 小林直樹, 村上百合, 齋藤彰, “HE 染色肝病理標本における組織構造定量化によるコンピュータ診断支援 (招待講演)”, 第15回情報フォトンクス研究グループ研究会, Sep. 2014.
- 7) Masahiro Yamaguchi, “Toward high-quality computational holography for the display of deep 3D scene,” SPIE / COS Phononics Asia, Paper 9271-64, Beijing, China, Oct. 2014.
- 8) 山口雅浩, “【特別講演】 デジタル病理診断に向けた画像処理・解析技術”, 医用画像情報学会 第171回大会, Feb. 2015.
- 9) Masahiro Yamaguchi, “Optics and Computational Methods for Hybrid Resolution Spectral Imaging,” 5th International Workshop CCIW 2015, Computational Color Imaging, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 9016, pp. 23-32, Mar. 2015.

## 教授 権藤 克彦 (情報基盤活用分野)

### 【研究の概要と成果】

#### 商用コンパイラ警告メッセージの初心者に対する難しさの調査

「GCC などの商用レベルコンパイラの警告メッセージはプログラミング初心者にとって難しい。この難しさが初心者の学習効率を悪くしている」と多くの研究者がフォークロアとして言及している。しかし、定量的な調査は無く、本当に（そしてどの程度まで）警告メッセージが難しいのかは不明である。そこで、本研究では警告メッセージの難しさを定量的に調査した。具体的には、まず初心者が間違いやすいC言語サンプルコードを90個収集した上で、商用レベルの4つのコンパイラと5つの静的解析ツールに対して、このサンプルコードを入力して、警告メッセージの有無と難しさを調査した。警告メッセージの難しさは7人の被験者学生によって、明瞭性、特定性、改善案の示唆、平易な用語という4つの評価項目で評価を得た。被験者一人あたりの延べ回答数は1296個である。その結果、コンパイラや静的解析ツールによって警告出力の有無のばらつきが大きいこと、警告メッセージの内、35.7%が明瞭性に、35.9%が特定性に欠けるなどの重要な定量的知見を得た。

#### データ依存関係を考慮したシーケンシャルパターンマイニングによるAPI呼び出しの支援に関する研究

現代のソフトウェア開発では巨大な Application Programming Interface (API)を駆使する必要があるが、このAPIの学習コストや使用コストが大きいという問題がある。そこで、ユーザが途中まで入力したコード断片を自動解析することで、次に呼び出すべきAPIを自動的に推薦するというAPI支援の研究が従来からなされてきた。本研究では、APIの提案に用いるマイニングアルゴリズムとして PrefixSpan アルゴリズムに対する改良を試みた。具体的にはプログラムのデータ依存関係を加味することで、呼び出し順序が入れ替わってもプログラムの挙動が変わらないAPI呼び出し列を同一視することで、マイニングの精度向上を狙った。予備実験として、2つのオープンソースプロジェクトから1217個のAPI呼び出しシーケンスを抽出し、正解セット6個、最小出限度を2として実験を行った結果、本研究の意図通り、呼び出し順序が入れ替わっても正しく推薦できることを確認した。

#### ドラッグ&ドロップによるWebアプリケーション生成システムに関する研究

Webアプリケーションの開発は、プログラミング経験のないエンドユーザには困難である。データベースの設計、セッション管理、セキュリティ、複数言語の使用、ユーザインタフェースの設計実装などが障壁となるからである。そこで、ドラッグ&ドロップのみで開発可能なWebアプリケーション生成システム GrowUI を設計・実装した。従来、サーバ処理開発の自動化は難しかったが、UI部品とCRUD操作を単純に固定化して対応付ける、データベースのデータ構造を表形式に限定するなどの工夫を行うことで、GrowUIはサーバ処理の自動生成

が可能となった。14人を対象に GrowUI の使用予備実験を行い、14人中9人が掲示板を開発でき、この実験の範囲に限るが、GrowUI に有用性があることを示した。

### **初心者の識別子名命名の調査に関する研究**

ソフトウェア開発ではプログラム理解が重要であり、プログラム理解には識別子名（関数名、変数名など）が重要な役割を果たすことが知られている。しかし、プログラミング初心者の識別子名は悪い命名を含むことが多い。既存研究では識別子名の命名を支援する研究はあるものの、プログラミング初心者がどの程度、悪い命名を行うのか定量的な調査は行われていない。そこで本研究では、既存研究の評価基準（Lexicon Bad Smells）を用い、オープンソース jEdit を題材とし「Javadoc 的な仕様を被験者に読ませてメソッドを命名させる」という実験を行った。被験者は6名であり、実験前に「良い命名をするように」と指示を与えた。その結果、この実験の範囲に限るが、初心者でも元のオープンソースと同等以上の良い命名が可能だという結果を得た。また、被験者の命名した識別子名が元のオープンソースよりも長くなる傾向があるという知見も得られた。

### **【査読付き国際会議・国内学会発表】**

- 1) Y. Kojima, Y. Arahori, K. Gondow: Investigating the Difficulty of Commercial-level Compiler Warning Messages for Novice Programmers, 7th Int. Conf. on Computer Supported Education (CSEDU 2015), pp.483-490, (2015)

### **【国内ポスター発表】**

- 1) 子安 貴一, 権藤 克彦: データ依存関係を考慮したシーケンシャルパターンマイニングによる API 呼び出しの支援, 第 21 回ソフトウェア工学の基礎ワークショップ (FOSE2014), ポスター発表, (2014)
- 2) 高橋 一平, 権藤 克彦: ドラッグ&ドロップによる Web アプリケーション生成システム, 第 21 回ソフトウェア工学の基礎ワークショップ (FOSE2014), ポスター発表, (2014)
- 3) 白倉 賢人, 権藤 克彦: 初心者の識別子名命名の調査, 第 21 回ソフトウェア工学の基礎ワークショップ (FOSE2014), ポスター発表, (2014)

## 教授 友石 正彦（認証・ネットワーク分野（兼務））

### 【研究の概要と成果】

#### 時間幅をパラメータとしたアクセス頻度分布の分析

アクセスログを解析しアクセス傾向を解析する新手法について提案を行った。具体的には、典型的なサーバアクセスがおおよそポアソン分布に従うことに着目するが、しかし、ログから周期性などを探る一般的な方法ではなく、細分化された時区間によるアクセスモデルを設定し、各区間における訪問頻度のポアソン分布への従い具合の典型的傾向を得た上で、さらにそれを標準モデルとしてアクセス分析を行う。それにより、より敏感に特別な頻度変化、周期性を獲らえることを狙う。提案手法の有効性の確認にはオープンデータとして提供されているカナダの大学とNASAのアクセスログを用いた解析を行い、休日、ボットの流行、イベント（スペースシャトル関連）などを特別な傾向の現れる期間として捉えられることを確認した。

### 【査読付き国際会議・国内学会発表】

- 1) Yoshiharu Fushihara, Shigeki Hagihara, Masahiko Tomoishi, Naoki Yonezaki. A new approach to analysis of access tendency of web server using Poisson distribution, 15h Philippine Computing Science Congress (PCSC 2015), Proceedings of the 15th Philippine Computing Science Congress, pp. 14-19, Mar. 2015. (査読率 20/68)

## 准教授 飯田 勝吉 (認証・ネットワーク分野)

### 【研究の概要と成果】

#### スモールオフィスのための MPTCP ゲートウェイに関する研究

スモールオフィスや在宅勤務のために自宅をネットワーク接続する場合に複数の ISP と契約することで、信頼性や通信の品質を向上する方法が検討されている。そのような状況でどのようなゲートウェイを構築すると効果的なのかを検討した。本研究が対象とした技術は Multipath TCP (MPTCP) というプロトコルを用いて複数回線を同時に利用する方式である。具体的には、MPTCP と UDP が混在する環境下で、双方の通信方式に適切な通信品質を提供するためには、どのような制御を行うべきかをシミュレーション評価により明らかにし、また、提案機構のプロトタイプ実装を構築し、その構成方法を明らかにした。

### 【発表論文・学会発表等】

- 1) 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・技術研究報告, vol. 114, no. 6, NS2014-14, pp. 71-76, 2014 年 4 月.
- 2) 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・技術研究報告, vol. 114, no. 6, NS2014-13, pp. 65-70, 2014 年 4 月.
- 3) 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・技術研究報告, vol. 114, no. 18, CQ2014-9, pp. 47-52, 2014 年 4 月.
- 4) 一瀬 光・金 勇・飯田勝吉：「DNS における TXT レコードの利用方法の分析」, 電子情報通信学会・技術研究報告, vol. 114, no. 216, IA2014-16, pp. 13-18, 2014 年 9 月.
- 5) 進藤康孝・佐藤彰洋・中村 豊・飯田勝吉：「マルウェア感染ステップのファイルタイプ遷移に基づいた Drive-by Download 攻撃検知手法」, 情報処理学会・コンピュータセキュリティシンポジウム 2014 (CSS2014) 予稿集, 2A3-3, 8 pages, 2014 年 10 月.
- 6) K. Iida: "[Invited Talk] Recent Research Trend in Networking: Software-Defined Networking and Network Functions Virtualisation," *IEICE Technical Reports*, vol. 114, no. 286, IA2014-48, pp. 69-72, Nov. 2014.
- 7) 小川 慧・檜原 茂・飯田勝吉：「獲得可能スループット推定サーバ方式における推定アルゴリズムの推定率改善」, 電子情報通信学会・技術研究報告, vol. 114, no. 308, MoNA2014-50, pp. 9-14, 2014 年 11 月.
- 8) Y. Ito, H. Koga, and K. Iida: "A Bandwidth Allocation Scheme to Improve Fairness in Data Center Networks," *Proc. Student Workshop in conjunction with ACM Intn'l Conference on emerging*

Networking Experiments and Technologies (CoNEXT2014), pp. 7-8, Dec. 2014.

- 9) Y. Shindo, A. Satoh, Y. Nakamura, and K. Iida: "Lightweight Approach to Detect Drive-by Download Attacks Based on File Type Transition," *Proc. Student Workshop* in conjunction with ACM Intn'l Conference on emerging Networking Experiments and Technologies (CoNEXT2014), pp. 28-30, Dec. 2014.
- 10) 金井智彦・嶋村昌義・飯田勝吉: 「マルチパス TCP における UDP を考慮にいたサブフロー制御ポリシーの初期評価」, 電子情報通信学会・技術研究報告, vol. 114, no. 477, NS2014-208, pp. 179-184, 2015 年 3 月.
- 11) 岡田 悠・嶋村昌義・飯田勝吉: 「マルチパス TCP プロキシを活用したサブフロー制御ポリシー適用が可能なゲートウェイの設計と実装」, 電子情報通信学会・技術研究報告, vol. 114, no. 477, NS2014-209, pp. 185-190, 2015 年 3 月.
- 12) 渡邊拓麻・大溝拓也・秋山豊和・飯田勝吉: 「SDN におけるスイッチ・コントローラ間切断時のネットワーク復旧機構の設計と評価」, 電子情報通信学会・技術研究報告, vol. 114, no. 495, IA2014-94, pp. 35-40, 2015 年 3 月.
- 13) 渡邊拓麻・大溝拓也・秋山豊和・飯田勝吉: 「SDN におけるスイッチ・コントローラ間切断時のネットワーク復旧機構」, 電子情報通信学会・2015 年総合大会, BS-2-2, 2 pages, 2015 年 3 月.
- 14) Y. Yoshinaga, M. Shimamura, and K. Iida: "Multipath Transmission Model and Its Route Selection Policy Considering Packet Re-sequencing Buffers Availability," *Proc. IEEE Intn'l Workshop on Telecommunication Networking, Applications and Systems (TeNAS2015)* in conjunction with IEEE Intn'l Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINA2015), pp.715-720, Mar. 2015.
- 15) T. Watanabe, T. Omizo, T. Akiyama, and K. Iida: "ResilientFlow: Deployments of Distributed Control Channel Maintenance Modules to Recover SDN from Unexpected Failures," *Proc. IEEE Intn'l Conference on Design of Reliable Communication Networks (DRCN 2015)*, USB memory, 8 pages, Mar. 2015.
- 16) 伊藤友輔・古閑宏幸・飯田勝吉: 「データセンタネットワークにおける公平性改善のための帯域割当手法の提案」, 電子情報通信学会・ネットワークシステム研究会, 2015 年 4 月発表予定.
- 17) T. Akiyama, Y. Teranishi, R. Banno, K. Iida, and Y. Kawai: "SAPS: Software Defined Network Aware Pub/Sub - Design of Hybrid Architecture utilizing Distributed and Centralized Multicast," to be presented at IEEE COMPSAC2015 as a short paper, July 2015.

## 准教授 松浦 知史 (認証・ネットワーク分野)

### 【研究の概要と成果】

#### 車車間通信に関する研究

渋滞情報や事故情報などを車両間で直接交換することによって、交通網をより効率的に利用できるかと期待されている。しかし全ての自動車が移動中に取得した情報を拡散し続けると必要なデータが転送されない状況に陥ってしまう。なぜならば自動車と自動車が直接通信できる時間(すれ違う期間)は非常に限られており、短い時間で少量のデータ交換しか行えないという制約があるからである。そのために拡散すべきデータの優先順位付けを行うと同時に、同時刻に同じような軌跡を描く車両群をグルーピングし重複するデータを検知し、データ転送量を抑える仕組みが必要である。そのために四分木で決定される地理位置情報に対応した論理的な ID を利用し、特定の車両周辺数百メートルから数キロ程度まで段階的に同様の軌跡を描く車両群を特定し、クラスタを構築する手法を提案した。交通情報シミュレータ上に提案手法を実装し、実験評価を行い国内研究会や国際会議での発表を行った。

他には実環境で車車間通信の実験を行う際に利用する計測ツールの開発やオーバーレイネットワークにおいて負荷分散を実現する ID 空間の管理手法を提案した。これらの成果は論文誌や国際会議で発表した。

### 【査読付き・学術論文】

- 1) Kimihiro Mizutani, Takeru Inoue, Toru Mano, Osamu Akashi, Satoshi Matsuura, and Kazutoshi Fujikawa: "Stable Load Balancing with Overlapping ID-space Management in Range-based Structured Overlay Networks", Computer Software, JSSST (to be appeared)
- 2) Manabu Tsukada, José Santa, Satoshi Matsuura, Thierry Ernst, Kazutoshi Fujikawa: "On the Experimental Evaluation of Vehicular Networks: Issues, Requirements and Methodology Applied to a Real Use Case", EAI Endorsed Transactions on Industrial Networks and Intelligent Systems, Vol. 14, No. 1-1-e4, Dec. 2014.

### 【査読付き国際会議・国内学会発表】

- 1) Naohiro Washio, Satoshi Matsuura, Masatoshi Kakiuchi, Atsuo Inomata and Kazutoshi Fujikawa: "A Vehicle Clustering Algorithm for Information Propagation by Inter-Vehicle Communications", IEEE 12th MUCS part of PerCom2015, 2015.
- 2) Manabu Tsukada, José Santa, Satoshi Matsuura, Thierry Ernst, Kazutoshi Fujikawa: " AnaVANET: An Experiment and Visualization Tool for Vehicular Networks ", Springer Testbeds and Research Infrastructure: Development of Networks and Communities (9th International ICST Conference TridentCom 2014) Vol. 137, pp. 126-135, 2014.

**【国内学会・ワークショップ・講演会等での発表】**

- 1) 鷺尾直大, 松浦知史, 垣内正年, 猪俣敦夫, 藤川和利: “車車間通信を用いた情報伝播のための車両クラスタリング手法”, 電子情報通信学会 信学技報, Vol. 114, No. 374, IA2014-72, pp. 19-24, Dec. 2014.

【研究の概要と成果】

HPC を対象とした実行支援システムおよび耐故障機能に関する研究

マルチスケールアプリケーションを代表とする複数のアプリケーションを連携させる連成計算アプリケーションは、今後のエクストリームスケールな科学技術計算において利用される機会が高いと予想されるが、連携する複数のアプリケーションをネットワーク・地理的距離が離れた複数の計算拠点において効率よく利用するためのフレームワークを検討・設計した。計算拠点を複数利用する場合、連成するアプリケーション間の大規模中途ファイルの転送、拠点内基盤システムの連携、実行環境に合わせたアプリケーションの制御が問題になると考える。これらを行うためには各拠点の運用ポリシーの調整やサービス実装に大きな時間が必要となるため、本研究ではユークザが独自に各拠点の資源を管理できるようなユーザ専用の連携システムを構築することを主眼とし、SSH といった Well-known なサービスのみを利用する。複数拠点でのジョブの同時実行に関しては同時性を求めず、拠点間メッセージを管理するデーモンを各拠点のログインノードに置き、メッセージを保存しておくことで実行開始時間のずれに対応する。本年度 12 月までに設計の予備評価として、東工大・東大・九州大・北大で構成されるシングルセグメント・広域分散環境である RENKEI-VPE を利用し、3次元FDMの計算部・可視化部を連成させるアプリケーションの多拠点利用の効果を検証した。これを元にフレームワークの設計と実装を続けている。

耐故障技術については、実行時環境に動的に対応するアプリケーションレベルの耐故障機能について研究を進めるとともに、スーパーコンピュータ運用における故障復旧時の資源確保・利用について、ワークショップでの講演を行った。

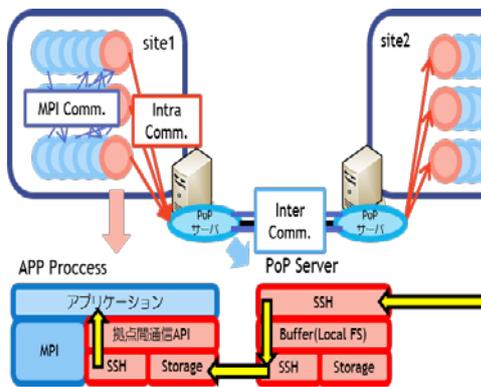


図 1. フレームワークの概要と機能

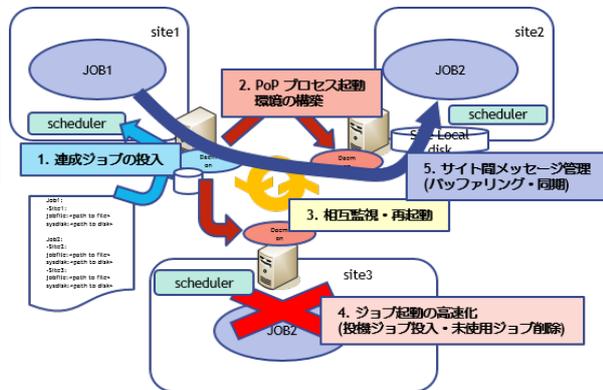


図 2. フレームワークの詳細設計

【国内学会・ワークショップ・講演会等での発表】

- 1) 實本 英之, 実行環境に動的対応する耐故障フレームワーク, 耐故障性のためのミドルウェアの研究・第2回ワークショップ, つくば(産総研), Mar 19, 2015.

## 特任助教 金 勇 (認証・ネットワーク分野)

### 【研究の概要と成果】

#### 管理の容易なマルチホームネットワーク構築技術に関する研究

日々増えつつあるインターネットサービスを効率的に提供するための方法としてマルチホームネットワークが良く利用されており、IPv4及びIPv6ネットワークにおいてその構築技術に関する研究を行ってきた。本年度は、主にIPv6ネットワークにおいて提案手法の適応可能性を分析し、分析結果を纏めて情報処理学会の英文論文誌 (Journal of Information Processing) に投稿し採択された[1]。

#### 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

DNS による名前解決はインターネットサービスを利用するために不可欠な存在となっている。また、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。

本年度は、本手法を情報通信研究機構と共同で実装を行った。次年度に国際会議 COMPSAC2015 にて発表する予定である[2]。

#### DNS 通信トラフィックの解析によるボットネット通信の検知手法に関する研究

近年、DNS を利用したボットネットの攻撃が増えている。DNS はインターネットサービスを利用するために基本的な名前解決機能を提供しており、ネットワーク管理者などによって通信トラフィックを遮断しにくい特徴がある。このような特徴を利用して、ボットネットではボット感染 PC とボット制御サーバとの通信に DNS プロトコルを利用し、ボット攻撃を行う傾向がある。本研究では東工大の DNS トラフィックを取得し、ボット通信に使われる可能性のある DNS 通信トラフィックを解析することでボット通信の特徴や検知手法に関する研

究を行っている。具体的には、まず最近ボット通信によく使われている DNS TXT レコードの正当な利用方法を分類し、ボット通信に利用される可能性のある利用方法について分析した。次に、学内の DNS トラフィックだけでなく、ボット通信では主に外部への直接問合せが良く利用される特徴に注目し、外部への直接 DNS クエリーを解析し、ボット通信の検知手法について検討を行った。その解析結果と提案手法の検討について電子情報通信学会インターネットアーキテクチャー研究会にて発表を行った[3][4]。今後、引き続き学内の PC がボット攻撃に参加する前にボット通信を自動的に検知する方法について検討し、国際会議も含めて研究成果を発表する予定である。

#### **【査読付き学術論文】**

- 1) Yong Jin, Nariyoshi Yamai, Kiyohiko Okayama, Motonori Nakamura: "Design and Implementation of Optimal Route Selection Mechanism for Outbound Connection on IPv6 Multihoming Environment," Journal of Information Processing, Vol.23, No.4 (accepted).

#### **【査読付き国際会議・国内学会発表】**

- 1) Yong Jin, Kenji Fujikawa, Hiroaki Harai, Masataka Ohta: "Secure Glue A Cache and Zone Transfer Considering Automatic Renumbering," IEEE Computer Software and Applications Conference (COMPSAC2015), July 1-5, 2015 (accepted).

#### **【国内学会・ワークショップ・講演会等での発表】**

- 1) 一瀬 光、金 勇、飯田 勝吉：” DNS における TXT レコードの利用方法の分析”、信学技報、vol. 114, no. 216, IA2014-16, pp. 13-18, 2014 年 9 月.
- 2) 一瀬 光、金 勇、飯田 勝吉：” DNS における直接外部クエリー分析と不正通信検知手法の検討”、信学技報、vol. 114, no. 495, NS2013-106, pp. 173-178, 2015 年 3 月.

## 産学官連携研究員 木村 文一（認証・ネットワーク分野）

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. 核異型数値（数式）化検討

核異型は良性疾患と悪性腫瘍の鑑別や腫瘍の悪性度の判断に用いられているが、形態学的主観に基づく指標であるため、客観的な指標が求められる。そこで工学的に核異型度を数値化することを目的に検討を行った。

核異型の程度により、核内クロマチンの性状や分布に違いが見られるため、基礎的核異型判別資料として田島原図を用いた模式図を作製した。つぎに核異型要素の洗い出し（核の大きさ、核の形態、クロマチン形態、クロマチン分布および濃度）をおこない、核異型要素と肝生検特徴量抽出ソフトウェアで使用している特徴量算出方法と比較、核異型を表現しうる特徴量算出方法を確認した。因子分析により選択された第1因子（核の大きさに関する因子）、第2因子（クロマチンの均等性に関する因子）、第3因子（角の形状に関する因子）および第4因子（クロマチンの疎密さに関する）をそれぞれ実際の異型の強さの状態や作成した模式図と比較し検討した。また、乳腺における免疫組織化学的判定方法（Allred score）類似の判定方法を参考に、各因子の値から肝臓がん核異型度算出応用への検討を行った。また、門脈侵襲／肝内転移の有無と1年以内再発症例、3年無再発症例と核異型度スコアの統計学的有意差検定を行なった。第2因子と第4因子の一部で有意差を認めたが多くは有意差は認められなかった。

#### 2. Ki67 発現核の核内特徴量の抽出に関する研究

昨年度検討を行った Whole slide image 撮影装置 Panoramic DESK を使用し、あらたに購入した子宮体部類内膜腺癌症例の tissue microarray 標本の画像を取得し解析を行なった。また、Gabor, LM フィルタセットを用いた特徴量抽出で、核周囲の背景輝度値が0の核画像に対して、フィルタの畳み込みを行なった場合、核辺縁-核膜部分にノイズが発生することが認められた。そのため核周囲の背景を核内の信号値を平均化した画像を作製した。また使用しているフィルタセットは角度を変えたフィルタを使用しており、細胞核も角度がそれぞれ異なるためフィルタセットの性能が発揮できないことが推測される。そのため角度を揃える工夫をおこなった。前回の検討では、ホルマリン固定状態がよい材料で、40倍から100倍の対物レンズで撮影した画像を用いて検討を行ってきたが、今回は20倍の対物レンズで撮影した Whole slide image を切り出した画像であり、しかもホルマリン固定状態もあまり良い標本ではなかったが、判別分析（10 fold cross validation）では約85%の確率でKi67陰性核と陽性核

を判別することができ、若干判別率は低下するものの（前回の材料では約 90%）判別は十分可能であった。

### 3. 核偏在性スコアに関する研究

通常病理組織診断では核異型や細胞配列状態から疾患の確定診断を行なっているが、核の偏在状態を厳密に測定し、腫瘍の悪性度や予後などと比較検討することは行われていなかった。算出された核偏在性スコアを用いて、門脈侵襲／肝内転移の有無と 1 年以内再発症例、3 年無再発症例について統計学的有意差検定を行なった。統計学的優位差は認められなかったが、偏在性が認められる場合は再発する割合が高い傾向であった。今回は症例数が少ないため今後症例を増やして検討を行いたい。

### 4. 肝生検特徴量計測ソフトウェア開発関連の研究

類洞抽出の精度向上を目的として、類洞マスク、間質マスクおよび脂肪マスクを重ねた画像を作製し、類洞や間質および脂肪抽出の誤認識・認識漏れに対してアノテーションを行なった。アノテーションに際し、偽腺管、類洞内血清成分、間質ないリンパ球浸潤部分などの取扱いに対し方法・認識を統一した。再学習の結果、類洞マスク精度は向上した。また肝臓以外の臓器の認識実験では、腎臓ではボーマン嚢や尿細管内腔を肝臓類洞と同様に内腔として認識した。一部細胞質が薄く染まっている尿細管上皮を、内腔として認識するところも見られた。大腸標本では癌周囲の線維化を認識できているものも多かったが、細胞集塊の誤認識も多い、大腸がんでは線維増生の有無が一つの指標となりうるので、今後線維認識の精度向上が期待される。

#### 【査読付き学術論文】

- 1) Atupelage C, Nagahashi H, Kimura F, Yamaguchi M, Abe T, Hashiguchi A, Sakamoto M. Computational HCC tumor grading based on cell nuclei classification. *Journal of Medical Imaging (J Med Imaging)*. 2014;1:34501-1-34501-13.

