

GSIC年報 Annual Report 2011

第 10 号

東京工業大学 学術国際情報センター



目次

| | |
|----------------------|----|
| 巻頭言 | 1 |
| トピックス | |
| 「東日本大震災への対応について」 | 2 |
| 「ゴードンベル賞の受賞について」 | 8 |
| 「HPCIについて」 | 11 |
| 1. 組織・運営 | 16 |
| 1-1 組織図 | 16 |
| 1-2 教員構成 | 17 |
| 1-3 事務組織 | 18 |
| 1-4 各種委員会メンバー一覧 | 19 |
| 1-5 運営委員会開催状況 | 21 |
| 1-6 人事異動 | 24 |
| 2. 情報基盤サービス | 26 |
| 2-1 研究用計算機システム | 26 |
| 2-1-1 構成 | 26 |
| 2-1-2 運用 | 27 |
| 2-1-3 実績 | 29 |
| 2-2 教育用計算機システム | 33 |
| 2-2-1 構成 | 33 |
| 2-2-2 運用 | 34 |
| 2-2-3 実績 | 34 |
| 2-3 ネットワークシステム | 35 |
| 2-3-1 構成 | 35 |
| 2-3-2 運用 | 36 |
| 2-3-3 実績 | 38 |
| 2-4 キャンパス共通認証・認可システム | 42 |
| 2-4-1 構成 | 42 |
| 2-4-2 運用 | 42 |
| 2-4-3 実績 | 43 |
| 2-5 ソフトウェア包括契約 | 45 |
| 2-5-1 概要 | 45 |
| 2-5-2 運用 | 45 |
| 2-5-3 実績 | 46 |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2-6 学際大規模情報基盤共同利用共同研究拠点・共同研究 | 49 |
| 2-7 TSUBAME 共同利用サービス | 53 |
| 2-8 先端研究施設共用促進事業 | 57 |
| 2-9 TSUBAMEグランドチャレンジ大規模計算制度 | 64 |
| 3. 国際協働 | 69 |
| 3-1 MOUに基づく国際共同研究 | 69 |
| 3-1-1 ラオス国世界遺産地域ルアンパバーンにおける遺産管理のための情報技術の導入に関する海外ワークショップ | 69 |
| 3-1-2 モンゴル国首都にて 教育分野におけるICTの利用に関する国際シンポジウム | 70 |
| 3-1-3 チェンマイ大学・カセサート大学との共同研究 | 70 |
| 3-1-4 エルランゲン・ニュルンベルグ大学との共同研究 | 71 |
| 3-2 国際シンポジウム・ワークショップ | 71 |
| 3-2-1 GSIC主催国際シンポジウム 出炭における地震危険可能性および安全への備え | 71 |
| 3-2-2 GSIC主催国際シンポジウム 地盤構造物への地震被害軽減 | 72 |
| 3-2-3 GSIC主催国際ワークショップ 地下水汚染除去・水質管理 | 73 |
| 3-2-4 自然災害シミュレーションとGPUコンピューティングに関する国際協働ワークショップ | 73 |
| 3-2-5 IIT Madras-Tokyo Tech joint Workshop on Bioninformatics and Large Scales Data Analysis | 74 |
| 3-2-6 GPGPUプログラミング・ワークショップ | 74 |
| 3-3 国際共同研究 | 75 |
| 3-3-1 メモ炭鉱における淡水貝類密集層の調査 | 75 |
| 3-3-2 蟻地獄巣穴に関するナレスアン大学との共同研究 | 75 |
| 3-3-3 国際室との連携に基づく情報基盤に関する共同研究(TSUBAME含む)の促進 | 76 |
| 4. イベント及び啓蒙活動 | 77 |
| 4-1 工大祭におけるTSUBAME一般公開 | 77 |
| 4-2 SC11 | 78 |
| 4-3 スーパーコンピューティングコンテスト | 83 |
| 4-4 講習会 | 84 |
| 4-5 研究会 | 86 |
| 4-5-1 GPUコンピューティング研究会 | 86 |
| 4-5-2 計算化学研究会 | 88 |
| 5. 広報活動 | 91 |
| 5-1 マスコミ報道等 | 91 |
| 5-1-1 新聞 | 91 |
| 5-1-2 テレビ | 93 |
| 5-2 TSUBAME E-Science Journal | 94 |

| | |
|-----------------------------------|-----|
| 5-3 見学者受入状況 | 96 |
| 6. 予算執行状況 | 99 |
| 7. 研究部門活動報告 | 100 |
| 7-1 情報支援部門 | 100 |
| 山口雅浩 | 100 |
| 権藤克彦 | 109 |
| 友石正彦 | 111 |
| 飯田勝吉 | 112 |
| 渡辺陽介 | 114 |
| 益井賢次 | 116 |
| 嶋村昌義 | 117 |
| 木村文一 | 118 |
| 石川雅浩 | 120 |
| AHI SERCAN TAHA | 122 |
| 直井 聡 | 124 |
| 門林雄基 | 126 |
| 7-2 先端研究部門 | 128 |
| 青木尊之 | 128 |
| 松岡 聡 | 134 |
| 山口しのぶ | 144 |
| ピパットポンサー ティラポン | 146 |
| 関嶋政和 | 151 |
| 渡邊寿雄 | 154 |
| 遠藤敏夫 | 155 |
| 丸山直也 | 157 |
| 佐藤 仁 | 160 |
| 滝澤真一郎 | 163 |
| 額田 彰 | 166 |
| 野村哲弘 | 169 |
| 小林宏充 | 170 |
| 7-3 受賞学術賞等 | 172 |
| 8. 業務貢献 | 173 |
| 8-1 専門委員会所属・開催状況 | 173 |
| 8-2 学内業務関連委員等就任状況 | 174 |
| 8-3 調査・広報活動(見学・来賓・式典対応状況) | 175 |
| 8-4 講演会・セミナー・シンポジウム等企画・実施状況 | 176 |
| 8-5 仕様策定・技術審査対応状況 | 177 |
| 8-6 国際共同研究コーディネート・マッチング状況 | 178 |

巻頭言

学術国際情報センター長 佐伯元司

2011年4月より、前センター長渡邊治教授の後を引き継ぎ、センター長を拝命いたしました。皆様にはご迷惑やご不便をおかけすることも多々あったかと思いますが、どうぞよろしくお願いいたします。

学術国際情報センター（GSIC）は、東京工業大学における最先端の情報技術を駆使して研究・教育等に関する支援を行い、情報技術を媒体として国際共同研究の推進を図ることを目的としてきました。平成13年に発足して以来、この目的を達成するために、学内の情報基盤の整備と運用支援をはじめとする様々な活動を行ってきました。平成23年度もこの年報で報告いたしますように多くの事業を行ってまいりましたが、なんと言っても大きかったのは東日本大震災の影響での節電対策でした。4月から夏にかけての計画停電への対処、節電のためのTSUBAME 2.0の縮退運転、ピークシフト運用を行い、教職員、学生のみならず外部利用者にもご不便をおかけいたしました。そのような中で、TSUBAME 2.0が2011年11月に数値計算性能を示すTop500で世界5位、電力性能のランキングGreen500で10位、大規模データ解析性能Graph500で世界3位を記録し、その結果HPC Wire誌より世界第一位のスパコンであるとの評価をいただき、さらに青木教授らのグループがTSUBAME 2.0を使った合金の凝固過程のシミュレーションでゴードンベル賞を受賞し、実用面でのTSUBAME 2.0の成果が大きく評価されたことは誠に嬉しい限りです。また、国際協同分野でもモンゴル政府、ユネスコから補助を受けたICT教材の開発・普及事業が本格化してまいりました。

TSUBAME 2.0の運用・サービス面では、昨年度より引き続き、学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点としての計算資源の提供、グランドチャレンジの実施、先端研究施設共用促進事業など、学内はもとより海外や、学外の産業利用まで多彩なサービスの提供を本格化させてきました。それに伴い、より柔軟で安定したサービスの提供が不可欠なものとなってきております。

学内の情報基盤の整備・運用では、さらなる高速化・安定化・安全化を目指し、田町地区まで含めたTitanet3の敷設、すずかけ台キャンパスからのSINET4接続による対外接続増強、ICカード発行システムの切り替え、TSUBAMEのクラウド環境とWindows端末とからなる新教育システムの本格稼動などを実施し、来年度予定しております共通メールシステムのための仕様策定を行ってきました。

来年度に向けても、共通メールシステムの導入・稼動をはじめとして、一層の情報基盤の高速・安定・安全運用や皆様のご期待に沿うようなTSUBAME 2.0のサービスの提供を推し進めるとともに、本年度より予算処置が講じられ、スタートしましたTSUBAME 2.0の次世代グリーンスパコンの開発研究も着実に推進していく所存でございます。そのためにも、ここに1年間の成果をまとめ、公表し、内外より評価をいただくことは本センターの発展に極めて重要であると考えております。以上のような次第ですので、本センターの様々な活動、成果等を本年報でご覧いただき、これまでの活動・成果・方向性につきまして、ご意見、ご助言いただければ誠に幸いです。

トピックス

東日本大震災への対応について

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東日本大震災は特に東北地方において甚大な被害を引き起こした一方、それに起因する福島第一原子力発電所事故は関東地方に電力供給不足を引き起こした。3月から4月にかけては計画停電(輪番停電)が行われ、7月から9月にかけては経済産業省が電力大口需要家に対して昨年比15%減の電力使用制限を課した。この状況は産業界の混乱だけでなく、大学・研究機関にも大きな影響を及ぼした。本GSICセンターにおいても、運用中の学内ネットワークサービス・スーパーコンピュータTSUBAME2.0による大規模科学技術計算サービス・ストレージサービス・ホスティングサービスなどについて緊急の対応が必要となった。事故直後においては各種システムのほぼ完全な停止、その後もTSUBAME2.0の縮退運用を余儀なくされた。社会的要請に応える必要性がある一方で、研究機関の責務としては科学技術研究を推進し続ける必要があり、ましてや電力性能比において世界トップクラスであるTSUBAME2.0を効率的に活用することはセンターの第一義的な課題である。

本稿では、主にTSUBAME2.0の運用面において、次々に変動する電力事情下において講じてきた対策について述べる。満たすべき条件は、電力制限を満たしつつ、スパコンユーザのジョブをできる限り多く走行させる、および強制終了の可能性を最低限に抑制するという点である。ここで考慮する必要があるのは、TSUBAME2.0は様々な分野のユーザにより利用され、走るジョブは特に並列度、走行時間において広い多様性を持つという点である。そして無論、システムが持つペタバイト級ストレージの内容は失われてはならない。さらに対策決定においては、エネルギー削減とピーク電力遵守を明確に区別し、後者に注力すべきである。

対策のために割くことのできる時間や人員は限られていたが、その状況下でGSICとNECを始めとする企業連合体の協働により以下のような種々の対策を講じた：

- 計画停電対応のため短時間運用の検討
- 消費電力(システム/内訳)のリアルタイム可視化
- 昼夜ピークシフト運用
- 短時間ジョブキュー導入

2. TSUBAME2.0 スーパーコンピュータの電力

TSUBAME2.0 スーパーコンピュータは2010年11月に運用が開始され、理論速度性能2.4ペタフロップスと、国内で初めて1ペタフロップスを超えたシステムである。世界トップクラスの高性能を、消費電力を抑えつつ実現するために、最新世代のGPUアクセラレー

タである NVIDIA Tesla M2050 の大規模の採用， ノードローカルストレージとしてハードディスクの代わりに可動部を持たない SSD の採用， などの特徴を持つ． さらに冷却方式についても， 古典的な方式では計算機そのものと同程度の電力を消費してしまうのに対し， 水冷・空冷ハイブリッド型の Modular cooling system (MCS)ラックの導入等によって， PUE1.3 程度(IT 機器の電力を 1 としたときに冷却電力 0.3)という高効率を誇っている． TSUBAME2.0 の電力性能効率は世界ランキング Green500 においても認められ， 2010 年 11 月と 2011 年 6 月には二回連続で Greenest Production Supercomputer 賞を獲得した．

一般的にスーパーコンピュータの消費電力は稼働率・走行アプリケーションの特性・外気温などの多種多様の要因により大きく変動する． 表 1 に， いくつかの状況下における TSUBAME2.0 の電力消費を示す． このシステムは上述のように最新の電力性能向上技術により， 同規模のスパコンよりも大幅に電力は抑えられているものの， それでも平均的運用時で約 1MWatt を消費しており， 本学大岡山キャンパスの消費電力の 10%前後を占めている．

表 1: TSUBAME2.0 の電力消費． 数値は KWatt 単位．

| | 計算ノード・ネットワーク | ストレージ | 冷却 | 合計 |
|-------------------|--------------|-------|------|-------|
| 平均的運用時 | 680 | 70 | 230 | 980 |
| ASUCA 気象シミュレーション | 960 | 78 | 270 | 1308 |
| フェーズフィールドシミュレーション | 1362 | 73 | 294 | 1729 |
| Linpack ベンチマーク | 1417 | ~70 | ~300 | ~1787 |

3. 実施した電力危機対応運用

震災に起因する電力供給不足が発生して以来， TSUBAME2.0 の運用内容およびキュー構成は次々と変更を余儀なくされた． 表 2 に通常時のキュー構成を， 表 3 に震災以降の運用変更内容を時系列で， 示す． 特に震災直後においては， 東京電力からの日々の連絡対応に追われ， 混乱が大きくなっていることが表からも分かる． それ以後も縮退運用などが続いたが， おおよそ一貫して下記のような方針であった．

- ユーザの利便性の損失はある程度発生するが， 最小限とする． 多様なユーザが存在することに注意し， キュー毎の利用率をかんがみつつも不公平をなるべく抑える．
- 社会情勢として節電は必須であるが， エネルギーの節約と， ピーク電力制限の遵守は異なるとに注意する必要がある． 今回優先すべきは東京電力管内のピーク電力制限の遵守であり， 管内の電力需要が減少する夜間・休日にまで一律的に節電を行うのは， スパコンの社会的意義からは無意味である． その概念に基づき， ピークシフト運用を初期から行った．

表 2: TSUBAME2.0 のキュー構成(通常時)

| ノードグループ | 台数 | キュー名 | 特徴 | 想定用途 |
|----------|-----|-------|-------------|------------|
| S グループ | 300 | S キュー | ノード占有 | 並列ジョブ |
| G/V グループ | 380 | G キュー | 3GPU 利用可 | GPU 利用ジョブ |
| | | V キュー | VM, 8CPU コア | パラメータスイープ等 |
| H/X グループ | 420 | H キュー | 日単位の占有予約 | 大規模並列ジョブ |
| | | X キュー | H 未予約時 | 並列ジョブ |

表 3: TSUBAME2.0 節電運用の時系列一覧

| 日程 | 内容 | 運用ノード数 |
|--------------------|---------------------------|--------------------------------|
| 2011/3/11 | 震災発生 | |
| 3/14 | 輪番停電の対応のためにシステム停止 | |
| 3/16 | ストレージ・ログインノードの運用再開 | |
| 3/17 | 一部キュー再開 | S 160, G/V 100, H/X 150 |
| 3/18 | 再度輪番停電対応のため全システム停止 | |
| 3/24 | 一部キュー再開 | S 300, G/V 300 |
| 3/25--4/6 | 年度末メンテナンス | |
| 4/6--4/7 | 春季グランドチャレンジ実行(期間縮小, 夜間のみ) | |
| 4/8 | 新年度サービス開始 | S 280, G/V 100 |
| 4/8--11 | 第一回ピークシフト試験 | S 280, G/V 100, X400 |
| 4/15—18 4/22—25 | 第二回, 第三回ピークシフト試験 | S 280, G/V 100, X 900 |
| 4/25--6/8 | 運用ノード増加, ピークシフト運用 | S 300, G/V 480, 夜間 X 420 |
| 6/9--6/30 | 大学の許可の下, 100%運用 | S 300, G/V 480, H/X 420 |
| 7/1--7/24 | ピークシフト運用 | S 300, G/V 310, H 80, 夜間 X 480 |
| 7/25--9/25 | 短時間ジョブキュー(Y)運用 | S 300, G/V 280, H/X 420, Y 200 |
| 9/26--10/3 | 秋季グランドチャレンジ(700 ノードチーム)実行 | S 300, G/V 280 |
| 10/3--10/6 | 秋季グランドチャレンジ(全ノードチーム)実行 | |
| 10/6-- | 通常運用再開 | S 300, G/V 480, H/X 420 |

3.1. 震災直後の対応

震災および原発事故を受け、東京電力管内では輪番停電が実施されることとなり、東工大岡山キャンパスもその対象となった。完全に電力供給が停止する可能性がある状況下では、データ損失の可能性を避けるために、停電までに確実に停止しておかなければならない。当時の輪番停電計画は、一日のうち三時間停電する可能性があり、実際に停電が起こるかは前日夜または当日に判明するという、非常に困難な状況であった。システムの起動および安定化までには約 7 時間、停止には約 3 時間かかるため、一日数時間の運用のために起動・シャットダウンを繰り返すのは現実的ではない。そのため三月中はほぼ運用できない事態となった。なお結局岡山キャンパスでは輪番停電は起こらなかった。

さらに震災前からの計画により、四月上旬にはグランドチャレンジ制度を実施する予定となっており、システム全体を用いたプログラム実行を行う四チームも決定していた。実施の可否については、大学からの節電要請や当時の電力事情などを鑑み検討し、時間の縮小により実施が決定した。当初の予定では一チーム 24 時間の持ち時間だったところを、6-8 時間とし、かつ一般的に電力需要の減少する夜間に実施を行った。このような悪条件の下ではあったが、四チームの実験は終了し、それぞれ学術的な成果を上げた。なかでも、本センターの研究者を主要メンバーとする金属結晶デンドライトシミュレーションのチームは、国際会議 Supercomputing 2011 (SC11)において高性能計算分野の最も著名な賞である ACM Gordon Bell Prizes Special Achievement Award を獲得するという成果を上げた。さらに、イタリア CNR と本センターの共同による生体流体シミュレーションのチームも同賞の Honorable Mention を獲得している。

3.2. ピークシフト運用

四月上旬には、大学側より本センターの消費電力を前年度比 50%に制限するように要請が下りた(同月下旬には 75%に緩和)。センターにはスパコンだけでなく全学ネットワーク基盤やホスティングマシンなど、停止のできないシステムも設置されている。さらにスパコンシステムの中でも、インターコネクトスイッチやストレージについては原則的に停止できない。以上の検討および予備測定などから、TSUBAME2.0 の消費電力を 790kWatt 程度以下に抑えること、および計算ノードの運用数を約 65%とすることを決定した。

一方、上述のように夜間や休日に同じ条件を課すのは合理的ではない。そのため運用ノードを 65%とするのは平日昼間のみとし、夜間・休日に運用ノードを 100%とする「ピークシフト運用」の可能性を探ることとした。その過程では以下の技術的課題を発見し、時間の限られている中で対応を行った。

- 毎日数百ノードの起動・停止を人手で行うのは現実的ではないため、自動化ツールを作成する必要があった。
- さらに、スーパーコンピュータのハードウェア・ソフトウェアにおいては頻繁に電源をオン・オフすることは主要な想定には含まれていない。そのために確率的に起動失

敗するノードの存在が問題となった。その対応のために起動時にマシンの正常性を確認するツールを段階的に改良した。

3.3. リアルタイム電力可視化の改良

TSUBAME2.0 の導入時より、すでに分電盤レベルでの電力を Web 上で閲覧できることができたが、リアルタイムでシステム全体・部分ごとの電力の挙動が分かるものではなかった。刻々と変動する電力事情に対応可能とするために、新たな電力モニタリングツールを作成し、電力可視化を大幅に改良し、四月下旬より Web ページ (<http://mon.g.gsic.titech.ac.jp/powermon>) でリアルタイム電力の様子を公開した。

TSUBAME 2.0 Power Monitoring System

TSUBAME 2.0 All Power Summary

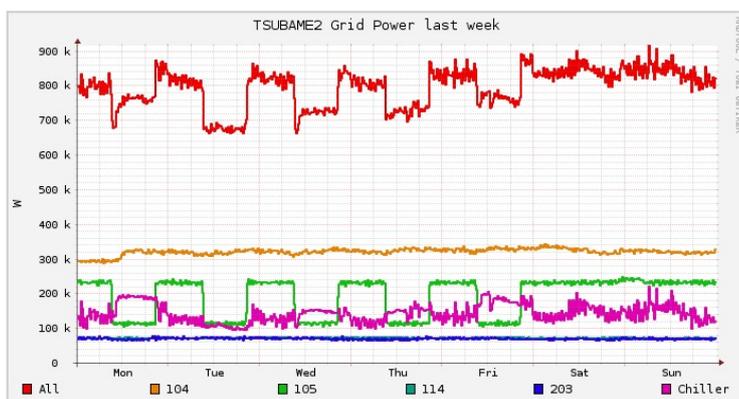


図1: 新たな電力モニタリングツールを用いた TSUBAME2.0 のリアルタイム電力表示の様子。104/105/114/203 はマシン室番号を表し、さらに細かい分電盤レベルの表示も可能。

ツールに入力するデータ源としては、上述の分電盤レベルの「毎時ゼロ分からの積算電力量」を用いた。これを定期的に読み込み、電力量から電力へ変換するデーモンプログラムを作成した。さらにその電力データを Ganglia モニタリングシステムに提供し、分電盤ごとおよびシステム全体の電力もリアルタイムで表示することが可能となった(図1)。

なお本図はピークシフト運用中の五月の一週間の電力推移を示す。この中で五回電力が低下している部分があるが、これが平日の昼間に対応しており、さらには目標電力の 790kWatt 以下と実現できていることが容易に見てとれる。本可視化システムは電力危機対応のために必要に迫られて構築されたものであるが、時々刻々と移り変わるシステム電力を「見える化」した、世界のスパコンの中でも稀有な例となった。

3.4. 短時間ジョブキューの運用

七月下旬に、大学よりシステム 100%運用の許可が下りた。これは気温の上昇に伴う節電

強化の情勢とは一見逆行するようであるが、大学所属であることの事情による；つまり、授業期間が終了したため、キャンパスの教室などの冷房需要が大幅に減ったためである。一方同時に、キャンパスの電力消費が上昇した場合には、早急に稼働ノード数を削減可能とすること、という条件も課された。これに対応しつつ、かつ走行中ジョブをできる限り中途終了させない運用を行う必要が生じた。

その対応のために、投入時に宣言される実行時間の短い(makespan が一時間以下)ジョブだけが走行可能なキューを設置し、新規に Y キューとした。このような制限を設けることで、節電警報が出たときにジョブの新規走行開始を中止すれば、原則一時間以内に走行中のジョブは終了するため、安全に運用ノードを削減することができる。結果としては、この夏季期間中にノードの停止が必要となるケースは起こらなかった。

4. おわりに

TSUBAME2.0 の運用開始から 4 か月の時点である 2011 年 3 月に発生した大震災および電力危機の影響によって、緊急の運用変更・対策を種々講じる必要があり、それらについて報告した。可能な限り最大限の運用を行う方針を採ったがゆえに、ピークシフト運用をはじめチャレンジングな課題が生じ、対応してきた。さらには、この悪条件下で実施されたランドチャレンジ制度の結果として、2011 年度 Gordon Bell Prizes を獲得するなどの成果を上げることもできた。なおもう一つの受賞チームは京コンピュータを用いた成果であり、日本のスパコンを利用したものが二件を独占した。

大震災後の社会的要請として、防災・環境問題などへの取り組みが求められており、本センターとしても今後さらに、スーパーコンピュータを活用した研究開発によりその加速を行う計画である。

- ピークシフト運用などにより最大限の計算資源提供に努めているものの、需要の伸びは大きく、利用率は繁忙期には利用率 90%以上、時には 99%に達しており、すでに計算資源が逼迫している状況である。防災・環境などの社会貢献アプリケーションを中心とする需要のさらなる急激な増加への対応するために、アクセラレータを中心とした TSUBAME2.0 への資源増強を検討中である。
- 緊急時に災害対策シミュレーションなどをリアルタイム的に・最優先に実行可能とするジョブ管理方式を検討している。現状のジョブスケジューラでは対応困難なため、新たなスケジュール方式の導入を検討している。
- 今後のスーパーコンピュータの計算機・冷却方式双方の電力効率を更に大幅向上させる技術開発が必要不可欠である。そのために油浸冷却・大気冷却技術を導入したプロトタイプシステムの研究開発中である。

なお本稿の研究開発の一部は概算要求「スパコン・クラウド情報基盤におけるウルトラグリーン化技術の研究推進」、JST-CREST「ULP-HPC:次世代テクノロジーのモデル化・最適化による超低消費電力ハイパフォーマンスコンピューティング」の援助による。

ゴードンベル賞を受賞

学術国際情報センター

青木 尊之

学術国際情報センター（GSIC）の我々のグループが、スーパーコンピュータの分野で最高の荣誉と言われるゴードンベル賞・特別賞（ACM Gordon Bell Prize Special Achievements in Scalability and Time-to-Solution）を受賞することができました。ゴードンベル賞はIEEE Computer Societyにて運営され、その年にハードウェアとソフトウェアの開発において最高の成果をあげたプロジェクト及びそのメンバに付与されます。2011年11月に米国シアトル市で開催され10,000人以上が参加したSC11において、ファイナリスト5件の最終プレゼンテーションと受賞者が発表（授賞式）されました。今年からピーク性能賞と特別賞のカテゴリーのみとなり、前者はスパコンを実用的な応用計算（Top500のLinpackベンチマークなどと異なる）に用いて最高の実測性能を達成した内容に送られるもので、理研を中心としたグループが「京コンピュータ」を用いた内容で受賞しました。後者の特別賞は、極めて高い性能が得られたことに加えて、応用計算の分野で革新的な発展があった内容に送られます。



ゴードンベル賞の賞状

受賞の論文題目は『Peta-scale Phase-Field Simulation for Dendritic Solidification on the TSUBAME 2.0 Supercomputer（TSUBAME 2.0 スパコンにおける樹枝状凝固成長のフェーズフィールド法を用いたペタスケール・シミュレーション）』です。著者は下川辺隆史（創造エネルギー専攻博士課程）、青木尊之（学術国際情報センター）、高木知弘（京都工芸繊維大学大学院工芸科学研究科）、山中晃徳（機械制御システム専攻）、額田 彰（学術国際情報センター）、遠藤敏夫（学術国際情報センター）、丸山直也（学術国際情報センター）、松岡 聡（学術国際情報センター）です。



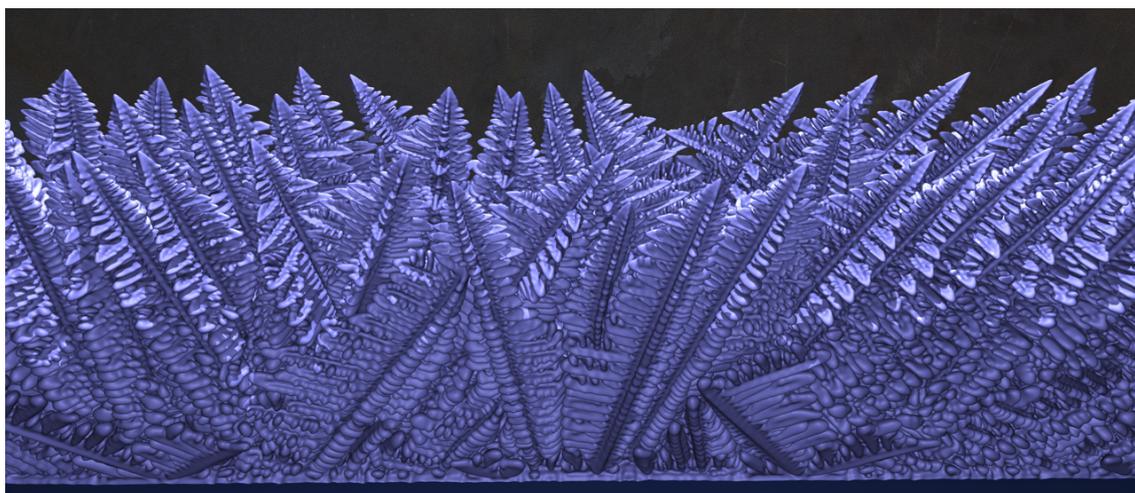
創造エネルギー専攻博士課程の下川辺隆史君によるファイナリスト・プレゼンテーション

