

# GSIC年報 Annual Report 2016

---

第 15 号

---

東京工業大学 学術国際情報センター



## 2016 年度 年報 目次

巻頭言	1
次世代スーパーコンピュータ Tsubame3.0 導入を発表	5
SC16(高性能計算技術に関する国際会議)において最優秀論文賞 受賞	7
ユネスコ等国際機関との共催国際シンポジウム開催	9
国際パートナーシップ ADAC Institute 設立	11
学院化移行に伴う利用者情報等の更新	13
1. 組織・運営	17
1-1 組織図	17
1-2 教員等一覧および人事異動	18
1-3 事務組織	20
1-4 各種委員会メンバー一覧	22
1-5 運営委員会開催状況	23
2. 情報基盤サービス	27
2-1 スーパーコンピュータシステム	27
2-1-1 構成	27
2-1-2 運用	28
2-1-3 実績	31
2-1-4 Tsubame におけるアプリケーション利用状況と利用分野	36
2-2 教育用電子計算機システム	39
2-2-1 構成	39
2-2-2 運用	40
2-2-3 実績	41
2-3 ネットワークシステム	44
2-3-1 有線ネットワーク (Titanet3)	44
2-3-2 無線ネットワーク (TW2)	45
2-3-3 その他のサービス	46
2-3-4 特記事項	48
2-4 情報セキュリティ	52
2-4-1 東工大 CERT 活動の概要	52
2-4-2 T2BOX: ファイル共有システムの開発・運用	54
2-5 キャンパス共通認証・認可システム	55
2-5-1 構成	55
2-5-2 運用	55

2-5-3	実績	56
2-6	ソフトウェア包括契約	59
2-6-1	概要	59
2-6-2	運用	59
2-6-3	実績	61
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 共同利用サービス	70
2-8-1	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	70
2-8-2	TSUBAME 共同利用サービス	76
2-8-3	TSUBAME の産業利用サービス	78
2-9	TSUBAME 公募型共同利用支援制度	83
2-9-1	TSUBAME グランドチャレンジ大規模計算制度	83
2-9-2	萌芽的研究課題支援制度	85
2-10	TSUBAME を利用した国際共同研究	89
3.	国際協働	91
3-1	MOU に基づく国際共同研究	91
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	91
3-1-2	米国オークリッジ国立研究所とスイス連邦工科大学チューリッヒ校との MOU に基づく大規模データ処理などに関する国際共同研究	91
3-1-3	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	92
3-1-4	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	92
3-2	国際シンポジウム・ワークショップ	93
3-2-1	国際機関との共催シンポジウム (トピック参照)	93
3-2-2	アブドゥラ国王科学技術大学 (KAUST) との環境・医療に資する大規模計算情報 技術に関するシンポジウム	93
3-2-3	世界遺産地域保存への情報技術導入に関するワークショップ	94
3-3	国際共同研究・協働事業	95
3-3-1	ミュンヘン工科大学・機械工学専攻 Institute of Aerodynamics and Fluid Mechanics との共同研究	95
3-3-2	RIMES (Regional Integrated Multi-Hazard Early Warning System for Africa and Asia) との GPU による津波予測に関する共同研究	95
4.	イベント及びアウトリーチ活動	97
4-1	オープンキャンパス・工大祭における TSUBAME 一般公開	97

4-2	Supercomputing 2016 におけるブース出展	98
4-3	第 22 回スーパーコンピューティングコンテスト	100
4-4	講習会	101
4-5	GPU コンピューティング研究会活動	103
4-6	国際会議 HPDC '16 におけるブース出展	107
4-7	Gaussian ワークショップ 2016	108
4-8	スパコン TSUBAME 利用促進シンポジウム	110
5.	広報活動	111
5-1	マスコミ報道等	111
5-2	TSUBAME e-Science Journal の発行 (Vol. 15)	113
5-3	見学者受入状況	114
6.	予算執行状況	117
7.	研究部門活動報告	119
7-1	情報支援分門	119
	一色 剛	119
	友石 正彦	121
	西崎 真也	123
	松浦 知史	124
	實本 英之	126
	金 勇	129
7-2	先端研究部門	131
	青木 尊之	131
	松岡 聡	140
	山口 しのぶ	149
	遠藤 敏夫	151
	横田 理央	155
	渡邊 寿雄	158
	額田 彰	159
	佐々木 淳	162
	佐藤 幸紀	163
	下川辺 隆史	165
	佐藤 仁	168
	三浦 信一	170
	黄 遠雄	172
	野村 哲弘	175
	小林 宏充	179

丸山 直也 .....	181
7-3 受賞学術賞等 .....	183
8. 業務貢献 .....	185
8-1 専門委員会所属・開催状況.....	185
8-2 講演会・セミナー・シンポジウム等企画・実施状況.....	186
8-3 仕様策定・技術審査対応状況.....	187
8-4 国際共同研究コーディネート・マッチング状況.....	188

## 巻頭言

学術国際情報センター長 山田 功

早いもので、スーパーコンピュータ TSUBAME を擁する GSIC のセンター長を拝命し、2 年が経過しました。この間に DeepMind 社が開発した囲碁 AI(AlphaGo)はプロ囲碁棋士のチャンピオンとの勝負に勝ち続け、2016 年 3 月には韓国棋院から AlphaGo に名誉九段が授与される衝撃的な出来事がありました。呑気な私も、今後の AI やビッグデータ解析の進化が我々研究者の仕事にどのような影響を及ぼすのかが、気になり、「プロ棋士も大変だね」と高みの見物気分ではいられなくなりました。これまでの研究者は「人が思いつかない独創的なアイデア」を捻り出すことを至上命題にしてきたわけですが、いずれ研究者には、「人工知能も思いつかない独創的なアイデア」が求められるようになると思うからです。過去の膨大な論文を短時間で解析する能力を持つ人工知能が出現するとき、我々研究者は、人工知能が提供する情報の活用法を工夫することによって生き残りを図るはずですが、油断は禁物です。大抵の工夫はあっという間にルーチン化され人工知能の得意技の 1 つになってしまうからです。「人工知能が本質的に苦手とする能力」を身につけた研究者だけが必要とされる時代が、すぐにでも到来しそうな気配を感じているのは私だけでしょうか。気休めにしかならないかもしれませんが、「人工知能が本質的に苦手とする能力」のヒントを今から掘っておきたいと思い、就寝前に「羽生善治、人工知能の核心- 人間にしかできないことは何か (NHK 出版新書)」、「下條信輔、ブラックボックス化する現代 変容する潜在認知(日本評論社)」、「山口周、世界のエリートはなぜ美意識を鍛えるのか?(光文社新書)」等を読み漁っています。ついつい妄想が膨らみ過ぎて、寝不足気味になってしまうのが困りものです。

さて、以下に 2016 年度年報から特筆すべき当センターのトピックを簡単に御紹介します。

### トピック 1.

次世代スーパーコンピュータ TSUBAME3.0 導入を発表いたしました。

当センターのスーパーコンピュータ TSUBAME2.0/2.5 は、2010 年 11 月に稼働開始(当時、国内最速)して以来、既に 6 年以上に渡って皆様の温かい御支持をいただき、本学のみならず国内外の産学官の研究開発を支えてまいりました。2017 年 8 月からいよいよ、次世代スーパーコンピュータ TSUBAME3.0 が新たなラインナップに加わります。GPU (Graphics Processing Unit) の革新的利用によって、常に高性能科学技術計算(HPC)の限界に挑戦してきた TSUBAME シリーズの DNA を継承する TSUBAME3.0 には Pascal コアの GPU が 2,160 基搭載されます。TSUBAME3.0 は、高性能科学技術計算のみならず、ディープラーニングに代表される AI やビッグデータ関連の計算需要の高まりにも十分に応えられるよう特別に開発されたマシンであり、TSUBAME2.5 と TSUBAME3.0 を併せることにより、当センターは半精度(16bit)以上で 64.3 ペタフロップスの演算性能(注：1 ペタフロップス=1 秒当り 1 京

回の演算性能=1秒当り1兆の1,000倍回の演算性能)を誇る国内最大のスパコンセンターとなります。仏教で時間を表す最小単位「刹那」は1/75秒だと聞いたことがありますが、TSUBAMEはお釈迦様が想定した最小時間内に1京回近くもの計算を済ませるモンスターマシンに進化を遂げるのです。かつてENIACとの計算勝負に勝ち、「俺の次に頭の良い奴ができた」と喜んだ究極の天才(John von Neumann, 1903年12月28日 - 1957年2月8日)もTSUBAMEの性能の前では真っ青になるに違いありません。TSUBAME3.0が誇るのは計算能力だけではなく、主要プロセッサを外気に近い温度の水で冷却する工夫により驚異的な冷却効率(PUE:Power Usage Effectiveness 値1.033)も達成し、貴重な電力を無駄なく計算に使用することを可能と期待できます。世界最先端の研究に邁進される研究者の皆様にとって最強のパートナーとして、これからもTSUBAME3.0を存分に御活用いただければ大変ありがたいと存じます。

## トピック 2.

丸山 直也特定准教授(理化学研究所 計算科学研究機構 プログラム構成モデル研究チームリーダー)と青木 尊之教授(GSIC 副センター長)の共同研究チームは、ハイ・パフォーマンス・コンピューティング(高性能計算技術)に関する世界最高峰の国際会議であるSC16において最優秀論文賞(442報の投稿論文中1件)を受賞しました。

## トピック 3.

山口しのぶ教授が中心となって、2017年1月12日にモンゴル・ウランバートル市にて、国際会議「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」がUNESCO、JICA、学術国際情報センター共催のもと、モンゴル教育文化科学スポーツ省(MECCS)で開催されました。

## トピック 4.

東京工業大学学術国際情報センター(GSIC)は、米国オークリッジ国立研究所(以下、ORNL)およびスイス連邦工科大学チューリッヒ校(以下、ETHZ)と、スーパーコンピューティング・ビッグデータ技術の交換・交流を主目的とした国際パートナーシップとして Accelerated Data Analytics and Computing (ADAC) Institute を設立しました(MOU締結は2016年3月、米国側署名者はORNLの運営機関 UT-Battelle)。

## トピック 5.

本学の教育改革に伴い、2016年4月から本学の組織構成は全面的に変更されましたが、この変更に対応して本学情報基盤システムでは、様々な移行措置、改修作業の他、学院化移行に伴う利用者情報等の更新が行われました。認証基盤システムでは、一色剛教授を中心とする教職員の貢献で個人情報ディレクトリ(LDAP)と学生証の改修が行われました。ネッ

トワークシステムでは、友石正彦教授を中心とする教職員の貢献でネットワークリソース利用の円滑な移行のための様々な対策が細心の注意で講じられました。

以上のように本年報には当センターの1年間の活動とその成果が生々しく纏められています。御覧いただければ、みなさまが日常的に御利用されている情報基盤サービスを日夜支えておられる教職員の活動の一端を実感していただけると確信しております。今後とも当センターへの温かい御支援をよろしくお願い申し上げます。





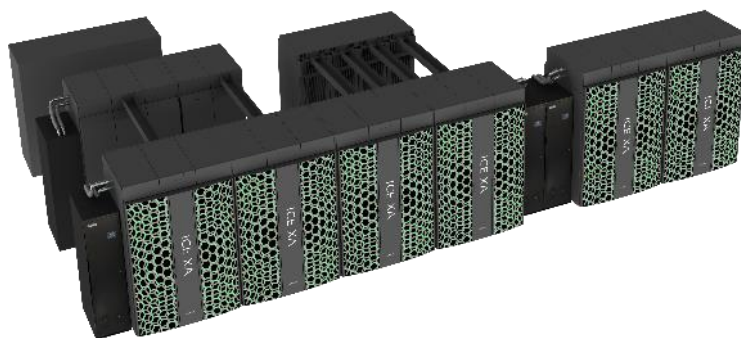
## トピックス

### トピック 1

#### 次世代スーパーコンピュータ TSUBAME3.0 導入を発表

東京工業大学学術国際情報センター(GSIC)は、「みんなのスパコン」を合言葉に、2006年からの TSUBAME1.0、2010年からの TSUBAME2.0 (2013年に TSUBAME2.5へ更新)と、TSUBAME スーパーコンピュータシリーズの設計・開発・運用を行い、学内外の研究者から産業利用ユーザなどを含み、幅広く超大規模計算資源を提供してきた。

本センターは、それらの実績を引き継ぐ最新型のスパコン TSUBAME3.0 について、政府調達「クラウド型ビッグデータグリーンスーパーコンピュータ」の準備を進めてきたが、2016年9月に最終仕様書を策定し、2017年1月に導入業者が日本 SGI 株式会社(以下 SGI)に決定した。本センターは2017年8月の TSUBAME3.0 稼働に向けて、SGIをはじめ NVIDIA, Intel, DDN を始めとする関連各社とともに開発を進めていく。



TSUBAME3.0 の全体イメージ

TSUBAME3.0は TSUBAME シリーズ上で利用されてきた幅広いアプリケーションに対応しつつ、大幅な演算性能・ストレージ容量の向上を果たす。それに加え、近年注目を集めるビッグデータ・人工知能アプリケーションの対応の強化と、世界トップクラスの超省エネルギー性を実現する予定である。

TSUBAME3.0の合計理論演算性能は12.1ペタフロップス(倍精度)と、TSUBAME2.5の2倍以上となる。また人工知能分野で注目されている半精度の演算については47.2ペタフロップスと、該当分野の需要急増への対応が可能となる。上記の性能を実現する計算ノード部はSGI ICE XAアーキテクチャ540ノードからなり、各ノードにはIntel Xeon E5-2680(14コア)CPUを2基、計算加速のためにNVIDIA P100 GPUを4基搭載する。システム全体ではGPUを2,160基搭載することとなり、幅広いシミュレーションアプリケーションや機械学習などを高速に実行可能である。

また共有ストレージについては、合計15.9ペタバイトの容量となり、これも TSUBAME2.5

の2倍以上となる。共有ストレージに加え、ノードあたり 256 ギガバイトのメモリおよび2 テラバイトの高速 NVMe SSD の活用により、高性能なビッグデータ処理が可能となる。ハードウェア面だけでなくソフトウェア面においても、機械学習フレームワーク (Caffe, Tensorflow, Chainer など)のプレインストールなど、新しいタイプのアプリケーションを強力に支援する。

TSUBAME シリーズの特徴の一つとして、莫大な性能を持ちつつ省エネルギーであることが挙げられる。TSUBAME2.0 は 2010 年に「運用スパコンで省エネ世界一」(www.top500.org/green500)を獲得した。その後も本センターでは省エネスパコンプロトタイプである TSUBAME-KFC などをはじめとする省エネ技術の研究開発を続け、その成果が TSUBAME3.0 に活用されている。TSUBAME3.0 においては、高い電力性能比を持つ最新 GPU を効率よく搭載するだけでなく、冷却設備にも大きな特徴を持っている。最大の熱源となる GPU および CPU は、空気ではなく、計算ノード中を通過する冷却水パイプにより直接冷却される。この冷却水の温度は 30℃以上と高温であることにより、冷却電力を大幅に削減できる。TSUBAME2.0/2.5 では冷却のための電力がシステム全体の 20%程度を占めていたところを、TSUBAME3.0 では 3%程度と、大幅縮小が可能と見込まれている。



2017年2月17日のTSUBAME3.0発表記者会見

以上に述べた TSUBAME3.0 の導入発表については、2017年2月17日に、東工大として SGI をはじめベンダー各社と共同で記者会見を行い、各種新聞やニュースサイトで取り上げられるなど大きな注目を集めた。

本センターは TSUBAME3.0 稼働後も引き続き、革新的ハイパフォーマンス・コンピューティング・インフラ (HPCI) の中核拠点の一つとして、また TSUBAME 共同利用制度などを通じ、学内外の研究者や企業の研究開発に莫大かつ利用しやすい計算資源を提供し、科学技術の発展や国際競争力の強化に貢献していく。

## トピック 2

### SC16(高性能計算技術に関する国際会議)において最優秀論文賞 受賞

丸山 直也特定准教授（理化学研究所 計算科学研究機構 プログラム構成モデル研究チームリーダー）と青木 尊之教授の共同研究チームは、ハイ・パフォーマンス・コンピューティング（高性能計算技術）に関する世界最高峰の国際会議である SC16 において最優秀論文賞を受賞しました。SC16 では 442 報の論文が投稿され、共同研究チームは適合格子細分化法に関する以下を投稿しました。

論文題目： Daino: A High-level Framework for Parallel and Efficient AMR on GPUs

著 者： Mohamed Wahib, Naoya Maruyama and Takayuki Aoki

適合格子細分化法は AMR (Adaptive Mesh Refinement) と呼ばれ、流体計算における物体近傍などの必要な空間領域にのみ高解像度格子を配置し、計算およびメモリ使用量を大幅に削減できるため、シミュレーションの高速化に極めて有効です。一方で、大規模なスーパーコンピュータで用いるには、データ構造が複雑になるため、データアクセスやデータ移動を無駄なく効率良く行うプログラムなどの開発が必要となり、シミュレーションソフトウェアの開発においてさまざまな技術的課題がありました。

共同研究チームは新しいソフトウェア技術を開発し、大規模なスーパーコンピュータ上で簡単に適合格子細分化法を利用できるフレームワークを実現しました。開発したソフトウェアは、プログラムの自動的な変換技術に基づき、従来必要であった煩雑なプログラミングや最適化の多くを自動化します。これによって、シミュレーションソフトウェアの開発コストが大幅に削減されます。GPU などのアクセラレータを用いたスーパーコンピュータは性能や省電力に優れるものの、そのプログラミングの手間から使い勝手に劣る点が問題でしたが、開発したフレームワークを用いることで、一般的な問題への適用においては、この問題を解決することができます。SC16 での最優秀論文賞の受賞は、共同研究チームの開発内容が国際的に高く評価されたことを示しています。



本研究成果は、SC16の講演要旨集『Proceedings of the ACM/IEEE International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis (SC'16)』に掲載されています。本研究の一部は、科学技術振興機構（JST）戦略的創造研究推進事業 CREST「ポストペタスケール高性能計算に資するシステムソフトウェア技術の創出」（研究総括：佐藤三久）における研究課題「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」（研究代表者：丸山直也）の一環として行われました。また、科学研究費補助金・基盤研究(S) 課題番号 26220002「ものづくり HPC アプリケーションのエクサスケールへの進化」（研究代表者：青木尊之）からも支援を頂いています。

### トピック 3

#### ユネスコ等国際機関との共催国際シンポジウム開催

2017年1月12日にモンゴル・ウランバートル市にて、国際会議「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」が UNESCO、JICA、学術国際情報センター共催のもと、モンゴル教育文化科学スポーツ省(MECCS) で開催された。



会議参加者，ウランバートル

本会議は5年にわたる JICA の草の根事業の成果を今後の教育政策に反映するための重要な位置づけとして開催された。会議には73名の政府関係者、教育者、プロジェクトパートナー、そして全国21県及びウランバートル市からの代表者が参加した。モンゴル代表として、バツール教育科学技術文化スポーツ大臣は冒頭のあいさつで、本事業の成果は、モンゴル各地において教員の情報技術に関する知識やスキル向上を通じ、教育の質を向上させるという独自の手法とその有用性について感謝の意を述べた。また、JICA モンゴル事務所の佐藤所長は、事業活動を通じてコンピュータなどに馴染みがなかった教員が自らデジタル研修教材を開発し共有・活用するスキルを習得したことが印象深いと述べ、また様々な活動がモンゴルにおける“One Lap-top Per Teacher”などの教育開発プロジェクトと共に相乗効果を生み出したことも成功要因になっていると分析した。



バツール教育文化科学スポーツ大臣



佐藤在モンゴル JICA 事務所長

また、ユネスコ教育計画国際研究所の教育開発専門家齊藤氏は、“Use of ICT for the capacity development in educational planning and management” というタイトルで ICT を活用した教育計画の歴史と戦略について講演し、モンゴルにおける教育政策策定における本事業の意義について分析した。

本会議では、情報技術を教育現場で応用・活用することの有用性、効果、妥当性などを他項目に渡り分析したインパクト調査の結果が量的、質的調査の両側面より発表され、全国 21 県およびウランバートル市代表の教育専門家からは活発な質疑応答、意見交換が行われた。特に注目されたのは、モンゴルにおける ICT インフラの急速な発展に連動して、教員研修用ポータルが飛躍的に改善し、全国的に教員が活用するようになった現状である。積極的に活用されているコンテンツには本事業で開発された教員研修教材も多く含まれており、事業の大きな成果と位置づけられている。

このプロジェクトは現地でも注目されモンゴルの全国紙にも掲載され、「情報技術という大きな波がモンゴルの教育現場に到来した」という見出しで大々的に取り上げられた。



Century News, 2017 年 1 月 11 日



Mongolian News 2017 年 1 月 13 日

## トピック 4

### 国際パートナーシップ ADAC Institute 設立

東京工業大学学術国際情報センター(GSIC)は、米国オークリッジ国立研究所(以下、ORNL)およびスイス連邦工科大学チューリッヒ校(以下、ETHZ)と、スーパーコンピューティング・ビッグデータ技術の交換・交流を主目的とした国際パートナーシップとして Accelerated Data Analytics and Computing (ADAC) Institute を設立した。正式には 2016 年 3 月に三者間で MOU を締結することにより発足した(米国側の署名者は ORNL の運営機関である UT-Battelle である)。

三機関はそれぞれ、ORNL における Titan、ETHZ における Piz Daint、GSIC における TSUBAME シリーズと、世界有数の規模の GPU などのアクセラレータを採用したスーパーコンピュータを運用している。それらの上での大規模アプリケーション、性能評価、運用経験などに関する技術情報の交換・交流を目的とする。そのために、主に以下の 3 つのワーキンググループを運営している。

- Applications Working Group
- Performance Tools Working Group
- Resource Management Working Group

最重要の活動として、一年に二回の頻度でワークショップを日米欧の持ち回りで開催している。ワークショップには、三機関のメンバーおよび問題意識を共有する研究機関やベンダーのメンバーが参加可能である。MOU 準備中の時期を含めて、下記のようにワークショップを開催した。

- 第 1 回：2016 年 1 月 14～15 日、米国ライス大学にて
- 第 2 回：2016 年 6 月 12～14 日、スイス ETHZ にて
- 第 3 回：2017 年 1 月 25～27 日、東京大学柏キャンパスにて (東京大学情報基盤センターの協力による)



米国ライス大学での第 1 回 ADAC ワークショップ





スイス ETHZ での第 2 回 ADAC ワークショップ



東大柏キャンパスでの第 3 回 ADAC ワークショップ

各ワークショップでは、ADAC 全体での議論および各ワーキンググループ内の詳細な議論が行われた。GSIC から TSUBAME に関するアプリケーション、性能ツール、システム運用管理に関する情報提供を行った。システム運用管理に関しては特に、TSUBAME で採用されている TSUBAME ポイントを介した従量課金制度や、GPU 搭載ノードの特徴を考慮した課金方法に関して多数の質問・意見を得た。

2017 年の TSUBAME3.0 稼働開始後も、引き続き本パートナーシップを中心とする国際交流・緊密な情報交換を通して、世界トップ級のスーパーコンピューティング・ビッグデータ技術および大規模システム運用技術により関連分野およびユーザへの貢献を行っていく。

ADAC Institute ウェブサイト <https://iadac.github.io/>

## トピック 5

### 学院化移行に伴う利用者情報等の更新

#### 1. 本学教育改革について

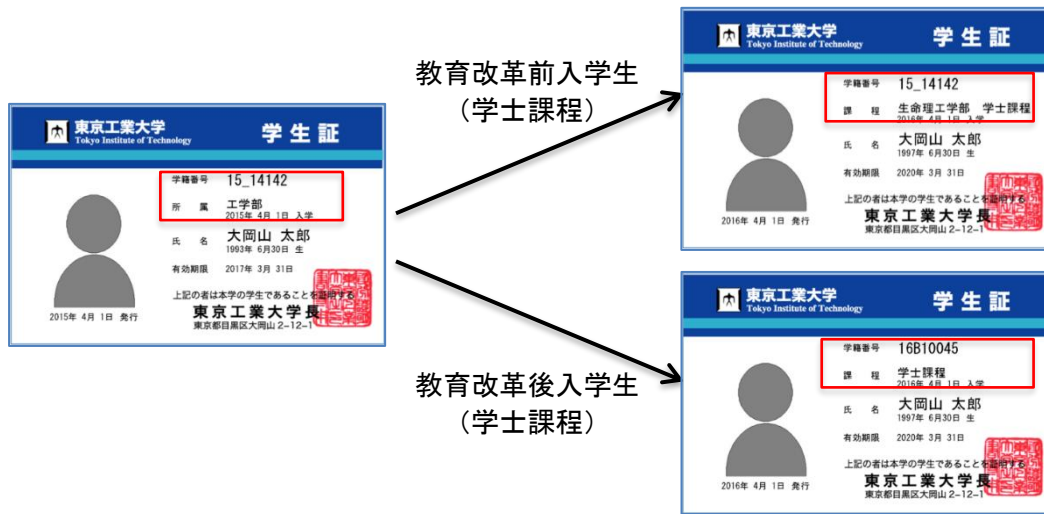
2016年4月より、本学の教育改革に伴う組織構成が全面的に変更された。これまでの3学部（23学科）・6研究科（45専攻）が6学院（19系、1専門職学位課程）に再編され、本学情報基盤システムでは、この組織構成の変更に対応すべく様々な移行措置、改修作業を行なった。

#### 2. 認証基盤システムにおける個人情報ディレクトリ（LDAP）と学生証の改修

全学共通認証・認可基盤システムは、本学の研究・教育・事務処理における情報サービス（教務Web、OCW/OCW-i、人事給与、研究者情報、包括契約ソフトウェア、等）を提供するために利用者情報を統合化した全学共通の個人情報ディレクトリ（LDAP）を基盤として構築されている。そこで、学院化移行に伴い、「学部・研究科」体制から「学院・系・コース」体制を反映するためのシステム改修を行なった。これらの改修は、単純な組織名称・組織コード表のデータベース改修・拡張にとどまらず、教職員・学生の個人情報の全学的な管理・運用体制の見直しをも伴うものであった。

従来体制における個人情報ディレクトリには、教職員の所属部署に関する比較的単純な情報のみが格納された上で、前記の様々な情報サービスを運用してきており、各教員の教務担当（学科担当、専攻の併任・兼担等）情報はそれぞれの組織で個別管理され、全学の統一的なデータベースで管理されることはなかった。教育改革後の「学院・系・コース」体制では、各教員が担当する学院・系・コースの教務担当情報を全学で統一的に管理し、これらの教員情報を各組織のホームページ作成や研究者情報として活用する方針が決まった。そこで、教員の教務担当情報の管理は、教職員の個人情報管理を担当する人事課が担当することとなり、これまで運用してきた個人情報ディレクトリに各教員が担当する複数の学院・系・コースの情報を格納することで、これら教務担当情報を全学情報サービスに自動連携する環境を構築した。

また、学院化移行に伴うもう一つのシステム改修として、学生証ICカードの券面レイアウトの変更を行った。ここでは、旧来の「学部・研究科（大学院）」組織構成から、教育改革後の学部・大学院が統合された「学院」構成を反映し、学生が所属する「課程」（学士・修士・博士）の表記がこれまでの学部生にも反映されることとなった。また、学院化移行直後は、教育改革以前に入学している学生が所属する「学部・研究科」も維持されるため、新旧の教育体制に対応した学生証発行システムの改修を実施した。



学生証の券面レイアウトの変更

### 3. 組織改革におけるネットワークリソース利用の円滑な移行

組織改革によって、メールアドレスやサーバ名で使われるドメイン名、ネットワークを運用管理する組織の単位、利用する建物・居室の変更など、本センターが全学組織に提供しているほとんどのネットワークリソース、それにかかわる属性を変更することが必要となった。今回の組織改革には、大規模な組織の分解、複数の部分組織の合流等、大幅な移動が含まれ、リソース利用における移行作業はそれら新旧組織の形態に依存して大きく異なる。また、新旧各組織における管理運用体制は、各組織の目的、慣習、規模の違いから同一ではない。加えて、すべての利用形態の変更が、新組織発足までに明確となるとは限らず、新組織で活動を実際に開始してから詳細が明らかになることも多々あると予想された。さらに、新旧組織はしばらくの間、共存するため、情報基盤による新旧の繋がり的重要性は過渡期において一層高まることが予想され、また、一定期間は、旧組織によるリソース利用を継続しながら、漸次的に新組織利用リソースを利用できる必要もあった。

本センターでは、それらの状況を鑑み、平成26年度から、組織変更に伴うネットワーク基盤リソース移行における問題点の洗い出し、および、それら問題意識の支線組織との共有方法等について、運用を担当するNOC、および、ネットワーク専門委員会において検討を開始し、さらに、平成27年度前半には、移行に先行して決定しておくべき新組織ドメイン名等や予備リソースの割当て方針について審議、決定を行うとともに、後半には、それらの一部サービスの先行開始と組織改編時の運用トラブルをできるだけ小さくするために確認すべき項目の学内各組織への周知と、状況把握のためのアンケートを実施した。また、並行して、これら情報基盤リソースの割当て等の方針が組織改革の方針と合致していることを確認するため、役員会などに方針案等を提出し、大学当局によるオーソライズを行った。

その上で、ネットワーク専門委員会承認の下、平成27年末からは、移行における各組織

の手数をできるだけ下げするため、アンケート結果に基づいた一括申請の下書きを NOC が作成し、これを各院にて修正する形での一括申請によるリソース利用組織の切換えを実施した。

以下に専門委員会における審議事項等の経緯と、一括申請によって処理した利用変更数の表を示す。

#### 平成 26 年度第 2 回ネットワークシステム専門委員会審議

「学院・系へのサービス開始と専攻・研究科（学科/学部）へのサービス停止について」

- 新組織向けサービス前倒し/ドメイン名割当（3 案を役員会へ）
- 旧ドメインの利用の延長（9 年に）
- 学院横断組織の取扱い（代表学院による連絡体制を確認）
- 移行期間暫定リソースの振出し（各学院に各キャンパス 1 束の移行用アドレスを）
- センター群の扱い（独立性が高いので役員会確認）
- 広報センターによる学院/系ホームページ施策とのすりあわせ
- 各組織との移行時間問題の共有、申請簡易化方法について

#### 平成 27 年度第 1 回ネットワークシステム専門委員会審議

「学院・系へのサービス開始と専攻・研究科（学科/学部）へのサービス停止について」

（継続）

- 前回審議結果についての進捗報告と修正。および、役員会方針
- アンケート実施について（改組組織半数以上が回答）

#### 平成 27 年度第 2 回ネットワークシステム専門委員会審議

「学院・系へのサービス開始と専攻・研究科（学科/学部）へのサービス停止について」

（継続）

- 研究院下センターも研究院でまとめる（役員会）
- コースの扱い（担当副学長間申し合わせ）
- アンケート結果について（改組組織半数以上が回答、残りは個別確認へ）
- 現組織についての新規受付停止
- 大きく分割があった旧組織の連絡体制維持について
- 新組織における教員所属、学生所属のずれについて

#### 平成 28 年度第 1 回ネットワークシステム専門委員会報告

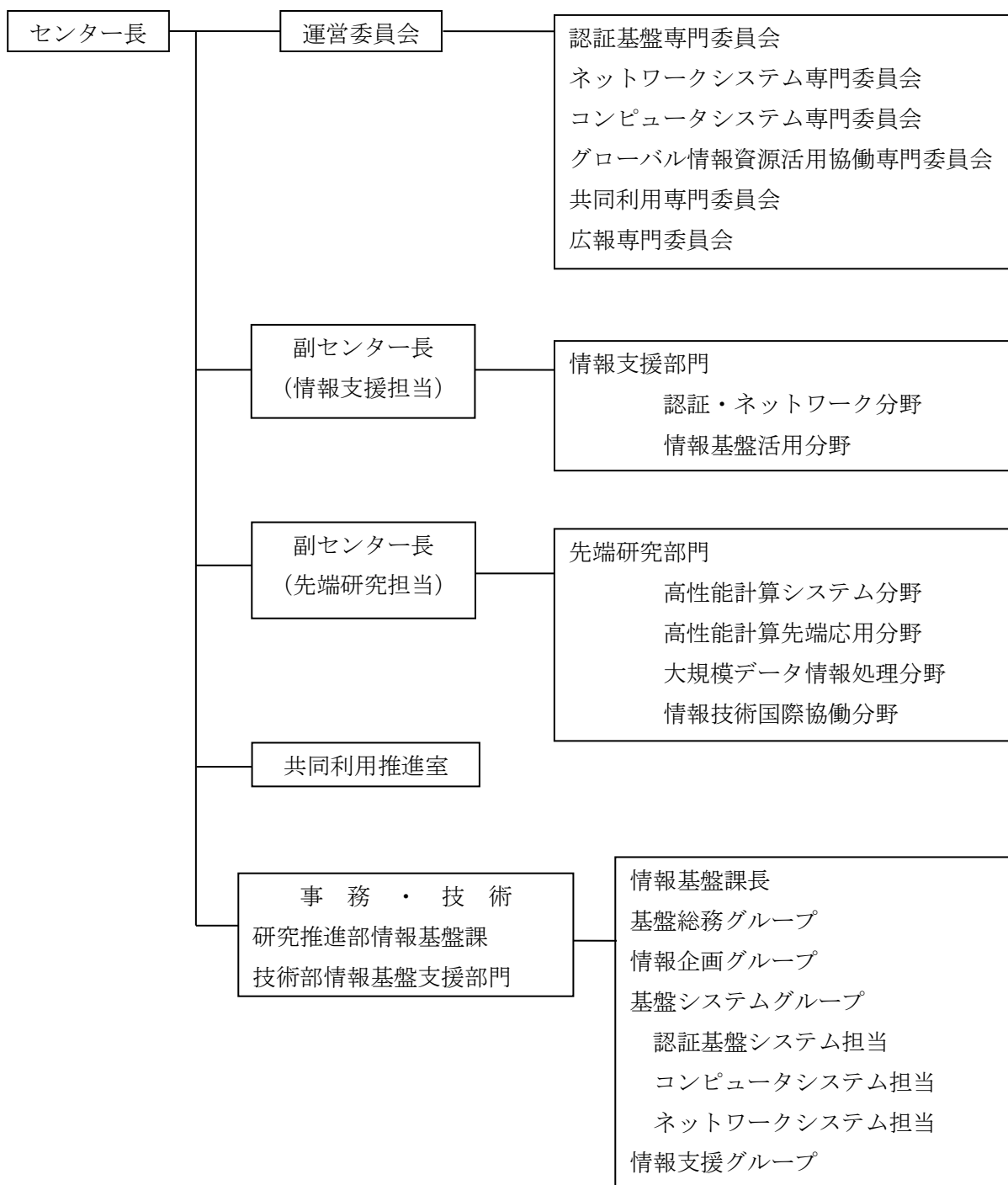
- 学院・系へのサービス開始状況
- 残課題: 院単位での利用可能リソースの追加方針について（旧組織利用リソースの返却に依存）

組織	サブドメイン申請	支線ネットワーク申請	スイッチポート申請
理学院	14 件	18 件	22 件
工学院	20 件	41 件	88 件
物質理工学院	13 件	13 件	17 件
情報理工学院	7 件	12 件	20 件
生命理工学院	1 件	9 件	21 件
環境・社会理工学院	9 件	16 件	21 件
リベラルアーツ研究 教育院	7 件	15 件	28 件
科学技術創成研究院	12 件	23 件	25 件
計	83 件	147 件	242 件

**組織改変に伴う各組織の申請件数**

# 1. 組織・運営

## 1-1 組織図



## 1-2 教員等一覧および人事異動

センター長（兼）	教授	山田 功【工学院】	
副センター長（情報支援担当）（兼）	教授	西畑 伸也【情報理工学院】	
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	一色 剛	
教	授	友石 正彦	
教	授	西崎 真也	
准 教	授	飯田 勝吉	～28.8.31
准 教	授	松浦 知史	
助	教	實本 英之	
特 任 助 教		金 勇	

### 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	遠藤 敏夫	
准 教	授	横田 理央	
特 任 准 教 授		渡邊 寿雄	
特 任 准 教 授		額田 彰	
特 任 准 教 授		佐々木 淳	
特 任 講 師		佐藤 幸紀	
助	教	下川辺 隆史	～29.3.31
特 任 助 教		佐藤 仁	～29.3.31
特 任 助 教		三浦 信一	
特 任 助 教		黄 遠雄	
研 究 員		野村 哲弘	
研 究 員		DROZD.Aleksandr	
研 究 員		田邊 昇	28.10.1～
技 術 支 援 員		幸 朋矢	
研 究 員		Marlon ARCE ACUNA	
研 究 員		Christian Naoto Conti	29.1.5～

研 究 員	山本 祐規子	～29.3.31
研 究 員	POONG YEW SIANG	～29.2.28
客 員 教 授	小林 宏充	
客員准教授	丸山 直也	～29.3.31
客員研究員	Miquel Gleim Pericas	28.7.3～8.6 / 28.11.23～12.7
準客員研究員	Michael Gestrich	
準客員研究員	LIN Xinhua	
準客員研究員	Adrian Perez Dieguez	
準客員研究員	Artur Podobas	28.11.28～
準客員若手研究員	Michael Stefan Lahnert	28.9.20～28.12.29
準客員若手研究員	Waranrach Viriyavit	28.10.31～28.11.18

### 共同利用推進室

室長(兼務) 教 授	青木 尊之
副 室 長 特任准教授	佐々木 淳
特任准教授	渡邊 寿雄
教育研究支援員	松本 豊
ス タ ッ プ	板倉 有希



### 1-3 事務組織

情報基盤課長 平塚 昭仁 28.4.1～

#### 基盤総務グループ（庶務及び会計）

グループ長	遠藤 慎也	～29.3.31
主 査	濱本 真人	28.4.1～
ス タ ッ プ	板倉 有希	
事務支援員	金子 純子	
事務支援員	土井 淳子	～28.8.31
事務支援員	伊藤 智子	
事務支援員	木下 裕子	

#### 情報企画グループ（国立大学法人等情報化連絡協議会等の運営・連絡調整、情報セキュリティ・情報倫理に関する業務、情報学務情報部会等の運営・連絡調整業務）

グループ長	小寺 孝志	
主 任	森谷 寛	
ス タ ッ プ	林 宏樹	～29.3.31
技術職員	森 健人	
技術専門員	神野 文男	

#### 基盤システムグループ

グループ長 小野 忍

#### 認証基盤システム担当（認証基盤システムの構築・運用・管理）

主 査	井上 進	
ス タ ッ プ	昆野 長典	
ス タ ッ プ	山崎 孝治	～29.3.31
技術専門員	太刀川 博之	
技術専門員	橋本 重治	
技術職員	新里 卓史	
技術職員	一瀬 光	
技術職員	伊藤 剛	
技術支援員	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 善行	
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	
技術職員	岩井 敦子	
事務支援員	山田 章代	～29.3.31

**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）**

主 査	増渕 長興
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
技術職員	後藤 洋子
事務支援員	飯塚 香菜

**情報支援グループ（業務システム利用等に関する総括・連絡調整・運用管理事務系ネットワ  
ークの維持管理業務）**

グループ長	江尻 佳代	
スタッフ	磯野 涼子	～29.3.31
スタッフ	福沢 秋津	～29.3.31
事務支援員	岩崎 敏則	

## 1-4 各種委員会メンバー一覧

所属	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
学術国際情報センター	教授	山田 功	★	○		○			○	○
学術国際情報センター	教授	西畑 伸也	○	○	○				○	★
学術国際情報センター	教授	青木 喜之	○			○		○	★	○
学術国際情報センター	教授	一色 剛	○	★	○	○				
学術国際情報センター	教授	西崎 真也	○	○	○		★			○
学術国際情報センター	教授	松岡 聡	○		○	★	○		○	
学術国際情報センター	教授	山口 しのぶ	○					★		
学術国際情報センター	教授	友石 正彦	○	○	★	○	○			
学術国際情報センター	准教授	横田 理央	○			○		○	○	
学術国際情報センター	准教授	飯田 勝吉	○	○	○					
学術国際情報センター	准教授	遠藤 敏夫	○		○					○
学術国際情報センター	准教授	松浦 知史	○		○					
理学院	准教授	竹内 一将	○			○				
工学院	教授	木村 康治	○							
物質理工学院	准教授	北村 房男	○			○	○		○	
環境・社会理工学院	教授	藤村 修三	○							
情報理工学院	教授	伊東 利哉	○	○	○					
生命理工学院	教授	櫻井 実	○							
リベラルアーツ研究教育院研究教育院	教授	劉 岸倫	○							
科学技術創成研究院	教授	関 宏也	○		○					
科学技術創成研究院	教授	大場 史康	○				○			
教育推進室	教授	細川 秀夫	○							
研究戦略室	准教授	田中 圭介	○							
国際室	教授	高木 茂孝	○			○		○		
附属図書館	教授	高橋 栄一	○							
附属科学技術高等学校	教授	宮本 文人	○							
国際教育推進機構	教授	水本 哲弥	○				○	○		
科学技術創成研究院	准教授	関崎 政和	○					○	○	
事務局長		芝田 政之	○							
学術国際情報センター	特任准教授	額田 彰				○				
学術国際情報センター	特任准教授	佐々木 淳							○	
学術国際情報センター	特任准教授	源邊 寿雄				○			○	○
学術国際情報センター	助教	下川辺 隆史							○	○
学術国際情報センター	助教	真本 英之	○							○
学術国際情報センター	特任助教	金 勇			○					
理学院	准教授	植草 秀裕								
理学院	准教授	村山 光孝			○					
理学院	教授	河合 誠之		○						
理学院	教授	齊藤 晋							○	
理学院	助教	岡元 太郎				○				
環境・社会理工学院	准教授	山下 幸彦			○					
工学院	准教授	山岡 克式			○					
物質理工学院	准教授	川内 進				○			○	
工学院	教授	店橋 護							○	
環境・社会理工学院	教授	神田 学				○				
工学院	准教授	藤田 英明	○							
工学院	教授	松澤 昭					○			
工学院	教授	山口 雅浩	○	○						
工学院	准教授	杉野 暢彦			○					
情報理工学院	教授	山村 雅幸			○					
工学院	准教授	尚 鋒						○		
環境・社会理工学院	教授	高田 潤一						○		
情報理工学院	教授	新田 克己				○				
物質理工学院	教授	須佐 匡裕						○		
科学技術創成研究院	准教授	岡井 広明						○		
情報理工学院	准教授	小野 功				○				
生命理工学院	教授	伊藤 武彦			○					
情報理工学院	教授	秋山 泰				○				
情報理工学院	教授	横田 治夫		○						
情報理工学院	教授	徳永 健伸								
情報理工学院	准教授	脇田 建			○					
情報理工学院	准教授	首藤 一幸			○					
情報理工学院	准教授	鹿島 亮		○						
情報理工学院	教授	篠田 浩一				○				
情報理工学院	准教授	渡部 卓雄					○			
工学院	准教授	原 精一郎					○			
リベラルアーツ研究教育院研究教育院	准教授	赤間 啓之					○			
リベラルアーツ研究教育院研究教育院	教授	室田 真男			○					
工学院	助教	棟屋 洋介								
工学院	教授	尾形 わかは			○					
科学技術創成研究院	教授	奥村 学			○					
附属科学技術高等学校	副校長	仲道 嘉夫			○					
東京大学	准教授	堀 敏博							○	
国立情報学研究所	副所長	安達 淳							○	
名古屋大学	教授	太田 元規							○	
筑波大学	准教授	建部 修見							○	
電気通信大学	教授	成見 昌							○	
電気通信大学	主任研究員	高村 誠之							○	
海洋研究開発機構		浅野 俊幸							○	
ニューメリカルテクノロジーズ	代表取締役社長	尾屋 秀行							○	
教務課	課長	田中 昇		○						
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		○						
施設安全総合企画課安全企画室	室長	臼井 秀明		○						
情報基盤課	課長	平塚 昭仁		○	○			○		○
★ 委員長										

## 1-5 運営委員会開催状況

### メール開催

開催日 2016年5月9日(月)

#### 審議事項

- (1) 東京工業大学情報ネットワーク運営規則について
- (2) 国立大学法人東京工業大学理事・副学長及び副学長の職務分担等に関する規則について

### 第1回運営委員会

開催日 2016年6月8日(水)

#### 1. 審議事項

- (1) TSUBAME を利用した国際プロジェクトについて
- (2) アブドゥラ国王科学技術大学超高性能計算研究所との部局間協定締結について
- (3) 客員研究員の受入について
- (4) 準客員若手研究員の受入について

#### 2. 報告事項

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

### メール開催

開催日 2016年7月26日(火)

#### 報告事項

学術国際情報センター情報支援部門認証・ネットワーク分野准教授選考委員会設置について

### メール開催

開催日 2016年9月13日(火)

#### 審議事項

客員研究員の受入について

### メール開催

開催日 2016年10月19日(水)

#### 審議事項

客員研究員の受入について

メール開催

開催日 2016年11月17日(木)

報告事項

テニユアトラック教員の間審査について

メール開催

開催日 2016年12月26日(月)

審議事項

研究生(私費留学生)の入学について

メール開催

開催日 2017年1月13日(金)

1. 審議事項

- (1) 平成29年4月以降の運営体制の見直しに係る全額規則改正素案について
- (2) 学認クラウド導入支援サービスへの参加とクラウド利用アンケートについて

2. 報告事項

再任審査委員会設置

メール開催

開催日 2017年2月9日(木)

報告事項

学術国際情報センター情報支援部門認証・ネットワーク分野教授の選考について

メール開催

開催日 2017年3月3日(金)

1. 審議事項

- (1) 客員研究員の受け入れについて
- (2) 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

情報理工学院の系・コースへのGSIC教員の担当について

メール開催

開催日 2017年3月15日(水)

報告事項

学術国際情報センター先端研究部門 大規模データ情報処理分野 准教授選考委員会設置について

メール開催

開催日 2017年3月23日(木)

審議事項

特定教授選考委員会設置について

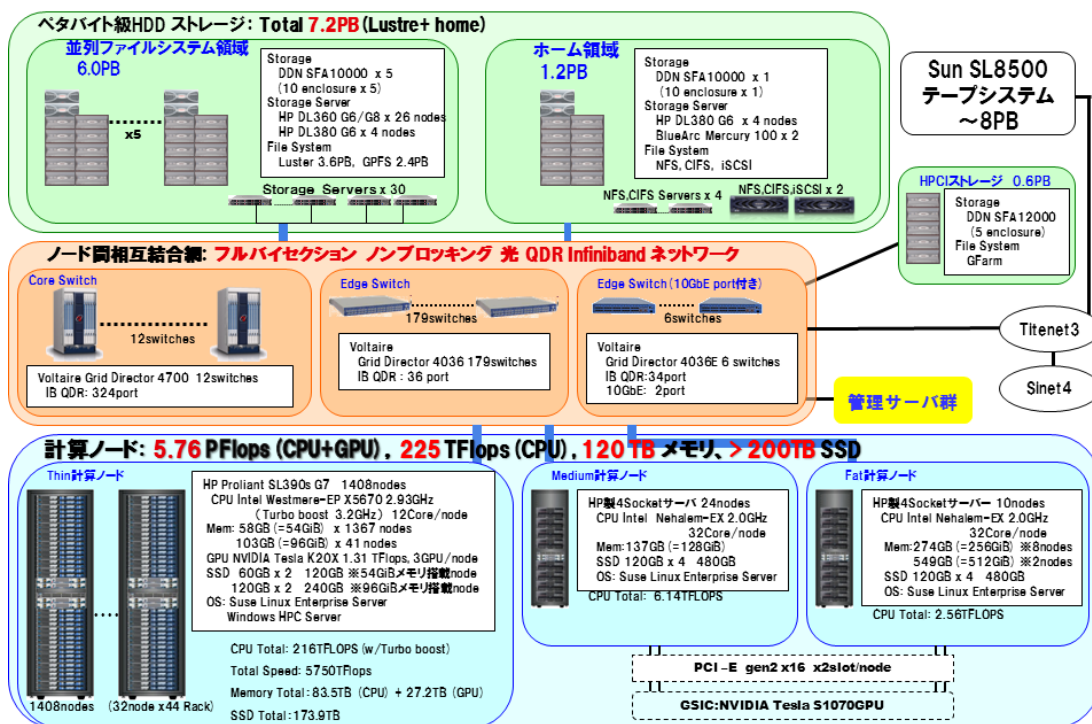


## 2. 情報基盤サービス

### 2-1 スーパーコンピュータシステム

#### 2-1-1 構成

### 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-](http://www.hpcwire.com/hpcwire/2012-02-02/number_crunching_data_crunching_and_energy_efficiency_the_hpc_hat_trick.html)

[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, MSC NASTRAN, PATRAN, ANSYS, LS-DYNA, Fluent, AVS/Express PCE, AVS/Express Developer, AMBER, Gaussian, GaussView, Linda, Materials Studio, Discovery Studio, Mathematica, Maple, MATLAB