#### 【査読付き国際会議・国内学会発表】

- 1) Atupelage C, Nagahashi H, Kimura F, Yamaguchi M, Abe T, Hashiguchi A, Sakamoto M. Cell nuclei segmentation and classification in images of HE stand liver biopsy specimens. The 2014 International Conference on Biology and Biomedical Engineering, Venice, Italy, March 15-17, 2014.
- 2) Boonsiril O, Atupelage C, Nagahashi H, Aoki K, Kimura F, and Yamaguchi M. Significance of multispectral band for classification of cancer cells in hepatocellular carcinoma from histopathological images using gabor descriptor. The 4th IIEEJ International Workshop on Image Electronics and Visual Computing 2014 (IEVC2014) (Thailand) Oct. 7-10, 2014.
- 3) Aziz MA, Kanazawa H, Murakami Y, Kimura F, Yamaguchi M, Kiyuna T, Yamashita Y, Saito A, Ishikawa M, Kobayashi N, Abe T, Hashiguchi A, and Sakamoto M. Enhancing Automatic Classification of Hepatocellular Carcinoma Images through Image Masking, Tissue Changes, and

**【国内学会・ワークショップ・講演会等での発表】**

- 1) 阿部時也, 橋口明典, 山崎剣, 尾島英知, Maulana Abdul Aziz, 金沢宏, Chamidu Atupelage, 村上百合, 木村文一, 石川雅浩, 駒形英樹, 小林直樹, 山下慶子, 丸亀敦, 斉藤彰, 喜友名朝春, 山口雅浩, 坂元亨宇. バーチャルスライドを用いた肝細胞がん診断支援ソフトウェア実用化への試み. 第13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, 弘前, 2014年8月
- 2) 木村文一, Atupelage Chamidu, 金沢宏, 石川雅浩, 村上百合, 長橋宏, 山口雅浩. HE染色画像におけるテクスチャ解析による Ki67発現の証明の可能性. 第171回医用画像情報学会春季大会. (横浜・東工大すずかけ台キャンパス) 2015.2月.

**【書籍】**

- 1) 実験者/試験検査員の誤ったデータの取扱い・試験誤操作防止策. ~先進企業の具体的な成功/失敗の事例から学ぶ~ 8節 生体試料の保存管理(p201-206)、9節 ホルマリン等の薬品の保存管理, 暴露対策(p262-269). 技術情報協会 分担執筆.

**【招待講演】**

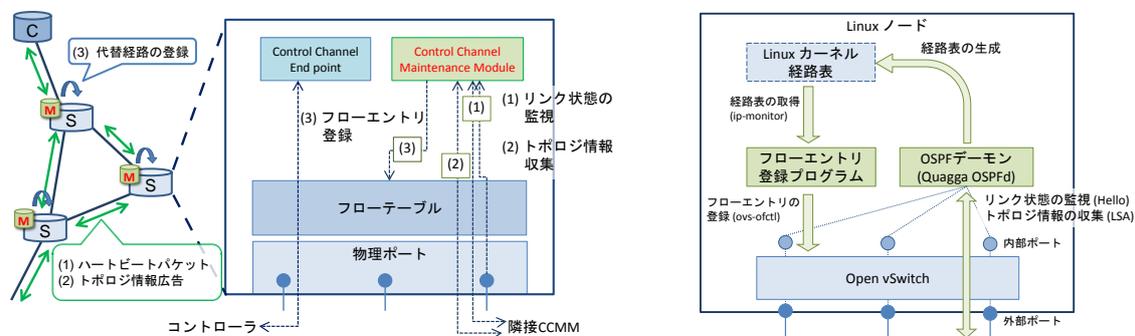
- 1) 木村文一, 村上百合, 山口雅浩. Pathology informatics : デジタル定量病理細胞診断学における画像解析の進展. 第55回日本臨床細胞学会総会 シンポジウム 新しい細胞診機器・技術 : 機会化・LBC・画像解析 (横浜) 2014年6月

【研究の概要と成果】

Software-Defined Networking におけるコントロールプレーンの信頼性向上に関する研究

災害発生時にユーザの状況に即した柔軟かつ高度なトラフィック制御を行うためには、ソフトウェアで一元的なネットワーク制御が可能な SDN (Software-Defined Networking) が有用と考えられる。一方で、この SDN の一元化した集中制御の仕組みはコントローラが単一障害点になり、信頼性に課題が存在する。特に、コントローラ・スイッチ間の論理接続であるコントロールチャンネルが、災害等で生じる大規模リンク故障により発生しうる SDN ネットワーク制御機能を喪失への対応が、十分に検討されているとは言えない。

そこで、集中制御では困難な大規模リンク切断時でのコントロールチャンネル復旧を、分散的な手法で提供する信頼性提供機構 ResilientFlow を設計し、その実装を行った。設計では各スイッチ上に追加モジュールである CCMM (Control Channel Maintenance Module) を搭載し、それぞれが分散的に動作することで、リンク切断監視、代替経路計算、コントロールチャンネル再確立の3つの機能を提供する。実装では既存のルーティングソフトウェアである Quagga OSPFd と Python による独自プログラムを組み合わせることで上記機能を実現した。実装の実現可能性と性能調査のための評価では、実世界のトポロジ上でランダムに複数選択したリンクを切断し、コントローラまでの経路が1つでも存在すれば、各スイッチが自律的にコントロールチャンネルを復旧できることを確認した。



【発表論文・学会発表等】

- 1) 渡邊拓麻, 大溝拓也, 秋山豊和, 飯田勝吉, 「SDN におけるスイッチ・コントローラ間切断時のネットワーク復旧機構の設計と評価」, 信学技報, vol. 114, no. 495, IA2014-94, pp. 35-40, 2015年3月.
- 2) 渡邊拓麻, 大溝拓也, 秋山豊和, 飯田勝吉, 「SDN におけるスイッチ・コントローラ間切断時のネットワーク復旧機構」, 2015年総合大会論文集, 電子情報通信学会, BS-2-2, 2015年3月.
- 3) T. Watanabe, T. Omizo, T. Akiyama and K. Iida “ResilientFlow: Deployments of Distributed Control Channel Maintenance Modules to Recover SDN from Unexpected Failures,” Proc. IEEE International Conference on Design of Reliable Communication Networks (DRCN 2015), pp. TS-6-2:1-8, Mar. 2015.(Acceptance Ratio: 47.44% — 21/44) ※Poster Session でも掲示

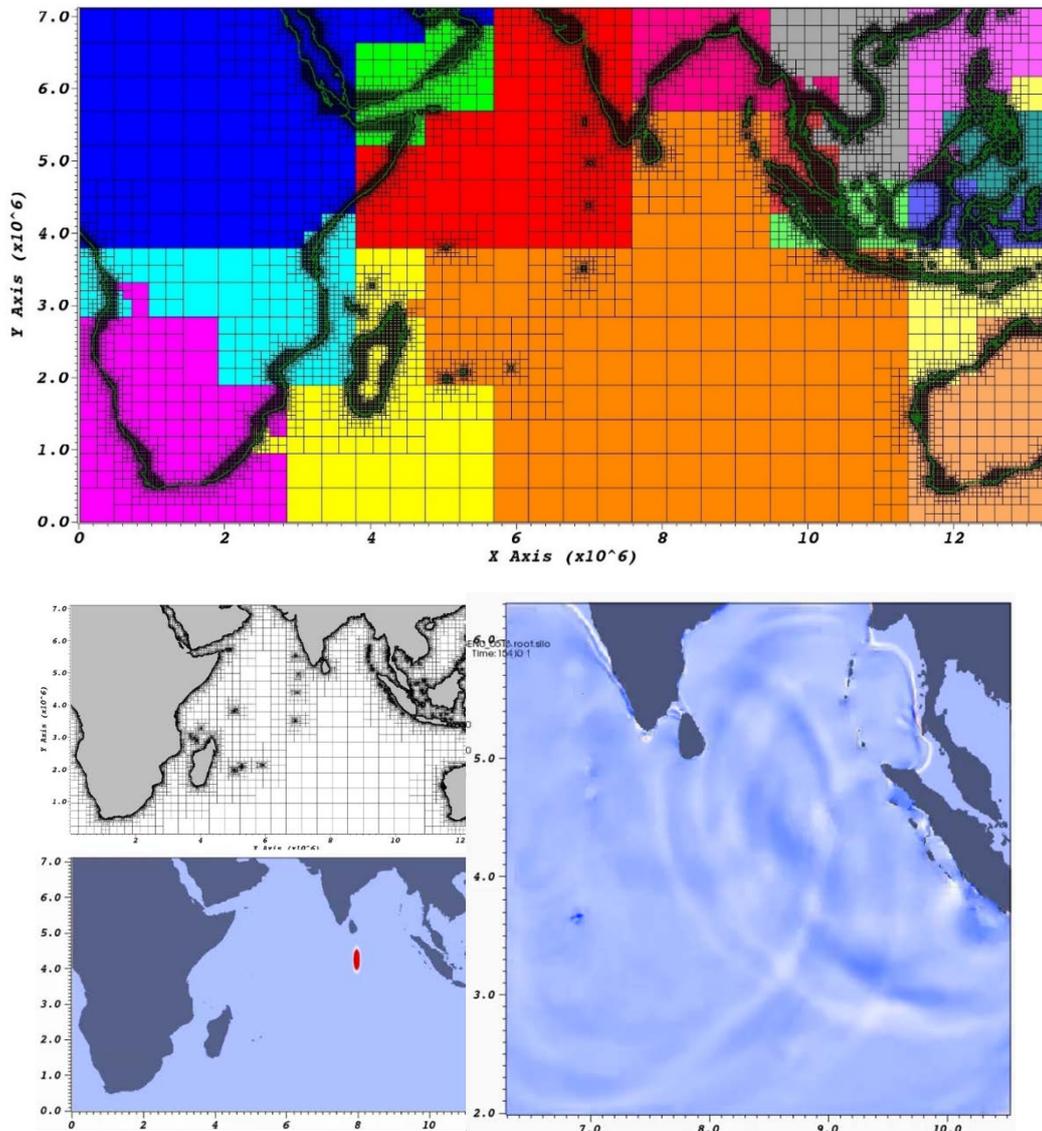
## 7-2 先端研究部門

教授 青木 尊之 (高性能計算先端応用分野)

### 【研究の概要と成果】

#### 空間充填曲線を使った複数 GPU による広域津波シミュレーション

津波は地震波と違い速度は遅いが広範囲に殆ど減衰せずに伝播する。1960年に発生したチリ大地震では、津波が日本の太平洋沿岸を襲い、北海道、三陸などを中心に死者行方不明者139名という被害を与えている。遠方の地震による津波は海岸線に到達までに時間がかかるため、数値シミュレーションにより詳細な予測が可能である。津波は $\sqrt{gh}$  ( $g$ は重力加速度、 $h$ は水深)の速度の重力波で伝播し、水深の深い海洋ではクーラン条件により計算



安定性が厳しくなる。一方、水深の深い領域では津波は長波となるため高解像度で計算する

必要はない。水深の浅い領域および海岸線の周辺では細かい格子を使い、水深の深い海洋では粗い格子を用いる Mesh Adaptation を導入することで計算効率を一気に向上させることができる。2次元浅水波方程式を全球規模で計算するために、quad-tree データ構造による格子細分化を用い、複数 GPU 計算のための計算負荷バランスを取るために Hilbert 空間充填曲線を用いている。

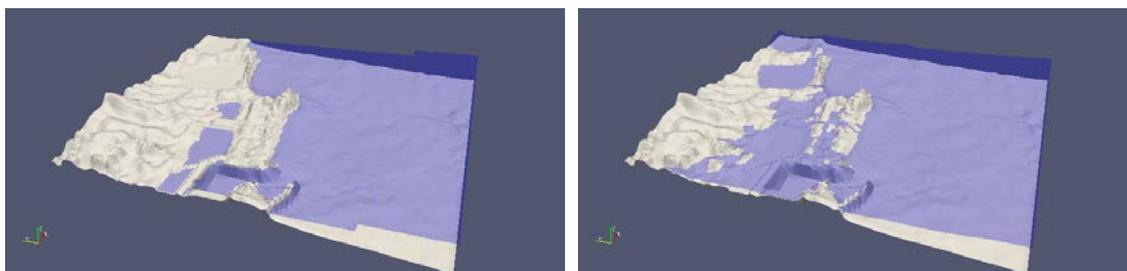
### 浅水波方程式の高精度スキームによる安定な遡上シミュレーション

津波の遡上計算は防災の観点で非常に重要視されている。震源から海岸までの津波伝播は比較的容易に計算できるが、建物を乗り越えて遡上する津波計算は本質的には3次元の現象であり、VOF ベースの有限体積法、有限要素法、粒子法などで計算されてきた。大規模な3次元計算は計算負荷が大きく、地震が起きてから計算を開始して避難指示に使うことはほぼ不可能であり、事前の防災対策の目的で使われることが多い。

一方、ナビエ・ストークス方程式に静力学平衡近似を用いて導出される浅水波方程式は2次元双曲型方程式となり、計算負荷は非常に小さくなる。津波の遡上は建物を乗り越えるなどの鉛直方向の激しい運動が無ければ、先端の特異性を除くと水深がある領域は浅水波方程式が良く成り立つ。浅水波方程式を用いた計算を行うことで、広域を50mメッシュ程度の解像度で高速に津波遡上を評価することができる。

本来適用できない陸上に浅水波方程式を拡張する thin film technique を導入し、地形項の計算を式変形することで計算を安定化させ、浅水波方程式の計算誤差を低減する Surface Gradient Method を使うことで遡上計算を行った。

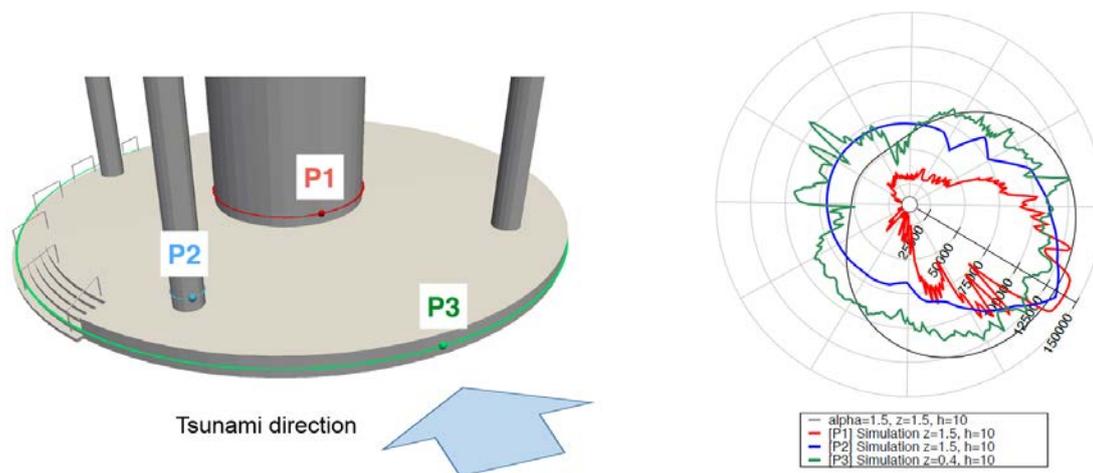
スリランカの実際の地形データを利用して遡上計算を行い、勾配の大きな実地形に耐えうる堅牢性を有していることを確かめた。また、GPU で計算することで CPU に比べて、検証計算で最大49.8倍の計算速度を実現できた。要素数128×142の地形データを用いた遡上計算を行い、単一GPUで実時間4000秒のシミュレーションを所要時間123秒で完了した。



### 気液二相流シミュレーションによる建物への津波衝撃解析

津波防災対策として防潮堤や避難施設などが建設・検討されている。国土交通省港湾局の「港湾の津波避難施設的设计ガイドライン(平成25年10月)」では、津波に対する強度として静水圧× $\alpha$ ( $\alpha$ は水深係数)で $1 < \alpha < 3$ を想定している。そこで、3次元VOFベースの気液二相流コードをTSUBAMEのGPUを用いて実行し、避難タワーとして検討されてい

円筒形状の構造物が津波から受ける波圧について詳細に解析した。津波の水深を 10m、流入速度を 10m/sec（重力波の速度）と仮定し、下右図の計測点 P1, P2, P3 における圧力を調べた。土台部分の津波衝撃圧は 483,020 Pa という非常に大きな値を示し、浸水係数で換算すると  $\alpha = 5$  に相当する。安全設計で用いられている  $\alpha = 3$  よりも高いが、その衝撃圧を除けば津波波圧は  $\alpha = 1.5$  で評価可能であることが確認できた。



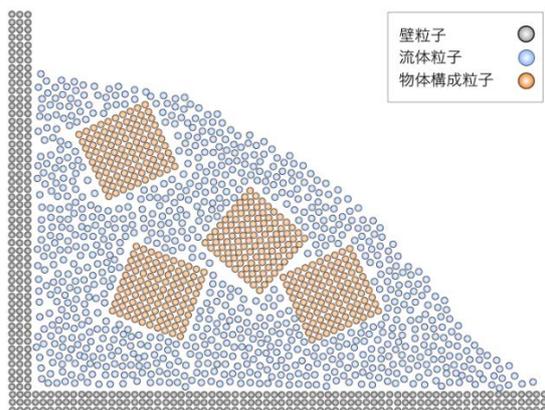
上図右に計測点 P1, P2, P3 の円周方向の圧力プロファイルを示す。津波波圧の評価式は津波襲来方向前面では妥当な圧力の評価が可能であるが、後方部分では過小評価されることが分かった。



### 動的領域分割を用いた流体構造連成によるサスペンション・フローの大規模 GPU 計算

サスペンション・フローは流体中に多数の物体を含み、流体構造連成が支配的な複雑な流れである。粒子法による計算を行うために物体を小さい粒子の集合で表現し、物体間の衝突には個別要素法 (DEM) を用い、流体計算には改良型 SPH 法を導入した。物体構成粒子は流体粒子や異なる物体の構成粒子間で相互作用する。それらの受ける力とトルクを合算して物体の時間積分を行うが、多数の構成粒子からの総和計算を伴うため単流な SPH 計算等とは大きく異なる。GPU による計算において Linked-list を用いた近傍粒子探索のデータアクセスを高速化するために、定期的な GPU のデバイス・メモリ上の粒子データのソートが有効であることを確認した。また、力とトルクの総和計算を行う際、物体数に対して CUDA のスレッド並列を行う実装が高速であることも分かった。複数 GPU を用いるためにスライ

スグリッド法による動的領域分割を行い、256 個の GPU により 8,743 万個の流体粒子と 230 万個の物体構成粒子(物体としては 2,304 個) を用いたサスペンション・フローの大規模シミュレーションを実現した。



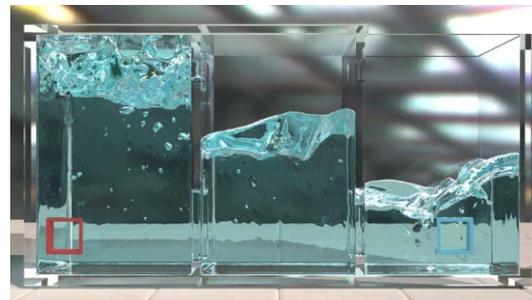
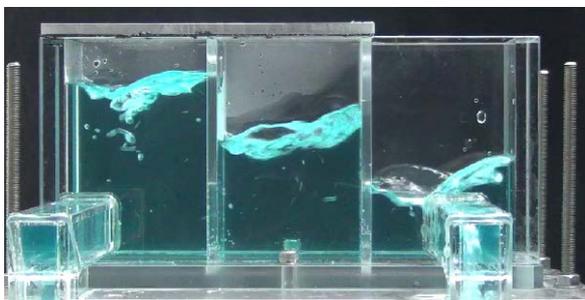
粒子法による流体構造連成計算



8743 万粒子, 2403 個の立方体の木片を含んだ  
流体構造連成シミュレーション

### 流入・流出を伴う気液二相が存在する容器内における気泡挙動の解析

エンジン等の冷却水中に気泡が存在すると、冷却性能が不安定になることやポンプの破損に繋がるのが問題になっている。その対策として、冷却水中の気泡を分離する気液分離装置を導入する必要がある。幾つかのタンクを繋いだ形になっていて、多段で流入・流出する冷却水中の気泡を分離し、流出する液体中に含まれる気泡の量を可能な限り減らすことを目指す。もう一つの重要な点として、水温上昇による体積上昇分を蓄える必要があり、タンクには必ず空気層が存在する。逆に、この空気層の巻き込み(エア噛み)によって発生する気泡についても流出を可能な限り減らす必要がある。



同時刻の実験(左図)と計算(右図)のスナップショットの比較

有限体積法に基づいた VOF (Volume of Fluid) 法による二相流解析コードを開発した。界面からの符号付距離関数(Level Set 関数)を導入し、VOF 値とカップルさせた界面での曲率を

精度よく求め、表面張力には Density Scaled CSF (Continuous Surface Force)モデルを導入している。非圧縮条件を満たすためにマルチグリッド法前処理付共役勾配法により圧力の Poisson 方程式を反復解法で解いている。コードは GPU で高速に実行できるように CUDA で開発されている。

5cm×5cm×10cm の3つのタンクが連結する気液分離装置に 15 L/min の水が流入する計算を行った。計算格子幅は 1 mm である。計算結果と同時刻における実験のスナップショットと並べた図を示す。液面形状について、第二室・第三室では実験と非常に良く一致している。流出する気泡はマツダ（株）で行った実験結果と非常によく一致している。

#### 【査読付き学術論文】

- 1) Xian Wang, Yanqin Shangguan, Naoyuki Onodera, Hiromichi Kobayashi, Takayuki Aoki: Direct Numerical Simulation and Large Eddy Simulation on a Turbulent Wall-Bounded Flow Using Lattice Boltzmann Method and Multiple GPUs, *Mathematical Problems in Engineering*, Vol.2014, Article ID 742432, p.1-10, April 14, 2014
- 2) 小野寺直幸、青木尊之: GPU を用いた固体粒子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* 27 巻 5 号(2014), P607-613, 2014 年 5 月 1 日
- 3) Un-Hong Wong, Takayuki Aoki, Hon-Cheng Wong: Efficient magnetohydrodynamic simulations on distributed multi-GPU systems using a novel GPU Direct-MPI hybrid approach, *Computer Physics Communications* 185 (2014), P1901-1913, July 1, 2014

#### 【査読付き国際会議・国内学会発表】

- 1) Un-Hong Wong, Takayuki Aoki, Hon-Cheng Wong: Real-time Global Magnetohydrodynamic Simulation and Visualization on Multiple GPUs, 16th International Symposium on Flow Visualization, Okinawa, Japan, Jun 24, 2014
- 2) Un-Hong Wong, Takayuki Aoki, Hon-Cheng Wong: Real-time Ray Tracing for CFD Visualization via NVIDIA Iray, 16th International Symposium on Flow Visualization, Okinawa, Japan, Jun 24, 2014
- 3) Un-Hong Wong, Takayuki Aoki, Hon-Cheng Wong: Real-time Volume Visualization for Large-scale Grid-based Fluid Simulations on Distributed multi-GPU System, 平成 26 年度 九州大学マス・フォア・インダストリ研究所 共同利用研究集会 シンポジウム「デジタル映像表現のための数理的的手法」(MEIS2014), 福岡, 2014 年 11 月 14 日
- 4) Takashi Shimokawabe, Takayuki Aoki, Naoyuki Onodera: High-productivity Framework on GPU-rich Supercomputers for Operational Weather Prediction Code ASUCA, *Proceedings of the 2014 ACM/IEEE conference on Supercomputing (SC'14)*, New Orleans, LA, USA, November 18, 2014 (採択率 20%)
- 5) Un-Hong Wong, Takayuki Aoki, Hon-Cheng Wong: A GPU Direct-MPI Hybrid Parallel and Its Application to Large-scale Global MHD Simulation and In-Situ Visualization on Distributed Multi-GPU Systems, *Annual Meeting on Advanced Computing System and Infrastructure (ACSI 2015)*, 筑波, January 28, 2015