計算内容は合金の凝固過程において形成されるデンドライト（樹枝状結晶）をフェーズフィールド法という理論で計算するもので、軽量高強度な新材料の開発などに大きく貢献すると期待されています。空間を格子状に分割し、その格子点上で非線形な方程式を有限差分法で解く（格子法またはステ



ゴードンベル賞の受賞者

ンシル計算と呼ばれる）計算手法を用いています。これまで格子法はプロセッサのピーク性能に対して高い実行性能（フロップス値）を引き出すことが難しいと言われてきましたが、我々のグループは学術国際情報センターのスパコン TSUBAME 2.0（ピーク性能 2.4 ペタフロップス（倍精度） / 4.8 ペタフロップス相当（単精度））の 4000 個の GPU を用い、2.0 ペタフロップス（単精度）という極めて高い実行性能（ピーク性能に対して 44.5%）を達成しました。（詳細については、2012 年 1 月下旬発行予定の TSUBAME e-Science Journal No. 5（SC11 特集号）をご覧ください。）



Al-Si 合金の樹枝状凝固成長過程

今回の SC11 のゴードンベル賞では、25 件以上のエントリーから 5 件のファイナリストが事前選出され、その中から「特別賞」と「ピーク性能賞」という二つの本賞を日本が独占した形になりました。このような日本の両賞の独占は 2002 年の地球シミュレータ以来の快挙です。また、イタリアの The National Research Council (CNR) と GSIC との共同チームが TSUBAME 2.0 を使った研究『Petaflop Biofluidics Simulations On A Two Million-Core System (200 万コアのシステムを用いた生体中の血流のペタフロップ・シミュレーション』、著者 Massimo Bernaschi (Consiglio Nazionale delle Ricerche), Mauro Bisson (Harvard

University), 遠藤敏夫 (学術国際情報センター), Massimiliano Fatica (NVIDIA Corp), 松岡 聡 (学術国際情報センター), Simone Melchionna (Consiglio Nazionale delle Ricerche) も奨励賞 (Honorable Mention) を受賞し、TSUBAME 2.0 を使った計算としてはダブル受賞となりました。

ゴードンベル賞・特別賞および奨励賞を受賞した課題研究は本年 4 月および 10 月に実施された TSUBAME グランドチャレンジ大規模計算制度に採択された研究課題でもあります。期間中に TSUBAME を利用できないご不便をお掛けするなど多くの方のご協力のもとに受賞することができましたことを、この場を借りて厚くお礼申し上げます。

※ フェーズフィールド法：材料のミクロ（分子）レベルとマクロ（製品）レベルの中間スケールで複雑な形状の時間変化をモデル化する理論。凝固などの相変化を表す最も強力な方法であるが、計算量が非常に多いため、材料分野の研究者の間では、これまで 2 次元計算か小規模な 3 次元計算しか行われてこなかった。実用的な凝固組織や材料強度などの特性を予測するには、数 mm 程度のスケールを計算することが必要であり、従来の計算機では不可能とされていた。

※ ペタフロップス：1 ペタフロップスは 1 秒間に 1000 兆回の浮動小数点演算を実行

※ ACM / IEEE：米国計算機学会／米国電気電子学会

HPCI への学術国際情報センターの取り組み

副センター長 青木 尊之
特任助教 滝澤 真一郎
特任准教授 渡邊 寿雄

HPCI 概要と TSUBAME の計算機資源提供

HPCI とは、理化学研究所 計算科学研究機構に構築されたスーパーコンピュータ「京」を中核とし、大学や研究機関が有する国内 HPC 計算機資源を含めた日本全体のスーパーコンピュータインフラの計算機資源を連携して運用することにより最大限の成果を創出するための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) のことである。HPCI の構築と利用を主導する場として「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)コンソーシアム」の発足が進められており、東京工業大学・学術国際情報センターは、8 大学 (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、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、筑波大学・計算科学研究センター) とともにスパコンの資源提供機関として参加する。TSUBAME2.0 の一定の割合 (平成 24 年度は総計算資源の 10%) を HPCI の枠組みで利用するために提供する予定である。

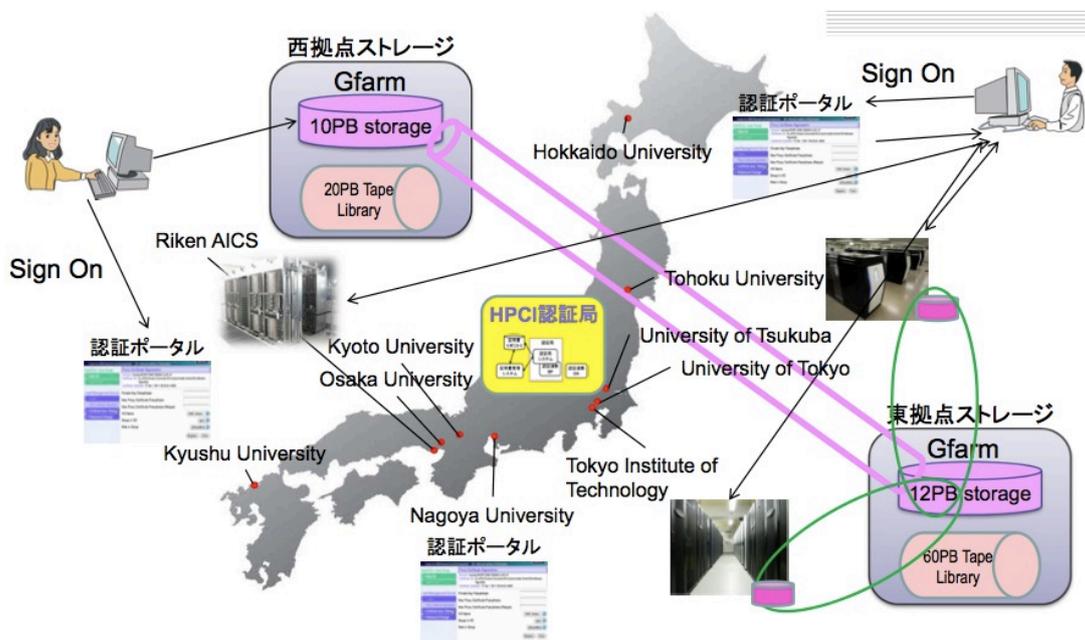


図 1 HPCI システム概要

(出展：第 2 回 HPCI システム基盤詳細設計中間報告&意見交換会)

HPCI は平成 24 年秋の運用開始を予定しており、学術国際情報センターでは計算機資源の提供にとどまらず、平成 22 年度の HPCI 基本仕様の策定、平成 23 年度の HPCI システム基盤の詳細設計においても大きな貢献を行っている。学術国際情報センターでは計算機資源提供するための準備として、平成 23 年度に HPCI 環境構築を行った。

HPCI のシステム・運用仕様の策定

平成 24 年度秋からの運用が計画されており、HPCI を利用することにより HPC 研究者は 1 度の研究課題申請で、京や TSUBAME2.0 等 HPCI 計算機資源群のアカウントを一括して取得できる。また、これらスパコン間や HPCI 計算機資源群から利用できる共有ストレージへのシングルサインオンも利用できるため、複数のスパコンを活用した研究や、研究コミュニティ間でのデータ共有が容易に行える。

本センターは HPCI 発足当初からシステム・運用仕様策定に深く貢献しており、運用に向けた環境整備も進めている。本稿では HPCI の概要、および、本センターの HPCI 運用に向けた取り組みを紹介する。HPCI システム概要を図 1 に示す。

HPCI で運用されるシステムには主に以下の 3 つある。

- シングルサインオン認証基盤

HPCI 計算機資源にシングルサインオンするための GSI 認証基盤、および、HPCI に提供される Web サービス群にシングルサインオンするための Shibboleth 認証基盤が運用される。GSI 認証基盤は HPCI 計算機資源を提供する拠点に GSI-SSH に対応したログインサーバを最低 1 台設置することにより構築される。GSI-SSH は PKI 認証に基づくシングルサインオンをサポートする ssh である。Shibboleth 認証は HPCI 利用者 ID 情報を管理する「IdP」を HPCI 計算機資源を提供する拠点に設置し、Web サービスを提供する「SP」をサービス提供拠点に設置する。HPCI Web サービス提供機関が多数の HPCI 利用者情報を管理せずともサービス運用できるように、HPCI 計算機資源を提供する機関のアカウントにて HPCI Web サービス群にシングルサインオンできるよう IdP を構築している。具体的には TSUBAME のアカウントを持つ者は、そのアカウントにて各種 HPCI Web サービスにログインできる。

HPCI シングルサインオンの流れは以下の通りになる。(1) 利用者は HPCI 認証ポータルに Shibboleth 認証にてログインし、ユーザ証明書を取得する。ユーザ証明書の有効期限は 1 年であり、証明書を意図的に無効にしない限り、この作業は課題期間中 1 度行えば良い。(2) 再度認証ポータルにログインし、一定期間 (1 週間) 有効な代理照明書を取得する。(3) 利用者のローカル PC に代理照明書をダウンロードし、それを用いて HPCI 計算機資源のログインサーバに GSI-SSH でログインする。(4) 必要に応じて、HPCI 計算機資源のログインサーバ間で GSI-SSH でログ

イン・データ転送を行う。

- 共用ストレージ

各 HPCI 計算機資源のログインサーバから GSI 認証にて通常のファイルシステム同様に透過的にアクセスできる広域共有ファイルシステムである。HPCI 計算機資源間でのデータ共有を目的に配備されている。ストレージハードウェアとしては東拠点（東京大学柏キャンパス）から最大 12PB、西拠点（理化学研究所 AICS）から最大 10PB 提供され、それらを Gfarm ファイルシステムにて集約し、計 20PB 強のストレージ領域が提供される。上記の HPCI シングルサインオン手続きに従い (3)まで実施すれば、専用マウントコマンドを実行することで、各 HPCI 計算機資源のログインサーバでマウントできる。その他にも Web ブラウザ、Windows ファイル共有でのアクセスの提供も計画されている。

- HPCI 事務局システム

HPCI の課題申請者に一意に割り振られる ID (HPCI-ID) の管理や、HPCI 課題申請を行うポータルシステムを提供する。また、HPCI から提供される計算機資源は多数あるが、それらに対して 1 度の申請で、要求する計算機資源のアカウントが取得できる申請フローの策定も行っている。

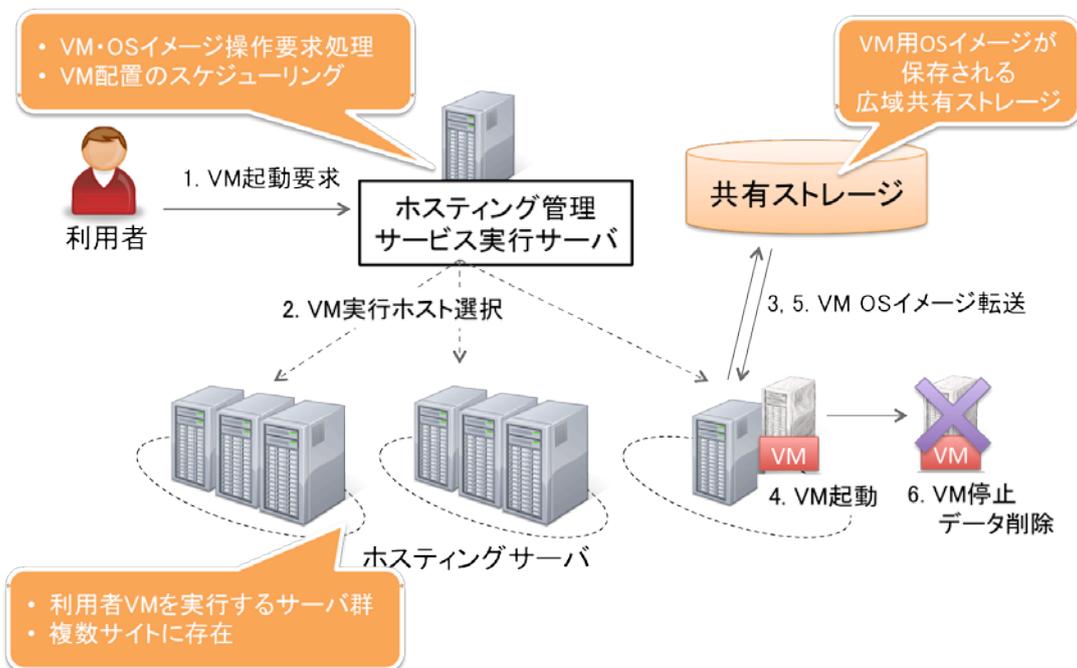


図 2 分散環境ホスティングサービスの構成

この他、本センター中心に仕様を定めており、HPCI 計算機資源の1つとして提供されるシステムとして、「先端ソフトウェア運用基盤」がある。先端ソフトウェア運用基盤を除くHPCI 計算機資源群は各機関にて運用されているスパコンであるため、利用に際して、特定OSしか使えない、利用者はroot権限が得られない、計算ノードはプライベートネットワークにのみ接続されていて外部と隔離されている、等の制約があり、OS や分散システム等のコンピュータサイエンス系研究を行う環境として適していない。このような研究分野の支援を行うための環境として、仮想マシン(VM)によるサーバホスティングをHPCI に提供する環境が先端ソフトウェア運用基盤である。

先端ソフトウェア運用基盤として提供される資源には、北海道大学アカデミッククラウドに代表される、資源提供機関が有するクラウド型VMホスティングサービスと、分散環境をVMにて利用者に提供することを主目的とする分散環境ホスティングサービスの2種類がある。分散環境ホスティングサービスには、文部科学省の科学技術試験研究委託事業による委託業務：次世代IT基盤構築のための研究開発「e-サイエンス実現のためのシステム統合・連携ソフトウェアの研究開発」にて、本センターが研究開発したRENKEI-VPEを使用する。分散環境ホスティングサービスの構成を図2に示す。

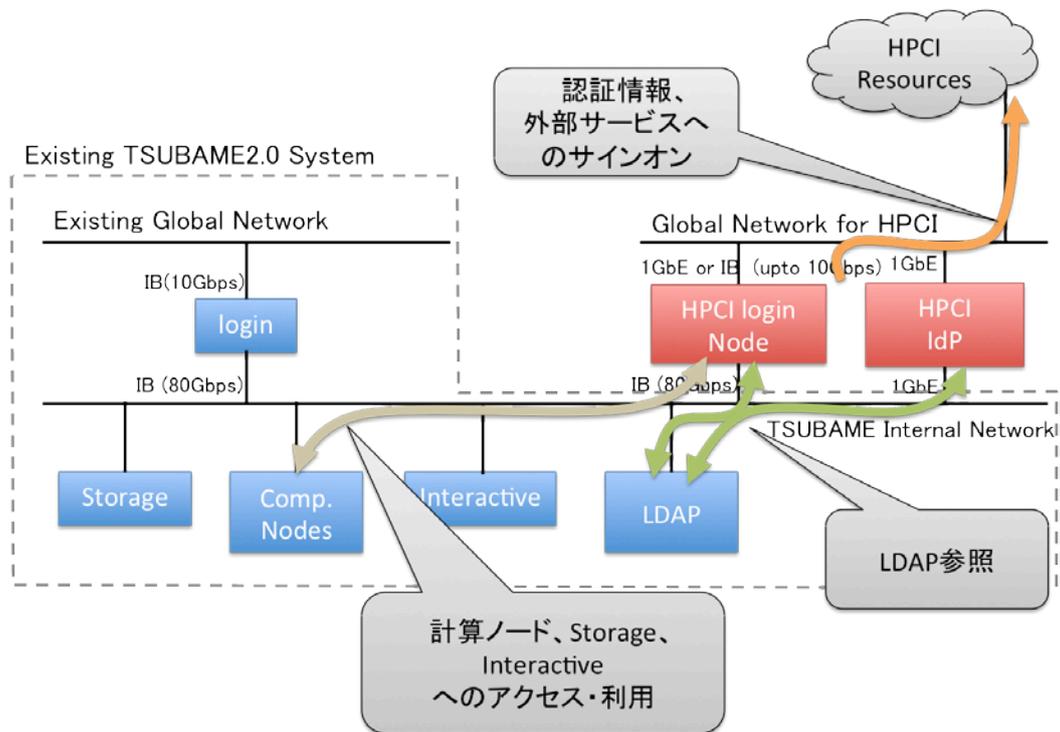


図 3 TSUBAME2.0 の HPCI 認証基盤接続

分散環境ホスティングサービスへのログインには、他の HPCI 計算機資源同様に GSI-SSH が利用できる。分散環境ホスティングの動作は次の通りである。利用者からの要求(1. VM 起動要求)を受け、複数の拠点から提供されたホスティング資源から適切なサーバを選択し

(2. VM 実行ホスト選択)、共有ストレージに置かれた OS イメージを選択されたサーバに転送(3. VM OS イメージ転送)し、VM を起動する(4. VM 起動)。また、実行中の OS イメージを共有ストレージに保存でき(5. VM OS イメージ転送)、後日再利用することも可能である。

学術国際情報センターでの HPCI 環境構築準備状況

本センターでは、HPCI の環境構築の準備として、今年度以下を行った。

- **TSUBAME2.0 を HPCI 認証基盤に接続・アカウント申請フローの試験**

HPCI 認証基盤の運用試験、および、アカウント申請フローの試験を実施するために、TSUBAME2.0 を HPCI 認証基盤に接続した。HPCI 認証基盤に接続するに際しての、TSUBAME2.0 環境構成を図 3 に示す。既存の TSUBAME2.0 環境（灰色点線枠内）に対して、HPCI 用 Shibboleth 認証用の IdP サーバを VM にて構築し接続し、HPCI 用 GSI-SSH 対応ログインノードを TSUBAME2.0 Thin ノード相当のスペックのノードにて構築し接続した。来年度の HPCI 本格運用に向けて、ログインノードの耐故障性実現、冗長構成を進める。

- **先端ソフトウェア運用基盤 分散環境ホスティングサービスの試験配備**

分散環境ホスティングサービスの試験的運用を実施するために、利用マニュアル、および、管理サービス導入・管理、資源提供機関向けの導入・管理のためのマニュアル群を作成した。それらを用い、本センターに管理サーバ、ホスティング用サーバをそれぞれ 1 台ずつ導入し、運用を開始した。また、北海道大学、東京大学、九州大学からもホスティング用サーバが提供されるため、これらを分散環境ホスティングサービスに接続するための SINET L3 VPN の申請を行った。配備中の環境を図 4 に示す。来年度は上旬には他大学のホスティング用サーバを分散環境ホスティングサービスに組み込む予定である。また、利用者用ネットワークとしても単一 SINET L3 VPN だけではなく、利用者毎の VPN 分離や、グローバルネットワークの利用を検討して行く。

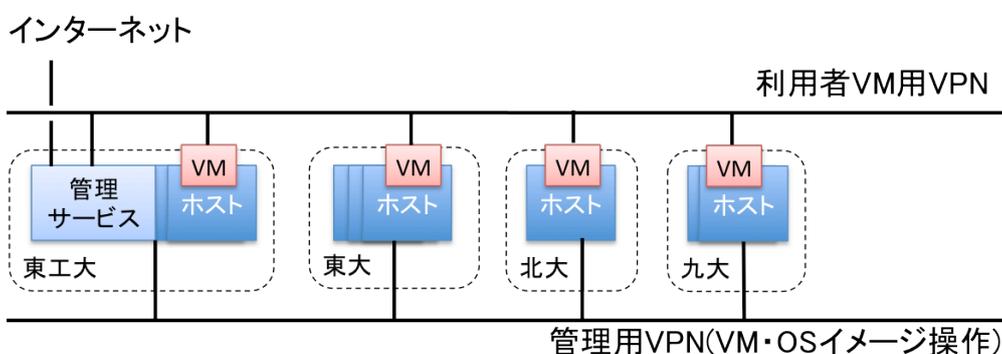
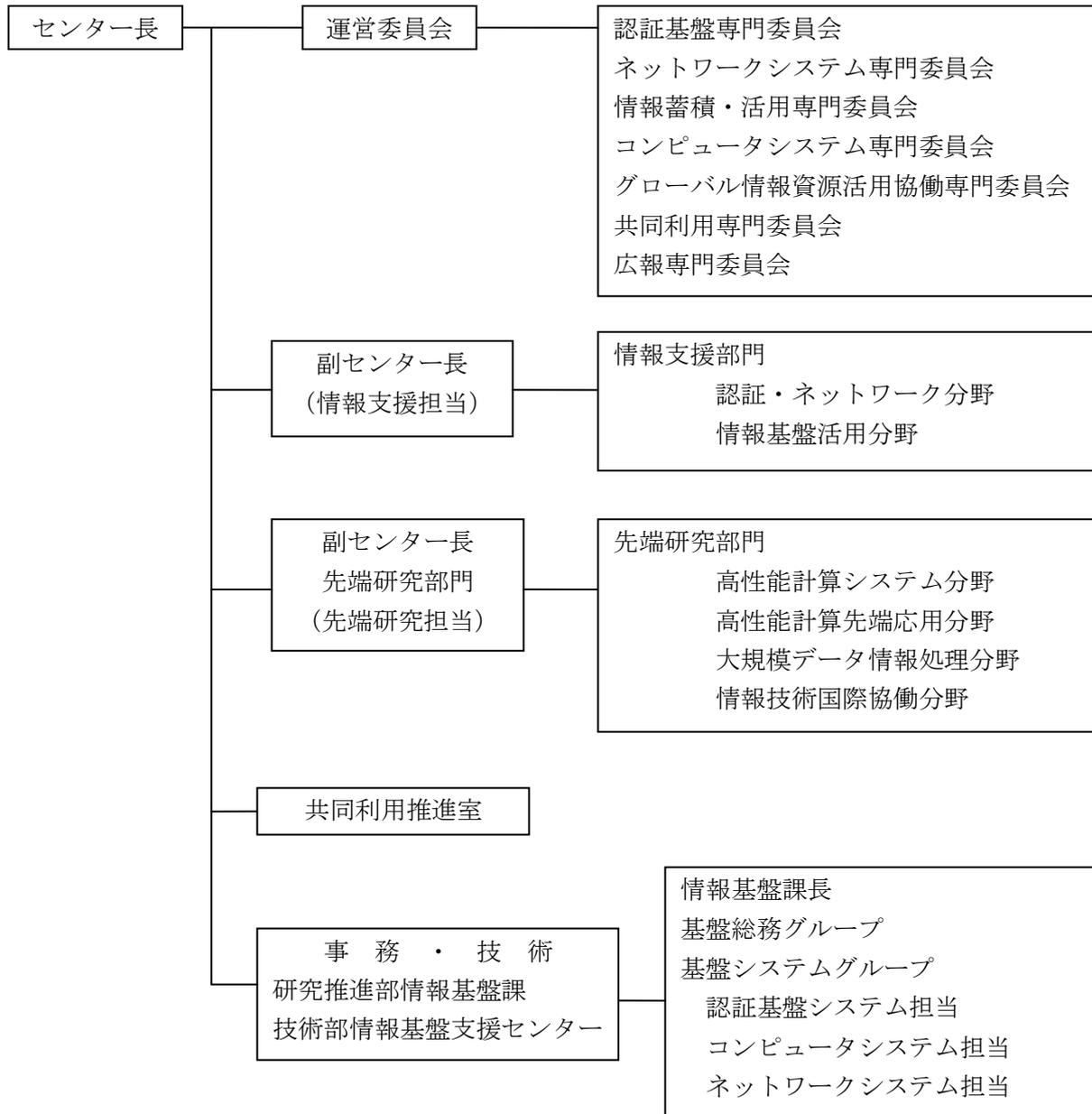


図 4 分散環境ホスティングサービス試験環境のネットワーク接続

1. 組織・運営

1-1 組織図



1-2 教員等構成

| | | |
|-------------------|----------|------------------------------------|
| センター長（兼） | 教 授 | 佐伯 元司【大学院情報理工学研究科】 |
| 副センター長（情報支援担当）（兼） | 教 授 | 高木 茂孝【大学院理工学研究科】 |
| 副センター長（先端研究担当）（兼） | 教 授 | 青木 尊之（高性能計算先端応用分野） |
| 情報支援部門 | 教 授 | 山口 雅浩（認証・ネットワーク分野） |
| | 教 授 | 権藤 克彦（情報基盤活用分野） |
| | （兼務）教授 | 友石 正彦（認証・ネットワーク分野） |
| | 准 教 授 | 飯田 勝吉（認証・ネットワーク分野） |
| | 助 教 | 渡邊 陽介（情報基盤活用分野） |
| | 客員教授 | 直井 聡【株式会社富士通研究所】 |
| | 客員准教授 | 門林 雄基【国立大学法人奈良先端科学技術大学院大学】 |
| | 特任助教 | 益井 賢次（認証・ネットワーク分野） |
| | 特任助教 | 嶋村 昌義（認証・ネットワーク分野） |
| | 産学官連携研究員 | 木村 文一（認証・ネットワーク分野） |
| | 産学官連携研究員 | 石川 雅浩（認証・ネットワーク分野） |
| | 産学官連携研究員 | AHI SERCAN TAHA（認証・ネットワーク分野） |
| 先端研究部門 | 教 授 | 青木 尊之（高性能計算先端応用分野） |
| | 教 授 | 松岡 聡（高性能計算システム分野） |
| | 教 授 | 山口しのぶ（情報技術国際協働分野） |
| | 准 教 授 | PIPATPONGSA THIRAPONG（高性能計算先端応用分野） |
| | 准 教 授 | 関嶋 政和（大規模データ情報処理分野） |
| | 特任准教授 | 遠藤 敏夫（高性能計算システム分野） |
| | 特任准教授 | 渡邊 寿雄（高性能計算先端応用分野） |
| | 助 教 | 丸山 直也（高性能計算システム分野） |
| | 特任助教 | 佐藤 仁（高性能計算システム分野） |
| | 特任助教 | 滝澤真一朗（高性能計算システム分野） |
| | 客員教授 | 小林 宏充【慶應義塾大学】 |
| | 客員教授 | 村田 俊一【国連開発計画】 |
| | 客員教授 | Govindan Parayil【国際連合大学】 |
| | 産学官連携研究員 | 額田 彰（高性能計算システム分野） |
| | 産学官連携研究員 | 野村 哲弘（高性能計算システム分野） |
| | 産学官連携研究員 | PERICAS GLEIM MIQUEL（高性能システム分野） |
| | | ※【 】は本務先 |
| 共同利用推進室 | | |
| 室長（兼務） | 教 授 | 佐伯 元司 |
| 室長代理 | 教 授 | 青木 尊之 |
| | 特任准教授 | 渡邊 寿雄 |
| | 教育研究支援員 | 佐々木 淳 |
| | 教育研究支援員 | 松本 豊 |
| | 事 務 員 | 仲川 愛理 |
| | 補 佐 員 | 伊藤 佐紀子 |

1-3 事務組織

情報基盤課長 坂本 朝治

基盤総務グループ（庶務及び会計）

| | |
|-------|-----------------------|
| グループ長 | 大竹 祐司 |
| 主 査 | 松本 直子 |
| スタッフ | 森澤 里名 |
| 補佐員 | 金子 純子 宮口 豊子 土井 淳子 |
| 補佐員 | 寺瀬 眞知子（国際棟事務室） |