## ○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、LTO4 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) 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 2017 年 3 月末現在、以下の合計 61 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(47 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. 化学物質管理支援システム
5. 環境安全衛生教育システム
6. 総合プロジェクト支援センター
7. 研究力 DB(高度化プロジェクト)
8. TAMEDAS (Tokyo Tech Alumni Member Database System) 事業
9. 応用セラミック研究所ホームページ
10. Tokyo Tech E-Learning for Information Technology Education
11. 大学情報データベース
12. 電気電子工学専攻・電子物理工学専攻ホームページ
13. 生命時空間ネットワーク進化型教育研究拠点
14. 国際開発工学専攻 web サーバ
15. 原子炉工学研究所 Web システム
16. 施設運営部建物情報管理システム
17. STAR サーチ
18. 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
19. 教務 WEB システムバックアップサーバ
20. 教務基幹システムバックアップサーバ
21. 授業評価アンケートシステム
22. 多言語対応日本語読解学習支援システムあすなろ
23. 広報センター
24. 情報基盤支援センターWeb フォーム提供サーバ
25. 東工大元素戦力拠点
26. 研究企画課グループウェア導入
27. グループウェア導入評価
28. 研究戦略推進センタースケジュール管理
29. 地球生命研究所 Web サーバ

30. 情報セキュリティ監査・危機管理専門委員会
31. 認証基盤システム担当
32. 教育システム
33. 学生調査 2014
34. CAMPAS Asia Research Review
35. オンライン教育プロジェクト
36. 研究者情報管理システム
37. 社会人教育院講座支援システム
38. TiROP CANVAS
39. 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
40. 情報活用 IR 室
41. 学びのコミュニティシステム
42. 学生の自己管理学習を支援する IR システムの構築
43. 東京工業大学リサーチリポジトリ(T2R2)
44. 2016 年 4 月入社学生対象 東工大 就職活動アンケート調査
45. 添付ファイルを抑制する次元的なファイル共有システム
46. 『以心電心』ハピネス共創研究推進機構
47. イノベーション人材養成機構(IIDP)教育院登録データベース
48. 機械系 SolidWorks ライセンス管理
49. 融合理工学系 Web サーバ
50. 学勢調査 2016

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. COMSOL	COMSOL Multiphysics による連成解析・電磁応力解析
2. COMSOL	TSUBAME による MEMS 構造解析
3. vsep	応力複屈折シミュレーション
4. glide	分子シミュレーション演習におけるタンパク質・化合物ドッキング解析に基づくバーチャルスクリーニング統合ソフトウェア
5. SCRYU/Tetra	熱流体解析ソフトウェア
6. COMSOL	伝熱・流体達成解析を用いたレーザ加工減少の解明
7. COMSOL	高圧圧電ポンプの開発における COMSOL ライセンス
8. exacorp	-----
9. JMAG	世界を回すモータ

10. ANSYS FLUENT	建築物の耐風設計に関する CFD
11. SCHROD	-----

### 2-1-3 実績

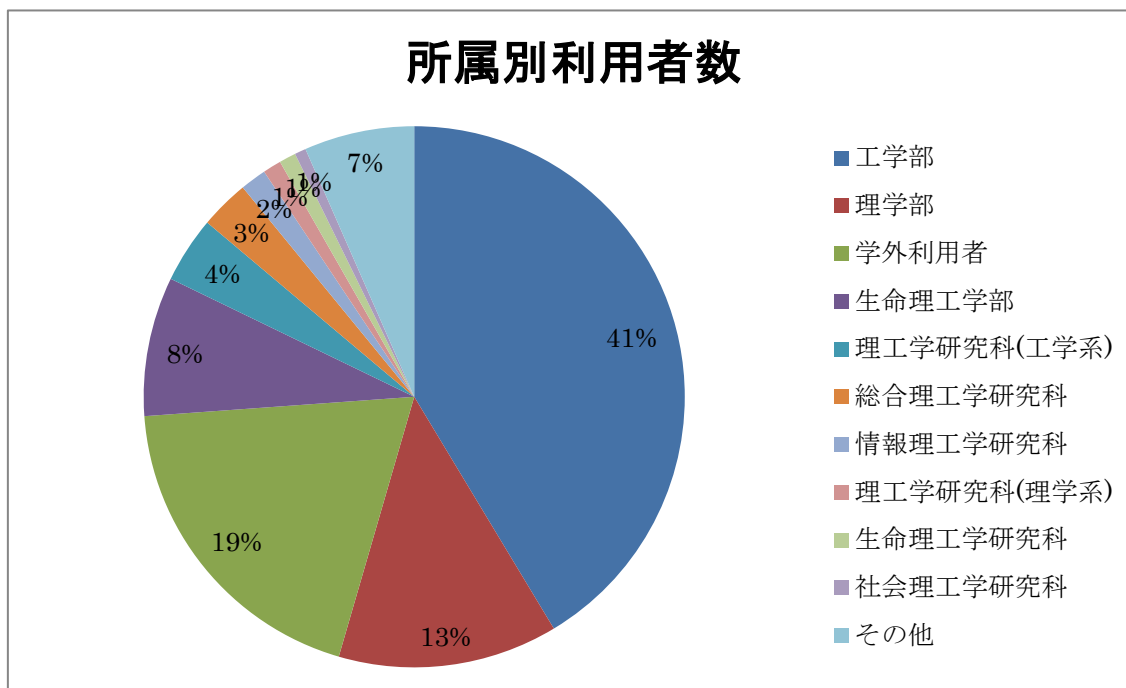
#### ◎H27 年度計算機利用料収入内訳

総収入		197,535,699
学内		56,658,000
学外	国立大学／大学共同利用機関	24,840,833
	私立大学	259,200
	独立行政法人	4,665,600
	民間	111,112,066

#### ◎利用者登録状況

平成 27 年									平成 28 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
9670	10036	10094	9799	9839	9922	9787	9710	9814	9854	10110	10191

#### ◎所属別登録状況



\*システム上の所属変更が教育改革後に行われていないため利用者の設定当時の所属とする

◎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*1	利用グループ数
H28年	4月	412	38341	1014271	60317	9500	1412	18
	5月	561	96403	1747001	338851	11780	1568	16
	6月	710	85039	1853305	123143	5700	1636	16
	7月	569	89849	1559975	243087	7764	2628	32
	8月	522	65121	1028820	72800	5128	505	18
	9月	471	104547	1991067	133898	7206	2187	36
	10月	596	192966	3040158	190549	11400	3015	34
	11月	539	258479	3560565	380761	11400	4774	68
	12月	649	253981	4585574	318277	10640	6512	78
H29年	1月	680	216448	3065041	371589	10640	8861	109
	2月	580	192801	2202443	488997	9120	8887	120
	3月	598	101972	2039817	194522	8785	8687	120
合計		-	1695947	27688037	2916791	112605	45885	442

\*1： 予約キューは予約が入っていない場合、短時間キューとして運用

\*2： 予約キューは節電のため平日縮退運転

◎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	1	11	0	1	0	1	7	22	6	10	54	4	117
ハードウェア	15	19	46	26	70	57	71	53	35	41	47	55	535
その他	3	10	7	6	86	1	2	4	8	5	4	18	154
月小計	19	40	53	33	156	59	80	79	49	56	105	77	806

◎運用実績

平成 28 年 3月31日 16:00～ 4月4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5日 16:00	TSUBAME2.5 計算サービスの平成 28 年度運用開始
4月20日～6月10日	平成 28 年度前期 TSUBAME 講習会の開催

6月3日～6月7日	TSUBAME3 導入準備のためのシステム停止
6月10日 6月15日～6月22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10日 9:00～ 8月18日 15:00	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9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)
9月14日 9:00～ 9月15日 16:00	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)
9月26日～11月15日	平成 28 年度後期 TSUBAME 講習会の開催
12月29日～ 平成 29 年 1 月 4 日	年末における H キューの停止
3月27日～4月4日	年度末メンテナンス、TSUBAME3.0 導入準備工事に伴うサービスの停止

### ◎TSUBAME 2.5 キュー構成

サービス	キュー名	用途	ノード数 コア数 スレッド数	時間 制限	メモリ制限	並列 数 上限	備考
無料	インタラクティブ	デバック, ジョブ投入	20 240 480	30分	6GB	4	*9
従量	S	中規模並列	300 3600 7200*13	1～4日	1GB*4 (54GB まで)	7200	*14
従量	S96	54GB 以上のメモリ	39 468 936	1～4日	1GB*4 (96GB まで)	936	*5
従量	L256	128GB 以上のメモリ	8 256 512	1～4日	1GB*4 (256GB まで)	512	*7
従量	L512	256GB 以上のメモリ	2 64 128	1～4日	1GB*4 (512GB まで)	128	*8

従量	G	GPU 専用	435 1740 3480	1~4 日	1GB*4	無制限	G 側でコア指定は不可能
従量	U	ノード内並列	195/1560/3 120(最大)	1~4 日	1GB*4	ジョブ量により可変	仮想環境
定額	V	ノード内並列	385 3080 6160(最大)	1~4 日	1GB*4	割当による*10	仮想環境
定額	Vw	WindowsHPC*1	40 ノード *12	1~4 日	1GB*4	割当による*11	仮想環境
定額	Sw	WindowsHPC*1	8 ノード*12	1~4 日	1GB*4	192	native
予約	H*3 X*14	大規模並列	380 4560 9120	スロット時間	1GB*4	9120	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、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による複数のジョブが実行されることがあります。1つのジョブが複数のノードを使用することも可能です。V キューのノードが該当します。



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

共同利用推進室 特任准教授 佐々木 淳  
高性能計算システム分野 研究員 野村 哲弘

### TSUBAME におけるアプリケーションの利用状況

TSUBAMEには様々な有償アプリケーションおよびオープンソースのアプリケーションが導入されている。TSUBAMEに導入された有償アプリケーションのおよびオープンソースのアプリケーションの利用状況について、2016年度（2016年4月1日～2017年3月31日）に、これらのアプリケーションを使用したユニークなユーザ数、アプリケーションが使用したCPU時間の割合、バッチキューにおいてアプリケーションが使用したノード時間の割合とそのユーザ数を示す。ただし、バッチキューにおけるノード時間とそのユーザ数の集計には、インタラクティブノードでの使用時間は含まない。

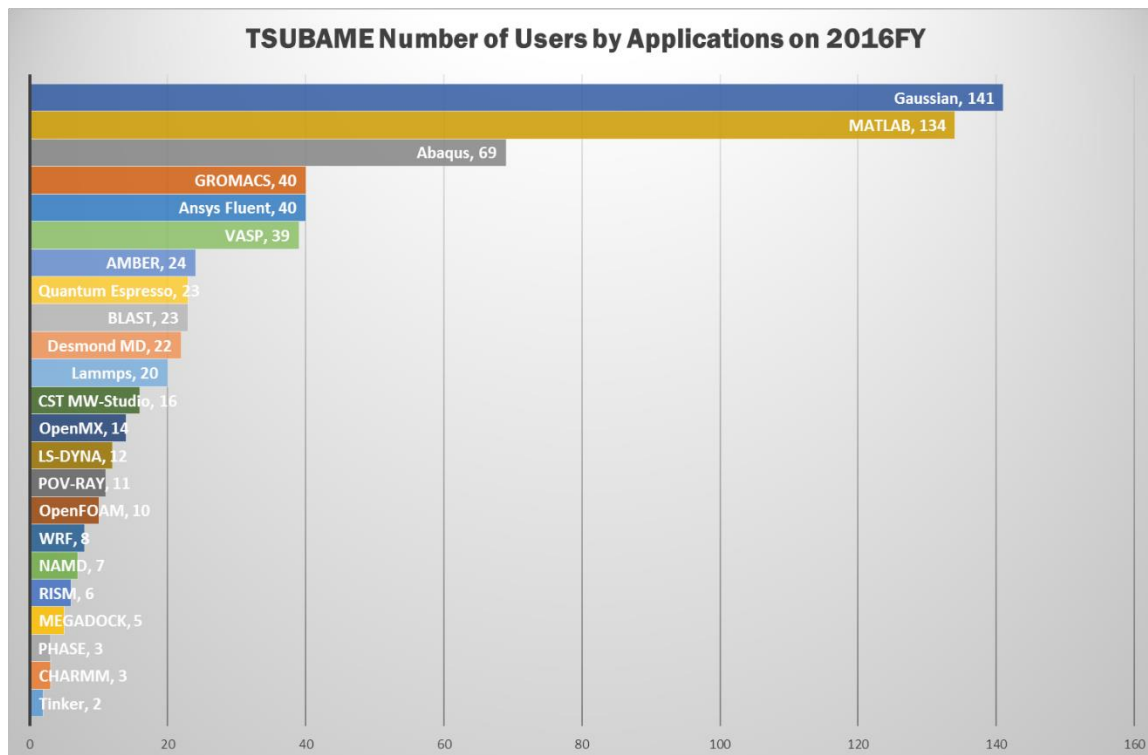


図1 アプリケーションを使用したユニークなユーザ数

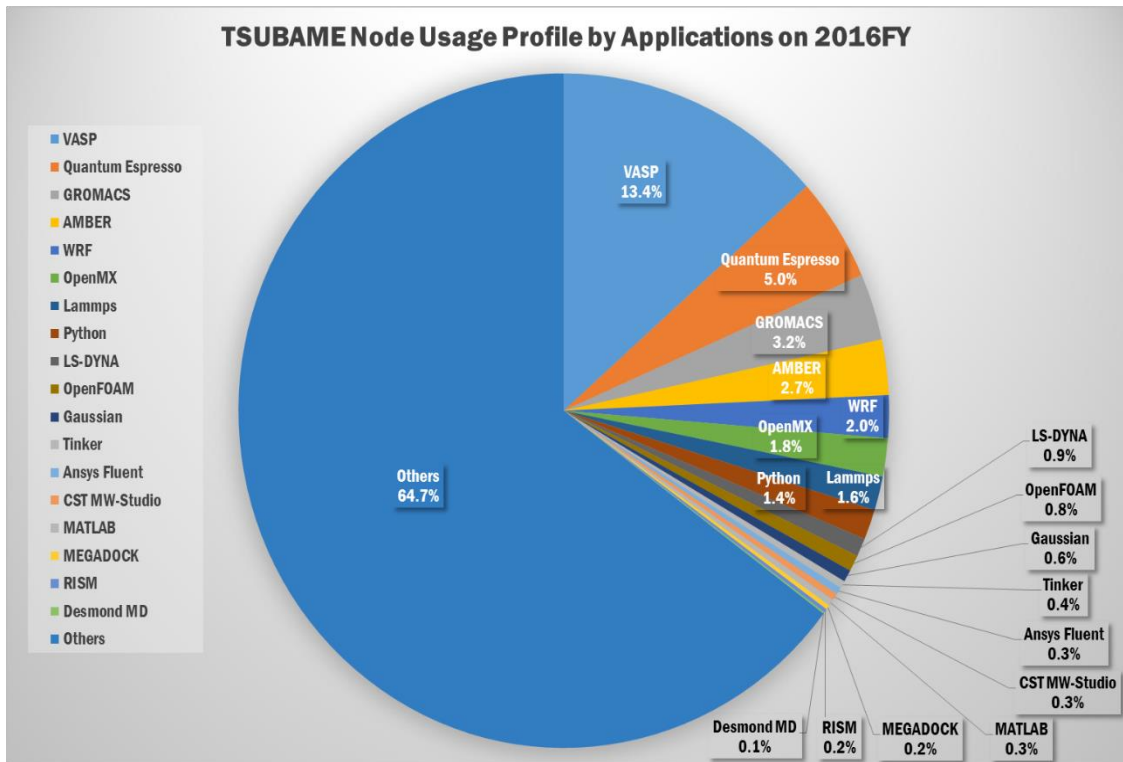


図2 アプリケーションが使用したCPU時間の割合

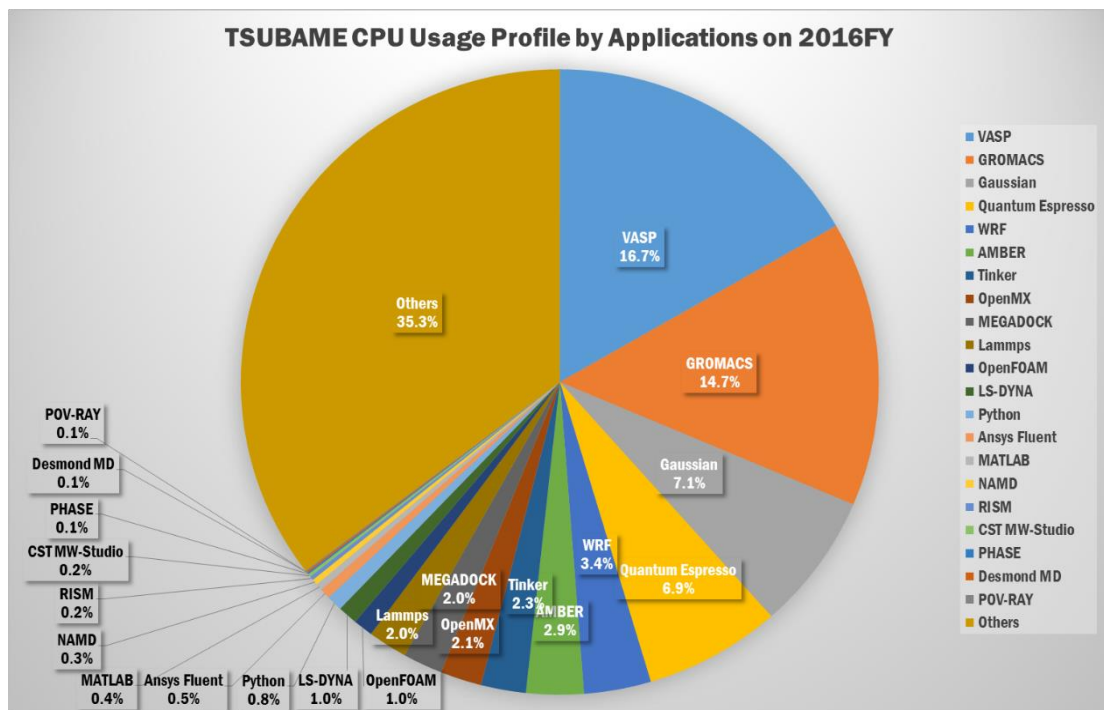


図3 アプリケーションが使用したノード時間の割合

## TSUBAMEにおけるコンパイラの利用状況

TSUBAMEでは、ソフトウェア開発環境としてGNUコンパイラコレクション（GCC）、Intel社製コンパイラおよびPGI社製コンパイラを提供している。これらを2016年度に利用したユニークなユーザ数について図4に示す。

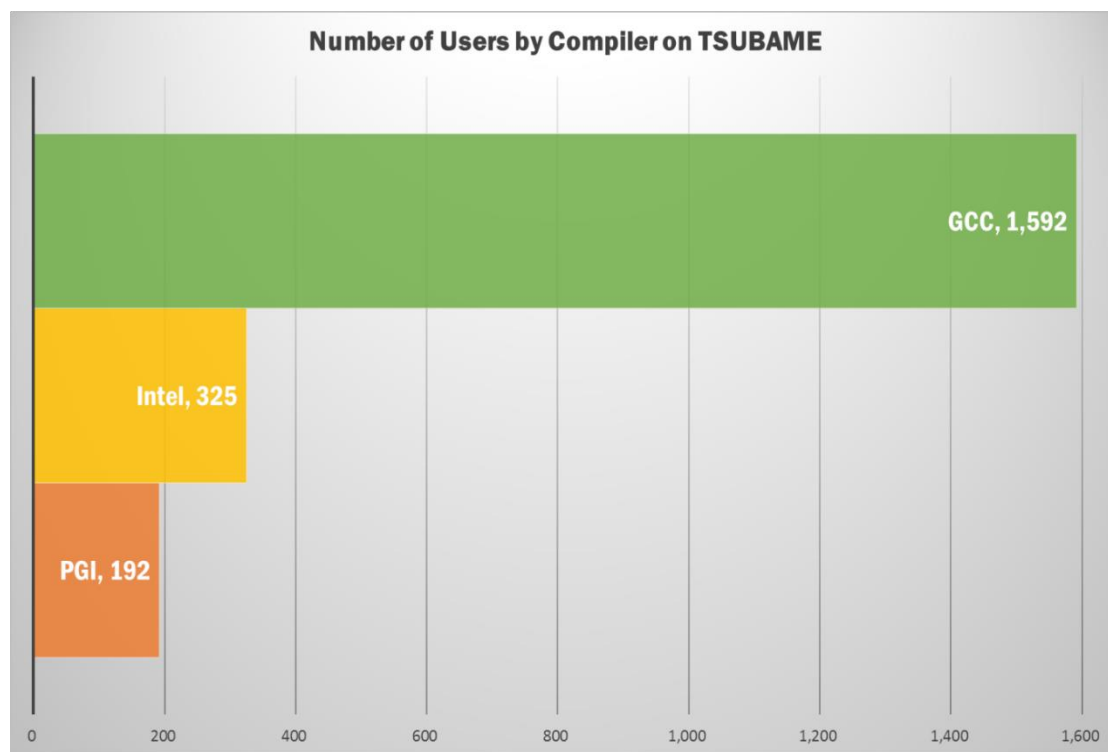


図4 コンパイラを使用したユニークなユーザ数

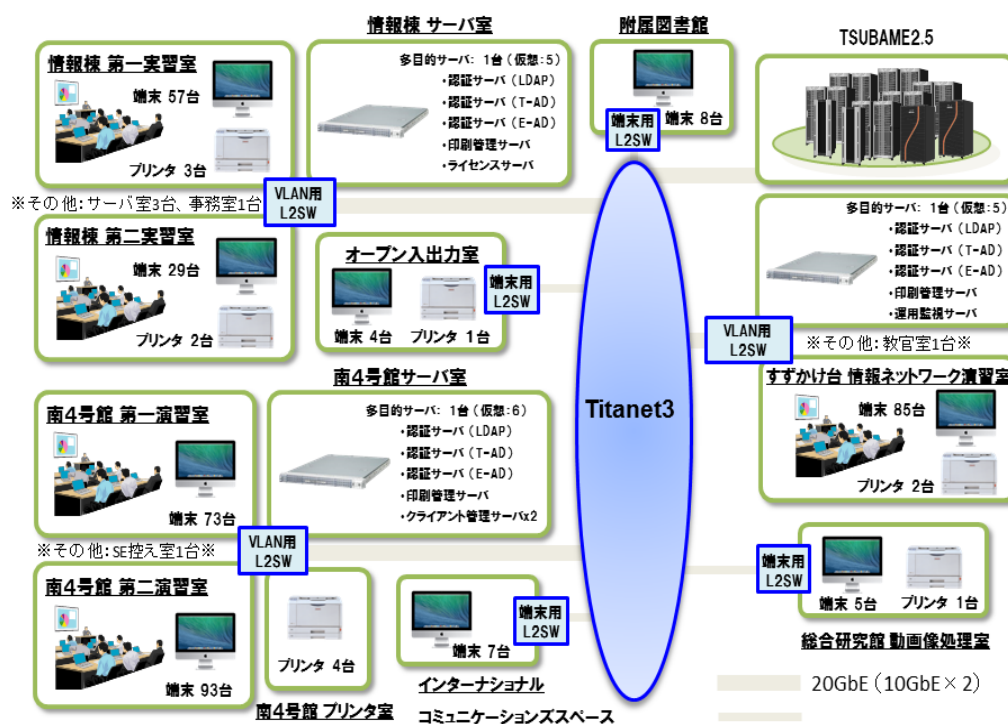
## 2-2 教育用電子計算機システム

### 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Mac OSとWindowsのデュアルブートで運用するiMac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。

### 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 (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	3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 Windows 8.1 Pro
アプリケーション	Adobe Creative Cloud, ChemDraw Professional, 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

## 2-2-2 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、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

### ◎ログイン回数

#### 【大岡山】

	GSIC		南4号館			学内設置	
	第1 実習室	第2 実習室	第1 演習室	第2 演習室	オープン 入出力室	図書館	ICS
H28年4月	2,164	525	3,222	4,134	103	935	20
5月	1,657	499	2,502	3,458	161	892	16
6月	1,305	695	2,340	3,502	185	784	11
7月	1,617	1,244	3,030	4,497	220	1,245	43
8月	527	271	617	1,105	82	482	7
9月	188	163	377	1,077	42	366	9
10月	1,344	837	2,832	4,485	80	984	19
11月	1,092	711	2,188	3,833	7	932	25
12月	1,260	816	2,277	3,624	2	734	17
H29年1月	1,143	820	1,767	3,288	0	685	22
2月	554	364	546	1,497	0	451	10
3月	220	134	133	522	0	214	7

#### 【すずかけ台】

	すずかけ 台 演習室	学内設置
		動画像処理室
H28年4月	265	23
5月	459	23
6月	382	23
7月	503	25
8月	88	38
9月	72	30
10月	200	16
11月	481	17
12月	252	18
H29年1月	213	10
2月	84	13
3月	73	0

◎授業コマ数

大岡山 学術国際情報センター(情報棟) 3F 第1実習室

	授業コマ数			
	第1クォータ	第2クォータ	第3クォータ	第4クォータ
情報リテラシー	6	6	0	0
コンピュータサイエンス	0	0	0	0
その他	5	6	5	5

大岡山 学術国際情報センター(情報棟) 3F 第2実習室

	授業コマ数			
	第1クォータ	第2クォータ	第3クォータ	第4クォータ
情報リテラシー	0	0	0	0
コンピュータサイエンス	0	0	0	0
その他	5	2	1	5

大岡山 南4号館 3F 情報ネットワーク演習室 第1演習室

	授業コマ数			
	第1クォータ	第2クォータ	第3クォータ	第4クォータ
情報リテラシー	6	6	0	0
コンピュータサイエンス	0	0	6	6
その他	5	9	9	12

大岡山 南4号館 3F 情報ネットワーク演習室 第2演習室

	授業コマ数			
	第1クォータ	第2クォータ	第3クォータ	第4クォータ
情報リテラシー	6	6	0	0
コンピュータサイエンス	0	0	6	6
その他	5	0	6	7

すずかけ台 情報ネットワーク演習室

	授業コマ数			
	第1クォータ	第2クォータ	第3クォータ	第4クォータ
情報リテラシー	0	0	0	0
コンピュータサイエンス	0	0	0	0
その他	4	2	4	4

※クォータ制に移行し、1つの授業を1クォータで週2回実施するものや、2クォータに渡り週1回実施するものなど利用パターンが異なるため、実施コマ数をカウントすることにした。

◎プリンタ利用状況

	印刷枚数	印刷件数	利用者数
H28年4月	23,932	4,798	1,041
5月	25,448	6,209	1,304
6月	27,023	7,437	1,372
7月	34,295	8,786	1,396
8月	17,204	4,894	892
9月	7,286	1,403	445
10月	31,011	7,082	1,541
11月	35,272	8,496	1,626
12月	20,537	5,356	1,307
H29年1月	25,974	6,543	1,374
2月	24,551	5,001	1,101
3月	14,418	1,166	349
合計	286,951	67,171	3,436

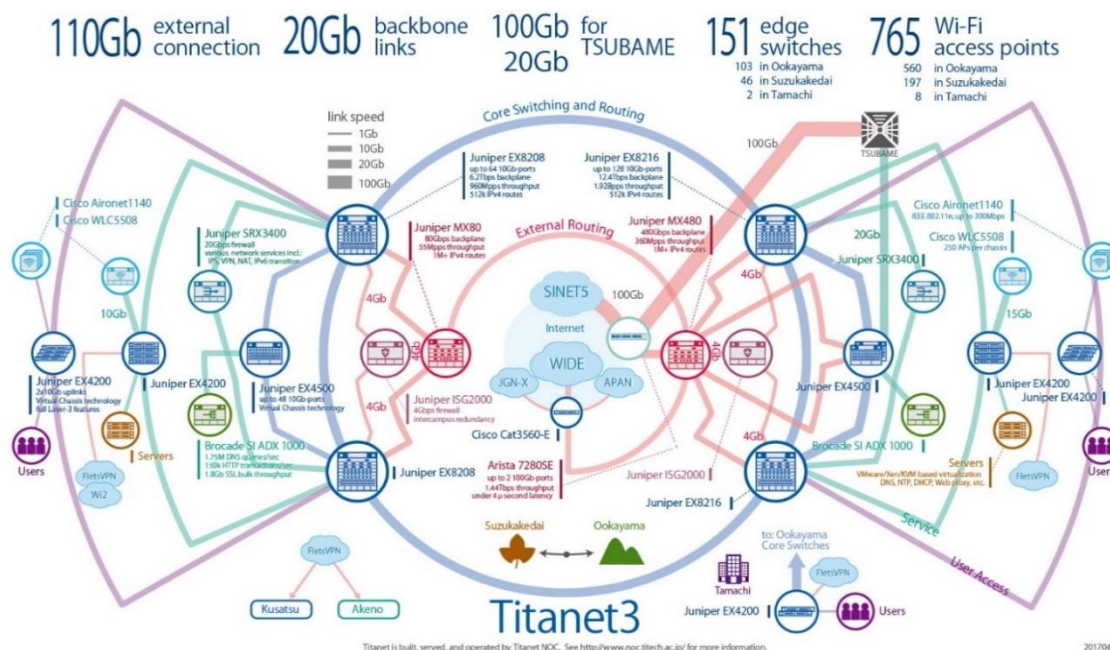


## 2-3 ネットワークシステム

### 2-3-1 有線ネットワーク (Titanet3)

Titanet3 の運用開始から本年度末で7年が経過した。ネットワーク機器の平均利用年数は5〜6年と言われており、これを Titanet3 を構成する機器群は越えることとなったが、今年度も安定稼働・運用を続けた。安定化作業は、大規模なものとしては、スイッチ群の OS 更新作業をキャンパスの法定停電に合わせて実施したのみである。小規模なメンテナンス作業は、特に PoE スイッチの経年劣化故障への対応等、数多くあった。丁寧迅速に対応することで大きな通信断などは発生していないが、システム全体に経年劣化の影響は否めない状況にある。停電時以外に実施したメンテナンス作業について章末に示す。PoE スイッチについては、メーカーの無償保守期間が 2016 年 10 月で終了したため、新機種への入替え交換を段階的に実施している。なお、メンテナンスによる停止時間を含めても、全機器、サービス用アプライアンスなど、各ハードウェアの年度期間稼働率は 99%以上を実現した。章末に稼働率(表)を示す。

以下に、現在の Titanet3 幹線部分の構成を示す。



### Titanet3 の構成

本年度も新規建物へのエッジスイッチの配備等、キャンパスネットワークの規模は拡大した。昨年度3月から SINETS への接続は 100 ギガとなり、WIDE, APAN, JGN 用回線 10 ギガと合わせて、本学は最高速帯域の対外接続を持つ学術機関の一つとなった。100 ギガ接続は、そのまま TSUBAME に引き込むとともにキャンパス LAN の対外接続としても並用し、教育・生活・研究と最先端科学技術計算が共存して利用する形態で運用している。

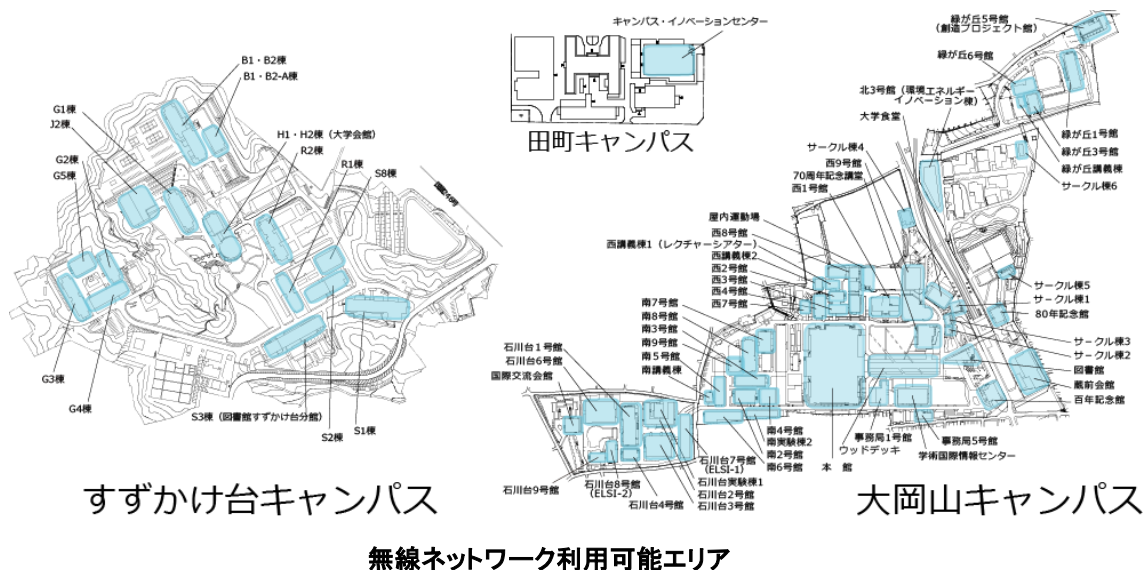
残念ながら、本年度は、その SINET100 ギガ回線を構成する機器が初夏の落雷時に故障し、

さらに、それに伴う SINET 設置機器の部品交換において、それまで出ていなかった 100 ギガ接続機器との間で相性の問題が発現した。この相性問題は早急に解消することができず、別回線において運用中の WIDE プロジェクトの協力のもと、帯域を絞った状態で SINET への仮想バックアップ接続を敷設し、SINET・インターネットへの接続を維持した。その後は、1 月弱で相性問題を解決し、現在は 100 ギガ回線による接続に復帰している。今後起こりうる同様な事故に対応するため、WIDE プロジェクトが運用する Open Exchange 実験への参加、および、その回線のすずかけ台キャンパスへの引き込みを、現在、調整・設計している。

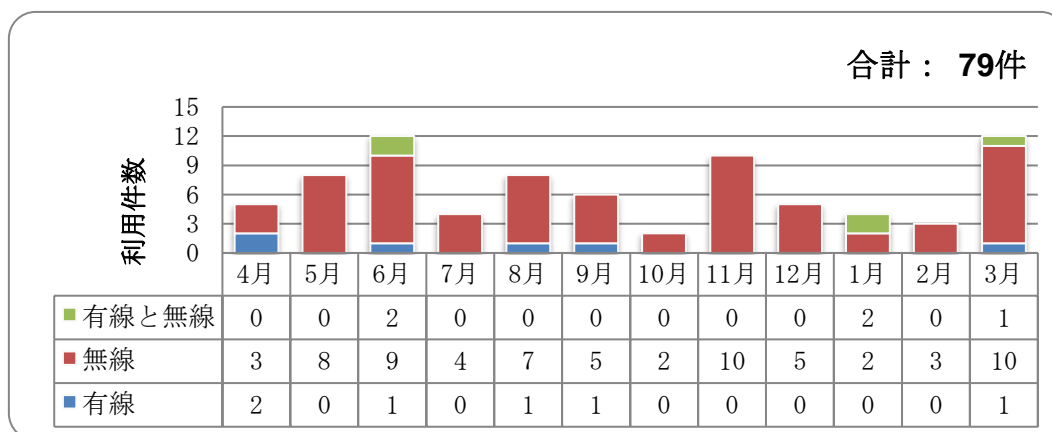
セキュリティ機器は、これまでと変わらず、ファイアウォール、ファイル交換ソフトウェア検知機、WAF(Web Application Firewall)を運用し、セキュリティインシデント等に合わせ、上記機器を用いてのポート制限、および、注意喚起を行った。ファイル交換ソフトウェアの検知状況については後述する。例年同様、攻撃に頻繁に利用されるポートについては、追加で全学遮断としている。さらに、これらを強化すべく昨年度調達した次世代ファイアウォールについて、本年度当初からテストに入っているが、特に仮想化部分の運用が安定せず、テスト運用を継続中である。具体的には、仮想化により実現する予定であった幹線部ファイアウォール、全流量検査、プロキシ・DNS 等特定通信検査、事務ネットワークファイアウォールについて、一部を縮退運転および、導入見合わせ、一部を別機器による実現により、テスト運用を継続している。3 月末にリリースされるソフトウェアにより、一部リソース不足の問題は解決される予定である。

## 2-3-2 無線ネットワーク (TW2)

2010 年 3 月に更新された無線ネットワークシステムでは、本年度も順調に配備が進み、年度末時点で 765 台 (大岡山 : 560 台、すずかけ台 : 197 台、田町 : 8 台) が稼働している。本年度も、安定・安全運用のため、コントローラ OS の更新を行った。以下に、現在の無線ネットワークが利用可能なエリアを示す。



本年度 3 月 31 日には、同システム上で稼働する全学無線 LAN サービスを更新し、TokyoTech の正式運用を開始した。同サービスはほぼ 1 年間に渡り、前サービスと並行運用することで、多くの利用者がそれぞれ都合のよいタイミングで移行できるようにしたため正式サービス開始時点で、全体の 78%が新サービスを利用している状態となっている。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、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おり、多くの利用がある。本年度のイベントネットワークの利用状況を以下に示す。また、昨年度、学術無線 LAN ローミング基盤 eduroam の導入をしたが、こちらも順調に利用者が伸びている。

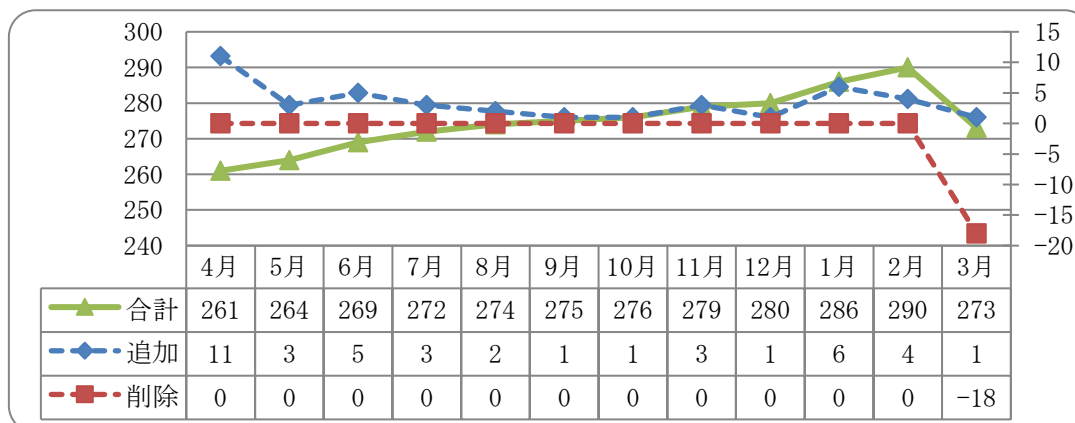


イベント用ネットワークサービス利用件数の状況

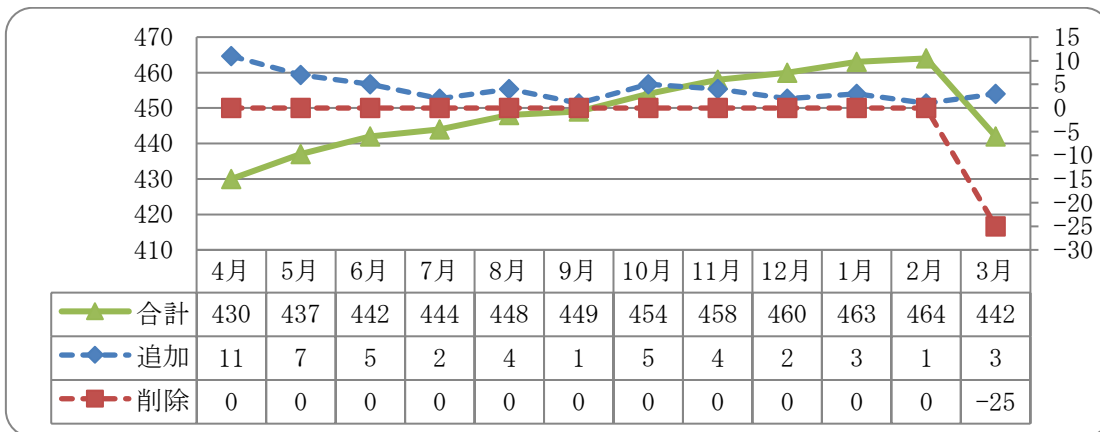
### 2-3-3 その他のサービス

#### (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)

昨年度 6 月から本運用を開始した新 WWW サーバ代行サービスには、現在 7 割程度の旧サービス利用者が移行を終了した。これにともない、旧サービスの円滑な終了が見込めるようになったため旧サービス終了日をネットワーク専門委員会にて具体的に決定した。また、同委員会において、利用可能ディスク容量の増加と証明書利用サービスの実施も決定した。本年度の DNS 並びに WWW サーバ代行サービス利用状況を示す。



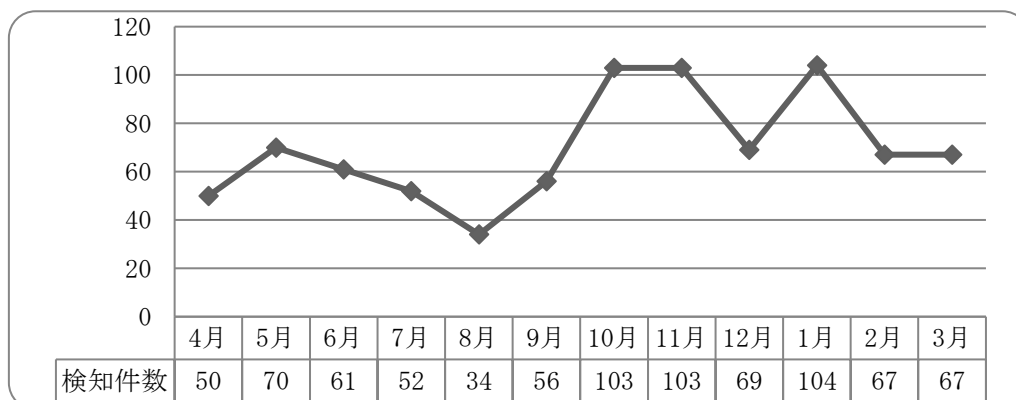
WWW サーバ代行サービス利用件数の状況



DNS 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

著作権侵害行為の防止強化のため、学外との通信内容を機械的に判断、荷担するおそれのあるソフトウェアを検知、遮断、通知している。昨年度までの検知対象は、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ったが、本年度から qq, Kugou も検知している。これら新規対象の通信ソフトウェアは、明示的にファイル共有を目的とするものではなく、chat や音楽共有を主目的としているため、利用者が著作権侵害行為を行う可能性に気が付きにくく、また、著作権に対する考え方が違う国において、これらを用いたサービスが展開されていることもあり、非常に多くの検知があった。これらについても、多くの場面で注意喚起を繰り返している。技術的な検知機能については、現行の検出機と次世代ファイアウォールによる検知との比較の結果、次世代ファイアウォールを利用した検知・遮断への移行を行う方針であるが、ファイアウォールが安定しない状態にあるため、現在は、従来機器と次世代ファイアウォールによる検知を並用して、サービスを提供している。以下に、本年度の検知状況を示す(手動で追加遮断した件数を含む)。



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
- SINET5,JGN-X を利用する学内プロジェクトに対する接続支援
- 上記サービス、ネットワークの 365x24 監視システムの運用

#### 2-3-4 特記事項

本報特記事項に記したように、本年度も教育改革にともなう組織の大改編に対応するため、臨時の対応等を継続して行った。

キャンパスネットワークシステムの一部として、2世代以上に渡って全学に正確な時刻を供給するために運用されて来た NTP(時刻情報提供)サーバの次回更新については、これまでのような商用アプライアンスを採用せず、自作(IoT)機器を採用する予定としている。コストパフォーマンス、アンテナ等の機動性の問題に加え、昨今、NTP についてセキュリティ面の問題が多く出ており、ソフトウェアの更新が頻繁に行われないアプライアンスではこれを迅速かつ継続して低減することが難しくなっている。そのため、ほぼ汎用 OS・ソフトウェアで動作する機器での運用を、精度面での欠点に注意しながら、行っていく予定である。

日付	種別	機種	対応	原因／症状
4/6	PoE スイッチ	DGS-3100	交換	FAN 故障 (3 回目)
4/15	PoE スイッチ	DGS-3100	交換	FAN 故障
5/11	PoE スイッチ	2520-8G-PoE	交換	電源タップが黒くなって落ちた(タップ交換済) → 電源工事後、交換
5/18	建物スイッチ	EX4200-48T	交換	parity error ログが出力され故障
8/2	アプリケーション集約スイッチ	WS-X6724-SFP	交換	落雷停電にて Module 故障
8/2	アプリケーション集約スイッチ	WS-X6516-GE-TX	撤去	落雷停電故障の ookayama-gw への乗せ替え対応
8/16	建物スイッチ	EX4200-48T	交換	panel err と温度が継続的に高いため、予防交換
8/16	建物スイッチ	EX3300-48T	移動	事務支援機器が GSIC から本館へ引っ越し
8/30	PoE スイッチ	cat2960-cx	交換	PoE 給電足りない可能性があるため CiscoPoE へ交換
10/7	PoE スイッチ	DGS-3100	交換	FAN 故障 3 度目 (去年 8 月-14 か月ぶり)
10/7	PoE スイッチ	DGS-3100	交換	FAN 故障 2 度目 (5 年ぶり)
10/18	PoE スイッチ	DGS-3100	交換	FAN 故障 2 度目 (5 年ぶり)
10/18	PoE スイッチ	DGS-3100	交換	FAN 故障 初めて
10/21	PoE スイッチ	DGS-3100	交換	3port 故障 2 度目 (4 年ぶり)
10/28	PoE スイッチ	DGS-3100	交換	FAN 故障 2 度目 (2 年ぶり)
11/17	PoE スイッチ	DGS-3120	交換	マネジメント通信のみ不可、予防交換
11/18	PoE スイッチ	DGS-3100	交換	配下の AP が全て落ち、そのまま - > PoE 機能の故障の可能性がを考慮し予防交換
12/8	PoE スイッチ	DGS-3120	交換	FAN 故障 初めて

1/13	建物スイッチ	EX4200-24T	追加	PC 設定用に共通機器室にスイッチを貸与
2/7	PoE スイッチ	DGS-3100	交換	FAN 故障 2 度目 (2 年半ぶり)
3/8	コアスイッチ	EX8216 (SIB5)	交換	段階的通電作業の中で、SIB5 Fault による故障 - 落雷による不調と思われる
3/9	PoE スイッチ	DGS-3100	交換	FAN 故障 初めて
3/16	対外ルータ	MX480 (PEM2)	交換	PEM2 電源モジュール (FAN) 故障; PEM1 も交換済み
交換 予定	PoE スイッチ	DGS-3100	交換	FAN 故障 初めて