### 【査読付きポスター発表】

- 1) Satori Tsuzuki, Takayuki Aoki: Large-scale granular simulations using Dynamic load balance on a GPU supercomputer, Proceedings of the 2014 ACM/IEEE conference on Supercomputing (SC'14), New Orleans, LA, USA, November 18, 2014 (採択率 39%)
- 2) Michel Müller: Performance Portable Parallel Programming - Compile-Time Defined Parallelization and Storage Order for Accelerators and CPUs, Proceedings of the 2014 ACM/IEEE conference on Supercomputing (SC'14), New Orleans, USA, November 18, 2014 (採択率 39%)

### 【査読なし国際会議発表】

- 1) Naoyuki Onodera and Takayuki Aoki: Peta-scale large-eddy simulation using lattice Boltzmann method on the TSUBAME supercomputer, KSME-JSME Joint Symposium on Computational Mechanics & CAE 2014 at JEJU, JEJU, Korea, May 1, 2014
- 2) Naoyuki Onodera, Takayuki Aoki: Large-eddy simulation of turbulent flow around a car body using lattice Boltzmann method on the TSUBAME supercomputer, 11th. World Congress on Computational Mechanics (WCCM XI), Barcelona, Spain, July 20-25, 2014
- 3) Satori Tsuzuki, Takayuki Aoki: large-scale particle simulations using dynamic load balance on GPU supercomputer, 11th. World Congress on Computational Mechanics (WCCM XI), Barcelona, Spain, July 24, 2014
- 4) Takayuki Aoki: Stencil Applications with AMR based on Space-Filling Curve for GPU computing, KAUST the CREST-ECRC workshop(KAUST Invited Lecture), KAUST(King Abdullah University of Science and Technology), Thuwal, Saudi Arabia, September 4, 2014
- 5) Takayuki Aoki: Large-scale stencil and particle applications and their performances on a GPU supercomputer, Workshop on Recent Advances in Parallel and High Performance Computing Techniques and Applications, Singapore, January 15, 2015
- 6) Taro Okamoto, Hiroshi Takenaka, Tatsuhiko Hara, Takeshi Nakamura, Takayuki Aoki: Large-Scale Multi-GPU Simulation of Seismic-Wave Propagation and Its Application to Analysis of the 2011 Great Tohoku-Oki Earthquake, The 1st International Conference on Computational Engineering and Science for Safety and Environmental Problems (COMPSAFE 2015), Sendai, April 17, 2014
- 7) Marlon Arce Acuña, Takayuki Aoki: Large Scale AMR Multi-GPU Tsunami Simulation, The 1st International Conference on Computational Engineering and Science for Safety and Environmental Problems (COMPSAFE 2015), Sendai, April 17, 2014
- 8) Takashi Shimokawabe, Takayuki Aoki, Naoyuki Onodera: Multi-GPU Computing of Weather Prediction Code Written by a High-Productivity Framework, The 1st International Conference on Computational Engineering and Science for Safety and Environmental Problems (COMPSAFE 2015), Sendai, April 17, 2014
- 9) Nurul Huda Ahmad, Atsushi Inagaki, Manabu Kanda, Naoyuki Onodera, Takayuki Aoki: Simulation of the Gust Factor in Highly Dense Urban Area in Tokyo, The 1st International Conference on

Computational Engineering and Science for Safety and Environmental Problems (COMPSAFE 2015),  
Sendai, April 17, 2014

**【国内学会・ワークショップ・講演会等での発表】**

- 1) 都築怜理、青木尊之: GPU スパコンを用いたバンカーショットの大規模 DEM 計算, 粉体工学会 2014 年度春期研究発表会, 京都, 2014 年 5 月 30 日
- 2) 下川辺隆史、青木尊之、小野寺直幸: 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, 日本計算工学会・第 19 回計算工学講演会, 広島, 2014 年 6 月 11 日
- 3) Un-Hong Wong, Takayuki Aoki, Hon-Cheng Wong: Large-scale Global MHD Simulation and Visualization for Solar Wind Magnetosphere Interaction on TSUBAME 2.5, 日本計算工学会 第 19 回計算工学講演会, 広島, 2014 年 6 月 11 日
- 4) 都築怜理、青木尊之: GPU による大規模粒子法シミュレーションの実問題への適用, 日本計算工学会・第 19 回計算工学講演会, 広島, 2014 年 6 月 11 日
- 5) 小野寺直幸、青木尊之、下川辺隆史: 複数 GPU を用いた格子ボルツマン法による卓球競技のピンポン玉のシミュレーション, 日本計算工学会・第 19 回計算工学講演会, 広島, 2014 年 6 月 12 日
- 6) 都築怜理、青木尊之: GPU スパコンによる大規模粒子法 (DEM, SPH) シミュレーション, 第 6 回アクセラレーション技術発表討論会, 沖縄, 2014 年 6 月 20 日
- 7) 青木尊之、都築怜理: 動的負荷分散による GPU スパコンを用いた粒子法の大規模シミュレーション手法の開発, 学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点 第 6 回シンポジウム, 東京, 2014 年 7 月 10 日
- 8) 下川辺隆史、青木尊之、小野寺直幸: マルチ GPU コンピューティング・フレームワークを用いた高精度気象計算コードの開発, 学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点 第 6 回シンポジウム, 東京, 2014 年 7 月 10 日
- 9) 小野寺直幸、青木尊之、下川辺隆史、小林宏充: 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, 学術大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点 第 6 回シンポジウム, 東京, 2014 年 7 月 10 日
- 10) 小野寺直幸、青木尊之、下川辺隆史、杉原健太、宮下達治、泉田康太: GPU を用いた大規模アプリケーションの最適化および可視化, 日本原子力学会「2014 年秋の大会」、計算科学技術部門企画セッション「解析結果可視化の最前線」, 京都, 2014 年 9 月 8 日】
- 11) 杉原健太、小野寺直幸、青木尊之: 格子法による気液二相流の GPU スパコンを用いた大規模シミュレーションー粒子法と同じ自由度で直接比較ー, ワークショップ 自由表面や気液界面を含む流れの数値解析ー粒子法と格子法, 数理と実践ー, 博多, 2014 年 9 月 10 日
- 12) 都築怜理、青木尊之: 動的負荷分散による粒子法(SPH/DEM)の大規模シミュレーションーGPU スパコンでの実装と性能ー, ワークショップ 自由表面や気液界面を含む流れの数値解析ー粒子法と格子法, 数理と実践ー, 博多, 2014 年 9 月 10 日

- 13) 小野寺直幸、青木尊之、泉田康太: 格子ボルツマン法を用いたピンポン玉の運動の大規模ラージエディ・シミュレーション, 日本流体力学学会年会 2014, 仙台, 2014年9月16日
- 14) 青木尊之: 世界トップクラスのスパコンによるコンピュータシミュレーション, 河合塾「未来発見フォーラム 2014」, 東京, 2014年10月12日
- 15) 小野寺直幸、青木尊之、泉田康太: ピンポン玉の運動のスパコンによる大規模流体構造連成解析, 第92期 日本機械学会流体工学部門, 富山, 2014年10月26日
- 16) 都築怜理、青木尊之: GPU スパコンにおける動的負荷分散を用いた粒子法による大規模流体シミュレーション, 日本機械学会 第27回計算力学講演会, 盛岡, 2014年11月22日
- 17) 小野寺直幸、青木尊之、泉田康太: ピンポン玉の乱流中での浮遊の大規模流体構造連成解析, 日本機械学会 第27回計算力学講演会, 盛岡, 2014年11月24日
- 18) Takayuki Aoki: Large-scale Stencil and Particle Applications and Their Performances on a GPU supercomputer, JST/CREST International Symposium on Post Petascale System Software, 神戸, 2014年12月4日
- 19) 杉山暁洋、青木尊之、本多潔: インド洋に面した地域の津波ハザード・シミュレーション II -高精度スキームによる遡上シミュレーション-, 第28回数値流体力学シンポジウム, 東京, 2014年12月9日
- 20) 泉田康太、青木尊之、小野寺直幸、杉原健太、中島聖、本郷均、横畑 英明: 流入・流出を伴う気液二相が存在する容器内における気泡挙動の解析, 第28回数値流体力学シンポジウム, 東京, 2014年12月9日
- 21) Marlon Arce Acuña, Takayuki Aoki, Kiyoshi Honda: Tsunami Hazard Simulation in Indian Ocean Coasts I - Wide-area Simulation with Fine Mesh Adaptation -, 28回数値流体力学シンポジウム, 東京, 2014年12月9日
- 22) 杉原健太、青木尊之、内山久和: 垂直軸型風車付き津波避難タワーの解析 I -VOF ベース大規模シミュレーションによる津波衝撃圧の評価-, 28回数値流体力学シンポジウム, 東京, 2014年12月9日
- 23) 都築怜理、青木尊之: GPU スパコンにおける動的負荷分散を用いた粒子法による大規模流体シミュレーション, 28回数値流体力学シンポジウム, 東京, 2014年12月10日
- 24) 長谷川雄太、青木尊之、小野寺直幸: 格子細分化を導入した D3Q27 格子ボルツマン法の GPU 実装, 28回数値流体力学シンポジウム, 東京, 2014年12月10日
- 25) 藤山 崇紘、青木 尊之: 適合細分化格子を用いた複数 GPU による圧縮性流体計算, 28回数値流体力学シンポジウム, 東京, 2014年12月10日
- 26) 下川辺隆史、青木尊之、小野寺直幸: ステンシル計算のための GPU コンピューティング・フレームワークのチューニング高度化, 第205回 ARC・第147回 HPC 合同研究発表会 (HOKKE-22), 小樽, 2014年12月10日

- 27) 渡辺勢也、青木尊之、都築怜理、下川辺隆史: GPUによる近接相互作用に基づく粒子計算の近傍探索手法, 第205回ARC・第147回HPC合同研究発表会(HOKKE-22), 小樽, 2014年12月10日
- 28) 下川辺隆史、青木尊之、小野寺直幸: GPUスパコンによる格子に基づいたシミュレーションのためのGPUコンピューティング・フレームワーク, AXIES大学ICT推進協議会2014年度年次大会, 仙台, 2014年12月12日
- 29) 藤山 崇紘、青木 尊之: 7点ステンシル計算(拡散方程式)に対するGPUとMICの実行性能比較, 首都大学東京ミニ研究環ワークショップ「メニーコアシステムにおける格子アプリケーション-GPUとMICの実行性能比較-」, 秋葉原, 2014年12月12日

#### 【解説】

- 1) 青木 尊之: GPUコンピューティングによる大規模シミュレーション, プラズマ核融合学会誌・解説記事2014(J. Plasma Fusion Res. Vol.90, No.12 (2014) 755-763), P.755-763, 2014年12月1日
- 2) 都築怜理、渡辺勢也、青木尊之: 個別要素法による粉体の大規模シミュレーション, 学術国際情報センター TSUBAME e-Science Journal, Vol.13, 2015年3月10日
- 3) 山中晃徳、岡本成史、下川辺隆史、青木尊之: マルチフェーズフィールド法を用いた金属多結晶組織形成シミュレーションの大規模GPU計算, 学術国際情報センター TSUBAME e-Science Journal, Vol.13, 2015年3月10日

#### 【招待講演】

- 1) 都築怜理: 動的負荷分散によるSPH/DEM大規模粒子法シミュレーション, GTC Japan2014, 六本木, 2014年7月16日
- 2) Takayuki Aoki: Large-scale Stencil and Particle Simulations on GPU supercomputer TSUBAME, CEMSE(Computer, Electrical and Mathematical Sciences & Engineering) Seminar, KAUST(King Abdullah University of Science and Technology), Thuwal, Saudi Arabia, September 3, 2014
- 3) 青木尊之: Large-scale HPC Applications on a GPU supercomputer TSUBAME, エレクトロニクス実装学会 システムインテグレーション実装技術委員会・研究会, 西荻窪, 2014年9月11日

## 教授 松岡 聡 (高性能計算システム分野)

### 【研究の概要と成果】

#### 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、そのためにスーパーコンピューティング技術、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の要素技術、および、それらの融合に関する研究開発を進めている。本年度は、EBD アプリケーションを支えるためのハードウェアアーキテクチャの設計と定量化ならびにそれらを支えるためのシステムソフトウェアの研究開発を進めた。具体的には、スーパーコンピュータ上でのビッグデータ処理性能を競うベンチマークである Graph500 を題材に、数千～数万ノード規模でのスケラビリティを達成するためのデータ構造(ビットマップを使った疎行列表現や頂点濃度に応じたデータ構造選択)やボトムアップ探索の並列性の向上などを適用した実装を TSUBAME2 や京コンピュータへ適用し、ハードウェアアーキテクチャの設計と定量化を進めた。特に、京が持つ 88,128 台の計算ノードの内の 65,536 台で実行したところ、Scale40 (約 1 兆頂点、16 兆枝)の大規模グラフに対する幅優先探索問題を 0.96 秒で解き、HPC 技術と Big Data 処理技術のコンバージェンスを実証した。この結果により、2014 年 6 月の Graph500 のランキングにおいて京は 1 位を獲得した。また、複数枚の mSATA/PCI-e SSD デバイスを備えたプロトタイプマシン上でも、不揮発性メモリを考慮した幅優先探索実装を適用し、DRAM のみを使用した場合と比較して、4 倍のサイズのグラフを 14.99% のみの性能低下で実行できることを確認し、EBD アーキテクチャ上での不揮発性メモリの積極的な利用が有効であること実証した。この結果は、スーパーコンピュータ上でのビッグデータ処理性能の省電力性を競うランキングである Green Graph500 の 2014 年 11 月のリストで 4 位となっている。また、EBD アプリケーションのファイル I/O に関しても、スーパーコンピュータ上で同時に I/O が実行される場合、ストレージサーバへのアクセスの競合がボトルネックとなり単独実行時に比べてアプリケーションが性能低下する傾向にあるため、アプリケーションの I/O パターンを抽出し、I/O パターンの組み合わせとアプリケーションの性能低下の関係性の計測手法の確立と、実際の干渉度合いに関する調査を行った。さらに、EBD アーキテクチャに関しても、128GB の mSATA SSD を備え NVIDIA Tegra K1 を有するシステムボード 39 枚を約 50cm x 30cm x 20cm に実装し TSUBAME-KFC の油浸冷却技術を応用した TSUBAME Golden Box を構築し、EBD アーキテクチャのコンセプトが現状のコモディティデバイスを高密度に組み合わせることで実現可能で油浸冷却が適用可能であることを示した。また、TSUBAME2 上へ Burst Buffer を配備し、プロダクション環境上でのリアルなアプリケーションの評価のための環境整備を進めた。



図 1 TSUBAME Golden Box

また、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、EBD アプリケーションを支える基本アルゴリズムの整備を推進した。具体的には、GPU を考慮した大規模分散ソートや可変長キーのソートの実装、メニーコアプロセッサ上での局所性向上を目的とした疎行列フォーマットである NUS (Non-Uniformly Segmented) Format、大規模 GPU 環境を志向した MapReduce プログラミングフレームワークである HAMAR などの研究開発を進めた<sup>A-5)</sup>。特に、GPU を考慮した大規模分散ソートでは、TSUBAME2.5 の 1024 台の計算ノード (2048 台の GPU) を用いて 4TB の 64bit 整数のソートを行なったところ、0.25TB/s を達成し、1 台の場合と比較して 389 倍の性能向上、CPU のみの場合と比較して 1.4 倍の性能向上を示すことを確認した。

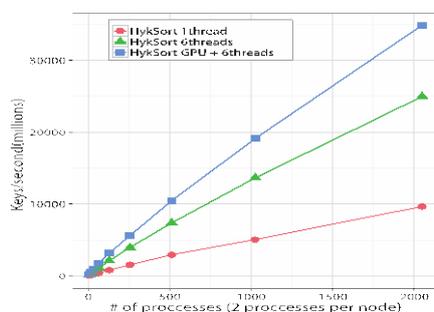


図 2 TSUBAME2 での大規模ソートの結果 (弱スケーリング)

さらに、EBD システムソフトウェアとアプリケーションとのコデザインに関して、東京工業大学計算工学専攻秋山泰教授らが開発を進めているメタゲノム相同性解析のためのアプリケーションである GHOSTX に対して、Hadoop, Spark, 我々が開発している HAMAR などの MapReduce 処理系を適用し、超大規模な計算量・データ量が必要となるメタゲノム解析のフレームワークとして MapReduce を適用する場合の性能面などの妥当性の検証を行った。その結果、我々の実装である HAMAR は、HPC の特性を考慮した汎用的な処理系でありながら、アプリケーションに特化した MPI 実装と対等な性能を示し、かつ、Hadoop や Spark などの他の

MapReduce 実装と比較して良好な性能を示すことを確認した。また、ユニバーシティ・カレッジ・ダブリン 鈴村 豊太郎 客員准教授らが進めている道路交通シミュレーションに関しても、同様に、大規模並列分散環境での不均衡解消による性能最適化などを通じ、大規模エージェントベースシミュレーションの HPC 実装技術の適用に関する技術検討を行った。

最後に、EBD アプリケーションを実際のデータセットに適用するためのテストベッドの配備を進めている。具体的には、国立遺伝学研究所の協力を得て、同研究所が管理する国際塩基配列データ (1.5 PB) を広域で共有できる環境を整備した。また、Amazon EC2 や S3 などのクラウド環境とスーパーコンピュータとを統合して利用するための Cloud Burst Buffer などのシステムソフトウェアの研究開発を進め、適用の検討を進めた。

### **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 ( $10^{15}$ ) 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、これまで開発してきた (1) 障害復旧アルゴリズム・システムの改良、(2) スケーラビリティの確認とともに、障害復旧の起点となる (3) 障害検知技術を検討した。また、これらのシステムの (4) 統合に向けたアルゴリズムの開発も行った。

#### **(1) 障害復旧アルゴリズム・システムの改良**

更なるチェックポイント圧縮の必要性から、昨年度開発したチェックポイントデータ圧縮技術に対し、非可逆圧縮などに用いられている量子化技術を応用した。これは、量子化の区間を、チェックポイントデータに値に応じて、最適なサイズに動的分割することによる精度向上手法で、実際の気象アプリケーションのチェックポイントを、非可逆圧縮による誤差を数%におさえつつ、圧縮サイズを一般の gzip に対し 90%削減した。

#### **(2) 障害復旧のスケラビリティ**

近年注目されているバーストバッファ技術を適用し、この階層型ストレージをモデル化した。シミュレーションによる評価において、バーストバッファを用いることで、障害発生時でもスケラブルな実行環境を実現できることを示した。

#### **(3) 障害検知技術の検討**

巨大な Web サービスの故障検知機構を応用・改良することで、大規模計算に対応する学習型故障予測モデルを提案した。

#### (4) システム統合

耐故障技術を MPI に類似したインターフェースに統合した FMI (Fault tolerant Messaging Interface) を構築した。その他、これらの基盤となるハードウェアについて、運用中のネットワークに故障が発生した場合に、適切なルーティングを行い、故障による性能低下を軽減するアルゴリズムを提案した。

特に、(2)での貢献は、将来のスーパーコンピュータに設計に大いに役に立つと期待され、国際会議 IEEE/ACM CCGrid 2014 において、ベストペーパー賞を受賞し、本プロジェクトは国際的に高く評価されている。

#### 【査読付き学術論文】

- 1) Satoshi Matsuoka, Hitoshi Sato, Osamu Tatebe, Fuyumasa Takatsu, Mohamed Amin Jabri, Michihiro Koibuchi, Ikki Fujiwaraand, Shuji Suzuki, Masanori Kakuta, Takashi Ishida, Yutaka Akiyama, Toyotaro Suzumura, Koji Ueno, Hiroki Kanezashi, and Takemasa Miyoshi, “Extreme Big Data (EBD): Next Generation Big Data Infrastructure Technologies Towards Yottabyte/Year”, Supercomputing Frontiers and Innovations Vol.1, No.2, pp. 89-107, 2014. (DOI: 10.14529/jsfi140206)
- 2) Kento Sato, Adam Moody, Kathryn Mohror, Todd Gamblin, Bronis R. de Supinski, Naoya Maruyama, Satoshi Matsuoka, “FMI: Fault Tolerant Messaging Interface for Fast and Transparent Recovery”, IEEE International Conference on Parallel and Distributed Processing Symposium 2014 (IPDPS2014), pp. 1125-1234, Phoenix, AZ, USA, May 2014.(DOI:10.1109/IPDPS.2014.126) (採択率 21.1%)
- 3) 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”, IEEE International Conference on Parallel and Distributed Processing Symposium 2014 (IPDPS2014), pp. 1171-1180, Phoenix, AZ, USA, May 2014,(DOI: 10.1109/IPDPS.2014.121) (採択率 21.1%)
- 4) Keita Iwabuchi, Hitoshi Sato, Ryo Mizote, Yuichiro Yasui, Katsuki Fujisawa, Satoshi Matsuoka, “Hybrid BFS Approach Using Semi-External Memory”, The 3rd High Performance Data Intensive Computing Workshop (HPDIC2014) in conjunction with IEEE International Conference on Parallel and Distributed Processing Symposium 2014 (IPDPS2014), pp.1698-1707, Phoenix, AZ, USA, May 2014. (DOI: 10.1109/IPDPSW.2014.189) (採択率 46.7%)
- 5) Kento Sato, Kathryn Mohror, Adam Moody, Todd Gamblin, Bronis R. de Supinski, Naoya Maruyama, Satoshi Matsuoka. “A User-level InfiniBand-based File System and Checkpoint Strategy for Burst Buffers”, the 14th IEEE/ACM International Symposium on Cluster, Cloud and Grid Computing (CCGrid2014), pp. 21-30 Chicago, USA, May 2014. (DOI: 10.1109/CCGrid.2014.24) (採択率 19.1%) **(Best Paper 賞受賞)**
- 6) Aleksandr Drozd, Miquel Pericas and Satoshi Matsuoka, “Efficient String Sorting on Multi- and

- Many-Core Architectures”, The 2014 IEEE International Congress on Big Data (BigData Congress 2014), 2014. (DOI: 10.1109/BigData.Congress.2014.97)
- 7) Miquel Pericas, Kenjiro Taura, Satoshi Matsuoka, “Scalable Analysis of Multicore Data Reuse and Sharing”, International Conference on Supercomputing (ICS'14), 2014.
  - 8) Koichi Shirahata, Hitoshi Sato, Satoshi Matsuoka, “Out-of-core GPU Memory Management for MapReduce-based Large-scale Graph Processing”, IEEE International Conference on Cluster Computing (CLUSTER2014), 2014. (DOI: 10.1109/CLUSTER.2014.6968748) (採択率 24%)
  - 9) Chih-Song Kuo, Aamer Shah, Akihiro Nomura, Satoshi Matsuoka and Felix Wolf, “How File Access Patterns Influence Interference Among Cluster Applications”, IEEE International Conference on Cluster Computing (CLUSTER2014), 2014. (DOI: 10.1109/CLUSTER.2014.6968743) (採択率 24%)
  - 10) Hideyuki Shamoto, Koichi Shirahata, Aleksandr Drozd, Hitoshi Sato and Satoshi Matsuoka, “Large-scale Distributed Sorting for GPU-based Heterogeneous Supercomputers”, The IEEE International Conference on Big Data 2014 (IEEE BigData 2014) pp.510-518, 2014. (DOI: 10.1109/BigData.2014.7004268) (採択率 18.6%)
  - 11) Keita Iwabuchi, Hitoshi Sato, Yuichiro Yasui, Katsuki Fujisawa and Satoshi Matsuoka, “NVM-based Hybrid BFS with memory efficient data structure”, The IEEE International Conference on Big Data 2014 (IEEE BigData 2014) pp.529-538, 2014. (DOI: 10.1109/BigData.2014.7004270) (採択率 18.6%)
  - 12) Jens Domke, Torsten Hoefler, Satoshi Matsuoka, “Fail-in-place network design: interaction between topology, routing algorithm and failures”, International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis (SC14), pp.597-608, New Orleans, LA, USA, November 2014.(DOI: 10.1109/SC.2014.54)
  - 13) James Lin, Shuo Li, Jiaming Zhao, Satoshi Matsuoka, “Node-level Memory Access Optimization on Intel Knights Corner”, High Performance Computing of China 2014, Guangzhou, China, November 2014.
  - 14) Tetsuya Hoshino, Naoya Maruyama, Satoshi Matsuoka, “An OpenACC extension for data layout transformation”, First Workshop on Accelerator Programming using Directives (WACCPD '14), New Orleans, LA, USA, November 2014.(DOI: 10.1109/WACCPD.2014.12)
  - 15) Toshio Endo, Akira Nukada and Satoshi Matsuoka, “TSUBAME-KFC: a Modern Liquid Submersion Cooling Prototype towards Exascale Becoming the Greenest Supercomputer in the World”, The 20th IEEE International Conference on Parallel and Distributed Systems (ICPADS 2014), pp. 360-367, 2014. (採択率 29.8%)
  - 16) Yusuke Nagasaka, Akira Nukada, Satoshi Matsuoka, “Cache-Aware Sparse Matrix Formats for Kepler GPU”, The 20th IEEE International Conference on Parallel and Distributed Systems (ICPADS 2014), pp. 281-288, 2014. (採択率 29.8%)
  - 17) Abdelhalim Amer, Huiwei Lu, Yanjie Wei, Pavan Balaji, Satoshi Matsuoka, “MPI+Threads: Runtime

Contention and Remedies”, The 20th ACM SIGPLAN Symposium on Principles and Practice of Parallel Programming (PPoPP 2015), pp. 239-248, 2014. (DOI: 10.1145/2688500.2688522) (採択率 17.3%)

- 18) Moshe Gabel, Kento Sato, Daniel Keren, Satoshi Matsuoka, Assaf Schuster, “Latent Fault Detection With Unbalanced Workloads”, Event Processing, Forecasting and Decision-Making in the Big Data Era 2015 (EPForDM2015) in conjunction with the 18th International Conference on Extending Database Technology (EDBT), pp.118-124, Brussels, Belgium, March 2015.
- 19) Pak Markthub, Akihiro Nomura and Satoshi Matsuoka, “Using rCUDA to Reduce GPU Resource-assignment Fragmentation caused by Job Scheduler”, The 15th International Conference on Parallel and Distributed Computing, Applications and Technologies (PDCAT2014), 2014. In press.
- 20) Abdelhalim Amer, Huiwei Lu, Pavan Balaji and Satoshi Matsuoka, “Characterizing MPI and Hybrid MPI+Threads Applications at Scale: Case Study with BFS”, The 2nd Workshop on Parallel Programming Model for the Masses (PPMM 2015) in conjunction with the 15th IEEE/ACM International Symposium on Cluster, Cloud and Grid Computing (CCGRID 2015), 2015. To appear.
- 21) Chaojie Zhang, Koichi Shirahata, Shuji Suzuki, Yutaka Akiyama and Satoshi Matsuoka, “Performance Analysis of MapReduce Implementations for High Performance Homology Search” , 2015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(HPCS2015), 2015.発表予定.