基盤システムグループ

グループ長 小野 忍

認証基盤システム担当（認証基盤システムの構築運用管理）

| | |
|-------|-------|
| 主 査 | 井上 進 |
| スタッフ | 昆野 長典 |
| 技術専門員 | 太刀川博之 |
| 技術職員 | 新里 卓史 |
| 技術職員 | 岸本 幸一 |
| 技術職員 | 一瀬 光 |
| 技術職員 | 橋本 重治 |
| 技 術 員 | 伊藤 剛 |

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 |
| 補佐員 | 山田 章代 |
| 補佐員 | 後藤 純子（すずかけ台分室） |
| 技術専門員 | 根本 忍 |
| 技術職員 | 安良岡由規 |
| 技術職員 | 藤田 和宏 |

ネットワークシステム担当（学内基幹ネットワークの運用管理）

| | |
|------|-------|
| 主 査 | 山崎 孝治 |
| スタッフ | 森谷 寛 |
| 補佐員 | 木下 裕子 |
| 技術職員 | 隅水 良幸 |
| 技術職員 | 大場 準也 |

1-4 各種委員会メンバー一覧

| 所 属 | 職 名 | 氏 名 | 運 営 | 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) | | | |
| センター長 | 教 授 | 佐伯元司 | ◎ | ○ | | | ○ | | ○ | |
| 副センター長 | 教 授 | 高木茂孝 | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | |
| 副センター長 | 教 授 | 青木尊之 | ○ | | | ○ | | ○ | ◎ | ○ |
| 学情セ | 教 授 | 山口雅浩 | ○ | ◎ | ○ | | | | | |
| 学情セ | 教 授 | 権藤克彦 | ○ | ○ | ○ | ○ | ◎ | | | |
| 学情セ/大学マネ | 教 授 | 友石正彦 | ○ | | ◎ | ○ | | | | |
| 学情セ | 教 授 | 松岡 聡 | ○ | | ○ | ◎ | | ○ | ○ | |
| 学情セ | 教 授 | 山口しのぶ | ○ | | | | | ◎ | | |
| 学情セ | 准教授 | Pティポソ | ○ | | | ○ | | ○ | | ○ |
| 学情セ | 准教授 | 飯田勝吉 | ○ | ○ | ○ | | | | | |
| 学情セ | 准教授 | 関嶋政和 | ○ | | | ○ | | ○ | ○ | ◎ |
| 学情セ | 特任准教授 | 渡辺寿雄 | | | | | | | ○ | ○ |
| 学情セ | 助 教 | 渡邊陽介 | | ○ | | | | | | ○ |
| 学情セ | 助 教 | 丸山直也 | | | | | | | | ○ |
| 学情セ | 特任助教 | 益井賢次 | | | ○ | | | | | |
| 理学系 | 准教授 | 植草秀裕 | ○ | | ○ | | | | | |
| 工学系 | 教 授 | 森 健彦 | ○ | | | | | | | |
| 理学系 | 准教授 | 村山光孝 | | | ○ | | | | | |
| 生命理工 | 教 授 | 櫻井 実 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | ○ | |
| 総理工 | 教 授 | 出口 弘 | ○ | | | ○ | | | | |
| 情報理工 | 教 授 | 千葉 滋 | ○ | | | ○ | | | | |
| 社会理工 | 教 授 | 中井検裕 | ○ | | | | | | | |
| イノベーション | 教 授 | 日高一義 | ○ | | | | | | | |
| 資源研 | 准教授 | 関 宏也 | ○ | | ○ | | ○ | | | |
| 精密研 | 准教授 | 高村大也 | ○ | | | ○ | | | | |
| 応セラ研 | 教 授 | 伊藤 満 | ○ | | | | | | | |
| 原子炉研 | 教 授 | 二ノ方壽 | ○ | | | ○ | | ○ | | |
| 教育推進室 | 教 授 | 岸本喜久雄 | ○ | | | | | | | |
| 研究戦略室 (情報工) | 教 授 | 横田治夫 | ○ | ○ | | | | | | |
| 国際室 | 教 授 | 高田潤一 | ○ | | | | ○ | ○ | | |
| 教育工学開発 | 教 授 | 水本哲弥 | ○ | | | | ○ | | | |
| 留学生セ | 教 授 | 大熊政明 | ○ | | | | | ○ | | |
| 外国語教研セ | 教 授 | 市川伸二 | ○ | | | | | | | |
| 図書館長 | 教 授 | 酒井善則 | ○ | | | | | | | |
| 教育担当総括補佐 | 教 授 | 宮内敏雄 | ○ | | | | | ○ | | |
| 附属高校長 | 教 授 | 大即信明 | ○ | | | | | | | |
| 社会理工 | 准教授 | 赤間啓之 | ○ | | | | ○ | | | |
| 理学系 | 教 授 | 牧野淳一郎 | ○ | | | ○ | | | | |
| 工学系 | 准教授 | 山下幸彦 | | | ○ | | | | | |
| 工学系 | 准教授 | 山岡克式 | | | ○ | | | | | |
| 情報理工 | 准教授 | 首藤一幸 | | | ○ | | | | | |
| 理学系 | 教 授 | 河合誠之 | | ○ | | | | | | |
| 工学系 | 准教授 | 川内 進 | | | | | | | ○ | |
| 工学系 | 准教授 | 店橋 護 | | | | | | | ○ | |
| 工学系 | 教 授 | 神田 学 | | | | ○ | | | | |
| 理学系 | 教 授 | 齋藤 晋 | | | | | | | ○ | |
| 総理工 | 准教授 | 杉野暢彦 | | | ○ | | | | | |

| | | | | | | | | | | |
|---------------------|----------|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 総理工 | 教授 | 山村雅幸 | | | ○ | | | | | |
| 総理工 | 教授 | 新田克己 | | | | | | ○ | | |
| 情報理工 | 教授 | 秋山 泰 | | | | ○ | | | ○ | |
| 情報理工 | 准教授 | 西崎真也 | | ○ | | | ○ | | | |
| 情報理工 | 准教授 | 脇田 建 | | ○ | ○ | ○ | ○ | | | |
| 情報理工 | 教授 | 徳永健伸 | | | ○ | | | | | |
| 情報理工 | 教授 | 亀井宏行 | | | | | ○ | | | |
| 情報理工 | 准教授 | 鹿島 亮 | | | | | ○ | | | |
| 社会理工 | 助教 | 中西正彦 | | | ○ | | | | | |
| 社会理工 | 准教授 | 室田真男 | | | ○ | | | | | |
| イノベーション | 准教授 | 尾形わかは | | | ○ | | | | | |
| 情報理工 | 准教授 | 奥村 学 | | | ○ | | | | | |
| 生命理工 | 教授 | 黒川 顕 | | | ○ | ○ | | | | |
| 教育工学開発 | 教授 | 西原明法 | | | | | | ○ | | |
| 像情報 | 教授 | 伊東利哉 | | ○ | ○ | | | | | |
| GCOE (情報理工) | 特任准教授 | 遠藤敏夫 | | | ○ | | | | | |
| 東京大学 | 准教授 | 片桐孝洋 | | | | | | | ○ | |
| 国立情報学研究所 | 学術基盤推進部長 | 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 | 准教授 | 成見 哲 | | | | | | | ○ | |
| NTT サイバー スペース研究所 | 主任研究員 | 高村誠之 | | | | | | | ○ | |
| ニューメリカルテ クノロジー | 代表取締役社長 | 鳥居秀行 | | | | | | | ○ | |
| 事務局 | 事務局長 | 山田道夫 | ○ | | | | | | | |
| 附属高校 | 教諭 | 仲道嘉夫 | | | ○ | | | | | |
| 教務課 | 課長 | 延 善洋 | | ○ | | | | | | |
| 施設整備課 | 主任 | 三好立志 | | | ○ | | | | | |
| 施設安全企画課 | 課長 | 安達元英 | | ○ | | | | | | |
| 情報図書館課 | 課長 | 小川 聡 | | ○ | | | | | | |
| 情報基盤課 | 課長 | 坂本朝治 | | ○ | | | | ○ | | ○ |
| 事務情報企画課 | 課長 | 佐野 護 | | ○ | | | | | | |
| 学情セ | 教育研究支援員 | 佐々木淳 | | | | | | | ○ | |

1-5 運営委員会開催状況

第1回運営委員会

開催日 2011年5月10日(火)

1. 審議事項

- (1) 副委員長の選出について
- (2) 先端研究部門高性能計算先端応用分野准教授再任審査委員会の設置について
- (3) 情報支援部門認証・ネットワーク分野特任助教の称号付与について

2. 報告事項

- (1) 平成23年度 学術国際情報センター活動計画について
- (2) 平成23年度 特別経費について
- (3) 平成23年度 重点施策について
- (4) 第17回スーパーコンピューティングコンテストについて
- (5) 第25回情報基盤統括室会議報告
- (6) 各専門委員会・部門報告

第2回運営委員会

開催日 2011年6月1日(水)

1. 審議事項

- (1) 先端研究部門高性能計算システム分野特任准教授選考委員会の設置について
- (2) 先端研究部門高性能計算先端応用分野准教授再任審査について
- (3) 専門委員会委員の選出について
- (4) 準客員研究員の受け入れについて

2. 報告事項

- (1) 第26回情報基盤統括室会議報告
- (2) 各専門委員会・部門報告
- (3) 業務報告

第3回運営委員会

開催日 2011年9月6日(火)

1. 審議事項

- (1) 先端研究部門高性能計算システム分野特任准教授選考委員の選考について
- (2) 学術国際情報センター規則の一部改正について

2. 報告事項

- (1) ネットワークシステム専門委員会委員長の交代について
- (2) 第17回スーパーコンピューティングコンテストについて
- (3) 各専門委員会・部門報告
- (4) 業務報告

第4回運営委員会

開催日 2011年10月13日(木)

1. 審議事項

- (1) 先端研究部門高性能計算システム分野准教授選考委員会の設置について

第5回運営委員会

開催日 2012年1月10日(火)

1. 審議事項

- (1) 先端研究部門高性能計算システム分野特任准教授選考委員会の設置について
- (2) 平成24年度客員教員選考委員会の設置について
- (3) 産学連携研究員に特任助教の称号付与について
- (4) 共同利用専門委員会委員の追加について

2. 報告事項

- (1) 役員交代に伴う学術国際情報センター規則の一部改正について
- (2) 情報基盤統括室規則の改正について
- (3) 各部署等における平成23年度計画の実績報告提出及び平成24年度計画の策定並びに平成23事業年度業務実績報告書に係る収容定員未充足の状況について(依頼)について
- (4) 平成23年度予算の追加要求事業調等について
- (5) 平成24年度予算編成に係る中期計画に基づく重点施策調べについて
- (6) 東工大共通メールの更新について
- (7) ゴードンベル賞授賞報告, SC11報告

第6回運営委員会

開催日 2012年3月6日(火)

1. 審議事項

- (1) 平成24年度客員教員選考について
- (2) 産学連携研究員に対する特任助教の称号付与について
- (3) 学術国際情報センター規則の一部改正(案)について
- (4) 準客員研究員の受入について
- (5) 国費留学生の受入について

2. 報告事項

- (1) 一般社団法人HPCIコンソーシアムへのHPCIシステム構成機関としての加入について
- (2) 第30回情報基盤統括室会議報告
- (3) 平成24年度予算編成に係る中期計画に基づく重点施策調べについて
- (4) 東工大共通メールの更新について
- (5) ローレンスリバモア国立研究所関係者のTSUBAME視察について

- (6) 各専門委員会・部門報告
- (7) 業務報告

1-6 人事異動

2011. 4. 1付

| 新所属等 | 氏名 | 旧所属等 | 備考 |
|--------------------------|-----------------|----------------------|-----|
| センター長 | 佐伯 元司 | 大学院情報理工学研究科 | 兼務 |
| 副センター長（情報担当） | 高木 茂孝 | 大学院理工学研究科 | 兼務 |
| 大学マネジメントセンター 教授 | 友石 正彦 | 情報支援部門 特任准教授 | 兼務 |
| 情報支援部門 産学官連携研究員 | 嶋村 昌義 | | 採用 |
| 情報支援部門 産学官連携研究員 | 石川 雅浩 | | 採用 |
| 情報支援部門 産学官連携研究員 | AHI SERCAN TAHA | | 採用 |
| 先端研究部門 産学官連携研究員 | 野村 哲弘 | | 採用 |
| 研究推進部情報基盤課 基盤総務グループ | 森澤 里名 | 学務部学生支援課 経済支援グループ | 配置換 |
| 研究推進部情報基盤課 基盤システムグループ | 梁井 善行 | | 採用 |

2011. 6. 1付

| | | | |
|----------------|-------|--------------------|------|
| 情報支援部門 特任助教 | 嶋村 昌義 | 情報支援部門 産学官連携研究員 | 称号付与 |
|----------------|-------|--------------------|------|

2011. 7. 1付

| | | | |
|-------------------------|-------|-------------------------|-----|
| 総務部人事課 給与グループ長 | 土屋 浩之 | 研究推進部情報基盤課 基盤総務グループ長 | 配置換 |
| 研究推進部情報基盤課 基盤総務グループ長 | 大竹 祐司 | 総務部人事課 給与グループ長 | 配置換 |

2011. 7. 31付

| | | | |
|--|-------|---------------|----|
| | 望月 祐洋 | 先端研究部門 准教授 | 退職 |
|--|-------|---------------|----|

2011. 10. 1付

| | | | |
|-----------------|-------|--|----|
| 先端研究部門 特任准教授 | 遠藤 敏夫 | | 採用 |
|-----------------|-------|--|----|

2012. 3. 31付

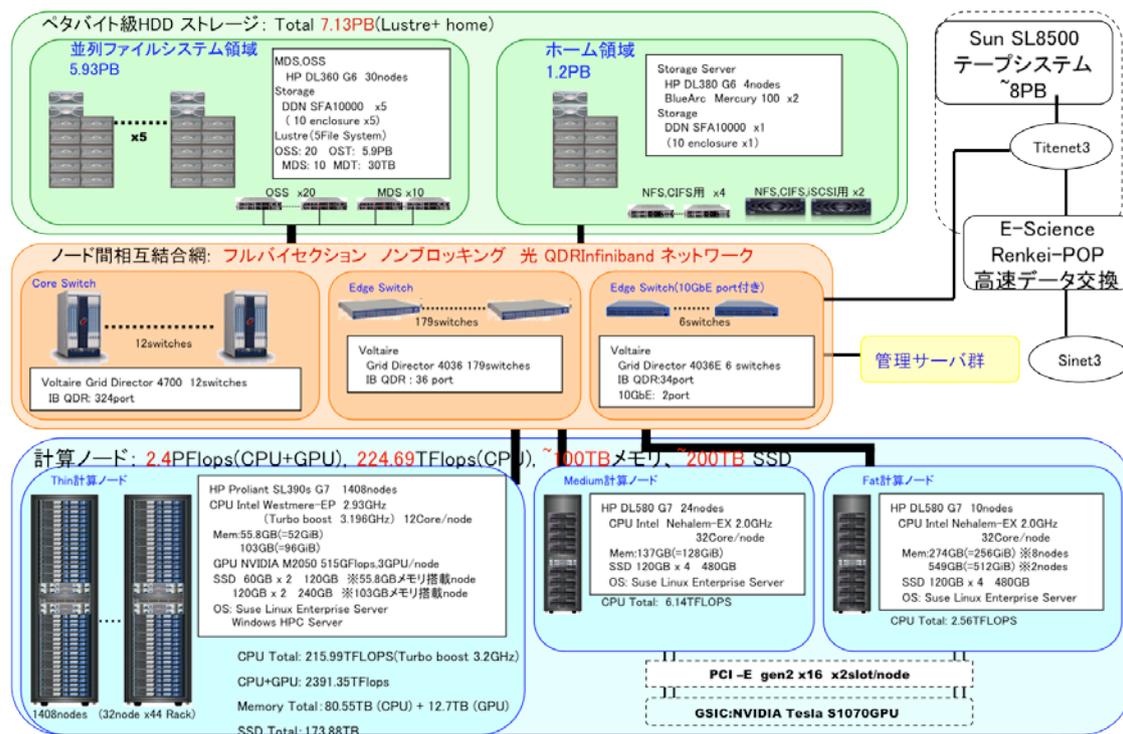
| | | | |
|--|-------|----------------|------|
| | 直井 聡 | 情報支援部門 客員教授 | 任期満了 |
| | 村田 俊一 | 先端研究部門 客員教授 | 任期満了 |
| | 門林 雄基 | 情報支援部門 客員教授 | 任期満了 |
| | 丸山 直也 | 先端研究部門 助教 | 退職 |

2 情報基盤サービス

2-1 研究用計算機システム

2-1-1 構成

TSUBAME2.0 システム概念図



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の運用を開始した。

TSUBAME2.0は前システムに引き続き、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)2.4PTFlops)、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30倍、ディスク容量で約7倍の性能向上)

平成23年11月に発表されたTop500のランキングで1.19PFlopsで世界第5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958.35MFlops/Wで世界第10位、大規模データ処理の性能を競うThe Graph500では世界第3位にランキングされた。

更に、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、TSUBAME2.0が世界をリードす

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ました。

○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 M2050 | |
| GPU 数 | 4,224 GPU / 1,892,352 Core | |
| 演算性能 | 2.4PFlops (ピーク性能) | |
| 主記憶容量 | 99.3 テラバイト | |

【ソフトウェア構成】

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

○高速フーリエ変換演算加速装置： TESLA S1070

【ハードウェア構成】

| | |
|------|------------------|
| 台数 | 170 台 |
| 演算性能 | 59TFlops (ピーク性能) |

○ペタバイトスケール・データアーカイブ： Sun SL8500

【ハードウェア構成】

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

2-1-2 運用

1) 24 時間運転

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

2) 大岡山センター及びすずかけ台分室の夜間利用

平成 22 年度の耐震工事の際に室内監視カメラ等の設備が撤去されたため、平成 23 年 4

月 1 日以降は夜間利用を行っていない。

監視カメラ等を再設置を検討しており、導入後に夜間利用を再開する予定である。

3) ホスティングサービス

TSUBAME2.0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 2012年3月末現在、以下の合計45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 | |
|----------------------------------------------------------------|--|
| 1. WEBサーバ代行サービス | |
| 2. Tokyo Titech OCW | |
| 3. 東工大化学物質管理支援システム | |
| 4. 環境安全衛生教育システム | |
| 5. 総合プロジェクト支援センター | |
| 6. 研究力DB(高度化プロジェクト) | |
| 7. TAMEDAS (Tokyo Tech Alumni Member Database System) 事業 | |
| 8. 応用セラミック研究所ホームページ | |
| 9. 東工大名簿システム | |
| 10. Tokyo Tech E-Learning for Information Technology Education | |
| 11. アジアにおける都市水環境の保全・再生のための研究教育拠点事業 | |
| 12. 東工大大学情報データベース | |
| 13. 電気電子工学専攻・電子物理工学専攻ホームページ | |
| 14. 生命時空間ネットワーク進化型教育研究拠点 | |
| 15. 国際開発工学専攻 WEB サーバ | |
| 16. 原子炉工学研究所 WEB システム | |
| 17. GSIC 遠隔マルチメディア教育分野テスト用ポータルサーバ構築プロジェクト | |
| 18. 東京工業大学 STAR Search | |
| 19. 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 | |
| 20. 教務 WEB システムバックアップサーバ | |
| 21. 教務基幹システムバックアップサーバ | |
| 22. 授業評価アンケートシステム | |
| 23. 多言語対応日本語読解学習支援システムあすなる | |
| 24. 高大連携プロジェクト | |
| 25. 建物情報管理システム | |
| 26. ネットワークシステム担当 | |
| 27. 教育用電子計算機システム | |

| 個別ホスティングサービス | |
|-------------------------------------|--|
| 1. 事務ホスティングサーバ(物品等請求システム、財務会計システム等) | |
| 2. 教務 WEB システム | |
| 3. TDL オリジナルデータベース(図書館) | |
| 4. COE-KS データベース | |
| 5. 認証基盤システム | |

| ライセンスサーバホスティング | |
|-----------------------|------------------------------------|
| アプリケーション名 | プロジェクト名 |
| 1. Atomistix | |
| 2. Agilent EMPro 2008 | 大規模空間での高い周波数におけるアンテナ伝播・電磁界シミュレーション |
| 3. Fluent FC モジュール | |

| | |
|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| 4. COMSOL Multiphysics | COMSOL Multiphysics による連成解析・電磁応力解析 |
| 5. sysnoise | 折り紙工学の産業への応用 |
| 6. Metacomp CFD++ | 素反応過程を考慮した燃焼シミュレーション技術の開発 |
| 7. MATLAB | 旧機械系 COE MATLAB 利用グループ |
| 8. Fluent FC モジュール | 燃料電池のシミュレーション |
| 9. Reality Server | 建築物の室内外環境の連成解析とその高速化技術の開発 |
| 10. Materials Studio 5.0 CASTEP DMol3 | 平成 21 年度先端研究施設共用促進事業トライアルコース (戦略分野利用促進) 課題「排ガス浄化触媒材料開発における第一原理シミュレーション」 |
| 11. INTEL コンパイラ | GSIC 学外利用者用 |
| 12. PGI コンパイラ | GSIC 学外利用者用 |
| 13. MATLAB | GSIC 学内配布用 |

2-1-3 実績

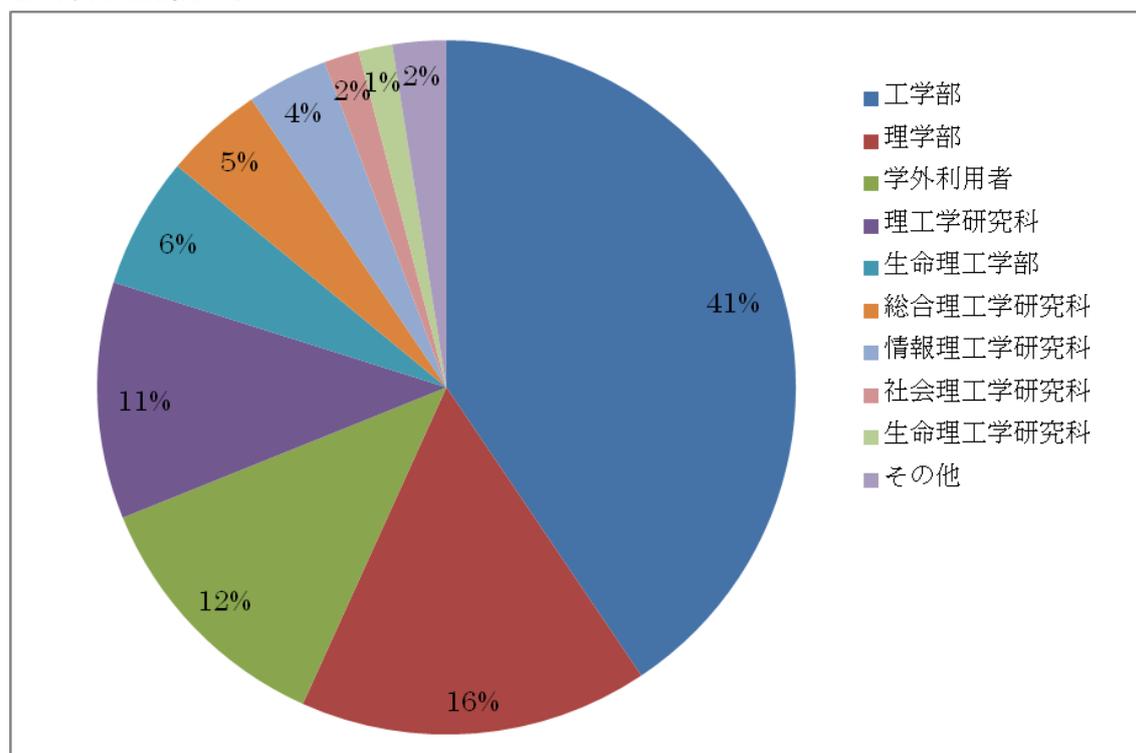
◎H23 年度計算機利用料収入内訳

| | |
|----------|------------|
| 総収入 | 76,969,000 |
| 学内利用 | 44,470,000 |
| 共用促進事業 | 10,015,000 |
| 学際共同研究拠点 | 1,584,000 |
| 外部有償利用 | 20,900,000 |

◎利用者登録状況

| 登録者数 | 2011 年 | | | | | | | | | | 2011 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 | |
| | 4135 | 4755 | 5083 | 5186 | 5238 | 5295 | 5655 | 5823 | 5969 | 6050 | 6113 | 6143 | |

◎所属別登録状況



◎システム利用状況

| | インタラクティブ | バッチキュー | | | 予約キュー | | | |
|-------|----------|-----------|------------|------------|-----------|--------|--------|---------|
| | | ログイン数 | ジョブ件数 | CPU 時間 (時) | GPU 割り当て数 | 提供ノード数 | 利用ノード数 | 利用グループ数 |
| 2011年 | 4月*1 | 526 | 87,288 | 440,765 | 40,272 | 0 | 0 | 0 |
| | 5月*1 | 602 | 229,843 | 929,705 | 40,528 | 0 | 0 | 0 |
| | 6月*1 | 589 | 286,563 | 1,361,305 | 29,537 | 9,240 | 1,909 | 37 |
| | 7月*2 | 568 | 86,290 | 1,707,744 | 38,969 | 4,360 | 1,843 | 19 |
| | 8月*2 | 473 | 157,275 | 1,242,602 | 176,890 | 3,780 | 400 | 2 |
| | 9月*3 | 521 | 150,164 | 1,486,314 | 975,654 | 9,200 | 2,280 | 13 |
| | 10月 | 635 | 242,683 | 1,801,610 | 831,815 | 10,080 | 470 | 4 |
| | 11月 | 639 | 566,189 | 2,167,839 | 592,443 | 12,600 | 3,301 | 39 |
| | 12月 | 490 | 667,232 | 3,159,828 | 969,173 | 12,260 | 8,722 | 85 |
| 2012年 | 1月 | 650 | 490,812 | 3,051,354 | 1,094,703 | 13,020 | 11,223 | 124 |
| | 2月 | 531 | 319,695 | 3,103,162 | 643,649 | 10,912 | 10,912 | 119 |
| | 3月 | 569 | 69,058 | 1,477,179 | 510,857 | 11,340 | 10,196 | 126 |
| 合計 | - | 3,353,092 | 21,929,407 | 5,944,490 | 80,680 | 47,104 | 510 | |

*1： 予約キューは、震災に伴う節電のためサービス停止(6月8日まで)

*2： 予約キューは、震災に伴う節電のためサービス縮小

*3： 予約キューは、グランドチャレンジのためのプレ実行分 2000 ノードを含む

◎サービス別利用率グラフ

取得方式が変更されたため、集計できませんでした。代替方法を検討中です。

◎システム障害件数

| | 2011年 | | | | | | | | | | 2012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 | 0 | 13 | 5 | 1 | 3 | 0 | 2 | 2 | 4 | 3 | 6 | 40 | |
| ハードウェア | 36 | 20 | 46 | 32 | 64 | 90 | 140 | 58 | 39 | 56 | 68 | 47 | 696 | |
| その他 | 19 | 73 | 131 | 151 | 134 | 107 | 106 | 98 | 97 | 147 | 88 | 133 | 1284 | |
| 月小計 | 56 | 93 | 190 | 188 | 199 | 200 | 246 | 158 | 138 | 207 | 159 | 186 | 2020 | |