平成 2 8 年度 機器交換追加履歴

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
100g-gsic-1	99.91	nishi7-1	99.93	circle1-1	99.99	radius-napidap[xen-o1]	99.9
100g-gsic-1-b	99.95	nishi8w-1	99.32	circle2-1	99.99	nsauth-o1[xen-o1]	99.9
border-o1	99.92	nishi8e-1	99.49	circle3-1	99.99	auth-o1[xen-o2]	
border-o2	◆	higashi1-1	99.93	sanren2-2	99.89	auth-o2[kvm-o1]	99.89
ookayama-gw(v301)	99.9	haieki-1	99.93	ishikawa1-2	99.98	auth-s1[kvm-s1]	99.92
ookayama-gw(v306)	99.9	midori1-1	99.93	ishikawa2-2	99.98	auth-s2[kvm-s2]	99.89
suzukake-gw(v302)	99.92	gsic-1	99.92	ishikawa3-2	99.98	dhcp-o1[xen-o1]	99.9
suzukake-gw(v307)	99.92	johoeno-1	99.92	ishikawa6-2	99.98	dhcp1.pubnet[xen-o1]	99.96
noc-kote-1	99.92	gsickokusai-1	99.93	minami2-2	99.98	dhcp2.pubnet[xen-o2]	◆
core-o1	99.79	minami6-1	99.93	minami5-2	99.98	xen-o1	99.9
core-o2	99.94	tamachi-1	99.93	johoeno-2	◆	xen-o2	◆
core-s1	99.92	honkan-1	99.93	minami6-2	99.98	kvm-o1	99.89
core-s2	99.92	nishi5-1	99.92	minami8-2	◆	kvm-o2	99.9
vpn-o	99.9	higashi2-1	99.93	midori6-2	99.98	kvm-o3	99.99
vpn-s	99.92	ttf-1	99.93	honkane-2	◆	vmw-o1	99.88
vpn-t	99.92	honkans-1	99.92	honkane-3	◆	vmw-o2	99.9
10g-gsic-1	99.92	nishi9-1	99.93	honkane-4	◆	kvm-s1	99.92
10g-gsic-1-b	99.99	honkanko-1	99.92	kodo-2	99.98	kvm-s2	99.9
10g-setsubi-1	99.92	cert-gsic-1	99.87	nishi2-1	99.98	kvm-s3	99.88
noc-gsic-1	99.9	jimu-honkan-1	◆	nishi3-2	99.98	vmw-s1	99.92
noc-gsic-2	99.9	jimu-gsic-2	99.3	nishi8w-2	99.98	proxy	99.99
noc-gsic-3	99.92	gsic-10	99.91	nishi8e-2	99.82	slb-o1	99.9
noc-gsic-4	99.92	ishikawa7-1	99.91	nishi9-2	99.98	slb-s1	99.63
noc-honkan-1	◆	vande-1(P)	99.91	nishi9-3	99.98	res-o1 mgmt	◆
noc-honkan-2	◆	rji-1	99.89	nishi9-4	99.98	res-o1	◆
noc-setsubi-1	99.92	kitaji1-1	99.89	nishi9-5	99.98	res-o2 mgmt	99.88
noc-setsubi-2	99.92	gsic-2	99.9	circle4-1	99.98	res-o2	99.88
noc-setsubi-3	99.92	hokenkanri-1	99.94	toshoo-2	99.98	res-o3 mgmt	◆
wdm-os1	99.9	sanren2-1	99.9	toshoo-4	99.98	res-o3	◆
wdm-os2	99.9	gokuteion-1	99.88	taikukan-2(P)	◆	res-s1 mgmt	99.92
wdm-so1	99.92	taikukan-1	99.91	tamachi-1	◆	res-s1	99.98
wdm-so2	99.92	minamiji4-1	99.91	green1-2	99.98	res-s2 mgmt	99.89
wdm-ot1	99.9	midoriko-1(P)	99.92	green1-3(P)	99.98	res-s2	99.95
wdm-ot2	◆	minamiko-1(P)	99.67	ishikawa8-2	◆	prx-s1 mgmt	99.92
wdm-to1	99.92	minami7-1	99.91	honkans-2	99.58	prx-s1	99.98
wdm-to2	99.93	minami7-2	99.91	ishikawa7-2	◆	prx-o1[kvm-o1]	99.95
midori2-1	99.91	j2-1	99.92	j2-2	99.99	prx-o2[xen-o2]	◆
midori3-1	99.93	j3-1	99.92	j2-3	99.99	prx-o3[xen-o1]	99.96
midori4-1	99.93	isotope-1	99.92	j2-4	99.99	prx-o5[vmw-o1]	99.59
sozo-1	99.93	b1-1	99.92	b1-2	99.99	kvm-sw-o1	◆
kita2-1	99.93	b2-1	99.92	b2-2	99.99	waf-o1	99.89
midori6-1	99.93	r3-1	99.92	daigakukaikan-2	99.99	waf-2	99.9
green1-1	99.8	coe-1	99.92	daigakukaikan-3	99.99	ntp-o1	99.9
cc-gsic-1	99.91	daigakukaikan-1	99.92	frontier1-2	99.97	sgw-o1	99.9
80nen-1	99.93	g1-1	99.92	frontier2-2	◆	sgw-o2	99.9
100nen-1	99.93	soken-1	99.92	toshos-2(P)	99.13	sgw-s1	99.92
toshoo-1	99.93	frontier1-1	99.92	g1-2	99.99	sgw-s2	99.92
jimu1-1	99.93	frontier2-1	99.92	g2-2	99.99	db[vmw-o1]	99.89
1shoku-1	99.92	r1-1	99.92	g3-2	99.99	db-2[kvm-o3]	99.99
ishikawa1-1	99.93	sokenbekkan-1	99.92	setsubi-3	◆	logger[vmw-o1]	99.88
ishikawa2-1	99.93	johoens-1	99.92	g4-2	99.99	logger-3[xen-o2]	◆
ishikawa3-1	99.93	g2-1	99.92	r1-2	99.99	opw10g	99.9
ishikawa4-1	99.93	g3-1	99.92	genso-2	◆	opw10g-o2	◆
ishikawa5-1	99.93	g4-1	99.92	tw2-gw-o	99.93	ntp1	99.95
ishikawa6-1	99.93	g5-1	99.74	tw2-gw-s	99.92	ntp2	99.98
koryukaikan-1	99.93	genso-1	99.92	wlc-o1	99.9	slb-o1(ve352)	99.98
ishikawa8-1	99.93	j1-1	99.92	wlc-o1 v110	99.98	ns1[vmw-o2]	99.96
minami1-1	99.93	r2-1	99.92	wlc-o2	99.9	ns2[vmw-o2]	99.96
minami2-1	99.93	toshos-1	99.92	wlc-o2 v110	99.98	ns6[vmw-o2]	99.96
minami3-1	99.93	setsubi-1	99.92	wlc-o3	99.9	ns-o[vmw-o2]	99.99
minami4-1	99.93	cc-soken-1	99.92	wlc-o3 v110	99.98	ns-s[vmw-s1]	99.99
minami5-1	99.93	mhd-1	99.78	wlc-s1	99.92	dns-o.net[vmw-o2]	99.96
minami8-1	99.92	kenbikyoo-1	99.59	wlc-s1 v111	99.98	dns-s.net[vmw-s1]	99.99
minami9-1	99.93	midori1-2	99.98	wlc-s2	99.92	app[vmw-o2]	99.96
choele-1	99.93	gsic-4	◆	wlc-s2 v111	99.99	app1[vmw-o2]	99.96
minamiji2-1	99.93	gsic-5	99.93	monitor-o[xen-o2]	◆	app2[vmw-o1]	99.89
honkanw-1	99.92	ttf-2	99.98	monitor-s[kvm-s1]	99.92	web1	99.95
honkane-1	99.92	ttf-3	99.98	monitor-o2[kvm-o2]	99.9	web2	99.95
honkano-1	99.54	ttf-4	99.98	log-o1[xen-o1]	99.9	web-o1	99.96
kodo-1	99.93	ttf-5	99.98	log-o2[qnap]	99.9	web-o2	99.96
nishi1-1	99.93	circle5-1	99.98	log-o3[synology]	◆	web-db1	99.95
nishi3-1	99.93	100nen-3	99.98	tn3[xen-o1]	99.86	web-db2	99.95
nishi4-1	99.93	1shoku-2	◆	10gs3g[kvm-o2.noc-redmine]	99.96		
nishi6-1	99.92	1shoku-4	99.99	splunk[kvm-o2]	◆		

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 活動の概要

情報セキュリティの重要性が高まる中で 2014 年 10 月に情報セキュリティの専門チームである東工大 CERT(Computer Emergency Response Team)が設立された。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。2016 年度は上記の基本的な業務を継続および改善しながら、次世代型セキュリティ機器やファイル共有システム(T2BOX)の運用を開始するなど新たな取り組みにも積極的に取り組んだ。また日本 CSIRT 協議会に加盟するなど対外的な連携体制の強化にも努めた。

#### 【WEB サイトの運用】

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>)を運用しており、これまでに 280 件程度の記事を掲載した。最新のセキュリティニュースの中でも大学に関係する話題を中心に選択し、平易で短い解説を付けて紹介する事で情報セキュリティに関する興味喚起を図っている。

#### 【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のメールを配信している。月 1 件以上送信し計 15 件の通知を行った。ま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。

#### 【全学向けの情報セキュリティセミナー】

新採用教員および職員向けや新部局長/評議員向けに年間合計で 4 回程度情報セキュリティセミナーを開催している。今年度は加えて課長級以上の事務職員向け、特定の研究組織向けにもセミナーを開催し個人及び組織として取るべき対策などを周知した。

#### 【学内向け脆弱性診断】

Google や SHODAN また censys 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した。これは不正侵入等を試みる犯罪者も利用する方法であり、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。特に WordPress に代表される WEB コンテンツ管理システムの脆弱性を発見する事に対して効果を発揮した。また脆弱性診断ツール(Nessus)を利用した学内調査も一部行っており、サーバや WEB サイトの脆弱性一覧をまとめ、担当者と連携しながらアッ

アップデート等の対応を行った。

### 【標的型メール攻撃に関する訓練】

メール攻撃に関するリテラシー向上を目的として、メール訓練を行った。3月に訓練を行い、合計2通のメールを全学の教職員(3500名程度)に送信した。添付ファイルや文中のURLをクリックした職員には教育コンテンツが表示される様にし、また事後には全員に訓練の概要、結果、標的型攻撃に関する解説を送付し、教育効果の向上に努めた。多くの反響があり、一定の教育効果が認められた。昨年から継続している事もあり、訓練に関わらず組織的にコミュニケーションを取りながら対応をとる部署が複数現れており、個人および組織としてのリテラシー向上も認められた。

### 【講演活動等】

学外の情報セキュリティ組織との連携を図ると共に、組織内 CSIRT の設立からマネジメントに関する話題を中心に講演を全国の大学関係者向けに行った。2016年度に行った講演一覧は下記の通りである。

- 05/26 NII オープンフォーラム (一ツ橋講堂)
- 06/29 文部科学省 CISO 会議 (一ツ橋講堂)

### 【次世代型セキュリティ機器の検証および導入】

攻撃手法が高度化および多様化しており既存のファイア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。またこれらの知見を活かし、NOC と共同で次世代型セキュリティ機器に関する仕様書の作成および機器の導入を行った。次年度の中頃から本格稼働する予定である。

### 【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切断する等の初動対応を行った。場合によっては該当機器の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。またインシデント報告を部局長等会議等で行い、原因や対策方法を全学に通知した。

### 【CERT 組織の認定および日本 CSIRT 協議会への加盟】

CERT 組織発祥の地であるカーネギーメロン大学から日本の大学として初めて CERT 組織として認められた。また、全国の大学に先駆け日本 CSIRT 協議会への加盟も果たし、大

学だけでなく企業のセキュリティ組織とも連携を深めた。

## 2-4-2 T2BOX:ファイル共有システムの開発・運用

### 【T2BOXの目的】

T2BOXの目的は添付ファイル付きのメールを抑制する事である。本学では情報漏洩までは確認されていないものの、添付ファイル経由でのマルウェア感染は定期的に発生しており、脅威の一つである。そこでファイル共有システム(名称:T2BOX)をNAPやNOCと協力して一時的に(最大2週間)ファイル共有を可能とするシステムを開発し、H28年度より運用を行っている。利用者は多く、添付ファイルの抑制に一定の効果があるものと考えられる。またダウンロード記録を確認可能であり、メール誤送信による情報漏洩を抑制する事も可能となっている。

### 【T2BOXの利用状況と課題】

T2BOXの利用者数は増加傾向にあり、多い月は3800人程度がのべ10000回ほど利用した。また添付ファイルを抑制するという段階を越えて、業務でT2BOXを利用する所もある。全学向けの共用ストレージサービスに対する潜在的な要望は強く、T2BOXに対する要望も多く寄せられている。現在GSIC教員を中心に運用しており、一層の要望に応え、安定運用が可能な体制作りが大きな課題となっている。

年末にかけてそれらの意見も参考に改修を行い、2017年度より新しいバージョンのT2BOXを運用予定である。



T2BOX 利用者の推移 (2016.06.01 - 2017.03.31)

## 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 2-5-1 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。

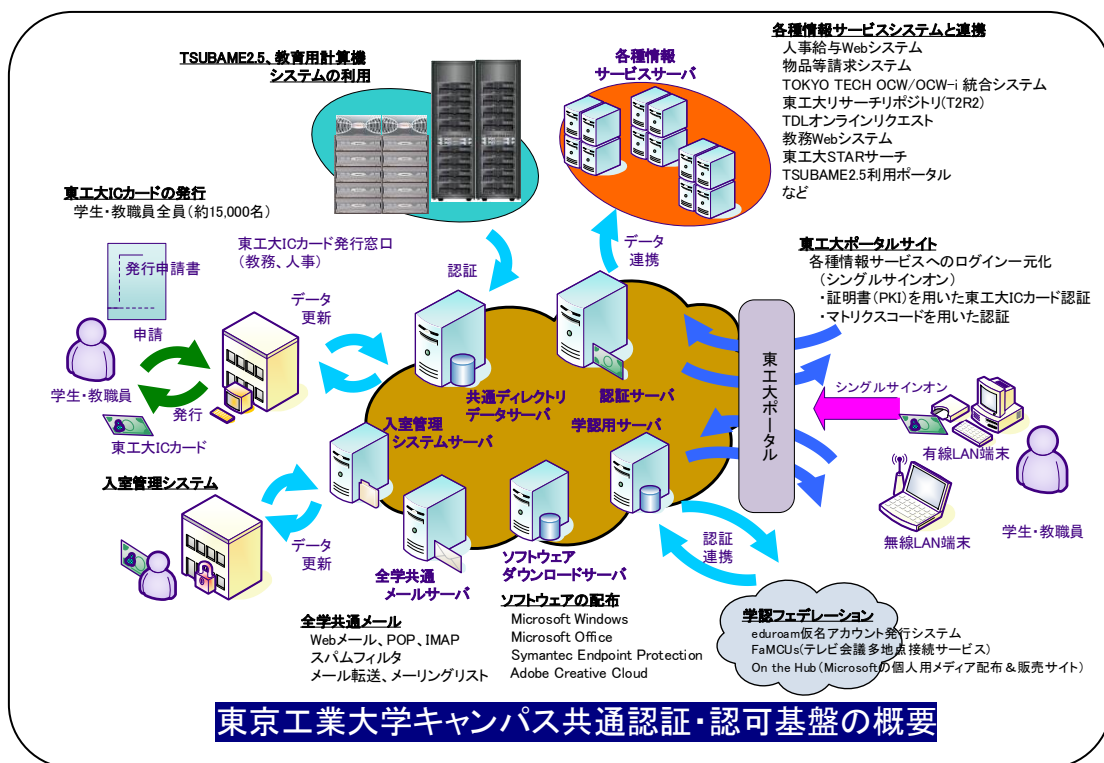


図 2-5-1 共通認証・認可システム及び全学共通メールシステム

### 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（シングルサインオン）することにより、情報サービスを利用すること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
- ・東工大 STAR サーチ (STAR Search)
- ・TSUBAME2.5 利用ポータル
- ・学外サービスとの認証連携 (学認フェデレーション)

### 2-5-3 実績

#### (1) 本年度トピックス

##### 1) 学術認証フェデレーションとの認証連携を正式に開始

国立情報学研究所と全国の大学が連携して構成している学術認証フェデレーション（以降、学認）の運用フェデレーションに参加し、2016年4月より正式サービスを開始した。

現在、学認経由で公開済みのサービスは下記のとおりである。

- ・ eduroam 仮名アカウント発行システム
- ・ FaMCUs (テレビ会議多地点接続サービス)
- ・ SAML2 属性表示サービス (接続テスト用)
- ・ On the Hub (Microsoft の個人用メディア配布&販売サイト)

##### 2) 東工大ポータルにおける EV-SSL 証明書を導入した

東工大ポータルを騙った不正サイト対策として、一般的な SSL 証明書に比べ、より信頼性の高い EV (Extended Validation) -SSL 証明書を導入した。

#### (2) 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。

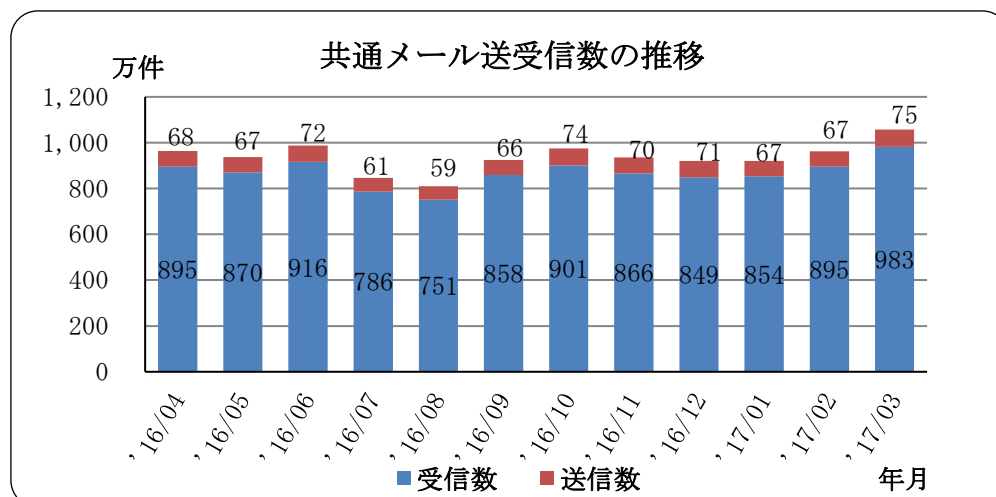
2016年4月	学認 (GakuNin) 正式公開
2016年4月	Mac OS X El Capitan(10.11)の IC カード認証対応
2016年8月11日～ 8月15日	大岡山団地構内全域停電に伴い発電機による認証・認可システム及び全学共通メールの無停電運用を行った
2017年2月27日	東工大ポータルサイトに EV-SSL 証明書を導入した
2017年3月28日	全学の建物名変更に伴う入室管理システムの改修

(3) 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（2017年3月31日現在）

全学共通メールアドレス発行件数	14,091
(内訳) 常勤職員	1,769 (13%)
非常勤職員	1,852 (13%)
アクセスカード所有者	347 (3%)
学部学生	4,713 (33%)
大学院学生（修士課程）	3,664 (26%)
大学院学生（博士後期課程）	1,457 (10%)
研究生等	289 (2%)

・全学共通メール利用状況（2016年4月1日～2017年3月31日）



(4) 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。

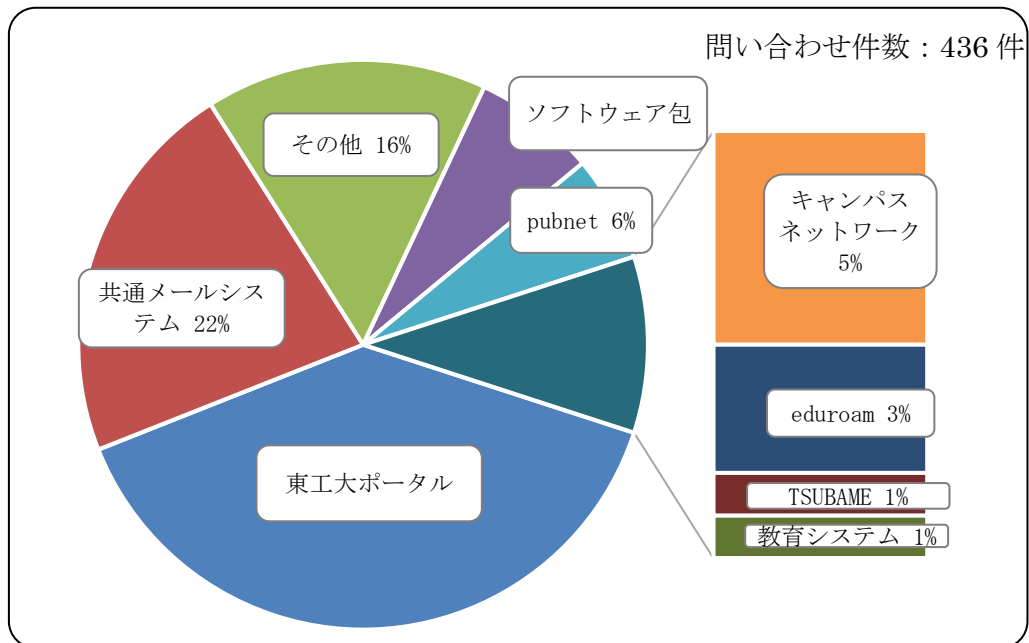
問合せ先と開設時間は次のとおりである。

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

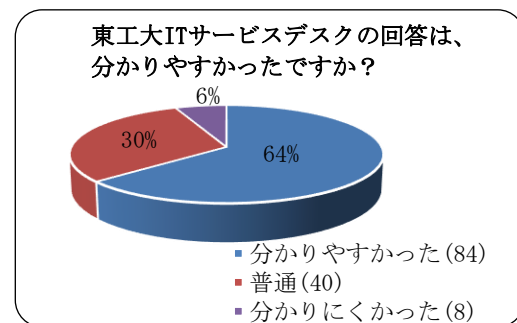
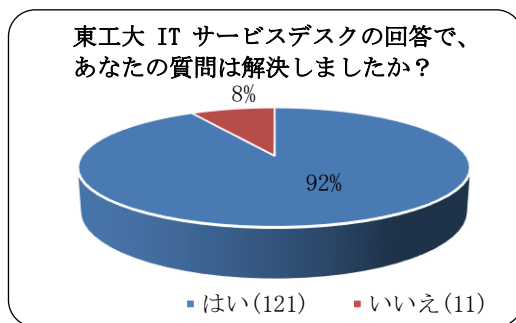
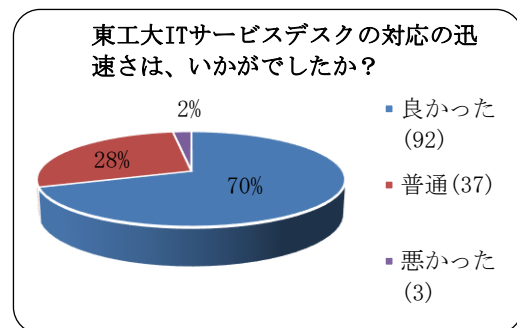
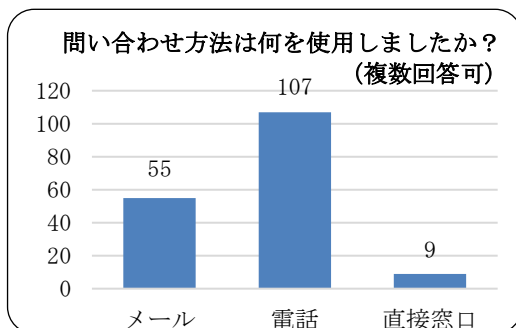
- ・電話：03-5734-3654 9:00～12:15、13:15～17:00（休日・祝祭日を除く）
- ・メール：helpdesk@gsic.titech.ac.jp

以下に、2016年度における東工大 IT サービスデスクに寄せられた問い合わせ（436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）全教職員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（アンケート回答者数 447 名中 132 名の方が東工大 IT サービスデスクを利用された）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、Adobe 社 Adobe Creative Cloud については平成 26 年 11 月から、MathWorks 社 MATLAB については平成 27 年 3 月から包括ライセンス契約を締結した。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 28 年度の実績で約 5 億円の経費が削減され、加えて、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 28 年 10 月に Office Professional 2010 供用を終了した。

#### 【包括契約で提供されるソフトウェア】

Microsoft Office	Windows 版	Office Professional 2010 Office Professional 2013 Office Professional 2016
	Mac 版	Office 2011 for MAC Office 2016 for MAC
Microsoft Windows Upgrade	Windows 10 Education 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 社製ウィルス対策ソフトウェアについては学内 LAN に常時接続している PC に限り 1 台分利用可能。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 (Microsoft 社製品)

Step1 : 東工大ポータルにログイン

Step2 : [学認 (GakuNin) ]を選択

Step3 : [On the Hub (Microsoft の個人用メディア配布&販売サイト) ]を選択

Step4 : [On the Hub (Microsoft の個人用メディア配布&販売サイト) ]で購入

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

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

### 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 10 配布数

	2016									2017			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	125	54	56	34	25	40	604	44	42	31	41	82	1178
個人 PC	63	26	27	24	37	47	66	54	73	70	51	87	625
計	188	80	83	58	62	87	670	98	115	101	92	169	1803

#### Microsoft Windows 8.1 配布数

	2016									2017			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	29	5	7	3	1	2	3	6	2	0	8	10	76
個人 PC	10	8	12	11	3	3	7	3	4	6	5	16	88
計	39	13	19	14	4	5	10	9	6	6	13	26	164

Microsoft Windows 7 配布数

	2016									2017			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	136	59	28	29	9	38	26	25	14	18	18	17	417
個人 PC	17	6	8	11	4	10	10	5	8	11	7	26	123
計	153	65	36	40	13	48	36	30	22	29	25	43	540

Microsoft Office 2016(Windows 版) 配布数

	2016									2017			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	612	184	169	195	108	188	747	151	158	178	249	747	3686
個人 PC	410	217	109	115	59	86	96	74	82	82	66	101	1497
計	1022	401	278	310	167	274	843	225	240	260	315	848	5183

Microsoft Office 2013(Windows 版) 配布数

	2016									2017			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	224	83	71	55	32	67	49	55	32	23	32	60	783
個人 PC	44	39	17	27	18	17	30	24	29	28	22	35	330
計	268	122	88	82	50	104	79	79	61	51	54	95	1113

Microsoft Office 2010 (Windows 版) 配布数

	2016									2017			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	33	19	13	18	10	5	5	0	0	0	0	0	103
個人 PC	10	11	4	1	2	1	11	7	8	4	5	15	79
計	43	30	17	19	12	6	16	7	8	4	5	15	182

Microsoft Office 2016(Mac 版) 配布数

	2016									2017			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	188	79	52	34	34	54	80	43	71	209	73	455	1372
個人 PC	243	135	58	62	31	28	48	50	69	57	61	54	896
計	431	214	110	96	65	82	128	93	140	266	134	509	2268

Microsoft Office 2011 (Mac 版) 配布数

	2016									2017			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	58	20	17	8	6	12	18	6	12	14	9	15	195
個人 PC	19	9	2	5	5	3	5	7	6	7	9	14	91
計	77	29	19	13	11	15	23	13	18	21	18	29	286

Symantec Endpoint Protection (Windows 版) 配布数

	2016									2017			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	1296	276	265	335	206	1312	285	217	195	333	268	754	5742
個人 PC	339	95	72	111	40	61	78	55	69	66	39	43	1068
計	1635	371	337	446	246	1373	363	272	264	399	307	797	6810

Symantec Endpoint Protection for Macintosh (Mac 版) 配布数

	2016									2017			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	28	3	11	13	5	19	44	29	16	168	13	394	743
個人 PC	17	10	3	0	3	5	17	11	22	13	8	4	113
計	45	13	14	13	8	24	61	40	38	181	21	398	856

Symantec Endpoint Protection for Linux (Linux 版) 配布数

	2016									2017			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	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Adobe Creative Cloud 配布数

	2016									2017			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	714	213	222	243	110	241	162	580	238	209	249	328	3509
Mac	124	61	58	40	36	82	88	62	62	60	66	446	1185
計	838	274	280	283	146	323	250	642	300	269	315	774	4694

MATLAB 配布数

	2016									2017			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	
教職員	207	163	74	56	45	85	80	51	76	50	38	115	1040
学生	665	607	344	222	125	162	261	237	221	156	111	119	3230
計	872	770	418	278	170	247	341	288	297	206	149	234	4270

## 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

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（JHPCN）」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 年の本拠点認定により、当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。平成 28 年度から第 2 期が開始し、従来の一般共同研究に加えて、新たに国際共同研究、企業共同研究、萌芽型共同研究も進めている。

本ネットワーク拠点の目的は、大規模情報基盤を用いて、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や映像データのプログラム解析、大容量ネットワーク利用技術の開発、その他情報処理一般における、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。本拠点の構成機関には多数の先導的研究者が在籍しており、これらの研究者との共同研究によって、研究テーマの一層の発展が期待できる。

### ネットワーク型拠点としての活動：公募型共同研究

本ネットワーク型拠点は、過半数を構成拠点以外の委員が占める運営委員会による審議・承認の下で運営されている。また年 1 回行われる共同研究課題公募とその共同利用課題の実施は本ネットワーク型拠点で最も重要な活動であり、その事務



図 1 JHPCN の構成拠点

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。本ネットワーク型拠点活動の活性化のため、全構成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。

表 1 JHPCN 共同研究課題公募における採択課題数の推移

	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28
採択課題数	37 件	39 件	35 件	44 件	34 件	35 件	39 件
うち HPCI-JHPCN 課題数	—	—	—	31 件	22 件	27 件	17 件
うち東工大を利用する課題数	4 件	6 件	6 件	11 件	10 件	10 件	12 件
応募課題数	41 件	41 件	39 件	55 件	53 件	51 件	47 件
採択率	90.2%	95.1%	89.7%	80.0%	64.2%	68.6%	83.0%

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 28 年度の共同研究課題の公募は平成 27 年 11 月 12 日から平成 28 年 1 月 15 日まで行われ、共同研究課題審査委員会（委員は非公開、各構成拠点教員とそれを上回る人数の外部委員で構成）による厳正なる審査の結果、応募 47 件中 39 件（うち 22 件が HPCI-JHPCN システムを利用する課題、残り 17 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。

#### 平成 28 年度 共同研究日程

平成 27 年 11 月 12 日（木）	公募案内開始
12 月 15 日（火）	課題応募受付開始
平成 27 年 1 月 8 日（金）	課題応募受付締切（Web 登録締切）
1 月 15 日（金）	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（金）	共同研究開始
7 月 14・15 日	JHPCN 第 8 回シンポジウム
平成 28 年 3 月 31 日（金）	共同研究期間終了

#### 第二期開始に伴う新たな施策：国際共同研究、企業共同研究、萌芽型共同研究

本ネットワーク型拠点は平成 22～27 年度の第一期の活動を終え、平成 28 年より第二期の活動を開始した。第二期では新たな施策として、国際共同研究、企業共同研究、そして萌芽型共同研究を進めている。

年 1 回行われる共同研究課題公募では、従来的一般共同研究課題に加えて、新たに国際共

同研究課題と企業共同研究課題の公募を開始した。国際共同研究課題では国内の研究者のみでは解決や説明が困難な問題に取り組む研究を行い、企業共同研究課題では産業応用を重視した研究を行う。平成 28 年度公募では国際共同研究課題と企業共同研究課題としてそれぞれ 3 件と 2 件の共同研究課題が採択・実施された。

また各構成拠点で独自に募集する共同研究を、将来的な JHPCN 課題への進展を期待し、JHPCN 萌芽型共同研究として支援する制度を開始した。各センターにおける JHPCN 萌芽型共同研究制度を表 2 に示した。当センターでは平成 28 年度より TSBUAME 若手・女性利用者支援制度を新たに開始し、その採択課題 10 件のうち 4 件を JHPCN 萌芽型共同研究として採択した。TSUBAME 若手・女性利用者支援制度については「2-10 TSUBAME 公募型共同利用支援制度」の章にて説明している。

表 2 平成 28 年度萌芽型共同研究課題一覧

センター	制度名
北海道大学情報基盤センター	北海道大学情報基盤センター共同研究
東北大学サイバーサイエンスセンター	東北大学サイバーサイエンスセンター共同研究
東京大学情報基盤センター	若手・女性利用者推薦制度
東京工業大学学術国際情報センター	TSUBAME 若手・女性利用者支援制度
名古屋大学情報基盤センター	名古屋大学 HPC 計算科学連携研究プロジェクト
京都大学学術情報メディアセンター	若手・女性研究者奨励枠
大阪大学サイバーメディアセンター	大規模計算機システム公募利用制度
九州大学情報基盤研究開発センター	九州大学 JHPCN 萌芽研究 (JHPCN-Q)

### 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 28 年度は本ネットワーク型拠点が主催する第 8 回シンポジウムが 7 月 14・15 日に品川グランドセントラルタワーにて参加者 194 名を集めて行われた。本シンポジウムでは、平成 27 年度に実施された共同研究課題 35 件の研究成果を口頭発表で報告するとともに、平成 28 年度に採択された課題 39 件のポスター発表に加えて、今年度から開始した萌芽型共同研究課題のポスター発表もあり、活発な質疑・応答が行われた。また本シンポジウム以外にも、当センター主催の TSBAME 利用促進シンポジウムなど数多くのシンポジウムに対して協賛を行った。

### 構成拠点としての活動：提供する計算機資源と当センターの特色

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」を提供した。平成 28 年度の公募型共同研究課題の採択課題の全 39 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、当センターの TSBAME2.5 を利用する研究課題として表 3 にまとめた 12 件（クラス A 10 件、クラス B



2件) が採択・実施され、合計 157 口の資源提供を行った。クラス A と B のそれぞれへの内訳は、当初配分予定 147 口、10 口に対して利用実績ベースで 149 口、8 口を配分した。課題毎のより詳細な当初配分口数と利用実績口数は表 3 に示した。

本ネットワーク拠点が供出する計算資源のうち、当センターの TSUBAME2.5 は数少ない GPU 搭載スパコンであることを反映して、当センターの TSUBAME2.5 を利用した全採択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ルール

年度末時点での残余口数は失効する当センターの課金制度の下で、配分口数の有効活用のため、平成 27 年度より再配分ルールを定め、そのルールに従って実施している。平成 28 年度は以下に示した再配分ルール (H27 第 3 回共同利用専門委員会にて改定) に従って各課題への配分資源を四半期毎に分け、毎月の利用実績通知や余剰資源の再配分を実施した。

#### 平成 28 年度 計算資源の再配分ルール

1. 第 1～3 四半期末の残資源の調整 (7、10、1 月の 15 日までに実施)  
各課題に希望を取り、残資源の 50% を上限として次の四半期への移行を認める。
2. 第 1～3 四半期の追加配分 (随時受付、当該課題に割当資源が残っている場合)  
第 1～3 四半期に計算資源が不足した課題は、当該課題の割当より前倒し利用を認める。
3. 第 2～3 四半期の追加配分 (実施条件を満たす場合、7～12 月の毎月 15 日までに実施)  
年間の総配分資源の 90% 以上を使い切った課題を対象に 5 口を上限として追加配分希望を取り、追加配分する。
4. 最終配分口数の決定 (1 月に実施)  
1 月 15 日までに年度末までの利用予定口数のヒアリングを行う。年度末までに使い切ることを条件に追加配分希望を受け付け、配分済資源の 95% 以上を使い切った課題から優先的に追加配分する。12 月末までの利用実績が著しく少ない課題の利用予定口数は、原則 1 月当初の利用可能口数の 50% を上限とする。

表3 平成28年度 学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点 公募型共同研究 課題一覧

番号	所属機関 利用課題責任者	申請課題名	承認口数 利用口数
1	京都工芸繊維大学 高木知弘	フェーズフィールド法と分子動力学法による大規模粒成長シミュレーション	22口 41口
2	東京農工大学 山中晃徳	多結晶粒成長メカニズム解明のためのフェーズフィールドクリスタル法の大規模 GPU 計算技術の開発	13口 4口
3	東京工業大学 下川辺隆史	高精細計算を実現する AMR 法フレームワークの構築	12口 12口
4	理化学研究所 アティアモハメドワヒブ	Data Locality Optimization Strategies for AMR Applications on GPU-accelerated Supercomputers	10口 2口
5	名古屋大学 片桐孝洋	High-performance Randomized Matrix Computations for Big Data Analytics and Applications	2口 1口
6	岡山大学 竹中博士	海溝型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	12口 12口
7	東京工業大学 横田理央	Hierarchical low-rank approximation methods on distributed memory and GPUs	12口 11口
8	東京工業大学 青木尊之	適合細分化格子を用いた格子ボルツマン法による非球形固体粒子との直接相互作用計算に基づいた大規模混相流シミュレーション	22口 30口
9	海上技術安全研究所 小野寺直幸	実海域の船舶挙動の推定に向けた大規模計算手法の開発	20口 18口
10	海洋研究開発機構 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 III -Debris Flow の衝撃による構造物の破壊-	22口 18口
11 ※1	名古屋大学 前山伸也	Multi-platform Development of Fusion Plasma Turbulence Code Toward Post-Petascale Era	8口 6口
12 ※1	防災科学技術研究所 青井 真	高精度即時予測のための GPU 津波シミュレータの開発	2口 2口
		合計	157口 157口

※1 クラス B での採択

## 2-8 HPCI 共同利用サービス

### 2-8-1 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
助教	實本 英之
特任助教	三浦 信一

#### HPCI の概要と東工大の役割

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) 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。平成 24 年 9 月に供用開始してから平成 28 年度で 5 年目となり、平成 29 年 3 月で第一期の HPCI 事業が終了し、平成 29 年 4 月からは第二期が開始する。HPCI において、東京工業大学 学術国際情報センター (以下、本センター) は以下の役割を負っている。

- システム構成機関としての役割
  - ・ スパコン「TSUBAME 2.5」の計算資源の提供
  - ・ HPCI 先端ソフトウェア運用基盤「HPCI-AE」の資源提供 (平成 29 年 3 月サービス終了) 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 29 年 3 月サービス終了)
- 本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業務
  - ・ 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業務
  - ・ 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

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)が窓口となり年 1 回公募が行われ、採択された利用研究課題は 1 年間の利用が認められる。平成 28 年度の募集開始から採択までのスケジュールを表 1 に示す。

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のスケジュール

	平成 29 年度スケジュール	平成 28 年度スケジュール
申請受付開始	平成 28 年 10 月 6 日	平成 27 年 10 月 5 日
電子申請受付終了	平成 28 年 11 月 10 日	平成 27 年 11 月 2 日
押印済申請書の郵送期限	平成 28 年 11 月 21 日必着	平成 27 年 11 月 16 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 29 年 2 月 14 日	平成 28 年 2 月 10 日

### 課題選定の方法、選定結果の通知と利用開始手続き

申請された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る。

採択された利用研究課題の代表者あるいは副代表者は最寄りセンターに出向き、対面による本人認証（対面認証）を受けることで、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。本センターでは、対面認証業務の実施、HPCI アカウントの発行、および本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う。今年度までに実施した最寄りセンターおよびプライマリセンター業務実績を表 2 に示す。HPCI アカウントを保持する研究者が増え、メールによる対面認証へ移行していることが分かる。

表 2 東工大における最寄りセンターおよびプライマリセンター業務実績

	H24	H25	H26	H27	H28
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)	21 (7)	20 (7)	23 (6)
対面認証のべ人数	83	46	52	53	75
プライマリセンター業務（各種アカウント発行）					
HPCI アカウント発行数	38	26	24	19	62
TSUBAME ローカルアカウント発行数	173	105	64	61	195

### 東工大の計算資源を利用する採択課題とその実施

本センターでは TSUBAME2.5 の計算資源を HPCI へ提供している。平成 28 年度はこれまでの学術利用向けの一般課題に加えて、産業利用向けの定期公募である産業利用実証利用、そして随時公募の産業利用トライアル・ユースにおいて課題公募を行った。それぞれの公募にて TUSBAME2.5 の計算資源を利用した採択課題一覧を表 3-5 に示した。一般課題は採択 5 課題に対し合計 182 口(表 3)、産業利用実証利用は採択 10 課題に対し合計 209 口(表 4)産業利用トライアル・ユースは採択 5 件に対し合計 32 口（表 5）を配分し、課題を実施した。

表 3 平成 28 年度 TSUBAME2.5 利用の HPCI 採択課題(一般課題)一覧

番号	利用課題責任者 所属機関 申請課題名	配分 口数
1	山中 晃徳 東京農工大学 可動分散粒子を含む金属材料中の結晶粒サイズ予測式の導出	31 口
2	高木 知弘 京都工芸繊維大学 大規模 PF-LBM 計算による自然対流がデンドライト凝固形態に及ぼす影響評価	36 口
3	山下 雄史 東京大学 分子動力学シミュレーションによる抗原-抗体間相互作用の研究	49 口
4	チャカロタイ ジェドヴィスノプ 情報通信研究機構 超並列計算 GPU クラスタを用いた生体内大規模電磁界シミュレーション	29 口
5	森 貴治 理化学研究所 プロトン透過が関与する膜タンパク質の動作原理の解明	37 口
	合計	182 口

表 4 平成 28 年度 TSUBAME2.5 利用の HPCI 採択課題(産業利用実証利用)一覧

番号	利用課題責任者 所属機関 申請課題名	配分 口数
1	向井 西夜 株式会社デンソー 全原子 MD によるポリマーコンパウンドの劣化評価	7 口
2	三枝 俊亮 旭化成株式会社 Steered Molecular Dynamics 法によるタンパク質と高分子膜の相互作用解析	17 口
3	藤村 幸司 古河電気工業株式会社 第一原理計算による熱電変換材料の特性評価	19 口
4	小石 正隆 横浜ゴム(株) 多目的設計探査によるフィラー充填ゴムの微細構造設計	34 口
5	福田 博之 (株)パナソニックシステムネットワークス開発研究所 ワイヤレス電力伝送による漏えい電波の環境解析技術の研究開発	28 口
6	風間 吉則 古河電気工業株式会社 高機能性カーボンナノチューブ材料の開発に向けた大規模シミュレーション	39 口
7	小柳 芳雄 パナソニック 長距離海中ワイヤレス電力伝送の電磁界シミュレーション検討	15 口
8	遠藤 聡史 武田薬品工業株式会 GPU 加速化アンサンブルシミュレーションを用いた低分子薬物によるタンパク質の機能性ダイナミクスの制御機構の解明	11 口
9	志水 隆一 NPO 法人バイオグリッドセンター関西 新薬開発を加速する「京」インシリコ創薬基盤の構築	11 口
10	羽貝 正道 一般社団法人 日本自動車工業会 京コンピュータを活用した自動車先端 CAE の開発	28 口
	合計	209 口

表 5 平成 28 年度 TSUBAME2.5 利用の HPCI 採択課題(産業利用トライアル・ユース)一覧

番号	利用課題責任者 申請課題名	所属機関	配分 口数
1	鬼東 博文 エアリード楽器の流動・音響特性予測シミュレーション	ヤマハ株式会社	10 口
2	田原 司睦 MPI を利用した DNN 学習処理の高速化	富士通研究所	8 口
3	松沢 晋一郎 マイクロ波帯によるワイヤレス充電システムによる電界暴露解析	豊田中央研究所	10 口
4	岡田 興昌 結合の自由エネルギー計算の GPU による加速化	田辺三菱製薬株式会社	2 口
5	宮下 直己 深層学習を用いた衛星画像の自動被覆分類	株式会社アクセルスペース	4 口
		合計	34 口

### 提供資源を有効利用するための再配分ルールの改定

HPCI および JHPCN では、課題実施時に計算資源の過不足が生じた場合、各計算資源提供センターの裁量によって各課題間の計算資源再配分を行うことが認められている。GSIC では公平かつ自動的な計算資源の再配分を行うため、平成 27 年度より再配分ルールを定め、それに従って実施した。平成 28 年度の HPCI および JHPCN の制度変更や、平成 27 年度の再配分実施で明らかになった問題点を元に、平成 27 年度 第 3 回共同利用専門委員会において再配分ルールの改定を行い、以下の再配分ルールに従って運用を行った。

#### HPCI 計算資源の再配分ルール

- 第 1～3 四半期末の残資源の調整 (7、10、1 月の 15 日までに実施)  
各課題に希望を取り、残資源の 50%を上限として次の四半期への移行を認めます。
- 第 1～3 四半期の追加配分 (随時受付、当該課題に割当資源が残っている場合)  
第 1～3 四半期に計算機資源の不足が生じた課題は、当該課題のそれ以降の割当より前倒し利用を認めます。
- 第 2～3 四半期の追加配分 (実施条件を満たす場合、7～12 月の毎月 15 日までに実施)  
年間の総配分資源の 90%以上を使い切った課題を対象に 5 口を上限として追加配分希望を取り、追加配分します。全課題の利用済資源量と追加希望口数の合計が各四半期の基準値を上回る場合は、追加希望口数に対するドント方式により配分します。  
なお、全課題の利用済資源量の合計が各四半期の基準値を上回る場合は、追加配分は行いません。各四半期の基準値は、第 2 四半期は全課題の配分予定資源量の合計の 50%、第 3 四半期は同じく 75%とします。

#### 4. 最終配分口数の決定（1月に実施）

1月15日までに年度末までの利用予定口数のヒアリングを行います。年度末までに使い切ることを条件に追加配分希望を受け付け、配分済資源の95%以上を使い切った課題から優先的に追加配分します。配分可能口数より希望口数が多い場合はドント方式により配分します。12月末までの利用実績が著しく少ない課題の利用予定口数は、原則1月当初の利用可能口数の50%を上限とします。

#### 成果報告会の開催

「第3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28年10月21日(金)にコクヨホール(東京・品川)にて開催された。成果報告会では、2件の招待講演のあと、HPCI コンソーシアムの活動報告(Session3)と HPCI 利用研究成果の公開と普及についての報告(Session4)が行われた。午後からはポスターセッション(Session5)の後、優秀成果賞受賞課題による成果発表(Session6,7)として8件の口頭発表が行われた。

#### HPCI 共用ストレージ東工大拠点の資源提供終了

本センターでは、平成25年度に処置された HPCI に関する補正予算を原資とし、平成26年4月より HPCI 共用ストレージに対し東工大拠点として 0.4PB のストレージ資源を拠出し、東京大学・情報基盤センター(東拠点)と理化学研究所・計算科学研究機構(西拠点)と一体的な HPCI 共用ストレージの運用を行ってきた。

このような中、平成27年3月のファイル消失障害を機に HPCI 共用ストレージの運用体制の見直しが行われ、HPCI 共用ストレージ運用部会の設置や各種規定・運用ガイドラインが制定された。ガイドラインに基づき本センター内部で今後の運用体制の検討を重ねたところ、東工大拠点においてはガイドラインを準拠して運用することが難しいとの結論に達した。東工大拠点の HPCI 共用ストレージについては運用経費の手当てがされていないため、「専任スタッフの必要数確保が極めて難しい」ことが今回の判断の根拠となった。

現在、東工大拠点は大規模ファイル消失障害発覚時から Read-Only 運用を継続しているとともに、その後のシステム移設作業等を機にユーザのデータが格納されていない。そのため、HPCI 共用ストレージから東工大拠点のシステムを切り離しても、今後の HPCI 共用ストレージ運用において支障をきたすことはない。

以上より、本センターは、第1期の HPCI 事業が終了する平成29年3月末日をもって、HPCI 共用ストレージに対するストレージ資源提供を終了した。

#### 先端ソフトウェア運用基盤の運用終了

先端ソフトウェア運用基盤は各種ホスティングサービスを HPCI および JHPCN の枠組みに提供し、HPC リソース利用を補完する、高度なシステムソフトウェア群の研究を支援する研究基盤である。先端ソフトウェア運用基盤は、北海道大学、東京大学、九州大学、および本センターの4拠点で仮想計算機基盤として、HPCI 運用開始時の2012年9月より運用

してきた。本センターは、これら4センターの資源提供の取りまとめと、ユーザアカウント等の発行を行ってきた。

先端ソフトウェア運用基盤は、HPC 計算機資源の利活用の推進や高度なシステムソフトウェアの開発基盤として HPCI 事業の構想段階から検討されてきたものであり、現状のクラウド研究基盤としての側面を有するシステムとして構築・運用されてきた。一方で HPC にも利用可能なクラウドサービスが商用サービスとして提供するなど、クラウド環境が大きく成熟しつつある。HPCI 事業開始時に導入した HPCI 先端ソフトウェア運用基盤は、すでに更新を検討する時期に達し、資源提供の規模やソフトウェアスタックは陳腐化し、研究基盤としては大きな成果を得ることが難しくなりつつある。HPCI 先端ソフトウェア運用基盤は、HPCI 事業開始時に処置された予算に基づき整備されたものではありませんが、その運用保守は各資源提供機関により行われており、今後の運用継続にはより多額の費用が必要になる見込みである。

このような状況において、今後の HPCI 先端ソフトウェア運用基盤の運用について検討を重ねた結果、運用を終了することが望ましいとの結論に達した。以上より、本センターをはじめとする4構成機関は、第一期の HPCI 事業が終了する平成29年3月末日をもって、HPCI 先端ソフトウェア運用基盤の資源提供終了を決定した。



## 2-8-2 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

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。他にも、別稿にて説明しているJHPCN、HPCI、そして公募型共同利用支援制度でも可能である。平成27年度末をもって、文部科学省の補助事業である「先端研究基盤共用・プラットフォーム形成事業」が終了し、TSUBAMEの共同利用サービスは平成28年度からは自主事業として実施することから、共同利用サービスに係る、共同利用約款、共同利用実施規定等を改訂した。その結果、TSUBAME共同利用サービスから「社会貢献利用」の利用区分がなくなり、「学術利用」、「産業利用」の2つの利用区分と「成果公開」と「成果非公開」のカテゴリになった。

### 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27年度で7年目、またTSUBAME2.0/2.5での運用も7年目となり、平成28年度は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の採択課題数の推移に示した通り、平成27年度の採択課題数の合計46件（内訳は学術利用25件、産業利用・成果公開8件、産業利用・成果非公開13件）であった。表1に共同利用（学術利用）における採択課題一覧を示す。

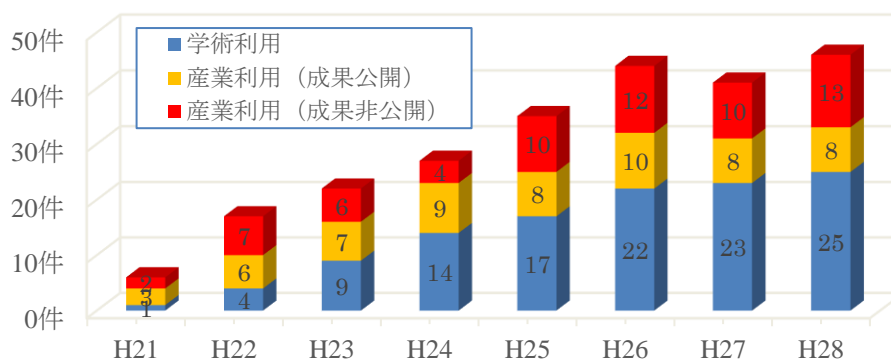


図1 TSUBAME共同利用サービスの採択課題数の推移

表1 平成28年度 共同利用 学術利用（有償利用）採択課題一覧

	所属機関 申請課題名	配分口数
1	理化学研究所計算科学研究機構 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	1
2	東京大学情報理工学系研究科 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	2
3	成蹊大学 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