#### 【査読付きポスター発表】

- 1) Hideyuki Shamoto, Koichi Shirahata, Aleksandr Drozd, Hitoshi Sato, Satoshi Matsuoka. “Large-Scale Multi-Level Sorting for GPU-Based Heterogeneous Architectures”, International Supercomputing Conference (ISC14), Leipzig, Germany, June 2014.
- 2) Guanghao Jin, Toshio Endo, Satoshi Matsuoka, “Efficient Utilization of Memory Hierarchy on GPU Clusters: Optimization Methods and Performance Models”, HPC in Asia Session at International Supercomputing Conference (ISC14), Leipzig, Germany, June 2014.
- 3) Naoto Sasaki, Kento Sato, Toshio Endo, Satoshi Matsuoka, “Exploration of Application-level Lossy Compression for Fast Checkpoint/Restart”, HPC in Asia Session at International Supercomputing Conference (ISC14), Leipzig, Germany, June 2014.
- 4) Yusuke Nagasaka, Akira Nukada, Satoshi Matsuoka, “Cache-Aware Sparse Matrix Format for GPU”, HPC in Asia Session at International Supercomputing Conference (ISC14), Leipzig, Germany, June 2014.
- 5) Akihiro Nomura, Shin'Ichi Miura, Toshio Endo, Satoshi Matsuoka, “Application Performance Characterization towards Exa-Scale Supercomputers”, HPC in Asia Session at International Supercomputing Conference (ISC14), Leipzig, Germany, June 2014.
- 6) Taichiro Suzuki, Akira Nukada, Satoshi Matsuoka, “Efficient Execution of Multiple Application using Process Migration between GPUs”, HPC in Asia Session at International Supercomputing Conference

(ISC14), Leipzig, Germany, June 2014.

- 7) Kevin Brown, Jens Domke, Satoshi Matsuoka, “Tracing Data Movements within MPI Collectives”, The 21st European MPI Users' Group Meeting (EuroMPI/Asia '14), Kyoto, September 2014
- 8) Tetsuya Hoshino, Naoya Maruyama, and Satoshi Matsuoka, “An OpenACC Extension for Data Layout Transformation”, GPU Technology Conference 2015, San Jose, CA, USA, March 2015.
- 9) Hiroki Kanezashi, Toyotaro Suzumura and Satoshi Matsuoka, “Performance Optimization of Large-Scale Traffic Simulation on Parallel and Distributed Systems”, International Supercomputing Conference 2015 (ISC15) HPC in Asia, Frankfurt, July 2015, to appear.
- 10) Tianqi Xu, Kento Sato and Satoshi Matsuoka “Towards Cloud-based Burst Buffers for I/O Intensive Computing in Cloud”, International Supercomputing Conference 2015 (ISC15) HPC in Asia, Frankfurt, July 2015, to appear.

#### **【査読なし国際会議発表】**

- 1) Hitoshi Sato, Shuichi Ihara, Satoshi Matsuoka, “Lustre 2.5 Performance Evaluation: Performance Improvements with Large I/O Patches, Metadata Improvements, and Metadata Scaling with DNE”, Lustre User Group 2014, Miami, USA, April 2014.
- 2) Pak Markthub, Akihiro Nomura, and Satoshi Matsuoka, “Reducing GPU Resource-Assignment Fragmentation by Using Remote CUDA Execution Technique”, ATIP Workshop: Japanese Research Toward Next-Generation Extreme Computing, Supercomputing 2014 (SC14), New Orleans, November 2014.(poster)
- 3) Kevin A. Brown, Jens Domke and Satoshi Matsuoka, “Tracing Data Movements with MPI Collectives”, ATIP Workshop: Japanese Research Toward Next-Generation Extreme Computing, Supercomputing 2014 (SC14), New Orleans, November 2014.(poster)
- 4) Tetsuya Hoshino, Naoya Maruyama, Satoshi Matsuoka, “Evaluations of Directive Based Programming Model for GPUs and Extensions for Performance Portability”, SIAM Conference and Computational Science (CSE) 2015, Salt Lake City, UT, USA, March 2015.

#### **【国内学会・ワークショップ・講演会等での発表】**

- 1) 長坂侑亮, 額田彰, 松岡聡, GPU のキャッシュを考慮した疎行列ベクトル積計算手法の性能評価, 情報処理学会研究報告, Vol.2014-HPC-144(5), 神奈川, May 2014.
- 2) Hideyuki Shamoto, Koichi Shirahata, Aleksandr Drozd, Hitoshi Sato and Satoshi Matsuoka, “GPU Implementation of Splitter-based Parallel Sorting for Large-scale Heterogeneous Architectures”, GPU Technology Conference Japan 2014, 東京, 2014 年 7 月.
- 3) 高岸 祐樹, 遠藤 敏夫, 松岡 聡, “GPU クラスタ上での実アプリケーションに対するテンポラルブロッキングの実装と性能評価”, GPU Technology Conference Japan 2014, 東京, 2014 年 7 月.
- 4) 長坂侑亮, 額田彰, 松岡聡, “GPU でのキャッシュ再利用性を考慮した列分割型疎行列フォ

- ーマットの性能評価” , GPU Technology Conference Japan 2014, 東京, 2014 年 7 月.
- 5) 鈴木太一郎, 額田彰, 松岡聡, “Hyper-Q 活用のための透過的実行環境” , GPU Technology Conference Japan 2014, 東京, 2014 年 7 月.
  - 6) Xu Tianqi, Kento Sato, Satoshi Matsuoka, “Towards Cloud Bursting for Extreme Scale Supercomputers”, IPSJ SIG Technical Reports 2014-HPC-145(5), Niigata, 2014.
  - 7) 佐々木尚人, 佐藤賢斗, 遠藤敏夫, 松岡聡 実アプリケーションにおけるウェーブレット変換を用いたチェックポイントデータの非可逆圧縮手法, 情報処理学会研究報告, Vol.2014-HPC-145(7), 新潟, July 2014.
  - 8) Kevin Brown, Jens Domke, Satoshi Matsuoka, “Visualizing Collectives over InfiniBand Networks” IPSJ SIG Technical Report Vol.2014-HPC-145(13), Niigata, 2014.
  - 9) Pak Markthub, Akihiro Nomura and Satoshi Matsuoka, “Increasing GPU batch queue’s utilization using rCUDA”, IPSJ SIG Technical Report Vol.2014-HPC-145(24), Niigata , 2014.
  - 10) Keisuke Fukuda, Naoya Maruyama, Jeremy S.Meredith, Jeffrey S.Vetter, Satoshi Matsuoka. “Performance modeling of a tree-based hierarchical N-body algorithm with arbitrary particle distributions”, IPSJ SIG Technical Report Vol.2014-HPC-145(26), Niigata, July 2014
  - 11) 野村哲弘, 三浦信一, 遠藤敏夫, 松岡聡, “実アプリケーションを用いた計算機評価ベンチマークと性能リポジトリの開発” , 情報処理学会研究報告 Vol.2014-HPC-145(29), 新潟, 2014.
  - 12) 鈴木太一郎, 額田彰, 松岡聡, “GPU 間マイグレーションによる効率的な並列実行” , 情報処理学会研究報告 Vol.2014-HPC-145(42), 新潟, 2014.
  - 13) 星野哲也, 丸山直也, 松岡聡, OpenACC ディレクティブ拡張によるデータレイアウト最適化, 情報処理学会研究報告, Vol.2014-HPC-145(45), 新潟, July 2014.
  - 14) Aleksandr Drozd and Satoshi Matsuoka, “HPC and Interactive Big Data Analytics: Case Study of Distributional Semantics”, IPSJ SIG Technical Report Vol.2014-HPC-146(12), Okinawa, 2014.
  - 15) 上野 晃司, 鈴木 豊太郎, 丸山 直也, 松岡 聡, “大規模分散メモリ環境におけるハイブリッド BFS の最適化” , 情報処理学会研究報告 Vol.2014-HPC-146(21), 沖縄, 2014.
  - 16) 高寄 祐樹, 遠藤 敏夫, 松岡 聡, “GPU クラスタ上の実ステンシルアプリケーションの大規模化に向けた局所性向上の評価” , 情報処理学会研究報告 Vol.2014-HPC-146(23), 沖縄, 2014.
  - 17) Tianqi Xu, Jin Guanghao, Endo Toshio and Matsuoka Satoshi, “Efficient Utilization of Multi-level Memory System for Stencil Computation”, IPSJ SIG Technical Report Vol.2014-HPC-147(10), Hokkaido, 2014.
  - 18) Zhang Chaojie, Koichi Shirahata, Shuji Suzuki, Yutaka Akiyama and Satoshi Matsuoka, “Performance Analysis of MapReduce Implementations for High Performance Homology Search”, IPSJ SIG Technical Report Vol.2014-HPC-147(29), Hokkaido, 2014.
  - 19) 遠藤敏夫, 額田彰, 松岡聡, 三浦信一. ウルトラグリーンスパコンテストベッド TSUBAME-KFC の運用経験, 大学 ICT 推進協議会 (AXIES2014), 宮城, December 2014.

- 20) 高寄 祐樹, 遠藤 敏夫, 松岡 聡, “GPU 搭載システムにおける都市気流シミュレーションの大規模化と性能モデル”, 情報処理学会研究報告 Vol.2014-HPC-148(13), 大分, 2014.
- 21) 金刺 宏樹, 鈴村 豊太郎, 松岡 聡, 並列分散システムにおける大規模交通シミュレーションの性能最適化, 情報処理学会研究報告 Vol.2014-HPC-148(28), 2014/12

#### 【書籍】

(なし)

#### 【解説】

- 1) 遠藤敏夫, 額田彰, 松岡聡, “超省エネスーパーコンピュータ TSUBAME”, 石油学会, PETROTECH 第 37 卷 8 号 pp. 605-609, 2014.
- 2) 遠藤敏夫, 額田彰, 松岡聡, “TSUBAME-KFC: 液浸冷却を用いた世界一省エネなスーパーコンピュータ”, 東京工業大学学術国際情報センター, TSUBAME e-Science Journal, No.11, pp. 2-7, 2014.
- 3) 佐藤仁, 上野晃司, 白幡晃一, 社本秀之, 松岡聡, “将来のスーパーコンピュータにおけるエクストリームなビッグデータ処理にむけた TSUBAME2 での取り組み”, 東京工業大学学術国際情報センター, TSUBAME e-Science Journal, No.12, pp. 2-7, 2014.

#### 【基調講演・招待講演】

- 1) Satoshi Matsuoka, “Session: Parallel Thematic Sessions: E-Infrastructures”, The 2nd International Conference on Research Infrastructures (ICRI2014), Athens, 3rd April 2014.
- 2) Satoshi Matsuoka, “Convergence of HPC and Big Data in Tsubame3.0”, 日仏カンファレンス “Extreme Performance Computational Science”, Hiroo, 20th April 2014.
- 3) Satoshi Matsuoka, “Abstractions for Convergence of Big Data and HPC in Deep Memory Hierarchy Machines”, Workshop on Programming Abstractions for Data Locality (PADAL), Lugano, 29th April 2014.
- 4) Satoshi Matsuoka, “Extreme Big Data Project: Convergence of Big Data and HPC”, Invited Talk, ETH Zurich, 1st May 2014.
- 5) Satoshi Matsuoka, “Preparing for TSUBAME3.0 and Towards Exascale in Green Computing and Convergence with Big Data”, International Conference on Scientific Computing at Extreme Scales (ICSC) 2014, Shanghai, 7th May 2014.
- 6) Satoshi Matsuoka, “Preparing for TSUBAME3.0 and Towards Exascale in Green Computing and Convergence with Big Data”, NUG (NEC User Group) International Meeting on HPC Applications and Systems, Lugano, 10nd-15th May 2014.
- 7) Satoshi Matsuoka, “New Innovations in Power & Cooling”, Panel Session, HP Discover 2014, Las Vegas, 12nd June 2014.
- 8) Satoshi Matsuoka, “Resilience Modeling and APIs in Extreme Scale Computing”, ISC14 - Workshop on International Cooperation for Extreme-Scale Computing, Leipzig, 22nd June 2014.

- 9) Satoshi Matsuoka, “If you Can’t Beat Them, Lead Them – Convergence of Supercomputing & Next Generation “Extreme” Big Data”, Keynote Talk, ISC14, Leipzig, 24th June 2014.
- 10) Satoshi Matsuoka, “Ecosystem of Extreme Computing Challenges”, ISC14 - Extreme Computing Challenges, Leipzig, 24th June 2014
- 11) Satoshi Matsuoka, “A look at Big Data in HPC”, ISC14 - DDN User Meeting, Leipzig Germany, 24th June 2014.
- 12) Satoshi Matsuoka, “Towards Exascale Runtime Systems”, BOF18 session, ISC14, Leipzig, 25th June 2014
- 13) Satoshi Matsuoka, “What's the Big Deal about Big Data?”, Panel Session, ISC14, Leipzig, 25th June 2014.
- 14) Satoshi Matsuoka, “Extreme Big Data – Towards Convergence of Big Data and Extreme Computing”, International Scientific Workshop – Extreme Scale Scientific Computing, Moscow, Russia, 30th June 2014.
- 15) Satoshi Matsuoka, “Convergence of Extreme Big Data and HPC - Managing the memory hierarchy and data movement the key towards future exascale”, International Advanced Research Workshop on High Performance Computing, Cetraro, 7th July 2014.
- 16) Satoshi Matsuoka, “Tokyo Tech Billion-Way Resiliency Project for Extreme Scale Computing, or “How to Stay Healthy”, Workshop on Clusters and Computational Data for Scientific Computing (CCSDC), Lyon, 2rd-5th September 2014.
- 17) Satoshi Matsuoka, “Japanese HPC Ecosystem - Roadmap and Challenges”, PROSPECT General Meeting, Juelich, 10th October 2014.
- 18) Satoshi Matsuoka, “TSUBAME3.0 and Issues Toward Convergence of Extreme Computing and Big Data”, ORAP Forum, Paris, 14th October 2014.
- 19) Satoshi Matsuoka, “TSUBAME2.0, 2.5 towards 3.0 and 4.0 for Convergence of Extreme Computing and Big Data”, HP-CAST Taiwan, Taipei, Taiwan, 23rd October 2014.
- 20) 松岡 聡、「TSUBAME2.0から2.5, 3.0から更に4.0に向けたデバイス・実装技術への期待」、エレクトロニクス実装学会 システムインテグレーション実装技術研究会 公開研究会、西荻窪、2014年10月30日
- 21) 松岡 聡、「Extreme Big Data：次世代ビッグデータとスーパーコンピューティングの必然的な統合」、統計数理研究所 公開講演会、立川、2014年11月4日
- 22) Satoshi Matsuoka, “Panel: HPC Productivity or Performance- Choose One”, Supercomputing 2014, New Orleans, 18th November 2014.
- 23) Satoshi Matsuoka, “Panel: Changing Operating Systems is Harder than Changing Programming Languages”, Supercomputing 2014, New Orleans, 18th November 2014.
- 24) Satoshi Matsuoka, “Towards TSUBAME 3.0 and 4.0”, Supercomputing 2014 -NEC Booth, New Orleans, 18th November 2014.

- 25) Satoshi Matsuoka, “Convergence of Extreme Big Data with HPC: How GPUs Will be Significant”, Supercomputing 2014 -NVIDIA Booth GPU Technology Theater, New Orleans, 18th November 2014.
- 26) Satoshi Matsuoka, “2022: Supercomputing Oddities”, IEEE Sidney Fernback Award Recipient Talk, Supercomputing 2014, New Orleans, 19th November 2014.
- 27) Satoshi Matsuoka, “Towards TSUBAME3.0 and Beyond to 4.0”, Supercomputing 2014 - Tokyo Tech Booth, New Orleans, 19th November 2014.
- 28) Satoshi Matsuoka, “TSUBAME3.0 towards 4.0 and Toward Convergence of Extreme Computing and Big Data”, International Conference on Parallel and Distributed Systems (ICPADS 2014), Taiwan, 17th December 2014.
- 29) Satoshi Matsuoka, “TSUBAME2.0, 2.5 towards 3.0 and 4.0 for Convergence of Extreme Computing and Big Data“, Institute of Information Science, Academia Sinica, Taiwan, 19th December 2014.
- 30) Satoshi Matsuoka, “ TSUBAME2.0, 2.5 towards 3.0 for Convergence of Extreme Computing and Big Data “, 楽天 New Year’ s Seminar、品川、2015 年 1 月 5 日
- 31) 松岡 聡、「ポスト京の先のポストムーアに向けたデータ中心コンピューティングと TSUBAME3」、産総研 STAR シンポジウム「大規模データ処理を実現する超省電力ハードウェアの将来像」、品川、2015 年 1 月 26 日
- 32) 松岡 聡、「今後のスパコンの視点から見たシステムナノへの期待」、電子情報通信学会・システムナノ技術に関する時限研究専門委員会主催・第 1 回研究会「システムナノ技術によるイノベーションへの展開に向けて」、本郷、2015 年 2 月 5 日
- 33) Satoshi Matsuoka, “TSUBAME3.0 towards 4.0 and Toward Convergence of Extreme Computing and Big Data into Clouds”, the 10th AEARU Workshop on Computer Science and Web Technology, Tsukuba, 27th February 2015.
- 34) 松岡 聡、「IT の, IT による, IT の為のスーパーコンピュータ研究」IEEE Computer Society Sidney Fernbach 賞受賞によせて、特別講演、情報処理学会第 77 回全国大会、京都、2015 年 3 月 17 日
- 35) Satoshi Matsuoka, “TSUBAME3.0 towards 4.0 and Issues Towards Convergence of Extreme Computing and Big Data Centers”, Supercomputing Frontiers 2015, Singapore, 19th March 2015.
- 36) Satoshi Matsuoka, “Harnessing the Deep Memory Hierarchy with Communication Reducing Algorithms for Exascale”, Workshop on “Exascale Building Blocks for Computational Physics and Chemistry”, Greifswald, Germany, 22nd-26th March 2015.

## 教授 山口 しのぶ（情報技術国際協働分野）

### 【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

モンゴル教育科学文化省との連携のもと、情報技術を駆使した教育機会の提供・教育の質の向上を目指した共同研究および協働プロジェクトの一環として、2012年に、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」を開始した。本年度はモンゴル4地域とウランバートル市から選出された4県と1地区を対象に教員研修を実施し、計260名にICTを活用した地域性を反映した教材開発を実施した。合計30科目からなる教員研修教材は、研修用VCDとして来年度の全国教員研修で活用される予定である。全国教員調査で収集されたデータに基づき、教育現場における情報技術活用に関する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のためのアプリケーションを開発し、現地の大学生を対象に、モバイルラーニングプログラムの効果について検証した。また、世界遺産局の保有する authorization database の改善を実施し、現在世界遺産局に活用されている。更に、GISを活用した湿地帯の変化に関する調査を実施し、現在調査結果を分析中である。これらの研究結果は国内外の学会にて発表された。2015年に予定されているルアンパバーン世界遺産登録20周年記念シンポジウムにて紹介される予定である。

#### 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

前年の研究事業に引き続き、ユネスコバンコク事務所との連携のもと、アジア地域10カ国の教育現場における「21世紀型スキル」育成の現状を比較分析した。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、各国の教育現場における「21世紀型スキル」育成に関する分析を通じて国別レポートを作成した。更には、10カ国での分析結果を類似点、相違点にまとめ、地域レポートとしてユネスコ教育ウェブサイトにて発信した。2014年11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。

## 【研究業績】

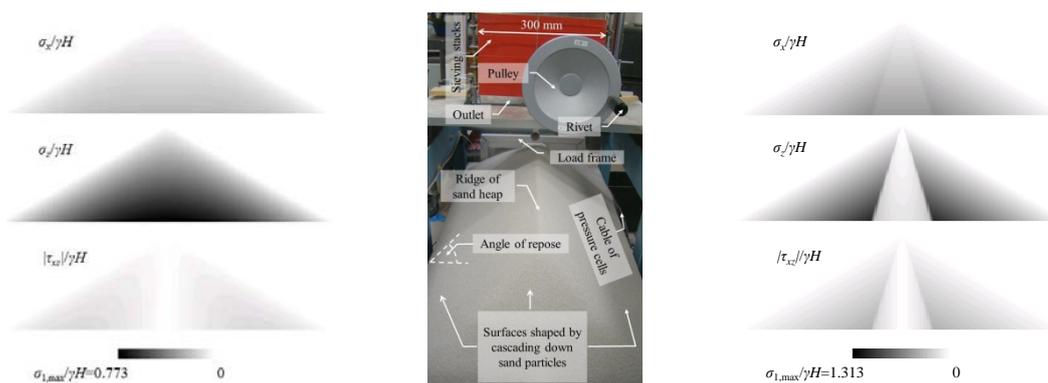
- 1) Yamamoto, Y., and Yamaguchi, S. “Factors on Teacher's Self-efficacy in Mongolia; A Quality Assurance for the ICT-Integrated Education”. Paper presented at the 59th Annual Conference of the Comparative and International Education Society, Washington DC, U.S. (March, 2015).
- 2) Li, S., and Yamaguchi, S., “Understanding factors affecting primary school teachers’ use of ICT for student-centered education in Mongolia”, Paper presented at the 59th Annual Conference of the Comparative and International Education Society (CIES), Washington DC, U.S. (March, 2015)
- 3) Yamamoto, Y., Yamaguchi, S. Y., Takada, J., and Sukhbaatar, J. “Impact Factors on Teacher's Self-efficacy in Mongolia: A Quality Assurance for the ICT-Integrated Education”. Paper presented at the Japan Society for International Development (JASID) 25th Annual Conference, Chiba. (November, 29, 2014)
- 4) Li, S., Yamaguchi, S., and Takada, J., “Understanding factors affecting primary school teachers’ use of ICT for student-centered education in Mongolia”, Paper presented at the Japan Society for International Development (JASID) 25th annual conference, Chiba, p123 (November, 2014)
- 5) Yamaguchi, S., Yamamoto, Y., Ueno, A., Kurokawa, M., and Enomoto, N. "Integrating Transversal Competencies in Education Policy and Practice (Phase II) Country Case Study: Japan". Presentation at the 2014 ERI-Net Annual meeting, Hangzhou, China (November 2014).
- 6) Yamaguchi, S., Chang, G., and Yano, S., "Integrating Transversal Skills in education Policies; Comparative Analysis of 10 Countries in Asia". Keynote speech at World Conference on Education for Sustainable Development (ESD), Cluster IV: Setting the Agenda for ESD beyond 2014, Workshop I: Teaching, assessing and promoting 21st century competencies. Nagoya, Japan. (November 2014).
- 7) Tsogtsaikhan, O., Yamaguchi, S., and Takada, J., “Factors affecting Information Communication Technology (ICT) skills of primary school teachers in Mongolia”, Proceedings of the 50th Annual Conference on Japan Comparative Education Society, p195 (June 2014)
- 8) Enomoto, N., Yamaguchi, S., Yano, S. and Chang, G. "A comparative analysis on transversal competencies in education policy: Findings from 10 countries/economies in the Asia and the Pacific", Paper presented at the 9th biennial conference of the Comparative Education Society of Asia (CESA), Hangzhou, China (May 2014).