◎運用実績

| | |
|-------------|-------------------------------------------|
| 平成 23 年 | |
| 4月8日 16:30 | TSUBAME2.0 計算サービスの平成 23 年度運用開始 |
| 4月8日～4月11日 | 節電対策のためのピークシフト試験の実施 |
| 4月15日～4月18日 | 節電対策のためのピークシフト試験の実施 |
| 4月22日～4月25日 | ピークシフト試験の実施 |
| 6月15日 | グループディスク課金案と意見公募 |
| 7月1日～7月24日 | ピークシフト運用の実施 |
| 7月12日～8月5日 | 平成 23 年度前期 TSUBAME 講習会の開催 |
| 7月25日～9月25日 | 学内の電力使用状況により強制終了の可能性がある臨時ジョブクラス(Y キュー)の運用 |
| 8月1日 | グループディスク課金システムの運用開始 |
| 8月10日～8月15日 | 夏季法令停電による TSUBAME 計算サービスの停止 |

| | |
|----------------------|------------------------------------|
| 8月19日 | 大規模予約ジョブクラス(Hキュー)のサービス再開と新予約システム稼働 |
| 9月26日～10月6日 | 平成23年度秋期Grandチャレンジ制度実施に伴う一部サービスの停止 |
| 10月20日～12月14日 | 平成23年度後期TSUBAME講習会の開催 |
| 平成24年 3月19日～3月20日 | Grandチャレンジ実施に伴う一部サービスの停止 |
| 3月27日～4月3日 | 年度末メンテナンスに伴うサービス停止 |

◎TSUBAME 2.0 キュー構成

| サービス | キュー名 | 用途 | ノード数 コア数 スレッド数 | 時間 制限 | メモリ制限 | 並列数 上限 | 備考 |
|------|-------------|-----------------------------|------------------------|------------|--------------------|-----------|------------------|
| 無料 | インタラクティブ | デバック, ジョブ投入 | 20 240 480 | 30分 | 6GB | 4 | *9 |
| 無料 | S | 中規模並列 | 300 3600 7200*13 | 1～4日 | 1GB*4 (54GBまで) | 7200 | *14 |
| 従量 | S96 | 54GB以上のメモリ | 41 492 984 | 1～4日 | 1GB*4 (96GBまで) | 984 | *5 |
| 従量 | L128 | 96GB以上のメモリ | 10 320 640 | 1～4日 | 1GB*4 (128GBまで) | 640 | *6 |
| 従量 | L128F | 96GB以上のメモリ GPUあたり6GBのメモリ | 10 320 640 | 1～4日 | 1GB*4 (128GBまで) | 640 | *6 |
| 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 | 480 1920 3840 | 1～4日 | 1GB*4 | 無制限 | G側でコア指定は不可能 |
| 定額 | V | ノード内並列 | 440 3520 7040 | 1～4日 | 1GB*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 | 420 5040 10080 | スロット 時間 | 1GB*4 | 10080 | 予約期間は ssh接続可能 |

1. 事前の利用準備が必要です。
2. 利用状況に応じて動的に配置されます。
3. 利用するためには事前に予約システムでスロットの予約を行う必要があります。(最小ノード数：16ノード、最大スロット数：7)
予約方法に関しては『TSUBAME2.0利用ポータル利用の手引き』を参照して下さい。
4. 「mem」オプションで変更可能です。詳細は『TSUBAME2.0利用の手引き』の「5.5 メモリサイズの指定」を参照して下さい。

5. S に比して 1.2 倍の課金がかかります。(使用時間に 1.2 倍の係数がかかります)
6. S に比して 2 倍の課金がかかります。(使用時間に 2 倍の係数がかかります)
7. S に比して 4 倍の課金がかかります。(使用時間に 4 倍の係数がかかります)
8. S に比して 8 倍の課金がかかります。(使用時間に 8 倍の係数がかかります)
9. 経過時間ではなく、プロセスごとの CPU 時間が最大 30 分となります。
10. 1 ユニットあたり、64CPU(64 並列または 64 本のシングルジョブ)となります。
11. 1 ユニットあたり、24CPU(24 並列または 24 本のシングルジョブ)となります。
12. 別途用意されている『TSUBAME2.0 Windows 環境利用の手引き』を参照して下さい。
13. ジョブの混雑状況に応じて割り当てが増える可能性があります。
14. S キューに投球されたジョブのうち、翌日 8 時までには終了するアレイ以外のジョブは X キューとして、H キューの予約が無いマシンに割り当てます。(X キューは通常見えません)

※ノード割り当てポリシーについて

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

占有ノード

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

共有ノード

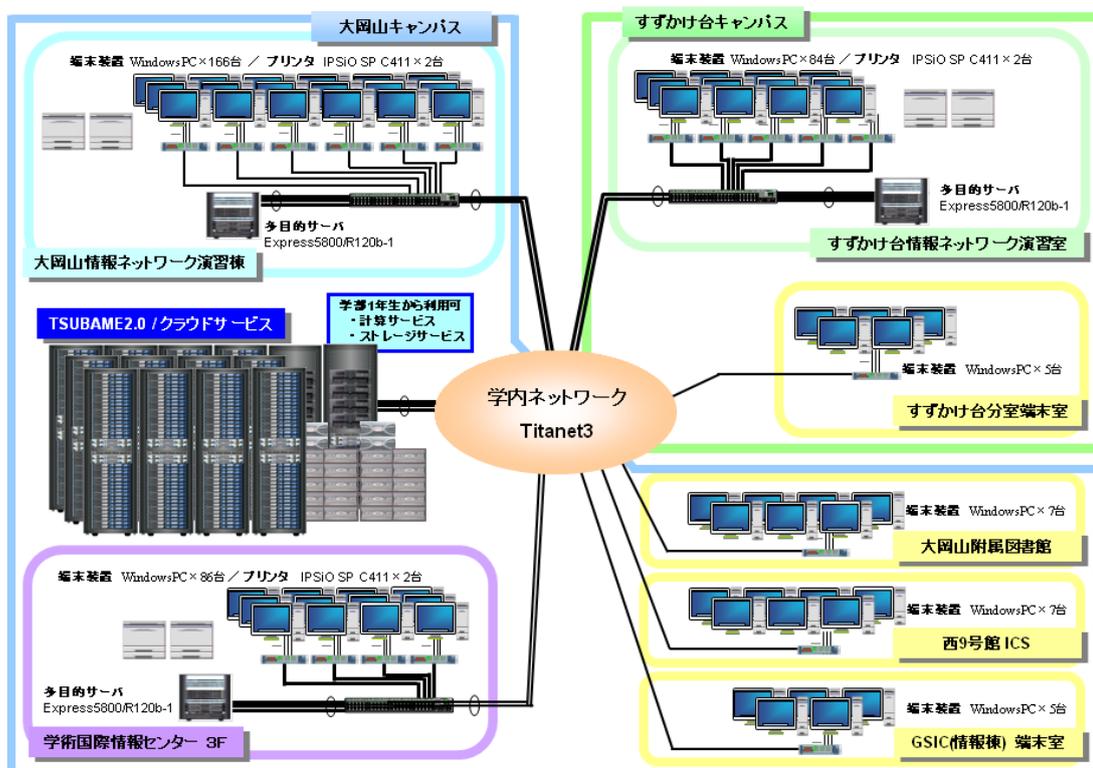
各ノード内で、リソースが許す範囲で不特定多数のユーザーによる複数のジョブが実行されることがあります。1つのジョブが複数のノードを使用することも可能です。V キューのノードが該当します。

2-2 教育用計算機システム

2-2-1 構成

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

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



【ハードウェア構成】

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

【ソフトウェア構成】

| | |
|--------------|-----------|
| オペレーティングシステム | Windows 7 |
|--------------|-----------|

| | |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| アプリケーション | Xilinx ISE Design Suite, GaussView, Spartan, ChemBioOffice, MATLAB, Mathematica, Microsoft Office |
| プログラミング言語処理系 | C, C++, Fortran77, Fortran90/95, Perl, Ruby, Basic, Pascal, Java, Prolog, Squeak, Common Lisp, Squeak, Etoys, Python, Microsoft Visual Studio, Eclipse |

2-2-2 運用

(1) 利用者登録

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

(2) 夜間利用

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

1) センター3 階実習室：

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

監視カメラ等を再設置を検討しており、導入後に夜間利用を再開する予定である。

2) 大岡山情報ネットワーク演習室及びすずかけ演習室：21:00 まで。

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

◎ログオン履歴

システム不具合により、収集できていませんでした。(対処依頼中)

2-3 ネットワークシステム

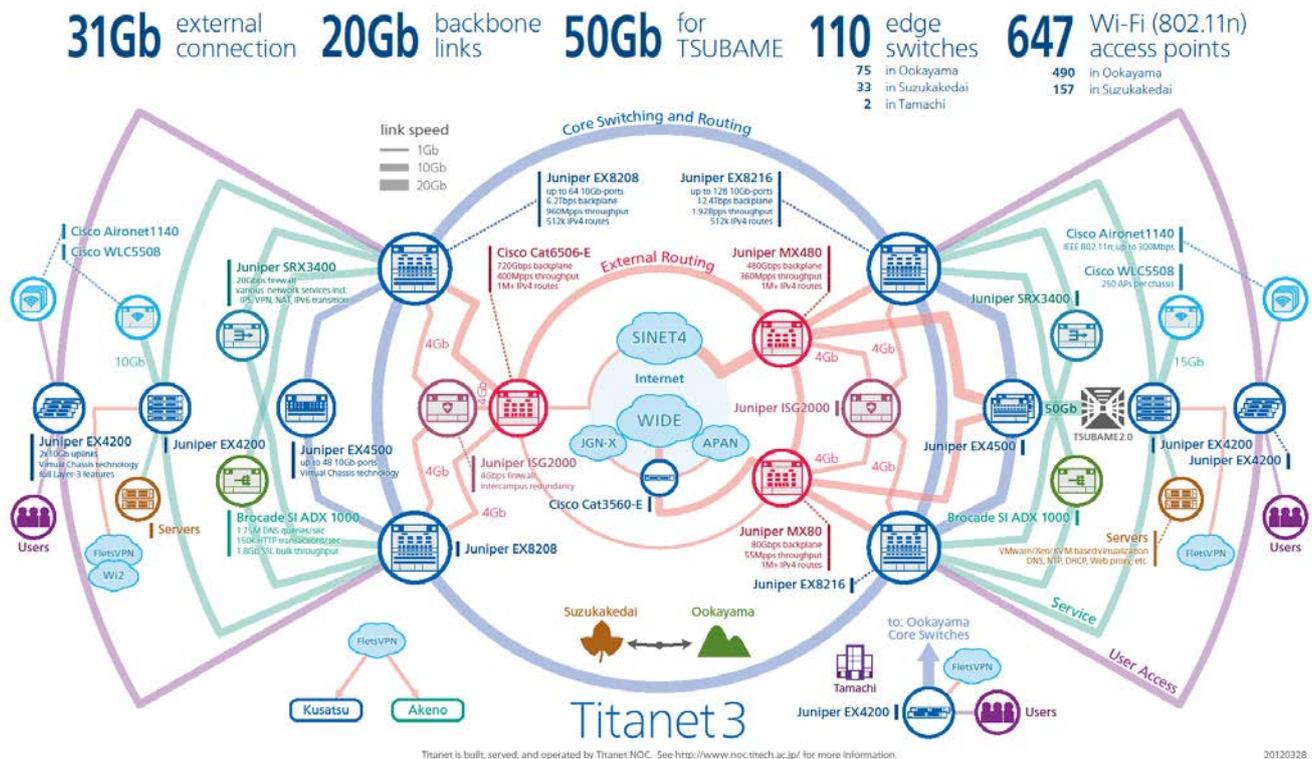
2-3-1 構成

(1) 有線ネットワーク（Titanet3）の構成

Titanet3 は、2010年3月に導入、運用開始から2年を経過しました。1年目は旧ネットワークシステムの SuperTitanet と共存させつつ支線ネットワークの移行を行いました。さらに、2年目の平成23年度はコア部分の移行とともにネットワークシステムの安定性向上のための対策（2-3-3の(1)参照）を行いました。

Titanet3の構成図を以下に示します。Titanet3のバックボーンは、ポート密度の高いコアスイッチを中心としたシンプルな2階層構成にすることで、高速性と運用性を向上させています。また各建物に配置したエッジスイッチは、各キャンパスで二重化して配置されたコアスイッチのそれぞれからシングルモード光ファイバで直接接続されています。キャンパス間を含めたコア間は20Gbps以上の接続、コア-エッジ間は10Gbps×2本の接続、エッジから支線へは1Gbpsの接続が確保されており、高速かつ高信頼のネットワーク接続性を提供しています。さらに、NTT東日本が提供するフレッツ・VPNワイドを導入し、キャンパス間通信のバックアップ回線として利用するとともに、本学の学外施設との遠隔接続サービスも行っています。

学外接続としては、SINET4、APAN、WIDE、JGN-Xといった学術研究ネットワーク/プロジェクトと合計20Gbpsで光ファイバ接続するとともに、冗長構成をとったファイアウォールシステムにより安全性も配慮しています。

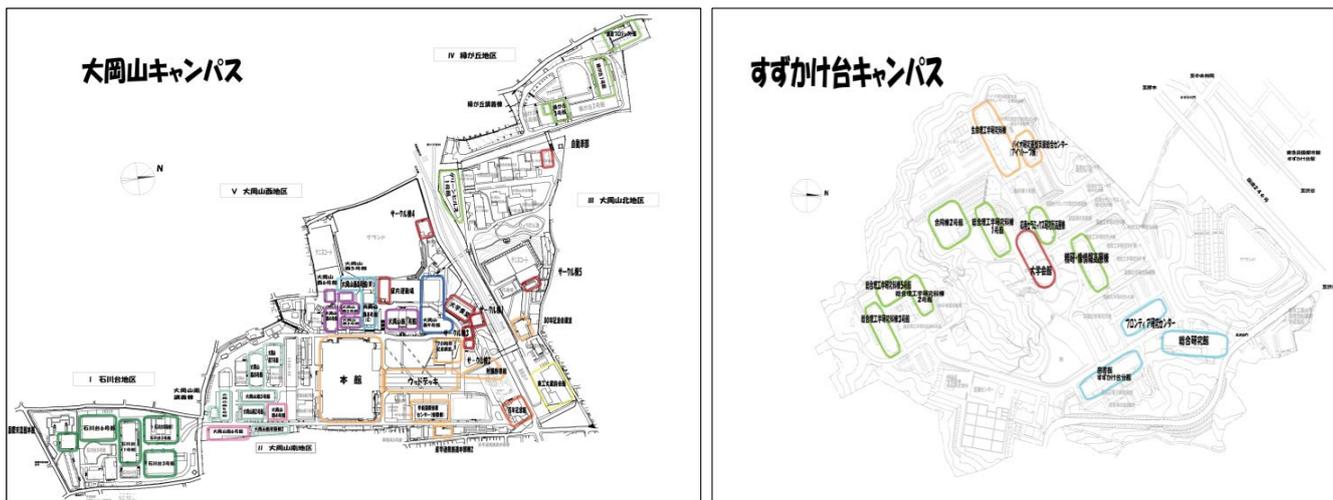


Titanet3 構成図

(2) 無線 LAN の構成

無線 LAN は 2010 年 3 月に更新しました。本無線 LAN では、802.11n 規格による高速接続の実現、端末収容能力の向上、資源の有効利用を目的とした複数 ESSID による無線 LAN の仮想化、簡便な無線 LAN ログインを提供しています。2011 年度末現在、図に示す建物（ウッドデッキを含む講義室等の共用スペースを中心として）に 647 台（大岡山：490 台、すずかけ台：157 台）のアクセスポイントを設置しています。

さらに、本学で開催する学会等のイベント利用の用途に応じた接続環境の提供、ゲスト向けに商用プロバイダ無線 LAN 接続サービスも提供しています。



2-3-2 運用

2-3-1 で述べた基幹ネットワークの提供に加え、以下のネットワークサービスも提供しています。

(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)

各支線内で独自にサーバシステムを設置し、①ログ情報の監視、②セキュリティパッチの適用、③ソフトウェア更新作業、④障害時対応(ネットワーク停止等による障害の拡大防止、被害調査及び報告、システムの復旧作業等)などの運用管理作業を長期間維持することは容易ではありません。これまでも多数の独自サーバシステムが管理不行き届きにより、学外から攻撃を受けるなどの被害を発生させ、サーバだけでなく学内外に対しても影響を与えた事件が発生しています。

サーバ代行サービスは、支線における管理作業を軽減するとともに、キャンパス全体のネットワークセキュリティ維持に必須のサービスとなっています。なお、WWW サーバ代行サービスでは、利用負担金をいただき、ライセンス購入などサーバシステムの維持管理費用に充てています。

また、2008 年度末より Web Application Firewall の導入し、Web アプリケーションを監視し、不正侵入を防御しています。2011 年度の DSN 並びに WWW サーバ代行サービス利用状況を 2-3-3 (2)に示します。

(2) ファイル交換ソフトウェア検知サービス

本学ではキャンパスネットワークを介した著作権侵害行為の防止強化のため、ファイル交換ソフトウェア検知サービスを提供しています。このサービスは、学外との通信内容を機械的に判断し、著作権侵害行為に荷担するおそれのあるソフトウェアを検知し、「使用ポリシー」に違反する場合には遮断し、支線ネットワークの連絡担当者に通知するサービスです。

2012 年 3 月末日時点での検知対象は、BitTorrent, Gnutella, Kazaa, Share, WinMX, Winny, eDonky,

eDonkey2000, Direct Connect, Gnutella Ultrapeer, Perfect Dark です。また、これらのソフトウェアと同等の通信を行うソフトウェアも検知されます。2011 年度の検知状況を 2-3-3 (2)に示します。

(3) ファイアウォールサービス

専用ファイアウォール機器による高速処理を行っています。支線毎に、ウェブ(HTTP)やメール(POP3, SMTP)などのサービスごとの条件を指定でき、不要なポートを閉じておくことで、不正侵入の可能性を減少させる効果があります。また、入(inbound)と出(outbound)のトラフィックを個別に指定可能であり、学外のサービスを利用するが支線の端末にはアクセスできないような設定も可能としています。

(4) DNS サーバサービス

東工大トップドメインの名前引き管理を行っています。また、学内を対象として、DNS サーバ(フルリゾルバ)を提供しています。

(5) スクリーニングサービス

東工大の学内ネットワーク幹線と学外との接続点において、ホスト単位で通信の可、不可の設定を行っています。このサービスを利用することにより、同一の支線内や、学内との通信のみを行なうことを目的としたホストについて、学外からの通信を制限でき、不正アクセスの対象になることを防ぐことが可能です。

(6) プロキシサービス

学内からのアクセスを対象に、WWW、ftp、ストリーミング等のリクエストを中継しています。これにより、スクリーニングが掛かっている、もしくはプライベートアドレスが割り当てられているクライアントから WWW や ftp 等の利用を可能としています。

(7) 自動 IPv6 トンネリング防止サービス

IPv6 over IPv4 トンネリングを遮断し、希望する支線からの IPv6 over IPv4 トンネリング(6to4、Teredo、手動トンネリング)通過を適宜許可しています。

(8) 時刻情報(NTP)サービス

GPS 及び CDMA を時刻源とする時刻サーバを大岡山キャンパスとすずかけ台キャンパスにそれぞれ設置しています。これにより、各計算機に内蔵されている時計を正確に標準時刻に合わせることが可能になり、ファイルのタイムスタンプや、メールの送信時刻の不一致による障害の回避や、ネットワークトラブル発生時の異なる計算機間でのログの解析が容易になります。

(9) 研究プロジェクトへの支援

SINET4 を利用した学内の研究プロジェクトに対して、学術国際情報センター情報棟内に設置された SINET4 ノードから研究プロジェクトの所属する研究室までの構内ギガビット専用線路、研究機器接続用ネットワークスイッチ等の提供並びにネットワーク構築のための技術支援を行っています。また、JGN-X、APAN 接続プロジェクトについても同様の支援を行っています。

(10) イベント用ネットワーク

本学で開催される学会や会議等のイベント向けに有線並びに無線 LAN を提供しています。2011 年度のイベント用ネットワーク利用状況を 2-3-3 (2)に示します。

(11) ゲスト用無線 LAN 提供サービスの実験開始(継続)

本学教職員向け及び本学への訪問者向けに無線 LAN 環境の拡充を目的とした商用無線 LAN 接続サービスを引き続き提供しています。

2-3-3 実績

(1) キャンパスネットワーク（有線及び無線）の安定性向上に伴う対応

（ネットワークスイッチ OS の更新履歴）

1) Titanet3 の主なトラブル対処事案

・（2011 年 4 月）

コアスイッチのパケットフィルタ機能に不具合があり、一部の支線でフィルタが機能しないことが判明したため支線のルーティングポイントを順次旧機器へ切り戻し、その後、スイッチ製造元および保守担当業者と技術情報を交換、問題が改善している可能性があるバージョンにスイッチ OS をアップデートすることにしました。

・（2011 年 5 月 20 日）

大岡山地区設置のコアスイッチ 1 台の OS をアップデート（JUNOS 10.4R4）しました。検証の結果、パケットフィルタ機能の問題が改善されていることを確認しました。

・（2011 年 6 月 14 日）

大岡山地区設置のコアスイッチ残りの 1 台の OS もアップデート（JUNOS 10.4R4）し、パケットフィルタ機能が改善されました。

・（2011 年 6 月以降）

一旦、旧機器に戻っていた支線のルーティングポイントを、再度新機器へ移動。現時点で移行はほぼ完了しました。

・（2011 年 8 月 11 日）

大岡山・田町地区設置のエッジスイッチおよび大岡山地区・すずかけ台地区設置のコアスイッチの OS をアップデート（JUNOS 10.4R6）しました。このアップデートにより IPv6 関連など今後展開していくサービスに関する機能強化、ストーム発生時の収束時間の短縮、OS の安定性向上などができました。

・（2011 年 8 月 15 日）

大岡山地区設置の対外接続ルータの OS アップデート（JUNOS 10.4R6）を行い、安定性が向上しました。

・（2011 年 8 月 27 日）

すずかけ台地区設置のコアスイッチ及びエッジスイッチの OS をアップデート（JUNOS 10.4R6）しました。（8 月 11 日の大岡山・田町地区のものと同様）

・（2011 年 9 月）

MAC アドレス学習や ARP 処理に関する不具合と思われる通信品質低下の症状が一部支線ネットワークで発生し始めました。現在、この種の問題はスイッチ製造元である Juniper 社でも過去に該当するケースがなく、ベンダとも協力しつつ情報収集と原因特定にあたっています。機器の再起動により症状が改善することが判明しているため、根本的な解決に至るまでは症状が発生し始めたら早い段階で機器再起動を行うような対応しています。

・（2012 年 2 月現在）

引き続き、不具合原因の特定に必要な情報収集などメーカー・ベンダと情報交換を行い、調査を継続しています。

2) 無線 LAN の主なトラブル対処事案

・（前年度まで）

無線 LAN コントローラの稼働時間がある程度長くなる（数週間から 1 ヶ月程度）と、認証用 Web ページの更新など一部の機能が正常に動作しなくなる現象が、導入当初から確認されていました。2010 年 5 月には、この症状とメモリ管理周りのバグの疑いがあることをベンダに伝え、この件の解決についてメーカーである Cisco 社も含め、協力して調査を進めています。

最終的にメモリリークが原因で動作が不安定化している可能性が高いとのメーカー側の判断から、不具合箇所と思われる部分を修正した特別版 OS の提供を受け、状況が改善するか引き続き調査することになりました。なお、特別版 OS 提供に必要な情報の収集・提供といった事前準備は昨年度に完了していました。

• (2011 年 5 月)

メーカーより特別版 OS (v6.0.202.0-CSCto02968) を受け取るが、特別版 OS に含まれるデバッグコマンドの定期的な実行のためにはシリアルコンソールサーバが必要であったための物品調達・環境整備を始めました。

• (2011 年 8 月)

上記の環境整備が終了しましたので、特別版 OS を無線 LAN コントローラに適用しました。状況が改善しているかを確認するための監視を始めました。

• (2011 年 9 月)

上記と同様の不具合が再び発生したため、症状が改善していない旨ベンダに連絡調整し、しばらくは安定運用のため正規版 OS (v7.0.116.0) を稼働させることにしました。しかし、正規版 OS 適用直後、v7.0.116.0 には学内向け無線 LAN アクセスサービスで利用している重要な機能（プロキシポートのリダイレクト機能）に不具合があることが発覚し、一つ前のリリース(v7.0.98.0) に切り戻して問題を回避しました。ベンダにもその旨報告し、新たな不具合修正を依頼しました。

• (2011 年 10 月)

利用者端末数の増加などから、メモリリークによる無線 LAN コントローラの予期しない再起動の発生といった症状が顕在化し始めました。業務時間帯の突然のサービス不能を避けるために、定期的に早朝に無線 LAN コントローラを再起動する運用体制としました。

• (2011 年 11 月)

v7.0.116.0 で発生した不具合を修正した特別版 OS (v7.0.223.1-CSCto02968) の提供を受け、無線 LAN コントローラに適用しました。該当の不具合が修正されていることを確認しました。しかし、メモリリークを伴う不具合は依然として発症することが確認できたため、適宜ベンダ・メーカーにデバッグ情報を提供し、調査を継続しました。

• (2011 年 12 月)

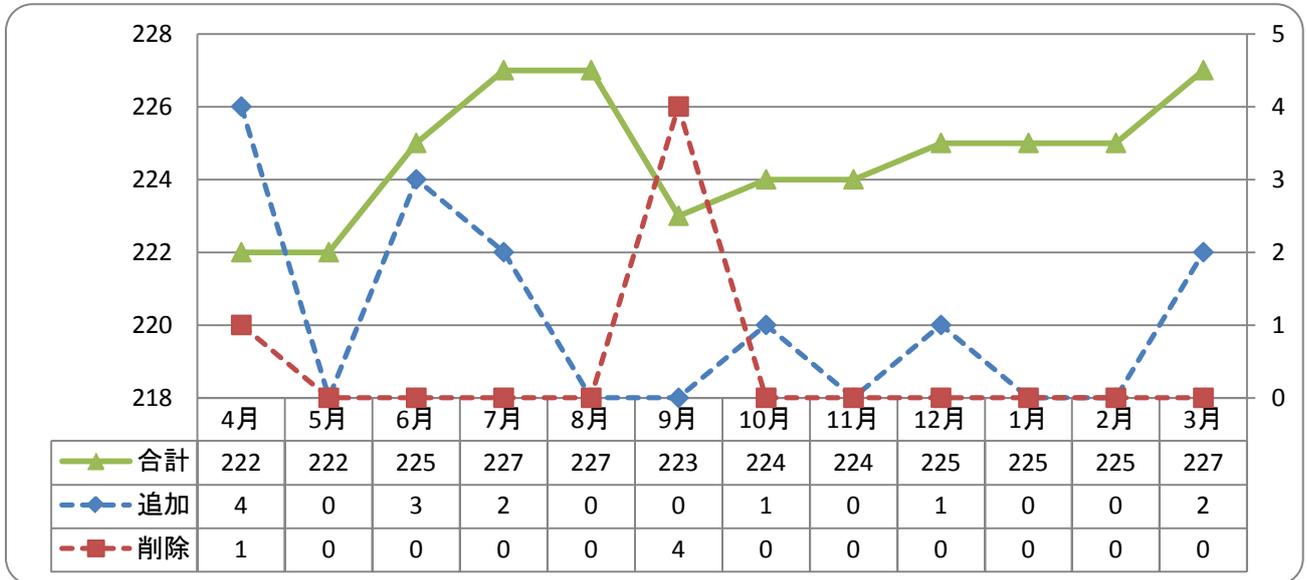
メモリリーク問題の原因となり得る箇所を修正した新しい特別版 OS (v7.0.223.4) を受け取り、無線 LAN コントローラに適用しました。メモリ使用率の上昇が抑えられ、不具合は大きく改善していることを確認しましたが、なおも少量のメモリリークと思われる症状が確認されるため、調査を継続しました。

• (2012 年 2 月現在)