表1 平成28年度 共同利用 学術利用（有償利用）採択課題一覧（つづき）

	所属機関 申請課題名	配分口数
4	東京医科歯科大学 難治疾患研究所 癌とがん間質の成立に関わる分子レベル・組織レベルの挙動の解明	20
5	法政大学情報科学部 LRnLA アルゴリズムを用いた物理シミュレーション	1
6	奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科 高度な制御可能性を有するニューラルネット言語生成モデル	2
7	京都大学 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	20
8	東京大学情報理工学系研究科 先進的ステンシル・コード技術	2
9	物質・材料研究機構 情報統合型物質・材料研究拠点 ナノ構造相界面における熱輸送特性の分子シミュレーション	21
10	大阪大学蛋白質研究所 蛋白質-リガンド複合体の会合・解離の速度定数を平衡論から導く	9
11	東京大学情報基盤センター OpenACC の拡張によるアプリケーション自動最適化	1
12	九州大学応用力学研究所 多相流格子ボルツマン法ソルバーのマルチGPU実装	1
13	大阪大学蛋白質研究所 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	60
14	岡山大学大学院環境生命科学研究科 安定化有限要素法による3次元非 圧縮性 Navier-Stokes 方程式のマルチGPU 並列解法の開発	1
15	情報通信研究機構 ホログラムプリンタ用の大規模なホログラム計算	3
16	防災科学技術研究所 GPGPU による長周期地震動シミュレーション	4
17	科学技術振興機構 日中・中日機械翻訳実用化プロジェクト	1
18	理化学研究所計算科学研究機構 深層学習を利用したリアルタイム宇宙天気予報システムの開発	3
19	東京大学情報基盤センター OpenACC による圧縮性流体解析プログラム UPACS の高速化に関する研究	4
20	信州大学水環境土木工学科 大規模シミュレーションを用いた革新的ロ バスト炭素膜による水処理機構に関する研究	3
21	北海道大学大学院理学研究院化学部門 AFIR 法を用いた有機化学・光化学反応の系統的反応経路探索	10
22	大阪大学基礎工学研究科 マルチドメインデータの多変量解析とその応用	1
23	お茶の水女子大学 第一原理有効フラグメントポテンシャル-分子動力学 法 (EFP-MD) によるイオン液体の溶液構造調査	1
24	国立がん研究センター研究所 薬剤耐性に関わる分子機構解明のためのシミュレーション解析	18
25	情報通信研究機構ユニバーサルコミュニケーション研究所 HPC を利用した自然言語処理技術の研究	6
	小計	196

## 2-8-3 TSUBAME の産業利用サービス

共同利用推進室 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 年度から平成 27 年度の 9 年間に渡り文部科学省の先端研究基盤共用促進等補助事業の補助を受け実施してきたが、平成 28 年度からは先端研究基盤共用促進等補助事業の終了にともない、本センターによる自主事業と、HPCI（革新的ハイパフォーマンス コンピューティング インフラストラクチャ）への資源提供により行われた。表 1 に TSUBAME 産業利用サービスを平成 27 年度までの提供サービスと平成 28 年度の提供サービスに分けて提示する。

表 1 TSUBAME 産業利用の平成 27 年度までの提供サービスと平成 28 年度以降の提供サービス

～ 平成 27 年度					平成 28 年度 ～				
制度	成果	利用料金	事業形態	事業主体	制度	成果	利用料金	事業形態	事業主体
有償利用 (産業)	公開	有償	補助事業 (先端研究 基盤共用・ プラットフォーム形成 事業)	学術国際情 報センター	有償利用 (産業)	公開	有償	自主事業	学術国際情 報センター
	非公開					非公開			
産業利用 トライアル ルユース	公開	無償			HPCI 産業利用	実証利用 トライアル・ユ ース	公開	無償	資源提供  HPCI 運営事務局

### 実施体制

本センターでは共同利用推進室を組織し、主に学術利用を担当する特任准教授 1 名、主に産業利用を担当する特任准教授 1 名、技術サポートを担当する教育研究支援員 1 名、課題の受付・管理および請求処理を担当する事務員 1 名にて TSUBAME の共同利用の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、技術指導および利用料金請求と広範であり、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。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 ベンダー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、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。

平成 29 年 3 月 8 日に開催した TSUBAME 利用促進シンポジウムは、平成 29 年 8 月に運用を開始する TSUBAME3.0 のプレイベントとして、TSUBAME での先進的な研究や利用をご講演いただくとともに、TSUBAME3.0 に採用した GPU ベンダーおよび TSUBAME3.0 のサプライヤーとのパネルディスカッション等により構成し、255 名の参加登録のうち 210 名の参加を得て盛大に開催され、TSUBAME3.0 への期待が感じられるシンポジウムとなった。平成 28 年度の広報活動の実績を表 2 に提示する。

表 2 平成 28 年度 広報活動一覧

行事名	開催日	場所	形態	参加者
NVIDIA Deep Learning Day 2016	4 月 27 日	ベルサール高田馬場	出展	1600 名
第 21 回計算工学講演会	5 月 31 日～6 月 2 日	朱鷺メッセ新潟	出展	300 名
日本コンピュータ化学会春季年会	6 月 2,3 日	東京工業大学	出展	150 名
MSC ユーザカンファレンス 2016	6 月 8 日	カンファレンスセンター品川	出展	500 名
STAR Japanese Conference 2015	6 月 9,10 日	横浜ロイヤルパークホテル	出展	2400 名
産学パートナーシップ創造展	8 月 25,26 日	東京ビッグサイト	出展	3000 名
第 10 回分子科学討論会	9 月 13～15 日	神戸ファッションマート	出展	150 名
第 29 回計算力学講演会	9 月 22～24 日	名古屋大学東山キャンパス	出展	400 名
第 4 回 HPCI 利用課題募集説明会	9 月 30 日	東京工業大学	共催	24 名
NVIDIA GTC JAPAN 2016	10 月 5 日	ヒルトン東京お台場	出展	4000 名
HPCI 第 3 回成果報告会	10 月 21 日	品川コクヨホール	出展	400 名
日本コンピュータ化学会秋季年会	10 月 22, 23 日	島根大学松江キャンパス	出展	150 名
第 30 回分子シミュレーション討論会	11 月 30 日～12 月 2 日	大阪大学豊中キャンパス	出展	260 名
NVIDIA Deep Learning Institute	1 月 17 日	ベルサール高田馬場	出展	2000 名
TSUBAME 利用促進シンポジウム	3 月 8 日	東京工業大学	主催	250 名

## 課題募集

平成 28 年度の HPCI 産業利用（実証利用）の公募は、平成 27 年 9 月 2 日から平成 27 年 10 月 5 日までの期間に行われ、TSUBAME を利用する産業利用の 10 課題が採択され計算資源を提供した。HPCI 産業利用トライアル・ユースに関しては、年度を通じ随時受付けた結果、5 課題が採択され計算資源を提供した。

本センターの自主事業として実施した有償による産業利用は、年度を通じ随時受付けた結果、成果公開 8 課題、成果非公開 12 課題、合計 20 課題を採択し、ご利用いただいた。

## HPCI 産業利用への資源提供

平成 28 年度 HPCI 産業利用 実証利用の課題採択件数は 10 件、HPCI 産業利用トライアル・ユースの課題採択件数は 5 件であった。平成 28 年度の HPCI 産業利用 実証利用およびトライアル・ユースの課題名と企業名を表 3 に示す。

表 3 平成 28 年度 HPCI 産業利用 実施課題一覧

番号	課題名	企業名
実証利用		
1	新薬開発を加速する「京」インシリコ創薬基盤の構築	NPO 法人 バイオグリッドセンター関西
2	全原子 MD によるポリマーコンパウンドの劣化評価	株式会社デンソー 半導体実装開発部
3	Steered Molecular Dynamics 法によるタンパク質と高分子膜の相互作用解析	旭化成株式会社 基盤技術研究所
4	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 解析技術センター
5	多目的設計探索によるフィラー充填ゴムの微細構造設計	横浜ゴム株式会社 小石研究室
6	ワイヤレス電力伝送による漏えい電波の環境解析技術の研究開発	株式会社パナソニックシステム ネットワークス開発研究所
7	高機能性カーボンナノチューブ材料の開発に向けた大規模シミュレーション	古河電気工業株式会社 新素材研究部
8	長距離海中ワイヤレス電力伝送の電磁界シミュレーション検討	パナソニック株式会社
9	GPU 加速化アンサンブルシミュレーションを用いた低分子薬物によるタンパク質の機能性ダイナミクスの制御機構の解明	武田薬品工業株式会社
10	京コンピュータを活用した自動車先端 CAE の開発	一般社団法人日本自動車工業会
トライアル・ユース		
11	エアリード楽器の流動・音響特性予測シミュレーション	ヤマハ株式会社
12	MPI を利用した DNN 学習処理の高速化	株式会社富士通研究所
13	Analysis of induced electric field of microwave wireless power transfer system for automotive application	株式会社豊田中央研究所
14	結合の自由エネルギー計算の GPU による加速化	田辺三菱製薬株式会社
15	深層学習を用いた衛星画像の自動被覆分類	株式会社アクセルスペース

## 有償利用（産業）の実施

本センターの自主事業として実施した平成28年度TSUBAME産業利用において、有償にて採択した課題件数は20件で、成果公開が8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4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280口、成果非公開が22口、合計302口となった。

表4 平成28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
産業利用（成果公開）			
1	有償利用 成果公開	大容量データ伝送用ミリ波アンテナの レドームに関する基礎検討	スタッフ株式会社
2	有償利用 成果公開	気象イベントを考慮した建築環境解析システムの 構築	清水建設株式会社
3	有償利用 成果公開	GPU マルチノードを活用した 大規模電波伝搬の FDTD 法による再現	マツダ株式会社 技術研究所
4	有償利用 成果公開	エポキシ樹脂の分子動力学シミュレーション	新日鉄住金化学株式会社
5	有償利用 成果公開	有機色素の光吸収特性予測を目指した TD-DFT による励起状態計算	太陽ホールディングス 株式会社
6	有償利用 成果公開	ワイヤレス電力伝送による漏えい電波の 環境解析技術の研究開発	株式会社パナソニックシステム ネットワークス開発研究所
7	有償利用 成果公開	第一原理分子動力学計算による 鉛蓄電池の電極の劣化に関する研究	関西電力株式会社
8	有償利用 成果公開	大規模画像データセットの深層学習の スケーラビリティ評価	株式会社デンソーアイティー ラボラトリ
産業利用（成果非公開）			
9	有償利用 成果非公開	(非公開)	古河電気工業株式会社
10	有償利用 成果非公開	(非公開)	セイコーインスツル株式会社
11	有償利用 成果非公開	(非公開)	株式会社豊田自動織機
12	有償利用 成果非公開	(非公開)	株式会社クレハ
13	有償利用 成果非公開	(非公開)	JFE スチール株式会社
14	有償利用 成果非公開	(非公開)	信越化学工業株式会社
15	有償利用 成果非公開	(非公開)	株式会社 リコー
16	有償利用 成果非公開	(非公開)	協和発酵キリン株式会社

番号	課題区分	課題名	企業名
17	有償利用 成果非公開	(非公開)	トヨタ自動車株式会社
18	有償利用 成果非公開	(非公開)	富士フイルム ホールディングス株式会社
19	有償利用 成果非公開	(非公開)	株式会社 ジャパンディスプレイ
20	有償利用 成果非公開	(非公開)	トヨタ自動車株式会社

### 提供資源量

産業利用に提供する TSUBAME の計算資源量は、HPCI 産業利用に 235 口、有償利用に 212 口を計画し、実績として HPCI 産業利用に 260 口、有償利用に 302 口を配分した。TSUBAME の全体提供時間に対する共用率は、HPCI 産業利用で 8.50%、有償利用を含めた産業利用全体の共用率は 20.30%となった。

平成 28 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 の全体提供資源は 1 年間に全てのユーザが使用した TSUBAME の総資源量を示している。

表 5 平成 28 年度 共用時間、全体提供時間、共用率

	計算資源供給量 (ノード時間)			
	HPCI 産業利用		全産業利用	
	計画値	実績値	計画値	実績値
共用時間 (a)	705,000	551,279	1,341,000	1,316,578
全体提供時間 (b)	6,384,000	6,486,176	6,384,000	6,486,176
共用率 (a)/(b)	11.04%	8.50%	21.01%	20.30%

(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。)

## 2-9 TSUBAME 公募型共同利用支援制度

副センター長 青木 尊之  
特任准教授 渡邊 寿雄

### TSUBAME 公募型共同利用支援制度の概要

東京工業大学 学術国際情報センターが運用する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として学内のみならず、HPCIやJHPCNの採択課題や学術利用、産業利用にも広く計算資源を提供している。

ユーザ層の観点からも、TSUBAME2.5の占有/寡占利用による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が目的とした**TSUBAMEグランドチャレンジ大規模計算制度（2-10-1）**を実施すると同時に、「みんなのスパコン」として若手・女性利用者、そしてより若い世代である大学生、高校生、高専生の利用を支援する**萌芽的研究課題支援制度（2-10-2）**として2つの制度（**TSUBAME若手・女性利用者支援制度、TSUBAMEより若い世代の利用者支援制度**）を実施し、スパコンユーザの裾野を広げる活動を行っている。

#### 2-9-1 TSUBAME グランドチャレンジ大規模計算制度

##### 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として東工大の内外に対して計算機資源を提供しているため、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、1研究課題で全ノードのピーク性能5.7PFLOPSを有効活用する機会はない。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、TSUBAMEの全ノード占有利用機会を提供することで、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が目的とし、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。

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のようにになっている。

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	H29		H28		H27		H26		H25		H24		H23		計
	春	秋	春	秋	春	秋	春	秋	春	秋	春	秋	春		
A	0(0)	1(1)	1(1)	1(2)	2(2)	1(1)	2(2)	0(0)	1(1)	2(2)	2(2)	3(3)	4(6)	20(22)	
B	1(1)	0(0)	1(1)	1(1)	3(4)	2(3)	2(2)	1(1)	1(1)	0(0)	0(0)	2(3)	-	14(17)	
計	1(1)	1(1)	2(2)	2(3)	5(6)	3(4)	4(4)	1(1)	2(2)	2(2)	2(2)	5(6)	4(6)	34(39)	



## 平成28年度の実施スケジュールと採択課題一覧

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回実施しており、春期のカテゴリBは4月に加えて5月と6月にも実施している。カテゴリBで提供する資源はHキュー相当（420ノード）である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ている。

本制度の基本スケジュールは、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。平成28年度の公募スケジュールは表2に示した。

また、平成28年度春期から平成29年度春期までの採択課題一覧を表3に掲載した。

表2. TSUBAMEグランドチャレンジ大規模計算制度の公募スケジュール

実施時期	カテゴリ	課題公募受付	採択課題決定	
H28 春期	4月	A & B	2月 3日(水)～2月 22日(月)17:00	3月 8日(金)
	5月	B	3月 29日(火)～4月 14日(木)17:00	4月 28日(木)
	6月	B	3月 29日(火)～5月 12日(木)17:00	5月 26日(木)
H28 秋期	9月	A	8月 8日(月)～8月 18日(木)17:00	9月 2日(金)
	10月	B	8月 8日(月)～9月 15日(木)17:00	9月 28日(水)
H29 春期	4月	A & B	1月 20日(金)～2月 13日(月)17:00	3月 3日(金)
	5月	B	3月 13日(月)～4月 10日(月)17:00	4月 28日(金)
	6月	B	4月 17日(月)～5月 15日(月)17:00	6月 2日(金)

表3. TSUBAMEグランドチャレンジ大規模計算制度の採択課題一覧

実施時期	カテゴリ	所属機関 利用課題責任者	申請課題名
H28 春期	A 4月	東京工業大学 准教授 横田理央	Particle-In-Cell法を用いた核融合プラズマのシミュレーション
	B 6月	量子化学研究協会研究所 研究所長 中辻博	超並列計算機TSUBAMEを用いたFC-VB theoryによる分子のシュレーディンガー方程式の正確な計算
H28 秋期	A 9月	理化学研究所 博士研究員 Mohamed Wahib	GPUスーパーコンピュータ向けハイレベルAMRフレームワークの性能評価
H29 春期	B 6月	早稲田大学 教授 中井 浩巳	バクテリオロドプシンのプロトン輸送ダイナミクスの分割統治型密度汎関数強束縛分子動力学(DC-DFTB-MD)計算

## カテゴリBの課題の採択数の制限と、春期カテゴリBの複数回採択の禁止

平成28年度春期より、カテゴリBでの複数課題の採択は1課題あたりの提供可能計算資源量が半減するため、4月と5月は原則としてそれぞれ1課題、6月実施分は審査結果を踏まえて最大2課題とすることになった。また平成28年度春期カテゴリBからは、同一年度の春期カテゴリBへの申請は複数回可能だが、同一課題（継続課題を含む）の採択は1回のみとなった。同一課題かどうかの判断が困難な場合は審査を踏まえて判定を行う。

## 2-9-2 萌芽的研究課題支援制度

### 萌芽的研究課題支援制度の目的

学術国際情報センター（以下、当センター）のスパコン TSUBAME は、学内のみならず、HPCI や JHPCN の採択課題や学術利用、産業利用にも広く計算資源を提供している。さらに、若手・女性利用者、そしてより若い世代である大学生、高校生、高専生の利用を支援するために萌芽的研究課題支援制度として2つの制度を平成 27 年度に新設している。

1 つめの **TSUBAME 若手・女性利用者支援制度** は、若手・女性利用者を対象とした利用者支援制度である。この制度は、平成 28 年度から開始された JHPCN の第二期に掲げられた萌芽研究や若手・女性利用者の支援における構成拠点の活動の一環として新設し、平成 28 年度は 10 課題を採択・実施した。

もう 1 つの **TSUBAME より若い世代の利用者支援制度** は、若手・女性利用者よりも若い世代である全国の大学生や高校生・高専生を対象とした利用支援制度である。TSUBAME は「みんなのスパコン」として本学学生に対しては学生証発行と同時に TSUBAME アカウントの発行を行っているが、利用できる計算資源としては授業や研究室での利用以外では無償枠内に限られた利用（インタラクティブノードでの 4 並列 30 分まで、もしくは計算ノードの 2 ノード 10 分まで）に留まっており、より進んだ利用のための計算資源提供を行っていなかった。そこで本学学生を含むより若い世代への積極的な利用者支援を行うための新たな制度として、全国の大学生や高校生・高専生を対象とした TSUBAME より若い世代の利用者支援制度を新設した。

### 萌芽的研究課題支援制度の概要

TSUBAME 若手・女性利用者支援制度と TSUBAME より若い世代の利用者支援制度の 2 つの利用支援制度を新設し、以下の応募資格、応募条件、公募スケジュールにて実施した。

#### ● TSUBAME 若手・女性利用者支援制度

**応募資格**：若手利用者（40 歳未満、大学院生を含む）及び女性利用者（年齢は問わない）

**応募条件**：1 人で行う学術的研究課題とする。本利用支援制度実施後に、HPCI、JHPCN、科研費等の採択へ進展することを目的とする。

**公募スケジュール**：年 1 回、2 月に公募を行い、3 月に審査結果を発表する。4 月から 1 年間利用可能。

#### ● TSUBAME より若い世代の利用者支援制度

**応募資格**：申請書受理時に、大学学部、高等学校、高等専門学校の内いずれかに在学中であり、翌月以降 3 ヶ月間在学予定の者。

**応募条件**：1 人又は比較的少人数のグループで行う研究課題とする。課題従事者は全員が応募条件に適合する必要がある。応募条件を満たさないメンバーは、1 名に限りサポートメンバーとして追加することが可能である。ただし、サポートメンバーは課題実施のサポート役であり、課題実施の主体は課題代表者および課題従事者である必要がある。申請課

題が達成しようとしている目的が、課題代表者の所属する教育機関の目的に沿った内容であること。申請には課題代表者が所属する教育機関の教員が課題責任者になる必要がある。

**公募スケジュール**：3月、6月、9月、12月の15日を締切とする公募を行い、速やかに審査結果を通知する。採択課題は翌月当初より最大3ヶ月間利用可能。同一内容と認められる課題の継続申請は最大3回までとする。

### **萌芽的研究課題支援制度の課題審査**

課題審査は、課題審査委員2名以上による書類審査と、その結果を踏まえた課題審査委員会によって採択課題が決定される。課題審査委員会は、共同利用専門委員会の下に置くこととする。

TSUBAME 若手・女性利用者支援制度については、JHPCN の萌芽型共同研究課題の条件を満たすことを条件とし、JHPCN の萌芽型共同研究課題として採択する。

### **利用者サポートおよび制度実施の事務局業務**

#### ● TSUBAME 若手・女性利用者支援制度

採択課題の利用は HPCI や JHPCN に準ずる。具体的には、アカウント発行時の利用講習会の受講は必要なく、TSUBAME の相談窓口にて利用サポートを行う。

#### ● TSUBAME より若い世代の利用者支援制度

本学学生の場合や以前に採択実績がある場合など既に TSUBAME アカウントを所持している場合を除き、採択課題には利用講習会の受講を義務付ける。利用開始後の利用サポートは TSUBAME の相談窓口にて行う。

#### ● 制度実施の事務局業務

本利用支援制度の実施に係る事務局業務は、当センター 共同利用推進室が担当する。

### **提供資源量と採択課題数**

利用支援制度毎に、全採択課題の合計提供資源量に上限を設定する。年4回の公募を行う TSUBAME より若い世代の利用者支援制度では採択数や提供資源量の調整が難しいため、利用期間の早い時期に総提供資源量が上限に達した場合は、提供資源量の追加について申請することができ、課題審査委員会にて審査する。

#### ● TSUBAME 若手・女性利用者支援制度

各課題へ1～3口を提供（1口は3,000 TSUBAME ポイントに相当）

総提供資源量の上限を20口とし、採択課題数は10課題程度とする。

#### ● TSUBAME より若い世代の利用者支援制度

各課題に0.2口（600 TSUBAME ポイント）を提供する。

追加資源が必要な場合は、申請により追加が認められる場合がある。総提供資源量の上限を3口とし、年間の採択課題数は10件程度とする。

## 採択課題が果たすべき義務

採択課題は各種報告書の提出義務に加え、本センターの広報活動への協力義務を負う。

### ●両利用支援制度に共通

- ✓ 本利用支援制度によって得られた成果は、利用終了後3ヶ月以内に、所定の様式を満たした最終の利用報告書を提出する必要がある。提出された利用報告書のうち、公開すると定めた部分は当センターの Web ページなどで公開する。
- ✓ 本センター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、本センターの広報活動のための実施成果物等の提出依頼に協力する必要がある。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必要がある。
- ✓ 成果を論文発表・学会発表・プレスリリースなどする際は、本利用支援制度による成果であることを明記し、発表後2週間以内に当センターへ報告する必要がある。

### ●TSUBAME 若手・女性利用者支援制度

- ✓ TSUBAME e-Science Journal への執筆や JHPCN シンポジウム等での発表に協力する必要がある。

## 平成 28 年度公募の採択・実施課題一覧

萌芽的研究課題支援制度のうち、TSUBAME より若い世代の利用者支援制度は3ヶ月毎に4回の公募が行われ、表1に示したのべ6件を採択・実施した。TSUBAME 若手・女性利用者支援制度の平成28年度公募は平成28年2～3月に行われ、表2に示した10課題が採択された。そのうち4課題はJHPCN 萌芽型共同研究課題として同時採択された。

表1 TSUBAME より若い世代の利用者支援制度 採択課題一覧

採択時期	所属機関 利用課題責任者 申請課題名
平成28年度 4月期	東京工業大学 2年 井上毅哉 (継続課題) 人力飛行機における設計精度向上のための流体解析
平成28年度 7月期	東京大学 4年 山谷里奈 波形解析による深発地震の震源パラメータと地球内部構造の同時推定
平成28年度 10月期	東京大学 3年 奥田花也 利用課題名 「brucite の(001)面における摩擦特性の決定
平成28年度 1月期	東京大学 3年 奥田花也 (継続課題) brucite の(001)面における摩擦特性の決定
	東京工業大学 2年 張葉平 流体解析を用いた人力飛行機の形状の空気力学的な性能の向上
	東京大学 4年 山谷里奈 (継続課題) 波形解析による深発地震の震源パラメータと地球内部構造の同時推定

表2 平成28年度 TSUBAME 若手・女性利用者支援制度 課題一覧

番号	所属機関 利用課題責任者 申請課題名	承認 口数
1 ※	大阪大学 山守優 疎構造学習に基づく分子シミュレーション解析手法の開発	3
2	東京大学 渡邊（尾谷）優子 架橋プロリンを含んだアミノ酸配列からの構造モチーフの創製	3
3	大阪大学 飯田慎仁 独自の拡張アンサンブル分子動力学法による天然変性たんぱく質の機能解析	3
4	東京大学 佐山美紗 脂質リガンドと膜タンパク質受容体との相互作用の理論的解析	3
5	海上技術安全研究所 河村昂軌 荒天海象での船舶の挙動推定と安全性評価に向けた大規模数値計算手法の開発	2
6 ※	山梨大学 高柳雅俊 通信回数削減型 QR 分解の GPU クラスタシステム上での実装	1
7 ※	地球生命研究所 河合研志 多数のクラックおよび流体を含む岩石中の地震波動伝播特性の研究	2
8	筑波大学 馬驍 / CO <sub>2</sub> ハイドレート の成長過程における分子拡散挙動の解明 に向けた分子動力学シミュレーション	2
9	日本女子大学 村岡梓 高次螺旋分子の螺旋反転過程の理論的研究	2
10 ※	産業技術総合研究所 本野千恵 教師付動力学計算によるタンパク質-低分子結合シミュレーション	3
	合計	24

※ JHPCN 萌芽型共同研究課題として同時採択

## 2-10 TSUBAME を利用した国際共同研究

工学院 情報通信系 情報通信コース 准教授 篠崎隆宏

### ラベルなしデータを用いた音声認識システムの構成法 (Building Speech Recognition System from Untranscribed Data)

音声言語およびコンピュータビジョンにおける機械学習に関するワークショップとして、世界の研究者が研究チームを構成して6週間にわたり集中的に研究およびソフトウェア開発に取り組む Frederick Jelinek Memorial Summer Workshop が毎年開催されている。2016年度のワークショップに対して、ブルノ工科大(チェコ)、東工大、マサチューセッツ工科大(アメリカ)より共同で提案した音声認識技術に関する課題「ラベルなしデータを用いた音声認識システムの構成法」が他の2チームとともに採択され、世界各国の研究者の協力を得ながら国際共同研究を行うこととなった。学術国際情報センターのグローバル情報資源活用協働専門委員会での審議を経て、ジョンズホプキンス大学ホワイティング工学部との部局間協定書(MOU/DCA)を締結し、これに基づき TSUBAME を利用した共同研究を進めた。

当チームにおけるプロジェクト「ラベルなしデータを用いた音声認識システムの構成法」では、ラベルなしデータを用いた音声認識システムの構成法の研究に学生や一時的な参加者も含め総勢20名以上で取り組んだ。現在の音声認識システムは、大量のラベル付き音声データを用いた教師あり学習に基づいている。この方法では人手によるラベル付けのために膨大な手間とコストが必要とされており、音声認識の応用が一部のタスク以外に限定される要因となっている。この問題の解決のためには、ラベルのない音声データを活用して音声認識システムを学習するための、新しい仕組みが必要となる。プロジェクトはいくつかのサブチームに分かれて進められたが、その中で我々は発音辞書を自動的に学習する仕組みについて取り組んだ。ノンパラメトリックベイズ法に基づいた発音辞書確率モデルの提案、発音辞書モデルと言語モデルを組み合わせた一体的なベイズモデルのもとに発音辞書をベイズ推定する枠組みの定式化、重み付き有限状態トランスデューサを用いたプログラム実装、および英語ニュース音声データを用いた計算機実験による原理実証を行った。

提案法は、同一言語から別々に収集され発話ごとの対応のない音素及び単語書き起こし発話データ、および部分的に発話の与えられた初期発音辞書をもとに、発音未知の単語の発音をベイズ法に基づき推定する半教師あり学習法である。人においては、文章中に発音未知の単語が存在した場合、とりあえず発音が不明な単語として学習する。そして、後に音声中にその単語の発声が出現した際に、前後のコンテキストを手掛かりに発音(発声)と単語表記を結び付けることでその単語の発音を獲得する。はじめは自信が

なくとも、何度かその単語の観測を繰り返すうちに知識として確定していく。提案する発音辞書学習法はこのプロセスを数学的に定式化し、計算機上で実現するものである。

発音辞書の半教師付き学習を含め、ラベルなしデータを用いて音声認識システムを学習するためには従来にも増して大量の計算が必要となる。より柔軟により大規模なデータを用いた学習を実現するため、今後は並列計算の効率化を含めて研究を進める予定である。

#### 【発表文献】

- 1) 篠崎隆宏 (東工大), 渡部晋治 (MERL), 持橋大地 (統計数理研), Graham Neubig (CMU), 「第3回 Frederick Jelinek 記念サマールワークショップでの教師なし発音辞書学習の取り組み」, 情報処理学会研究報告 Vol. 2016-SLP-114, No. 4, 2016.
- 2) 篠崎隆宏 (東工大), 渡部晋治 (MERL), 持橋大地 (統計数理研), Graham Neubig (CMU), 「ベイズ的教師なし発音辞書学習の WFST 実装およびサンプリングアルゴリズムの検討」, 日本音響学会講演論文集, 1-5-6, pp. 17—18, 2017.

### 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

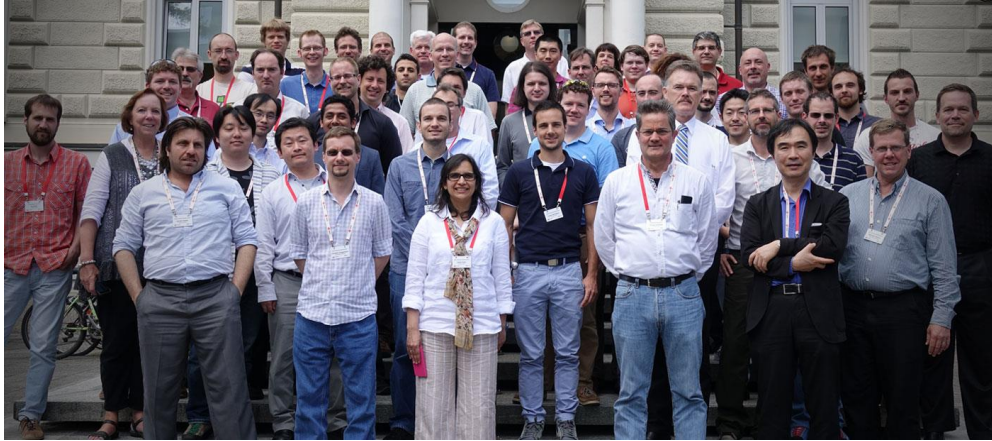
ドイツ・シュトゥットガルト大学の Prof. Dr. Miriam Mehl の博士課程の学生が青木研究室に若手準客員研究員として 2016 年 10 月から 12 月にかけて滞在し、AMR 法のフレームワークを TSUBAME で検証する共同研究を行った。それを受け、ドイツ・ミュンヘン工科大学 Informatics 専攻の Prof. Dr. Hans-Joachim Bungartz のグループと TSUBAME を用いた国際共同研究の GSIC と部局間交流協定を更新する際、シュトゥットガルト大学の Prof. Miriam Mehl のグループの内容も加えた契約締結を行った。2017 年 1 月に米国アトランタで開催された国際会議 SIAM CSE17 で Prof. Dr. Miriam Mehl のグループと研究打合せを行い、2017 年 3 月にミュンヘン工科大学を訪問し、TSUBAME2.5 を使った Randomized Ordinary Differential Equations の並列性能に関する研究打合せを行った。

##### 3-1-2 米国オークリッジ国立研究所とスイス連邦工科大学チューリッヒ校との MOU に基づく大規模データ処理などに関する国際共同研究

先端研究部門 高性能計算先端応用分野 横田理央

オークリッジ国立研究所(ORNL)は米国エネルギー省傘下で最大の国立研究所であり、Computing and Computational Sciences Directorate は、エネルギー省のスーパーコンピュータ施設の中核として世界のスーパーコンピュータの演算性能のランキングで常に上位を占めている。スイス連邦工科大学チューリッヒ校(ETHZ) は 21 名のノーベル賞受賞者を輩出している欧州トップの大学であり、Swiss National Supercomputing Centre は世界でも最もエネルギー効率の高いペタスケール・スーパーコンピュータである Piz Daint を保有する。MOU 締結後 3 つのセンターは Accelerated Data Analytics and Computing (ADAC) institute を合同で擁立し、GPU 関係で研究・開発・利用・運用で世界的実績を深めてきた。2016 年度には 7 月にスイスのルガーノで、1 月には東京で合同ワークショップを開催した。2 回のワークショップはいずれも米国、スイス、日本の 3 か国から合わせて 60 名程度が参加し、Resource Management, Performance, Applications の 3 グループに分かれ GPU スパコンの有効活用に関して 3 方面から議論が行われた。1 月のワークショップでは GSIC の青木教授による招待講演が行われた。下の写真は 7 月にルガーノで開催されたワークショップで撮影されたものである。





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

先端研究部門 国際協働分野 山口しのぶ

JICA 草の根技術協力事業草の根パートナー型プロジェクト「モンゴルにおける地方小学校教員の質の向上—地域性に即した ICT を活用した教材開発を通じて」の最終年度にあたる 2016 年は以下の活動を実施した。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 地区におけるモニタリングミッションに参加し、中心部および地方の学校訪問、地方政府教育専門家からの聞き取り調査を実施した。インパクト調査では、教員 1161 名、学校管理者 158 名を対象としたアンケート調査および、358 名を対象とした聴き取り調査を実施し、教員の ICT スキルと研修の実施状況、教員の能力、満足度、評価について、パイロット校における教材開発の現状など多岐にわたる方面からこうかについて分析した。また、バヤンホンゴル県（ゴビ地域）では、教員のインタラクティブ教材を 3 教科で開発・導入し、その有用性について分析している。本事業の成果については、UNESCO・JICA・GSIC 共催国際会議にて発表された（トピック記事参照）

### 3-1-4 発展途上国の世界遺産地域における持続可能な情報通信技術の応用に関する実践研究

先端研究部門 国際協働分野 山口しのぶ

ラオスルアンパバーン政府世界遺産局との連携のもと、持続可能な世界遺産開発を実現するための情報通信技術を用いた包括的かつ効果的な施策について実践研究を実施。今年度は、ドローンを活用したメコン川河岸の景観分析を実施し、世界遺産地域のコアエリア中心にメコン川 1.5km にわたり、環境の景観と、建造物を含めた景観の変化の両側面より分析を行なった。結果は、ルアンパバーン世界遺産保存局にてワークショップを開催し、現地の専門家・政府関係者が参加し、活発な意見交換が行なわれた。分析結果は、国際開発学会でも発表され、情報技術を活用した途上国における世界遺産保存の手法に注目が集まった。

## 3-2 国際シンポジウム・ワークショップ

### 3-2-1 国際機関との共催シンポジウム（トピック参照）

先端研究部門 国際協働分野 山口しのぶ

### 3-2-2 アブドゥラ国王科学技術大学 (KAUST) との環境・医療に資する大規模計算情報技術に関するシンポジウム

先端研究部門 高性能計算先端応用分野 横田理央

東京工業大学 GSIC と KAUST Extreme Computing Research Center (ECRC) 共催の環境・医療に資する大規模計算情報技術に関するシンポジウムを 3 月 28 日に開催した。GSIC から横田准教授が参加し、KAUST から ECRC のセンター長の David Keyes 教授をはじめ教員・研究員が 30 名程度参加した。環境分野への応用を目指した流体シミュレーションと統計解析を用いたデータ同化から創薬などの医療分野で広く用いられている分子シミュレーションの高速化について発表、議論が行われた。横田准教授からは機械学習の低ランク近似による高速化について発表がおこなわれた。セミナーの他にも、GSIC と ECRC の部局間協定について Keyes センター長と最終調整が行われ、正式な協定締結の署名をいただくことができた。下の写真は David Keyes センター長の講演の様子である。



### 3-2-3 世界遺産地域保存への情報技術導入に関するワークショップ

#### 先端研究部門 国際協働分野 山口しのぶ

ルアンパバーン世界遺産局 (以下 DPL) と協働のもと、ラオスのルアンパバーンにて世界遺産地域保存に貢献する情報技術の導入に関するワークショップを開催した。遺産保存の意識向上のためのモバイルラーニングアプリケーションの効果とドローンを活用した河岸景観マネジメントがテーマで、世界遺産局の専門家、研究員を含む 20 名が参加した。DPL の副局長ブンコン氏の開会の挨拶の後、世界遺産地域ルアンパバーンの地域住民の遺産保全意識を向上するためのモバイルラーニングアプリケーションの最終版とモバイルラーニングが与えた影響について発表が行われた。質疑応答では、今後、対象者を拡大していく手法や追加コンテンツ、持続的に使用するための取り組みが活発に議論された。大メコン圏 (Great Mekong Region) 全体への活用としてユネスコと協働する可能性についても話し合われた。第二セッションでは、1.5km のメコン川河岸の景観マネジメントに関する分析結果が発表された。ドローンを活用した日本のビデオに基づき、現地の河岸景観管理計画に基づいた環境クライテリア、建造物クライテリアによる分析は、ベースラインデータとして今後の時系列景観変化に貢献するものとして期待されている。



### 3-3 国際共同研究・協働事業

#### 3-3-1 ミュンヘン工科大学・機械工学専攻 Institute of Aerodynamics and Fluid Mechanics との共同研究

先端研究部門 高性能計算先端応用分野 青木 尊之

GSIC の青木が 2016 年 7 月および 2017 年 3 月にドイツ・ミュンヘン工科大学・機械工学専攻 Institute of Aerodynamics and Fluid Mechanics の Prof. Dr. Nikolaus A. Adams を訪問し、粒子法の動的領域分割の discussion を行った。2015 年 5 月から 2 年間の予定で EASED (Euro-Asian Sustainable Energy Development) の枠組みで Prof. Adams のグループの配下の博士課程の学生が GSIC の青木研究室に滞在している。准教授格の Dr. Thomas Indinger が GSIC の客員研究員として 2016 年 3 月から 5 月まで滞在し、粒子法および格子ボルツマン法の共同研究を進めた。

#### 3-3-2 RIMES (Regional Integrated Multi-Hazard Early Warning System for Africa and Asia) との GPU による津波予測に関する共同研究

先端研究部門 高性能計算先端応用分野 青木 尊之

国際機関 RIMES (Regional Integrated Multi-Hazard Early Warning System for Africa and Asia) のオフィスは、タイの AIT (Asian Institute of Technology) の中にあり、GPU を用いた高速計算による津波の短時間予測を行うプロジェクトを継続して進めている。2016 年 8 月および 12 月に AIT の RIMES でミーティングを持ち、GPU による計算の最適化チューニング、さらなる高速化を目指した数値計算アルゴリズムの改良、さまざまな海底地形に対する数値安定性の確保、津波遡上計算との接続、過去の津波観測データと数値シミュレーション結果の比較による妥当性の検討を行った。他で進めている津波シミュレーションと比較し、特性線法に基づいたセミ・ラグランジュ法による計算手法の導入、全域に適合細分化格子を用いていることによる少ない計算資源、GPU による高速計算等の利点がある。



## 4. イベント及びアウトリーチ活動

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

8月11日（木）に開催されたオープンキャンパスにおいて「スパコン TSUBAME2.5」の一般公開をしました。担当教員によるスパコンについての説明を聞いた後、マシンルームを見学するコース（事前予約制）とマシンルームのみ自由に見学できるコースの2コースを設けました。説明付き見学コースにおいては事前予約時満員御礼となり、自由見学においては1026名もの見学者があり大盛況となりました。



10月8日（土）と9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6回目となる「スパコン TSUBAME2.5」の一般公開を行った。

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するコースと 2.いつでもマシンルームを自由に見学できるコースの2コースを設けた。1コースは両日4回ずつ開催し119名、2コースのマシンルームのみの見学には975名にお越しいただき、2日間でトータル1094名の方に TSUBAME2.5 を紹介することができた。

昨年同様、多くの方々に興味・関心を持っていただけた事に感謝申し上げたい。

## 4-2 Supercomputing 2016 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

2016年11月13日から18日まで、米国ソルトレイクシティで開催された国際会議 ACM/IEEE Supercomputing 2016 (SC16)に、昨年度までに引き続き学術国際情報センターとしてブース出展を行いました。

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す。論文発表やワークショップだけでなく、巨大な展示会場で行われる各国の研究機関・ベンダーによるブース展示も非常に注目されます。

本センターのブースにおいても2008年以降毎年、主にTSUBAMEスーパーコンピュータのアプリケーションやシステムに関する研究・開発・運用に関する展示を行っております。今年度は、TSUBAME2.5スパコン等で得られた当センターの研究者および共同研究者による研究成果に加え、9月に調達仕様が確定し、2017年夏に稼働が予定されている新TSUBAME3.0についての詳細についての展示がなされ、注目を集めました。さらに、近年重要度を増すビッグデータ・機械学習に関する研究の一環として、全天画像をリアルタイムにディープラーニング技術により解析し雲等の位置を自動認識するデモ展示を行いました。このデモ展示は本センター下川辺隆史助教を中心に、理学院物理学系河合誠之教授のグループ、情報理工学院情報工学系篠田浩一教授のグループらと共同で行われました。

当ブースでは例年、国内外の著名な研究者による講演を開催しており、本年は計6件の講演を開催しました。海外からは、ETH ZurichのTorsten Hoefler先生による「Transparent compilation to GPUs」、Oak Ridge 国立研のTjerk Straatsma先生による「Application Development for Future High Performance GPU-accelerated Computing Systems」、Princeton 大学 William Tang 先生による「Advances in Big Data Machine Learning for Fusion Energy Applications」、NVIDIA 社 CJ Newburn 博士による「Applying Hierarchy to Scaled Systems」が行われ、活発な議論がなされました。



William Tang 博士の招待講演



CJ Newburn 博士の招待講演

4日間の展示期間中には、昨年度を超える322名の来訪者がありました。またSCは高性能計算分野のトップカンファレンスでもあり、採択率20%未満と厳しい査読をなされた論文についての発表がなされます。その中で本年度は、青木尊之教授・丸山直也客員准教授を含む研究グループが、論文「Daino: A High-Level Framework for Parallel and Efficient AMR on GPUs」(M. W. Attia, N. Maruyama, T. Aoki)により Best Paper Award を受賞しました。



ブース集合写真

SCでは、Top500, Green500などの各種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。今回のビッグデータ処理ランキング Graph500では、前回までに引き続き日本のスパコン「京」が世界一を獲得しましたが、この実現のために本学学生・本センター・九州大学等のソフトウェア技術が根幹に用いられております。

以上のように、本センターの研究開発・運用技術・国際協働分野などにおける成果をアピールしました。次回のSC17はTSUBAME3.0スパコンの稼働後初のSCとなり、ますます本センターへの注目が集まると予想されます。12ペタフロップスを超える性能・超省電力性をはじめ、ビッグデータとスパコン技術の融合の成果などの発表を通し、高いプレゼンスを示していきます。



#### 4-3 第 22 回スーパーコンピューティングコンテスト

平成 28 年 8 月 22 日～26 日に「第 22 回スーパーコンピューティングコンテスト (SuperCon16)」を開催した。予選を勝ち抜いた 20 チーム (東日 8 チーム、西日本 12 チーム、各チーム 2～3 名) が本選に臨んだ。

今年の本選課題は「でっかい小さなグラフ設計問題」であった。

問題 (小さなグラフの構成問題)

入力として与えられる以下のグラフの条件パラメータに対し、総最短経路長 (ASPL) が最小となる単純正則無向グラフを求めよ。

※上記の「グラフの条件パラメータ」など、詳しい解説はスーパーコンホームページ (<http://www.gsic.titech.ac.jp/supercon/>) に掲載されている。

これまでの本コンテストでは、各チームにプログラムを提出してもらい、事前に用意した入力データを用いた場合の正解数や総実行時間などを計測して、順位を決定していた。しかし、今年とは異なり、各チームが参加して、リアルタイム対戦を行い、その結果により順位を決定した。制限時間内に 9 個の予定の問題例に挑戦してもらい、時間内に最も多くの得点をチームが優勝するというやりかたであった。このリアルタイム対戦は 8 月 25 日 (木) 午後 1 時から 3 時まで、東京会場 (本学) と大阪会場 (大阪大学) とをインターネットを介して、スーパーコンピュータ TSUBAME2.5 上で行われた。上位 3 チームの成績は以下の通りであった。

順位	チーム名	学校名
1	GhostDiv	久留米工業高等専門学校
2	KISS	慶應義塾高等学校
3	Kingyo	奈良工業高等専門学校

1 位から 3 位までのチームにメダルと賞状が、岡田清先生 (本学理事・副学長) から贈呈された。また優れたアルゴリズムやプログラムを作成したチームに贈られる学会奨励賞 (電気情報通信学会通信・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、情報処理学会若手奨励賞) はチーム「KISS」が受賞した。

対戦中の状況は、動画として可視化されて発表された。そのときの動画は、YouTube において公開されている。URL : <https://www.youtube.com/watch?v=qgSBaCEaXVw>

#### 4-4 講習会

##### 研究用計算機システム

###### 平成 28 年度前期講習会【大岡山地区】

1	UNIX 入門	4/20(水)
2	Introduction to UNIX	4/21(木)
3	プログラムチューニング(シングル)	4/27(水)
4	プログラムチューニング(並列)	4/28(木)
5	Gaussian 入門	5/11(水)
6	Abaqus オンラインセミナー	5/13(金)
7	Mathematica 入門(初級編)	5/18(水)
8	MD Nastran/MD Patran	5/19(木),20(金)
9	Fluent	5/25(水)
10	ANSYS Mechanical	5/26(木)
11	Discovery Studio	5/27(金)
12	AVS Express 分子編	6/2(木)
13	Materials Studio	6/9(木)

###### 平成 28 年度前期講習会【すずかけ台地区】

1	UNIX 入門	4/25(月)
---	---------	---------

###### 平成 28 年度後期講習会【大岡山地区】

1	UNIX 入門	9/26(月)
3	Introduction to UNIX	9/30(金)
4	プログラムチューニング(並列)	10/5(水)
5	Gaussian 入門	10/7(金)
6	AVS Express 流体編	10/11(火)
7	Materials Studio	10/25(火)
8	Abaqus オンラインセミナー	11/1(火)
9	Fluent	11/8(火)
10	ANSYS Mechanical	11/15(火)

###### 平成 28 年度後期講習会【すずかけ台地区】

1	UNIX 入門	9/28(水)
---	---------	---------

その他の講習会

1	MATLAB 入門セミナー	4/13(水)
2	MATLAB 入門セミナー	4/15(金)
3	MATLAB セミナー	8/3(水)
4	ChemOffice 講習会	10/20(木)
5	MATLAB セミナー	11/17(木)

#### 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

#### 20回 GPU コンピューティング講習会

日時：2016年6月27日 13:20～17:10

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

参加人数：52名

講習会概要：

GPUの高い計算性能を引き出すために必須のCUDAプログラミングについて、TSUBAMEを使ったハンズオン講習会を開催した。第20回講習会では、CUDAプログラミングの基礎を初心者の方にもできるだけ分かりやすく説明し、習得してもらえるよう、数多くの例題を紹介しながら実習形式による講習会を開催した。

13:20-13:30 最新のGPUの動向

下川辺隆史（東京工業大学・学術国際情報センター）

13:30-14:00 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）

14:00-15:30 CUDA 基礎（1）

CUDAの概要及びAPIやGPUカーネル関数のプログラミングとその実行方法などCUDAの基礎的な部分を講習  
黄遠雄（東京工業大学・学術国際情報センター）

15:40-17:10 CUDA 基礎（2）

Atomic演算やThrustライブラリの紹介。GPU性能を効果的に引き出す為のチューニング方法から複数streamを用いた性能向上手法、Unified Memoryを用いた効果的なメモリ管理法に至るまでを実際の例題を交えながら講習。  
黄遠雄（東京工業大学・学術国際情報センター）

#### GTC Japan 2016 テクニカルセッション

日時：2016年10月5日

場所：ヒルトン東京お台場

参加人数：3,200名

講習会概要：

NVIDIA Japan と GTC Japan 2016 を共催。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 東工大 TSUBAME の活用事例：マルチメディア認識のための深層学習  
篠田 浩一（東京工業大学）
- 13:45-14:10 大規模進化計算による音声認識システム開発の自動化  
篠崎 隆宏（東京工業大学）
- 14:20-14:45 MPI を用いた Deep Learning 処理高速化の提案  
山崎 雅文（富士通研究所）
- 14:55-15:20 Daino: A High-level AMR Framework on GPUs  
Mohamed Wahib (AICS, RIKEN)
- 16:20-16:45 格子ボルツマン法を用いた大規模数値解析による多孔体界面乱流構造の解明  
須賀 一彦（大阪府立大）、桑田 祐丞（東京理科大）
- 16:55-17:20 OpenACC 向け最適化戦略の提案  
宮島 敬明（宇宙航空研究開発機構）
- 17:30-17:55 RI-MP2 法のマルチ GPU 超並列実装と TSUBAME2.5 を用いた大規模  
電子状態計算  
河東田 道夫（理化学研究所 計算科学研究機構）
- 18:05-18:30 第一原理電子動力学コードの最適化と性能評価: GPU と Xeon Phi  
廣川 祐太（筑波大学大学院）