## 准教授 PIPATPONGSA THIRAPONG (高性能計算先端応用分野)

### 【研究の概要と成果】

#### 基礎の沈下によって引き起こされる盛土中央の圧力減少

本研究では、砂丘内の主働的・受働的限界応力の条件下でのアーチ作用に関する基本的な知見を得た。ニュートン法を用いた下界定理による半無限くさびの極限解析に基づく数値解を検証するために、法面勾配を安息角で形成した 1G 場での盛土模型実験が行われた。乾燥珪砂 6 号および 8 号を用いて網ふるい降下法によって作成された盛土に対して、界面摩擦、最大沈下、ヒステリシスなどの異なる条件で実験を行った。盛土内の降伏に関しては、中央にヒンジを有する剛な基礎の中央部分の沈下および隆起によって影響を受けた。基礎の沈下を僅かに増加させた場合、盛土中央部の圧力が有意に減少した。一方基礎を隆起させることで再び元の位置に戻す過程においては、盛土中央部の圧力は徐々に増加した。実験においてヒステリシスの影響を受ける変位経路を与えたが、主働的・受働的土圧の限界の数値解は、降伏の範囲内にある測定値と合理的に一致した。



砂丘内の主働的限界応力分布

三角形盛土模型実験

砂丘内の受働的限界応力分布

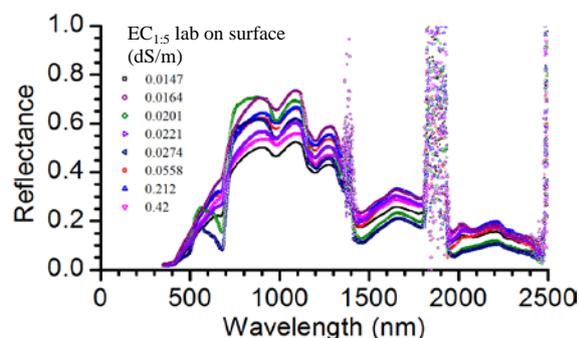
#### タイ東北部における稲の反射スペクトルと土壌の電気伝導度の関係

本研究では、宇宙システム開発利用推進機構の協力のもとに収集したハイパースペクトルセンサを用いた野外調査データから、稲穂・個葉・群落の分光反射率と土壌塩分との相関関係を得るための波長帯を検出することを目的としている。タイ東北部の主な塩害地として知られている 4 県を対象として、収穫直前の時期に即した 2010 年 11 月 15~26 日に、健全な水稻から特に深刻な塩害被害が生じた水稻まで、様々な塩分濃度を含むサンプルを幅広く収集することを念頭において、水稻地でハイパースペクトル計測を実施した。現場で塩類集積度を定量化するために、ポータブル電気伝導度 (EC: Electrical Conductivity) の測定によって選定された地区の地表と深度 20cm の土壌を採取し、その後、室内実験で 1:5 水浸出法による土壌 EC および pH (1:1) を測定した。植生調査の区画が、コドラート法で行われ、中心と

四隅の5箇所で測定した反射スペクトルを平均して解析に使用した。植物の状態計測については、植生種、植生密度、葉面積指数 (LAI: Leaf Area Index)、草丈、穂の長さを測った。もち米がサコンナコン県とウドンタニ県で栽培され、ジャスミン米がナコンラチャシマ県とコンケン県で栽培されており、塩害に伴う観測対象物の特徴が異なるため、各種のデータを別々に分析した。反射スペクトルで塩類集積被害度の推定に広く利用されてきた正規化植生指数 (NDVI: Normalized Difference Vegetation Index) は、EC 値との相関関係が総じて低いという欠点があるため、本研究では、正規化分光反射指数 (NDSI: Normalized Difference Spectral Index) を採用した。本学のスパコン TSUBAME2.5 を使用して MATLAB による並列処理を行い、対象波長範囲を抽出するための高速演算が、実現した。その成果としては、特定の波長領域に稲の反射スペクトルに関する塩害の被害を受けた稲作地情報を反映していることを実証するとともに、効率良く推定できる簡易検出法を確立した。



イネ群落の反射スペクトル計測



様々な塩分濃度を出現する水稻地における稲穂の反射スペクトル

#### 【査読付き学術論文】

- 1) S. Touch, S. Likitlersuang and T. Pipatpongsa, 3D geological modelling and geotechnical characteristics of Phnom Penh subsoils in Cambodia, Engineering Geology, Vol. 178, pp. 58-69, Elsevier, Aug 2014
- 2) S. Touch, T. Pipatpongsa, T. Takeda and J. Takemura, The relationships between electrical conductivity of soil and reflectance of canopy, grain, and leaf of rice in northeastern Thailand, International Journal of Remote Sensing, Vol. 36, No. 4, pp 1136-1166, Taylor & Francis, 23 Feb 2015
- 3) S. Touch, P. Pongpanlarp, T. Pipatpongsa and J. Takemura, Underground water in open pit mining at Mae Moh mine of Thailand, Special Issue Environmental Engineering “Towards Preservation and Restoration of Urban Water Environments in Asia” ASEAN Engineering Journal, Part C, Volume 4, Number 1, pp.126-143, Feb 2015

#### 【査読付き国際会議・国内学会発表】

- 1) T. Pipatpongsa, J. Nakamura, C. Borely and M.H. Khosravi, Numerical lower bound limit analyses of sand heap subjected to basal settlement with hysteretic reversals, Proceedings of The 14th International Conference of International Association for Computer Methods and Advances in Geomechanics (14IACMAG), Kyoto International Conference Center, Kyoto, pp. 513-518, CRC Press, 2014/9/22-25
- 2) S. Touch, T. Pipatpongsa, J. Takemura and P. Pongpanlarp, Groundwater modeling of pressure effect on deep open-pit mining against floor heaving at the Mae Moh mine, Thailand, Proceedings of The 14th International Conference of International Association for Computer Methods and Advances in Geomechanics (14IACMAG), Kyoto International Conference Center, Kyoto, pp. 613-618, CRC Press, 2014/9/22-25
- 3) T. Takeyama and T. Pipatpongsa, Simulations of physical models of undercut slope lying on inclined bedding plane, Proceedings of The 14th International Conference of International Association for Computer Methods and Advances in Geomechanics (14IACMAG), Kyoto International Conference Center, Kyoto, pp. 1481-1486, CRC Press, 2014/9/22-25
- 4) T. Takeyama, A. Ikeda, E. Nakayama, M. Taya, I. Kobayashi, T. Pipatpongsa and H. Ohta, Microscopic image of meta-stability of clays, International Symposium on Geomechanics from Micro to Macro (IS-Cambridge 2014), The University of Cambridge, pp.727-732, CRC Press, 2014/9/1-3

#### 【査読なし国際会議発表】

- 1) Y. Miyata, T. Pipatpongsa and J. Takemura, Pressure redistributions in trapezoidal embankment due to basal movements, The 7th AUN/SEED-Net Geological Engineering Conference (AGEC) and The 2nd AUN/SEED-Net Natural Disaster Conference (ANDC), University of Yangon, Myanmar, No.93, 2014/9/20-30
- 2) S. Touch, T. Pipatpongsa, J. Takemura and P. Pongpanlarp, Floor heaving analysis due to deep groundwater pressure in Mae Moh open pit mine of Thailand, The 7th AUN/SEED-Net Geological Engineering Conference (AGEC) and The 2nd AUN/SEED-Net Natural Disaster Conference (ANDC), University of Yangon, Myanmar, No.91, 2014/9/20-30
- 3) T. Pipatpongsa, S. Kitakata, T. Techawongsakorn, Destabilization and onset of failure in undercut slope studied by physical models, The 7th AUN/SEED-Net Geological Engineering Conference (AGEC) and The 2nd AUN/SEED-Net Natural Disaster Conference (ANDC), University of Yangon, Myanmar, No.90, 2014/9/20-30

#### 【国内学会・ワークショップ・講演会等での発表】

- 1) T. Techawongsakorn, R. Ouch, T. Pipatpongsa, Unsymmetrical failure mechanisms of undercut slope with planes of discontinuity, Proceedings of the 49th Japan National Conference on Geotechnical Engineering, Kitakyushu International Conference Center, Fukuoka, The Japanese Geotechnical

- Society, pp.1865-1866, 2014/7/15-17
- 2) S. Touch, T. Pipatpongsa, J. Takemura, T. Takeda, Exploring of field hyperspectral bands of grain reflectance of rice suffering from soil salinity in the northeastern Thailand, Proceedings of the 49th Japan National Conference on Geotechnical Engineering, Kitakyushu International Conference Center, Fukuoka, The Japanese Geotechnical Society, pp.141-142, 2014/7/15-17
  - 3) T. Pipatpongsa, L. Tang, M.H. Khosravi, Active earth pressure distribution acting on rigid retaining walls undergoing horizontal translation , Proceedings of the 49th Japan National Conference on Geotechnical Engineering, Kitakyushu International Conference Center, Fukuoka, The Japanese Geotechnical Society, pp.1247-1248, 2014/7/15-17
  - 4) T. Pipatpongsa and H. Hirai, A simple model experiment of undercut slope using 10 Yen coins inclined along the bedding plane, Faculty of Engineering, University of Ryukyus, Okinawa, Japan Society of Civil Engineers, 第 17 回応用力学シンポジウム, 琉球大学工学部, 土木学会, pp.71-72, 2014/5/10-11
  - 5) R. Ouch, S. Kitakata, T. Pipatpongsa and B. Ukritchon, Effect of shear pin arrangement to the failure mechanisms of undercut slope, Faculty of Engineering, University of Ryukyus, Okinawa, Japan Society of Civil Engineers, 第 17 回応用力学シンポジウム, 琉球大学工学部, 土木学会, pp.39-40, 2014/5/10-11
  - 6) 竹山智英, ピパットポンサー・ティラポン, 太田秀樹, 滑らかな降伏曲面を持つ構成モデルのメタスタビリティ特性, 第 17 回応用力学シンポジウム, 琉球大学工学部, 土木学会, pp.41-42, 2014/5/10-11
  - 7) S. Touch, T. Pipatpongsa, J. Takemura and P. Pongpanlarp, Analysis of floor heaving due to deep underground water in Mae Moh open pit mine of Thailand, The 63rd National Congress of Theoretical and Applied Mechanics, No. GS07-GS05-02-04, 2014/9/26-28
  - 8) 宮田凱斗, ピパットポンサー・ティラポン, 竹村次朗, ホスラヴィ・モハンマドホセイン, 基礎の沈下を受ける台形盛土内のアーチ効果, 第 63 回理論応用力学講演会, 東京工業大学, 東京, No. GS01-02-04, 2014/9/26-28
  - 9) S. Touch, T. Pipatpongsa, T. Takeda and J. Takemura, Relationships between leaf area index and reflectance of canopy and leaf of rice suffering from soil salinity in northeastern Thailand, Geo-Kanto2014, Miraikan, Tokyo, ENV 3-5, 2014/10/3, 2014/10/3 (優秀発表者賞, 平成 26 年度第 11 回地盤工学会関東支部発表会 (GeoKanto2014) 2014 年 11 月 15 日付受賞)
  - 10) 宮田凱斗, ピパットポンサー・ティラポン, 竹村次朗, ホスラヴィ・モハンマドホセイン, 基礎の沈下を受ける台形盛土の物理模型実験, 第 11 回地盤工学会関東支部発表会, 日本科学未来館・東京国際交流会館, pp.115-118, 2014/10/3

## 准教授 関嶋 政和 (大規模データ情報処理分野)

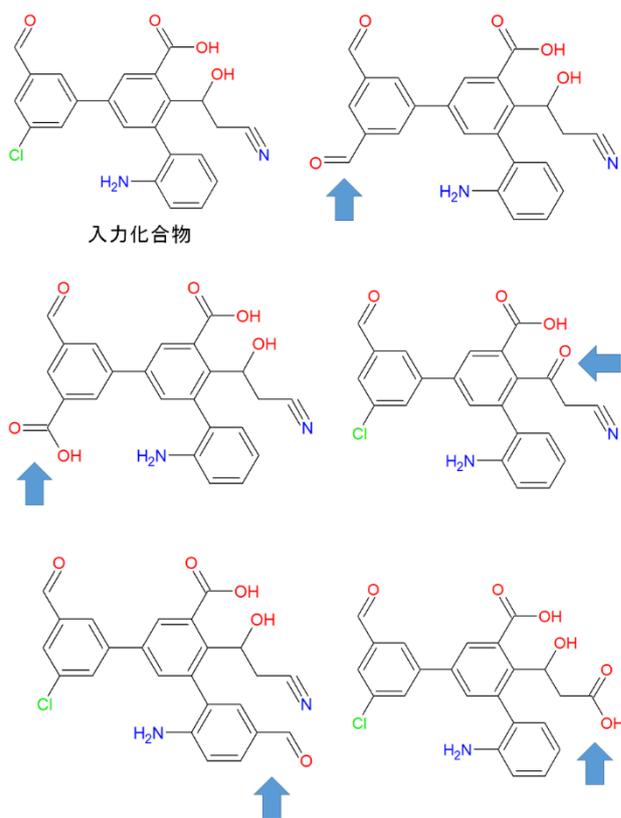
### 【研究の概要と成果】

#### TSUBAME2.5を用いた「顧みられない熱帯病」治療薬探索に関する研究

シャーガス病、アフリカ睡眠病、リーシュマニア症はトリパノソーマ科の寄生原虫の感染によって引き起こされる病気であり、主に発展途上国である熱帯地域が感染地域であるため、顧みられない熱帯病として知られている。これらの病気の現存する治療薬は、病気の発症期間のうち限られた期間にしか効果がない、または重大な副作用を伴うなどの欠点を有する。そこで我々は、新たな抗トリパノソーマ科原虫の医療薬の開発を目的とし、TSUBAME2.5を用いたドッキングシミュレーションによる医療薬候補の探索を行い、*in vitro* 試験及びX線構造解析による複合体構造の詳細な解析を行った。我々はまず、標的蛋白質としてスペルミジン合成酵素(Spermidine synthase: SRM)に着目した。スペルミジン合成酵素はスペルミン合成経路に関与する蛋白質の一つであり、プトレシンにポリアミンの修飾を行い、スペルミジンを合成する酵素である。SRMは三つの病気の原因である3種の原虫に共通して存在しており、またRNAiなどの実験によって寄生原虫の生存に重要なタンパク質であることが明らかになっているため有望な標的である。我々は*T. cruzi* SRMの活性中心に対して、Drug Likeな化合物、約480万個のドッキングシミュレーションを行い、更にドッキング結果の上位の化合物を*in vitro* 試験によって評価を行った結果、IC50が10 $\mu$ Mオーダーのヒット化合物が得られた。*T. cruzi* SRMとヒット化合物の複合体モデル構造をもとにヒット化合物の構造最適化を行い、新たな抗トリパノソーマ治療薬が開発されることが期待される。

#### 方向性を持たせたグラフ構造変換による仮想化合物ライブラリ構築の研究

創薬研究において、研究対象となる化合物の理論的な総数は10の60乗にも昇るとされている。一方で、製薬会社が保有するライブラリに含まれる化合物数は数百万程度であり、探索範囲が不十分であることが問題となっている。このような問題の解決のために、データとして仮想的に化合物を生成する研究が有用である。本研究では、目的に応じた特性を持つ化合物を生成してライブラリを構築するシステムの開発を行った。本システムでは化合物のデータを入力し、入力した化合物データに対して仮想的に化学反応を行うことで新しく化合物のデータを生成し、仮想化合物ライブラリを構築する。その際に、化合物の構造をグラフ構造として扱い、部分グラフの変換によって化学反応による化合物の構造の変換を表現する。この仮想的な化学反応に方向性を持たせることで、目的に応じた特性を持つ化合物を含むライブラリを構築する。また、本システムでは入力した化合物から反応ルールを適用することで新しく生成された化合物グラフを再度入力として適用し、多段階に構造の変換を行う。



本システムでは、水素結合の供与体増加方向・水素結合の受容体増加方向・環構造増加方向の3種類の反応ルールの方向性を作成し、ナミキ商事の **building block** 統合データベース (2013年6月版) から抽出した500種類の入力化合物に対してライブラリの構築を行ったところ、目的に応じた特性を持つ化合物の割合が大きいライブラリを構築することに成功した。

#### 【査読付き学術論文】

- 1) R. Nagarajan, S. Pankaj Chothani, C. Ramakrishnan, M. Sekijima, and M. M. Gromiha, "Structure based approach for understanding organism specific recognition of protein-RNA complexes", *Biology Direct*, 10, doi:10.1186/s13062-015-0039-8. (Impact Factor 4.04)
- 2) N. Yasuo and M. Sekijima "Application for evaluating and visualizing the sequence conservation of ligand-binding sites", *IPSJ Transaction on Bioinformatics*, accepted.

#### 【査読付き国際会議・国内学会発表】

- 1) T. Udagawa and M. Sekijima, "GPU Accelerated Molecular Dynamics with Method of Heterogeneous Load Balancing", *The 16th IEEE International Workshop on Parallel and Distributed Scientific and Engineering Computing (PDSEC 2015)*, accepted. (採択率 44%)

#### 【国内学会・ワークショップ・講演会等での発表】

- 1) 吉川舜亮, 安尾信明, 吉野龍ノ介, 関嶋政和「方向性を持たせたグラフ構造変換による仮想化合物ライブラリの構築の研究」2015-BIO-41, 2015, 札幌.
- 2) 安尾信明, 関嶋政和「タンパク質立体構造中のリガンド結合候補部位における配列保存性評価手法の開発」, 情報処理学会第77回全国大会, 2015, 京都. (学生奨励賞受賞)
- 3) 宮津知美, 安尾信明, 関嶋政和「残基との相互作用エネルギーに基づくドッキングシミュレーション結果の絞り込み」, 情報処理学会第77回全国大会, 2015, 京都.

- 4) 吉川舜亮, 安尾信明, 吉野龍ノ介, 関嶋政和「多段階グラフ拡張による仮想化合物ライブラリ構築の研究」, 情報処理学会第 77 回全国大会, 2015, 京都.
- 5) 千葉峻太郎, 萩原陽介, 大野一樹, 本坊和也, 折田正弥, 関嶋政和「Discovery of dengue virus protease inhibitors and their inhibition mechanism through docking simulation」, 第 55 回日本熱帯医学会大会・第 29 回日本国際保健医療学会学術大会, 2014, 東京. (**The Best Poster Presentation Award 受賞**)
- 6) R. Yoshino, N. Yasuo, Y. Hagiwara, K. Ohno, I. Namatame, M. Orita, M. Sekijima, 「Development of a novel anti trypanosoma drug」, CBI 学会 2014 年大会, 東京. (**Excellent Poster 賞受賞**)
- 7) 「Exploration of drug candidate compounds for Trypanosomiasis via specially-designed database and in silico screening techniques」, 生命医薬情報学連合大会 2014, 2014, 仙台.

## 准教授 遠藤 敏夫 (高性能計算システム分野)

### 【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、本年度は三年目となる。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。

- TSUBAMEなどのGPUスパコン上におけるステンシル計算の、メモリ階層効率利用による計算領域の大規模化について、すでに前年度の時点で成功していたが、依然プログラミングコストが高いという課題があった。その点を改良するために、時間ブロッキング手法と、GPUデバイスメモリの透過的スワッピング処理を行うライブラリである Hybrid Hierarchical RunTime (HHRT)ライブラリ(前年度から引き続き開発中)を組み合わせ、対象アプリケーションとして小野寺・青木らによる実流体シミュレーションコードである都市気流シミュレーションを取り上げた。MPI・CUDA で記述されたコードの提供を受け、これに対し比較的小さな変更(時間ブロッキングに必要なループ構造の書き換えを中心とする)を行い、HHRT上で動作させることにより、デバイスメモリ容量を超えつつ、高性能を維持できることをTSUBAME2.5上で実証した。図1に示すように、デバイスメモリ容量による限界(図の点線)を4倍超えても、元実装の79%の性能が保たれていることが分かる。これは、時間ブロッキングを使わずに単純に大容量対応した場合(グラフのHHに相当)の15倍もの速度に相当する。なお現在の実装ではデバイスメモリの8倍程度になると性能が20%程度となる現象が観測されており、今後の改善を行う予定である。
- 前年度までに引き続き、九州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 GPU版の改良を行っている。この問題においても、速度向上・省エネルギー化のためにはデバイスメモリ・ホストメモリ間の通信削減が必要と考え、密行列中のブロック(1024x1024~2560x2560程度のサイズ)へのBLASライブラリ適用を単位タスクとみなした、データドリブン型実行に基づく実装・改良を行っている。本年度はマルチGPU・マルチノード化および通信と計算のオーバーラップ、さらにはスケジューリング手法の拡充を行った。我々の既存の実装(SC12, IPDPS14などで発表)と比べ、32ノード以下では最大49%の性能向上が見られた。一方で、ノード数が多くなるとスケーラビリティが低下する問題が判明しており、今後その解決を行う予定である。

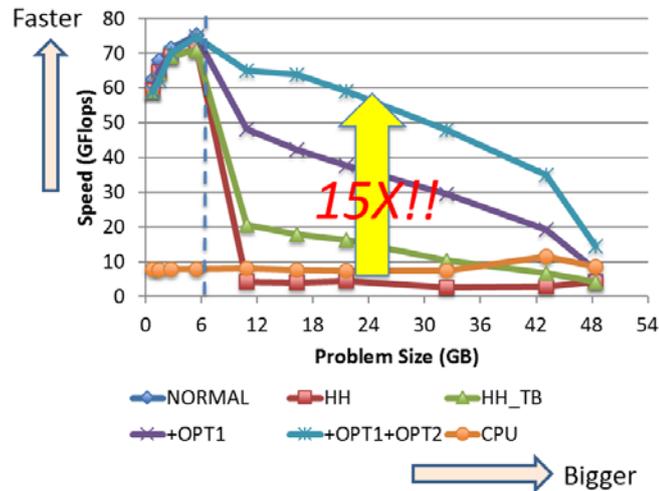


図 1: 時間ブロッキングを組み込み、HHRT 上で実行した都市気流シミュレーションの性能 (TSUBAME2.5 上の K20X GPU 利用)

### 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。特に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。当初は計算ノード数を朝夕に OFF/ON を繰り返すという単純な制御を行っていたが、これを改善するために、前年度に 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。これ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ものである。この本格運用を、本年度の夏季より TSUBAME2.5 上で開始した。これにより夏季昼間の消費電力を制限内に納めつつ、ユーザへ提供する計算資源の減少を最小限にとどめるといふ、動的ピークシフト運用を行う、世界的にも稀有なスパコンとなった。
- ノード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。TSUBAME2 や TSUBAME-KFC のようなアクセラレータ搭載スパコンにおいて、走行するソフトウェアの性質と消費電力の関係を捉え、制御を行うソフトウェアの開発を行っている。提案している制御手法は、静的制御手法と動的制御手法を組み合わせるハイブリッド手法である。静的制御手法では電力・性能モデルに基づき、電力上限を守りつつ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を求め、それ

を用いる。それに加えモデル誤差などを吸収するために、動的にリアルタイム電力を監視しつつ周波数調整を行う。GPU搭載マシンを用いた実験により、提案するハイブリッド手法は、静的手法単体・動的手法単体の場合におこる電力上限オーバーを大きく抑制できることが分かった。

#### 【査読付き国際会議・国内学会発表】

- 1) Naoto Sasaki, Kento Sato, Toshio Endo, Satoshi Matsuoka. Exploration of Lossy Compression for Application-level Checkpoint/Restart. In Proceedings of IEEE International Conference on Parallel and Distributed Processing Symposium 2015 (IPDPS2015), May 2015. (採択済、採択率 21.8%)
- 2) Yuki Tsujita, Toshio Endo. Data driven scheduling approach for the optimization of the multi-node multi-GPU Cholesky decomposition. Workshop on Job Scheduling Strategies for Parallel Processing, held with IPDPS2015, May 2015. (採択済、採択率 50%)
- 3) Kazuki Tsuzuku, Toshio Endo. Power capping of CPU-GPU heterogeneous systems using power and performance models. International Conference on Smart Cities and Green ICT Systems (SMARTGREEN2015), May 2015. (採択済)
- 4) Guanghao Jin, James Lin, Toshio Endo. Efficient Utilization of Memory Hierarchy to Enable the Computation on Bigger Domains for Stencil Computation in CPU-GPU Based Systems. In Proceedings of IEEE International Conference on High Performance Computing and Applications (ICHPCA-2014), Bhubaneswar, December, 2014. (採択率 39%)
- 5) Toshio Endo, Akira Nukada, Satoshi Matsuoka. TSUBAME-KFC: a Modern Liquid Submersion Cooling Prototype towards Exascale Becoming the Greenest Supercomputer in the World. In Proceedings of The 20th IEEE International Conference on Parallel and Distributed Systems (ICPADS 2014), pp.360-367, Hsinchu, December, 2014. (採択率 29.8%)
- 6) Toshio Endo, Guanghao Jin. Software Technologies Coping with Memory Hierarchy of GPGPU Clusters for Stencil Computations. In Proceedings of IEEE Cluster Computing (CLUSTER2014), pp.132-139, Madrid, September 25, 2014. [DOI:10.1109/CLUSTER.2014.6968747] (採択率 23.8%)
- 7) Hiroko Midorikawa, Hideyuki Tan, Toshio Endo. An Evaluation of the Potential of Flash SSD as Large and Slow Memory for Stencil Computations. In Proceedings of The 2014 International Conference on High Performance Computing & Simulation (HPCS 2014), Bologna, Italy, July 24, 2014. (採択率 38.4%)
- 8) 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 IEEE International Conference on Parallel and Distributed Processing Symposium 2014 (IPDPS2014), pp.1171-1180, Phoenix, USA, May 22, 2014. [DOI:10.1109/IPDPS.2014.121] (採択率 21.2%)

### 【査読付きポスター発表】

- 1) Kazuki Tsuzuku, Toshio Endo. Power Capping of CPU-GPU Heterogeneous Systems using Power and Performance Models. GPU Technology Conference (GTC 2015), poster session, San Jose, March, 2015.
- 2) Guanghao Jin, Toshio Endo. Data Management and Loop Controlling to Surpass Memory Capacity of GPU in OpenACC Framework. GTC Technology Conference Japan, poster session, Tokyo, July 16, 2014. [NVIDIA Award]
- 3) 高寄 祐樹, 遠藤 敏夫, 松岡 聡. GPU クラスタ上での実アプリケーションに対するテンポラルブロッキングの実装と性能評価. GTC Technology Conference Japan, 東京, 2014年7月16日.
- 4) Naoto Sasaki, Kento Sato, Toshio Endo and Satoshi Matsuoka. Exploration of Application-level Lossy Compression for Fast Checkpoint/Restart. HPC in Asia poster session, held with ISC'14, Leipzig, June 2014.
- 5) Akihiro Nomura, Shin'ichi Miura, Toshio Endo and Satoshi Matsuoka. Application Performance Characterization towards Exa-scale Supercomputers. HPC in Asia poster session, held with ISC'14, Leipzig, June 2014.
- 6) Guanghao Jin, Toshio Endo and Satoshi Matsuoka. Efficient Utilization of Memory Hierarchy on GPU Clusters: Optimization Methods and Performance Models. HPC in Asia poster session, held with ISC'14, Leipzig, June 2014.