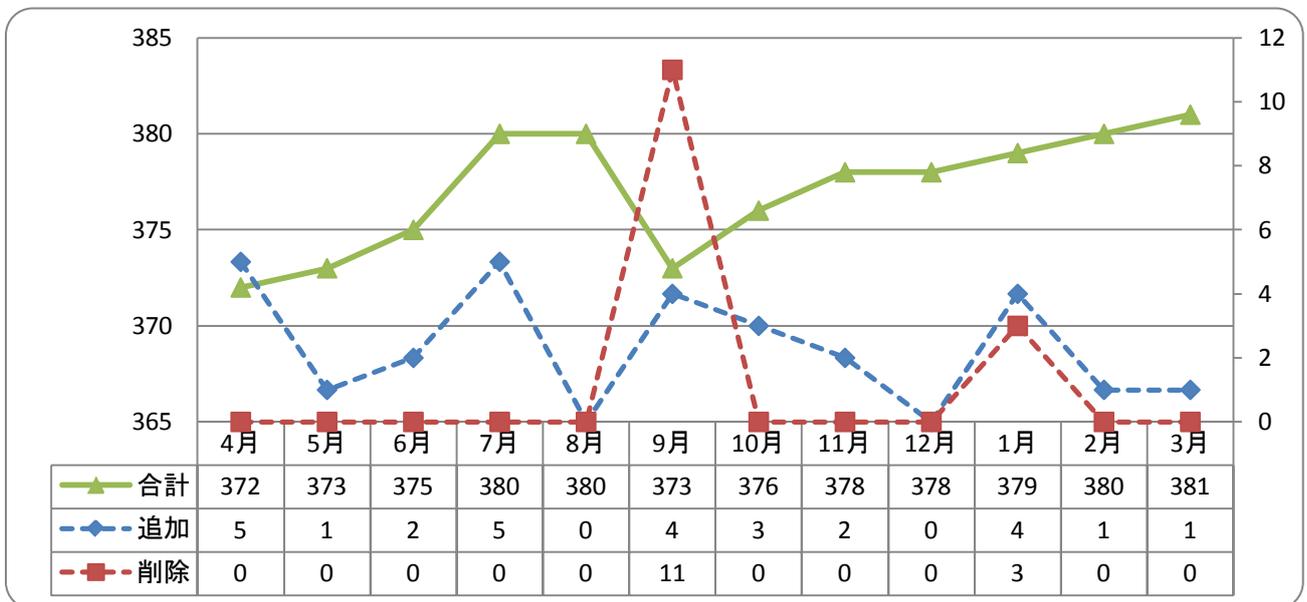
メーカー・ベンダと引き続き調査を継続中ですが、近々新たな不具合修正を施した特別版 OS の提供を受ける予定です。

(2) 主なサービスの利用状況とファイル交換ソフトウェア検知状況

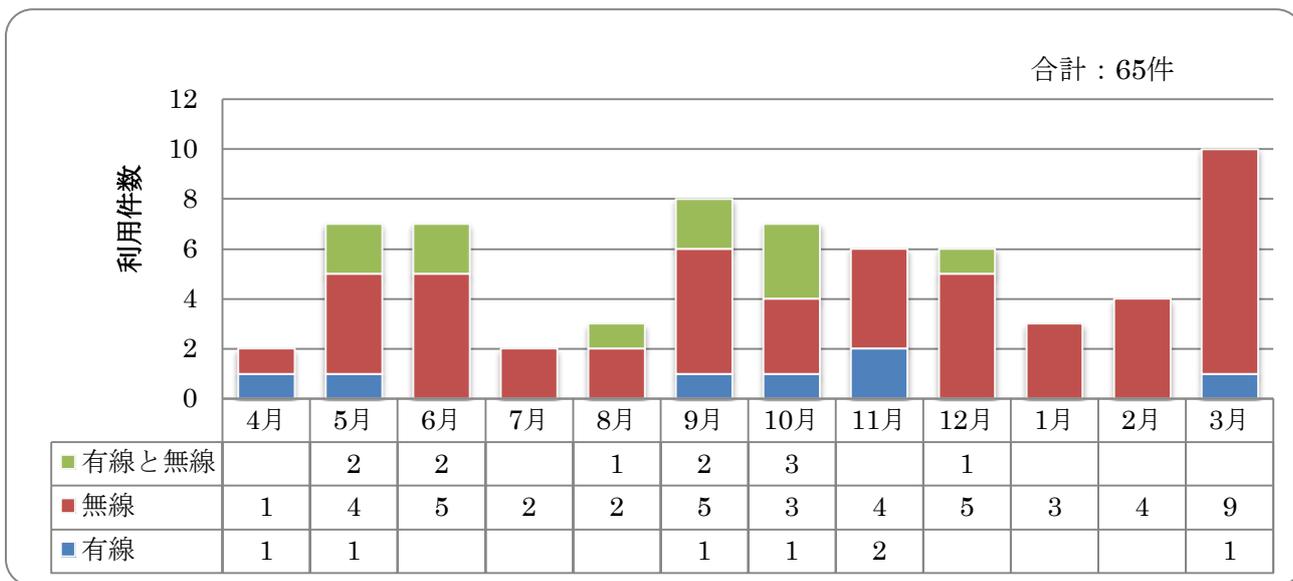
1) DNS サーバ代行サービス利用状況



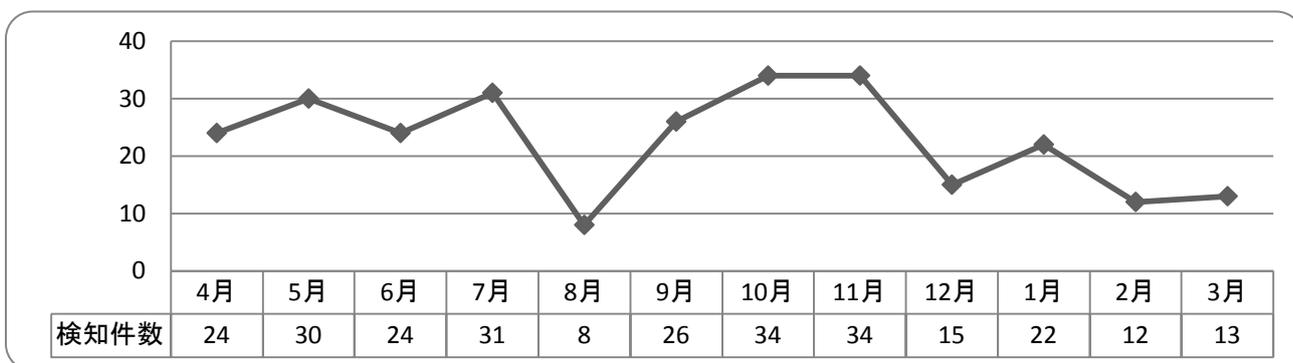
2) WWW サーバ代行サービス利用状況



3) イベント用ネットワーク利用状況



4) ファイル交換ソフトウェア検知状況



2-4 キャンパス共通認証・認可システム

2-4-1 構成

平成18年4月から本学構成員全員に対し全学共通の情報基盤に対するアカウント(以下、東工大共通アカウントという。)を付与するとともに、PKI(公開鍵暗号方式を利用したセキュリティ基盤)を用いた「東工大ICカード」並びに「全学共通メールアカウント」を提供している。現在利用可能なサービスを概念図として、図2-4に示す。

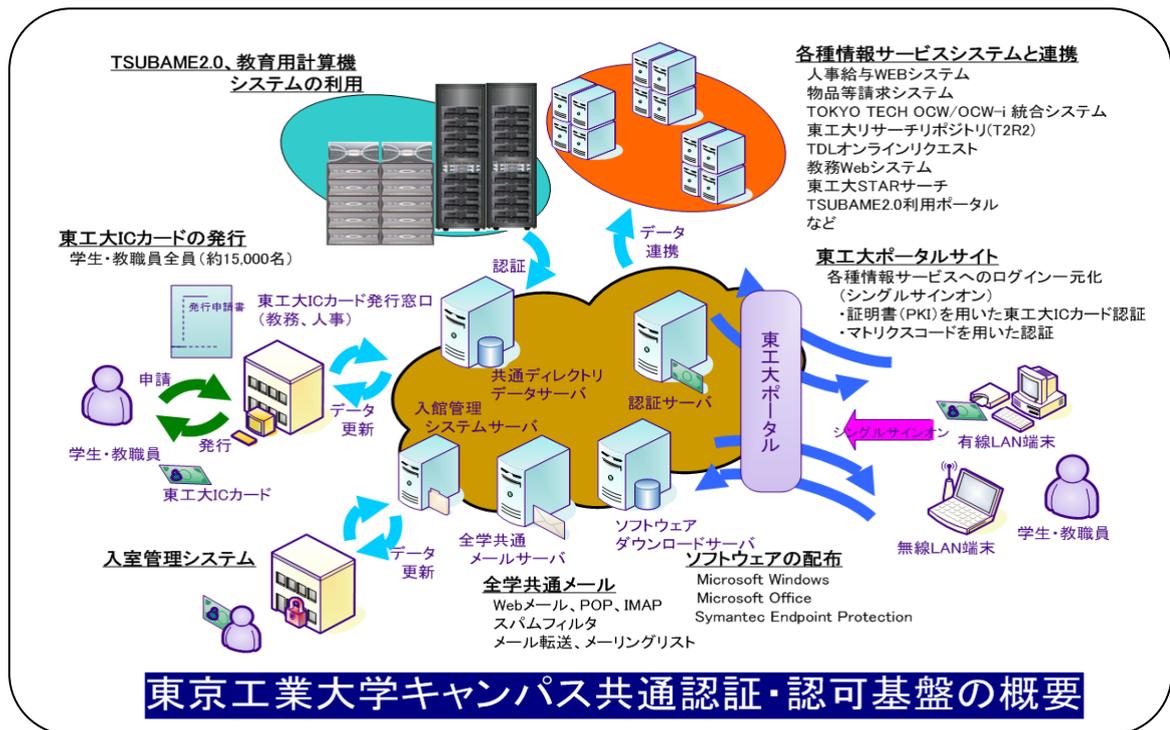


図2-4 共通認証・認可システム及び全学共通メールシステム

2-4-2 運用

(1) 東工大ポータル

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

(2) 利用可能な情報サービス

東工大ポータルから利用可能な情報サービスは以下のとおりである。

- ・全学共通メール(ウェブメール、管理者機能など)
- ・物品等請求システム
- ・講義支援システム(LMS)
- ・学内ネットワーク環境への接続(SSL-VPN接続)
- ・包括ライセンスソフトウェアの提供

- ・東工大リサーチリポジトリ (T2R2)
- ・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
- ・TSUBAME2.0 利用ポータル

2-4-3 実績

(1) 認証・認可システム／全学共通メールの運用状況を以下に示す。

| | |
|-----------|----------------------------------------------------------------|
| 2009年 4月 | 教務 Web システムの運用開始 |
| 2009年 8月 | 認証・認可システムのバージョンアップ |
| 2009年 11月 | 認証基盤仮想化システム導入 |
| 2010年 2月 | DeepMail 版迷惑メール機能導入 |
| 2010年 3月 | Windows7 (32/64bit)、MacOS (Leopard/snowLeopard) 対応版証明書管理ツールの導入 |
| 2010年 6月 | キャンパス無線 LAN の認証方法の変更 |
| 2010年 7月 | 非常勤職員の学外からの電子ジャーナルの利用開始 |
| 2011年 7月 | カード発行の切替 (java カード) ID 機能 C と D の追加とバーコードの新設等 |
| 2011年 11月 | 新個人証明書のインストール |

(2) 全学共通メールの利用状況を以下に示す。

- ・全学共通メールアドレス発行件数 (2012年3月31日現在)

| | |
|-------------------------|-------------|
| 全学共通メールアカウント発行件数 | 13,783 |
| (内訳) 常勤職員 | 1,796 (13%) |
| 非常勤職員 | 1,766 (13%) |
| アクセスカード所有者 | 282 (2%) |
| 学部学生 | 4,772 (35%) |
| 大学院学生 (修士課程) | 3,518 (25%) |
| 大学院学生 (博士後期課程) | 1,484 (11%) |
| 研究生等 | 165 (1%) |

・全学共通メール利用状況（2011年2月1日～2012年1月31日）

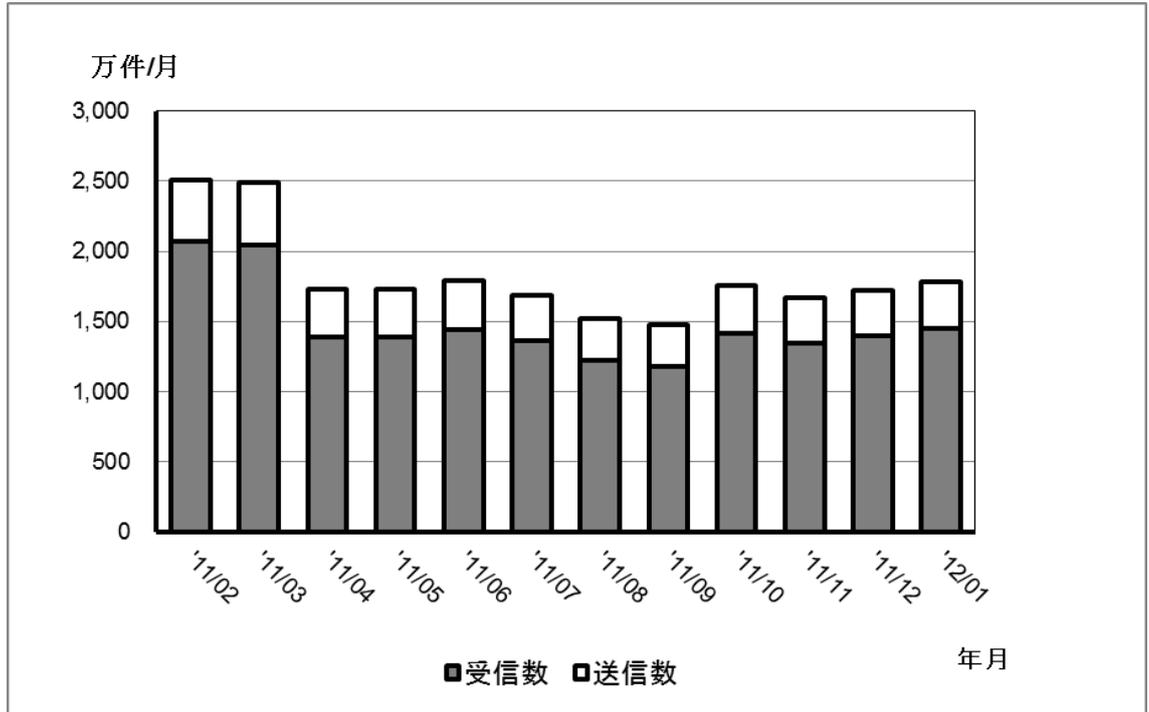


表 2-4 全学共通メール利用状況

(3) 東工大 IT サービスデスク

平成 22 年 5 月 10 日より，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開始した。

問合せ先と開設時間

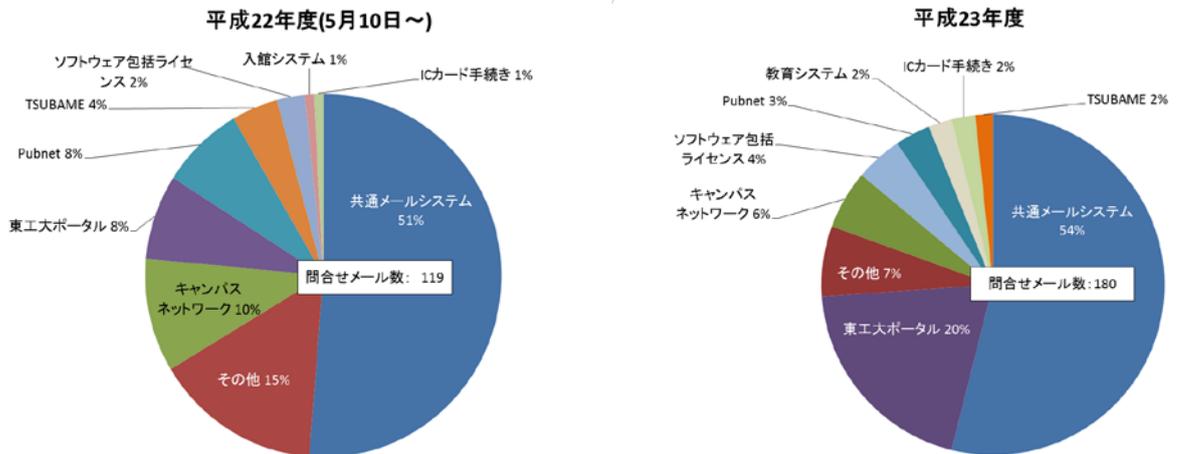
東工大 IT サービスデスク

電話：03-5734-3654

メール：helpdesk@gsic.titech.ac.jp

9:00～12:15、13:15～17:00（休日・祝祭日を除く）

以下に平成 22 年度及び平成 23 年度における IT サービスデスクに寄せられた問合せメールの傾向を示す。



2-5 ソフトウェア包括契約

2-5-1 概要

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

その結果、平成 23 年度の実績で約 1.8 億円の経費が削減され、加えて、生協において本学学生および教職員が Microsoft Windows 及び Microsoft Office を個人所有の PC 用に安価に購入することが可能となり、学生の学習・研究環境整備にも貢献している。

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

昨年度からの運用の変更点として、マイクロソフト社のサポート終了に伴い平成 24 年 3 月に Windows Vista Ultimate Upgrade を、3 世代目の製品が出たことにより平成 23 年 9 月に Office 2004 for MAC の提供を終了した。

【包括契約で提供されるソフトウェア】

| | | |
|---------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Microsoft Office | Windows 版 | Office 2007 Enterprise Office Professional Plus 2010 |
| | Mac 版 | Office 2004 for MAC Office 2008 for MAC Office 2011 for MAC |
| Microsoft Windows Upgrade | Windows 7 Enterprise Upgrade | |
| | Windows Vista Ultimate Upgrade | |
| | Windows XP Professional Upgrade | |
| Symantec 社製ウイルス対策ソフトウェア | Windows 版 | Endpoint Protection |
| | Mac 版 | Endpoint Protection for Mac |
| | Linux 版 | Endpoint Protection for Linux |

2-5-2 運用

1) 利用資格

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

2) インストール対象となるコンピュータ

以下の条件を満たすコンピュータにインストールすることができる。

- ・ 大学の経費で購入した大学所有のコンピュータ(大学の物品及びレンタル品を含

む)

- ・ 利用資格を有する者が所有する個人所有のコンピュータ(ただし、一人当たり MS Office/OS 共にいずれかのバージョン1つを1台分利用可能。Symantec 社製ウィルス対策ソフトウェアについては学内 LAN に常時接続している PC に限り1台分利用可能)

3) 提供方法

a) 大学所有コンピュータへの提供

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

IC カードリーダーを使って東工大ポータルにログイン ⇒ 誓約書を提出

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

東工大ポータルにログイン (マトリックス認証可) ⇒ パスコード取得

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

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

*パスコード取得から 24 時間以内に作業する必要有り

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

Step1 : 職員 (学生) 証を持って生協へ

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

Step3 : メディアを購入 (各メディア 1 種 1 枚まで購入可)

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

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

2-5-3 実績

Microsoft Windows 7 配布数

| | 2011 | | | | | | | | | | 2012 | | | 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 | 242 | 129 | 65 | 48 | 52 | 75 | 74 | 74 | 69 | 49 | 68 | 89 | 1,034 | |
| 個人 PC | 188 | 95 | 66 | 67 | 69 | 59 | 68 | 71 | 69 | 88 | 104 | 199 | 1,143 | |
| 計 | 430 | 224 | 131 | 115 | 121 | 134 | 142 | 145 | 138 | 137 | 172 | 288 | 2,177 | |

Microsoft Windows Vista 配布数

| | 2011 | | | | | | | | | 2012 | | | 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 | 25 | 9 | 3 | 8 | 8 | 1 | 10 | 4 | 7 | 7 | 6 | 4 | 92 |
| 個人 PC | 4 | 9 | 4 | 5 | 7 | 6 | 5 | 5 | 2 | 3 | 3 | 6 | 59 |
| 計 | 29 | 18 | 7 | 13 | 15 | 7 | 15 | 9 | 9 | 10 | 9 | 10 | 151 |

Microsoft Windows XP 配布数

| | 2011 | | | | | | | | | 2012 | | | 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 | 7 | 0 | 3 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 2 | 1 | 1 | 20 |
| 個人 PC | 15 | 6 | 8 | 4 | 6 | 2 | 8 | 4 | 4 | 2 | 8 | 7 | 74 |
| 計 | 22 | 6 | 11 | 5 | 8 | 3 | 9 | 5 | 4 | 4 | 9 | 8 | 94 |

Microsoft Office 2007 (Windows 版) 配布数

| | 2011 | | | | | | | | | 2012 | | | 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 | 262 | 67 | 43 | 42 | 25 | 46 | 61 | 41 | 24 | 25 | 30 | 27 | 693 |
| 個人 PC | 15 | 18 | 15 | 10 | 5 | 13 | 5 | 15 | 10 | 7 | 9 | 15 | 137 |
| 計 | 277 | 85 | 58 | 52 | 30 | 59 | 66 | 56 | 34 | 32 | 39 | 42 | 830 |

Microsoft Office 2010 (Windows 版) 配布数

| | 2011 | | | | | | | | | 2012 | | | 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 | 1,040 | 397 | 267 | 259 | 167 | 274 | 332 | 242 | 233 | 241 | 321 | 453 | 4,226 |
| 個人 PC | 603 | 284 | 172 | 123 | 92 | 108 | 93 | 96 | 102 | 112 | 149 | 249 | 2,183 |
| 計 | 1,643 | 681 | 439 | 382 | 259 | 382 | 425 | 338 | 335 | 352 | 470 | 702 | 6,409 |

Microsoft Office 2004 (Mac 版) 配布数

| | 2011 | | | | | | | | | 2012 | | | 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 | 4 | 9 | 2 | 2 | 4 | 4 | - | - | - | - | - | - | 25 |

Microsoft Office 2008 (Mac 版) 配布数

| | 2011 | | | | | | | | | 2012 | | | 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 | 13 | 4 | 6 | 5 | 7 | 7 | 8 | 13 | 0 | 9 | 15 | 120 |
| 個人 PC | 0 | 1 | 0 | 2 | 1 | 0 | 3 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 10 |
| 計 | 33 | 14 | 4 | 8 | 6 | 7 | 10 | 9 | 14 | 0 | 9 | 16 | 130 |

Microsoft Office 2011 (Mac 版) 配布数

| | 2011 | | | | | | | | | 2012 | | | 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 | 147 | 52 | 60 | 43 | 57 | 40 | 49 | 65 | 64 | 38 | 77 | 85 | 777 |
| 個人 PC | 113 | 67 | 42 | 42 | 36 | 45 | 58 | 37 | 47 | 37 | 50 | 72 | 646 |
| 計 | 260 | 119 | 102 | 85 | 93 | 85 | 107 | 102 | 111 | 75 | 127 | 157 | 1,423 |

Symantec Endpoint Protection (Windows 版) 配布数

| | 2011 | | | | | | | | | 2012 | | | 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 | 1,299 | 384 | 275 | 600 | 204 | 299 | 377 | 273 | 241 | 262 | 279 | 386 | 4,879 |
| 個人 PC | 207 | 96 | 88 | 62 | 52 | 63 | 79 | 52 | 45 | 51 | 27 | 38 | 861 |
| 計 | 1,506 | 480 | 363 | 662 | 256 | 362 | 456 | 325 | 286 | 313 | 306 | 424 | 5,740 |

Symantec Endpoint Protection for Macintosh (Mac 版) 配布数

| | 2011 | | | | | | | | | 2012 | | | 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 | 3 | 3 | 4 | 5 | 19 | 0 | 3 | 2 | 2 | 9 | 1 | 6 | 57 |
| 個人 PC | 3 | 2 | 2 | 0 | 1 | 0 | 3 | 2 | 0 | 0 | 1 | 3 | 17 |
| 計 | 6 | 5 | 6 | 5 | 20 | 0 | 0 | 4 | 2 | 9 | 2 | 9 | 74 |

Symantec Endpoint Protection for Linux (Linux 版) 配布数

| | 2011 | | | | | | | | | 2012 | | | 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 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 2 | 7 |

2-6 学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点の公募型共同研究

青木 尊之
渡邊 寿雄
根本 忍

【ネットワーク型拠点の概要】

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

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



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

表 1 課金免除課題の免除理由

| | |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | マルチパラメータサーベイ型シミュレーションを支えるシステム化技術に関する研究 東京大学 奥田洋司 |
| 免除理由 | アプリケーション（ソフトウェア）を連携するシステム構築の有用性は大いに意義があり、大規模数値シミュレーションの研究効率や研究開発品質の向上に期待できる。また、本研究の成果物の社会への還元や多くのアプリケーションに対して適用できる可能性がある。多数拠点の計算機資源を活用する点でも、大規模なシステム開発を行う点でも十分な研究体制である。 |
| 6 | 学術グリッド基盤の構築・運用技術に関する研究 国立情報学研究所 合田憲人 |
| 免除理由 | 本研究で構築される統一認証システムにより、各拠点のスーパーコンピュータをシームレスに利用できることは重要な技術である。当システムの完成により、スーパーコンピュータのみならず、当システム下にある計算機資源を遊ばせることなく運用できる。ユーザにとってはより多くの計算資源を自由に利用できる基盤ができることになると考えられるため有用性が高い。多数拠点の計算機資源利用に対する理由が明確であり、各拠点との共同研究や運用検討面での体制もしっかりしている。 |

【ネットワーク型拠点としての活動】

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

平成 23 年度は、平成 22 年 12 月 10 日に募集要項が公開されてから平成 23 年 2 月 10 日まで共同研究課題の公募を行い、構成拠点の委員 8 名と構成拠点以外の委員 9 名の計 17 名からなる課題審査委員会での厳正なる審査の結果、応募 41 件中 39 件を採択し、その内の 2 件を負担金免除課題とした。この 2 件は共に 3 拠点以上の計算機資源を利用し、本ネットワーク型拠点の目的・意義に沿った課題のうち、審査委員会において特に優れていると認められた課題である。それぞれの負担金免除課題の免除理由を表 1 に掲載した。

また、平成 23 年度は本ネットワーク型拠点が主催する第 3 回シンポジウムが 7 月 14・15 日に品川・THE GRAND HALL にて行われた。本ネットワーク型拠点の本格運用開始の年であった平成 22 年度は同様なシンポジウムを 2 回開催したが、採択課題への負担が多過ぎることなどから、平成 23 年度は年 1 回の開催となった。シンポジウムでは、平成 22 年度に実施された共同研究課題 37 件の研究成果を口頭発表で報告するとともに、平成 23 年度に採択された課題 39 件のポスター発表があり、活発な質疑・応答が行われた。

平成 23 年度 共同研究日程

平成 22 年 12 月 10 日（金）

詳細案内公開

平成 23 年 1 月 7 日（金）

課題応募受付開始

| | |
|----------------|---------------|
| 2月10日(木) 17:00 | 課題応募受付締切 |
| 3月中旬 | 採択通知 |
| 4月1日(金) | 共同研究開始 |
| 7月14・15日 | 第3回シンポジウム(品川) |
| 平成24年3月15日(木) | 共同研究期間終了 |

【構成拠点としての活動】

当センターを利用した採択課題とネットワーク型拠点での当センターの特色

平成23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、当センターを利用する採択課題として表2にまとめた6件(うち負担金免除課題2件)が実施された。

本ネットワーク拠点が供出する計算資源のうち、GPUを搭載したスパコンは当センターのTSUBAME2.0のみであることを反映して、当センターを利用した採択課題6件のうちの半数3件がGPUを活用した課題であった。

提供する計算機資源と課金制度

当センターは本ネットワーク型拠点の構成拠点として、TSUBAME2.0の全計算機資源の5%(TSUBAME2.0を平均64ノード、768CPUコア9.8TFLOPS+192GPU98.9TFLOPSの12ヵ月利用に相当。400ノード以上を一度に使う利用も可能)を上限と設定し、利用課金は33千円/1口の従量制課金、1課題の標準的利用口数を10口と想定して提供した。