## 21 回 GPU コンピューティング講習会

日時：2016年10月24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

参加人数：54名

講習会概要：

GPU を利用した既存プログラムの高速化を望む声が多く寄せられていたため、第21回講習会では、元のソースコードを変更すること無く、行間に指示行を挿入するだけで GPU の使用を可能にする「OpenACC」についての講習を行った。この方法は、PGI などの OpenACC 対応コンパイラでコンパイルするだけで GPU を用いたアプリケーションの加速が比較的簡単に実現するため、GPU を利用して既存のプログラムを高速化したいユーザには大変魅力的な方法である。本講習会では、NVIDIA CUDA エンジニアの村上真奈氏を講師としてお招きし、OpenACC の基本的な説明及び、ハンズオン形式による OpenACC ディレクティブの

使用方法に関する講習会を開催した。

- 13:20-13:50 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）
- 13:50-15:20 OpenACC による GPU コンピューティング入門  
GPU コンピューティングの基本概念、OpenACC ディレクティブの使い方を含む OpenACC の基礎を概説。PGI 等の OpenACC 対応コンパイラでコンパイルするだけで、OpenACC で何が出来るのか、何が良くなるのかを事例ベースで紹介。  
村上真奈（NVIDIA CUDA エンジニア）
- 15:30-17:00 OpenACC ハンズオン  
講習会会場の PC 端末から実際に学術国際情報センターの GPU スパコン TSUBAME2.5 を使用してもらい、ヤコビ反復法を事例にハンズオン形式で OpenACC の指示行（ディレクティブ）の使い方、デバッグや最適化の手法について解説。  
村上真奈（NVIDIA CUDA エンジニア）

## 22 回 GPU コンピューティング講習会

日時：2017年3月7日 13:15～17:00

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

参加人数：83名

講習会概要：

最近のホットな話題の1つであるディープラーニングでは、GPU を用いることにより、大幅な高速化が実現する。第22回講習会では、これからディープラーニングを学ぶ人を対象に、ディープラーニングのワークフローを理解するために必要となる基礎概念からディープラーニング・アプリケーションの開発方法までを学術国際情報センターの TSUBAME2.5 の GPU を用いたハンズオン形式で説明した。

- 13:15-13:20 TSUBAME2.5 への Login  
青木尊之（東京工業大学・学術国際情報センター）
- 13:20-13:50 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）
- 13:50-15:20 これから始める方のためのディープラーニング入門  
ディープラーニングをこれから始める方を対象に、ワークフローを理解する

ために必要な基本知識からディープラーニング・アプリケーションの開発方法までを説明。ニューラル・ネットワークに大量にデータを学習させることで画像認識や物体検出など様々な認識が可能となることを紹介。

村上真奈 (NVIDIA CUDA エンジニア)

15:30-17:00 ディープラーニング・ハンズオン講習

講習会会場の PC 端末から実際に学術国際情報センターの GPU スパコン TSUBAME2.5 を使用してもらい、ディープ・ニューラル・ネットワークを用いた画像分類を実現するためのワークフローを体験して頂く。

また、学習用データの作成、モデルの定義、学習及びテスト方法、認識精度向上のための工夫についても詳しく解説。

村上真奈 (NVIDIA CUDA エンジニア)

### **東京工業大学 学術国際情報センター スパコン TSUBAME 利用促進シンポジウム内チュートリアルセッション**

日時：2017年3月8日 10:30～12:00

場所：東京工業大学 大岡山キャンパス 西9号館デジタル多目的ホール

参加人数：210名

講習会概要：

学術国際情報センターのスパコン TSUBAME 3.0 のアナウンスを兼ねた TSUBAME の利用促進シンポジウムを開催。前日の22回講習会に引き続き、シンポジウム内のチュートリアルセッションとして、初心者向けのディープラーニング基礎講座を実施した。

10:30-12:00 GPU で始めるディープラーニング入門

ディープラーニングをこれから始める方を対象に、ディープラーニングのワークフローを理解するために必要となる基本知識からディープラーニング・アプリケーションの開発方法までを詳しく説明。

村上真奈 (NVIDIA CUDA エンジニア)

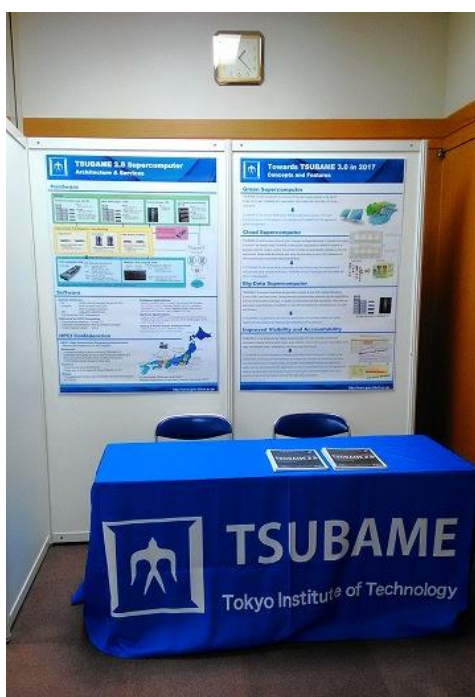
#### 4-6 国際会議 HPDC '16 におけるブース出展

先端研究部門 高性能計算システム分野 准教授 遠藤敏夫

2016年5月31日から6月4日まで、京都市国際交流会館で行われた ACM 主催国際会議 High Performance Parallel and Distributed Computing (HPDC'16)において、学術国際情報センターは共催団体の一つとしてブース出展を行いました。

HPDC は高性能／並列・分散計算分野におけるトップカンファレンスの一つですが、25年の歴史の中で日本およびアジアで開催されたのは初となります。論文採択率は15～20%と非常に高水準の論文発表がなされる重要な会議であり、併設ワークショップやポスターセッションも行われ、各国から約200名の参加者がありました。

展示ブースにおいては複数のスパコンベンダーと東京大学・筑波大学・京都大学などのスパコンセンターと並び、本センターも TSUBAME シリーズの概要および共同利用についての展示を行い、活発な議論を行いました。



HPDC16 における東工大ブース



## 4-7 Gaussian ワークショップ 2016

特任准教授 渡邊 寿雄

### Gaussian ワークショップ開催報告

平成28年9月5～9日の5日間に渡り、南4号館3階実習室において、Gaussian ワークショップ2016を東京工業大学 物質理工学院応用化学系、東京工業大学 学術国際情報センター 計算化学研究会とGaussian社の共催、および富士通株式会社の協賛で開催した。今回のGaussian ワークショップは7年振りのメジャーバージョンアップであるGaussian 16の発売を控えて、Gaussian 16 および Gauss View 6を用いたハンズオンのワークショップに90名の参加者があり、盛大に開催された。

Gaussian 09/16は、スパコンTSUBAME2.5にもインストールされ、非常に多くのユーザにご利用いただいている量子化学計算プログラムであり、ノーベル賞を受賞したJ.A.Pople博士（注1）らによって開発され、現在も全世界で圧倒的シェアを誇っている。元々は計算化学の分野で利用されていたが、PCの高速化により計算化学が身近になったことや、量子化学の理論とプログラムの改良によって実験値を高精度で再現可能となったことにより、現在では多くの実験家も日常的に利用するようになっている。



Gaussian を開発している 4 名の教授陣による講義

Gaussian ワークショップは年数回のペースにて世界各地で開催されており、東工大での開催は2012年2月以来4年振り2回目となる。開催地として前回に引き続き東工大が選ばれた理由は、世界トップレベルのスパコンTSUBAME2.5の存在、大人数による演習が可能な整ったPC端末利用環境、東工大の所属者以外も利用可能なGaussianライセンスの保持、そして海外からの参加者のためのアクセスの良さなどが挙げられる。

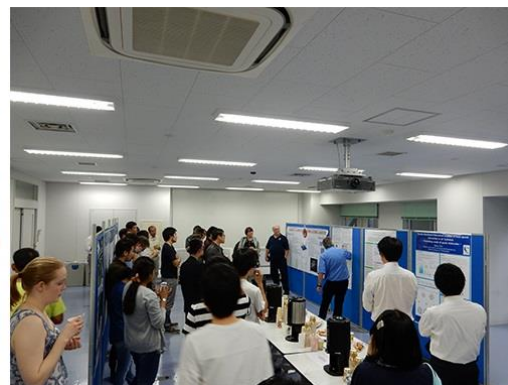
ワークショップのスケジュールは、午前9時～午後3時に講義、その後6時まで演習があり、第二演習室にて行われた。講義は英語で行われ、分子軌道法の基礎的な理論から応用研究に利用可能な新機能までの幅広い内容について、Gaussianを開発している4名の教授陣による丁寧な説明があった。参加者からは理論的な質問のみならず、実際の計算において直面している具体的な質問も数多く出され、プログラムの利用方法を踏まえた詳細な回答がなされた。演習では、全ての参加者がPC端末のGaussian 16とGauss View 6を用いて、実践的な計算方法を学んだ。

また前回に引き続き、参加者によるポスターセッションも行われ、参加者が実際に扱って

いる研究対象において、Gaussianを利用してどのような成果を上げているかを、講師の先生方や他の参加者と議論した。ワークショップで取り上げるのは一般的な内容となるが、ポスターセッションを行うことで参加者が直面している個々の問題を詳細に議論することができ、より理解を深めることに繋がる良い取組みと好評だった。



ハンズオンセミナー



ポスターセッション

本ワークショップで利用されたGaussian 16W および Gauss View 6は、発売前のバイナリを本ワークショップのためにGaussian社よりご提供いただいた。ワークショップ開催直前までブラッシュアップした正に最新のバイナリを東工大の演習室の全PCに一時的にインストールを行うため、川内研究室と古屋研究室の学生さんには多大なる協力を頂いた。この場を借りて感謝したい。突貫工事での環境設定ではあったが、ワークショップ中には特に目立ったトラブルもなく順調に行われ、参加者へ最新の利用環境を提供することができたのは喜ばしいことであった。本ワークショップの1週間が、これから計算化学を始めたい実験化学者から量子化学を専門とする研究者までの多くの参加者に対して有意義なものとなったことを期待したい。



Gaussian ワークショップ 2016 参加者

注1 J.A.Pople博士： 実験データに基づく経験的パラメータを一切用いない非経験的分子軌道法の普及の功績により1998年にノーベル化学賞を受賞

#### 4-8 スパコン TSUBAME 利用促進シンポジウム

特任准教授 佐々木 淳

本学のスーパーコンピュータ（以下「スパコン」という）TSUBAME の学外利用の促進と平成 29 年 8 月運用開始予定の TSUBAME3.0 のイベントとして、平成 28 年度スパコン TSUBAME 利用促進シンポジウムを、学術国際情報センターの主催により、平成 29 年 3 月 8 日に大岡山キャンパス西 9 号館デジタル多目的ホールで開催した。

学術国際情報センターでは、本学のスーパーコンピュータ TSUBAME2.5 の計算資源を学外に提供しており、平成 28 年度スパコン TSUBAME 利用促進シンポジウムは、TSUBAME を利用した先進的な研究や取組みを講演とポスター発表にて紹介するとともに、新しい TSUBAME3.0 の概要の講演と TSUBAME の利用者とサプライヤーによるパネルディスカッション、およびディープラーニングに関するチュートリアルセッションにて構成した。



シンポジウムの会場

平成 28 年度スパコン TSUBAME 利用促進シンポジウムは会場が満席となる 210 名の参加を得て、東京工業大学 安藤理事・副学長の開会の挨拶によりスタートし、学術国際情報センター 共同利用推進室 佐々木の司会にて進行した。

## 5. 広報活動

### 5-1 マスコミ報道等

- ◆ YAHOO!ニュース：[夏休み 2016]スーパーコンピュータでプログラミング、高校生・高専生募集 東工大学術国際情報センターと阪大サイバーメディアセンターは 8 月 22 日から 26 日に開催。 【2016/05/19】
- ◆ InsideHPC：“Satoshi Matsuoka Presents: The Inevitable End of Moore’s Law” 【2016/05/24】
- ◆ マイナビニュース：[レポート]ISC2016- 今年もフランクフルトにて開幕 2016 年 6 月 19 日にドイツのフランクフルトの Messe Frankfurt において、「ISC(International Supercomputer Conference)2016 が開幕。今年の ISC の大会委員長を務めるのは東京工業大学の松岡聡教授。日本人が ISC の大会委員長を務めるのは初めて。 【2016/06/20】
- ◆ 日経エレクトロニクス 2016 年 8 月号：『HPC から全ての機器へ、ムーア後時代の技術を開拓』 【2016/07/20】
- ◆ I/O 2016 年 9 月号：[特集] 「スパコン」と「ナノテク」  
『TSUBAMEー「低消費電力」で「コンパクト」な世界最高水準のスパコン』(P4)  
『「スパコン」と、それを取り巻く世界の状況』(P34)  
『日本を代表するスパコン「京」と「TSUBAME」』(P39) 【2016/09/01】
- ◆ マイナビニュース：【連載】巨人 Intel に挑め! - [番外編]東工大のスパコン「TSUBAME」が生まれた日  
『1. 東工大松岡教授との出会いとスパコンでの経験』 【2016/10/03】  
『2. 2000 年初頭のスパコン事情』 【2016/10/17】  
『3. TSUBAME の飛翔』 【2016/10/24】
- ◆ マイナビニュース：理研と東工大の共同研究チーム、SC16 の最優秀論文賞を受賞-SC16 11 月 18 日、スーパーコンピュータ（スパコン）に関する国際会議 SC16 において、理研の丸山直也チームリーダーとモハメド・ワヒブ特別研究員、東工大の青木尊之教授らで構成させる共同チームの投稿した論文が投稿総数 442 報の中から最優秀論文賞を受賞したと発表。 【2016/11/18】
- ◆ 日刊工業新聞：理研と東工大、スパコンアプリ開発効率化 - プログラミング自動化  
理化学研究所計算科学研究機構プログラム構成モデル研究チームの丸山直也チームリーダーとモハメド・ワヒブ特別研究員、東京工業大学学術国際情報センターの青木尊之教授らが開発。 【2016/12/02】
- ◆ Asian Scientist Magazine - Supercomputing Asia :  
“Green Is The New Black Satoshi Matsuoka on energy-efficient supercomputers” 【2017/01/01】
- ◆ HPCwire：“People to Watch 2017”Satoshi Matsuoka 【2017/01/24】
- ◆ HPCwire：“Tokyo Tech’s TSUBAME3.0 Will Be First HPE-SGI Super” 【2017/02/16】

- ◆ HPCwire : “Tokyo Tech Selects DDN as Storage Infrastructure Provider for New TSUBAME3.0 Supercomputer” 【2017/02/17】
- ◆ insideHPC : “DDN and Lustre to Power TSUBAME3.0 Supercomputer” 【2017/02/17】
- ◆ insideHPC : “Pascal GPUs to Accelerate TSUBAME 3.0 Supercomputer at Tokyo Tech” 【2017/02/17】
- ◆ HPCwire : “TSUBAME3.0 Points to Future HPE Pascal-NVLink-OPA Server” 【2017/02/17】
- ◆ 日本経済新聞 電子版ほか : 東工大と日本 SGI、スパコン「TSUBAME3.0」が今夏稼働に向けて開発・構築を開始 【2017/02/17】
- ◆ PC Watch : 世界最高レベルを目指す東工大のスパコン TSUBAME3.0、2017 年夏に稼働開始へ ～高温水を利用しトップレベルの冷却効率。機械学習やビッグデータ解析をターゲットに。東京工業大学学術国際情報センターは、スパコン「TSUBAME3.0」の開発を開始したと発表し、記者会見を行なった。 【2017/02/17】
- ◆ TOP500 Supercomputer Sites : TOP500 News  
“Next-Generation TSUBAME Will Be Petascale Supercomputer for AI” 【2017/02/18】
- ◆ 日本経済新聞 電子版: AI 用スパコン、夏ごろから稼働 東工大 【2017/02/19】
- ◆ YAHOO! ニュース : 東京工業大学の AI スパコン「TSUBAME3.0」計画が始動、2017 年夏稼働へ東京工業大学は2017年2月17日、次世代スーパーコンピュータ「TSUBAME3.0」の開発を、2017 年夏の稼働に向けて開始すると発表した。NVIDIA の GPU コンピューティング技術を利用して、日本最速を目指すという。 【2017/02/20】
- ◆ HPCwire : “Dr. Eng Lim Goh Hails New Frontier of Scalable Learning” 【2017/03/02】
- ◆ 日経コンピュータ 2017.3 月号 :  
『スパコン「TSUBAME3.0」が今夏稼働—企業の使える AI インフラが多様化』【2017/03/02】

## 5-2 TSUBAME e-Science Journal の発行 (Vol.15)

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、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 28 年度は Vol.15 を平成 29 年 3 月 7 日に発行し、乱流燃焼の大規模計算、GPU をクラウド的に使うツールと、2016 年 11 月に米国ソルトレイクシティで開催された SC16 (ハイパフォーマンス・コンピューティングに関する国際会議) において Best Paper Award を受賞した適合格子細分化法に関する論文内容に関する記事を掲載した。

記事のタイトルと著者を以下に記載する。

No.15 (2017 年 3 月)

- ・ **TTX : 反応性乱流の直接数値計算**  
TTX: A Direct Numerical Simulation Code for Turbulent Reacting Flows  
源 勇気, 青木 虹造, 店橋 護
- ・ **GPUを用いた高性能並列AMRのためのハイレベルフレームワーク**  
A High-level Framework for Parallel and Efficient AMR on GPUs  
モハメド ワヒブ, 丸山 直也, 青木 尊之
- ・ **クラウド的 GPU 利用を簡単にするツール : DS-CUDA**  
DS-CUDA: A Handy Tool to Use GPUs in a Cloud Network  
成見 哲

### 5-3 見学者受入状況

月	日	見学者所属	人数	うち 学外者	うち 外国人
4	14	TSUBAME 利用講習会 参加者	1	1	
	18	TSUBAME 利用講習会 参加者	3	3	
	19	SoftBank , NVIDIA	4	4	
	25	TSUBAME 利用講習会 参加者	3	3	
	28	TSUBAME 利用講習会 参加者	1	1	
5	10	カルガリー大学	34	32	32
	11	シンシナティ大学	16	14	14
	17	アイスランド大学	35	33	33
	19	韓国生産性本部	18	17	17
	27	文科省・北大・東北大・東大・名大・京大・阪大・九大	40	35	
	30	済州科学高校（韓国）	45	45	45
	30	TSUBAME 利用講習会 参加者	2	2	
6	10	経済産業省、産業技術総合研究所	7	7	
	30	TSUBAME 利用講習会 参加者	2	2	
7	8	TSUBAME 利用講習会 参加者	2	2	
	8	日本国際協力センター受入留学生	67	67	60
	11	TSUBAME 利用講習会 参加者	1	1	
	12	タイ国タマサート大学、タイ国科学技術開発機構	6	4	4
	12	文科省 小松研究振興局長	2	2	
	14	ブラジル人留学生	15	10	10
	22	株式会社 工学社	4	3	
8	3	香川県立丸亀高校	15	10	

月	日	見学者所属	人数	うち 学外者	うち 外国人
8	4	日本経済新聞社 科学技術部	1	1	
	8	高校生キャンパスツアー	17	13	
	26	沖縄科学技術大学院大学 アカデミックサービス	20	19	18
	30	鉄鋼協会	16	15	
	31	デラサール大学	31	25	25
	31	品川区商業・ものづくり課	5	5	
9	8	ロイター編集局	1	1	
	9	Ujung Pandang Polytechnic Indonesia	18	17	17
	14	中央大学	6	4	
	26	日本タタ・コンサルタンシー・サービス(株)	3	3	1
	27	(株)ドリームインキュベータ	2	2	
	30	HOCHIMINH CITY UNIVERSITY	3	3	3
	30	東京大学・慶應大学	6	6	
10	3	インドネシアの大学 徳永健伸研究室留学生	14	13	
	3	兵庫県立姫路東高等学校 2 学年	15	14	
	3	デラサール附属高等学校	13	4	9
	8、 9	工大祭	1026	1026	
	12	日本ガイシ株式会社	5	4	
	14	デラサール大学	68	65	25
	19	National Super Computing Center Singapore	4	4	4
	19	TSUBAME 利用講習会 参加者	1	1	
	20	東工大理学院化学系	20		10
10	28	NVIDIA	2	2	1



月	日	見学者所属	人数	うち 学外者	うち 外国人
11	1	TAIST、KMITL、SIIT、KU 学生	13	10	10
	11	木更津高等学校	41	1	
	11	細田学園高等学校	14	1	
	11	TSUBAME 利用講習会 参加者	2	2	
	21	University of Haifa Isael	1	1	1
	30	オンタリオ州州首相 貿易大臣企業 CEO	51	50	48
12	13	JST 中国総合研究交流センター	16	15	15
	20	英国 Open University	1	1	1
1	16	東工大タイオフィス、フィリピンオフィス	8	7	7
	18	Egypt-Japan University of Science and Technology	6	5	4
	24	NCCS 外	4	4	4
2	8	マレーシア セランゴール大学、創価大学	4	3	1
3	28	COLLEGE OF ARTS AND SCIENCES	50	50	49
		計 件	1897	1761	468

## 6. 予算執行状況

### 1. 平成 28 年度法人運営費決済額

種別	金額 (千円)
研究経費	37,109
教育研究支援経費	1,012,083
(うち電子計算機賃借料)	541,641
特別経費	18,565
合 計	1,067,757

### 2. 外部資金受入状況

種別	件数	金額 (千円)		
奨学寄附金	3	10,900		
受託研究	6	87,044		
受託事業	1	15,402		
民間等の共同研究	3	8,759		
科学研究補助金※	代表	分担		
	基盤研究 S	1	1	30,300
	基盤研究 A	0	0	0
	基盤研究 B	1	1	2,580
	基盤研究 C	3	0	3,370
	若手研究 A	1	0	3,200
	若手研究 B	1	1	2,639
	挑戦的萌芽研究	1	1	800
	特別研究員奨励費	2	0	1,500
研究活動 スタート支援	0	0	0	
研究開発施設共用等促進費補助金	0	0	0	
政府開発援助ユネスコ活動費補助金	1	284		
合 計	28	166,778		



## 7. 研究部門活動報告

### 7-1 情報支援分門

#### 教授 一色 剛（認証・ネットワーク分野）

##### 【研究の概要と成果】

##### C 記述からの論理回路自動合成技術

組込み機器で必要となる複雑な信号処理を効率的に実現するためには、処理アルゴリズムとハードウェアアーキテクチャの同時最適化が重要であるが、これまでの VLSI 設計技術では、アルゴリズムの記述抽象度でアーキテクチャを直接的に表現することが困難であった。本研究室では、高い抽象度の C 言語データフロー記述方式上で回路構造を定義し、直接的に論理回路を合成する新しい VLSI 設計方式に取り組んでいる。この新たな設計技術を使って、大規模な高並列画像信号処理システム、高性能プロセッサ、高性能キャッシュメモリ、ネットワーク・オン・チップ等の開発を進めている。本年度では、LLVM コンパイラフレームワーク上での設計環境構築と、C++言語への拡張を実装し、クラス継承、仮想関数、テンプレートなどのオブジェクト指向プログラミング手法を論理回路設計環境に導入することを可能にした。

##### アプリケーション特化プロセッサ設計環境

アプリケーション特化プロセッサ (ASIP : Application-Specific Instruction-set Processor) は、汎用プロセッサの柔軟性と専用回路の処理性能・電力効率を両立する可能性を持っており、画像信号処理分野を中心に活用され始めている。本研究室では、ASIP 設計全般において、アルゴリズム (アプリケーション) 設計、命令セット設計・拡張、専用演算回路設計、高速シミュレーションモデル生成、専用コンパイラ生成、回路検証環境生成等をすべて網羅した ASIP 統合設計環境の構築に取り組んでいる。本年度は、暗号処理 (AES, RSA) に特化したプロセッサ開発を行い、SW 実行と比較し、それぞれ数百倍～数千倍の高速化が達成できた。

##### プログラム解析によるマルウェア検知技術

現在のセキュリティ技術の大きな役割を占めるウイルス検知技術は、バイナリシグネチャ (パターンマッチング) による 1 次検知、仮想空間動作 (サンドボックス) による 2 次検知などの組合せで構築されているが、近年の爆発的なマルウェア発生状況には十分なソリューションとはなっていない。本研究室では、プロセッサ・コンパイラ生成・シミュレータ生成技術の研究成果をベースに、バイナリデータから直接プログラム構造を解析し、その構造情報を活用した網羅性の高いマルウェア検知技術の構築を目指している。本年度は、マルウェアの動的振舞い予測手法として、プログラム構造解析情報からファイルシステムやネ

ネットワークへのアクセスのためのライブラリ関数・システムコールの発生系列を正規表現で「行動系列」として列挙する手法の実装を行なった。今後、この行動系列表現をベースにマルウェアの類似度測定手法について開発を進める。

#### 【査読付き学術論文】

- 1) H Xiao, B Zheng, T Isshiki, H Kunieda, "Hybrid shared-memory and message-passing multiprocessor system-on-chip for UWB MAC layer", IET Computers & Digital Techniques 11 (1), 8-15 (2016)
- 2) H Xiao, N Wu, F Ge, T Isshiki, H Kunieda, J Xu, Y Wang, "Efficient synchronization for distributed embedded multiprocessors", IEEE Transactions on Very Large Scale Integration (VLSI) Systems 24 (2), 779-783 (2016)
- 3) F Shafiq, T Isshiki, D Li, H Kunieda, "A Fast Trace Aware Statistical Based Prediction Model with Burst Traffic Modeling for Contention Stall in A Priority Based MPSoC Bus", IPSJ Transactions on System LSI Design Methodology 9, 37-48 (2006)

#### 【査読付き国際会議・国内学会発表】

- 1) Shanlin Xiao, Tsuyoshi Isshiki, Dongju Li, Hiroaki Kunieda, "An efficient embedded processor for object detection using ASIP methodology", IEEE ASAP (July 2016)
- 2) Ikumi Endo, Tsuyoshi Isshiki, Dongju Li, Hiroaki Kunieda, "A design method for real-time image denoising circuit using High-Level Synthesis", International Conference on Information and Communication Technology for Embedded Systems (Mar. 2016)
- 3) IS Ardakani, W Kongprawechnon, T Theeramunkong, P Bunnun, T Isshiki, "Parameterization of Limbus Distance in Van Herick method's angle closure glaucoma diagnosis", International Conference on Information and Communication Technology for Embedded Systems (Mar. 2016)
- 4) N Shabrina, T Isshiki, H Kunieda, "Fingerprint authentication on touch sensor using Phase-Only Correlation method", International Conference on Information and Communication Technology for Embedded Systems (Mar. 2016)
- 5) S Xiao, D Li, H Kunieda, T Isshiki, "Design of an efficient ASIP-based processor for object detection using AdaBoost algorithm", International Conference on Information and Communication Technology for Embedded Systems (Mar. 2016)

#### 【招待講演】

- 1) 一色剛, "次世代 C ベース SoC 統合設計検証ソリューションのご紹介", Design Solution Forum 2016 (Oct. 2016)
- 2) Tsuyoshi Isshiki, "ASIP Design Methodology on C2RTL Framework", 16<sup>th</sup> International Forum on MPSoC for Software-defined Hardware (MPSoC '16) (July 2016)

## 教授 友石 正彦（認証・ネットワーク分野）

### 【研究の概要と成果】

#### 位置情報を用いたモバイルデバイスの安全性向上に関する研究

ノートPCやモバイルデバイス等持ち運んでいる機器が、ホテルや駅で利用したときに侵入される、また、物理的に盗まれる等によって、その機器に保存されていた情報が流出する事件が数多く起っている。これらの被害は、持ち運ぶ情報を制限することや、シンククライアントを採用することにより軽減できるが、出発直前まで準備をする場合や、移動中にも仕事がある場合、また、ネットワークの無い環境でのプレゼンテーションに備える場合には有効ではない。そこで本研究では、ネットワークに繋がらない状況において、システムが自動的に情報を隠したり、消去したりするためのしきい値として位置情報を採用することで、これらの問題を緩和するシステムの設計・実現を目的とする。本年度は、位置情報に依存してマウント状態、アクセス権限を制御するファイルシステムを設計し、さらに、それらを複数の場所で利用する場合への対応を行った[6][2]。また、利用端末の位置情報をVPNの認証に組み込むシステムの設計も行った[5]。

#### DNSSECの電子署名検証をリゾルバ分散により端末で高速・安全に実現する研究

インターネットにおける名前解決基盤であるDNSを悪用する脅威が多く起っている。その対策としてDNSSEC(DNS Security Extensions)が提案されているが、負荷やトラフィック増加の問題があり導入が進んでない。また、その対策範囲は、権威サーバとリゾルバ間であり、そこから端末までの通信は考慮されていない。そこで本研究では、端末でのDNSSEC利用をその問題の考察・解決とともに実現することで、端末での署名検証とリゾルバの分散による安全かつ安定した名前解決の提供を目的とする。本年度は、端末においてDNSSEC署名検証を行う場合の負荷等の調査実験、端末でのDNSSEC署名検証機能実装；これには、端末で検証を行っていることを利用した検証に問題があった場合の利用者との対話機能も含まれる - を行った [1][4][7][8][10]。

#### Webサーバへの異常アクセスを検知する研究

Webサーバへのアクセスの分布を、そのまま統計的な分布とするのではなく、ある程度典型的で、かつ、アクセスの分布をほぼ近似するような統計的分布を、曜日、時間、季節など毎に、さらに、それらを微妙にずらしながら探し出していき、その上で、その分布と乖離したアクセスを検知する手法を提案した。それをオープンデータとして提供されているアクセスログに適用することで、Webサーバへの異常アクセス、特に攻撃の発見に利用できる場合があることを確認した[3]。

#### 【査読付き学術論文】

- 1) Yong Jin, Kunitaka Kakoi, Nariyoshi Yamai, Naoya Kitagawa and Masahiko Tomoishi, "A Client Based DNSSEC Validation System with Adaptive Alert Mechanism Considering Minimal Client Timeout," IEICE Transactions on Information and Systems, Special Section on Information and Communication System Security (Accepted and to be appeared in August 2017.)

#### 【査読付き国際会議・国内学会発表】

- 1) Y. Jin, M. Tomoishi and S. Matsuura, "An In-Depth Concealed File System with GPS Authentication Adaptable for Multiple Locations," 2017 IEEE 41th Annual Computer Software and Applications Conference (COMPSAC), Torino, July 2017 (to be appeared)
- 2) S. Hagihara, Y. Fushihara, M. Shimakawa, M. Tomoishi, N. Yonezaki, "Web server access trend analysis based on the Poisson distribution," 2017 6th International Conference on Software and Computer Applications (ICSCA), Bangkok, Thailand, February 2017
- 3) Y. Jin, M. Tomoishi and N. Yamai, "An advanced client based DNSSEC validation and preliminary evaluations toward realization," 2016 International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC), Jeju, October 2016
- 4) Y. Jin, M. Tomoishi and S. Matsuura, "Enhancement of VPN Authentication Using GPS Information with Geo-Privacy Protection," 2016 25th International Conference on Computer Communication and Networks (ICCCN), Waikoloa, HI, August 2016
- 5) Y. Jin, M. Tomoishi and S. Matsuura, "Design of a Concealed File System Adapted for Mobile Devices Based on GPS Information," 2016 IEEE 40th Annual Computer Software and Applications Conference (COMPSAC), Atlanta, GA, June 2016
- 6) K. Kakoi, Y. Jin, N. Yamai, N. Kitagawa and M. Tomoishi, "Design and Implementation of a Client Based DNSSEC Validation and Alert System," 2016 IEEE 40th Annual Computer Software and Applications Conference (COMPSAC), Atlanta, GA, June 2016

#### 【国内学会・ワークショップ・講演会等での発表】

- 1) 中村将也, 梶邦雄, 金勇, 山井成良, 北川直哉, 友石正彦: マルチプロセス DNSSEC 検証システムのマルチスレッド化によるキャッシュ機能有効化, 情報処理学会インターネットと運用技術研究会研究報告, 2017-IOT-36, pp.1-6, 2017年3月
- 2) 森健人, 松浦知史, 金勇, 友石正彦: オンプレミスで実現する業務効率化のためのOSS基盤環境構築, 情報処理学会インターネットと運用技術研究会研究報告, 2016-SPT-20, pp.1-8, 2016年9月
- 3) 梶邦雄, 金勇, 山井成良, 北川直哉, 友石正彦: 端末上で動作するDNSSEC検証及び警告システムの設計と実装, 情報処理学会インターネットと運用技術研究会研究報告, 2016-IOT-33, pp.1-8, 2016年5月

教授 西崎 真也 (情報基盤活用分野)

### 【研究の概要と成果】

#### Web フレームワークと SMT ソルバーを用いた Web サーバソフトウェアの形式的なパフォーマンス解析

Web サーバ上でのソフトウェアを開発する際に、ソフトウェアの正当性の他に、実行パフォーマンスについても注意を払わなければならない。従来は、サーバシステムのパフォーマンスは、実システムとして実装された後、実環境の下で解析されている。本研究では、SMT ソルバーを用いた Web サーバソフトウェアの解析の新しい手法を提案した。本手法では、実際の実行に基づくパフォーマンス計測値を基にして、実行パフォーマンスの解析を算定することを可能にしている。そして、Web サーバソフトウェアを実装するための Web フレームワークに対して、解析条件から SMT ソルバーの入力への変換系を組み込む方法をとっている。Web フレームワークに対して、Web サーバソフトウェアのソースコードを組み合わせ、解析条件を与えて起動することにより、SMT ソルバーへの入力論理式が生成され、それを SMT ソルバーによって処理することによりパフォーマンス解析を行うように設計してある。実際に、既存の Web フレームワークに対して、本システムを実装し、いくつかの事例に適用することにより本手法の有効性を検証した。

#### ラムダ計算における正規表現を用いた Let 束縛

ラムダ計算は関数型プログラミング言語の数学的モデルである。関数型プログラミング言語において、Let 束縛は、局所変数に対する束縛操作の基本的なものの一つである。我々は、この Let 束縛に対して正規表現を導入することにより、機能の拡張をはかる。複数の Let 束縛を正規表現により用いて記述することを可能とする。本機能拡張により、変数名の名前の付け方に依存したような Let 束縛の記述が可能となっている。

正規表現を用いた Let 束縛から、通常の Let 束縛への変換をラムダ計算の枠組みのもとで定義することにより、正規表現を用いた Let 束縛に対する意味を与えることに成功した。

### 【査読付き国際会議・学術論文誌】

- 1) Takahito Kimura and Shin-ya Nishizaki, “Formal Performance Analysis of Web Servers using an SMT Solver and a Web Framework”, in Proceedings of CSA 2016, pp. 195—204, De Gruyter, 2016.
- 2) Takuya Ohata and Shin-ya Nishizaki, “Let-Bining with Regular Expressions in Lambda Calculus”, Journal of Software, vol. 11, no. 2, pp. 220—230, 2016.



## 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】

#### 位置情報を利用したモバイルデバイスの保護に関する研究

スマートフォンやタブレット型端末に代表されるモバイルデバイスが広く普及し、何時でも何処でも仕事や買い物など様々な活動を行う事が可能となっている。一方で、モバイルデバイスの紛失や盗難による情報漏洩も定期的に発生しており、保存されたデータの機密性や量によっては大きな社会的問題に発展してしまう。そこでデータ保護のためにシンクライアントの導入や他のデバイスを利用した2要素認証など様々な手法が提案されている。しかし既存手法の多くはインターネットアクセスを前提としており、また鍵となるパスワードやデバイスも併せて窃盗されるとモバイルデバイスに存在するデータにアクセス可能となってしまう。本研究では位置情報を利用し、ディスクのマウント状態やアクセス権を制御するファイルシステムを提案した。位置情報の表現としてZ-orderingに基づく論理空間を利用することで、広域から狭域まで矩形範囲を1次元の数値として扱うことが出来、実装にも活かされている[4]。また初期の設計を発展させ、複数箇所で行える様に改良を施した[2]。加えて提案手法をVPNに認証に組み込む研究も行った[3]。

#### 仮想化基盤に関する研究

他には拡張性に優れた小規模な仮想化基盤を構築し、仮想化基盤上で多くのサービスを運用可能な環境構築手法をまとめた[5]。近年 Slack, Github, Dropbox といったクラウドサービスをチーム内の業務効率化を目的として導入する組織が増えている。機微な情報を業務で扱う組織であっても、これらのサービスクローンとして開発されているOSSをオンプレミスで導入することで、機密データを組織内部で管理しつつほぼ同等のサービス環境を導入することが可能である。しかし、これらのOSSサービスを内部構築して適切に管理するために必要な運用負担は大きい。そこで、運用コストの問題を解決する一つのアプローチとして外部からのアクセスの一元化、認証サービスの一元化、サービス管理技術の一元化の3点を軸とした基盤環境構築に取り組んだ。

### 【査読付き学術論文】

- 1) Kimihiro Mizutani, Takeru Inoue, Toru Mano, Osamu Akashi, Satoshi Matsuura, and Kazutoshi Fujikawa, "Living Will for Resilient Structured Overlay Networks," IEICE Trans. Commun., April 2016.

#### **【査読付き国際会議・国内学会発表】**

- 1) Y. Jin, M. Tomoishi and S. Matsuura, "An In-Depth Concealed File System with GPS Authentication Adaptable for Multiple Locations," 2017 IEEE 41th Annual Computer Software and Applications Conference (COMPSAC), Torino, July 2017. (to be appeared)
- 2) Y. Jin, M. Tomoishi and S. Matsuura, "Enhancement of VPN Authentication Using GPS Information with Geo-Privacy Protection," 2016 25th International Conference on Computer Communication and Networks (ICCCN), Waikoloa, HI, August 2016.
- 3) Y. Jin, M. Tomoishi and S. Matsuura, "Design of a Concealed File System Adapted for Mobile Devices Based on GPS Information," 2016 IEEE 40th Annual Computer Software and Applications Conference (COMPSAC), Atlanta, GA, June 2016.

#### **【国内学会・ワークショップ・講演会等での発表】**

- 1) 森 健人, 松浦 知史, 金 勇, 友石 正彦. "オンプレミスで実現する業務効率化のための OSS 基盤環境構築", 研究報告インターネットと運用技術 (IOT) , Vol. 2016-IOT-35, No. 10, pp. 1-8, Sep. 2016.

【研究の概要と成果】

HPC を対象とした実行支援システムに関する研究

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。本研究ではユー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。

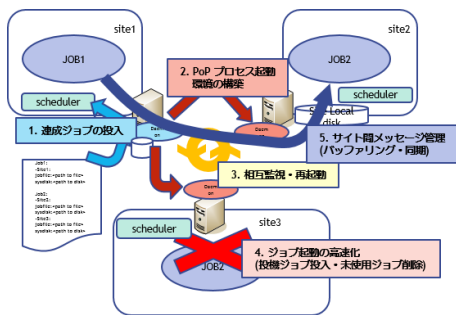


図 1. フレームワークの概要と機能

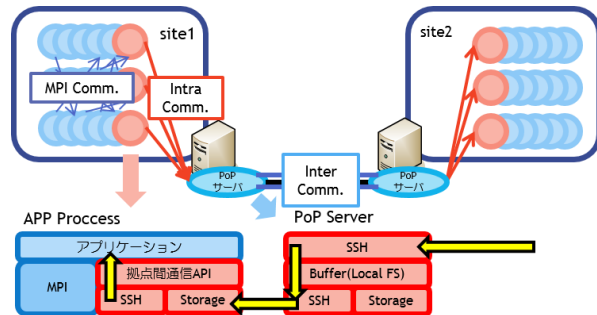


図 2. フレームワークの詳細設計

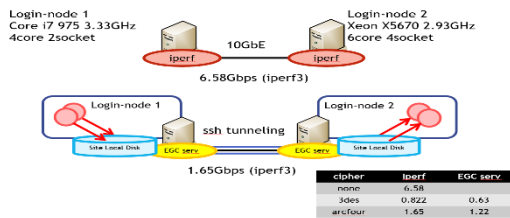


図 3. システムを用いた拠点間転送

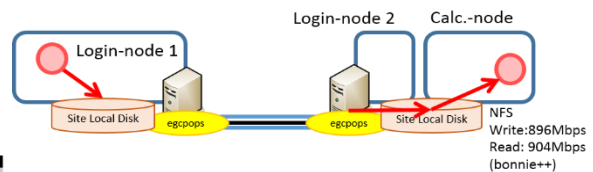


図 4. 共有ファイルシステムを介した通信

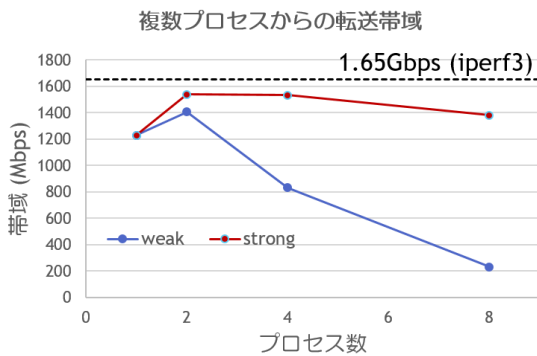


図 5. 図 3 環境における並列化性能

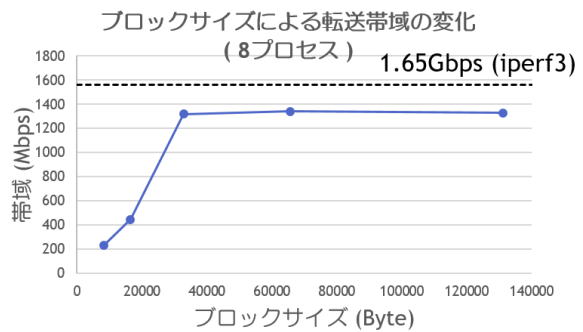


図 6. 図 3 環境におけるブロックサイズ変化

プロトタイプが完成し、開発・頒布サイト **Github** を用いた提供を開始した。また基礎性能の測定を行った。結果、SSH を利用することによる暗号化コストが大きいことが判明したが、転送ブロックサイズを大きくすることで、これを最大限隠蔽しおおよそシステムを用いない場合の 80% の性能で転送を行うことができた。

## 実ハードウェア故障に即した SDC の影響解析

計算規模の拡大により、アプリケーションが一見正常に終了したように見えるが、その結果は間違っているという SDC 障害が問題となっている。他の障害が明らかに現れるのに対し SDC は検知が難しいが、大規模化・省電力化からシステムの故障は今後さらに増加すると予想され、SDC をより詳しく解析し、非常に大きなコストがかかる検知・復旧が不必要な際には行われないようにする必要がある。本研究では、実ハードウェアを考慮した故障パターンを利用し、SDC のアプリケーションに対する影響を解析する。このためにハードウェア故障を再現できる故障発生器の設計を行った。

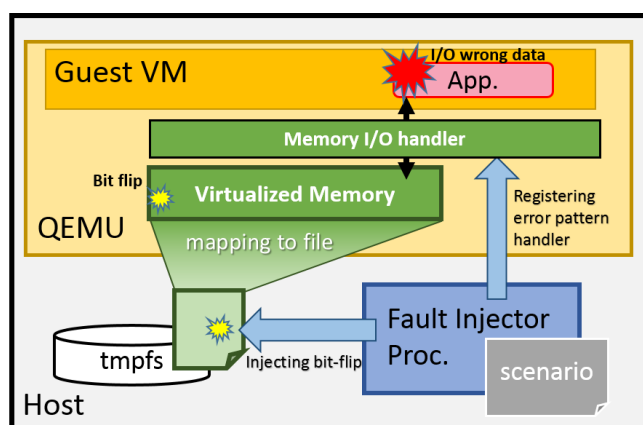


図 5. VM を利用した故障発生器

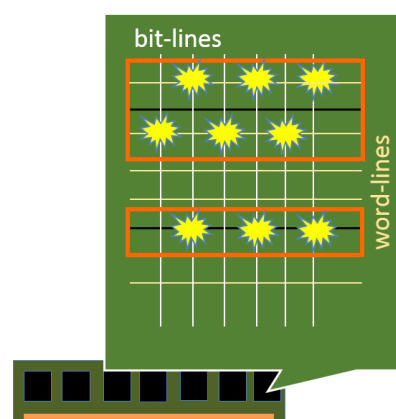


図 6. DRAM 故障パターン(上から row-hammer fault, retention fault)

昨年度実装した故障発生器の簡易実装では、メモリ書き込みに付随したイベントを実現するハンドラモジュールが実装されておらず、本年度はこれの実装を検討した。当初の予定では、QEMU のメモリ管理構造部分での仮想化を利用し、I/O に応じてイベントを行う予定だったが、KVM の利用が出来ず、システムの色度が非常に遅くなってしまうため、バイナリ変換による手法について検討を行っている。

## HPC におけるクラウド利用に関する研究

インタークラウドを活用したアプリケーション中心型オーバーレイクラウドの有効性を検証するための実証実験基盤の構築・運用を行うとともに、アプリケーションに適したインタークラウドを構築・運用するための知見を得る為、広域分散ファイルシステム環境の整備と、インタークラウド上でのデータ保存・アクセス方式に関する研究を行い、サイエンス

ビッグデータの効率的な保存とアクセス環境の整備を、NII、北大、九大、遺伝研と協調して行っている。本年度は、業者を交え、現実的な基盤構築を進めた。また、基盤上で実行されるアプリケーションや必要な評価について定例会を行いながら成果の共有を行っている。本年度はクラウド間のデータ転送を効率化するデータバッファ技術のオープン化をはじめ、Amazon Web Service(AWS) を利用した、実クラウドにおける並列計算の特質についての従来の HPC 資源との比較・検証結果を発表した。また、この比較検証は様々な環境を対象としており、現在の TSUBAME2.5, TSUBAME-KFC, AWS に加え、統数研の ICE-X, Microsoft Azure といった環境での比較も開始している。また、現在のパブリッククラウドにおける HPC への取り組みのサーベイも行っている。

#### 【査読付きポスター発表】

- 1) Shweta Salaria, Kevin Brown, Hideyuki Jitsumoto, Satoshi Matsuoka, Towards Understanding HPC-Big Data Convergence Using Cloud Platforms, The International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis(SC16), USA, Nov 2016 (採択率 65%)
- 2) Yuya Kobayashi, Hideyuki Jitsumoto, Akihiro Nomura, Satoshi Matsuoka, Evaluating tolerance of applications against realistic DRAM faults, ACM Symposium on High-Performance Parallel and Distributed Computing (HPDC'16), Kyoto, May 2016. (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) 實本 英之, “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”, 学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点第 8 回 シンポジウム, Jul 2016
- 2) 小林 佑矢, 實本 英之, 野村 哲弘, 松岡 聡, 仮想マシンエミュレータを用いた特定故障パターン発生時におけるアプリケーションの誤差の評価, 第 155 回ハイパフォーマンスコンピューティング研究発表会 (HPC-155), SWoPP2016, Aug 2016
- 3) Shweta Salaria, Kevin Brown, Hideyuki Jitsumoto, Satoshi Matsuoka, Towards Understanding HPC-Big Data Convergence Using Cloud Platforms, 第 155 回ハイパフォーマンスコンピューティング研究発表会 (HPC-155), SWoPP2016, Aug 2016

## 特任助教 金 勇 (認証・ネットワーク分野)

### 【研究の概要と成果】

#### DNSSECの電子署名検証をリゾルバ分散により端末で高速・安全に実現する研究

DNS(Domain Name System)はインターネットにおいて欠かせない名前解決システムになっているが、DNSを悪用したセキュリティ脅威が高まりつつあり、その対策の一環としてDNSSEC(DNS Security Extensions)が提案されている。しかし、DNSフルリゾルバの負荷とDNSトラフィックの増加問題で導入がなかなか進んでない。また、DNSSECでの対策範囲は権威サーバとフルリゾルバ間であり、端末までは考慮してない。そこで本研究では、端末でのDNSSECにおける電子署名検証と利用するフルリゾルバの分散による安全かつ効率的な名前解決機構の確立を目的とする。具体的には、まず端末によるDNSSEC署名検証の負荷を調査して本研究計画の実現性を確認し、端末へのDNSSEC署名検証機能を追加した。それから、ローカル環境で機能評価を行い、その成果を国内研究会、国際会議及び論文誌に発表した。

#### 位置情報を用いたモバイルデバイスの安全性向上に関する研究

近年、モバイルデバイス上に保存されていた個人情報や機密データが侵入や物理的に盗まれることにより流出される事件が増えている。既存手法としてデータの暗号化やシンクライアントの利用が挙げられるが、暗号化のための高い管理コストや低い利便性またインターネットに繋がらない環境などの問題があり、実運用への利用が広がってない問題がある。そこで本研究では、位置情報を活用して指定した領域内ではしかマウントできないファイルシステムを構築することで既存の問題を解決する。具体的には、インターネットに繋がらない環境においても位置情報を認証情報として利用し、指定した領域以外の場所ではモバイルデバイスが自動的にファイルシステムを隠す或いは削除する方式を提案した。それから、ローカル環境での評価実験を行い国際会議で成果を発表した。

### 【査読付き学術論文】

- 1) Yong Jin, Kunitaka Kakoi, Nariyoshi Yamai, Naoya Kitagawa and Masahiko Tomoishi, "A Client Based DNSSEC Validation System with Adaptive Alert Mechanism Considering Minimal Client Timeout," IEICE Transactions on Information and Systems, Special Section on Information and Communication System Security, (Accepted and to be appeared in August,2017.)