### 【査読なし国際会議発表】

- 1) Toshio Endo. Locality Improvement of Stencil Computations for Big Simulations. JST/CREST International Symposium on Post Petascale System Software (ISP2S2), Kobe, December 4, 2014.
- 2) Toshio Endo. Software Technology that Deals with Deeper Memory Hierarchy in Post-petascale Era. 2014 ATIP Workshop: Japanese Research Toward Next-Generation Extreme Computing, New Orleans, November 17, 2014.
- 3) H. Nakamura, M. Kondo, K. Inoue, M. Schulz, T. Gamblin, B. Rountree, T. Endo, A. Nukada, S. Matsuoka. Power Management and Optimization toward Exascale Supercomputing. Workshop on International Cooperation for Extreme-Scale Computing, held with ISC'14, Leipzig, June 22, 2014.
- 4) Guanghao Jin, Mohamed Wahib, Naoya Maruyama, Toshio Endo, Satoshi Matsuoka. Locality Optimizations for Stencil Computations: Algorithms and Implementations, Workshop on Programming Abstractions for Data Locality (PADAL 2014), Lugano, April 28, 2014.

### 【国内学会・ワークショップ・講演会等での発表】

- 1) 高崙 祐樹, 遠藤 敏夫, 松岡 聡. GPU搭載システムにおける都市気流シミュレーションの大規模化と性能モデル. 情報処理学会研究報告, 2015-HPC-148 No.13, 8pages, 2015年3月3日.
- 2) 遠藤 敏夫. スーパーコンピュータの動向と東工大 Tsubame. 九州大学情報基盤研究開発センター「数値シミュレーションだけではないスーパーコンピュータ活用」ワークショップ, 福岡, 2015年1月14日.
- 3) 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. 自動チューニング研究会 第6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(ATTA2014), 東京, 2014年12月25日.
- 4) Tianqi Xu, Jin Guanghao, Endo Toshio, Matsuoka Satoshi. Efficient Utilization of Multi-level Memory System for Stencil Computation, IPSJ SIG Technical Report, 2014-HPC-147 No.10, 7 pages, Otaru, December 2014.
- 5) 高崙 祐樹, 遠藤 敏夫, 松岡 聡. GPUクラスタ上の実ステンシルアプリケーションの大規模化に向けた局所性向上の評価. 情報処理学会研究報告, 2014-HPC-146 No.23, 8pages, 2014年10月3日.
- 6) 遠藤 敏夫. 格子系アルゴリズムの局所性向上と HHRT ライブラリ上の実装. メモリプラスワークショップ - メモリとファイルストレージと OS と, 東京, 2014年9月17日.
- 7) 遠藤 敏夫. 高性能計算のプログラミングの最前線. 日本ソフトウェア科学会 第31回大会, PPL サマースクール 2014, 名古屋, 2014年9月7日.
- 8) 遠藤 敏夫. 超省エネ液浸冷却スパコン Tsubame-KFC. 日本能率協会 第14回熱設計・対策技術シンポジウム, 東京, 2014年7月25日.
- 9) 佐々木尚人, 佐藤賢斗, 遠藤敏夫, 松岡聡. 実アプリケーションにおけるウェーブレット変換を用いたチェックポイントデータの非可逆圧縮手法. 並列/分散/協調処理に関するサマワークショップ(SWoPP2014), 情報処理学会研究報告, 2014-HPC-145 No.7, 8pages, 2014年7月28日.
- 10) 都筑一希, 遠藤敏夫. CPU・GPU混載ノードにおける電力・性能モデルを用いたパワーキャッピング手法. 並列/分散/協調処理に関するサマワークショップ(SWoPP2014), 情報処理学会研究報告, 2014-HPC-145 No.10, 8pages, 2014年7月28日.
- 11) 野村 哲弘, 三浦 信一, 遠藤 敏夫, 松岡 聡. 実アプリケーションを用いた計算機評価ベンチマークと性能リポジトリの開発. 並列/分散/協調処理に関するサマワークショップ(SWoPP2014), 情報処理学会研究報告, 2014-HPC-145 No.29, 7pages, 2014年7月29日.
- 12) 辻田裕紀, 遠藤敏夫. マルチノード GPU 上のコレスキー分解へのデータドリブン型アルゴリズムの適用. 並列/分散/協調処理に関するサマワークショップ(SWoPP2014), 情報処理学会研究報告, 2014-HPC-145 No.46, 7pages, 2014年7月30日.
- 13) 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手法. 日

本計算工学会 第19回計算工学講演会, オーガナイズドセッション19, 広島, 2014年6月12日.

**【解説】**

- 1) 遠藤敏夫, 額田彰, 松岡聡. 超省エネスーパーコンピュータ TSUBAME . 石油学会, PETROTECH, 第37巻8号, pp. 605--609, 2014年8月.
- 2) 遠藤敏夫, 額田彰, 松岡聡. TSUBAME-KFC: 液浸冷却を用いた世界一省エネなスーパーコンピュータ . 東京工業大学学術国際情報センター, TSUBAME e-Science Journal, No.11, pp. 2--7, 2014年6月.

**【招待講演】**

- 1) Toshio Endo. Harnessing Memory Hierarchy towards Extreme Fast and Big Simulations. 2015 Conference on Advanced Topics and Auto Tuning in High-Performance Scientific Computing. Taipei, Feb 27, 2015.
- 2) Toshio Endo. Experiences with the 5.7Pflop/s System TSUBAME2.5 at Tokyo Tech. HP-CAST 22. Leipzig, Jun 20, 2014.

## 特任准教授 渡邊 寿雄 (高性能計算先端応用分野)

### 【研究の概要と成果】

#### 分子軌道計算カーネルコードの複雑さの解消に関する研究

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、方法論やプログラムの開発とともに計算機の能力の著しい進歩によって、様々な応用研究が行われるようになった。昨今のアクセラレータ型スパコンは計算性能のみならず省電力性能にも優れて注目されているが、同じ計算化学分野の分子動力学法の素早い対応状況とは対照的に、分子軌道法のプログラム群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解消を目指し、電子状態の基底関数展開を最も単純な関数(s型 Gauss 関数)での再展開と、縮約された基底関数の展開を検討している。これらの方法により計算量自体は増加するが、アクセラレータ型スパコンの特徴を活かしたプログラムの高速化によって高速化が可能である。また基底関数の再展開による基底関数従属性が原因で、反復法による収束が困難になる問題は、基底関数の再直交化により回避することが可能になった。

#### 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

分子軌道法が多くの応用研究に用いられるようになった主な要因は、タンパク質などの巨大分子や、溶媒効果などの反応場を露わな取り込みなど、これまでは不可能だった大規模分子軌道計算が現実的な時間内で可能となってきたからである。その中でもフラグメント分子軌道(FMO)法は、大規模分子系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。そこで我々は分子軌道計算カーネルコードの複雑さの解消したカーネルコードをこの OpenFMO プログラムに導入することにより、アクセラレータ型スパコンにおける大規模計算を行うことを目指している。

### 【国内学会・ワークショップ・講演会等での発表】

- 1) 渡邊 寿雄、稲富 雄一、梅田 宏明、本田 宏明、青柳 睦、長嶋 雲兵「ガウス型基底関数の s 型関数による再展開についての考察」第 8 回分子科学総合討論会 2014、ポスター発表 4P128、2014/9/21-24、広島大学 東広島キャンパス
- 2) 渡邊 寿雄「ガウス型基底関数の s 型関数による再展開についての考察」第 2 回 CUTE シンポジウム・コンピュータ化学、招待講演、2014/10/30-31、三重大学 地域イノベーション研究開発拠点

## 特任准教授 額田 彰 (高性能計算システム分野)

### 【研究の概要と成果】

#### GPU コンピューティングと電力管理に関する研究

スパコンの低消費電力化用の研究施設として TSUBAME-KFC を昨年度導入した。スパコンの消費電力のランキング Green500 List において 2013 年 11 月版に初めてエントリーし、世界一位を獲得した。今年度も同ランキングが 6 月と 11 月に更新され、それぞれに対して最大限の電力効率を得るべく計測を続け、6 月版では引き続き 1 位に、11 月版では 3 位となった。Green500 の条件として、同時期のスパコンの絶対性能のランキングである Top500 List の 500 位と同等以上の性能を出した時の電力値でなければならない。TSUBAME-KFC は 1 ラックに収納されており、スパコンとしては小規模なものであり常に 500 位の性能ラインに注意しなければならない。このラインを予測し、その範囲の中で GPU の動作周波数および電圧、ベンチマークプログラムのパラメータなどの調整を行い、また油浸冷却を行っているため油の温度が一番低くなる明け方を中心に計測を行い、最適な電力効率値を登録した。電力計測システムも整備し、全センサーデータを集約するサーバを導入し、全計算ノードやネットワーク上の他のノードからの複数同時アクセスを可能にした。

GPU を用いる各種計算の高速化についても引き続き行った。反復解法などで頻繁に用いられる疎行列ベクトル積計算を高速化するために、GPU のキャッシュを有効利用するために行列を列分割する疎行列フォーマットを開発した。また単精度計算が得意な GPU に対して単精度と倍精度の演算を共用する AMG 法を適用し、大幅な実行時間の短縮を実現した。主として単精度で AMG 法の反復計算を行い、単精度で十分小さな残差となる度に倍精度で残差を更新する refinement 法を用いる。全体の反復回数は混合精度アルゴリズムの使用によってほとんど増加することがないことが判明し、結果として単精度演算による演算およびメモリアクセスの効率向上の恩恵を受けることができる。

#### 【査読付き国際会議・国内学会発表】

- 1) Yuki Sumiyoshi, Akihiro Fujii, Akira Nukada and Teruo Tanaka. "Mixed Precision AMG method for Many Core Accelerators", In Proc. of International Workshop on Enhancing Parallel Scientific Applications with Accelerated HPC (ESAA 2014), in conjunction with EuroMPI/Asia 2014. Aug. 2014. (採択率不明)
- 2) Toshio Endo, Akira Nukada, Satoshi Matsuoka. TSUBAME-KFC: a Modern Liquid Submersion Cooling Prototype towards Exascale Becoming the Greenest Supercomputer in the World . In Proceedings of the 20th IEEE International Conference on Parallel and Distributed Systems (ICPADS 2014), Hsinchu, December, 2014. (採択率 29.8%)
- 3) Yusuke Nagasaka, Akira Nukada, Satoshi Matsuoka. Cache-aware Sparse Matrix Formats for Kepler

GPU, In Proceedings of the 20th IEEE International Conference on Parallel and Distributed Systems (ICPADS 2014), Hsinchu, December, 2014. (採択率 29.8%)

**【査読付きポスター発表】（採択率）**

- 1) Yusuke Nagasaka, Akira Nukada, Satoshi Matsuoka. “Cache-Aware Sparse Matrix Format for GPU”, In International Supercomputing Conference (ISC’14), HPC in Asia Posters, Leipzig, Germany, Jun. 2014. (採択率不明)
- 2) Taichirou Suzuki, Akira Nukada, Satoshi Matsuoka, “Efficient Execution of Multiple Applications Using Process Migration”, In International Supercomputing Conference (ISC’14), HPC in Asia Posters, Leipzig, Germany, Jun. 2014. (採択率不明)

**【査読なし国際会議発表】**

- 1) Akira Nukada, “Acceleration of FFT computation using NVIDIA GPUs”, Scalable Hierarchical Algorithms for eXtreme Computing (SHAXC-2 Workshop), Thuwal, Kingdom of Saudi Arabia, May 2014.

**【国内学会・ワークショップ・講演会等での発表】**

- 1) 長坂侑亮, 額田彰, 松岡聡, 「GPU のキャッシュを考慮した疎行列ベクトル積計算手法の性能評価」, 情報処理学会研究報告, Vol. 2014-HPC-144, No. 5, 2014 年 5 月.
- 2) 長坂侑亮, 額田彰, 松岡聡. 「GPU でのキャッシュ再利用性を考慮した列分割型疎行列フォーマットの性能評価」, NVIDIA GTC Japan 2014, ポスター, 2014 年 7 月.
- 3) 鈴木太郎, 額田彰, 松岡聡. 「Hyper-Q 活用のための透過的実行環境」, NVIDIA GTC Japan 2014, ポスター, 2014 年 7 月.
- 4) 鈴木太郎, 額田彰, 松岡聡. 「GPU 間マイグレーションによる効率的な並列実行」, 情報処理学会研究報告, Vol. 2014-HPC-145, No. 42, 2014 年 7 月.

## 助教 下川辺 隆史 (高性能計算システム分野)

### 【研究の概要と成果】

#### ステンシル計算のための GPU コンピューティング・フレームワークの開発とその高度化に関する研究

格子に基づいたステンシル計算はスパコンで実行される重要なアプリケーションの一つであり、GPU スパコンで高速化されてきている。GPU スパコンで効率的に実行するためには、複雑な最適化手法を導入する必要がある。これらをアプリケーションに簡単に導入することが可能な GPU コンピューティング・フレームワークを開発した。

提案フレームワークは、格子上的ステンシル計算を簡便に表現する C++ 言語のテンプレートクラスを提供する。プログラムユーザは、これを用い、格子計算のコアとなる格子点を更新する関数のみを記述し、フレームワークはこれを基に GPU 実行コードおよび CPU 実行コードを生成する。さらに、フレームワークは ユーザコードを MPI と OpenMP で並列化し複数 GPU で実行し、GPU 間通信を簡単に記述するクラスを提供する。これらを用い、通常の C++ コードを記述することで、性能を出すには制約の多い GPU アーキテクチャや GPU 間通信の実装を意識することなく、GPU スパコン向けの最適化を施すことが可能である。

大規模計算では、GPU 間の通信時間は全実行時間に対して無視できない。通信コストを計算で隠蔽するオーバーラップ手法の導入を大規模計算における性能向上にとって重要となる。本フレームワークは、カーネル分割によるオーバーラップ手法を提供する。図 1 にオーバーラップ手法の計算方法を示す。オーバーラップ手法では、中心領域の計算を開始し、それと同時に境界領域の計算に必要なデータを取得するための通信を行う。通信が終了した後、境界領域の計算を行う。これによって、通信の隠蔽を行う。

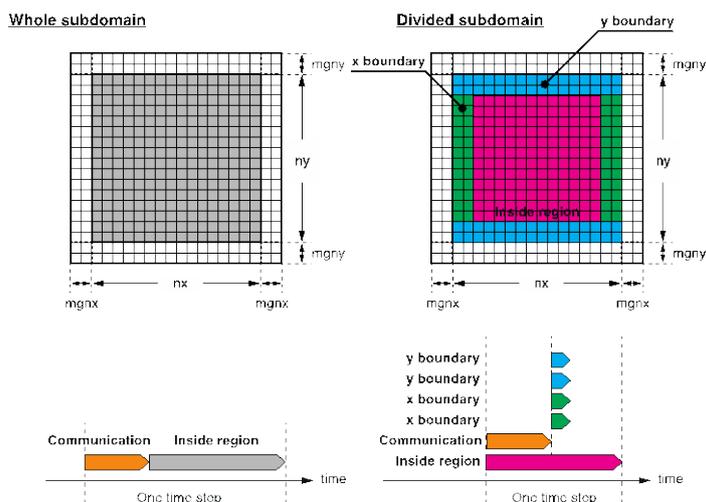


図 1: カーネル分割による計算と通信のオーバーラップ手法。オーバーラップを用いない手法では、通信と計算が逐次に行われる (左)。オーバーラップ手法では、中心領域の計算により通信が隠蔽され、性能が向上する (右)。

本研究では、これを用いて次期気象予報のために気象庁で開発されている非静力気象モデル ASUCA を GPU スパコンへ実装した。フレームワークによって、実装の複雑な通信を隠蔽するオーバーラップ手法等を簡便に ASUCA へ導入することが可能となり、高い生産性・可搬性を実現しながら、高い実行性能を達成することに成功した。図 2 は、フレームワークに基づいた ASUCA により、現在の数値予報で使用されている初期値データと境界値データを用いた台風の気象計算を行った例である。TSUBAME2.5 の 672 GPU を用い計算格子  $5,376 \times 4,800 \times 57$  (実際の格子間隔は水平 500m) で計算している。また、気象計算の他に、フレームワークを用い、圧縮性流体計算による Rayleigh-Taylor 不安定性の成長シミュレーションを実装し、フレームワークの実用性を示した。

GPU による格子計算では、その性能は計算に用いるスレッド数などの実行時パラメータに大きく依存する。実行時に最適なパラメータを自動選択する機構をフレームワークに導入し、フレームワーク自身の高性能化にも取り組んでいる。

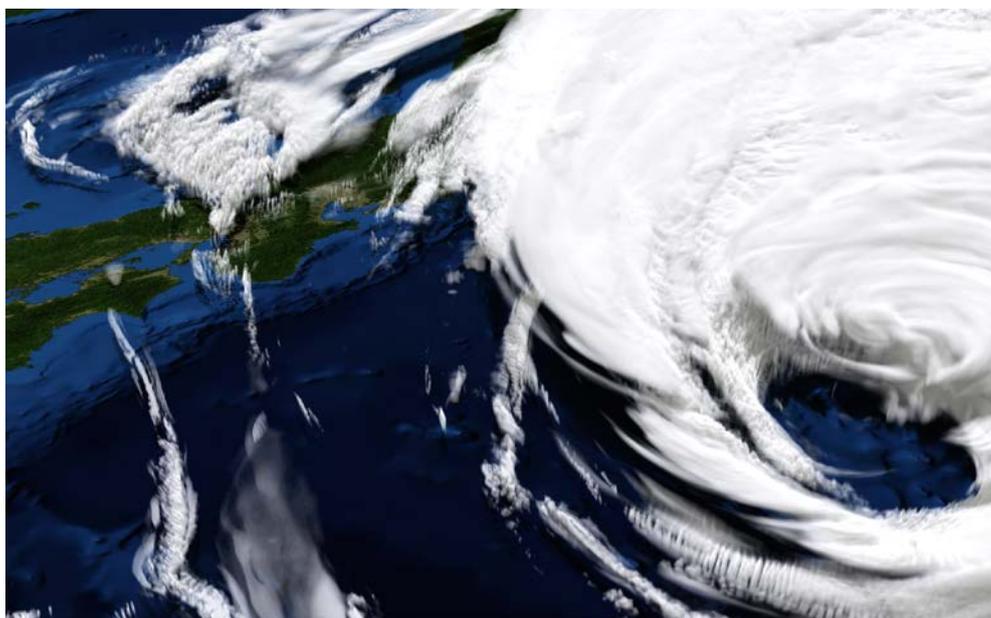


図 2 : TSUBAME2.5 の 672GPU を用いた台風の気象計算の例. 計算格子  $5,376 \times 4,800 \times 57$  を用い水平解像度 500m で計算している.

#### 【査読付き国際会議・国内学会発表】

- 1) Takashi Shimokawabe, Takayuki Aoki and Naoyuki Onodera, "High-productivity Framework on GPU-rich Supercomputers for Operational Weather Prediction Code ASUCA," in Proceedings of the 2014 ACM/IEEE conference on Supercomputing (SC'14), New Orleans, LA, USA, Nov 2014. (採択率 21%)

#### 【査読付きポスター発表】

- 1) Takashi Shimokawabe, "A High-Productivity Framework for Multi-GPU Computing of Weather Prediction Code ASUCA," GTC 2015, San Jose, CA, USA, Mar 2015. (GTC Poster Award finalist)

#### 【国内学会・ワークショップ・講演会等での発表】

- 1) 下川辺隆史, 青木尊之, 小野寺直幸, "GPU スパコンによる格子に基づいたシミュレーションのための GPU コンピューティング・フレームワーク," AXIES 大学 ICT 推進協議会 2014 年度 年次大会, 仙台, 2014 年 12 月.
- 2) 下川辺隆史, 青木尊之, 小野寺直幸, "ステンシル計算のための GPU コンピューティング・フレームワークのチューニング高度化," 第 205 回 ARC・第 147 回 HPC 合同研究発表会 (HOKKE-22), 小樽, 2014 年 12 月.
- 3) Takashi Shimokawabe, "High-productivity Framework on GPU-rich Supercomputers for Weather Prediction Code," CREST-ECRC workshop, King Abdullah University of Science and Technology, Thuwal, Saudi Arabia, Sep 2014.
- 4) Takashi Shimokawabe, "A High-productivity Framework on GPU-rich Supercomputers for Mesh-based applications," Workshop on HPC and Cloud Accelerators, 神戸, 2014 年 8 月.
- 5) 下川辺隆史, 青木尊之, 小野寺直幸, "マルチ GPU コンピューティング・フレームワークを用いた高精度気象計算コードの開発," 学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点 第 6 回シンポジウム, 東京, 2014 年 7 月. (ポスター)
- 6) 下川辺隆史, 青木尊之, 小野寺直幸, "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," 日本計算工学会 第 19 回計算工学講演会論文集(CD-ROM), 広島, 2014 年 6 月.