表2 当センターを利用した採択課題と配分口数(申請順)

| | 所属機関 利用課題責任者 | 申請課題名 | 利用 口数 |
|---|-------------------|----------------------------------------|----------|
| 1 | 防災科学技術研究所 青井 真 | GPGPUの地震ハザード予測シミュレーションへの適応性評価 | 1 |
| 2 | 京都大学 村主 崇行 | 宇宙物理学を対象とするGPGPU磁気流体シミュレーションのさらなる開拓と普及 | 10 |
| 3 | 北海道大学 棟朝 雅晴 | 分散クラウドシステムにおける遠隔連携技術 | 0 |
| 4 | 東京大学 奥田 洋司 | マルチパラメータサーベイ型シミュレーションを支えるシステム化技術に関する研究 | 10 |
| 5 | 九州大学 竹中 博士 | 並列GPUを用いた大規模地震波伝播シミュレーション | 2 |
| 6 | 国立情報学研究所 合田 憲人 | 学術グリッド基盤の構築・運用技術に関する研究 | 1 |

- 4, 6は課金免除課題。
- 1口は3000TSUBAMEポイントで、標準キュー4ノードをおよそ1ヶ月相当利用可能。

採択課題に対する資源提供は、平成 21 年度の試験的実施の際には学内に準じた利用形態としたが、平成 22 年度より共同利用（学術利用）に準じた利用形態となったため、TSUBAME2.0 のバッチサービスの一部（ノード占有キュー（S, S96, L128, L256, L512）と GPU 専用ノード占有キュー（G））と予約ベースサービス（H キュー）の計算資源を提供し、一般ユーザと混在してご利用いただいた。

表 2 には平成 23 年度採択課題一覧に加えて、各課題への配分口数を記した。当センター TSUBAME2.0 は従量制課金（1 口単位で事前購入した分の計算機資源を利用できるチケット制）であり、各課題では課題審査委員会より採択審査時に認められた計算機資源量を上限として、1 月末日まで希望した口数を随時追加購入することが可能である。追加購入申請受領後にそれに伴う経理手続きやユーザからの負担金振り込み手続きがあり、それと並行してすべての JHPCN ユーザの利用口数を取りまとめて中核拠点である東大 情報基盤センター宛に負担金の一部請求などの経理処理を行う必要があるため、東工大では 1 月末日をもって口数の追加購入を締め切った。

東日本大震災の影響

平成 23 年度当初は TSUBAME2.0 が節電のために 4 月は 30%、5 月は 70% の縮退運用、夏季期間は 30% のノードを昼&夜で自動的に停止&夜間するピークシフト運用を行った。本学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点の活動については、年度当初の立ち上がりが平成 22 年度と比べて鈍い傾向が見られたが、縮退運用やピークシフト運用時でも十分な計算資源を提供することができ、大きな影響はなかった。

一方で、採択決定は震災以前だったにも関わらず、採択課題のうち 2 課題が地震関連のシミュレーションということで、非常に大きな注目を突如浴びることになった。これは TSUBAME2.0 が GPU スパコンであり、地震や津波などの解析に用いられる流体シミュレーションや波動伝搬シミュレーションにおいては GPU による高速化が著しいということで、この分野は GPU アプリケーションの開発が盛んな分野の一つであった。今後とも、GPU アプリケーション開発など TSUBAME2.0 の特徴を生かした課題を奨励していくことで、より幅広い分野における成果を期待したい。

2-7 TSUBAME 共同利用サービス

青木 尊之
渡邊 寿雄

【概要】

平成21年7月より開始したTSUBAME共同利用サービスは平成23年度で3年目となった。また平成23年度はTSUBAME 2.0にて1年間フルに運用を行う最初の年であり、平成22年11月の導入時に各方面にて制度を周知していただいたことにより、平成23年度の採択課題数は22件（学術利用9件、産業利用・成果公開7件、産業利用・成果非公開6件）と平成22年度の17件や平成21年度の6件から順調な増加となった。

サービス開始からの3年間の運用経験を元に運用・制度の改善が行われた。学術利用においては、平成22年度に審査免除としたのに引き続き平成23年度は申請書の簡略化を行うなど利用拡大に努めた結果、平成23年度は9件となり平成22年度の4件からの倍増となった。また産業利用／社会貢献利用についても滞りなく実施された課題による継続課題申請は審査免除とするなど、利用者側と運用側の両方にとって負担削減となるような改善が行われた。また3年間の様々な制度改善を取り込むために募集要項の大幅改訂も行った。また、平成22年度末には東日本大震災によるサービス停止・縮退運転・不要不急ジョブの自粛のお願いなどがあり、それに伴う補償などが平成23年度に行われた。

【TSUBAME共同利用サービス】

平成21年7月に開始したTSUBAME共同利用サービスは、TSUBAME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サービスである。平成23年度は、TSUBAME2.0では全提供可能計算資源の30%を上限に学外の利用者（共同利用サービスのみならず、学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点や先端研究施設共用促進事業トライアルユースの利用者を含む）に対してTSUBAMEの計算資源を提供する。共同利用サービスには、「学術利用」、「産業利用」、「社会貢献利用」の3つの利用区分と「成果公開」と「成果非公開」の категорияがあり、それぞれ下記のように分類される。

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

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

らない。

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

【課題採択】

平成23年度の共同利用の有償利用課題は22件であり、内訳は学術利用9件、産業利用・成果公開7件、産業利用・成果非公開6件となった。採択課題一覧は表1、2に掲載した。

TSUBAME共同利用（産業利用）では成果公開が7件、成果非公開が6件となった。これらのうち前年度からの継続課題が成果公開と成果非公開がそれぞれ3件ずつ、無償の産業利用トライアルユースからの移行課題がそれぞれ3件と1件となっており、それまでの利用実績を評価いただいた上で引き続いてご利用いただけていることを示している。

継続利用との相関がよりはっきりと表れているのが大口での利用課題である。10口以上の大口での利用は、学術利用が2件、産業利用・成果公開が4件あるが、これらのうち産業利用の1件を除く5件は前年度からの継続利用（産業利用トライアルユースからの移行を含む）であった。これは、TSUBAME2.0での運用が2年目となってその膨大な計算資源が十分周知されつつあることとともに、大口利用申請を行うためにはそれなりの利用実績が必要であることの表れである。

成果公開と成果非公開の課題数の比率は、課金単価が4倍高いにも関わらずほぼ同数となっている。これは、比較的成果公開が容易な基礎研究の部門のみでなく、激しい開発競争のため成果非公開が必須である製品開発の部門においても、本事業によるスパコン利用が普及してきたことの表れである。

【運用・制度の改善】

サービス開始からの3年間の運用経験を元に運用・制度の改善が行われた。

学術利用においては、平成22年度に審査免除としたのに引き続き平成23年度は申請書の大幅な簡略化を行うなど利用拡大に努めた結果、平成23年度は9件となり平成22年度の4件からの倍増となった。申請書の簡略化を行った背景には、それまでの申請書が産業利用を想定した申請書をベースとしたものであったため、下記のような問題点があった。

- 他の全国共同利用施設のスパコンセンターと比較して、申請書が重すぎる。
- 申請書や成果報告のハードルが高いため、萌芽的研究での利用が難しい。
- 負担金の減免がある他の競争的なTSUBAME 利用制度（JHPCN やグランドチャレンジ大規模計算制度など）とは異なり、学内との共同研究による利用と同じ額の負担金である。

そこで、改めて記載内容を精査することで、プログラムの詳細や予算の確保などの記載を削減し、申請書の簡略化を行った。

産業利用／社会貢献利用における課題審査免除枠の拡大も行われた。これは、申請者の

表 1. 平成 23 年度 TSUBAME 共同利用（学術利用）の採択課題一覧

| 課題番号 | 所属機関 利用課題責任者 申請課題名 | 利用口数 |
|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|------|
| 共同利用(学術利用・成果公開) | | |
| 1 | 理化学研究所 次世代計算科学分子スケールチーム 森次 圭 MSES 法によるタンパク質複合体シミュレーション | 2 |
| 2 | 京都大学 大学院情報学研究科知能情報学専攻 河原大輔 大規模ウェブコーパスからの知識獲得およびその応用 | 20 |
| 3 | 京都大学 大学院情報学研究科知能情報学専攻 黒橋 禎夫 会話エージェント構築のための大規模ウェブコーパスからの知識獲得 | 20 |
| 4 | 九州大学 応用力学研究所 大澤 一人 金属中の格子欠陥の構造と相互作用に関する第一原理計算 | 1 |
| 5 | 桐蔭横浜大学 川久保 達之 ATP加水分解によって惹き起こされるミオシン分子モーターの 変形運動に関する分子動力学シミュレーション | 1 |
| 6 | 筑波大学 数理物質系 石塚 成人 TSUBAME2 GPU による η - η' 中間子質量の計算 | 2 |
| 7 | 理化学研究所 泰地 真弘人 タンパク質間相互作用阻害ペプチドの設計 | 5 |
| 8 | 筑波大学 数理物質系 石塚 成人 TSUBAME2 GPU による非連結グラフ計算の改良と η - η' 中間子質量の計算 | 5 |
| 9 | 首都大学東京 岡部 豊 TSUBAME2 GPU によるスピン系のクラスターアルゴリズム・ モンテカルロシミュレーション | 1 |

利便性の確保と運用コストの削減を行うことで、更なる申請数の増加を促すことが目的である。具体的には、利用成果報告書を期限までに提出するなど滞りなく実施された課題による継続課題申請は審査免除とした。

また、これらの改善を含めた3年間の様々な制度改善を取り込むために募集要項の大幅改訂も行った。

【東日本大震災の影響とそれに伴う対応】

平成22年度末の東日本大震災とその後の計画停電の影響で、TSUBAME2.0 は停止や縮退運用を余儀なくされた。天災のため不可避とはいえ、ユーザーの皆様には 縮退運用中にも不要不急のジョブをご遠慮いただくなど、ご理解・ご協力をいただいた。

一方で、予期せぬ震災により TSUBAME が十分に使えない状態になり、平成22年度末に残余計算口数が出てしまった課題が多数あった。現在の制度をそのまま適用すれば年度末で残余口数は失効するが、学術国際情報センターとしては、利用者を救済するため平成23年度に代替のTSUBAMEポイントの無償付与を下記の通りに行った。

- いかなる場合でも返金はしない。
- 残余口数に対応した補償は繰り越しではなく平成22年度で失効とした上で、利用者が希望する場合に限り、端数を切り捨てた残余口数相当の TSUBAME ポイントを無償付与。

表2. 平成23年度 TSUBAME共同利用（産業利用）の採択課題一覧

| 課題番号 | 所属機関 申請課題名 | 利用 口数 |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------|----------|
| 共同利用(産業利用・成果公開) | | |
| 1 | 武田薬品工業株式会社 医薬研究本部 拡張アンサンブルシミュレーションによるタンパク質とリガンドの結合構造予測法の開発 | 25 |
| 2 | 住友化学株式会社 筑波研究所 理論計算に基づく有機半導体材料の開発 | 10 |
| 3 | 日東電工株式会社 高分子中における低分子拡散挙動のシミュレーション | 7 |
| 4 | 新日本製鐵株式会社 鋼材強化に資する微細析出物成長制御のための計算機シミュレーション | 30 |
| 5 | 株式会社 エーイーティー技術部 超大規模三次元高周波電磁界シミュレーションへの GPU クラスタ適用検証 | 1 |
| 6 | 風工学研究所 オープンソースコードによる風速の地形影響評価に関する LES | 18 |
| 7 | 清水建設株式会社 複雑地形を考慮した超大規模津波波力解析システムの開発 | 1 |
| 共同利用(産業利用・成果非公開) | | |
| 1 | コニカミノルタテクノロジーセンター株式会社 (非公開) | (非公開) |
| 2 | 株式会社リコー (非公開) | (非公開) |
| 3 | 日東電工株式会社 (非公開) | (非公開) |
| 4 | 富士通アドバンステクノロジー株式会社 (非公開) | (非公開) |
| 5 | 株式会社 キヤノン (非公開) | (非公開) |
| 6 | 日産自動車株式会社 (非公開) | (非公開) |

- 希望調査の際に、利用者の所属する組織において利用課題の支払元となる研究プロジェクト等で平成23年度に代替の TSUBAME ポイントを付与されることが会計検査等の問題にならないことを利用者に確認した上で付与。
- 平成23年3月で終了するアカウントに対しては、3ヶ月の利用期間の延長を設定した上で付与。アカウントの継続利用申請がある場合には、そのアカウントの有効期限まで有効。

2-8 先端研究施設共用促進事業

『みんなのスパコン』TSUBAME によるペタスケールへの飛翔

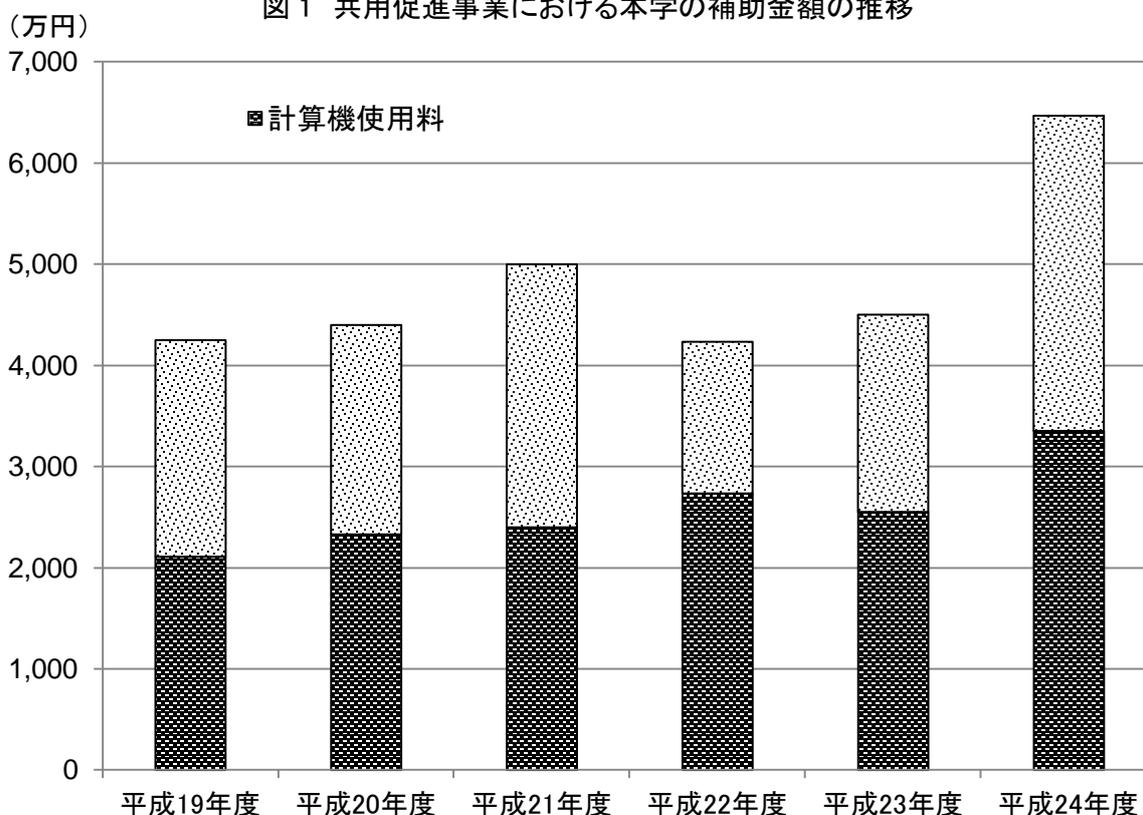
学術国際情報センター 共同利用推進室 佐々木 淳

【事業概要】

文部科学省 先端研究施設共用促進事業の一つである“『みんなのスパコン』TSUBAME によるペタスケールへの飛翔”は、平成 19 年度に採択された「先端研究施設共用イノベーション創出事業」により採択され、平成 21 年度より先端研究施設共用促進事業の枠組みに移行し、本学 学術国際情報センター 共同利用推進室が主体的に実施している。図 1 に平成 19 年度からの補助金の推移を提示する。

本事業は、本学 学術国際情報センターのスパコン TSUBAME2.0 の計算資源を企業の方々に提供する事業であり、既に平成 23 年度末時点で延べ 90 の課題に利用頂いている。本事業のフラッグシップ的な位置づけにあたる共用促進トライアルユースは、企業の方々に無償にて TSUBAME2.0 の計算資源を提供する制度であり、平成 23 年度の課題採択件数は 10 件(戦略分野利用推進課題 5 件、新規利用拡大課題 5 件)、実施件数は 17 件であった。また有償による企業での利用は 13 件(成果公開 7 件、成果非公開 6 件)であった。

図 1 共用促進事業における本学の補助金額の推移



【事業実施と成果】

【実施体制】

平成 23 年度は、本事業を主体となつて行う学術国際情報センター 共同利用推進室(室長 佐伯元司教授(本事業代表者、学術国際情報センター長)、室長代理 青木尊之教授(学術国際情報センター副センター長・共同利用専門委員会委員長))に、本学経費による雇用の施設共用技術指導研究員 1 名に加え、共用促進事業の補助金(以下、「本補助金」)で新たに雇用した専従の共用促進リエゾン員 1 名、専従の施設共用技術指導員 1 名を配置した。また課題の受付・管理を行う事務員 1 名、経理などを行う事務補佐員 1 名も配置した。

なお本補助金での採用は、施設共用技術指導研究員 兼 共用促進リエゾン員 1 名(エフォート 100%)の年度当初からの雇いを計画していたが、共用促進リエゾン員 1 名(エフォート 100%)、施設共用技術指導員 1 名(エフォート 100%)の 2 名が年度途中からの雇用となった。雇用の遅れの方については、本学経費による雇用の施設共用技術指導研究員が対応した。

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

また、本事業を含む TSUBAME2.0 のすべての共用制度は、学術国際情報センターの共同利用専門委員会の承認の下で実施される。共同利用専門委員会は本学教職員 11 名、他大学教員 5 名、一般企業職員 2 名、合計 18 名の委員で構成され、多様な意見を反映するようにした。

【広報活動】

本事業の認知向上のため、また利用課題を広く公募するために、積極的に広報・渉外活動を行った。特に 6 月の設計・製造ソリューション展においては地球シミュレータセンターの隣接のブースにて出展する連携を行い、企業活動におけるスパコン利用の効用を訴求し、潜在利用者の獲得に努めた。その他、SACIS2011(5 月)、日本コンピュータ化学会 2011 春季年会(5 月)、GTC Workshop Japan 2011(6 月)、第 22 回設計・製造ソリューション展(6 月)、JHPCN 第 3 回拠点シンポジウム(7 月)、日本機械学会(9 月)、日本 EDA ベンチャー連絡会(JEVeC)(11 月)、第 25 回分子シミュレーション討論会(12 月)、HPCS2012(平成 24 年 1 月)、GAUSSIAN Workshop 2012(平成 24 年 2 月)、第 11 回 GPU コンピューティング講習会(平成 24 年 3 月)、2012 年春季第 59 回応用物理学関係連合講演会(平成 24 年 3 月)、2012 電子情報通信学会総合大会(平成 24 年 3 月)などの国内の主要な展示会・学会・研究会に出展し、本事業の認知向上に努めた。加えて新分野開拓のため、電子情報通信学会や情報処理学会への広告掲載やブース出展を行った。

当初は 6 月に本事業の利用成果報告会として共用促進シンポジウムの開催を予定していたが、震災の影響により 10 月 19 日に文部科学省 基盤研究課長の柿田様を来賓としてお招きし開催し、武田薬品工業株式会社 小久保様、清水建設株式会社 フック様の 2 件の課題の口頭発表と、9 件のポスター発表にて平成 22 年度終了課題の成果を報告、満席となる 105 名もの参加を得て盛

況なシンポジウムとなった。本シンポジウムの模様および終了課題の報告書は、本事業の Web ページならびに文部科学省の共用ナビに掲載し公開したとともに、本学のクロニクルにおいても報告している。

【課題公募】

平成 23 年度の定期公募は、4 月利用開始は平成 22 年 12 月から、10 月利用開始は平成 23 年 6 月から公募を実施し、それぞれ 2 回の公募説明会を開催、4 月 12 日から利用開始には 3 件、10 月 3 日から利用開始には 4 件の課題の応募があった。また随時公募も実施し、4 月、6 月、8 月にそれぞれ 1 件の応募があった。

【課題採択】

平成 23 年度の課題採択件数は 10 件(戦略分野利用推進課題 5 件、新規利用拡大課題 5 件)、実施件数は 17 件であった。平成 22 年度に新設した戦略分野利用推進の課題種別「アクセラレータ利用技術の推進」に平成 23 年度は 3 件を採択・実施した。また「シミュレーションによるナノ材料・加工・デバイス開発」は実施 7 件(うち採択 1 件)、「社会基盤のリスク管理シミュレーションへの HPC 応用技術の開発」は実施 2 件(うち採択 1 件)、新規利用拡大は採択・実施が 5 件となった。また有償による企業での利用は 13 件(成果公開 7 件、成果非公開 6 件)であった。表 1 に共用促進トライアルユースの採択課題の一覧を提示する。

表 1 平成 23 年度 共用促進トライアルユース 採択課題一覧

| No. | 課題区分 | 課題名 | 企業名 |
|-----|--------------|------------------------------------------------|----------------------------|
| 1 | 戦略分野 ナノシム | 量子化学計算を活用した企業研究の効率化 | 出光興産株式会社 先進技術研究所 |
| 2 | 戦略分野 社会基盤 | 大規模地震における強震動評価と 屋内収容物の被害評価 | 株式会社 構造計画研究所 防災ソリューション部 |
| 3 | 戦略分野 アクセラ | メソ構造を持つ高分子材料の マルチスケール・シミュレーション | 日本ゼオン株式会社 総合開発センター |
| 4 | 戦略分野 アクセラ | 衛生陶器設計のための並列 GPGPU 気液二相流シミュレーション | TOTO株式会社 技術開発センター |
| 5 | アクセラ | 大規模三次元電磁界シミュレーションの トンネルモデルへの適用 | 株式会社 構造計画研究所 情報・通信事業企画部 |
| 6 | 新規拡大 | PCクラスタミドルウェア「HarmonyCalc」の TSUBAME での動作実証実験 | 株式会社 イマジウム |
| 7 | 新規拡大 | 個別要素法を用いた粉末充填シミュレー ションプログラムの並列化とその評価 | 住友電気工業株式会社 |

| | | | |
|----|------|-------------------------------------|-------------------|
| 8 | 新規拡大 | 建築物の室内外環境の連成解析とその高速化技術の開発 | 清水建設株式会社 技術研究所 |
| 9 | 新規拡大 | 移流/抵抗/放電を考慮した3次元電界計算の電子写真設計への適用 | 株式会社 リコー |
| 10 | 新規拡大 | Gaussian と GAMESS の実行を支援するGUIソフトの開発 | 株式会社 テンキューブ研究所 |

【課題実施】

平成 23 年度の先端研究施設共用促進事業トライアルユースの新規採択課題数は 10 件で、平成 22 年度採択の継続課題 6 件（うち 4 件は H23 年 9 月末に終了）と合わせて、14 件の実施となった。年度当初の実施計画でトライアルユース課題の年間総口数として計上していた 429 口のうち 319 口を配分した。平成 23 年度のトライアルユースの実施課題と企業名、および配分した口数とその利用実績について表 2 に提示する。

表2 平成 23 年度 共用促進トライアルユース 実施課題一覧

| 企業名 課題 | 配分 口数 | 利用 実績 |
|--------------------------------------------------------------|----------|----------|
| 継続課題(9月末に終了) | | |
| 日本工営株式会社 アジアモンスーン地域の津波・高潮メカリスクに関する防災ソリューション | | |
| 日産自動車株式会社 排ガス浄化触媒材料開発における第一原理シミュレーション | | |
| 株式会社 コベルコ科研 酸化物分散強化鋼の密度汎関数理論による界面エネルギー計算 | | |
| アドバンスソフト株式会社 リチウムイオン二次電池正極の材料設計 | | |
| 新日本製鐵株式会社 鋼材強化に資する微細析出物成長の計算機シミュレーション | | |
| 小計 | 54 | 94.93% |
| 継続課題 | | |
| 株式会社豊田中央研究所 Li-グラファイト層間化合物のステージ構造変化に関するハイブリット量子古典シミュレーション | | |
| 太陽誘電株式会社 強誘電体電子材料の電子物性発現に関わるナノレベル構造設計シミュレーション | | |
| 小計 | 93 | 95.96% |

| 新規採択課題 | | |
|-----------------------------------------------------------|----|------------|
| 株式会社イマジオム PC クラスタミドルウェア「HarmonyCalc」の、TSUBAME での動作実証実験 | | |
| 住友電気工業株式会社 個別要素法を用いた粉末充填シミュレーションプログラムの並列化とその評価 | | |
| 清水建設株式会社 建築物の室内外環境の連成解析とその高速化技術の開発 | | |
| 株式会社リコー 移流/抵抗/放電を考慮した 3 次元電界計算の電子写真設計への適用 | | |
| 株式会社テンキューブ研究所 Gaussian と GAMESS の実行を支援する GUI ソフトの開発 | | |
| 日本ゼオン株式会社 メソ構造を持つ高分子材料のマルチスケール・シミュレーション | | |
| 株式会社 構造計画研究所 大規模地震における強震動評価と屋内収容物の被害評価 | | |
| TOTO株式会社 衛生陶器設計のための並列 GPGPU 気液二相流シミュレーション | | |
| 出光興産株式会社 量子化学計算を活用した企業研究の効率化 | | |
| 株式会社 構造計画研究所 大規模三次元電磁界シミュレーションのトンネルモデルへの適用 | | |
| | 小計 | 172 77.59% |
| | 合計 | 319 85.88% |

3月11日の東日本大震災の影響により、平成22年度の課題で、年度末に使用していない口数を有しているにも関わらず年度末までに課題の完了できなかった課題について、年度末で全ての口数が失効するため、利用者救済のために特例として平成23年度に計20.2口の計算口数を補填する対応を講じた。

TSUBAME が提供した計算資源に対するトライアルユース課題へ配分した共用時間の割合(共用率)は、15.6%となり、本補助事業の当初計画していた共用率 13.0%を上回った。表 3 に平成 23 年度のトライアルユースの TSUBAME2.0 の使用実績を提示する。

表 3 平成 23 年度 共用促進トライアルユースの TSUBAME2.0 使用実績

| | 計算資源供給量 | | |
|-----------------|-----------------|--------------|-------------------|
| | トライアルユース 実績値 | 全産業利用 実績値 | トライアルユース 年度計画値 |
| 使用時間 (a) | 860,953 | 1,145,557 | 1,420,000 |
| 全体提供時間 (b) | 5,522,546 | 5,522,546 | 10,640,000 |
| 共用率 100*(a)/(b) | 15.6 % | 20.7 % | 13.0 % |

使用時間、全体提供時間、共用率(単位:ノード時間はマシンタイムの単位で、1ノード時間は1計算ノードを1時間占有利用に相当。)

【利用者支援】

ユーザ教育の継続的な取組みは、スパコンの産業利用促進には不可欠であり、TSUBAME2.0 を初めて使うすべての課題従事者に対し、利用開始前の利用講習会への参加を義務づけ、該当者のために延べ9回の利用講習会を開催した。その他にも、当センター主催のプログラムチューニング講習会(12月)やアプリケーション講習会(7, 11月)、当センターGPU コンピューティング研究会によるGPU講習会(平成24年3月)、Gaussian社と共催のGaussian Workshop 2012(平成24年2月)を開催し、様々なユーザ教育に積極的に取組んだ。日常の利用においては施設共用技術指導研究員が、TSUBAME2.0の基本操作、プログラム開発、チューニング、並列化等の指導および支援を行った。