### 【査読付き国際会議・国内学会発表】

- 1) Y. Jin, M. Tomoishi and S. Matsuura, "An In-Depth Concealed File System with GPS Authentication Adaptable for Multiple Locations," 2017 IEEE 41th Annual Computer Software and Applications Conference (COMPSAC), Torino, July 2017. (査読有) (to be appeared)

- 2) Y. Jin, M. Tomoishi and N. Yamai, "An advanced client based DNSSEC validation and preliminary evaluations toward realization," 2016 International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC), Jeju, October 2016, pp.178-183. (査読有)
- 3) Y. Jin, M. Tomoishi and S. Matsuura, "Enhancement of VPN Authentication Using GPS Information with Geo-Privacy Protection," 2016 25th International Conference on Computer Communication and Networks (ICCCN), Waikoloa, HI, August 2016, pp.1-6. (査読有)
- 4) Tomokazu Otsuka, Nariyoshi Yamai, Kiyohiko Okayama, Yong Jin, Hiroya Ikarashi, Naoya Kitagawa, "Design and Implementation of Proactive Firewall System in Cooperation with DNS and SDN," The 31st International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications (ITC-CSCC 2016), Okinawa, Japan, July 2016, pp.25-28. (査読有)
- 5) Y. Jin, K. Fujikawa, H. Harai and M. Ohta, "Design and Implementation of Secure Prefetch Mechanism for Multi-step Name Resolution in DNS," 2016 IEEE 40th Annual Computer Software and Applications Conference (COMPSAC), Atlanta, GA, June 2016, pp. 2-7. (査読有)
- 6) Y. Jin, M. Tomoishi and S. Matsuura, "Design of a Concealed File System Adapted for Mobile Devices Based on GPS Information," 2016 IEEE 40th Annual Computer Software and Applications Conference (COMPSAC), Atlanta, GA, June 2016, pp. 459-464. (査読有)
- 7) K. Kakoi, Y. Jin, N. Yamai, N. Kitagawa and M. Tomoishi, "Design and Implementation of a Client Based DNSSEC Validation and Alert System," 2016 IEEE 40th Annual Computer Software and Applications Conference (COMPSAC), Atlanta, GA, June 2016, pp.8-13. (査読有)

#### 【国内学会・ワークショップ・講演会等での発表】

- 1) 中村将也, 梶邦雄, 金勇, 山井成良, 北川直哉, 友石正彦: マルチプロセス DNSSEC 検証システムのマルチスレッド化によるキャッシュ機能有効化, 情報処理学会インターネットと運用技術研究会研究報告, 2017-IOT-36, pp.1-6, 2017年3月. (査読無)
- 2) 森健人, 松浦知史, 金勇, 友石正彦: オンプレミスで実現する業務効率化のための OSS 基盤環境構築, 情報処理学会インターネットと運用技術研究会研究報告, 2016-SPT-20, pp.1-8, 2016年9月. (査読無)
- 3) 梶邦雄, 金勇, 山井成良, 北川直哉, 友石正彦: 端末上で動作する DNSSEC 検証及び警告システムの設計と実装, 情報処理学会インターネットと運用技術研究会研究報告, No.2016-IOT-33, pp.1-8, 2016年5月. (査読無)

## 7-2 先端研究部門

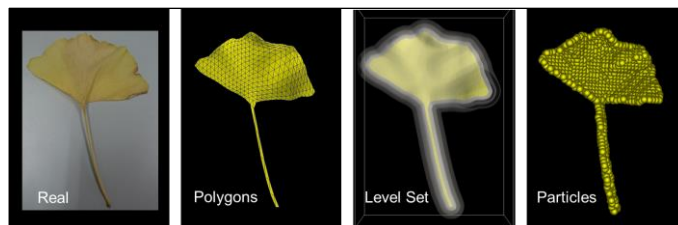
### 教授 青木 尊之 (高性能計算先端応用分野)

#### 【研究の概要と成果】

#### 多数のイチョウの葉が舞い落ちるシミュレーション

固気混相流解析において、固体と気体との相互作用を直接計算することにより高レイノルズ数流れや非球形の複雑形状の固体粒子を扱うことができ、大きな発展が期待できる。一方、固体粒子サイズより十分細かい計算格子で気体の流体運動を計算する必要があり、これまでの混相流解析とは比較にならない。

固気混相流の大規模シミュレーションの例として、舞い落ちるイチョウの葉の解析を行った。実際のイチョウの葉から3次元のポリゴンデータを作成し、ポリゴンデータを符号付きのレベルセット関数に変換する。イチョウの葉の運動に合わせてレベルセット関数の座標変換を行い、流体計算には大規模計算に向けた格子ボルツマン法を用いる。レベルセット関数のゼロ等値面に球形粒子を配置することで、物体形状を表す粒子群データを作成し、イチョウの葉相互の衝突を計算する。



TSUBAME2.5の128台のGPUで $1024 \times 1024 \times 2048$ 格子を用い、512枚のイチョウの葉が舞い落ちる過程を計算した。回転しながら落下するイチョウの葉もあり、特徴的な現象を再現している。



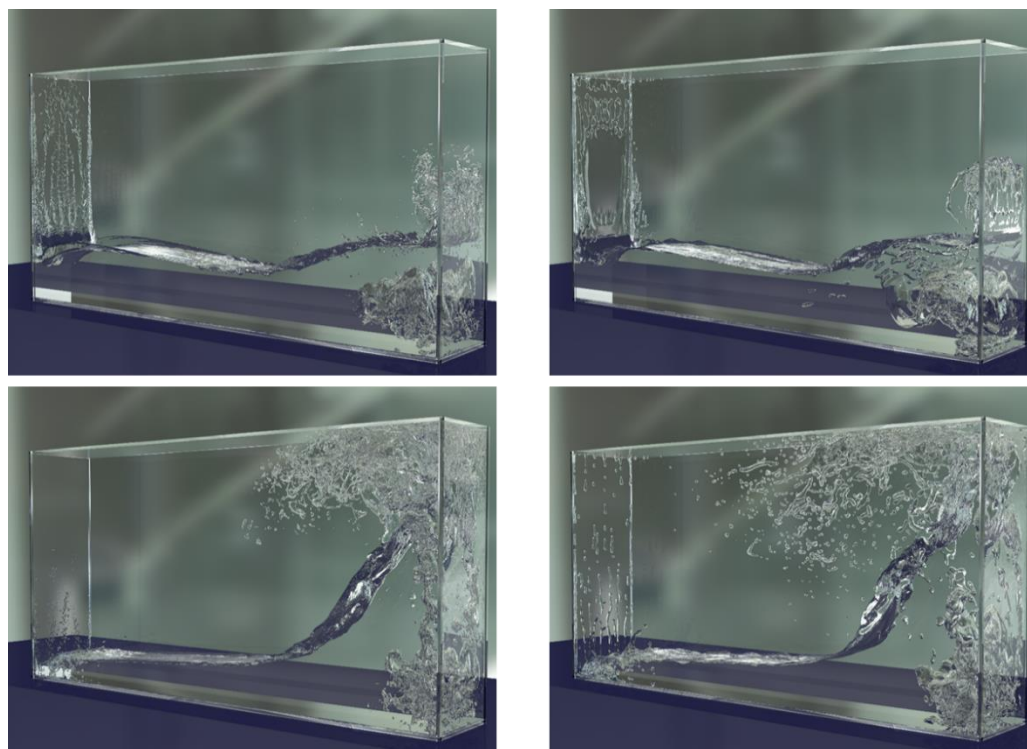
多数のイチョウの葉が舞い落ちる様子.



## 弱圧縮性流体計算手法による非圧縮性気液二相流シミュレーション

水と空気が入り混じるような非圧縮性の気液二相流の計算は、通常非圧縮性ナビエ・ストークス方程式と気液界面を記述するための識別変数の移流方程式を解くだけであるが、気体と液体の密度比が 1000 倍もあるため、圧力のポアソン方程式が導かれる疎行列計算が計算全体の大半を占めてしまう。さらに大規模計算では疎行列計算の収束性が低下し、このままではエクサスケールの非圧縮性気液二相流シミュレーションは絶望的と言える。

そこで、圧力のポアソン方程式を解かない非圧縮性気液二相流解析を目指し、圧縮性ナビエ・ストークス方程式を陽解法で解く方法を開発する。圧縮性のナビエ・ストークス方程式は非圧縮領域（低マッハ数領域）の流体现象をカバーするが、非圧縮性領域では音速が流速より圧倒的に大きく、陽解法の時間積分の刻み幅は音速で決まり音波の伝播が支配的となる。そこで、圧縮性ナビエ・ストークス方程式に対して、粘性項を含まないオイラー方程式、粘性項、表面張力項、重力項にファラクショナル・ステップ法で分離し、空間次元に対しても方向分離法を導入する。これらにより、1次元のオイラー方程式を特性線に沿って時間積分することができるようになり、計算安定性、計算精度、計算効率の全ての観点で優れているセミ・ラグランジュ法による時間積分を行うことができるようになる。これらと気液界面を捕獲するための保存形フェーズフィールド法とカップリングさせることにより、完全な陽的時間積分により気液二相流を効率的に計算できるようになる。TSUBAME2.5 の複数台を使い、 $1152 \times 192 \times 576$  格子を用いて濡れた床へのダムブレイクの浸水の計算を実行した。

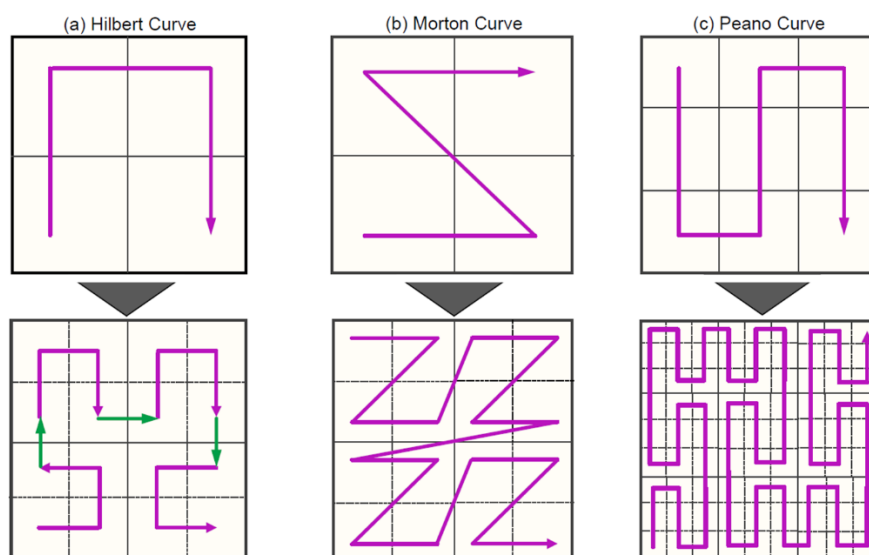


同じ計算条件で、左側がポアソン方程式を計算して半陰解法で解いた結果であり、右側が

圧縮性のナビエ・ストークス方程式を弱圧縮性流体の陽解法で解いた計算結果である。細かいスプラッシュや壁面の濡れ具合は若干異なるが、非常に良い一致が得られている。

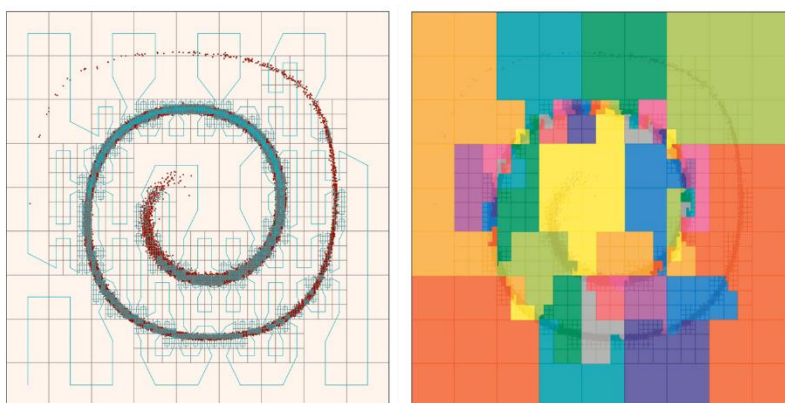
### 空間充填曲線による動的負荷分散を用いた大規模粒子法シミュレーション

個別要素法 (Discrete Element Method: DEM) による粉体計算や SPH (Smoothed Particle Hydrodynamics) による流体計算などの粒子計算は粒子間の近接相互作用に基づいて計算されており、並列計算を行うには領域分割を行うしか効率的に計算する方法はない。さらに粒子分布は時間・空間的に激しく変化するため、動的な領域分割を行う必要がある。領域内の粒子数が同じであれば、ほぼ各両機の計算負荷は同じになる。GPU 計算などの場合、デバイス・メモリの容量が限られているため、計算負荷よりもメモリ消費量を均一にすることの方が深刻であると言える。これまで、スライスグリッド法による領域分割を行ってきたが、並列計算の規模が大きくなるにつれて分割された領域形状のアスペクト比が大きく (長細く) なり、粒子が領域境界を横切る頻度が高くなるため領域間通信のデータ量が増えてスケーラビリティが悪化することが明らかになった。そこで、新たに計算空間をセルに分割し、そのセル内の粒子数がある一定数以下になるまで木構造アルゴリズムに従って再帰的に分割を繰り返すことにする。そのセルの粒子数を数えながら空間充填曲線で辿って行き、各計算領域が計算する粒子数に達した時点で空間充填曲線を切断する。空間充填曲線の線分が占めている範囲を1つのプロセッサ (GPU) が担当する計算領域とすることができる。3次元空間の1次元空間 (またはメモリ空間) へのマッピングと考えることができる。



代表的な空間充填曲線であるヒルベルト曲線、モートン曲線、ペアノ曲線を用いて木構造に基づいて粒子分布に合わせて細分化されたセルを領域分化した。粉体の実計算に空間充填曲線による動的負荷分散を適用し、スライスグリッド法と比較してスケーラビリティを大きく改善することができた。3種類の中でもヒルベルト曲線とペアノ曲線は自身の曲線どろろしが交わらないため分割領域が局所的になり、モートン曲線よりもスケーラビリティが

良いことが明らかになった。



ゴルフのバンカーショット・シミュレーションを、動的負荷分散により 1,670 万粒子を用いて計算した結果を示す。



#### 【査読付き学術論文】

- 1) T. Takaki, M. Ohno, Y. Shibuta, S. Sakane, T. Shimokawabe, T. Aoki: Two-dimensional phase-field study of competitive grain growth during directional solidification of polycrystalline binary alloy, *Journal of Crystal Growth*, Vol. 442, P14–24, May 15, 2016
- 2) 渡辺勢也、青木尊之、都築怜理: GPU を用いた個別要素法による粉体シミュレーションに対するメモリ使用量を抑えた高速化手法, *日本計算工学会論文集*, No.20160013, Vol 2016, 2016年5月27日
- 3) 長谷川雄太、青木尊之: Octree 型 AMR を導入した格子ボルツマン法の C++テンプレートを用いたカーネル生成による GPU 計算の高速化, *情報処理学会論文誌 コンピューティングシステム(ACS)*, Vol. 9, No. 2, P34-45, 2016年7月14日

- 4) T. Takaki, S. Sakane, M. Ohno, Y. Shibuta, T. Shimokawabe, T. Aoki: Large-scale Phase-field Studies of Three-dimensional Dendrite Competitive Growth at the Converging Grain Boundary during Directional Solidification of a Bicrystal Binary Alloy, *ISIJ International*, Vol.56 (2016), No.8, P1427–1435, August 31, 2016
- 5) T. Takaki, S. Sakane, M. Ohno, Y. Shibuta, T. Shimokawabe, T. Aoki: Primary arm array during directional solidification of a single-crystal binary alloy: Large-scale phase-field study, *Acta Materialia*, Vol.118, P230–243, October 1, 2016
- 6) Naoyuki Onodera, Takayuki Aoki, Kensuke Yokoi: A fully conservative high-order upwind multi-moment method using moments in both upwind and downwind cells, *International Journal for Numerical Methods in Fluids*, Vol.82, P449–538, November 20, 2016
- 7) S. Sakane, T. Takaki, R. Rojas, M. Ohno, Y. Shibuta, T. Shimokawabe, T. Aoki: Multi-GPUs parallel computation of dendrite growth in forced convection using the phase-field-lattice Boltzmann model, *Journal of Crystal Growth*, November 25, 2016
- 8) 森口周二、太田勇真、高瀬慎介、寺田賢二郎、阿部慶太、青木尊之: 個別要素法を用いた大規模土砂流動実験の再現解析, *土木学会論文集 A2(応用力学)*, Vol. 72, 2016, No. 2, P449-457, 2017年1月29日
- 9) T. Takaki, R. Rojas, S. Sakane, M. Ohno, Y. Shibuta, T. Shimokawabe, T. Aoki: Phase-field-lattice Boltzmann studies for dendritic growth with natural convection, *Journal of Crystal Growth*, 2017 in press
- 10) S. Sakane, T. Takaki, R. Rojas, M. Ohno, Y. Shibuta, T. Shimokawabe, T. Aoki: Multi-GPUs parallel computation of dendrite growth in forced convection using the phase-field-lattice Boltzmann model, *Journal of Crystal Growth*, 2017 in press

#### 【解説】

- 1) 青木尊之: GPUを用いた超並列高速計算入門-IV-GPUスパコンによる大規模物理シミュレーション, *システム制御情報学会誌*, Vol.60 No.8, , 2016年8月15日
- 2) 青木尊之: GPUスパコンによる大規模LBM計算, *伝熱学会誌「伝熱」*, Vol.55, No.233, P22-28, 2016年10月1日

#### 【招待講演】

- 1) Takashi Shimokawabe: Large-scale GPU-based CFD Applications based on a High-productivity Stencil Framework, *Parallel CFD 2016*, Kobe, May 10, 2016
- 2) T. Takaki, M. Ohno, Y. Shibuta, S. Sakane, T. Shimokawabe, T. Aoki: Large-scale 3D Phase-field Studies of Competitive Grain Growth during Directional Solidification, *The 4rd International Symposium on Cutting Edge of Computer Simulation of Solidification, Casting and Refining (CSSCR2016)*, Xian, China, May 11, 2016

- 3) Takayuki Aoki: Large-scale Complex Flow Simulations using Particle and Mesh Methods on a GPU supercomputer, WCCM XII & APCOM VI 2016, Seoul, Korea, July 25, 2016
- 4) T. Takaki, M. Ohno, Y. Shibuta, S. Sakane, T. Shimokawabe, T. Aoki: Large-scale phase-field simulations of dendrite growth using a GPU supercomputer, 9th Pacific Rim International Conference on Advanced Materials and Processing (PRICM9), Kyoto, August 5, 2016
- 5) 青木尊之: GPGPU による超並列計算 - GPGPU 高速化アルゴリズムと計算事例(流体計算, 樹枝状凝固成長など -, 鉄鋼協会 熱経済技術部会 技術検討会, 東京, 2016 年 8 月 30 日
- 6) T. Takaki, S. Sakane, M. Ohno, Y. Shibuta, T. Shimokawabe, T. Aoki: Large-Scale Phase-Field Computations of Dendrite Growth by GPU Supercomputer, USACM Conference on Isogeometric Analysis and Meshfree Methods, San Diego, USA, October 12, 2016
- 7) 青木尊之: GPU スパコンによる大規模粒子法・格子法シミュレーション, RIMS 研究集会 現象解明に向けた数値解析学の新展開 II, 京都, 2016 年 10 月 19 日
- 8) T. Takaki, M. Ohno, Y. Shibuta, S. Sakane, T. Shimokawabe, T. Aoki: Large-scale GPU computations of dendrite growth using phase-field method, IUMRS International Conference in Asia (IUMRS-ICA), Qingdao, China, October 20, 2016
- 9) Takashi Shimokawabe: Large-scale GPU Applications Based on a High-productivity Stencil Framework, Computational Sciences Workshop 2017, Kanagawa, March 6, 2017

#### 【査読付き国際会議発表】

- 1) M. Gestrich, S. Adami, T. Aoki, T. Indinger: Parallel Smoothed Particle Hydrodynamics on aGPU Supercomputer, Parallel CFD 2016, Kobe, May 10, 2016
- 2) S. Tsuzuki, T. Aoki: Large-Scale Particle-Based Simulations Using Dynamic Load Balance with Space Filling Curves on a GPU Supercomputer, Parallel CFD 2016, Kobe, May 10, 2016
- 3) U.-H. Wong, T. Aoki: Advanced GPU Direct-MPI Hybrid Framework with Block-Based Data Structure for Efficient CFD/MHD Simulations Using AMR on Multi-GPU Systems, Parallel CFD 2016, Kobe, May 11, 2016
- 4) S. Sakane, T. Takaki, M. Ohno, Y. Shibuta, T. Shimokawabe, T. Aoki: Multi-GPU Parallel Computation of Dendrite Solidification with Melt Convection Using Phase-Field-Lattice Boltzmann Model, Parallel CFD 2016, Kobe, May 12, 2016
- 5) Takashi Shimokawabe, Takayuki Aoki, Naoyuki Onodera High-productivity Framework for Large-scale GPU/CPU Stencil Applications, IHPCES/ICCS 2016, June 6, 2016
- 6) Satori Tsuzuki, Takayuki Aoki: Effective Dynamic Load Balance using Space-Filling Curves for Large-Scale SPH Simulations on GPU-rich Supercomputers, SC16, Salt Lake City, USA, November 14, 2016
- 7) Mohamed Wahib, Naoya Maruyama, Takayuki Aoki: Daino: A High-level Framework for Parallel and Efficient AMR on GPUs, SC16, Salt Lake City, USA, November 18, 2016

#### 【査読付きポスター発表】

- 1) Takashi Shimokawabe: Advanced High-productivity Framework for Large-scale GPU/CPU Stencil Computations, GTC 2016, San Jose, USA, April 4, 2016

#### 【査読なしポスター発表】

- 1) Takashi Shimokawabe, Toshio Endo, Naoyuki Onodera, Takayuki Aoki: Performance Evaluation of Wind Simulation Based on a GPU-computing Framework to Realize Large-scale Stencil Computations Beyond Device Memory Capacity, The 7th AICS International Symposium, Kobe, February 23, 2017

#### 【査読なし国際会議発表】

- 1) Michel Muller: Unified CPU+GPU Programming for the ASUCA Production Weather Model, GTC 2016, San Jose, USA, April 5, 2016
- 2) S. Watanabe, T. Aoki, Y. Hasegawa: Large-Scale Simulations for Fluid-particle System Using Multiple GPUs, Parallel CFD 2016, Kobe, May 10, 2016
- 3) S. Watanabe, T. Aoki, Y. Hasegawa: Large-scale Simulations for Fluidization using Coupled Lattice Boltzmann Method and Discrete Element Method on a GPU Supercomputer, ECCOMAS Congress 2016, Crete Island, Greece, June 7, 2016
- 4) Yuta Hasegawa, Takayuki Aoki, Hiromichi Kobayashi: Aerodynamics Study using Locally Mesh-refined Lattice Boltzmann Method for a GPU Computation, ECCOMAS Congress 2016, Crete Island, Greece, June 7, 2016  
torii Tsuzuki, Takayuki Aoki: Large-Scale Particle Simulations for Debris Flows Using Dynamic Load Balance with Space Filling Curves on a GPU-RICH Supercomputer, ECCOMAS Congress 2016, Crete Island, Greece, June 8, 2016
- 5) Takayuki Aoki CFD Applications Using Adaptive Mesh and Space-Filling Curves on a GPU Supercomputer, 2017 SIAM Conference on Computational Science and Engineering, Atlanta, USA, February 27, 2017

#### 【国内学会・ワークショップ・講演会等での発表】

- 1) 渡辺勢也、青木尊之、長谷川雄太: 非球形固体粒子と流体の直接相互作用による混相流の大規模シミュレーション, 粉体工学会 2016年度春季研究発表会, 京都, 2016年5月17日
- 2) 森口周二、太田勇真、高瀬慎介、寺田賢二郎、阿部慶太、青木尊之: 個別要素法を用いた大規模土砂流動実験の再現解析, 第19回応用力学シンポジウム, 札幌, 2016年5月21日
- 3) 坂根慎治、高木知弘、大野宗一、澁田靖、下川辺隆史、青木尊之: Phase-field法と格子ボルツマン法による柱状デンドライトの透過率評価法の構築, 日本計算工学会 第21回計算工学講演会, 新潟, 2016年5月31日
- 4) 森口周二、太田勇真、高瀬慎介、寺田賢二郎、阿部慶太、青木尊之: 個別要素法による実大規模土砂流動実験の再現解析, 日本計算工学会 第21回計算工学講演会, 新潟, 2016年5月31日

- 5) Satori Tsuzuki, Takayuki Aoki: Large-scale Debris Flow Simulations using Particle-based Method with Dynamic Load Balance on a GPU supercomputer, JSCES2016, Niigata, May 31, 2016
- 6) 渡辺勢也、青木尊之、長谷川雄太: 舞い落ちる多数のイチョウの葉のシミュレーション, 日本計算工学会 第 21 回計算工学講演会, 新潟, 2016 年 5 月 31 日
- 7) 下川辺隆史、遠藤敏夫、青木尊之: GPU デバイス・メモリを超える計算を可能とするためのステンシル計算フレームワークの拡張とその性能評価, 日本計算工学会 第 21 回計算工学講演会, 新潟, 2016 年 6 月 1 日
- 8) 長谷川雄太、青木尊之: 適合格子細分化法を導入した格子ボルツマン法の複数 GPU 計算, 日本計算工学会 第 21 回計算工学講演会, 新潟, 2016 年 6 月 1 日
- 9) Anna Brown, Takashi Shimokawab, Aoki Takayuki: A GPU implementation for high performance stencil calculations on an adaptively refined mesh, JSCES2016, Niigata, June 2, 2016
- 10) 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 II - 流体・構造連成計算への適用 -, 学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点第 7 回 シンポジウム, 東京, 2016 年 7 月 14 日
- 11) 青木尊之: 適合格子細分化格子を用いた格子ボルツマン法による非球形固体粒子との直接相互作用計算に基づいた大規模混相流シミュレーション, 学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点第 7 回 シンポジウム, 東京, 2016 年 7 月 14 日
- 12) 下川辺隆史: 高精細計算を実現する AMR 法フレームワークの構築, 学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点第 7 回 シンポジウム, 東京, 2016 年 7 月 14 日
- 13) 下川辺隆史: 大規模 GPU/CPU 計算に向けた高生産フレームワークの構築とこれを用いた都市気流計算コードの開発, 学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点第 7 回 シンポジウム, 東京, 2016 年 7 月 15 日
- 14) 青木尊之: GPU を用いた粒子法・格子法による大規模流体解析, 株式会社豊田中央研究所, 2016 年 7 月 19 日
- 15) 森口周二、太田勇真、高瀬慎介、寺田賢二郎、阿部慶太、青木尊之: 個別要素法による土砂流動解析の計算条件に関する一考察, 第 71 回土木学会年次学術講演会, 仙台, 2016 年 9 月 9 日
- 16) 長谷川雄太、青木尊之、小林宏充: 適合格子細分化法を導入した格子ボルツマン法の GPU 計算による自転車競技の空力解析, 日本機械学会第 29 回計算力学講演会(CMD2016), 名古屋, 2016 年 9 月 22 日
- 17) 黄遠雄、青木尊之、杉山暁洋: 爆風による破片飛散の大規模シミュレーション, 日本機械学会第 29 回計算力学講演会(CMD2016), 名古屋, 2016 年 9 月 22 日
- 18) 松下真太郎、青木尊之、高木知弘、相原慎太郎: 保存型 IDO 法を用いた Phase-Field 法による界面捕獲手法の検討, 日本機械学会第 29 回計算力学講演会(CMD2016), 名古屋, 2016 年 9 月 22 日

- 19) 渡辺勢也, 青木尊之, 長谷川雄太: LBM-DEM の直接相互作用計算による流動層の大規模シミュレーション, 日本機械学会第 29 回計算力学講演会(CMD2016),名古屋, 2016 年 9 月 23 日
- 20) 三好英輔, 高木知弘, 坂根慎治, 大野宗一, 澁田靖, 青木尊之: 大規模 multi-phase-field 計算に基づく理想粒成長過程の考察, 日本機械学会第 29 回計算力学講演会(CMD2016), 名古屋, 2016 年 9 月 23 日
- 21) 坂根慎治, 高木知弘, 大野宗一, 澁田靖, 下川辺隆史, 青木尊之: デンドライト沈降現象の phase-field 格子ボルツマンシミュレーション, 日本機械学会第 29 回計算力学講演会(CMD2016), 名古屋, 2016 年 9 月 23 日
- 22) Michael Gestrich, Takayuki Aoki, Stefan Adami, T Thomas Indinger: A large-scale SPH Two-Phase Flow Simulation using Multiple GPUs, 日本機械学会第29回計算力学講演会(CMD2016), Nagoya, September 23, 2016
- 23) 渡辺勢也, 青木尊之, 長谷川雄太: 流体-固体粒子間相互作用の直接計算による大規模流動化シミュレーション, 第 22 回流動化・粒子プロセッシングシンポジウム, 東京, 2016 年 12 月 8 日
- 24) 青木尊之: LBM の強み・弱みと GPU スパコンによる混相流シミュレーション, 第 26 回 LBM 研究会, 大阪, 2016 年 12 月 9 日
- 25) 渡辺勢也, 青木尊之, 長谷川雄太: 格子ボルツマン法による舞い落ちるイチョウの葉の大規模流体-構造連成シミュレーション, 第 30 回数値流体力学シンポジウム (CFD2016), 東京, 2016 年 12 月 12 日
- 26) 黄遠雄, 青木尊之, 杉山暁洋: A Large-scale Simulation for Blast wave-debris Interaction using a GPU Supercomputer, 第 30 回数値流体力学シンポジウム (CFD2016), 東京, 2016 年 12 月 12 日
- 27) 松下真太郎, 青木尊之: 弱圧縮性流体解析手法による気液二相流解析, 第 30 回数値流体力学シンポジウム (CFD2016), 東京, 2016 年 12 月 13 日
- 28) Michael Lahnert: Minimally-Invasive Integration of P4est in Espresso for Adaptive Lattice-Boltzman, CFD2016, Tokyo, December 14, 2016
- 29) 岩崎颯, 青木尊之, 渡辺勢也, 長谷川雄太: 格子ボルツマン法による魚のフリー・スイミングのシミュレーション, 第 30 回数値流体力学シンポジウム (CFD2016), 東京, 2016 年 12 月 15 日
- 30) 高木知弘, 坂根慎治, 大野宗一, 澁田靖, 下川辺隆史, 青木尊之: Phase-field 格子ボルツマン計算によるデンドライト一方向凝固組織に及ぼす自然対流の影響評価, 日本鉄鋼協会 第 173 回春季講演大会, 東京, 2017 年 3 月 15 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、アプリケーションを担当する複数の共同研究グループとのコ・デザインによるシステムソフトウェアの開発を加速し、ビッグデータと HPC 技術の統合を実現するためのアプリケーション・システムソフトウェアの具体化を行った。

大規模動的グラフ解析向けのグラフデータストア (DegAwareRHH) において、空間的局所性と逐次的局所性の高いハッシュテーブルと非同期型の分散メモリ環境でのコミュニケーションフレームワークを用いることで、高い動的グラフ構築性能を達成した。さらに、大規模動的グラフ彩色問題の実行時や次世代不揮発性メモリを想定した環境でも高い性能を確認した 16)。 反復解法の前処理である AMG 法やグラフ処理においては、用いられる疎行列疎行列積計算は、ランダムなメモリアクセスによって性能向上が困難であることに加え、出力される行列の非ゼロ要素配置が計算開始時には不明であるという特徴を持つ。GPU での高速化を目的とした既存のアルゴリズムでは、実際に出力行列に必要なメモリ使用量と比べて多大なメモリを要するため、小容量のデバイスメモリしか有さない GPU では適用可能な行列が制限されている。適切な場合分けとシェアードメモリの活用によってメモリの使用量を抑えることで広範な行列に対して適用可能であり、かつ更なる高性能化を実現する GPU での疎行列疎行列積計算手法を提案した。様々な特性を持つ 12 個の行列に対して Maxwell 世代 GPU にて性能評価を行い、既存の疎行列計算ライブラリから単精度で最大 4.77 倍、倍精度で最大 3.84 倍の性能向上を達成した。

階層的粒子法向けプログラミングフレームワーク Tapas の研究開発を行った。粒子法 (あるいは N 体問題・多体問題) は、宇宙シミュレーション、分子動力学、乱流解析、境界要素法、階層的行列など、古典的なものから新しいものまで広い応用範囲を持つ基礎的なアルゴリズムである。そして、その計算量を  $O(N^2)$  から  $O(N \log N)$  や  $O(N)$  へ下げるアルゴリズムが開発されている。しかし、これらのアルゴリズムの困難な点は、アルゴリズムが難解でありプログラミングが困難である点である。特に分散環境における高性能な実装を開発するのは難しく、さらに、アルゴリズムは木構造ベースとなりデータアクセスの特性が複雑であることから、実装の再利用とライブラリ化が進まず、一握りの研究者・実装者が独自の実装を開発し、コードの再利用性や生産性が低かった。Inspector・Executor モデルと呼ばれるプ

プログラムの構成パターンを利用することで、Barnes-Hut、FMM、SPH 等の複数の木構造ベースの N 体問題を C++言語で共通に記述できるフレームワークを開発した。

データインテンシブな EBD アプリケーションでは、ストレージへのアクセス速度が往々にしてボトルネックとなる。また、並列ファイルシステムやクラウドファイルシステムにおけるコンシステンシーモデルの違いがアプリケーションの挙動を変えてしまう可能性がある。そこで、これらの問題を解決するために計算ノードのローカルストレージを用いた階層型ファイルシステム CloudBB(Cloud-based Burst Buffer)を開発した。ローカルストレージを用いた高速化や、複数のメタデータサーバやファイル複製を用いることによる高い冗長性などの利点を持つファイルシステムを FUSE 経由で利用することにより、既存の EBD アプリケーションへの改変を行うことなく、シームレスに利用することができる。Amazon EC2/S3 環境下では、CloudBB を用いることにより、実アプリケーションにおいて 28.7%の性能向上と 94.7%のコスト削減を達成することができた。

また、並列ファイルシステムを経由したプロセス間通信を行うアプリケーションを対象に、ファイルシステムへのアクセスやそれ以外のネットワーク通信の通信路における競合についての調査を行った。典型的な I/O ワークロードにおいては、I/O による通信とそれ以外の通信の間の競合は無視できるほどに少ないことが分かってきている。

EBD ワークロードの資源スケジューリングに関しては、昨年度に開発したノード間における GPU 仮想化とマイグレーション技術 mrCUDA を用いることで、ローカル GPU の不足時にはリモート GPU を用いてジョブの実行密度を向上させつつ、ローカル GPU が利用可能になった際に GPU アプリケーションをマイグレーションすることにより、リモート通信コストを最小化するスケジューリングポリシーMRQ によってワークロードの高効率実行を実現した。MRQ を用いることで、通常の FCFS スケジューラに比べてジョブの平均待ち時間を 30%改善することができた(図 A-2)5)。また、複数プロセスを同一ノード上で実行する際の CPU 周波数最適化問題を、強化学習手法のひとつである Deep Q Network を用いて解くことにより、ワークロードの電力効率を改善することができることを示した。

## 社会インフラ映像処理のための高速・省資源深層学習アルゴリズム基盤

安全・安心なスマート社会の実現のために、映像処理の果たす役割は大きい。例えば、高度交通システムにおけるドライブレコーダー映像や、スマートシティのためのセキュリティシステムにおける監視カメラ映像の活用が不可欠である。近年、深層学習による画像処理が従来手法を凌駕する性能を発揮し、盛んに研究されている。その研究対象は、主に比較的小さいサイズの画像における代表的な物体の同定である。一方、ドライブレコーダーや監視カメラの映像から検出したい対象は、画面の片隅に写っている小さな物体や、遠くの人物の些細な動きである。現状の技術ではこれらを高速かつ高精度に検出することは難しい。さらに、環境変化や技術革新などの要因から、検出対象は時々刻々と変化していく。その変化に

速やかに対応できる学習システムが要求されている。

本研究では、これらの課題を解決するために、ドライブレコーダーや監視カメラの大量の高精細(HD)映像から、高性能かつ実時間の物体検出・異常検知を端末側で行うことを可能にする、高速・省メモリの深層学習・解析アルゴリズム基盤を構築することを目標とし、ノード間の通信処理を削減するための高並列アルゴリズムと資源スケジューリングによる全体最適化についての研究を行う。

学習アルゴリズムの性能モデル作成として、非同期の確率的最急降下法(SGD)を用いた CNN 学習フレームワーク SPRINT を対象とした性能モデルの作成を行った。非同期 SGD による学習では、一度のパラメータ更新で用いる学習データサンプル数(ミニバッチサイズ)および、計算したパラメータ更新量(コスト勾配)が実際にパラメータ更新に用いられるまでの遅延(staleness)といった指標が、学習の質(データ量あたりの認識精度向上量および収束時の認識精度)に強く影響することが知られているものの、これらの値は実行環境(演算速度・通信速度)や並列数、1 プロセス当たりのバッチサイズに応じて動的かつ確率的に変化するため、学習の質を保ったまま学習速度を向上させる実行条件の推定を行うことは困難であった。そこで、実行条件を入力に、実行速度だけではなくこれらの学習の質に対応するミニバッチサイズおよび staleness の確率分布をそれぞれ 5%, 9%, 19%で予測する性能モデルを開発した。

複数ノードにおける学習の実行において、通信にかかる時間は、ミニバッチサイズおよび staleness に大きく影響を与えるため、学習速度だけではなく、学習の質にも大きく影響を与える。そこで、通信時に用いられる浮動小数点数の精度を減らすことによって学習中の通信量を削減することを検討した。通信されるデータについて適切な正規化と指数部・仮数部のバランスの最適化を行うことで、浮動小数点数を 8 bit にまで切り詰めても認識精度を損なわない学習ができることが確かめられ、並列化した Caffe において、CaffeNet および GoogLeNet の 2 ノード 16GPU における学習を通常の 32 bit float を用いた場合に比べてそれぞれ 2.71 倍、2.19 倍高速化することができた。この成果を応用することで、同ノード数における学習の単なる高速化だけではなく、利用可能な並列数の向上によるさらなる学習性能向上も見込まれる。

## 機械学習の処理高速化に関する研究

本研究は松岡研究室と株式会社デンソーおよび株式会社デンソーアイティラボラトリの間で平成 27 年 10 月から継続的に結ばれている共同研究契約によるものである。

今年度は、デンソーアイティラボラトリが保有する機械学習プログラム SPRINT を対象とした性能モデルの確立と通信最適化(上記)に加えて、学習アルゴリズム側の工夫としてネステロフ加速勾配法を拡張し、非同期 SGD 法におけるパラメータ更新の staleness の問題を軽減するために、勾配計算時と適用時のパラメータ差分の変化を予測する方式の開発と

予備実験を行った。

### **次世代 HPC のソフト・ハードアーキテクチャと適用アプリに関する共同研究**

本研究は松岡研究室と株式会社富士通研究所の間で平成 28 年 10 月から平成 29 年 3 月にかけて結ばれた共同研究契約によるものである。本年度は共同研究の立ち上げに伴い、当研究室および富士通研究所が今まで研究してきたアセットについての情報交換を行い、次年度に向けての研究課題の選定を行った。

### **産総研・東工大 実社会ビッグデータ活用オープンイノベーションラボラトリーの立ち上げ**

2017 年 2 月に、東京工業大学と産業技術総合研究所の共同研究拠点として、「産総研・東工大 実社会ビッグデータ活用オープンイノベーションラボラトリ」(RWBC-OIL)が設立された。松岡は RWBC-OIL のラボ長を務めるとともに、本拠点の研究課題のひとつである課題 1 「ビッグデータ処理オープンプラットフォームの確立」において中心的役割を果たしている。当該課題の研究シーズは主に今まで研究開発してきたシステムソフトウェア・アプリケーション・ライブラリの蓄積であり、RWBC-OIL の設立によりこれらの研究が加速するとともに、ラボ内の他課題や産業界との協調により新たな利活用先となることが期待される。

#### **【査読付き学術論文】**

- 1) Aleksandr Drozd, Olaf Witkowski, Satoshi Matsuoka, Takashi Ikegami, "Critical Mass in the Emergence of Collective Intelligence: A Parallelized Simulation of Swarms in Noisy Environments", *Artificial Life and Robotics*, 2016/7/4, DOI: 10.1007/s10015-016-0303-8
- 2) Kun Qian, Jian Guo, Ken Ishida, Satoshi Matsuoka, "Fast Recognition of Bird Sounds Using Extreme Learning Machine", *IEEJ Transactions on Electronics, Information and Systems*, 2016/10/14, DOI: 10.1002/tee.22378
- 3) 野村哲弘、鈴木惣一郎、三上和徳、丸山直也、松岡聡, "アプリケーションからみた将来の HPCI システムへの要件の抽出のためのベンチマーク", *HPCI 利用研究成果集*, 2017/3/22, <http://www.hpci-office.jp/annex/resrep/?p=786>

#### **【査読付き国際会議・国内学会発表】**

- 1) Satoshi Matsuoka, Hideharu Amano, Kengo Nakajima, Koji Inoue, Tomohiro Kudoh, Naoya Maruyama, Kenjiro Taura, Takeshi Iwashita, Takahiro Katagiri, Toshihiro Hanawa, Toshio Endo, "From FLOPS to BYTES: Disruptive Change in High-Performance Computing towards the Post-Moore Era", *ACM Computing Frontiers 2016 (CF16)*, Como, Italy, 2016/5/16 (採択率不明)
- 2) Keita Iwabuchi, Roger Pearce, Brian Van Essen, Maya Gokhale, Satoshi Matsuoka, "Towards a Distributed Large-Scale Dynamic Graph Data Store", *Graph Algorithms Building Blocks (GABB'2016)*, Chicago, IL, USA, 2016/5/16, DOI: 10.1109/IPDPSW.2016.189 (採択率不明)

- 3) Jens Domke, Torsten Hoefler, Satoshi Matsuoka, "Routing on the Dependency Graph: An Inverse Approach to Deadlock-Free High-Performance Routing", HPDC'16, Kyoto, Japan, 2016/6/2 (採択率不明)
- 4) Yusuke Nagasaka, Akira Nukada, Satoshi Matsuoka, "Adaptive Multi-level Blocking Optimization for Sparse Matrix Vector Multiplication on GPU", INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTATIONAL SCIENCE (ICCS 2016), San Diego, California, U.S.A., 2016/6/6, DOI: 10.1016/j.procs.2016.05.304 (採択率不明)
- 5) Anna Gladkova, Aleksandr Drozd, Satoshi Matsuoka, "Analogy-based detection of morphological and semantic relations with word embeddings: what works and what doesn't.", NAACL 2016 student research workshop, San Diego, 2016/6/13, <http://www.aclweb.org/anthology/N16-2002> (採択率不明)
- 6) Pak Markthub, Akihiro Nomura, Satoshi Matsuoka, "Serving More GPU Jobs, with Low Penalty, using Remote GPU Execution and Migration", IEEE Cluster 2016, Taipei, Taiwan, 2016/9/13, DOI: 10.1109/CLUSTER.2016.36 (採択率不明)
- 7) Abdelhalim Amer, Satoshi Matsuoka, Miquel Pericas, Naoya Maruyama, Kenjiro Taura, Rio Yokota, and Pavan Balaji, "Scaling FMM with Data-Driven OpenMP Tasks on Multicore Architectures", IWOMP2016, Kyoto, Japan, 2016/10/5 (採択率不明)
- 8) Jian Guo, Kun Qian, Huijie Xu, Christoph Janott, Bjorn Schuller, Satoshi Matsuoka, "GPU-Based Fast Signal Processing for Large Amounts of Snore Sound Data", IEEE GCCE 2016, Kyoto, Japan, 2016/10/11, DOI: 10.1109/GCCE.2016.7800498 (採択率不明)
- 9) Yichao Wang, James Lin, Linjin Cai, William Tang, Stephane Ethier, Bei Wang, Simon See, Satoshi Matsuoka, "Porting and Optimizing GTC-P on Sunway TaihuLight Supercomputer with Sunway OpenACC", HPC China2016, Xi'an, China, 2016/10/25 (採択率不明)
- 10) Hamid Reza Zohouri, Naoya Maruyama, Aaron Smith, Motohiko Matsuda, Satoshi Matsuoka, "Evaluating and Optimizing OpenCL Kernels for High Performance Computing with FPGAs", SC16, Salt Lake City, UT, USA, 2016/11/13, <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=3014951> (採択率 18.3%)
- 11) Mateusz Bysiek, Aleksandr Drozd, Satoshi Matsuoka, "Migrating legacy Fortran to Python while retaining Fortran-level performance through transpilation and type hints", 6th PyHPC workshop @ SC16, Salt Lake City, USA, 2016/11/14, DOI: 10.1109/PyHPC.2016.006 (採択率不明)
- 12) Hitoshi Sato, Ryo Mizote, Satoshi Matsuoka, "Out-of-core Sorting Acceleration using GPU and Flash NVM", IEEE Big Data 2016 (Short Paper), Washington D.C., USA, 2016/12/5 (採択率 38.3%)
- 13) Yosuke Oyama, Akihiro Nomura, Ikuro Sato, Hiroki Nishimura, Yukimasa Tamatsu, Satoshi Matsuoka, "Predicting Statistics of Asynchronous SGD Parameters for a Large-Scale Distributed Deep Learning System on GPU Supercomputers", IEEE Big Data 2016, Washington D.C., USA, 2016/12/5, DOI: [doi.org/10.1109/BigData.2016.7840590](http://doi.org/10.1109/BigData.2016.7840590) (採択率 18.7%)
- 14) Koji Ueno, Naoya Maruyama, Toyotaro Suzumura, Satoshi Matsuoka, "Efficient Breadth-First Search on Massively Parallel and Distributed Memory Machines", IEEE Big Data 2016 (Short Paper), Washington D.C., USA, 2016/12/5 (採択率 38.3%)

- 15) Tetsuya Hoshino, Naoya Maruyama, Satoshi Matsuoka, "A Directive-based Data Layout Abstraction for Performance Portability of OpenACC Applications", IEEE HPCC 2016, Sydney, Australia, 2016/12/12 (採択率不明)
- 16) Tianqi Xu, Kento Sato, Satoshi Matsuoka, "CloudBB: Scalable I/O Accelerator for Shared Cloud Storage", ICPADS 2016, Wuhan, China, 2016/12/13, DOI: 10.1109/ICPADS.2016.0074 (採択率不明)
- 17) Keisuke Fukuda, Motohiko Matsuda, Naoya Maruyama, Rio Yokota, Kenjiro Taura, Satoshi Matsuoka, "Tapas: An Implicitly Parallel Programming Framework For Hierarchical N-body Algorithms", ICPADS 2016, Wuhan, China, 2016/12/13 (採択率不明)
- 18) Aleksandr Drozd, Anna Gladkova, Satoshi Matsuoka, "Word embeddings, analogies, and machine learning: beyond king - man + woman = queen", Coling 2016, Osaka, Japan, 2016/12/15, <https://www.aclweb.org/anthology/C/C16/C16-1332.pdf> (採択率 32.4%)