## 特任助教 佐藤 仁 (高性能計算システム分野)

### 【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

スーパーコンピュータ上でのビッグデータ処理性能を評価する Graph500 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デバイス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た。これまで、Graph500 上位の実装で採用されている Hybrid BFS Algorithm を対象にし、九州大学 マスフォアインダストリ研究所 藤澤克樹教授らグループで開発されている実装を基盤に、Forward Graph と Backward Graph で構成されるグラフ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、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てきた。今年度は、さらなる実装の最適化と省メモリ化を強力に進め、ホストのメモリ容量の4倍程度を超えるようなさらなる大規模グラフサイズでも14%程度の性能低下に抑えられることを確認した。また、この実装をもとに、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、2014年6月に BigData Category で第3位(GraphCREST-Custom #1 というマシンで Scale31 のグラフに対し 35.21MTEPS/W の性能)、2014年11月に BigData Category で第4位(GraphCREST-Custom #1 というマシンで Scale32 のグラフに対し 35.87MTEPS/W の性能)を達成した。特に後者の結果は、2013年11月に第1位を達成した TSUBAME-KFC (Scale32 のグラフに対して 6.72MTEPS/W)と比較して、シングルノードでも同規模のグラフに対して省電力で処理可能を示している。

#### MapReduce 型グラフ処理モデル GIM-V の複数 GPU による大規模計算と不揮発性メモリ拡張

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。今年度は、特に、実装の最適化と大規模環境への適用を進め、TSUBAME2.5 の1024ノード(12288 CPU コア、3072 台の GPU)を用いて大規模な実証実験を行った。デバイスメモリの容量を超えるグラフデータ(171.8 億頂点、2749 億枝からなる大規模グラフ)を処理する際に1ノードあたり3GPUを使用した場合、2.81 Giga Edges/sec (1秒あたりに処理した枝数、47.7GB/sec)の性能になり、CPU 上での実行に対して2.10倍の高速化を確認した。また、ウィークスケーリングの性能を計測した結果、1024ノード(3072 台の GPU)を使用した場合に1ノード(3 台の GPU)を使用した場合に対して、686倍の性能向上を示し、良好なスケーラビリティを確認した。また、この GPU MapReduce の実装を基盤に BSP (Bulk

Synchronous Parallel)による実装への拡張や不揮発性メモリデバイスの利用のための拡張などを進めた。さらに、MapReduce 処理の内部にあるソート処理の高速化のために、GPU のデバイスメモリの容量を超える規模のデータに対しても高速な処理可能な大規模分散ソートの実装の開発を進め、TSUBAME2.5 の 1024 ノードのうちの 2048 台の GPU を用いて、4TB の 64bit 整数をソートした結果、0.25TB/s のスループットが得られた<sup>2)</sup>。これは CPU1 スレッドのみの実装と比べると 3.61 倍、CPU6 スレッド並列のものと比べると 1.40 倍の性能となっている。

#### 【査読付き学術論文】

- 1) Satoshi Matsuoka, Hitoshi Sato, Osamu Tatebe, Fuyumasa Takatsu, Mohamed Amin Jabri, Michihiro Koibuchi, Ikki Fujiwara and, Shuji Suzuki, Masanori Kakuta, Takashi Ishida, Yutaka Akiyama, Toyotaro Suzumura, Koji Ueno, Hiroki Kanezashi, and Takemasa Miyoshi, "Extreme Big Data (EBD): Next Generation Big Data Infrastructure Technologies Towards Yottabyte/Year", Supercomputing Frontiers and Innovations, Vol.1, No.2, 2014.

#### 【査読付き国際会議・国内学会発表】

- 1) Keita Iwabuchi, Hitoshi Sato, Yuichiro Yasui, Katsuki Fujisawa, Satoshi Matsuoka, "NVM-based Hybrid BFS with Memory Efficient Data Structure", 2014 IEEE International Conference on BigData (IEEE BigData 2014), 2014. (採択率 18.6%)
- 2) Hideyuki Shamoto, Koichi Shirahata, Aleksandr Drozd, Hitoshi Sato, Satoshi Matsuoka, "Large-scale Distributed Sorting for GPU-based Heterogeneous Supercomputers", 2014 IEEE International Conference on BigData (IEEE BigData 2014), 2014. (採択率 18.6%)
- 3) Koichi Shirahata, Hitoshi Sato, Satoshi Matsuoka, "Out-of-core GPU Memory Management for MapReduce-based Large-scale Graph Processing", In Proceedings of IEEE Cluster2014, pp. 221-229, 2014. (採択率 23.8%)
- 4) 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), pp.1171-1180, 2014. (採択率 21.1%)
- 5) 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, pp. 1698-1707, 2014. (採択率 46.7%)

#### 【査読付きポスター発表】(採択率)

- 1) 社本秀之, 白幡晃一, Aleksandr Drozd, 佐藤仁, 松岡聡, "GPU Implementation of Splitter-based Parallel Sorting for Large-scale Heterogeneous Architectures", GPU Technology Conference Japan, 東京, 2014. (採択率 不明)
- 2) 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), 2014. (採択率 不明)

#### 【査読なし国際会議発表】

- 1) Hitoshi Sato, "Big Data Processing on GPU-based supercomputers", GPU COE Achievement Award, GPU Technology Conference, San Jose, 2014 年 3 月 17 日
- 2) Hitoshi Sato, "Extreme Big Data (EBD) Next Generation Big Data Infrastructure Technologies Towards Yottabyte/Year", 2014 ATIP Workshop: Japanese Research Toward Next-Generation Extreme Computing in conjunction with SC14, New Orleans, USA, 2014.
- 3) Satoshi Matsuoka and Hitoshi Sato, "Abstractions for Convergence of Big Data and HPC in Deep Memory Hierarchy Machines", Workshop on Programming Abstractions for Data Locality (PADAL 2014), Lugano, Switzerland, 2014.
- 4) Hitoshi Sato, Shuichi Ihara, Satoshi Matsuoka, "Lustre 2.5 Performance Evaluation: Performance Improvements with Large I/O Patches, Metadata Improvements, and Metadata Scaling with DNE", Lustre User Group 2014, Miami, USA, 2014.

#### 【国内学会・ワークショップ・講演会等での発表】

- 1) 佐藤仁, "Extreme Big Data: Convergence of Extreme Computing and Big Data Technologies", Japan Lustre User Group 2014, 東京, 2014.
- 2) 佐藤仁, "不揮発性メモリを考慮した大規模グラフの高速処理", メモリープラスワークショップ, 東京, 2014.
- 3) 佐藤仁, "TSUBAME2 における GPU を用いた大規模データ処理", GPU Technology Conference Japan 2014, 東京, 2014.

#### 【解説】

- 1) 佐藤仁, 上野晃司, 白幡晃一, 社本秀之, 松岡聡, "将来のスーパーコンピュータにおけるエクストリームなビッグデータ処理にむけた TSUBAME2 での取り組み", TSUBAME e-Science Journal, vol.12, pp.2-7, 2014.

特任助教 小野寺 直幸 (高性能計算先端応用分野)

### 【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の高度化に関する研究

2014 年度は、昨年度に学術大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点の共同研究制度を利用し開発した、格子ボルツマン法による流体構造連成の計算コードの検証を進めることで、計算手法の信頼性を高めた。乱流の基礎的な検証問題である平行平板間乱流計算および回転する球周りの乱流解析を行った結果、既存の検証結果および実験結果を再現し、本計算手法が乱流と物体の相互作用問題を高精度に取り扱える事を確認した。また、日本原子力学会「2014 年秋の大会」の計算科学技術部門企画セッション「解析結果可視化の最前線」の講演に対して、計算科学技術部門の CG 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。

乱流と物体の相互作用を解析することは、最適設計を行う上で非常に重要である。本研究では、大規模計算に非常に適している格子ボルツマン法に、実用レベルの乱流計算手法として最も精度が高いラージエディ・シミュレーション (LES) の乱流モデルを導入することで、高精度な乱流解析手法を開発した。乱流計算として、壁乱流の検証問題である平行平板間乱流計算を行う。計算条件として、摩擦レイノルズ数  $Re_\tau = 590$ 、計算領域  $(L_1, L_2, L_3) = (6, 2, 3)$ 、格子点数  $(N_1, N_2, N_3) = (768, 256, 384)$ 、 $(1536, 512, 768)$  を設定した。境界条件として、 $x_2$  方向にすべりなし境界条件、 $x_1$  および  $x_3$  方向に周期境界条件を設定し、主流の  $x_1$  方向に圧力勾配を与えた。図 1 に主流方向の平均速度分布を示す。横軸は壁面方向の粘性座標 ( $x_2^+ = Re_\tau x_2$ ) である。壁面に近い粘性低層領域 ( $x_2^+ < 10$ ) では格子点数がいずれの解像度においても、差分法の DNS と同様の速度分布が得られた。バッファ領域から対数領域 ( $x_2^+ > 10$ ) においては、格子点数が少ない結果で DNS の平均速度分布をわずかに過大評価するものの、非常に良い結果となった。図 2 に主流方向の乱流強度 (速度の rms 値) を示す。格子解像度が低い結果においては、主流方向の乱流強度 ( $u_1'$ ) を過大評価、壁面・スパン方向の乱流強度 ( $u_2'$ ,  $u_3'$ ) を過小評価したものの、非常に良い結果が得られた。格子解像度が高い結果においては、DNS の結果と完全に一致している。乱流モデルを用いない LBM の計算では、計算が不安定となり最終的に破綻した。

次に流れの計算領域中に物体を含む問題として、球周りの乱流計算の検証を行った。図 3 に球周りのラージエディ・シミュレーションの抗力係数 ( $C_D$ ) を示す。物体境界は距離関数により表され、LBM の速度分布関数の境界条件として、Interpolated Bounce-Back 法を用いた。本計算結果より、 $10^4$  以上の高いレイノルズ数においても実験結果を近似した曲線と同様の結果が得られた。次に、回転する球の抗力・揚力係数の検証問題を計算した。レイノルズ数を 30,000 と設定し、主流方向の速度に対して、物体表面の回転速度の比であるスピンパラメータ (SP) を変化させた。図 4 に計算結果を示す。計算結果より、SP が 0.4 以下と小さい領

域に対しては、実験結果との良い一致を示していることが確認された。また、0.6~0.8の領域について、揚力係数が多少の過大評価をしているものの、抗力・揚力係数が極小値となる結果を再現した。

以上の結果より、開発した乱流解析手法は、移動物体を含むような乱流計算においても高精度に実験結果を再現できる手法であることが確認できる。

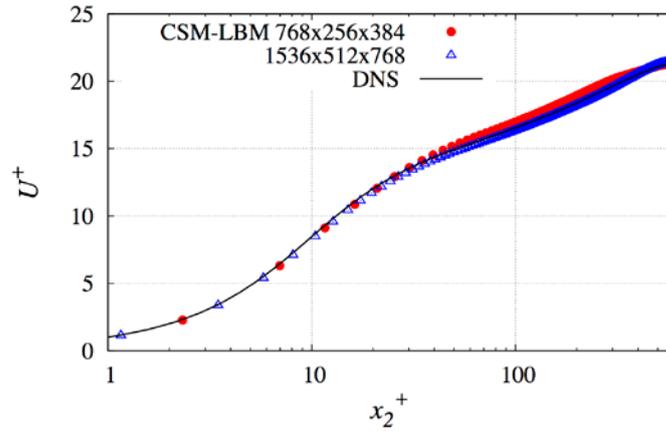


図1 平行平板間乱流計算における主流方向速度分布

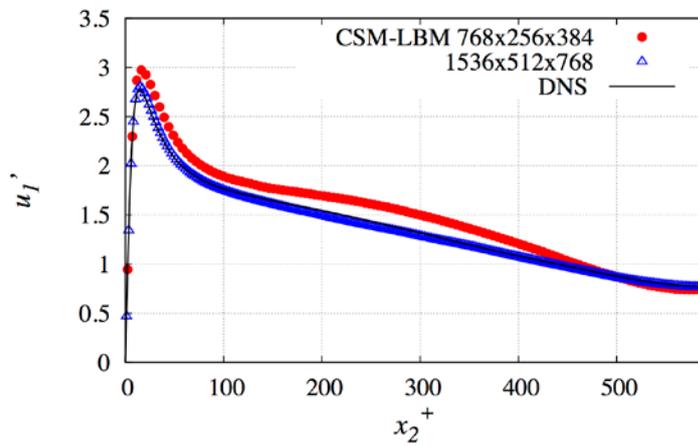


図2 平行平板間乱流計算における主流方向乱流強度分布

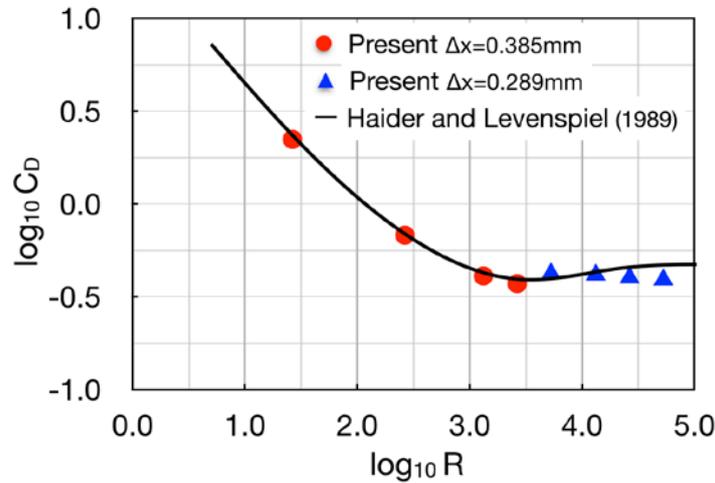


図3 格子ボルツマン法における静止した球に対しての抗力係数の変化

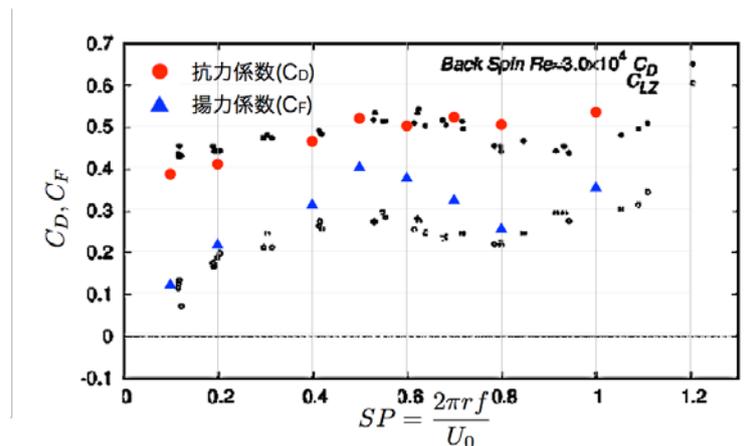


図4 格子ボルツマン法における回転する球に対しての抗力・揚力係数の実験との比較

**【査読なし国際会議発表】**

- 1) Naoyuki Onodera and Takayuki Aoki, "Peta-scale large-eddy simulation using lattice Boltzmann method on the TSUBAME supercomputer", KSME-JSME Joint Symposium on Computational Mechanics & CAE 2014 at JEJU, JEJU, Korea, 2014/5/1

**【国内学会・ワークショップ・講演会等での発表】**

- 1) 小野寺直幸, 青木尊之, 下川辺隆史, "複数 GPU を用いた格子ボルツマン法による卓球競技のピンポン玉のシミュレーション", 計算工学講演会, 広島, 2014/6/12
- 2) 小野寺直幸, "TSUBAME の GPU を用いた格子ボルツマン法による大規模ラージエディ・シミュレーション", 日本機械学会 流体工学部門 格子ボルツマン法の基礎と応用に関する研究会, 京都, 2014/6/27
- 3) 小野寺直幸, 青木尊之, 下川辺隆史, 小林宏充, "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—卓球競技におけるピンポン玉の軌道の解析—、学術大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点 第6回シンポジウム、東京、2014/7/10

- 4) Naoyuki Onodera and Takayuki Aoki, "Large-eddy simulation of turbulent flow around a car body using lattice Boltzmann method on the TSUBAME supercomputer" 11th. World Congress on Computational Mechanics (WCCM XI), Barcelona, Spain, 2014/7/20-25
- 5) 小野寺直幸、青木尊之、下川辺隆史、杉原健太、宮下達治、泉田康太、"GPU を用いた大規模アプリケーションの最適化および可視化"、日本原子力学会「2014 年秋の大会」、計算科学技術部門企画セッション「解析結果可視化の最前線」、京都、2014/9/8
- 6) 杉原 健太, 小野寺 直幸, 青木 尊之, "格子法による気液二相流の GPU スパコンを用いた大規模シミュレーション —粒子法と同じ自由度で直接比較— ワークショップ 自由表面や気液界面を含む流れの数値解析—粒子法と格子法, 数理と実践—", 博多, 2014/9/10
- 7) 小野寺直幸、青木尊之、泉田康太、"格子ボルツマン法を用いたピンポン玉の運動の大規模ラージエディ・シミュレーション"、日本流体力学会年会 2014、仙台、2014/9/16
- 8) 小野寺直幸、青木尊之、泉田康太、"ピンポン玉の運動のスパコンによる大規模流体構造連成解析"、第 92 期 日本機械学会流体工学部門、富山、2014/10/26
- 9) Takashi Shimokawabe, Takayuki Aoki, Naoyuki Onodera, "High-productivity Framework on GPU-rich Supercomputers for Operational Weather Prediction Code ASUCA", Proceedings of the 2014 ACM/IEEE conference on Supercomputing (SC'14), New Orleans, USA, 2014/11/18
- 10) 小野寺直幸、青木尊之、泉田康太、"ピンポン玉の乱流中での浮遊の大規模流体構造連成解析"、日本機械学会 第 27 回計算力学講演会、盛岡、2014/11/24
- 11) 泉田康太、青木尊之、小野寺直幸、杉原健太、中島聖、本郷均、横畑 英明、"流入・流出を伴う気液二相が存在する容器内における気泡挙動の解析"、第 28 回数値流体力学シンポジウム、東京（船堀タワーホール）、2014/12/9
- 12) 長谷川雄太、青木尊之、小野寺直幸、"格子細分化を導入した D3Q27 格子ボルツマン法の GPU 実装"、第 28 回数値流体力学シンポジウム、東京（船堀タワーホール）、2014/12/10
- 13) 下川辺隆史、青木尊之、小野寺直幸、"ステンシル計算のための GPU コンピューティング・フレームワークのチューニング高度化"、第 205 回 ARC・第 147 回 HPC 合同研究発表会 (HOKKE-22)、小樽、2014/12/10
- 14) 下川辺隆史、青木尊之、小野寺直幸、"GPU スパコンによる格子に基づいたシミュレーションのための GPU コンピューティング・フレームワーク"、AXIES 大学 ICT 推進協議会 2014 年度 年次大会、仙台、2014/12/12

## 特任助教 三浦 信一 (高性能計算システム分野)

### 【研究の概要と成果】

#### データサイエンス推進のためのデータ共有基盤に関する研究

遺伝データや天文学データ等のサイエンスビッグデータは、シーケンサや天体カメラ等の技術進歩により取得できるデータ量は飛躍的に増大している。例えば遺伝学研究所が管理している国際塩基配列データベースは、現状で 1.5 PB 程度ではあるが、数年のうちに 5 PB に達する見込みであり、このような巨大なサイエンスビッグデータをより効率的に保存・アクセスする技術が必要である。また、これらのデータの大規模化に伴い、これを解析するための計算量も増大しており、スーパーコンピュータや外部のクラウド DC などの活用したサイエンスビッグデータ処理が必要である。本研究は、広域に分散された計算資源から、大容量のサイエンスビッグデータを効率的に共有する基盤の開発を行う。

本年度は、国立遺伝学研究所が有する国際塩基配列データベースに注目し、この国際塩基配列データを、TSUBAME などの全国のビッグデータ処理基盤からアクセスできるよう、広域分散ファイルシステムの構築を行っている。

#### 次世代スーパーコンピュータの技術開発に関する研究

スマートフォンやタブレットといったモバイル向けのプロセッサは、今後のプロセッサ開発の主役になりつつある。これらのモバイル向けプロセッサは非常に安価で低消費電力であるが、現状スーパーコンピュータ等で使用されるプロセッサに比べて比較的 low performance である問題を有している。しかしながらモバイル向けプロセッサは低消費電力であるため高密度に実装が可能であり、2020 年代の技術を用いることで、1 ラックの筐体上 1 万個程度のモバイルプロセッサが搭載可能であり、現在の京コンピュータ並みの性能を実現可能であると考えられる。そこで、現在調達中の TSUBAME3.0 の後継機を見据え、モバイル向けの高性能プロセッサを高密度に実装した場合の基本的な評価や問題点の検討を行っている。

本年度は、GPU を搭載したモバイル向けプロセッサである Tegra K1 に注目し、これが実装された評価キットである Jetson TK1 を用いたコンセプトマシン『TSUBAME Golden Box』を構築した。TSUBAME Golden Box は、260mm x 130mm x 130mm の空間に Jetson TK1 18 ノードを高密度に実装し、また、TSUBAME-KFC で利用されている油浸冷却技術を応用した冷却機構を備えている。このコンセプトマシンを、アメリカ ニューオーリンズで開催された SC15 においてデモンストレーションしたところ、多くの来場者から注目されることになった。

## 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、システム提供機関として初めて HPCI 共用ストレージを H25 年度に整備し、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提供している。

本年度は、HPCI 共用ストレージの本格的な運用にあたり、システムの安定化を実施した。

### 【査読付きポスター発表】

- 1) Akihiro Nomura, Shin'ichi Miura, Toshio Endo and Satoshi Matsuoka. Application Performance Characterization towards Exa-scale Supercomputers. HPC in Asia poster session, held with ISC'14, Leipzig, June 2014.