本事業のユーザが課題遂行のため使用する有償アプリケーションのライセンスを、TSUBAME2.0上で使えるようにするため、当該有償アプリケーションのライセンスサーバへの設定や登録等、ユーザの課題の遂行が滞ることの無いように支援している。

【利用環境整備】

企業ユーザのGPUアプリケーション開発効率向上のための環境整備として、GPUコードジェネレータHMPPの導入を行ったことで、既存プログラムのGPU向け変更におけるコスト削減・簡易化・開発期間短縮が可能となり、GPU利用促進に寄与した。

TSUBAME2.0の利用に際し、計算の入出力に数TB以上の膨大なデータが必要な際に利用可能な「ビッグデータ アップ&ダウンロード用ファイルサーバ」の導入を行い、ユーザの大規模な物理メディアの持込みによるデータ運搬を可能とした。

TSUBAME2.0はLinux系のOSに加えて、MS Window HPCサーバでの利用も可能だが、学外からのリモートアクセスが出来なかったため、MS Windows HPCサーバへアクセスするための環境の整備を行った。

TSUBAME2.0のユーザは学外よりインターネットを介したTSUBAME2.0への接続が可能だが、一部の製造業系企業ではセキュリティポリシーのためにインターネット経由では接続できない。また大規模データ持込/持出などの場合には、本事業のユーザが本学での作業を必要となるが、「学外者向け作業スペース」としてはこれまで学生と共用の演習室しか無く、セキュリティの確保や授業で演習室が利用不可になるなど問題が多かった。このため学外ユーザの利便性確保のために、入室/退室の監視と施錠が可能な隔離したセキュアな端末作業スペースと利用環境の整備を行った。

【総括】

表4に平成23年度の共用促進トライアルユースと有償利用(産業利用)の課題の実施状況を示す。平成23年度は、産業利用においてトライアルユースで6件、有償利用で10件の採択を計画していたが、トライアルユースで10件、有償利用で13件の採択実績となり、計画を上回る事ができた。

表4 平成23年度 産業利用(トライアルユース、有償利用を含む)課題の実施の状況

| 利用区分 | | 実績 | | | 計画 |
|------------|-------|-----|-----|---------|------|
| | | 応募 | 採択 | 実施 | |
| トライアルユース | 成果公開 | 10件 | 10件 | 17件(*1) | 6件程度 |
| 有償利用(産業利用) | 成果公開 | 7件 | 7件 | 7件 | 5件程度 |
| | 成果非公開 | 6件 | 6件 | 6件 | 5件程度 |
| 計 | | 23件 | 23件 | 30件 | |

*1:実施17件のうち7件は平成22年度採択分である。

また表2の平成23年度共用促進トライアルユース 実施状況一覧で示した通り、トライアルユース17件の実施状況は、総配分口数319口の85.88%の利用率であり、平成22年度の67.9%を大きく上回っている。

共用率においても、表3 平成23年度 共用促進トライアルユースのTSUBAME2.0使用実績で提示の通り、トライアルユースの共用率実績が15.6%と、当初計画の13.0%を上回っていることから、平成23年度の事業計画は数値上達成されたと判断するが、本事業の申請フローを記したWebページや申請書フォーマット、利用細則等、現行の運用と齟齬がある箇所が散見されることから、次年度以降も継続的な「改善」を講じていく。

2-9 グランドチャレンジ大規模計算制度

青木 尊之
渡邊 寿雄

【本制度の概要】

TSUBAME2.0は世界トップレベルのスパコンであると共に、「みんなのスパコン」TSUBAMEとして東工大 内外に対して計算機資源を提供する共同利用スパコンでもあるため、通常運用では最大でも420ノードまで（Hキュー利用時）しか占有利用できず、全ノードのピーク性能2.4PFLOPSを有効活用する機会は現状ではほとんどなかった。そこで、TSUBAME2.0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（例えば、SC(Super Computing)のGordon Bell賞を目指すような研究)の学術分野の研究課題を広く公募し、TSUBAME2.0の全ノード占有利用環境を提供することで、世界のトップクラスのスパコンでしか達成できない著しい成果を上げることを目的として、グランドチャレンジ大規模計算制度を新たに設立した。

これまで既に本制度は3回の実施でのべ11件の課題を採択・実施しており、それらの課題のうちの二つがSC12においてスパコンの分野での最高栄誉と言われるゴードンベル賞・特別賞（本賞）と奨励賞を受賞するなど、輝かしい成果を上げている。

【実施スケジュールと申請～採択課題決定までの流れ】

グランドチャレンジ大規模計算制度は平成23年度春期に第1回が開始され、その後、平成23年度秋期、平成24年度春期と年2回のペースで実施してきた。基本的なスケジュールとしては、全ノードもしくは大規模ノードを占有利用しての本実施が行われる2か月前より公募を開始し、1か月前に申請締切／審査／採択決定、その後の本実施までの間にHキュー1日占有利用相当の予備実施などの準備が行われる。

課題の申請手続きは、課題申請Webフォームより課題名・課題概要・課題責任者情報を送信した後に、申請書の電子ファイルをメール添付にて提出し、申請受理メールを受信することで完了する。第1回である平成23年度春期には、印刷した申請書原本と電子ファイルを保存したメディアの郵送や直接の提出を求めたが、申請書には押印等がないため、第2回以降はメール添付による提出として申請者の負担軽減を図った。

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

【公募するカテゴリ、申請状況、採択課題一覧】

本制度が始まった平成23年度春期は、当初の目的通りにTSUBAME2.0のピーク性能（計

算速度)を目指すカテゴリ区分(のちのカテゴリA)しかなかった。しかしながら、スパコンユーザの需要としては、膨大な計算量が必要なために高いピーク性能であっても長時間の実行が必要な課題も多い。そこで第2回目の平成23年度秋期より、極めて意義の高い結果を得るために大規模かつ膨大な計算量が必要な課題(カテゴリーB)の公募も開始した。

これまでの申請状況と採択件数を表1にまとめた。カテゴリAにおける申請件数と採択件数ともに、TSUBAME2.0の性能のインパクトがより大きかった平成23年春期が一番多く、徐々に減少傾向であることがわかる。一方、カテゴリBにおいては、カテゴリBを新設した平成23年秋期には2件の申請があったが、平成24年春期は申請がなかった。TSUBAME2.0では通常運用においても予約制キュー(最大420ノード)での占有利用が可能であり、それによって代用可能なカテゴリBはカテゴリAに比べて魅力が低いことも理由の一つとして考えられる。

表 1. 各カテゴリごとの申請状況と採択件数(括弧内は申請課題数)

| 申請区分 | 平成 24 年春期 | 平成 23 年秋期 | 平成 23 年春期 | 計 |
|--------|-----------|-----------|-----------|--------|
| カテゴリ A | 2(2) | 3(3) | 4(6) | 9(11) |
| カテゴリ B | 0(0) | 2(3) | - | 2(3) |
| 小計 | 2(2) | 5(6) | 4(6) | 11(14) |

また採択課題一覧を表2に掲載した。やはり東京工業大学所属の課題責任者が多いが、各回に他大学所属の課題責任者がおり、本制度が学外に対しても開かれた制度であることを示している。

課題内容の傾向として、TSUBAME2.0の特徴であるGPUを用いた課題がほとんどである点がまず挙げられる。タイトルにはGPUのキーワードが含まれていない平成23年度春期の2課題においてもGPUが用いられており、TSUBAME2.0のピーク性能を発揮するためにはその性能の9割を占めるGPUの利用は不可欠である。平成23年度秋期に採択された鈴木先生の課題はCPUのみを利用していたが、2度目となる平成24年度春期に採択された際にはGPUを用いて更なる高速化にチャレンジしている。

【本制度の申請課題が満たすべき条件と採択課題が果たすべき義務】

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

- 申請課題のカテゴリーは、TSUBAME共同利用(学術利用・成果公開)に準ずること。
- TSUBAME2.0の大規模ノード占有利用により、広くその重要性が認識されている分野での挑戦的な課題におけるチャンピオンデータが得られる十分な見込みがあること。
- 課題申請の段階で既に1000以上のプロセスを同時に実行するような大規模計算の実績があること。

表 2. 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 |
|-----------|------|--------------------------|--------------------------------------------------|
| H23 春期 | A | 東京工業大学 教授 秋山 泰 | 次世代シーケンサーを用いたメタゲノム解析 向けの超高速パイプラインの構築 |
| | | 東京工業大学 教授 松岡聡 | GPUを用いた大規模血液動力学計算 |
| | | 慶應義塾大学 教授 泰岡顕治 | 超並列FMMによるペタフロップス規模の 乱流解析 |
| | | 東京工業大学 教授 青木尊之 | フェーズフィールド法による金属材料の デンドライト凝固成長の大規模GPU計算 |
| H23 秋期 | A | 東京工業大学 客員准教授 鈴木豊太郎 | 大規模グラフ処理ベンチマーク Graph500 の スケーラブルな探索手法による性能評価 |
| | | 慶應義塾大学 教授 泰岡顕治 | TSUBAME2.0の全GPUノードを用いた ペタフロップス規模の乱流解析 |
| | | 東京工業大学 教授 青木尊之 | フェーズフィールド法による金属材料の デンドライト凝固成長の大規模GPU計算II |
| | B | 東京工業大学 助教 岡元太郎 | 大規模並列GPU計算による 東北地方太平洋沖地震の破壊過程推定 |
| | | 東京工業大学 准教授 関嶋政和 | 大規模GPU計算による光合成細菌の 細胞膜システムの全原子シミュレーション |
| H24 春期 | A | 東京工業大学 客員准教授 鈴木豊太郎 | 大規模グラフ処理ベンチマーク Graph500 の スケーラブルなGPU実装による性能評価 |
| | | 中央大学 准教授 藤澤克樹 | 内点法アルゴリズムの並列計算による 超大規模半正定値計画問題の解決 |

- 課題申請までにTSUBAME2.0を利用していることは必須ではないが、大規模ノード占有利用前に与えられる僅かな期間・計算資源にて万全の準備ができること。

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

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

- これらを含めて利用終了後1年以内に、所定の様式を満たした最終の成果報告書を提出すること。

【平成23年度 春期グランドチャレンジ大規模計算制度】

平成23年度春期の公募は平成23年2月8日（火）～21日（月）まで行われ、学内4件と学外2件の合計6件の申請があった。厳正な審査を行った結果、4件を採択した（表2）。その後、本制度の一部である420ノード（Hキュー）の割当てが3月14日（月）から予定されていたが、東日本大震災後のサービス停止や縮退運転のため、平成22年度中には実施されなかった。

本実施にあたっては年度末のメンテナンスや東京電力配下における電力不足に対する縮退運転などの影響により、実施スケジュールが定まらずに直前まで採択課題の皆さまにはご迷惑をお掛けしたが、最終的には下記のスケジュールにて実施した。

| | |
|----------------------|------------------|
| 4月1日（金）19時～4月6日（水）9時 | 400ノードを用いた予備実施 |
| 4月6日（水）21時～翌日7時 | 全ノード実行での本実施（1回目） |
| 4月7日（木）21時～翌日7時 | 全ノード実行での本実施（2回目） |
| 4月20日（水）19時～翌日7時 | 900ノードを用いた追加実施 |

このような強行スケジュールになった背景は、朝と夕の電力不足に対応するため、全ノードを立ち上げての本実施は深夜帯に限られることと、全ノードの立ち上げに7時間もの時間がかかるため、本実施当日の昼間は立ち上げたままのアイドル状態としておく必要があったためである。また4/20夜間の900ノードでの追加実施は、強行スケジュールの余波で実施時間が不足した2課題からの追加割当希望に対して、夏季の省電力（ピークシフト）運用へ向けた試験を兼ねた実施としてGSIC コンピュータシステム専門委員会の承認の下に追加配分を行ったものである。

【平成23年度 秋期グランドチャレンジ大規模計算制度】

平成23年度秋期の公募は平成23年8月10日（水）～31日（水）まで行われ、カテゴリAとBを合わせて学内4件と学外2件の合計6件の申請があった。厳正な審査を行った結果、5件を採択した（表2）。採択課題には、下記のスケジュールにて予備実施と本実施を行った。

| | |
|---------------------|----------------|
| 9月20日（火）～9月24日（土） | 420ノードを用いた予備実施 |
| 9月26日（月）～10月3日（月） | カテゴリBの本実施 |
| 10月3日（月）～10月5日（水） | カテゴリAの本実施 |
| 10月12日（水）～10月13日（木） | 420ノードを用いた予備実施 |

実施にあたり、カテゴリBの本実施期間中はHキューなどの一部キューが使用不可になったが、他のサービスは通常通り提供したため、一般ユーザへの影響はごく限られたものであった。一方、カテゴリAの本実施期間中は計算サービスが無いのはもちろんのこと、インタラクティブノードへのログインさえもできなかったため、2学期が始まったばかりの一般ユーザへの影響も少なからずあったようだ。しかしながら、事前に日程や各期間中に利用可能なサービスや計算ノード数を詳細にアナウンスしたため、混乱もなく無事終了した。な

お、本実施後にスケジュールされた予備実施（10月12日）は、スケジュール調整の問題で1
課題のみ課題責任者に了承いただいた上で10月の実施となった。

【平成24年度 春期グランドチャレンジ大規模計算制度】

平成24年度春期の公募は平成24年1月25日（水）～2月22日（水）まで行われ、カテゴリA
に学内1件と学外1件の合計2件の申請があった。カテゴリBへの申請課題はなかった。厳正
な審査を行った結果、2件とも採択した（表2）。採択課題には、下記のスケジュールにて
予備実施と本実施を行った。

| | |
|-------------------|----------------|
| 3月19日（月）～3月20日（火） | 420ノードを用いた予備実施 |
| 3月23日（金）～3月24日（土） | 420ノードを用いた予備実施 |
| 4月3日（火）～4月6日（金） | カテゴリAの本実施 |

平成23年度秋期の際とは異なり、カテゴリAの本実施期間中はインタラクティブノードへの
ログインやL系キューへのバッチジョブ投入などを可能とし、より一般ユーザへの負担を軽
減するように努めた。その背景として、この時期は研究目的の利用はまだ立ち上がってい
ない一方で、新年度の授業開始へ向けた準備が盛んに行われているため、小規模であって
もストレージやバッチジョブキューへのアクセスを可能とすることでユーザ利便に繋がる
との判断から実施した。一方で、一般ユーザへのサービスを小規模ながらも提供すること
で、全ノード占有利用をしているユーザからの要求（例えばネットワークのリセットなど）
に柔軟に対応することが難しくなった。

3 国際協働

3-1 MOUに基づく国際共同研究

3-1-1 ラオス国世界遺産地域ルアンパバーンにおける遺産管理のための情報技術の導入に関する海外ワークショップ

先端研究部門 情報技術国際共働分野 山口しのぶ

2012年3月6日、山口・高田研究室は世界遺産保存局(Department of World Heritage, DPL)と『Information and Communication Technology (ICT) for world heritage site preservation and management in LuangPrabang, Lao PDR』と題するワークショップを共催した。3年間にわたる共同研究プロジェクトの成果の発表・共有し、今後の取組についての議論が行なわれた。参加者はDPLの局長、副局長、山口しのぶ教授、高田潤一教授、DPLスタッフ、山口・高田研究室の修士学生の計16名である。

まず、現地ICTチームによって地理情報システム(Geographic Information System, GIS)が試験的導入された地区の調査結果が発表され、さらに世界遺産地域およびその周辺地区へGIS導入を拡大していることも報告された。また、地域住民および観光客のために設立されたICTセンターの訪問者数が増加している状況が報告された。最後に、ICTチームは本協働研究プロジェクトが継続的な遺産運営に貢献していると評価した。その後、技術と知識の継承を促進するために様々な情報を蓄積した知識管理システムの構築について発表された。スタッフの移動に対応し、プロジェクトで学んだ知識及び技術が持続的に継承されることが重要であることは明確であり、本知識管理システムの今後の活躍が期待されている。

今後の取組案として、VR(virtual reality)パノラマ手法による街並みのデジタルアーカイブ化および携帯電話による世界遺産意識の促進について発表された。VRパノラマとは天地を含む360°全方位を撮影した静止画であり、CG(computer graphics)に比べ安価で高い技術が必要としないためデジタルアーカイブの手法として提案された。一方、携帯電話の活用についてはバングラデシュやパキスタンなどの農村地域におけるモバイル学習や既存のケーススタディについてと、携帯電話アプリケーションの応用例を中心に事例説明された。これら二つの取組案について参加者は議論を行い、今後の具体的な共同作業案が話し合われた。



ICTチームの発表の様子



ワークショップ参加者

3-1-2 モンゴル国首都にて:教育分野における ICT の利用に関する国際シンポジウム

先端研究部門 情報技術国際共働分野 山口しのぶ

2011年9月13日から14日にかけて、モンゴル国の首都ウランバートルにて教育分野における ICT の利用に関する国際会議”ICT in Education: Potential and Lessons Learnt”がモンゴル教育文化科学省(Ministry of Education, Culture and Science)、UNESCO(United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization)、モンゴル教育大学(Mongolia State University of Education)及び東京工業大学によって共同開催された。本会議にはモンゴル、北朝鮮、ウズベキスタン、タジキスタンなどの中央アジアを中心とした6各国から ICT と教育に携わる出席者が集まり、また、それと共にアジア開発銀行(ADB)や世界銀行(World Bank)、JICA、文科省といった様々な国際的機関からも専門家が参加した。東京工業大学からは牟田博光副学長、学術国際情報センター山口しのぶ教授、国際開発工学専攻高田潤一教授、及び同専攻修士学生が出席した。



各国からの国際会議参加者

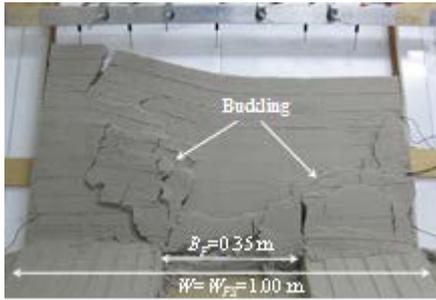
会議では、国際機関や各国からの出席者が近年の ICT 利用の現状と問題点について議論を交わし、ICT を教育分野に利用する上で共通する課題及び ICT を教育分野で有効に活用するためのスキームを抽出した。参加各国は ICT を利用する上で異なる段階に位置しているか、使用言語、ICT を教育に導入する際のリスク、及びシステム設計など共通した課題や対策が必要であることが明らかとなった。また教育分野への ICT 導入には人材の育成や ICT 導入へのヒシヨンの明確化が重要であることが再確認された。そして、導入後も現地のニーズ分析、また異なる省庁や部署間での連携、また地域の枠組みを超えた協力が必要である事が共有された。

ユネスコアジア太平洋地域事務所キム所長は、本会議における取り組みを 21 世紀の ICT シルクロードと位置づけ、今後も定期的に参加国の意見交換をサポートすることを確認し、会議は閉幕した。

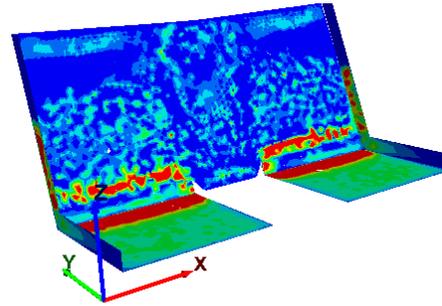
3-1-3 チェンマイ大学・カセサート大学との共同研究

先端研究部門 高性能計算先端応用分野 ピパットポンサー ティラポン

1955 年から始められたタイ国メモ炭鉱の採掘は、下に向かって掘り進められており、現在の規模は長さ 9.5km、幅 4.0km、深さ 260m で東南アジアにおいて最大規模の露天掘り炭鉱である。掘削斜面の安定性に及ぼすアーチ効果を評価するため、2010 年 10 月から開始した「Stabilization of alternative excavations and strengthening of supporting materials for pit wall in Area 4.1」の共同研究を継続し、法尻掘削の物理モデルを構築し、実験並びに数値解析を行った。具体的な対象現場は、斜面 A4.1 (約 300×300m²) であり、層理面に沿う法尻の限界掘削幅、斜面法尻掘削時安定性について研究した。更には、メモ露天掘り炭鉱の実用を目指し、グローバルな理工学系人材育成プログラムによる学生交流支援を受け、2011 年 8 月 5 日～10 月 8 日に本学の大学院生 1 人をチェンマイ大学及びカセサート大学に派遣すると共に、2011 年 10 月 14 日～12 月 26 日にチェンマイ大学から大学院生 1 人を受入れた。



斜面崩壊の室内模型実験（東工大）



模型実験の再現解析（チェンマイ大学）



開発した現場測定器（カセサート大学）



炭鉱で実施した実物実験（チェンマイ大学）

3-1-4 エルランゲン・ニュルンベルグ大学との共同研究

先端研究部門 高性能計算先端応用分野 青木尊之

格子ボルツマン法をベースとした自由界面流れと数万の固体粒子の相互作用に関する大規模計算に関し、ドイツのエルランゲン・ニュルンベルグ大学・コンピュータサイエンス学科のUlrich Rüde教授のグループとのMOUに基づいた共同研究を進めている。BLUE GENE/P 等で数 1000 コアの並列計算に対して実績のある Walberla コードを GPU 計算に移植し、平成 24 年 3 月に TSUBAME を用いて 1000 GPU までの実行性能を検証した。

3-2 国際シンポジウム・ワークショップ

3-2-1 GSIC主催国際シンポジウム（2011 年度 No.1）：出炭における地震危険可能性および安全への備え (Earthquake Hazard Potential and Preparedness for Safety in Coal Mining)

先端研究部門 高性能計算先端応用分野 ピパットポンサー ティラポン

2011 年 7 月 22 日にタイ国ランパン県タイ発電公社メモ炭鉱運営・計画部で GSIC 主催国際シンポジウムを開催した。タイ発電公社の炭鉱運営部長からご挨拶後、本シンポジウムを始める前、東日本大震災の犠牲者に 1 分間の黙祷を捧げました。その後、本学土木工学専攻高橋先生による keynote を始める前に、タイ発電公社 (EGAT) から無償貸与されたガ

スタービン発電設備 2 台それぞれ 13 万 kW は、1 台は川崎火力発電所敷地内、もう 1 台は大井火力発電所敷地内に設置されたというビデオニュースが紹介された。

本シンポジウムは、東北地方太平洋沖地震の災害調査報告をはじめ、東南アジア最大規模の露天掘り炭鉱における動的斜面安定解析と対策工法、地震時の斜面安定化設計手法、動的パラメータ決定法、モニタリング技術、斜面補強工法、補強材料技術、物理模型実験、3次元動的変形解析、情報技術の応用など、様々な研究課題で、地下資源開発に向けた国際共同研究を実施する協働活動報告として計画された。当シンポジウムに、多くのタイ発電公社の職員、タイ北部の主な大学の研究者、鉱山の民間企業、ラオスの炭鉱業者などから参加された。（講演者 10 名、参加者 99 名）



講演を熱心に聴きいる参加者

シンポジウム詳細

<http://www.geo.gsic.titech.ac.jp/activity/GSIC-EGAT2011/>

3-2-2 GSIC主催国際ワークショップ：地盤構造物への地震被害軽減 (Seismic Mitigation of Geotechnical Works)

先端研究部門 高性能計算先端応用分野 ピパットポンサー ティラポン

災害問題へ適用した国際共同研究・国際協働を推進するため、2011年7月19日8:30-12:00にタイ国チュラロンコン大学工学部でGSIC主催・チュラロンコン大学工学部地震工学振動研究所共催国際ワークショップを開催した。

本ワークショップでは、タイ拠点長（北原孝特任教授）よりワークショップ開会のご挨拶後、地震環境を踏まえた防災を中心に、基調講義とした東北地方太平洋沖地震の災害調査報告をはじめ、タイ国内の地震危険度評価、地盤の地震応答解析、耐震設計、軟弱地盤の動的特性について、東工大1名、チュラ大4名が講演した。日本の震災への関心を持つ多数の技術者・教員および学生が参加し、基調講義後、参加者から多くの質問があった。（講演者5名、参加者58名）



ワークショップ開会式の様子

ワークショップ詳細

<http://www.geo.gsic.titech.ac.jp/activity/GSIC-CU2011/>

3-2-3 GSIC主催国際ワークショップ：地下水汚染除去・水質管理 (Groundwater Decontamination and Quality Evaluation)

先端研究部門 高性能計算先端応用分野 ピパットポンサー ティラポン

本ワークショップは、東京工業大学とチェンマイ大学の研究者とのネットワークの構築を目的とし、地下水環境の安全・再生に関する環境問題の解決に向け、国際共同研究活動を積極的に展開した。2011年9月12日(月)9:00~12:00にチェンマイ大学工学部で地下水汚染除去・水質管理を主テーマとして、環境工学の観点から関連分野にわたる幅広い内容の講演を行った。

地下水汚染、地下水管理、鉱山排水、廃棄物処分場、塩害に関する環境問題の課題が講演され、地下水環境問題解決技術に対して、日本とタイの相違について、関連研究者と活発な意見交換が実施された。研究者らのパートナーシップの構築を達成させるため、参加者は連携機関の研究者に限られている(東京工業大学(4名)、チェンマイ大学(4名)、タイ発電公社(5名)、鹿島建設会社(1名))。近い将来に共同セミナー・研究プロジェクトの立ち上げが期待されている。ワークショップ終了後、午後から環境工学部および鉱山工学科の研究室訪問・実験施設見学を行った。(講演者5名、参加者14名)



ワークショップの参加者

ワークショップについては以下に詳細がある。

<http://www.geo.gsic.titech.ac.jp/activity/GSIC-CMU2011/>

3-2-4 自然災害シミュレーションとGPUコンピューティングに関する国際共同ワークショップ

先端研究部門 高性能計算先端応用分野 青木 尊之

平成23年6月27日、28日にタイ国カセサート大学において、学術国際情報センター、カセサート大学(タイ)、AIT(Asian Institute of Technology)、中部大学の共同で自然災害シミュレーションとGPUコンピューティングに関する国際共同ワークショップを開催した。6月27日は青木尊之教授による基調講演「GPU Powered Supercomputer TSUBAME 2.0」から始まり、計12件の講演発表があった。6月28日はカセサート大学のGPUクラスターを用い、ハンズオンのGPUチュートリアル・セッションを行った。タイ・シンガポールから69名(AIT, Kasetsart, Silpakorn, Chulalongkorn, 他)日本からは5名(東工大, 中部大, 広島大)の合計74名の参加があった。

詳細 <http://www.hondalab.net/gpuworkshop/>

3-2-5 IIT Madras – Tokyo Tech joint Workshop on Bioinformatics and Large Scale Data Analysis

先端研究部門 大規模データ情報処理分野 関嶋政和

バイオインフォマティクス及びこの分野における大規模なデータに関する取扱いに関する国際共同研究を推進するため、7月15-16日にインド工科大学マドラス校(IITM)で国際共同ワークショップを開催致した。

本ワークショップでは、次世代シーケンサーから得られる大規模データへの取り組みや、蛋白質の立体構造に基づく創薬についてのトピックに関して日本側から6名、インド側から8名が講演を行った。現在の主な創薬ターゲットとされる800のGPCRのゲノム解析、蛋白質に因らない特定のアミノ酸配列の組合せの構造上の特徴、リガンドとの結合において重要とされる天然変性領域、膜蛋白質における5000以上の結合性のデータ、リパーゼの分子動力学シミュレーション、GPUによる分子動力学シミュレーションの高速化など、幅広い講演と議論が為された。