**【査読付きポスター発表】(採択率)**

- 1) Yusuke Nagasaka, "Fast Sparse Matrix Vector Multiplication with Highly-Compressed Sparse Format", GPU Technology Conference (GTC), San Jose, 2016/4/4 (採択率不明)
- 2) Pak Markthub, Akihiro Nomura, Satoshi Matsuoka, "Reducing Remote GPU Execution's Overhead with mrCUDA", GPU Technology Conference (GTC), San Jose, 2016/4/4 (採択率不明)
- 3) Keisuke Fukuda, Motohiko Matsuda, Naoya Maruyama, Rio Yokota, Kenjiro Taura and Satoshi Matsuoka, "Tapas: an implicitly parallel programming framework for hierarchical N-body algorithms", HPDC'16, Kyoto, 2016/6/2 (採択率不明)
- 4) Yosuke Oyama, Akihiro Nomura, Ikuro Sato, Hiroki Nishimura, Yukimasa Tamatsu, Satoshi Matsuoka, "Training Condition Conscious Performance Modeling of an Asynchronous Data-Parallel Deep Learning System", HPDC'16, Kyoto, 2016/6/2 (採択率不明)
- 5) Yuya Kobayashi, Hideyuki Jitsumoto, Akihiro Nomura, Satoshi Matsuoka, "Evaluating tolerance of applications against realistic DRAM faults", HPDC'16, Kyoto, 2016/6/2 (採択率不明)
- 6) Keita iwabuchi, Hitoshi Sato, Satoshi Matsuoka, "大規模グラフ処理ライブラリ ScaleGraph の out-of-core メモリ拡張", HPCS, 仙台, 2016/6/5 (採択率不明)
- 7) Anna Gladkova and Aleksandr Drozd, "King - man + woman = queen: the linguistics of “linguistic regularities”", DSALT: Distributional Semantics and Linguistic Theory, Bolzano-Bozen, Italy, 2016/8/15 (採択率不明)
- 8) Shweta Salaria, Kevin Brown, Hideyuki Jitsumoto, Satoshi Matsuoka, "Towards Understanding HPC-Big Data Convergence Using Cloud Platforms", SC16, Salt Lake City, USA, 2016/11/15 (採択率 65.1%)
- 9) Yusuke Nagasaka, Akira Nukada, Satoshi Matsuoka, "Fast Sparse General Matrix-Matrix Multiplication on GPU with Low Memory Usage", SC16, Salt Lake City, USA, 2016/11/15 (採択率 65.1%)

- 10) Keisuke Fukuda, Motohiko Matsuda, Naoya Maruyama, Rio Yokota, Kenjiro Taura and Satoshi Matsuoka, "Tapas: An Implicitly Parallel Programming Framework For Hierarchical N-body Algorithms", SC16, Salt Lake City, USA, 2016/11/15 (採択率 65.1%)

#### 【国内学会・ワークショップ・講演会等での発表】

- 1) 社本 秀之, 佐藤 仁, 松岡 聡, "GPU アクセラレータと不揮発性メモリを考慮した大規模分散ソート", 情報処理学会 第 154 回ハイパフォーマンスコンピューティング研究発表会, 横浜, 2016/4/25
- 2) 大山 洋介, 野村 哲弘, 佐藤 育郎, 西村 裕紀, 玉津 幸政, 松岡 聡, "学習条件を考慮した大規模非同期ディープラーニングシステムの性能モデリング", SWoPP2016, 松本, 2016/8/8
- 3) 小林 佑矢, 實本 英之, 野村 哲弘, 松岡 聡, "仮想マシンエミュレータを用いた特定故障パターン発生時におけるアプリケーションの誤差の評価", SWoPP2016, 松本, 2016/8/8
- 4) 松岡 聡, 天野 英晴, 中島 研吾, 井上 弘士, 工藤 知宏, 丸山 直也, 田浦 健次, 岩下 武史, 片桐 孝弘, 埴 敏博, 遠藤 敏夫, "ポストムーア時代における FLOPS から BYTES への変革", SWoPP2016, 松本, 2016/8/8
- 5) 佐藤仁, 溝手竜, 松岡聡, 小山宏高, "I/O 分割による遅延隠蔽を取り入れた Out-of-core な GPU Set Intersection の性能評価", SWoPP2016, 松本, 2016/8/8
- 6) Shweta Salaria, Kevin Brown, Hideyuki Jitsumoto, Satoshi Matsuoka, "Towards Understanding HPC-Big Data Convergence Using Cloud Platforms", SWoPP2016, 松本, 2016/8/8
- 7) 星野 哲也, 丸山 直也, 松岡 聡, "データレイアウト最適化指示文による OpenACC アプリケーションの高速化", SWoPP2016, 松本, 2016/8/8
- 8) 長坂 侑亮, 額田 彰, 松岡 聡, "メモリ使用量を抑えた疎行列疎行列積計算の GPU 高速化", 情報処理学会 第 156 回ハイパフォーマンスコンピューティング研究発表会, 小樽, 2016/9/15
- 9) 黒田 勝汰, 遠藤 敏夫, 松岡 聡, "ディレクティブによる時空間ブロッキングの自動適用", 情報処理学会 第 157 回ハイパフォーマンスコンピューティング研究発表会, 那覇, 2016/12/21
- 10) Mateusz Bysiek, Aleksandr Drozd, 松岡 聡, "Towards Making Legacy HPC Codes Maintainable: Two-Way Fortran-Python Transpilation with Python Type Hints (Unrefereed Workshop Manuscript)", 情報処理学会 第 157 回ハイパフォーマンスコンピューティング研究発表会, 那覇, 2016/12/21
- 11) 大山洋介, 野村哲弘, 佐藤育郎, 松岡聡, "ディープラーニングのデータ並列学習における少精度浮動小数点数を用いた通信量の削減", 情報処理学会 第 158 回ハイパフォーマンスコンピューティング研究発表会, 熱海, 2017/3/8
- 12) Kevin Brown, Nikhil Jain, Abhinav Bhatele, Alfredo Gimenez, Kathryn Mohror, Satoshi Matsuoka, Martin Schulz, "Assessing the Interference Between Internode Communication and Network I/O Traffic", 情報処理学会 第 158 回ハイパフォーマンスコンピューティング研究発表会, 熱海, 2017/3/8

- 13) Patricia Arroba, Jose M. Moya, Jose L. Ayala, Satoshi Matsuoka, "Evolutionary Power Modeling for Energy Efficiency in CPU-GPU based systems", 情報処理学会 第 158 回ハイパフォーマンスコンピューティング研究発表会, 熱海, 2017/3/8
- 14) 本山 義史, 遠藤 敏夫, 松岡 聡, 横田 理央, 福田 圭祐, 佐藤 育郎, "低ランク近似行列による CNN における畳み込み演算の最適化", 情報処理学会 第 158 回ハイパフォーマンスコンピューティング研究発表会, 熱海, 2017/3/8
- 15) 寺西 賢人, 野村 哲弘, 松岡 聡, "Deep Q-Network を用いての計算機の制御による電力最適化", 情報処理学会 第 158 回ハイパフォーマンスコンピューティング研究発表会, 熱海, 2017/3/8

#### 【招待講演】

- 1) Satoshi Matsuoka, "The Inevitable End of Moore's Law", EASC 2016: Exascale Applications and Software Conference, Norra Latin Conference Centre, Stockholm, Sweden, 2016/4/25
- 2) Satoshi Matsuoka, "From FLOPS to BYTES: disruptive change in high-performance computing towards the post-moore era", ACM International Conference on Computing Frontiers 2016 (CF16), The Como campus of Politecnico di Milano, Italy, 2016/5/17
- 3) Satoshi Matsuoka, "Will the inevitable end of Moore's law bring back classic vector machines, ... or not?", NEC User Group (NUG) Meeting 2016, 大阪大学サイバーメディアセンター, 2016/5/23
- 4) Satoshi Matsuoka, "Towards Convergence of Extreme Computing and Big Data Centers", The7th International Workshop on Data Intensive Distributed Computing (DIDC 2016) in conjunction with the 25th International Symposium on High Performance Distributed Computing (HPDC 2016), 京都市国際交流会館, 2016/6/1
- 5) Satoshi Matsuoka, "Japan Overview", The 4th Big Data and Exascale Computing (BDEC) workshop in Frankfurt, Hotel NH Frankfurt airport, Frankfurt, Germany, 2016/6/17
- 6) Satoshi Matsuoka, "From FLOPS to BYTES: Disruptive End of Moore's Law beyond Exascale", International Advanced Research Workshop on High Performance Computing, Grand Hotel San Michele, 2016/6/27
- 7) 松岡 聡, "トップスパコン TSUBAME における HPC とビッグデータ・AI の統合", 第 1 回 九州大学・東京工業大学・パナソニック合同ミニワークショップ, パナソニック (株) 先端研究本部 Wonder Lab Osaka, 2016/8/1
- 8) Satoshi Matsuoka, "Towards Convergence of Extreme Computing and Big Data Centers Towards The Post-Moore Era", NSCC Inaugural Signature Series, National Supercomputing Centre (NSCC) Singapore, 2016/7/29
- 9) Satoshi Matsuoka, "The inevitable end of Moore's Law will cause disruptive changes from FLOPS to BYTES", Workshop on Modeling & Simulation of Systems and Applications (ModSim 2016), The University of Washington Botanic Gardens, Center for Urban Horticulture, Seattle, WA USA, 2016/8/12



- 10) Satoshi Matsuoka, "Big Data and Post Moore are the Same Things", College of Computing, Georgia Institute of Technology, USA, 2016/8/30
- 11) Satoshi Matsuoka, "Keynote - Convergence of HPC, Big Data, and AI in Japan", Intel/SJTU ITOC-ML 2016 workshop, Xianheng Hotel, Shaoxin, China , 2016/9/24
- 12) Satoshi Matsuoka, "Keynote - Convergence of HPC, Big Data, and AI", Intel Vertical Summit 2016 (IVS), Chimelong Hengqin Bay Hotel, Zhuhai, China, 2016/10/21
- 13) Satoshi Matsuoka, "Keynote - Post-Moore Era: From FLOPS to BYTES and Implications to Programming", PADAL 2016, RIKEN Advanced Institute for Computational Science(AICS), Kobe, 2016/10/24
- 14) Satoshi Matsuoka, "Open HPC and Big Data / AI Infrastructure - Towards True Convergence", SOS 21Workshop, Kongress Hotel Davos, Switzerland, 2017/3/21

## 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

JICA 草の根技術協力事業草の根パートナー型プロジェクト「モンゴル における地方小学校教員の質の向上—地域性に即した ICT を活用した教材開発を通じて」の最終年度にあたる 2016 年は以下の活動を実施した。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 地区におけるモニタリングミッションに参加し、中心部および地方の学校訪問、地方政府教育専門家からの聞き取り調査を実施した。インパクト調査では、教員 1161 名、学校管理者 158 名を対象としたアンケート調査および、358 名を対象とした聞き取り調査を実施し、教員の ICT スキルと研修の実施状況、教員の能力、満足度、評価について、パイロット校における教材開発の現状など多岐にわたる方面からこうかについて分析した。また、バヤンホンゴル県（ゴビ地域）では、教員のインタラクティブ教材を 3 教科で開発・導入し、その有用性について分析している。本事業の成果については、UNESCO・JICA・GSIC 共催国際会議にて発表された（トピック記事参照）

#### 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、ドローンを活用したメコン川河岸の景観分析を実施し、世界遺産地域のコアエリア中心にメコン川 1.5km にわたり、環境の景観と、建造物を含めた景観の変化の両側面より分析を行なった。結果は、ルアンパバーン世界遺産保存局にてワークショップを開催し、現地の専門家・政府関係者が参加し、活発な意見交換が行なわれた。分析結果は、国際開発学会でも発表され、情報技術を活用した途上国における世界遺産保存の手法に注目が集まった。

### 【研究業績】

- 1) Yamaguchi, S., Yamamoto, Y., Ueno, A & Enomoto, N. School and Teaching Practice—Japan 2014 Case Study: Integrating Transversal Competencies in Education Policy and Practice (Phase II). National Education Systems and Policies in Asia-Pacific, Open Platform. 2016.
- 2) Yamaguchi, S. “Reform of Higher Education in Japan”, presented at Mongolian National University, Ulaanbaatar, Mongolia. May, 2016
- 3) Yamamoto, Y., Enomoto, N., & Yamaguchi, S., Policies and Practices of School Leadership in Japan: A case of Leadership Development Strategies in Akita. Journal of Educational Considerations. 43 (3). 27-36.

- 4) Yamamoto, Y., & Yamaguchi, S., A study on teacher's self-efficacy for promoting ICT integrated education in primary schools in Mongolia. *Journal of International Cooperation in Education*. 18 (2). 1-15
- 5) Poong, Y.S., Yamaguchi, S., and Takada, J. Investigating the drivers of mobile learning acceptance among young adults in the World Heritage town of Luang Prabang, Laos. *Information Development*. (in print)
- 6) Yu, H., Yamaguchi, S., and Takada, J. Application of Drone for Riverbank Landscape Monitoring in the World Heritage Site of Luang Prabang. Paper presented at the 27th Annual Conference of The Japan Society for International Development (JASID), Hiroshima University. November, 2016.
- 7) Yamamoto, Y., & Yamaguchi, S., A study on teacher's self-efficacy for promoting ICT integrated education in primary schools in Mongolia. Paper presented at the 27th Annual Conference of The Japan Society for International Development (JASID), Hiroshima University. November, 2016.
- 8) 山口しのぶ、「アジア・太平洋地域 10 ヶ国における「21 世紀型スキル」育成のための教育政策および実践について」、文部科学省スーパーグローバルハイスクール第二回連絡協議会、御茶ノ水女子大学、2016 年 12 月
- 9) Yamamoto, Y., Yamaguchi, S. A Study on Teacher's Self-efficacy for Promoting ICT Integrated Education: A Case of Primary Schools in Mongolia. Paper presented at 61st Annual Conference of Comparative and International Education Society, Atlanta, U.S. March, 2017.
- 10) Li, S., Luvsandash, O, Yamaguchi, S., and Takada, J. Study on interactive learning materials for teacher training in primary schools in Mongolia. Paper presented at 61st Annual Conference of Comparative and International Education Society, Atlanta, U.S. March, 2017.
- 11) Ohya, Y., Yamaguchi, S., Takada, J., and Luvsandash, O. Study on interactive learning materials for teacher training in primary schools in Mongolia. Paper presented at 61st Annual Conference of Comparative and International Education Society, Atlanta, U.S. March, 2017.

## 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)を成蹊大の研究グループと共に推進し、本年度は五年目となる。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。この問題のために、今後のアーキテクチャにおけるメモリ階層が深化していくことを前提とする。このとき、ソフトウェア側から小さく高速なメモリと、大きい低速なメモリのそれぞれの長所を活用することにより、科学技術計算の大規模化・高性能化できることを研究目的としている。その解決に向けて、アーキテクチャの特性を考慮するシステムソフトウェア・応用アルゴリズムの観点から研究に取り組んでいる。

- TSUBAME などの GPU スパコン上において、並列アプリケーションからメモリ階層を透過的に利用可能なライブラリである Hybrid Hierarchical RunTime (HHRT)を継続的に開発している。GPU デバイスメモリ・ホストメモリ・高速 Flash メモリの階層間でのスワップ機能により、計算機のホストメモリ容量をも超えるサイズのシミュレーションを可能とする。ただし SATA SSD のような中速デバイスではこの目的では不足であり、アクセス速度 1GB/s 超の NVMe 対応 m.2 SSD を用いる必要があることを示した。このとき、時間ブロッキングを組み入れた 7 点ステンシルベンチマークにおいて、配列サイズがホストメモリの 2 倍となるケースにおいて、スワップ不要の小規模実行の場合の 45%程度 の速度を達成した。また HHRT ライブラリについて、github 上での公開を行った。
- 現状の HHRT では三メモリ階層利用が可能となったが、その上のステンシル計算性能はより改良される必要があるため、それに向けた詳細な性能解析を行った。大きな原因は、多数プロセスを oversubscribe する HHRT において、MPI 通信などに内部的に用いられるホストメモリサイズがアプリケーションの実行、特にブロックサイズの増大を妨げることと分かった。これらの結果を IEEE Cluster 2016 会議で発表し、Best paper nominee(4 件)を獲得した。
- HHRT の応用を拡大し、その効果を実証するために、下川辺・青木らによるステンシル計算実行フレームワークとの統合を行った。この統合により、フレームワーク上で記述されたアプリケーションに対して、コードを変更することなく、時間ブロッキング・メモリ階層利用が可能とした。TSUBAME2.5 上で初期評価を行い、さらなる性能向上のための解析を行っている段階である。
- ステンシル計算などの局所性を向上させる時間ブロッキングの効果は広く実証され

ているが、既存アプリケーションに導入するには、ループ構造の大幅な変更を必要とし、一般的にプログラミングおよびブロックサイズなどのパラメータチューニングが困難である。これを松岡研究室との共同により、コンパイラレベルによるプログラム変換により、自動化するツールを開発した。本研究項目は CPU(メニーコア含む)向けである。コンパイラツールチェーンとして標準的な LLVM および、その中のループ変換最適化パスである Polly をベースとし、ディレクティブによるパラメータ記述やブロックサイズ記述を可能とする。Xeon および Xeon Phi 上の実験において、7点ステンシルベンチマークなどの大幅性能向上を達成した。実用的シミュレーションにおける完全自動変換はまだ困難であるものの、典型的なコードパターンに対する適用手法を複数指摘し、今後複雑なコードの自動変換に発展させていきたい。

- HHRT では MPI により並列化されたアプリケーションプログラムを対象としているが、その応用を拡大する研究の一環として、Flash SSD 階層に対応した Partitioned global address space (PGAS) ランタイムライブラリの研究開発を行っている。GlobalArrays および UPC++/GASNet をベースとし、片方向通信と階層活用を統合するプロトタイプを実装、国際ワークショップ ESPM2 などで発表した。
- これらの研究から得られた知見を、次期スーパーコンピュータ TSUBAME3.0 の設計へフィードバックすることを実現した。標準的で安価だがアクセス速度が数百 MB/s に限定される SATA や SAS SSD では、上記の通りに活用方法が限られる。2017 年 1 月末に開札・詳細仕様が決定した TSUBAME3.0 においては、全ノードそれぞれに、Read 2.6GB/s, Write 1.7GB/s, 容量 2TB の NVMe 対応高速 SSD が搭載されることとなった。

### スーパーコンピュータの省電力化に関する研究

現在および将来の大規模スーパーコンピュータの設計・運用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 GPU・メニーコアプロセッサを搭載した計算機アーキテクチャでは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。このような性質を考慮しつつ、電力効率向上とユーザの利便性向上という一見相反する目的の両立する研究開発を、額田特任准教授をはじめ TSUBAME 運用グループとして協同して行っている。成果は TSUBAME2 上の実際の運用に反映され、キャンパスの 10%弱の電力を必要とする TSUBAME2 の省電力化を継続的に実現してきた。なお研究開発活動の多くは文部科学省概算要求「スマートコミュニティ実現のためのスパコン・クラウド情報基盤のエネルギー最適化の研究推進」(H28 年度より)により支援されている。

TSUBAME2 ではすでに、夏季節電期間において、システム目標電力に合わせて計算ノードを動的に ON/OFF する機能を実現していた。さらに今年度はそれを改良し、ピーク電力削減だけでなく総エネルギー量の削減を目的として、未使用計算ノードの電源 OFF 機能を組み込んだ。OFF にされたノードはジョブキューの混雑具合により再び ON されるが、その際には既存機能である目標電力キャッピングも守られる。これらの改良を NEC と協同で

TSUBAME2 の実運用に組み込んだ。これを含む省電力・エネルギー運用の経緯について、国際的ワーキンググループである Energy Efficient HPC (EEHPC) working group に報告も行った。

#### 【査読付き国際会議・国内学会発表】

- 1) Satoshi Imamura, Keitaro Oka, Yuichiro Yasui, Yuichi Inadomi, Katsuki Fujisawa, Toshio Endo, Koji Ueno, Keiichiro Fukazawa, Nozomi Hata, Yuta Kakibuka, Koji Inoue, Takatsugu Ono. Evaluating the Impacts of Code-Level Performance Tunings on Power Efficiency. In Proceedings of IEEE International Conference on Big Data (BigData 2016), 6pages, Dec 2016.
- 2) Ryo Matsumiya, Toshio Endo. PGAS Communication Runtime for Extreme Large Data Computation. In Proceedings of Second International Workshop on Extreme Scale Programming Models and Middleware (ESPM2), in conjunction with IEEE/ACM SC16, 8pages, Saltlake City, November 18, 2016.
- 3) Toshio Endo. Realizing Out-of-Core Stencil Computations using Multi-Tier Memory Hierarchy on GPGPU Clusters. In Proceedings of IEEE Cluster Computing (CLUSTER2016), pp. 21-29, Taipei, Sep 2016. (採択率 24.1%)
- 4) Katsuki Fujisawa, Toyotaro Suzumura, Hitoshi Sato, Koji Ueno, Yuichiro Yasui, Keita Iwabuchi, Toshio Endo. Advanced Computing & Optimization Infrastructure for Extremely Large-Scale Graphs on Post Peta-Scale Supercomputers. Fujisawa, Katsuki, Shinano, Yuji, and Waki, Hayato (eds.), Optimization in the Real World - Toward Solving Real-World Optimization Problems -, Series of Mathematics for Industry, Springer, pp. 1-13, 2016.

#### 【査読付きポスター発表】

- 1) Takashi Shimokawabe, Toshio Endo, Naoyuki Onodera, Takayuki Aoki. Performance Evaluation of Wind Simulation Based on a GPU-computing Framework to Realize Large-scale Stencil Computations Beyond Device Memory Capacity. The 7th AICS International Symposium, Poster session, Kobe, Feb 2017.

#### 【査読なし国際会議発表】

- 1) Toshio Endo. Operating Experience with SSD and GPUs. Accelerated Data and Computing (ADAC) Workshop, Lugano, June 2016.

#### 【国内学会・ワークショップ・講演会等での発表】

- 1) 田邊 昇, 遠藤 敏夫. 疎行列系アプリケーション性能の主記憶遅延増加の影響評価 . 情報処理学会研究報告, 2017-HPC-158 No.15, 2017年3月9日.
- 2) 本山 義史, 遠藤 敏夫, 松岡 聡, 横田 理央, 福田 圭祐, 佐藤 育郎. 低ランク近似行列による CNN における畳み込み演算の最適化 . 情報処理学会研究報告, 2017-HPC-158 No.25, 2017年3月9日.

- 3) 佐藤幸紀, 幸朋矢, 遠藤敏夫. 透過的メモリ階層チューニングのための動的バイナリ変換機構の設計と開発 . 情報処理学会研究報告, 2016-ARC-216 No.35, 2017年1月25日.
- 4) 田邊 昇, 遠藤 敏夫. 中遅延大容量メモリ階層出現のインパクトと新たな対応に関する初期検討 . 情報処理学会研究報告, 2016-HPC-157 No.11, 2016年12月22日.
- 5) 黒田 勝汰, 遠藤 敏夫, 松岡 聡. ディレクティブによる時空間ブロッキングの自動適用 . 情報処理学会研究報告, 2016-HPC-157 No.18, 2016年12月22日.
- 6) 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, 「ポストペタスケール高性能計算に資するシステムソフトウェア技術の創出」研究領域 平成28年度公開ワークショップ, 東京, 2016年12月15日.
- 7) 遠藤敏夫. GDDR・DDR・Flashの多階層メモリを利用するランタイムライブラリと大規模ステンシルへの応用, 第2回メモリプラスワークショップ, 東京, 2016年8月31日.
- 8) 松宮 遼, 遠藤 敏夫. Flash SSDを含む多階層メモリを活用する PGAS ランタイムシステム . 並列/分散/協調処理に関するサマーワークショップ(SWoPP2016), 情報処理学会研究報告, 2016-HPC-155 No.31, 2016年8月9日.
- 9) 松岡 聡, 天野 英晴, 中島 研吾, 井上 弘士, 工藤 知宏, 丸山 直也, 田浦 健次朗, 岩下 武史, 片桐 孝洋, 塙敏博, 遠藤 敏夫. ポストムーア時代における FLOPS から BYTES への変革 . 並列/分散/協調処理に関するサマーワークショップ(SWoPP2016), 情報処理学会研究報告, 2016-HPC-155 No.32, 2016年8月10日.
- 10) 佐藤 真平, 佐藤 幸紀, 遠藤 敏夫. ステンシル計算コードの性能とメモリレイアウトの関係性について . 並列/分散/協調処理に関するサマーワークショップ(SWoPP2016), 情報処理学会研究報告, 2016-HPC-155 No.37, 2016年8月10日.
- 11) 下川辺 隆史, 遠藤 敏夫, 青木 尊之. GPU デバイスメモリを超える計算を可能とするためのステンシル計算フレームワークの拡張とその性能評価 . 日本計算工学会 第21回計算工学講演会, B-5-3, 新潟, 2016年6月1日.

#### 【招待講演】

- 1) [招待論文] Satoshi Matsuoka, Hideharu Amano, Kengo Nakajima, Koji Inoue, Tomohiro Kudoh, Naoya Maruyama, Kenjiro Taura, Takeshi Iwashita, Takahiro Katagiri, Toshihiro Hanawa, Toshio Endo. From FLOPS to BYTES: Disruptive Change in High-Performance Computing towards the Post-Moore Era. In proceedings of the ACM International Conference on Computing Frontiers (CF'16), pp. 274-281, May 2016.

【研究の概要と成果】

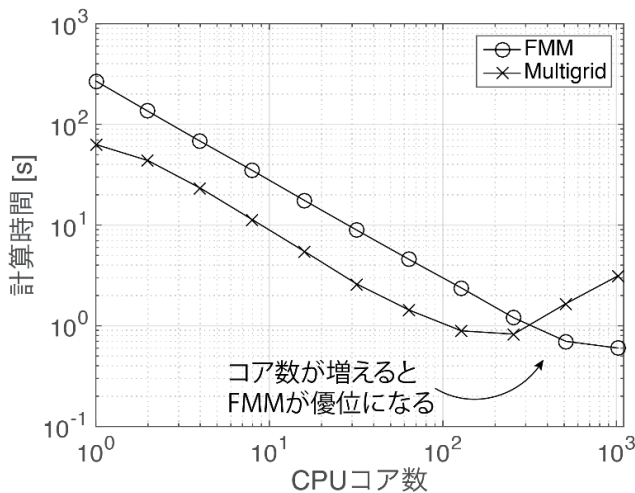
FMM と H 行列を組み合わせた大規模連立一次方程式の反復解法の前処理

大規模連立一次方程式の高速解法は流体、構造、電磁界、音響などの数値解析に幅は広く用いられており、最近ではベイズ推定やカーネル法による機械学習の分野でも盛んに用いられている。多くのアプリケーションでは計算時間の 9 割近くが連立一次方程式の解法に費やされるため、その部分を高速化する効果は大きい反面、大規模並列計算機上でその高速化を行うことは容易ではない。本研究では、連立一次方程式の反復解法に FMM とその代数学的拡張である H 行列を組み合わせた新たな前処理法を用いることで  $O(N)$  の計算時間でありながら次世代計算機で高い性能を発揮できるソルバの開発を目的とする。

連立一次方程式の解法は右図に示すような進化の過程を辿ってきた。直接法から反復法に移行することで演算量とメモリ消費量が大幅に低減され、前処理を行うことで少ない反復回数で収束できるようになる。また、前処理に multigrid 法を用いることで問題サイズに比例する  $O(N)$  の計算時間になる。H 行列は multigrid 法と同様  $O(N)$  の手法であるが演算密度と非同期性が高く、バンド幅律速の次世代計算機に向いている。ただし、H 行列は multigrid 法に比べてメモリ消費量が多くこれまで大規模計算に用いることは困難であった。本研究では、H 行列のメモリ消費量を抑えるために Fast Multipole Method (FMM) を用いることで、 $O(N)$ 、高演算密度、非同期、低メモリ消費の全ての長を有する連立一次方程式の解法を開発する。



FMM は FFT や共役勾配法などと並んで、20 世紀の 10 大アルゴリズムの一つに数えられており、当初は N 体問題の高速解法として提案されたが、1990 年代に Helmholtz 方程式、



Stokes 方程式へと拡張され流体、構造、電磁界、音響など数値解析に用いられるようになった。FMM に内在する並列性は高く、下図に示すように並列数が増えるにしたがって multigrid 法に対して優位になる傾向があるため、次世代の大規模計算機で広く用いられることが予想される。最近では FMM の代数学的拡張である H 行列、H2 行列、HSS 行列などが盛んに研究さ

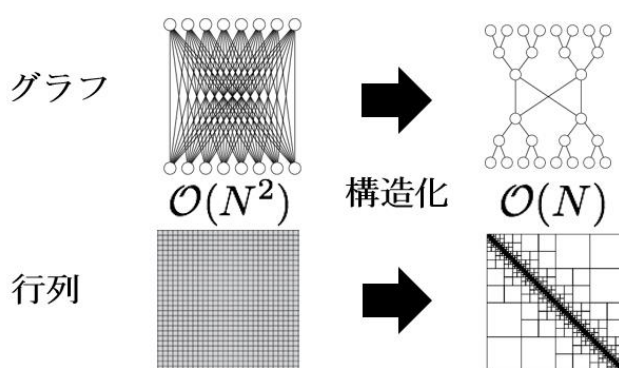


れている。2014~15 年にかけて関連する論文が急激に増えており、応用数学の分野で最も注目されている研究領域の一つである。しかし、国内からは H 行列に関する論文はほとんど出ておらず、当該研究領域の国際水準に大きく遅れをとっている。

### 低ランク近似による深層学習の高速化

本研究では単一ノードでの深層学習の高速化を行うために二つの手法の開発を行う。体ランク近似による深層学習の演算量低減と、GPU や FPGA を用いた低エネルギー消費・低コストな深層学習の実装である。

1 つ目の低ランク近似の概念図を右図に示す。これは深層学習で扱う密行列を  $O(N)$  のデータ量を持つ構造



化行列に変換するアルゴリズムである。これまで様々な行列の構造化手法が提案されてきたが、いずれの手法においても高次元のデータから生成される行列をより小さなランクをもつ行列に近似の際の圧縮率が悪い。高次元データに適した木構造を用い、構造化の方法を改良して深層学習における重み行列を低ランク行列で近似する。これにより深層学習における行列積の計算に要する演算量を 10 分の 1 に低減できる。

2 つ目の GPU・FPGA への実装については過去に CUDA で書かれた cuDNN による GPU への実装があるが、これは NVIDIA 社製の GPU でしか用いることができない。cuDNN に採用されている密行列積に落とし込むアルゴリズム自体は他社の GPU や FPGA 上でも有効であるため、より汎用的な言語である OpenCL でこのアルゴリズムを実装することで AMD 社製の GPU や Altera 社製の FPGA へと拡張する。そこで、我々は、このアルゴリズムをより汎用的な言語である OpenCL を用いて実装することで AMD 社製の GPU や Altera 社製の FPGA へと展開する。これにより、深層学習における電力効率を 4 分の 1 に、計算時間を 10 分の 1 に低減できる。行列構造化により演算量が低減すれば GPU・FPGA での加速率は多少下がるが、二つを合わせて約 50 倍程度の高速化は期待できる。これにより、低ランク近似と GPU・FPGA を組み合わせることで学習・評価にかかる時間を 50 分の 1 に低減するとともに電力効率を 20 分の 1 に低減する。また、OpenCL を用いることで NVIDIA 社製以外の GPU や CPU も用いることができるようになり、TSUBAME 以外の計算機環境でも利用が可能になる。また、成果として得られたツールは全てオープンソースとして公開する。

#### 【査読付き学術論文】

- 1) H. Ibeid, R. Yokota, J. Pestana, D. Keyes, Fast Multipole Preconditioners for Sparse Matrices Arising from Elliptic Equations, Computing and Visualization in Science, accepted.

- 2) R. Yokota, Communication Optimization of Distributed Memory FMM for Large Scale Boundary Element Methods, *Simulation*, Vol. 35, No. 3, pp. 23–29 (2016)
- 3) R. Yokota, Tradeoff between FMM and H2(HSS)-matrices, *Journal of the Japan Society for Computational Engineering and Science*, Vol. 21, No. 4, pp. 3498–3501 (2016)
- 4) J. E. Castrillon-Candas, M. G. Genton, R. Yokota, Multi-level Restricted Maximum Likelihood Covariance Estimation and Kriging for Large Non-gridded Spatial Datasets, *Spatial Statistics*, Vol. 18, pp. 105–124 (2016)
- 5) H. Ibeid, R. Yokota, D. Keyes, A Performance Model for the Communication in Fast Multipole Methods on HPC Platforms, *International Journal of High Performance Computing Applications*, Vol. 30, No. 4, pp. 423–437 (2016)

#### **【査読付き国際会議】**

- 1) R. Yokota, Improving Data Locality of Fast Multipole Methods, Third Workshop on Programming Abstractions for Data Locality, Kobe, Japan, 24-26 October, 2016.
- 2) H. Ibeid, R. Yokota, D. Keyes, A Matrix-Free Preconditioner for Elliptic Solvers Based on the Fast Multipole Method, SIAM Conference on Parallel Processing for Scientific Computing, Paris, France, 12-15 April, 2016.

#### **【招待講演】**

- 1) R. Yokota, A Common API for Fast Multipole Methods, Accelerate Data Analytics and Computing Workshop, Houston, USA, 14-15 January, 2016.

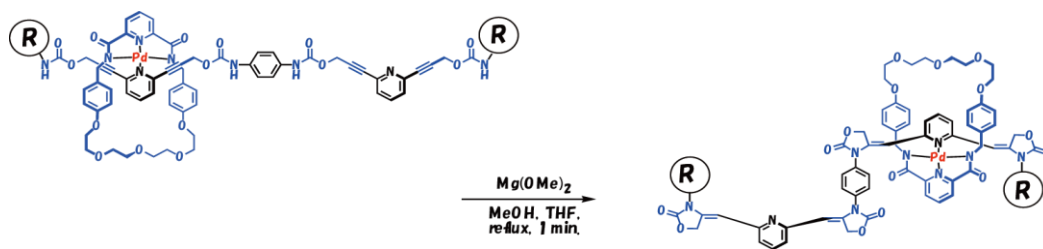
#### **【国内会議】**

- 1) R. Yokota, Fast Multipole Method Library for Multiple Architectures and its Application to Molecular and Fluid Simulations, 8th Symposium of the Joint Usage/Research Center for Interdisciplinary Large-scale Information Infrastructures, Tokyo, Japan, 14-15 July, 2016.
- 2) R. Yokota, Performance Portability of FMM, 21st Conference of Japan Computational Engineering Society, Niigata, Japan, 31 May - 2 June, 2016.

### 【研究の概要と成果】

#### 大規模分子軌道計算を活用した高分子反応での高機能触媒開発

現在の高度な合成技術をもってしても高分子の完全改変・修飾は極めて困難である。しかし、緩やかな束縛系を活用する内包型反応場を活用した高分子反応では完全な高分子構造改変が達成されており、従来の高分子反応や重合反応では合成できない新高分子、有用な高機能高分子の創製が可能であることが実験により確かめられている。そのような高機能高分子のうち、環状分子の内孔を棒状分子が貫通した構造を持つロタキサンは、当初はその構造的特徴が注目されたが、近年は効率的な合成法の確立によりさまざまな応用研究がなされている。環状分子が貫通する際に触媒機能を発揮する「インターロック触媒」は、高速高効率高分子反応として非常に注目されている。例えば、ポリアリルウレタン (PAU) を、パラジウム Pd を内孔に持つマクロサイクル触媒 (PdMC) で処理すると、ポリオキサゾリジノン (POZ) が定量的に得られる。この反応は速やかに 100% 転化率に達する高分子反応には類例のないものである。



**Scheme** マクロサイクル触媒によるポリアリルウレタンのポリオキサゾリジノンへの転化反応

このような環状分子が貫通する際に触媒機能を発揮する「インターロック触媒」のような緩やかな束縛状態にある高分子の動的反応機構を解明するために、高分子系における大規模分子軌道計算法の一つであるフラグメント分子軌道計算(FMO)法を用いた研究を進めている。今年度はその構成分子をターゲットとして FMO 法における計算を行った。これらの結果を元に、最終的には大規模分子軌道計算を駆使した FMO-MD シミュレーションを実施し、高分子の反応ダイナミクスを明らかにする予定である。なお本研究は、JST CREST 研究課題「緩やかな束縛反応場を活用する高分子の連続改変系の構築と革新的機能化」(研究代表者 東工大 高田十志和)の一部として行っている。

#### 【国内学会・ワークショップ・講演会等での発表】

- 1) 渡邊寿雄、川内進「高分子反応での高機能触媒開発へ向けた大規模分子軌道計算による予備的研究」日本コンピュータ化学会 2016 秋季年会, ポスター発表 2P07, 2016/10/23 島根大学
- 2) 渡邊 寿雄, 佐々木 淳, 松本 豊, 板倉 有希, 青木 尊之「TSUBAME2 における外部利用促進の取り組み」AXIES 大学 ICT 協議会 2016 年度年次大会, 2016/12/16 国立京都国際会館

## 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】

#### TSUBAME2.5 のより積極的な電力節約に関する研究

2011年3月11日の東日本大震災以降、国内での電力需要に関する見直しが各方面で行われ、その前年11月に稼働を開始したばかりのスパコン TSUBAME2.0 も例外ではなく、起動する計算ノード数を制限する運用を行った。スパコンの消費電力の見える化を進め、誰でも Web ページから消費電力を知ることができるようになり、また電力需要が高い平日の昼間のみ計算ノード数を制限するピークシフト運用を開始して計算資源提供量を確保してきた。2013年9月の TSUBAME2.5 へのアップグレードにより計算ノードの電力効率自体が大幅に向上したが、それと同時にパワーキャップ方式による電力制御に移行した。ピークシフト運用と同じ効果を得るために、起動する計算ノード数を固定値で減少させるのではなく、昼と夜で異なる電力の制限値を設定し、その制限値以下で動作するように起動する計算ノード数の調整を行う。計算ノードの消費電力はそこで実行されているジョブによって大きく変化するため、この動的な計算ノード数設定によってより利用可能な電力をぎりぎりまで活用可能となっている。

以上のような電力制御によって TSUBAME2.5 は夏季も十分な計算資源の提供が可能となっている。一方で、消費電力に無駄が残っているのも確かである。年度末の繁忙期であれば特に問題はないが、その他の閑散期（4月から11月まで）には利用率が低く、多くの計算ノードがジョブの実行されていない状態にある。アイドル状態の計算ノードは約 240W の電力を消費しており、GPU を使用しないジョブが実行されている場合の消費電力と大差ない。そこでこのような計算ノードをシャットダウンすることでさらに消費電力、すなわち電気料金を削減できると考えられる。このような運用をしているシステムは他にもあるが、TSUBAME のバッチキューの運用方式は複雑であるため、単純な制御では稼働率低下やジョブが流れない等の副作用を生じてしまうため9月から11月の間にバッチキューシステムの状態を注意深く監視しながら調整を行い、その後本運用に入った。

まず前述のパワーキャップ方式と共存する状態で動作するように設計した。キャップ値の80%を超える電力ではパワーキャップ方式に従い新規ジョブの実行開始の抑制等を行い、80%を下回る場合には余剰の計算ノードのシャットダウンを行うモードになる。バッチキューに実行開始待ち状態になっているジョブが無い時に計算ノードのシャットダウンを行う。このとき、全ての計算ノードを起動してもノード数不足や同時実行ジョブ数制限などにより実行を開始できないジョブについては考慮しない。一度シャットダウンした計算ノードは起動し利用可能になるまで約7分を要する。新規に投入されたジョブが必ず7分以上待つのではユーザへの影響が大きいため、常に各キューに一定数のアイドル状態のノードを残している。これにより閑散期に多数のノードを使用するジョブを投入する場合を除けばユーザの待ち時間増加は非常に限定的である。

TSUBAME2.5 のバッチキューは S, S96, G/V/U, L256/L512, H/X と多種にわたるが、ノード数が少ない S96, L256/L512 と予約キューである H は対象外とする。G キューと V/U キューは同じ計算ノードを仮想化で分割しているため、対応する仮想ノードがアイドルでなければノードをシャットダウンすることができない。また定額利用である V キューは同時実行数の制限をジョブスケジューラの外部で判定しているため、多数のジョブを投入した直後に一時的に起動ノード数が多く算出されることがある。残るのは S キューと予約されなかったノードが割り当てられる X キューである。現在のバッチキューシステムの実装では S キューにジョブが投げられたとき、翌日の朝 9 時まで完了し、その時点で X キューにノード数が確保可能であるという条件が満たされた場合 X キューでジョブが開始される。特に多数のノードを使用する比較的短時間のジョブがこの X キューを狙って投入される。このような多数のノードを使用するジョブが X キューに入れず S キューに入ってしまった場合にはこのジョブがスケジュールされる時刻の前にノードの利用率の著しい低下が起こることが知られている。このため本来は X キューに入れるはずにも関わらず計算ノードを停止しているために X キューに入り損ねるという事態は回避しなければならず、結論としては常に 256 ノード以上のアイドルノードは起動したままにするよう調整している。256 ノードを超えるようなジョブは予約キューである H を使うべきであるため考慮しない。一方で X キューに入らず S キューに入るジョブはノード数がそれほど多くなく、実行時間が長い。このようなジョブに関しては計算ノードを起動する待ち時間は大きな問題とならないため、S キューのアイドルノードは積極的にシャットダウンを行う。

このように各キューに合わせた調整を行い、実用に耐えるシステムが完成した。9 月から 11 月の間には平日は利用率が高く、土日は利用率が低く、今回の計算ノード制御の動作を確認することができた。12 月以降の繁忙期はほぼ計算ノードがシャットダウンされることはない。来年度の 4 月以降には本領を発揮することが期待される。

#### 【査読付き国際会議・国内学会発表】

- 1) Yusuke Nagasaka, Akira Nukada and Satoshi Matsuoka. “Adaptive Multi-level Blocking Optimization for Sparse Matrix Vector Multiplication on GPU”, *Procedia Computer Science, International Conference on Computational Science (ICCS 2016)*, Vol. 80, pp. 131-142, Elsevier, June 2016. (採択率 32%)

#### 【査読付きポスター発表】(採択率)

- 1) Yusuke Nagasaka, Akira Nukada and Satoshi Matsuoka. “Fast Sparse General Matrix-Matrix Multiplication on GPU with Low Memory Usage”, *International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage, and Analysis (SC16)*, research poster, Nov. 2016. (採択率 65.1%)

#### **【査読なし国際会議発表】**

- 1) Akira Nukada, “Transparent Checkpoint Technology for CUDA applications”, GPU Technology Conference 2016, Talk, April 2016.
- 2) Yusuke Nagasaka, Akira Nukada, Satoshi Matsuoka. “Fast Sparse Matrix Vector Multiplication with Highly-Compressed Sparse Format”, GPU Technology Conference 2016, poster, April 2016.
- 3) Yusuke Nagasaka, Akira Nukada and Satoshi Matsuoka. “Fast and Memory-saving SpGEMM Algorithm for New Pascal Generation GPU”, GPU Technology Conference 2017, poster, May 2017 (to appear).

#### **【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. 「メモリ使用量を抑えた疎行列疎行列積計算の GPU 高速化」, 情報処理学会研究報告, Vol. 2016-HPC-156, No. 16, 2016 年 9 月.

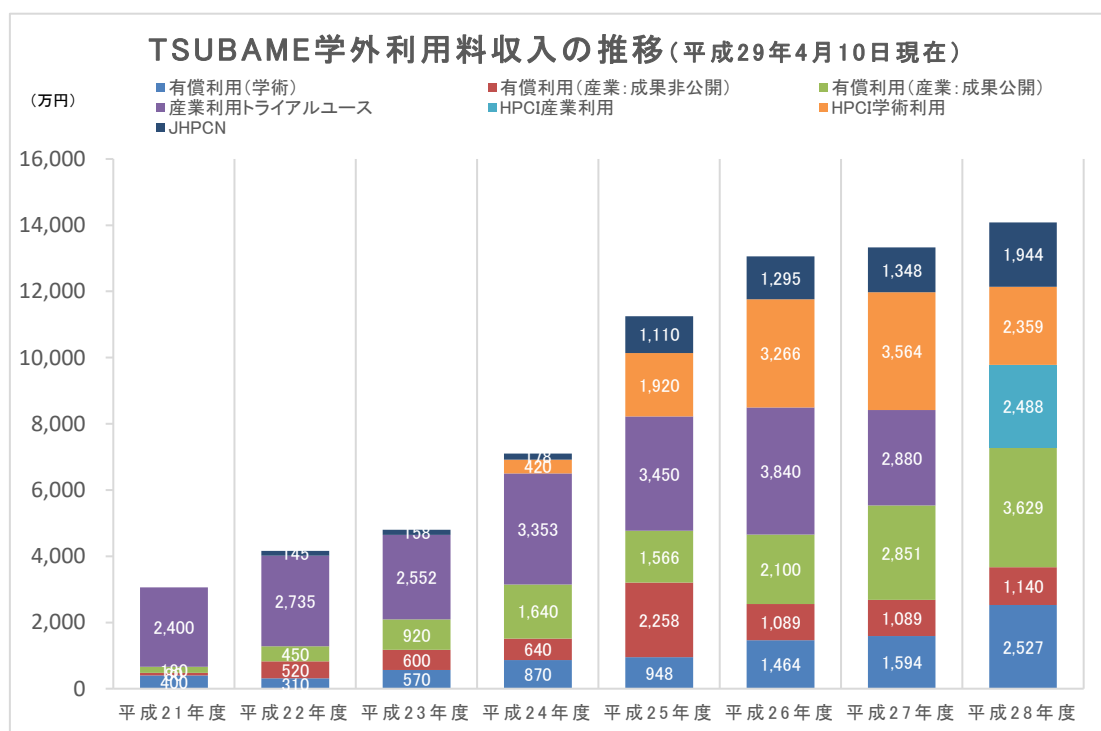
## 特任准教授 佐々木 淳 (高性能計算システム分野)

### 【事業の概要と成果】

#### TSUBAME 共同利用事業の推進

スパコン TSUBAME の計算資源を学外に提供し対価を得る TSUBAME 共同利用の事業を主導的な立場で推進した。TSUBAME 共同利用の事業は、学術国際情報センターが自主事業として実施する有償利用、および 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) と JHPCN (学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点) への計算資源提供で構成される。

平成 28 年度は TSUBAME 共同利用の事業として 1.3 億円の収入を計画し、課題の募集と事業の認知向上のため、学会やアプリケーションベンダーのユーザ会への出展等のプロモーションを行った結果、1.4 億円を超える収入となり、TSUBAME に代表されるスパコンの有用性の訴求と外部収入の獲得に貢献した。



特に産業利用は、国内の学術研究機関が有するスパコンの中で、利用実績およびアクティビティが高く評価されており、平成 28 年度には 36 課題の企業が利用した結果、産業利用での収入は 7335 万円と TSUBAME 共同利用の収入の約半分を占めている。

平成 29 年 3 月 8 日には、TSUBAME の先進的な利用事例の報告に加え、ディープラーニングのチュートリアルセッション、TSUBAME3.0 の概要紹介、TSUBAME3.0 のサプライヤーを交えたパネルディスカッションで構成される「TSUBAME 利用促進シンポジウム」を企画・開催し、主に産業界から 210 名を超える参加を得て盛況なシンポジウムとなった。

特任講師 佐藤 幸紀 (先端研究部門 高性能計算システム分野)

### 【研究の概要と成果】

#### アプリケーション性能プロファイリング機構の高度化とチューニングへの応用

CPU におけるキャッシュ競合検出やメモリ局所性プロファイリングの結果をソースコードのチューニングや処理系の中間表現レベルでの最適化にフィードバックする機構を開発し、その有用性をアプリケーションの性能チューニングの事例に適応して効果を検証した。本プロファイリング機構は、我々が CREST ポストペタ領域の支援を受けて継続して開発している実行時アプリケーション解析ツール Exana を拡張する形で実装され、プロファイリング結果を事後に統計処理することによりチューニングおよび最適化にフィードバックする。具体的な取り組みとして、ループ階層毎にキャッシュライン数を単位とするワーキングセットを計測し局所性の指標としてチューニングに活用することや、最適なループタイルサイズの推定した結果を Polly における自動ループタイリングのパラメータとして入力すること、キャッシュライン競合のプロファイリング結果をパディングによるメモリレイアウト最適化の利得の有無の見積もりに応用することを試みた。また、これまで実装してきた Exana のプロファイリング機構の一部 (LCCT, LCCT+M, mempat) は GitHub を通してコミュニティに向けて公開した。

#### 動的バイナリ変換に基づくコード変換機構の開発

アプリケーション性能プロファイリングツールの開発と並行して、プログラマから透過的にチューニングを実現するコード変換機構の開発も進めた。本コード変換機構は、LLVM コンパイラや Polyhedral モデルに基づくチューニングを行う Polly というツールなどオープンソースを活用し、透過的チューニングを実現する。具体的には、実行バイナリコードからチューニング対象箇所を抽出しアセンブリ言語での表記へと変換した後、LLVM 処理系への入力として与えられる形式に変換し、更に、Polyhedral モデルによるループ変換を Polly を通して実施した後、チューニング対象の部分を最適されたコードと切り替えることにより実現される。本機構を評価した結果、PolyBench というベンチマークに収録されるいくつかのプログラムについてループタイリング、ベクトル化、並列化に関するチューニングが本機構により透過的に実施でき、かつ、透過的チューニングにより性能の面で利得が得られることを確認した。

#### スーパーコンピューティング技術およびビッグデータ技術に関する研究

スパコンにおける真の意味でのハードウェアとソフトウェアのコードデザインの実現に向けた一環として、科研費萌芽の支援を受けてビッグデータ処理を加速するデータ駆動型カスタムパイプライン処理方式の研究開発を行っている。本研究は、FPGA アクセラレータにおけるメモリ構造の柔軟性やカスタマイズ可能性に着目し、アプリケーションが持つメモリ



アクセスにおける参照局所性を最大限活用して、システムの個々のメモリ階層をカスタマイズするデータ駆動型アクセラレーションの方式を確立することを目標としている。本年度は、Maxeler社のFPGAアクセラレーションのための高位合成プラットフォームを整備し、ループタイリングをFPGAアクセラレータ向けのコードに適応することと、ビッグデータ処理における実用性を検証するための大規模な入力データを用いた評価を試みた。加えて、実行時アプリケーション解析ツールExanaにおけるMemory object-relative profilingを高度化しメモリ階層のカスタマイズに活用することを検討した。

#### 【査読付き国際会議・国内学会発表】

- 1) Yukinori Sato, Tomoya Yuki and Toshio Endo, "ExanaDBT: A Dynamic Compilation System for Transparent Polyhedral Optimizations at Runtime", ACM International Conference on Computing Frontiers 2017. [Accepted, 採択率 35.5%]

#### 【査読なし国際会議発表】

- 1) Yukinori Sato. "Toward fully automated performance tuning system for deep hierarchical memory – from CPUs to FPGA accelerators". Position talk at panel discussion. The Third International Workshop on Software Engineering for Parallel Systems (SEPS2016), Nov 2016.