### 【国内学会・ワークショップ・講演会等での発表】

- 1) 野村哲弘, 三浦信一, 遠藤敏夫, 松岡聡. “実アプリケーションを用いた計算機評価ベンチマークと性能リポジトリの開発”. 情報処理学会研究報告, 2014-HPC-145 No.29, 2014 年 7 月.
- 2) 實本英之, 小林泰三, 松本正晴, 滝澤真一郎, 三浦信一, 中島研吾. “複数拠点利用を実現するユーザ駆動型・拠点協調フレームワーク”, 信学技報, vol. 114, no. 155, CPSY2014-36, pp. 155-159, 2014 年 7 月
- 3) 遠藤敏夫, 額田彰, 松岡聡, 三浦信一, “ウルトラグリーンスパコンテストベッド TSUBAME-KFC の運用経験”, 大学 ICT 推進協議会 (AXIES2014), 仙台, 2014 年 12 月

### 【研究の概要と成果】

スーパーコンピュータ上で動作するアプリケーションの性能は、アプリケーションの特性とスーパーコンピュータの特性によって大きく変わり、Flops などに代表される単一の指標で評価できるものではなく、アプリケーションとスーパーコンピュータの性能モデルの形で表されるものである。その一方で、各アプリケーションにおける演算量やメモリアクセスマンなどの性能モデルを構築する上で必須となる指標を収集・格納する統一的な手法はいまだに普及していない。本年度は、昨年度から引き続き調査を行っている性能指標の計測手法について文書化を行い TSUBAME ホームページ等で公開するとともに、計測ツールの TSUBAME 上での整備を引き続き行った。また、計測データの格納先である性能リポジトリのデザインの改善を行った。得られたデータを任意の軸で抽出することにより、性能モデル作成に有用な情報となることを確認した。

スーパーコンピュータ上では複数のアプリケーションが同時に実行されており、主にストレージなどの資源を共有している。複数のアプリケーションが同時にストレージサーバにアクセスを行った際に、ストレージの性能劣化がアプリケーションの性能に与える影響は、アクセスパターンや 1 回の読み書きの量に強く影響される。I/O のプロファイリングに耐える軽量プロファイラを開発し、マイクロベンチマークによってアクセスパターン等の組み合わせによるアプリケーションの性能劣化の傾向を調べた。また、実アプリケーションを用いて同様の比較を行い、マイクロベンチマークによるモデル化が実アプリケーション間の性能劣化をよく反映することを確認した。

### ヘテロジニアススパコンにおける資源管理手法に関する研究

TSUBAME2.5 のようなヘテロジニアススーパーコンピュータ上で動作するアプリケーションの多くは、CPU もしくはアクセラレータの一方の資源を重点的に利用し、他方は利用されないままとなる。TSUBAME2.5 では、GPU 中心のジョブを実行するノード内に仮想マシンを作り、その中で CPU 中心のジョブを実行することで、資源利用の効率化を図っている。しかしながら、GPU 中心のジョブのなかには、GPU を 1 台しか実行しないプログラムがあり、GPU を 3 台備えるノードをそのまま割り付ける現状のキュー構成の実装では無駄が生じている。また、GPU を 4 台以上使おうとすると、複数ノードにまたがるプログラムを MPI などを用いて記述する必要があり、その点でも生産性が十分に高いとは言えない。そこで、他のノードの GPU を仮想的に利用するためのフレームワーク rCUDA を評価し、アプリケーションの実行速度の低下をモデル化して、rCUDA の存在を前提とした際に TSUBAME2.5 のワークロードにおいてジョブの投入から終了までの時間が 5% 短くなることを確認した。

#### 【査読付き国際会議・国内学会発表】

- 1) Chih-Song Kuo, Aamer Shah, Akihiro Nomura, Satoshi Matsuoka and Felix Wolf "How File Access Patterns Influence Interference Among Cluster Applications", IEEE International Conference on Cluster Computing (CLUSTER2014), 2014/9, DOI: 10.1109/CLUSTER.2014.6968743 (採択率 23.8%)
- 2) Pak Markthub, Akihiro Nomura and Satoshi Matsuoka "Using rCUDA to Reduce GPU Resource-assignment Fragmentation caused by Job Scheduler" The 15th International Conference on Parallel and Distributed Computing, Applications and Technologies (PDCAT2014), 2014/12 (採択率不明)

#### 【査読付きポスター発表】 (採択率)

- 1) Akihiro Nomura, Shin'ichi Miura, Toshio Endo and Satoshi Matsuoka "Application Performance Characterization towards Exa-Scale Supercomputers", HPC in Asia Session at International Supercomputing Conference (ISC14), 2014/6 (採択率不明)

#### 【国内学会・ワークショップ・講演会等での発表】

- 1) 野村哲弘, 三浦信一, 遠藤敏夫, 松岡聡 "実アプリケーションを用いた計算機評価ベンチマークと性能リポジトリの開発", 情報処理学会研究報告 Vol.2014-HPC-145(29), 2014/7
- 2) Pak Markthub, Akihiro Nomura and Satoshi Matsuoka "Increasing GPU batch queue's utilization using rCUDA", IPSJ SIG Technical Report Vol.2014-HPC-145(24), 2014/7

## 客員教授 小林 宏充

### 【研究の概要と成果】

#### マルチ GPU による乱流の直接計算および Large-eddy Simulation

青木尊之教授、小野寺直幸特任助教と共同で複数 GPU を用いた乱流計算への適用について、継続して研究を行っている。

検討を非圧縮性の乱流の数値計算では、高精度な計算が要求される。そのため、圧力と速度のカップリング方程式から連続の式を満たすように導出された圧力のポアソン方程式を解く。高精度な計算が可能な一方で、大規模並列計算においては、高速化や並列性能に影響を及ぼすことが知られている。そこで、これまでのポアソン方程式を用いる非圧縮性流体の解法とは異なる格子ボルツマン法によって、平行平板間乱流の計算を複数 GPU を用いて行った。

壁近くにおいて生成される小さな乱流渦が平板間の中央まで移動することがあるので、壁近くの格子解像度を上げることが乱流計算では重要である。そのため、これまでは壁近くに細かいメッシュを生成するようにすることで、格子点を削減していたが、格子ボルツマン法では、同じ大きさの正方メッシュを利用するほうが高精度であるので、全領域を等間隔のメッシュで切る。その結果、多くの格子点を利用することによる計算速度の低下、大メモリ容量を複数の GPU を利用して効率的に並列化することで、乱流モデルを用いない直接計算 (Direct Numerical Simulation: DNS) およびメッシュサイズよりも小さな渦はモデル化を行う Large-eddy Simulation (LES) において、実用的な計算が可能であることを実証した。

#### 乱流中に見られる楕円渦周りでの Large-eddy Simulation におけるエネルギー輸送

乱流中には様々な渦が存在するが、その渦は楕円形のバーガーズ渦で模擬されることが知られている。格子サイズ以下の小さな渦をモデル化する Large-eddy Simulation においては、それらの渦にフィルタを掛けて粗視化し、格子で解像できるグリッドスケール (grid-scale: GS) の渦は直接計算をし、解像できない格子以下のスケール (subgrid-scale: SGS) へのエネルギー輸送の空間分布およびその量を理解することが重要となる。LES ではそのエネルギー輸送をモデリングするが、そのモデリングは経験や実際に DNS によって計算された乱流にフィルタを掛けることで、空間相関が求められ、実際にどのようなモデルがどのような領域でエネルギーを輸送しているのかといった理論的な検討はなされてこなかった。そこで、乱流中に見られる楕円形断面をもつ渦に対して、微分フィルタを用いることで、その楕円渦のどの領域で GS から SGS へエネルギーが輸送されるのか、また逆に SGS から GS へエネルギーが輸送されるのかを、解析解および近似的な数値解をもとに解析的に求めた。実際の DNS の渦を用いて、その解析が正しいか今後検討を行っていく予定である。

## 液体金属 MHD 発電機内での様々な負荷条件下での乱流現象に関する研究

液体金属を矩形ダクトに流し、磁場をダクト壁に垂直に印加すると、流れと磁場の方向、それぞれに垂直な壁方向に起電力が発生する。その対向する壁面に電極を設置し、負荷抵抗で繋ぐことで、外部に電力を取り出す MHD 発電機において、その負荷の条件を変えることで、どのような乱流現象が発生するかを、LES を用いて検討した。液体金属は電気伝導性を有するため、磁場を印加すると流れに対向するようにローレンツ力が働く。乱流は様々な方向に変動しているが、その変動も抑制され、発電領域では層流化する。負荷が open 条件の場合、起電力方向には M 字形の速度分布が得られ、下流ではその壁付近から乱流へ遷移し、側壁ジェットが発生することがわかった。また、負荷が short の場合、壁近くでも強い電流が流れるので、強いローレンツ力に起因して逆流が起こり、乱流遷移が起こりにくいことがわかった。また、電極間に電流を外部から強制的に流すことで、ポンプ（加速）条件を作ることができる。この場合も open 条件と同様に M 字形の平均流速分布が得られるが、遷移した乱流は open 条件よりも強くなることがわかった。

### 【査読付き学術論文】

- 1) Xian Wang, Yanqin Shangguan, Naoyuki Onodera, Hiromichi Kobayashi, and Takayuki Aoki, "Direct Numerical Simulation and Large Eddy Simulation on a Turbulent Wall-Bounded Flow Using Lattice Boltzmann Method and Multiple GPUs", *Mathematical Problems in Engineering*, Volume 2014 (2014), Article ID 742432, 10 pages
- 2) Liancheng Hu, Hiromichi Kobayashi, Yoshihiro Okuno, "Influence of Working Fluid Characteristics on the Performance of a Liquid Metal Magnetohydrodynamic Generator", *IEEJ Transactions on Power and Energy*, Vol. 134, No. 12, pp. 973-979 (2014)

### 【査読なし国際会議発表】

- 1) Hiromichi Kobayashi, "Analytical approach to the energy transfer around elliptic Burgers vortices", the 67th Annual Meeting of the APS Division of Fluid Dynamics, San Francisco, USA (2014)
- 2) Liancheng Hu, Hiromichi Kobayashi, Yoshihiro Okuno, "Performance of a Liquid Metal MHD Power Generation System for Various External Forces", 12th International Energy Conversion Engineering Conference (IECEC 2014), AIAA-2014-3558, Cleveland, USA (2014)

### 【国内学会・ワークショップ・講演会等での発表】

- 1) Liancheng Hu, Hiromichi Kobayashi, Yoshihiro Okuno, "Turbulent Phenomena in Liquid Metal MHD Flows under Various Load Conditions", 電気学会 新エネルギー・環境研究会, 講演要旨集, 福島, (2014.11)

### 【書籍】

- 1) 宮内敏雄, 店橋護, 小林 宏充, 「流体力学の基礎」, 数理工学社, 978-4-86481-023-4 (2014)

客員准教授 丸山 直也

### 【研究の概要と成果】

#### GPU アクセラレータに関する研究

昨年度に引き続き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。まず、指示文による GPU プログラミングインターフェイスである OpenACC について性能可搬性を改善する研究を進めた。OpenMP と同様に OpenACC では既存の CPU 向けプログラムに指示文のみを追加することで GPU 等のアクセラレータを利用でき、プログラミングの生産性という観点からは CUDA や OpenCL 等より大幅に優れている。一方、OpenACC で記述できる範囲はアクセラレータ側にオフロードするプログラム中のコードやデータを指示するのみであり、アクセラレータ利用による性能向上には必ずしも十分とは言えない。特に構造体等のデータ型については利用するアクセラレータに適したレイアウトが CPU とは異なる場合があり、そのような場合に高い性能を達成するためには現状の OpenACC では人手でレイアウトを変更することが OpenACC の指示文追加に加えて必要になる。一方でそのような特定のアクセラレータに依存した最適化をプログラムの変更として埋め込むことは OpenACC の利点である指示文によるプログラミングから逸脱するものであり、プログラムの最適化やメンテナンスのコストが問題になる。

我々はこの問題を解決するために OpenACC の拡張として指示文によりデータレイアウトの変換を記述可能とする研究を進めている。具体的にはレイアウトの変換を記述する指示文を追加した拡張 OpenACC を定義し、我々が実装を進めているプログラム変換器によって拡張 OpenACC プログラムをデータレイアウトが最適化された標準 OpenACC プログラムへと変換する。変換の例としては、いわゆる Structure of Array (SOA) 型と Array of Structure (AOS) 型の変換が CPU プログラムを GPU 化する際に頻出する最適化パターンの一つといえるが、我々の拡張 OpenACC ではそのようなレイアウト変換を指示文によって指定可能である。また多次元配列においては通常 CPU では各スレッドがストライド1アクセスとなるように次元を持つが、GPU では連続するスレッドのアクセスがストライド1となることが効率上望ましく、そのような場合には一般的にプログラマがプログラム中の多次元配列について次元の入れ替えによってアクセス効率の最適化を行う。このような場合においても我々の拡張 OpenACC では指示文によって自動的にプログラムを最適化することが可能である。本拡張 OpenACC のプロトタイプ実装を進めており、予備評価では人手によって最適化した場合と同等の性能を指示文のみによって達成できることを確認している。

#### 【査読付き国際会議・国内学会発表】

- 1) Tetsuya Hoshino, Naoya Maruyama, Satoshi Matsuoka, "An OpenACC Extension for Data Layout Transformation," Proceedings of the First Workshop on Accelerator Programming using Directives (WACCPD '14), New Orleans, LA, November 2014. (採択率 35%)

#### 【査読なし国際会議発表】

- 1) Tetsuya Hoshino, Naoya Maruyama, Satoshi Matsuoka, "Evaluations of Directive Based Programming Model for GPUs and Extensions for Performance Portability," SIAM Conference on Computational Science and Engineering, Salt Lake City, USA, March 2015.

#### 【国内学会・ワークショップ・講演会等での発表】

- 1) 星野哲也, 丸山直也, 松岡聡, OpenACC ディレクティブ拡張によるデータレイアウト最適化, 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 7 月.
- 2) Keisuke Fukuda, Naoya Maruyama, Jeremy S. Meredith, Jeffrey S. Vetter, Satoshi Matsuoka, "Performance Modeling of a Hierarchical N-body Algorithm for Arbitrary Particle Distribution," IPSJ SIG Technical Report, July 2014.
- 3) Naoya Maruyama and Toshio Endo, "Locality Optimizations for Stencil Computations: Algorithms and Implementations," Workshop on Programming Abstractions for Data Locality (PADAL), Lugano, CH, April 2014.

## 【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、**2電子積分**（以降、「積分」と省略）計算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。昨年度までは大規模並列処理向きの量子化学計算手法フラグメント分子軌道法（FMO 法）で用いる比較的小規模な積分計算コードを対象として GPGPU 化を行ったが、計算の複雑さや使用メモリ量の点から、積分の種類によっては GPGPU での性能向上が期待しにくいものがあることが確かめられた。そこで今年度は、GPGPU などのアクセラレータで計算しやすくなるように、積分計算の簡略化を検討した。

積分計算をアクセラレータ等で高速化することを困難にさせている原因は、主に次に示す 2 つだと考えられる。1 つ目は、積分の種類（積分タイプ）が多いことである。分子軌道計算では分子の電子状態（波動関数）を基底関数と呼ばれる既知の関数で展開し、実際の計算ではこの基底関数の積（多くは 4 つの関数の積）に対して積分計算を行う必要がある。基底関数には s 型、p 型、d 型... などの型が存在するため、関数の積に含まれる関数の型の組み合わせによって多数の積分タイプが存在する。この積分タイプごとに計算の特徴が大きく異なるため、積分タイプ個別の計算コードが必要となり、またコードの最適化手法も違ってくる。2 つ目は、積分計算の粒度がばらばらなことである。1 つの基底関数は複数の原始ガウス型関数（以降、**原始関数**）の線形結合で表されることが一般的であるが、原子の種類や基底関数の種類などによって、その線形結合長（1 つ基底関数に含まれる原始関数の数）は異なる。そのため同じ積分タイプであっても 1 つの積分に含まれる原始関数の積の数が異なる。従って積分ごとに計算の粒度が異なり、GPGPU が得意なベクトル計算の適用が困難になるため、GPGPU 化も難しくなる。

我々は、1 つ目の積分タイプの多さに対処するために、数ある基底関数のタイプの中で最も単純な s 型関数（ガウス関数）で波動関数を展開する、という手法を考えている。波動関数の展開に要する s 型関数の種類、配置場所、ならびに、波動関数を収束させるための手法など、多くの課題を克服する必要があるが、本年度は s 型関数だけで構成された基底関数を用いた分子軌道計算を行うためにプロトタイプを作成して、テスト計算を行った。その結果、比較的小さな（～10 原子）分子では様々な型の関数を含んでいる一般的な基底関数を用いた結果と同等の精度で計算できることが確認された。

2 つ目の基底関数ごとに含まれる原始関数数が異なることで計算の粒度が積分ごとに異なり GPGPU でのベクトル計算が妨げられている、という問題点を解消するため、原始関数

そのもので波動関数を展開する、という手法を考えている。これは、1つの基底関数に含まれる原始関数を1つに限定したことに相当する。この手法では、基底関数(原始関数)の型は従来手法と同様に、様々なもの(s型, p型など)を利用するため多くの積分タイプが存在することになるが、計算粒度(1つの積分に含まれる原始関数の積に対する積分数)が1に揃っているため、複数の積分がまとめて計算できるようになり、ベクトル処理向きの計算手法だと考えられる。ただし、原始関数で展開すると分子軌道計算で解くべき一般化固有値問題の規模が大きくなり、計算時間が増加する。また、それに関連して反復計算回数が増加する、という欠点もある。そこで、GPGPUなどのアクセラレータでの積分計算高速化と固有値問題などでの実行時間増加の程度を調べるため、原始関数で展開した分子軌道計算を行うコードを作成した。汎用プロセッサを用いて簡単な性能評価を行ったところ、収反復計算の収束性悪化と対角化の時間が延びる現象を確認した一方、計算精度は従来手法と同等か、より精度が高いことが示された。

本年度は分子軌道計算をGPGPUなどのアクセラレータを利用しやすくするための計算手法の開発とそれらを行うための基本的なプログラム作成、ならびに簡単な性能評価を行った。今後、それらを用いた詳細な性能評価や計算手法の改良等を行い、アクセラレータを用いた分子軌道計算を効率的に行うための研究をさらに進めたいと考えている。

#### 【査読付き学術論文】

- 1) 本田宏明, 稲富雄一, 眞木淳, “SIMD 演算の効率的利用に向けたアレイジョブ型 Hartree-Fock 法計算”, 情報処理学会論文誌コンピューティングシステム (ACS), 7(4), 15-24

#### 【査読なし国際会議発表】

- 1) K. Inoue, Y. Abe, Y. Inadomi, K. Isaacs, T. Gambelin, and M. Schulz, “NsimPower: A Power Analyzing Environment for Large Scale Interconnection Network,” ISP2S2, Dec. 2014.
- 2) Y. Inadomi, Y. Wada, M. Kondo, K. Inoue, B. L. Rountree, and M. Schulz, “Power-Performance Optimization for Power-Constrained Supercomputer Systems,” ISP2S2, Dec. 2014.

#### 【国内学会・ワークショップ・講演会等での発表】

- 1) 稲富雄一, 深沢圭一郎, 井上弘士, “電力制約下における分子積分プログラムの性能最適化,” ポスター発表, 日本コンピュータ化学会 2014 春季年会, 2014 年 5 月
- 2) 稲富雄一, 深沢圭一郎, 井上弘士, “電力制約下における分子積分プログラムの性能最適化,” ポスター発表, 日本コンピュータ化学会 2014 春季年会, 2014 年 5 月.
- 3) 阿部祐希, 稗田拓路, 稲富雄一, 柴村英智, 眞木淳, 小林泰三, 深沢圭一郎, 井上弘士, “大規模インターコネクトを対象とした消費電力解析環境 NsimPower の構築,” SWoPP HPC 研究会, 2014 年 7 月.
- 4) 和田康孝, 稲富雄一, 井上弘士, 近藤正章, 本多弘樹, “高性能計算環境向け電力配分自動最適化のためのコンパイラ環境の構築,” SWoPP HPC 研究会, 2014 年 7 月.

- 5) 稲富雄一, 和田康孝, 深沢圭一郎, 青柳睦, 近藤正章, 三吉郁夫, 井上弘士, “MPI 並列アプリケーションの電力最適化,” HPC 研究会, 2014 年 10 月.
- 6) 深沢圭一郎, 青柳睦, 津秦伴紀, 吉田匡平, 稲富雄一, 井上弘士, “CPU と DRAM の電力制約下での MHD シミュレーションコードの電力特性, HPC 研究会, 2014 年 10 月.
- 7) 稲富雄一, 深沢圭一郎, 井上弘士, 青柳睦, “並列 FMO プログラム OpenFMO の電力性能最適化,” コンピュータ化学会 2014 秋季年会 (ポスター発表), 2014 年 10 月.
- 8) 稲富雄一, “スパコンの消費電力問題とアプリケーションプログラムの電力性能最適化,” 第 2 回 CUTE シンポジウム 「コンピュータ化学」, 2014 年 10 月..
- 9) 稲富雄一, 井上弘士, 阿部祐希, “簡便な並列アプリケーションプログラム電力性能最適化手法,” ARC 研究会, 2014 年 10 月 (ポスター発表) .
- 10) 稲富雄一, 和田康孝, 深沢圭一郎, 青柳睦, 近藤正章, 三吉郁夫, 井上弘士, “電力性能特性ばらつきを考慮した MPI 並列アプリケーションの性能最適化,” HPC 研究会(HOKKE), 2014 年 12 月.

### 7-3 受賞学術賞等

都築怜理：若手講演フェロー賞：日本機械学会・計算力学部門  
GPU スパコンを用いた大規模 DEM シミュレーションによる紛体の攪拌解析  
(2014年5月15日)

都築怜理、青木尊之：グラフィクスアワード最優秀賞  
日本計算工学会・第19回計算工学講演会  
GPU スパコンを用いた1670万個の砂粒子による大規模バンカーショット・  
シミュレーション (2014年6月12日)

松岡聡：シドニー・ファーンバック記念賞受賞  
(2014年9月)

山口しのぶ：北極星勲章受賞 (2014年9月)

小野寺直幸、青木尊之、下川辺隆史、杉原健太、宮下達治、泉田康太：  
“GPUを用いた大規模アプリケーションの最適化および可視化”  
日本原子力学会「2014年秋の大会」、計算科学技術部門企画セッション  
「解析結果可視化の最前線」 計算科学技術部会 CG賞、京都  
(2014年9月8日)

都築怜理、青木尊之：ベストCFDグラフィックス・アワード 動画部門 第1位  
第28回数値流体力学シンポジウム  
GPU スパコンにおける動的負荷分散を用いた粒子法による大規模流体  
シミュレーション (2014年12月10日)

泉田康太、青木尊之、小野寺直幸、杉原健太、中島聖、本郷均、横畑 英明：  
ベストCFDグラフィックス・アワード 動画部門 第2位  
第28回数値流体力学シンポジウム  
流入・流出を伴う気液二相が存在する容器内における気泡挙動の解析  
(2014年12月10日)

杉原健太、青木尊之、内山久和：  
ベストCFDグラフィックス・アワード 静止画部門 第2位  
第28回数値流体力学シンポジウム  
垂直軸型風車付き津波避難タワーの解析 I -VOFベース大規模シミュレーション  
による津波衝撃圧の評価- (2014年12月10日)

山口しのぶ：モンゴル国教育大学より名誉博士号授与 (2015年1月)

荒堀喜貴, 権藤克彦, 前島英雄 :

平成 26 年度電子情報通信学会 情報・システムソサイエティ論文賞  
広範な実用 C プログラムに適用可能かつ高精度な動的境界検査ツール,  
電子情報通信学会論文誌, vol.J93-D, no.10, pp.1851-1865 (2010)  
(注: まだ学会ホームページには未掲載の様様)

関嶋政和

2014 年 第 3 回生命医薬情報学連合大会 (IIBMP2014) 連合大会研究奨励賞

## 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<br>情報資源 | 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ティラホン |      |        | ○          |       | ○             |      | ○  |
| 関嶋政和   |      |        | ○          |       | ○             | ○    | ○  |
| 遠藤敏夫   |      | ○      | ○          |       |               |      | ○  |
| 松浦知史   |      | ○      |            |       |               |      |    |
| 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<br>(メール審議含む) | 認証基盤専門委員会            | 3回  |
|                       | ネットワークシステム専門委員会      | 4回  |
|                       | コンピュータシステム専門委員会      | 8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 | 0回  |
|                       | グローバル情報資源活用協働専門委員会   | 5回  |
|                       | 共同利用専門委員会            | 13回 |
|                       | 広報専門委員会              | 1回  |
| S C ブース展示WG           | 2回                   |     |

|             |             |     |
|-------------|-------------|-----|
| 定期ミーティング開催数 | 認証基盤システム    | 43回 |
|             | ネットワークシステム  | 4回  |
|             | コンピュータシステム  | 44回 |
|             | TSUBAME     | 55回 |
|             | 教育システム      | 24回 |
|             | 共同利用・共用促進事業 | 42回 |

## 8-2 講習会・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26年TSUBAME春の講習会(04/16~06/04/2014)                                                            | 情報基盤課基盤システムGP      |
| 平成26年TSUBAME秋の講習会(10/08~11/01/2014)                                                            | 情報基盤課基盤システムGP      |
| ホームカミングデー TSUBAME2.5 一般公開(05/25/2014)                                                          | 情報基盤課基盤システムGP      |
| GTC Japan2014 テクニカル・セッション(07/16/2014)                                                          | 青木、佐藤              |
| サイエンスセミナー2014 in 江戸川大学 ブース出展(07/25/2014)                                                       | 渡邊                 |
| オープンキャンパス TSUBAME2.5 一般公開(08/08/2014)                                                          | 情報基盤課基盤システムGP      |
| 第20回スーパーコンピューティングコンテスト(08/18~08/22/2014)                                                       | 実行委員長 権藤           |
| 工大祭 TSUBAME2.5 一般公開(10/11,12/2014)                                                             | 佐伯、山田、遠藤、関嶋、渡邊、下川辺 |
| TSUBAME 産業利用シンポジウム(10/17/2014)                                                                 | 佐伯、青木、渡邊           |
| SuperComputing 2014 ブース出展(11/16~11/21/2014)                                                    | 松岡、青木、遠藤、額田、渡邊、下川辺 |
| GPU コンピューティング講習会(09/19~01/30/2015)                                                             | 青木、下川辺、小野寺         |
| GPU コンピューティングセミナー(05/15,09/30/2014)                                                            | 青木、下川辺、小野寺         |
| ワークショップ自由表面や気液界面を含む流れの数値解析(09/10/2014)                                                         | 青木、小野寺             |
| 首都大学東京ミニ研究環ワークショップ(12/12/2014)                                                                 | 青木、下川辺             |
| UNESCO アジア太平洋地域事務所との共催地域シンポジウム(11/26~11/28/2014)                                               | 山口(し)              |
| サウジアラビア King Abdullah University of Science and Technology(KAUST)との共同ワークショップ(09/03~09/04/2014) | 青木                 |

### 8-3 仕様策定・技術審査対応状況

| 件名                                      | 対応教職員（★委員長）                                            |
|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| 東京工業大学認証認可システム改修(LDAP 更改)業務 一式          | (仕様策定) ★山口、権藤、飯田、井上<br>(技術審査) 新里、伊藤                    |
| IC カード一式                                | (仕様策定) ★山口、井上<br>(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、小野、伊藤、藤田<br>(技術審査) 根本、新里、一瀬                 |
| 教育用電子計算機システム 一式                         | (仕様策定) ★権藤、増原、鹿島、脇田<br>渡部、鶴見、藤田<br>(技術審査) 宮崎、吉瀬、安良岡、梁井 |
| 数値解析ソフトウェア包括ライセンス                       | (仕様策定) ★松原、水本、小野、梁井<br>(技術審査) 根本、鶴見、藤田                 |
| エクストリームデータ環境向け広域分散ファイルシステムストレージサーバー群 一式 | (仕様策定) ★三浦、遠藤、野村<br>(技術審査) 實本、佐藤                       |

### 8-4 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 |
|--------------------|-------|
| ミュンヘン工科大学          | 青木    |
| チュラロンコン大学          | ティラポン |
| インド工科大学            | 関嶋    |
| サウジアラビア(KAUST)     | 青木    |
| UNESCO アジア太平洋地域事務所 | 山口    |

東京工業大学学術国際情報センター年報  
2014 年度  
第 13 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

---