#### 【国内学会・ワークショップ・講演会等での発表】

- 1) 佐藤幸紀, 幸朋矢, 遠藤敏夫. 透過的メモリ階層チューニングのための動的バイナリ変換機構の設計と開発, 情報処理学会研究報告, 2016-ARC-216 No.35, Jan. 2017.
- 2) 佐藤幸紀. 動的バイナリ変換によるメモリ階層性能プロファイリングと透過的メモリ階層チューニング. 第2回メモリプラスワークショップ, 2016年8月31日, 東京工業大学キャンパスイノベーションセンター.
- 3) 佐藤真平, 佐藤幸紀, 遠藤敏夫. ステンシル計算コードの性能とメモリレイアウトの関係性について. 並列/分散/協調処理に関するサマワークショップ(SWoPP2016), 情報処理学会研究報告, 2016-HPC-155 No.37, 2016年8月

### 【研究の概要と成果】

#### 高精細計算を実現する適合細分化格子法の高性能ステンシル計算フレームワークへの導入

格子に基づいたシミュレーションでは、広大な計算領域の場所によって求められる精度が異なる問題に有効な手法が要求されてきている。GPU 計算では、GPU が得意なステンシル計算を活用しながら、高精度が必要な領域を局所的に高精細にできる適合細分化格子 (AMR) 法が有効である。様々な解像度のステンシル計算を高性能に実行する手法や GPU 間の計算負荷を均等とする動的負荷分散を実現する GPU スパコン用の AMR 法を確立し、これを汎用的に利用できるフレームワークの構築を目標とする。本研究では、その一環として、これまでの研究で開発した構造格子用のフレームワークを発展させ、AMR 法に必要なデータ構造や計算機構を開発し、単一 GPU 用の AMR 法フレームワークを試作した。AMR 法フレームワークを用い、AMR 法を導入した圧縮性流体計算に成功した。

本フレームワークは、直交格子型の解析を対象とし、各格子点上で定義される物理変数の時間変化を計算する。当該物理変数の時間ステップ更新は陽的であり、ステンシル計算によって行われる。各時間ステップにおける格子の解像度は局所的に変化する。本フレームワークは直交格子上にブロック領域を定義し、その領域内を再帰的に細分化するブロック AMR 法として実装する。ブロック AMR 法では、計算領域内に様々な解像度のブロックが存在するが、ユーザは単一解像度の格子点上での計算についてのみ記述し、格子全体の処理、解像度の変更、解像度の異なるブロック間での袖領域のデータ交換などはフレームワークが行う。構造格子を再帰的に細分化し、その空間的配置を木構造で表す。木構造の各リーフノードには、一つの格子ブロックを割り当てる。格子ブロックは典型的には 2 次元で  $16 \times 16$  格子程度である。多数の配列をこれらの格子ブロックとして割り当てる。3 次元計算では八分木、2 次元空間では四分木となる。

提案フレームワークの有効性を評価するため、2 次元 3 次精度風上手法を用いた圧縮性流体計算を行う。高次精度数値計算手法である 3 次精度風上手法は、解像度の変化による誤差に対して敏感であり、異なる解像度間のコピーや袖領域のデータ転送が正しく作用しないと、非物理的な振動が発生する。図 1 に、この計算コードで計算したレイリーテイラー不安定性の計算結果を示す。図の格子状の水色線は各リーフノードが持つ格子ブロックを表す。一つの格子ブロックは  $20 \times 20$  格子で、3 レベルの AMR を用いる。流体の色は二つの異なる密度を表している。高解像度が必要となる界面を含む領域を AMR 法で高解像度に行っている。非物理的な振動が発生せずに計算することに成功した。

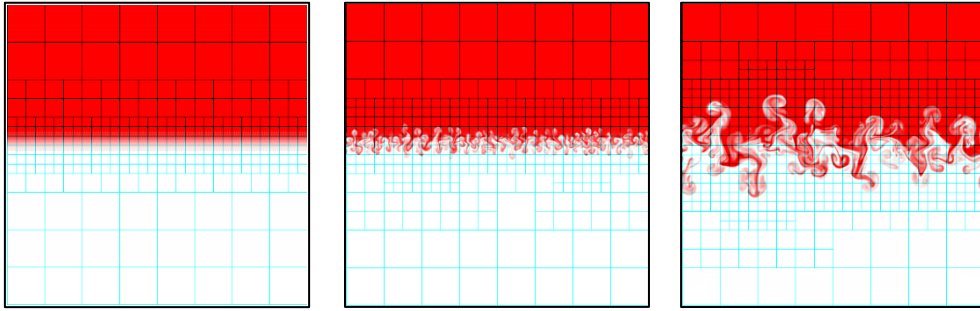


図 1 : AMR 法を用いたレイリーテイラー不安定性の計算結果

### GPU デバイスメモリを超える計算を実現するためのステンシル計算フレームワークの拡張

GPU 上でステンシル計算を行う際、その問題サイズは GPU のデバイスメモリ容量に制限される。本研究では、開発を進めている GPU コンピューティング・フレームワークを拡張し、GPU に搭載されたデバイスメモリを超える計算を実現する機構を導入する。これを実現するためには、デバイスメモリを超えたデータを一時的にホストメモリへ待避する必要がある。この機能を実現するため、本フレームワークでは、その内部で、自動的にホストメモリとデバイスメモリ間でデータをスワップアウト／インする HHRT ライブラリを利用する。このホストメモリとデバイスメモリ間でのメモリスワップによる性能低下を抑えるため、メモリアクセスの局所性を向上する必要がある。そのために、時間ブロッキングと呼ばれる手法を導入する必要があり、この複雑な手法を簡便に導入できるように本フレームワークを拡張した。

このフレームワークを格子ボルツマン法で実装された実アプリケーションである都市気流シミュレーション（図 2）に適用する。これを東京工業大学のスパコン TSUBAME2.5 に搭載された NVIDIA Tesla K20X の一つを用いて実行した。その実行性能を図 3 に示す。NVIDIA Tesla K20X のメモリ容量である 6 GByte を超えた計算でも、時間ブロッキング手法とメモリや通信の最適化を併用することで、最大達成性能の 60%程度の実行性能を達成することに成功した。

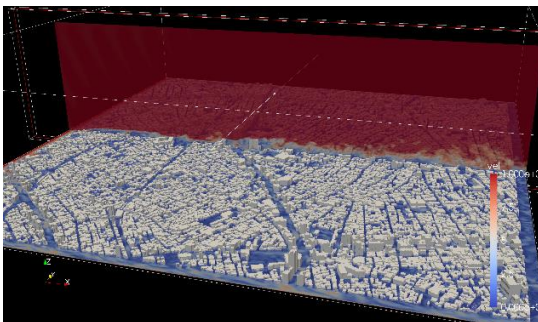


図 2 : 都市気流シミュレーション

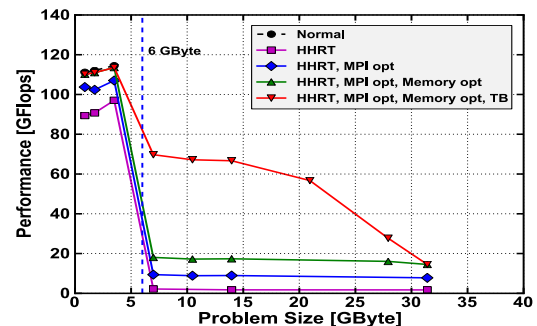


図 3 : フレームワークに基づく都市気流シミュレーションの単一 GPU における実行性能

#### 【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 for Large-scale GPU/CPU Stencil Applications," IHPCES/ICCS 2016, San Diego, USA, June 2016. (採択率 72%)

#### 【査読付きポスター発表】

- 1) Takashi Shimokawabe, "Advanced High-Productivity Framework for Large-Scale GPU/CPU Stencil Computations," GTC 2016, San Jose, CA, USA, April 2016. (GTC Poster Award finalist)

#### 【国内学会・ワークショップ・講演会等での発表】

- 1) Takashi Shimokawabe, Toshio Endo, Naoyuki Onodera, Takayuki Aoki, "Performance Evaluation of Wind Simulation Based on a GPU-computing Framework to Realize Large-scale Stencil Computations Beyond Device Memory Capacity," The 7th AICS International Symposium, Kobe, February 2017. (ポスター)
- 2) 下川辺隆史, "大規模 GPU/CPU 計算に向けた高生産フレームワークの構築とこれを用いた都市気流計算コードの開発," 学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点 第 8 回シンポジウム, 東京, 2016 年 7 月.
- 3) 下川辺隆史, "高精細計算を実現する AMR 法フレームワークの構築," 学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点 第 8 回シンポジウム, 東京, 2016 年 7 月. (ポスター)
- 4) 下川辺隆史, 遠藤敏夫, 青木尊之, "GPU デバイスメモリを超える計算を可能とするためのステンシル計算フレームワークの拡張とその性能評価", 日本計算工学会 第 21 回計算工学講演会, 新潟, 2016 年 6 月.

#### 【招待講演】

- 1) Takashi Shimokawabe, "Large-scale GPU Applications Based on a High-productivity Stencil Framework," Computational Sciences Workshop 2017, Kanagawa, March 2017.
- 2) Takashi Shimokawabe, "Large-scale GPU-based CFD Applications based on a High-productivity Stencil Framework," Parallel CFD 2016, Kobe, May 2016.

## 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】

#### メモリ階層の深化に対応するビッグデータ処理向け基本カーネルの高速化

Sort, PrefixSum, Unique, SetIntersection などのアルゴリズムはビッグデータ処理において必要となる基本的なカーネル処理である。通常、これらの処理の高速処理は大容量の DRAM を必要とするが、容量あたりの導入コストの高さや消費電力の高さ、また、将来の計算機アーキテクチャに向けてはプロセッサのコア数の増大や DRAM を構成する半導体の集積度の限界などにより利用可能なコアあたりの DRAM のバンド幅・容量が少なくなることが問題となる。

一方、昨今、DRAM と比較して低バンド幅と高レイテンシだが大容量で低コストという特性を持ったフラッシュなどに代表される不揮発性メモリデバイスが登場し、明示的なデータ移動が必要であるもののバンド幅を必要としない処理に伴うデータセットを積極的に不揮発性メモリへオフロードすることで、アプリケーションが必要とするバンド幅と容量を稼ぐなどの活用が期待されている。同様の状況は、マルチコア CPU とメニーコア GPU の関係にも当てはまり、GPU のデバイスメモリを超えるような大容量のメモリを必要とするアプリケーションでは、GPU の持つ高い演算性能とメモリバンド幅を活用するために、演算性能やメモリバンド幅を必要としない処理に伴うデータセットを積極的にホストメモリへオフロードする必要がある。上述の基本カーネルは、GPU での処理に向いており、不揮発性メモリを組み合わせることにより、GPU のデバイスメモリや CPU のホストメモリの容量を超えるような巨大なデータセットに対する高速化が実現できると考えられる。しかし、多階層のメモリを対象とした実装の煩雑さや、不揮発性メモリへの I/O や CPU-GPU 間のメモリ転送の隠蔽手法、また、最新のデバイスを対象とした最適化手法・性能特性は明らかではない。

我々は、これまで、GPU アクセラレータと不揮発性メモリを考慮した外部ソート xtr2sort (extreme external sort) を提案し、研究開発を進めてきた。GPU の高い演算性能とメモリバンド幅を活かし、不揮発性メモリ、ホストメモリ、デバイスメモリ間のデータ移動に伴う遅延を隠蔽するために、不揮発性メモリ上のソートの対象となるレコードをデバイスメモリの収まるサイズへチャンクに分割し、チャンク毎にパイプラインで不揮発性メモリへの I/O 操作、CPU-GPU 間のメモリ転送、GPU 上でのソート処理を非同期に行うことで、デバイスメモリやホストメモリの容量を超えたサイズのレコードに対しても高速なソートを行う。本年度は、この手法の実装をさらに発展させ洗練させるとともに、PrefixSum や SetInterSection など他のビッグデータカーネルへの適用を進め、効果の検証を行った。

#### 【査読付き国際会議・国内発表】

- 1) Hitoshi Sato, Ryo Mizote, Satoshi Matsuoka, Hitotaka Ogawa, "I/O Chunking and Latency Hiding Approach for Out-of-Core Sorting Acceleration Using GPU and Flash NVM", 2016 IEEE International Conference on Big Data, pp.398-403, 2016. (採択率 19.39%)

#### 【査読付きポスター発表】(採択率)

- 1) 岩渕圭太, 佐藤仁, 松岡聡, “大規模グラフライブラリ ScaleGraph の out-of-core メモリ拡張”, 2016 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(HPCS) ポスター, 2016 年 6 月. (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) 佐藤仁, 溝手竜, 松岡聡, “I/O 分割による遅延隠蔽を用いた Out-of-core な GPU Set Intersection の性能評価”, 情報処理学会 第 155 回ハイパフォーマンスコンピューティング研究発表会, 2016 年 8 月.
- 2) 社本秀之, 佐藤仁, 松岡聡, “GPU アクセラレータと不揮発性メモリを考慮した大規模分散 ソート”, 情報処理学会 第 154 回ハイパフォーマンスコンピューティング研究発表会, 2016 年 4 月.

## 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クラウド連携と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広域に分散されたクラウドリソースなどを活用したサイエンスビッグデータ処理が必要である。

本研究では、国立情報学研究所を中心として整備が進められている、次世代の学術情報ネットワーク (SINET5) と複数のクラウド基盤を連携して活用するインタークラウド技術を用い、アプリケーション中心型オーバーレイクラウド技術の有効性を検証するための実証実験基盤の構築・運用する。また、アプリケーションに適したインタークラウドを構築・運用するための知見を所得する。これに加えて、インタークラウド資源から、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、SINET5 を用いて、国立情報学研究所、国立遺伝学研究所、北海道大学、九州大学及び東京工業大学の 5 機関に跨る、インタークラウドのテストベッドの構築を進めた。本インタークラウド環境のテストベッドを拡張し、パブリッククラウドとプライベートクラウドとの相互乗り入れを実現するために、Amazon Web Service との間に SINET クラウド接続サービスを用いてネットワークを接続した。また、評価基盤ながらも、TSUBAME2.5 からも Amazon Web Service へのクラウド接続環境を用意し、パブリッククラウドとスーパーコンピュータとの相互運用環境の整備を行った。これらの評価環境を用いて、来年度夏より稼働開始の TSUBAME3.0 とインタークラウド資源を相互接続手法について、検討を行った。

#### 次世代データセンターの高密度化のためのインフラ技術の検討

今後ビッグデータ解析や AI の技術基盤としてクラウド利用が進むと、より一層の計算能力の増強が必要になる。しかしながら、これらの計算能力増強のためには、既存のクラウドデータセンター設備の計算密度の増強が不可欠となる。一方、現状多くのデータセンターは、10kW / ラックに及ばない電力密度であり、今後のこれらの計算能力の増強には、スーパーコンピュータ並みの 50kW / ラックの電力密度を実現する必要がある。また、電力密度に比例して増大するシステムから発する熱を、いかに効率的に冷却するかが重要になる。これらの問題は解決するために、既存のスーパーコンピュータで得られてきた知見をデータセンター設備に適用する。

本年度は、来年度夏より稼働開始を予定する TSUBAME3.0 の導入準備を通じ、データセ

ンター設備に適用できる技術の検討を行った。具体的には、現在のデータセンター設備で一般的に用いられている冷却設備であるチリングユニットを用いた冷却ではなく、TSUBAME3.0 で予定される冷却塔を用いた大気冷却技術の適用方法の適用を検討した。また、データセンター設備の高密度化の検討のために、電源設備や室内冷却設備と機器設備の配置等の検討などを行った。これらの検討を踏まえ、来年度以降に整備を予定するデータセンター設備へこれらの技術適用を目指す。

#### **【国内学会・ワークショップ・講演会等での発表】**

- 1) 三浦 信一，”クラウド資源とスーパーコンピュータとの連携環境の構築”， Cloud Week 2016 @Hokkaido University, 札幌, 2016年8月
- 2) 三浦 信一，實本 英之，松岡 聡，”スーパーコンピュータ TSUBAME とクラウド環境連携機構の開発”， 大学 ICT 推進協議会 2016年度年次大会 (AXIES2016), 京都, 2016年12月.

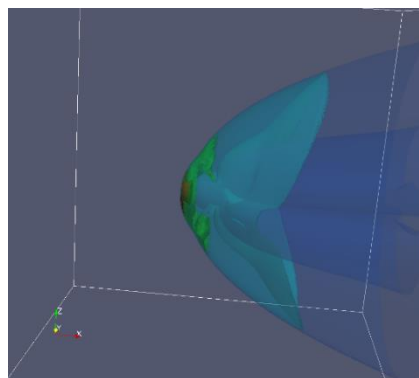
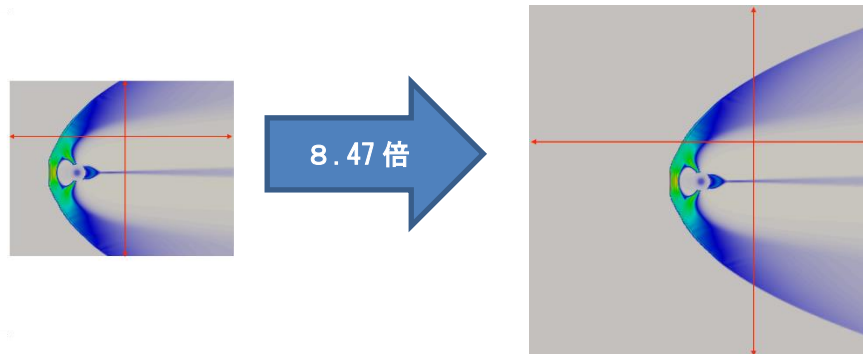
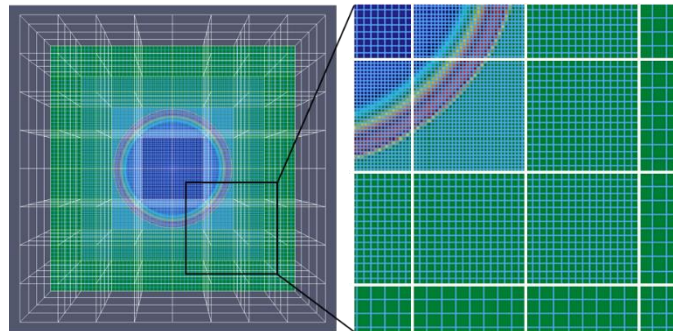


特任助教 黄 遠雄 (先端研究部門 高性能計算先端応用分野)

**【研究の概要と成果】**

**大規模 MHD シミュレーションの AMR 導入による高性能化**

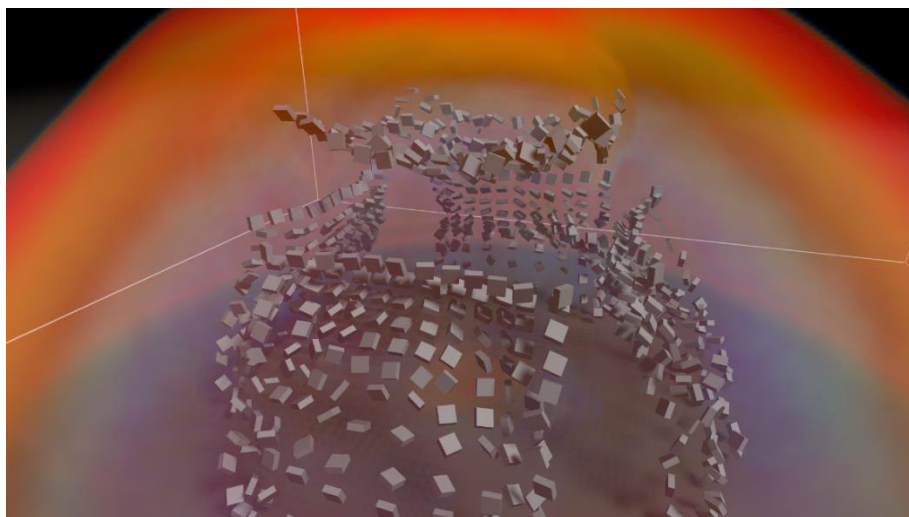
宇宙空間のプラズマ現象を解析するために電磁流体力学 (MHD) が用いられるが、スケールが大きいため、シミュレーションを行うには計算領域を十分大きくする必要がある。これまで、GPU スパコンを用い、GPU-Direct などのさまざまな方法を用いて効率的な大規模流体シミュレーションフレームワークを開発してきた。フレームワークを用いて大規模なグローバル MHD シミュレーションを実装し、太陽風と地球磁気圏の相互作用の大規模シミュレーションを行った。更にメモリーを有効利用するために、解適合格子法 (AMR, Adaptive Mesh Refinement) を導入し、同じ計算リソースに対して計算領域を 8 倍以上に拡大し、磁気圏の全体を含むシミュレーションが可能になった。



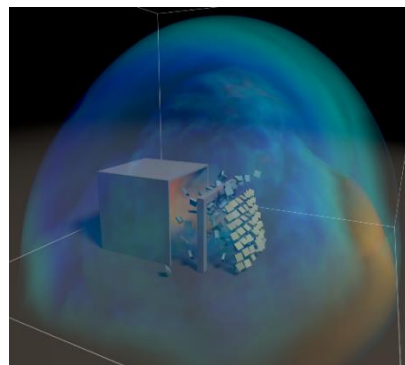
AMR による太陽風と地球磁気圏 (全体) の相互作用シミュレーション

## 大規模な爆風による飛散物のシミュレーション

ガス爆発などによる災害の人体への被害を予測することは、防災の観点から非常に重要である。一般的に、爆風の衝撃波による人体への影響はそれほど深刻ではないが、爆風により加速された飛散物(固体)と人体の衝突が最も危険である。Fluid-Structure Interaction (FSI) により、爆轟直後の高圧・高密度の状態から爆風伝播、爆風と飛散物との連成シミュレーションを行った。直交格子を用い、爆風については圧縮性流体方程式を解き、移動境界(飛散物)については境界埋め込み法を用い、物体の相互衝突には個別要素法を用いた。既存の FSI に用いた境界埋め込み法では、爆風のような強い衝撃波に対して移動境界により物理量のロスが発生する問題があり、境界埋め込み法の改善する手法を提案し実装した。GPU スパコンを用いて大規模 FSI シミュレーションを行い、TNT 3kg を取り囲むように 5cm×5cm×2cm の破片を 720 個配置した。初期値としては、固体密度の TNT の爆轟生成ガスを設定した。321 個の GPU を用い、1600×1600×1200 格子を用いた計算を行い、約 0.8 msec で 524.103 m/sec まで飛散物が加速され、TNT のエネルギーの 5.45% が物体の運動エネルギーに伝達されることが明らかになった。



大規模爆風による飛散物のシミュレーション (720 個破片)



爆風による飛散物のシミュレーション (外殻や枠があり)

**【査読付き国際会議・国内学会発表】**

- 1) Un-Hong Wong, Takayuki Aoki: Advanced GPU Direct-MPI Hybrid Framework with Block-Based Data Structure for Efficient CFD/MHD Simulations Using AMR on Multi-GPU Systems”, Parallel CFD 2016, Kobe International Conference Center, May 9-12, 2016

**【国内学会・ワークショップ・講演会等での発表】**

- 1) Un-Hong Wong, Takayuki Aoki, Takahiro Sugiyama: GPUスパコンによる爆風と飛散物の相互作用シミュレーション”, 第30回数値流体力学シンポジウム, CD-ROM, pp.1-6, 東京, 2016年12月12日
- 2) Un-Hong Wong, Takayuki Aoki, Takahiro Sugiyama: 爆風による破片飛散の大規模シミュレーション”, 第29回計算力学講演会, CD-ROM, pp.1-3, 名古屋大学, 2016年9月22日
- 3) Un-Hong Wong, Takayuki Aoki: Advanced GPU Direct-MPI Hybrid Framework for Efficient CFD/MHD Simulations with AMR on Multi-GPU Systems, KAUST-GSIC Symposium on Hierarchical Solvers for Complex Flow Simulation, King Abdullah University of Science and Technology, Saudi Arabia, February 28, 2016

## 研究員 野村 哲弘 (高性能計算システム分野)

### 【研究の概要と成果】

#### スパコン上のアプリケーションの効率的実行に関する研究

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および実行方法によって大きく変わり、所要時間を予測して効率的に実行することは難しい。そのため、アプリケーションの実行時間や電力消費をモデル化し、ターンアラウンドタイム(ジョブを投入してから実行が終了するまでの時間)や、スパコン全体の電力消費を最適化する実行計画を作成する必要がある。

本年度は、昨年度に引き続きリモートの GPU を rCUDA で仮想化して利用することによるより高密度なジョブ充填の研究を行った。リモートの GPU を仮想化によってローカル GPU として見せると、CPU-GPU 間通信が実際にはノード間通信となるために、ノード間のレイテンシによって GPU アクセスインテンシブなアプリケーションの実行速度が著しく低下する。そのため、リモート実行時の実行時間低下をモデリングし、資源の空き状況に応じてリモート実行中の仮想化した GPU をローカルにマイグレートして、以後の実行における実行時間を削減するミドルウェア mrCUDA と、それを利用したスケジューラの実装を行った。これによって単純なリモート実行だけを行う場合に比べて平均ターンアラウンドタイムを 30%削減できることを示した。

また、計算機の消費電力削減のために、機械学習を取り入れた周波数制御機構の開発を行った。Deep Q Network と呼ばれる強化学習法を消費電力制御に取り入れることにより、従来のような解析的な手法に頼ることなく、自動的にジョブ当たりの消費電力を最小にすることに成功した。

#### 機械学習の実行効率化に関する研究

スーパーコンピュータにおける実行効率の最適化は、大別してシステムレベルの大局的パラメータチューニングと、個々のアプリケーションの特性に着目したアプリケーションレベルでのアルゴリズム・実行パラメータ最適化がある。

後者の研究として、株式会社デンソーアイティラボラトリと共同で、深層学習プログラム SPRINT を対象とした性能モデル作成とアルゴリズム最適化を行った。深層学習アプリケーションにおける「解」は学習後のネットワークのパラメータであるが、これは決定的に得られるものではなく、各種の最適化によって容易に「解の質」である誤差率が変化するという性質を持つため、単純に Flops やイテレーション数を増加させるだけの最適化は適さない。そこで、「解の質」をよく反映するパラメータである「ミニバッチサイズ」や「ステールネス」を推定するモデルを作成し、これらの変化を一定範囲に収めるという制約下での最適な実行パラメータを求める研究を行った。

また、並列化した深層学習フレームワーク Caffe における通信時の浮動小数点数精度と、

「解の質」の関係性についての調査を行い、収束時間および誤差率に影響を与えない範囲で通信に使われる浮動小数点数のビット数を削減することで、通信量を4分の1に削減する実装を行い、演算に用いた32bit浮動小数点数を通信に使う場合に比べて2倍以上の高速化が行えることを示した。

### DRAM故障のアプリケーションへの影響のモデル化に関する研究

計算機の構成要素数(ノード数やメモリの枚数、プロセッサの台数など)が増えるにしたがって、計算機全体としての平均故障間隔(MTBF)は短くなっていく。そのため、計算機の規模を拡大したとしても、故障およびそこからのリカバリのコストが規模拡大による利得を上回り、性能の向上が行えなくなる上限が存在する。

一方、計算機の故障の中には、将来読みだされることがなく上書きもしくは解放されるメモリ領域の変化など、アプリケーションに実質影響を与えないものも存在する。そこで、誤差が計算過程で潰されて非顕在化すると期待される反復法のアプリケーションを題材に、仮想マシンを用いて計算ノードの仮想化された物理メモリにDRAMハードウェアの挙動に即した典型的な故障を疑似的に注入し、システムクラッシュ、解の変化(Silent Data Corruption)などのアプリケーションの挙動を分類する試みを行った。本研究を進展させることで、アプリケーションに応じた故障の許容度を設定し、致命的な故障が発生しない限り実行を継続することで実質的な故障率を低減する機構などにつなげることが期待される。

### TSUBAME2.5におけるジョブ・アプリケーション実行形態の可視化およびソフトウェア整備

GSICが提供しているスーパーコンピュータTSUBAME2.5では、各種センサーおよびプロセッサ利用率などの指標を常時モニタリングしており、Gangliaなどのインタフェースでユーザに対して公開している。昨年に引き続き、その膨大なログデータを解析することで、GPU利用率などの「TSUBAMEの使われ方」の「見える化」に取り組んでいる。今年度初頭に、プロセスアカウンティングログの情報よりジョブをアプリケーションと紐づけ、アプリケーションの種類ごとのリソースの使われ方について検証する基盤を作成し、昨年度の年報においてアプリケーション別のTSUBAME占有率を報告した。引き続きアプリケーション実行形態の把握に努め、TSUBAME3.0においても同様のデータを取得・開示することを計画している。

また、前年度までに引き続き、TSUBAME2.5におけるアプリケーション開発インフラの一環として、プロファイラ、機械学習フレームワークを中心に導入に工夫が必要なソフトウェアをインストールし、実験的サービスとして公開している。

#### 【査読付き学術論文】

- 1) 野村哲弘、鈴木惣一郎、三上和徳、丸山直也、松岡聡、「アプリケーションからみた将来のHPCIシステムへの要件の抽出のためのベンチマーク」、HPCI利用研究成果集、2017/3/15採録、2017/3/22公開

#### 【査読付き国際会議・国内学会発表】

- 1) Pak Markthub, Akihiro Nomura, Satoshi Matsuoka, "Finishing GPU Jobs running on a Multi-GPU Batch-Queue Node-Sharing System Earlier with Remote GPU Execution and Migration", ISC2016 PhD Forum, Frankfurt, Germany, 2016/6/19 (採択率不明)
- 2) Pak Markthub, Akihiro Nomura, Satoshi Matsuoka, "Serving More GPU Jobs, with Low Penalty, using Remote GPU Execution and Migration", IEEE Cluster 2016, Taipei, Taiwan, 2016/9/13 (short paper, 採択率 24%)
- 3) Pak Markthub, Akihiro Nomura, Satoshi Matsuoka, "Increasing Jobs that a Multi-GPU Batch-Queue System can serve, with GPU Remoting and Migration", TJIA 2016 : The 8th Thailand-Japan International Academic Conference (TJIA), Tokyo Institute of Technology, Japan, 2016/10/29 (採択率不明)
- 4) Yosuke Oyama, Akihiro Nomura, Ikuro Sato, Hiroki Nishimura, Yukimasa Tamatsu, Satoshi Matsuoka, "Predicting Statistics of Asynchronous SGD Parameters for a Large-Scale Distributed Deep Learning System on GPU Supercomputers", IEEE Big Data 2016, Washington D.C., USA, 2016/12/5 (採択率 18.68%)

#### 【査読付きポスター発表】

- 1) Pak Markthub, Akihiro Nomura, Satoshi Matsuoka, "Reducing Remote GPU Execution's Overhead with mrCUDA", GPU Technology Conference (GTC), San Jose, 4/4/2016 (採択率不明)
- 2) Yosuke Oyama, Akihiro Nomura, Ikuro Sato, Hiroki Nishimura, Yukimasa Tamatsu, Satoshi Matsuoka, "Training Condition Conscious Performance Modeling of an Asynchronous Data-Parallel Deep Learning System", HPDC'16, Kyoto, 6/2/2016 (採択率不明)
- 3) Yuya Kobayashi, Hideyuki Jitsumoto, Akihiro Nomura, Satoshi Matsuoka, "Evaluating tolerance of applications against realistic DRAM faults", HPDC'16, Kyoto, 6/2/2016 (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) 大山 洋介, 野村 哲弘, 佐藤 育郎, 西村 裕紀, 玉津 幸政, 松岡 聡, 「学習条件を考慮した大規模非同期ディープラーニングシステムの性能モデリング」, SWoPP2016, 松本, 2016/8/8
- 2) 小林 佑矢, 實本 英之, 野村 哲弘, 松岡 聡, 「仮想マシンエミュレータを用いた特定故障パターン発生時におけるアプリケーションの誤差の評価」, SWoPP2016, 松本, 2016/8/8
- 3) 大山洋介, 野村哲弘, 佐藤育郎, 松岡聡, 「ディープラーニングのデータ並列学習における少精度浮動小数点数を用いた通信量の削減」, 情報処理学会 研究報告 2017-HPC-158, 熱海, 2017/3/8
- 4) 寺西 賢人, 野村 哲弘, 松岡 聡, 「Deep Q-Network を用いての計算機の制御による電力最適化」, 情報処理学会 研究報告 2017-HPC-158, 熱海, 2017/3/8

**【特許出願】**

- 1) 大山洋介(30%) 佐藤育郎(25%) 西村裕紀(25%) 野村哲弘(10%) 松岡聡(10%) 「予測装置、予測方法および予測プログラム」 特願 2016-150221、2016/7/29 出願

## 特任教授 小林 宏充 (先端研究部門)

### 【研究の概要と成果】

#### 適合格子細分化法を用いた格子ボルツマン法による乱流の GPU 計算

青木尊之教授と共同で複数 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。

空気や水といった流体の速度が増加するとその粘性よりも慣性が卓越し、乱れた流れ、すなわち乱流となる。乱流中には、大きなスケールから小さなスケールまで様々なスケールの変動が存在している。それらのスケールを計算によってすべて解像するには、計算領域を大小さまざまな大きさの格子に区切る必要がある。

これまでの伝統的な計算手法である有限差分法では、格子間隔をある程度自由に变化させて計算を行うことで対応してきた。一方で、近年の大規模並列計算に向いている計算手法として、格子ボルツマン法がある。格子ボルツマン法では、等間隔の格子を利用することで計算精度を確保し、乱流計算へも適用されてきている。乱流計算の場合は、最小格子幅が一番小さな変動スケールで決まるので、大きなスケールの変動には必要以上の格子解像度となってしまう。そこで、比較的大きな格子サイズで計算をはじめ、物体近傍や流れの変化が激しい領域に格子を半分に小さくしていくことで適合させていく適合格子細分化法が開発された。本手法では、木データ構造を用いている点の特徴である。これまで、平行平板間および球ならびに自転車競技選手周りの乱流計算に対して GPU を用いて高速並列計算を行い、高速かつ高精度な良好な結果が得られている。

#### 楕円渦周りにおける LES の SGS エネルギー輸送および SGS 力の検討

乱流中の典型的な構造の一つに渦管があるが、その断面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。また、乱流中のすべてのスケールの構造を解像する計算は、メモリも計算時間も多く必要とする。そこで、大きなスケールの渦は直接計算し、格子サイズ以下、すなわち subgrid-scale (SGS) 以下の渦はモデル化する手法として、LES (Large-eddy Simulation) がある。そのモデルは SGS エネルギー輸送や SGS 力と整合するものであるほうがよい。そこで、楕円渦に空間フィルタをかけ、その渦周りに起こる SGS エネルギー輸送や SGS 力を調べた。

その結果、楕円渦の周りに大きなスケールから小さなスケールへのエネルギー輸送を行う forward scatter の領域とその逆輸送である backward scatter の領域が四重極のようにあらわれることがわかった。スケール相似則を用いたモデルはその構造を再現できるが、最もよく利用される Smagorinsky モデルは、せん断が大きくなる楕円渦の長軸方向に forward scatter 領域がダブルピークをもつ分布となり、モデルが真のエネルギー輸送の構造を再現しないことがわかった。また真の SGS 力は楕円渦の長軸方向外側に力を発生させるのに対して、Smagorinsky モデルは渦の回転とは逆方向に回転を与える構造であることが分かった。これ



らの情報は今後 LES モデルの高精度化に利用される。

#### 【査読付き学術論文】

- 1) Hiromichi Kobayashi, Yoshihiro Okuno, “Turbulent and Electrical Phenomena in a Liquid Metal MHD Energy Conversion Device under Various Load Conditions”, IEEJ Transactions on Power and Energy, Vol. 136, No. 10 pp. 773-778 (2016)

#### 【査読なし国際会議発表】

- 1) Hiromichi Kobayashi, “A new method of a priori test using analytical solution of flows around elliptical Burgers vortex”, European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering (ECCOMAS Congress 2016), MS 409-1, 8430, Crete Island, Greece (2016)
- 2) Yuta Hasegawa, Takayuki Aoki, Hiromichi Kobayashi, “Aerodynamics study using locally mesh-refined lattice Boltzmann method for a GPU computation”, European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering (ECCOMAS Congress 2016), MS 503-4, 7982, Crete Island, Greece (2016)
- 3) Hiromichi Kobayashi, “Energy transfer across scales around elliptic Burgers vortices”, The 24th International Congress of Theoretical and Applied Mechanics (The 24th ICTAM 2016), TS.FM14-1.06, Montreal, Canada (2016)
- 4) Hiromichi Kobayashi, “Analytical study on the SGS force around an elliptic Burgers vortex”, the 69th Annual Meeting of the APS Division of Fluid Dynamics, Portland, USA (2016)

#### 【国内学会・ワークショップ・講演会等での発表】

- 1) 長谷川雄太, 青木 尊之, 小林宏充, 「適合格子細分化法を導入した格子ボルツマン法の GPU 計算による自転車競技の空力解析」, 日本機械学会 第 29 回計算力学講演会, 講演要旨集, 名古屋 (2016)
- 2) 小林宏充, 「楕円形バーガーズ渦周りの SGS 力に関する解析」, 日本物理学会 2016 年秋季大会, 講演要旨集, 金沢 (2016)

## 特定准教授 丸山 直也 (先端研究分野)

### 【研究の概要と成果】

#### アクセラレータに関する研究

松岡教授および松岡研究室と共同で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。Fast Multipole Method 等の粒子法は種々のシミュレーションの基盤的アルゴリズムとして用いられており、特に計算密度の高さから GPU 等へのアクセラレータを用いた高性能実装がこれまでも発表されてきている。しかしながら、高性能実装の開発には対象アーキテクチャ毎の最適化や、大規模システムに向けたスケーラビリティの実現など、高度な実装技術が必要とされる。我々は横田准教授らとも共同で FMM 等の階層型アルゴリズムを対象としたフレームワークである TAPAS を設計、開発している。これはアルゴリズムを直感的に記述可能なプログラミングモデルを定義し、マルチコア CPU、GPU、ノード間並列等を対象とした自動並列化を実現することを狙ったものである。特にノード間並列については Inspector-executor 方式を応用することで、通常の手による並列化による Locally Essential Tree の構築と同等の並列化を自動的に実現している。本フレームワークの設計や実装方法についてまとめた論文を IEEE ICPADS16 にて発表した。

また、昨年度に引き続き FPGA の評価研究を行った。Rodnia ベンチマーク集を対象とし、そのうちの 6 つのベンチマークについて Altera OpenCL 向けに最適化手法について調査し、Stratix V および Arria 10 FPGA を用いて性能比較を CPU、GPU と行った。その結果は ACM/IEEE SC'16 にて論文として発表した。全体としてはボードあたりの性能では GPU に劣る場合が多いものの、電力あたり性能では FPGA が勝る場合が多かった。電力性能が重要な指標である今日の HPC においては有望な結果と言える。一方で、大規模な問題を現実的な時間で解くためには絶対性能も当然ながら重要であるが、単体 FPGA の性能に限られているため複数 FPGA を用いる必要があり、その際の性能スケーリングは未知であり、今後のさらなる評価が必要である。

#### 【査読付き国際会議・国内学会発表】

- 1) Keisuke Fukuda, Motohiko Matsuda, Naoya Maruyama, Rio Yokota, Kenjiro Taura, Satoshi Matsuoka, "Tapas: An Implicitly Parallel Programming Framework For Hierarchical N-body Algorithms," Proceedings of the 22nd IEEE International Conference on Parallel and Distributed Systems, Wuhan, China, December 2016.
- 2) Hamid Reza Zohouri, Naoya Maruyama, Aaron Smith, Motohiko Matsuda, Satoshi Matsuoka, "Evaluating and Optimizing OpenCL Kernels for High Performance Computing with FPGAs," Proceedings of the 2016 ACM/IEEE conference on Supercomputing (SC'16), Salt Lake City, USA, November 2016 (Acceptance ratio: 18.4%).

**【査読付きポスター発表】（採択率）**

- 1) Keisuke Fukuda, Motohiko Matsuda, Naoya Maruyama, Rio Yokota, Kenjiro Taura, Satoshi Matsuoka, "Tapas: An Implicitly Parallel Programming Framework For Hierarchical N-body Algorithms," Proceedings of the 2016 ACM/IEEE conference on Supercomputing (SC'16), Poster, Salt Lake City, USA, November 2016. (Acceptance ratio: 65.1%).

### 7-3 受賞学術賞等

渡辺勢也、青木尊之、長谷川雄太：グラフィックスアワード 特別賞 MicroAVS 賞，  
日本計算工学会 第 21 回計算工学講演会  
(2016 年 6 月 1 日)

Mohamed Wahib Attia, 丸山直也, 青木尊之:  
SC'16 Technical Paper, BEST PAPER AWARD  
「Daino: A High-Level Framework for Parallel and Efficient AMR on GPUs」  
(2016 年 11 月 18 日)

松下 真太郎、青木 尊之：ベスト CFD グラフィックスアワード動画部門・銀賞  
日本流体力学学会・第 30 回数値流体力学シンポジウム  
「弱圧縮性流体解析手法による気液二相流解析」  
(2016 年 12 月 13 日)

長沼 大樹 (横田研究室)：Best Idea 賞  
学生対象の日本最大級ハッカソン JPHacks  
<https://jphacks.com/information/2016-finalreport/>  
(2016 年 12 月 19 日)

長沼 大樹 (横田研究室)：学生部門最優秀賞  
一般向け日本最大級ハッカソン MashupAward  
<http://mashupaward.jp/2016/11/final-student/>  
(2016 年 12 月 19 日)

渡辺 勢也、青木 尊之、長谷川 雄太：優秀講演賞  
日本機械学会・第 29 回計算力学講演会  
「LBM-DEM の直接相互作用計算による流動層 の大規模シミュレーション」  
(2017 年 3 月 3 日)

長沼 大樹 (横田研究室)：学院長奨励賞  
情報理工学院の学院長奨励賞  
(2017 年 3 月 07 日)

長沼 大樹 (横田研究室)：最優秀賞  
ImagineCup2017 日本大会  
<https://www.microsoft.com/ja-jp/education/imagine-cup.aspx>  
(シアトルで行われる世界大会に日本代表として出場決定)  
(2017 年 3 月 27 日)



## 8. 業務貢献

### 8-1 専門委員会所属・開催状況

氏名	認証基盤	ネットワーク	コンピュータシステム		グローバル 資源	共同 利用	広報
			(研究系)	(教育系)			
山田 功	○		○			○	○
西畑伸也	○	○	○			○	◎
青木尊之			○		○	◎	○
一色 剛	◎	○	○	○			
友石正彦	○	◎	○	○			
西崎真也	○	○		◎			○
松岡 聡		○	◎	○	○	○	
山口しのぶ					◎		
飯田勝吉	○	○					
横田理央			○		○	○	
遠藤敏夫		○	○				○
松浦知史		○					
下川辺隆史						○	○
實本英之	○						○
渡邊寿雄			○			○	○
額田 彰			○				
佐々木淳						○	
金 勇		○					

専門委員会開催数 (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	11回
	研究システムWG	0回
	教育システムWG	0回
	T S U B A M E 課金検討WG	3回
	グローバル情報資源活用協働専門委員会	7回
	共同利用専門委員会	16回
	広報専門委員会	1回
S C ブース展示WG	3回	

定期ミーティング開催数	認証基盤システム	42回
	ネットワークシステム	47回
	コンピュータシステム	41回
	T S U B A M E	49回
	教育システム	12回
	共同利用・共用促進事業	44回

## 8-2 講演会・セミナー・シンポジウム等企画・実施状況

件名	企画・実施者氏名
平成 28 年 TSUBAME 春の講習会 (4/20~6/10/2016)	情報基盤課
平成 28 年 TSUBAME 秋の講習会 (9/26~11/15/2016)	情報基盤課
ホームカミングデーTSUBAME2.5 一般公開(05/21/2016)	情報基盤課
ACM Symposium on High-Performance Parallel and Distributed Computing (HPDC) ブース出展 (5/31~6/4/2016)	松岡 聡、遠藤 敏夫
ISC16 出展 (6/19~6/23/2016)	松岡 聡、遠藤 敏夫
GPU コンピューティング講習会 (6/27,10/24/2016,3/7/2017)	青木 尊之、下川辺 隆史 黄 遠雄
MPSoC 2016 国際フォーラム (7/11~7/15/2016)	一色 剛
第二回メモリプラスワークショップ (8/31/2016)	遠藤 敏夫、佐藤 幸紀
オープンキャンパス TSUBAME2.5 一般公開 (8/11/2016)	遠藤 敏夫、横田 理央 渡邊 寿雄、額田 彰 野村 哲弘、情報基盤課
第 22 回スーパーコンピューティングコンテスト (8/22~8/26/2016)	委員長：権藤 克彦 (情報理工院) 西崎 真也、遠藤 敏夫 額田 彰
Gaussian ワークショップ 2016 (9/5,6/2016)	渡邊 寿雄
世界遺産地域保存への情報技術導入に関するワークショ ップ (9/6,2016)	山口 しのぶ POONG YEW SIANG
工大祭 TSUBAME2.5 一般公開 (10/8,9/2016)	遠藤 敏夫、下川辺 隆史 佐藤 幸紀、野村 哲弘 情報基盤課
SuperComputing 2016 ブース出展 (11/14~11/17/2016)	松岡 聡、青木 尊之 遠藤 敏夫、横田 理央 額田 彰、渡邊 寿雄 下川辺 隆史、三浦 信一

特別講義『プレゼンテーション Zen』(11/30/2016)	情報基盤課
国際シンポジウム Sustainable use of Information and Communications Technologies (ICT) for Improving the Quality of Primary Education in Mongolia (1/12/2017)	山口しのぶ、山本 祐規子
3rd Accelerated Data Analytics and Computing Institute (ADAC) Workshop (1/25~27/2017)	松岡 聡、横田 理央 遠藤 敏夫、渡邊 寿雄 下川辺 隆史、實本 英之 野村 哲弘
東工大 TSUBAME 利用促進シンポジウム (3/8/2017)	佐々木 淳、青木 尊之
アブドゥラ国王科学技術大学(KAUST)との「環境・医療に資する大規模計算情報技術に関する共同研究」セミナー (3/22/2017)	横田 理央

### 8-3 仕様策定・技術審査対応状況

件名	対応教職員 (★委員長)
クラウド型ビッグデータグリーン スーパーコンピュータ 一式	(仕様策定) ★松岡 聡、青木 尊之 遠藤 敏夫、渡邊 寿雄、額田 彰、佐藤 仁 横田 理央、佐々木 淳、下川辺 隆史 鶴見 慶、安良岡 由規 (技術審査) 山田 功、一色 剛、實本 英之 梁井 善行
PDF 作成及び編集、動画像編集、DTP ソフトウェア包括ライセンス 一式	(仕様策定) ★一色 剛、實本 英之 小野 忍、伊藤 剛、藤田 和宏 (技術審査) 根本 忍、新里 卓史、一瀬 光
数値解析ソフトウェア包括 ライセンス 一式	(仕様策定) ★一色 剛、小野 忍、鶴見 慶 (技術審査) 根本 忍、藤田 和宏 梁井 善行
東京工業大学キャンパス包括ソフトウェア ライセンス 一式	(仕様策定) ★一色 剛、實本 英之 小野 忍、伊藤 剛、藤田 和宏 (技術審査) 根本 忍、新里 卓史、一瀬 光
IC カード 一式	(仕様策定) ★一色 剛、井上 進 (技術審査) 伊藤 剛、一瀬 光
東京工業大学共通メールシステム 一式	(仕様策定) ★一色 剛、友石 正彦 山口 雅浩、松浦 知史、井上 進 (技術審査) 實本 英之、昆野 長典



#### 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 尊之
プリンストン大学計算理工学研究所	横田 理央
アブドゥラ国王科学技術大学(KAUST)	横田 理央
スイス連邦工科大学チューリッヒ校	横田 理央
オークリッジ国立研究所	横田 理央
ラオスルアンパバーン政府世界遺産局	山口 しのぶ

東京工業大学学術国際情報センター年報  
2016 年度  
第 15 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

---