また、ワークショップの合間を縫い、Idichandy 副学長を表敬訪問するなど IITM との交流を深め、後にGSIC との間でMOU の締結に至った。

詳細：<http://www.biotech.iitm.ac.in/bif/workshop/index.html>

3-2-6 GPGPU プログラミング・ワークショップ

先端研究部門 高性能計算先端応用分野 青木 尊之

平成24年1月13日にタイ国チュラロンコン大学において、学術国際情報センター、カセサート大学(タイ)、チュラロンコン大学、中部大学の共同でGPGPUプログラミングに関する国際共同ワークショップを開催した。タイにおいても低コストで高い演算性能を実現するGPUを用いた汎用計算への関心は高く、チュラロンコン大学の会場からカセサート大学のGPUクラスターに接続し、ハンズオン・セミナーの形でCUDAプログラミングの講習を行った。収容人数が60名の会場に57名が参加し、成功裏にワークショップを終了することができた。参加者の内訳は、(Chulalongkorn University 22名, Mahidol University 11名, NECTEC 8名, BIOTEC 2名, Asian Institute of Technology 4名, Tokyo Institute of Technology 4名, Regional Integrated Multi-hazard Early Warning System 4名, KMUTNB 2名, KMUTT 2名等である。

詳細 <http://www.cp.eng.chula.ac.th/~gpuws/>

3-3 国際共同研究

3-3-1 メモ炭鉱における淡水貝類密集層の調査

先端研究部門 高性能計算先端応用分野 ピパットポンサー ティラポン

タイ北部・ランパーン市の郊外のメモ炭鉱における 1300 万年前の淡水貝類密集層の発見は 2003 年に確認された。この密集層に含まれる貝の多くはベラミアの一種であり、稀にビシニアと呼ばれる種も混ざっている。タイ発電公社 (EGAT) は、この東南アジア最大規模の露天掘り鉱山を所有し、近隣の火力発電所に燃料を供給している。

掘削範囲の近傍にある淡水貝類密集層に与えられた影響を把握するため、2009 年 3 月 17 日、2010 年 5 月 6 日、2011 年 7 月 20 日、2011 年 9 月 14 日に一連の現地調査を行った。化石丘に関する問題を抽出し、貝の化石層の材料特性を調べるため、一面せん断試験に基づくメモ貝類化石のせん断強度および可聴周波数測定を用いた圧縮による貝類化石の破碎音分析に関するタイ発電公社との共同研究が始まった。現場で採取した化石に関するせん断実験、圧密実験を実施し、重要性の高いパラメータを測定した。本共同研究を実行するため、2011 年 7 月 20 日～8 月 5 日に大学院生 1 人、2011 年 7 月 20 日～7 月 27 日に学部生 1 人、2011 年 9 月 7 日～10 月 3 日に学部生 1 人をメモ炭鉱に派遣した。



淡水貝類化石の密集層



貝類化石破碎音の可聴周波数測定

3-3-2 蟻地獄巣穴に関するナレスアン大学との共同研究

先端研究部門 高性能計算先端応用分野 ピパットポンサー ティラポン

露天掘りで深く掘り出す方法は地下資源を発掘するための一般的な採掘法である。先端部の深度が深くなると、巨大な穴を作るように、円錐状の坑内が拡張される。人間が掘った穴における地すべりの原因と予見の可能性を考察するため、露天掘り鉱山のような規模から単純化して、その大きさの倍率を縮小して、蟻地獄が掘った穴の挙動を観測することができる。蟻地獄の巣穴において荷重伝達および斜面崩壊のメカニズムを把握するため、2011 年 7 月 8 日～7 月 20 日の間に、大学院生 1 人および学部生 1 人をタイ国のナレスアン大学に派遣して、蟻地獄の生息場所調査および巣穴の安息角測定に関する共同研究を始めた。蟻地獄が作った巣穴の安息角を測定するとともに、モデル化した巣穴周辺の自重による分布荷重の伝達メカニズムを確認するため、土槽内における円錐型砂坑模型実験を行った。実験から得られたデータを用いて、蟻地獄巣穴の準安定性を及ぼす安息角の影響を力学的評価できた。今後、掘削に伴う圧力変化の観点から、露天掘りの先端部の応力集中を理論的に解明できることを期待している。



蟻地獄の巣穴形成



安息角を巧みに利用したアリジゴク

3-3-3 国際室との連携に基づく情報基盤に関する共同研究（TSUBAME 含む）の促進

先端研究部門 大規模データ情報処理分野 関嶋政和

TSUBAME2.0 に関して、HP 社に依頼して外国為替及び外国貿易法（外為法）に照らして外非判定を行った。ISTAC（Information Systems Technical Advisory Committee）は、common, industry-standard I/O-attached networks によって形成される PC クラスタ機に関してはあくまで単体機での判定になるため集合体での計算能力では判定しないと定めている。また、現在、GPU の場合は CPU から PCI を介してつながるため計算値には組み込まれないと考えられるため、現在の所、TSUBAME2.0 はリスト規制の非該当な貨物であると判定される。しかし、ノード単体は輸出令別表 1 の 8 項に非該当だが、システム全体では輸出令別表 1 の 8 項に該当する可能性を以前含んでおり、システム全体としても外為法上「リスト規制外」とクリアにするために、今後とも国際室と協調して経済産業省にも相談を行う予定である。

このような議論のため、ユーザーに対する技術提供は、一般公開されている「利用の手引き」のレベルであれば対象外であるが、非公開情報を提供する場合は、許可が必要になる場合があることを GSIC サイトにて注意喚起する必要があることが国際室より指摘されたため、GSIC における外為法に関する注意喚起の web ページを再検討し、法令・学内規則に照らして問題ないことを国際室と共に確認を行い、TSUBAME の利用に関して、引き続き前述の問題について web site 等で周知を行っている。

国際室の主導のもとに設置された、外為法安全保障WGにGSICより委員として参加し、全学における安全保障の問題についての確認と議論を行った。

4. イベント及び啓蒙活動

4-1 グリーンスパコン TSUBAME2.0

を一般公開

学術国際情報センター

10月22日（土）と23日（日）の2日間にわたり開催された工大祭に合わせて、グリーンスパコン TSUBAME2.0 を一般公開しました。初日はあいにくの雨模様だったにもかかわらず、2日間で合計387名の方が参加され、TSUBAME2.0の関心の高さが感じられます。

公開は、計算機室が狭いため1回につき60名を上限として、2日間で5回開催しました。各回とも定員を超えた方がお越しになり、お断りしなければならない程の盛況となりました。そこで、2日目の夕方に、解説は行わず稼働中の TSUBAME2.0 の見学のための回を急遽追加開催しました。この回は30分程度の短い時間でしたが、70名を越える方が見学されました。

一般公開は、最初に担当教員によるスパコンについての解説です。スパコンとは何か、パソコンとの違いについて説明しました。

続いて、必要性です。サイエンスや科学技術では、実験や理論により物事を解明して行きますが、スパコンによるシミュレーションにより、効率的に解き明かすことが可能になります。例えば、宇宙の成り立ち等の実際には実現不可能な実験が可能となったり、台風や津波の予測が瞬時にできるようになります。

次に、高速な理由です。パソコンにも使われるGPUを東工大で始めて採用し、それらを沢山搭載するとともに効率良く制御することにより高速化を実現しています。

最後は、TSUBAME2.0の紹介です。東工大で開発され、2010年11月から稼働しています。スパコンのランキングである2010年

11月の「Top500 List」で世界4位、省エネランキングである「The Green500 List」においては世界2位となりました。さらに、運用中のスパコンでは世界1位の称号を2期連続で受賞しました。また、「みんなのスパコン」と言って、研究者だけでなく学生、企業の方にも使われています。

その後、2班に分かれて稼働中のTSUBAME2.0を見学しました。普段は見ることができない世界トップクラスのスパコンを目の当たりにして、所狭しと並んだスパコンの写真を撮るなど、貴重な体験をされていました。

多くの方々にご興味を持っていただき感謝申し上げます。残念ながら定員や時間の都合で見られなかった方もおられました。来年も同様の取組を行っていきたく思っております。



担当教員による TSUBAME2.0 の説明



稼働中の TSUBAME2.0 を見学

4-2 SC11

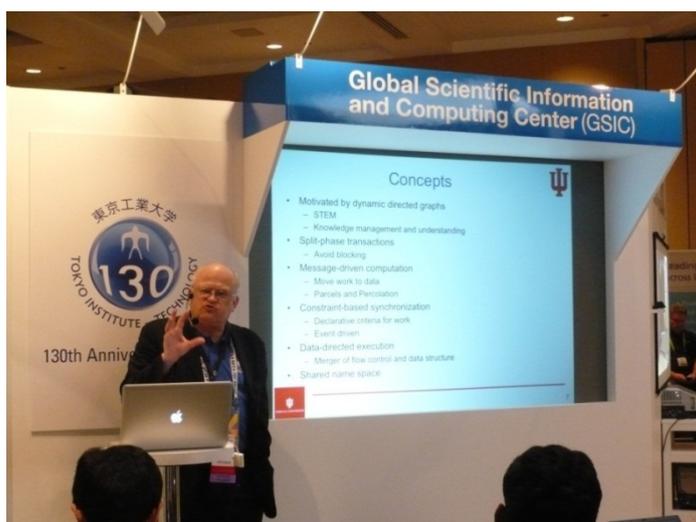
東工大 SC11 にてブースを出展。多くの賞を獲得。

学術国際情報センター
関嶋政和

2011年11月12日から18日まで、学術国際情報センターを中心として東工大は、米国シアトル市で開催されたスーパーコンピュータの世界最大の国際学会"[ACM/IEEE Supercomputing 2011 \(SC11\)](#)"にブース出展したほか、スーパーコンピュータTSUBAME2.0とその利用に関して多くの賞を頂きました。

SC11は、1988年より開催されており今年で24回を数えます。参加者は世界中から1万人を超え、技術論文発表、ワークショップやチュートリアル、BOF(birds of a feather)、展示会等で構成され、会議の中で「[The Top 500 List](#)」や最近注目を集めている「[The Green 500 List](#)」、「[The Graph 500 List](#)」が発表されることでも知られています。また、展示エリアが非常に広く、スーパーコンピュータを保有する世界中の大学の計算センター、国立の研究機関、民間企業が競ってブース展示を行い、各々のアクティビティをアピールします。ここにブースを持たない組織は「スーパーコンピュータの業界ではもぐり」と言われるほど認知度の高い展示イベントとなっています。

学術国際情報センターもSC11でブース展示を行い、TSUBAMEのシステム、グリーン、HPCIを始めとする外部との連携、アプリケーション等につきまして3Dスクリーン、リアプロジェクションのスクリーン、パネルを用いアピールを行い、特に流体系アプリケーションの3D立体視は非常に高い注目を集めました。Virginia TechのWu-chun Feng先生、Indiana UniversityのThomas Sterling先生による特別講演を行ったほか、TSUBAME2.0プロジェクトリーダー松岡聡教授を始め13件の講演会も開催しました。東工大ブースには多くの人を訪れ、米国エネルギー省(DOE)や国防総省(DOD)も視察に訪れるなど、注目度の高さが伺えました。

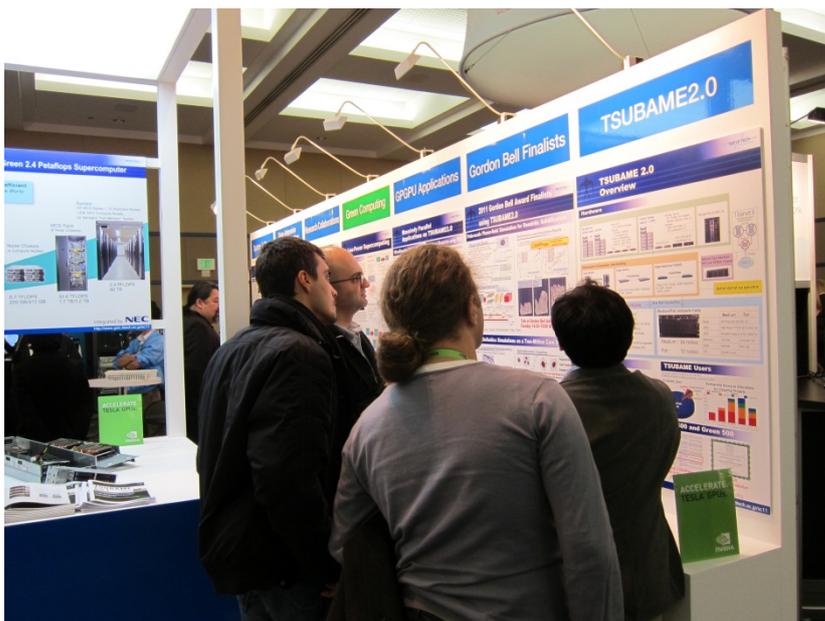


ブースにおける講演 (Thomas Sterling先生)

スーパーコンピュータ TSUBAME2.0 は 2010 年 11 月より運用を開始し、世界から高い評価を受けています。本年は、このようなスーパーコンピュータとしての高い性能を基にした応用アプリケーションについて多くの成果をアピールすることができました。トップレベルのスーパーコンピュータにおいてアプリケーションの性能を引き出すことは大変な困難を極めるため、運用を開始から短期間で成果を出すことは大変なことですが、この度、「The Graph 500」において 100.366 GigaTEPS (ギガテップス) を記録し、世界 3 位として認定をされました。「The Graph 500 List」は有名なスパコンの数値計算性能のランキングである「The Top 500 List」(用語 1) では有効に計測されず、かつ近年重要とされているスーパーコンピュータの大規模データ処理の性能を競うもので、指標としてグラフ構造の幅優先探索処理の性能としての TEPS (Traversed Edges Per Second 1 に辿るグラフのエッジ) を用います。この指標は、スーパーコンピュータ上での大規模データマイニングはもとより、近年の情報社会におけるウェブ検索・ソーシャルネットワーク・高度道路交通システム (ITS) など、情報化社会のインフラにとって本質的なものであり、ランキングのトップクラスには Top500 の上位のスーパーコンピュータが並びます。大学院計算工学専攻の鈴木客員准教授らは、超並列な幅優先探索のソフトウェアを研究開発し、650 億個の頂点と 1 兆のエッジからなる超大規模グラフ(scae 36) に対して、Graph 500 の(規則通りに) ある任意の点からの全点幅優先探索を、TSUBAME2.0 のほぼ全てのノードとなる 1366 ノード上で実行して、10.96 秒で全探索を終え、上記の指標を得ました。「The Graph 500 List」において日本のスーパーコンピュータが上位に入賞することは初めてになります。



多くの注目を集めた流体系アプリケーションの 3D 立体視



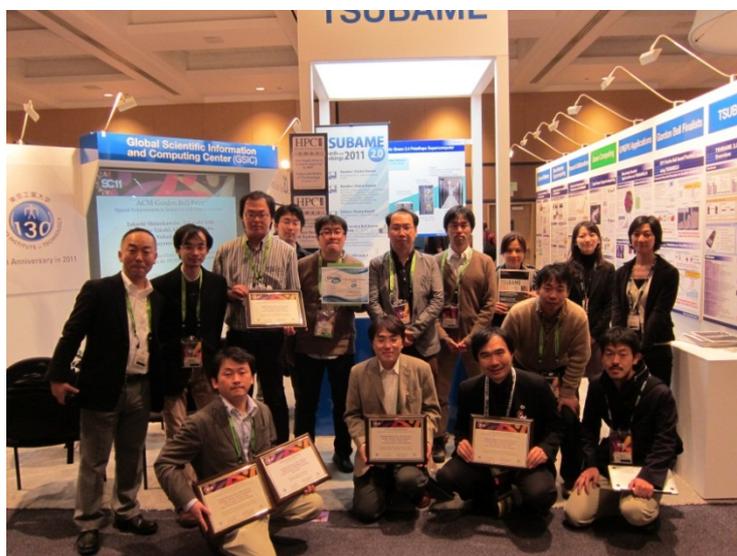
ブースでは訪問者と活発な議論が行われた

また、スーパーコンピュータの数値計算性能の世界ランキングである「The Top 500 List」では世界 5 位で、3 期連続で世界トップ 5 になりました。さらに、電力性能の世界ランキングである「The Green 500 List」(用語 2)においても 10 位になり、3 期連続でベスト 10 位になりました。小型のスーパーコンピュータが有利と言われる「The Green 500 List」において、ペタフロップス級の大規模なスーパーコンピュータの中では TSUBAME は世界トップに位置しています。これら種々の指標で TSUBAME2.0 が世界をリードする

トップランクのスーパーコンピュータとして認定されたことは、東工大および各パートナー企業のスパコンに対する高い技術力とリーダーシップの証とみなすことができます。

その他にも、スーパーコンピュータの分野で最高の榮譽と言われるゴードンベル賞において、全5件が選抜されたファイナリストに TSUBAME2.0 を用いた研究が2件選抜され、最終プレゼンテーションの後に学術国際情報センターの青木教授らのグループが『Peta-scale Phase-Field Simulation for Dendritic Solidification on the TSUBAME 2.0 Supercomputer (TSUBAME 2.0 スパコンにおける樹枝状凝固成長のフェーズフィールド法を用いたペタスケール・シミュレーション)』と題する研究においてゴードンベル賞・特別賞 (ACM Gordon Bell Prize Special Achievements in Scalability and Time-to-Solution) を受賞 (詳細は、青木教授による本クロニクル「ゴードンベル賞を受賞」参照) したほか、TSUBAME2.0 を利用したもう一件『Petaflop Biofluidics Simulations On A Two Million-Core System』も奨励賞 (Honorable Mention) を受賞しました。

さらに、TSUBAME2.0 はスーパーコンピュータやハイパフォーマンスコンピューティング (High Performance Computing、HPC) 業界における最大のオンライン専門誌である HPC Wire が毎年授与する編集者賞 (Editors' Choice Awards) と読者賞 (Readers' Choice Awards) のうち、『読者賞：産官学による最優秀コラボレーション賞』『読者賞：HPC 分野における「グリーン・コンピューティング」の最適な適用』『編集者賞：HPC 分野における「グリーン・コンピューティング」の最適な適用』合計3賞を受賞いたしました。



東工大ブースの前での集合写真

このような実りある SC11 は、CRESTULP-HPC、グローバル COE「計算世界観」を始め、多くの関係各位のご尽力あって実現が可能でした。篤く御礼を申し上げます。

用語1 The Top 500 List : 1993 年よりスパコンの数値計算における性能を半年ごとに世界

一位から 500 位までランキングするリスト。ベンチマークには Linpack という密な連立方程式の解を求めるアルゴリズムを用い、その実行時の平均フロップスを指標として用いる。かつて日本で世界一位になったのは航技研「NWT (数値風洞シミュレータ)」、筑波大「CP-PACS」、海洋研「地球シミュレータ」、理研「京」など。ただし、数値計算の中でも一部の性能しか表わしていないという批判が過去より強くあり、それゆえ Graph500 が生まれる原因ともなった。

用語 2 The Green 500 List : スーパーコンピュータや IT インフラ全体の省電力・グリーン化の潮流を受け、Top500 の Linpack ベンチマーク実行時のスーパーコンピュータの性能電力比 (Top500 性能値 / 消費電力、FLOPS/Watt) を半年ごとにランキングしているリスト。

4-3 第17回スーパーコンピューティングコンテスト

第17回スーパーコンピューティング・コンテスト SuperCon2011 が、今年も東工大 GSIC と大阪大学サイバーメディアセンター（CMC）の共同主催で行われた。コンテストの本選会場はこれまで東工大と阪大の2会場で開催していたが、今年は東日本大震災の影響で関東の電力事情が厳しいこともあり、今年は阪大会場のみで開催することとした。6月に行われた予選に応募してきた31チームの中から、11校11チーム32名が選抜され、8月22日から26日まで開催された本選に参加した。

今年度の本選課題には「落ち物ゲーム問題」が用いられた。これは二次元の盤面内に配置された四色のボールを、周囲にある同色の穴から落とす新作ゲームである。

「テトリス」や「ぷよぷよ」などのいわゆる「落ち物ゲーム」は計算理論という数学・情報科学の研究分野においても興味深い題材である。それらはいずれも計算の複雑さや困難さを表すクラスのうち「NP 困難」に属するため、一般にはコンピュータで解くことが難しい問題とされている。このようなゲームの問題を通じて、そのゲームに類似の、応用上重要な別の問題を解くための足掛かりが得られる場合が少なくない。

そこで独自に考案した落ち物ゲームを、テトリスを世に送り出した偉大なロシアに敬意を表して「なくろん」と命名し、このゲームを解くプログラムを作成してもらった。



問題は3問出題し、その合計獲得点を競った結果、チーム PANAI（開成高等学校）が優勝した。3位までのチーム名、学校名、成績は以下の通りである。また、1位のチーム PANAI（開成高等学校）は、優れたアルゴリズム及びプログラムを作成したチームに与えられる学会奨励賞（情報処理学会若手奨励賞・電子情報通信学会情報・システムソサイエティ スーパーコンピューティング奨励賞）も授与された。

| | チーム名 | 学校名 | 得点 |
|---|---------|----------|----|
| 1 | PANAI | 開成高等学校 | 36 |
| 2 | YAMERO | 甲陽学院高等学校 | 29 |
| 3 | HITOHAI | 早稲田高等学校 | 26 |

4-4 講習会

【研究用計算機システム】

平成 23 年度前期講習会【大岡山地区】

| | | |
|----|----------------------|---------------------|
| 1 | UNIX 入門 | 7 月 12 日(火) |
| 2 | UNIX 入門 | 7 月 13 日(水) |
| 3 | Gaussian 入門 | 7 月 25 日(月) |
| 4 | Amber 入門 | 7 月 26 日(火) |
| 5 | Maple 初級オンサイトトレーニング | 7 月 26 日(火) |
| 6 | ABAQUS オンサイトセミナー | 7 月 27 日(水) |
| 7 | MD Nastran/MD Patran | 7 月 28 日(木)～29 日(金) |
| 8 | EnSight 入門 | 7 月 29 日(金) |
| 9 | Fluent | 8 月 1 日(月)～3 日(水) |
| 10 | Mathematica 入門(初級編) | 8 月 1 日(月) |
| 11 | AVS Express 分子編 | 8 月 3 日(水) |
| 12 | Materials Studio | 8 月 4 日(木) |
| 13 | AVS Express 流体編 | 8 月 5 日(金) |
| 14 | Discovery Studio | 8 月 5 日(金) |

平成 23 年度前期講習会【すずかけ台地区】

| | | |
|---|---------|-------------|
| 1 | UNIX 入門 | 7 月 14 日(木) |
|---|---------|-------------|

平成 23 年度後期講習会【大岡山地区】

| | | |
|----|----------------------|----------------------|
| 1 | UNIX 入門 | 10 月 20 日(木) |
| 2 | Mathematica 入門(初級編) | 10 月 24 日(月) |
| 3 | MD Nastran/MD Patran | 10 月 25 日(火)～26 日(水) |
| 4 | EnSight 入門 | 10 月 27 日(木) |
| 5 | AVS Express 流体編 | 10 月 31 日(月) |
| 6 | AVS Express 分子編 | 11 月 1 日(火) |
| 7 | Gaussian | 11 月 2 日(水) |
| 8 | Fluent | 11 月 7 日(月)～9 日(水) |
| 9 | Materials Studio | 11 月 10 日(木) |
| 10 | Amber | 11 月 14 日(月) |
| 11 | Discovery Studio | 11 月 15 日(火) |
| 12 | Maple 初級オンサイトトレーニング | 11 月 17 日(木) |
| 13 | プログラムチューニング(シングル) | 12 月 13 日(火) |

| | | |
|----|-------------------|-----------|
| 14 | プログラムチューニング(パラレル) | 12月14日(水) |
|----|-------------------|-----------|

平成 23 年度後期講習会【すずかけ台地区】

| | | |
|---|---------|-----------|
| 1 | UNIX 入門 | 10月21日(金) |
|---|---------|-----------|

4-5 研究会

4-5-1 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 丸山 直也

学術国際情報センターの研究会組織として平成21年9月から活動を開始した GPU コンピューティング研究会は、GPU コンピューティングを促進するために様々な活動を行っている。

平成23年度は、東日本大震災の影響で節電の要請があり、TSUBSME を利用した実習を年度前半は自粛し、以下の2回の講習会を実施した。

2011年9月28日(水) 第10回 GPU コンピューティング講習会

2012年3月5日(月) 第11回 GPU コンピューティング講習会

第10回は TSUBAME2.0 に焦点を合わせ、Fermi コアの GPU に対応した CUDA のプログラミングを中心とした内容にした。第11回は、OpenACC として標準化されるディレクティブ・ベースの GPU の利用に関する内容とした。既存の CPU のコードを修正することなく、指示行の挿入のみでの高速化についての講習会とした。10回、11回とも参加者は募集の早い段階で定員92名に達した。

平成23年7月22日には、NVIDIA Japan が東京ミッドタウンホール(六本木)で開催する GTC Workshop Japan 2011 を GPU コンピューティング研究会も共催し、テクニカル・セッションを担当した。実行委員会を組織し、10件の口頭発表と17件のポスター発表を採択した。

Hall A1

- | | | |
|-------------|-------------------------------------------------------|------------|
| 13:20-13:50 | GPUによる3D-RISMプログラムの高速化 | 丸山 豊(分子研) |
| 14:00-14:30 | 位相情報に基づく画像対応付けのGPU実装と評価 | 三浦 衛(東北大) |
| 14:40-15:10 | ボクセル有限要素法による複合材料の損傷進展解析のGPGPU高速化 | 永井学志(岐阜大) |
| 16:10-16:40 | CUDAとOpenGLを用いたマルチGPUコンピューティングによる音響シミュレーションのリアルタイム可視化 | 大久保 寛(首都大) |
| 16:50-17:20 | フルGPU計算による地震波伝播シミュレーション | 岡元 太郎(東工大) |

Hall A3

- | | | |
|-------------|---------------------------------------|--------------|
| 13:20-13:50 | 通信コードを自動生成可能なマルチGPU向けビジュアルプログラミング環境 | 村瀬 正名(日本IBM) |
| 14:00-14:30 | データストリーム処理におけるGPUタスク並列を用いたスケーラブルな異常検知 | 上野 晃司(東工大) |

- 14:40-15:10 CLtrump : プログラマとツールのインタラクティブな開発を実現する
OpenCL 向け半自動並列化フレームワーク
中村孝史 (フィックスターズ)
- 16:10-16:40 NVIDIA C2050 による実用的かつ高速な倍々精度行列-行列積の実装
中田 真秀 (理研)
- 16:50-17:20 並列プログラミングフレームワークを活用した least-squares Monte
Carlo approach の CUDA による実装と評価
鳥谷部 和孝 (三菱 UFJ モルガン・スタンレー証券)

Poster Session

- min-max ゲーム木およびモンテカルロ木探索の GPU 上への実装
渥美清隆 (鈴鹿高専)
- DirectX 11 によるシミュレーションの可視化
宮下達路 (プログラミング工房 h2g)
- 格子に基づく数値流体計算の GPU 化
PHAM VAN PHUC (清水建設)
- GPGPU 向けメモリアクセラレータ
田邊 昇 (東芝)
- CPU/GPU ヘテロジニアス環境における FMM の最適化
福田 圭祐 (東工大)
- 複数 GPU を用いた複雑物体周りの乱流のラージエディ・シミュレーション解析
小野寺 直幸 (原研)
- Fermi GPU を用いたディレクティブによる FDTD 高速計算
園田 潤 (仙台高専)
- FDTD 法を用いた地中レーダシミュレーションの GPU 実装による高速化
小関 勇氣 (仙台高専)
- 最長共通部分列を求めるビット並列アルゴリズムの CUDA による高速化
藤本 典幸 (大阪府大)
- HOG 特徴量を用いた動画からの人検出の GPU による高速化
藤本 典幸 (大阪府大)
- GPU コンピューティングにおける高速化率に対する一考察
宮崎 幸治 (熊本県立技術短大)
- 方向マップに基づく並列処理による局所不変特徴量の抽出
市村 直幸 (産総研)
- GPU を考慮した MapReduce のアクセラレーション
白幡 晃一 (東工大)
- GPU へのコンパクト差分の実装と圧縮性流体計算への適用
出川 智啓 (沼津高専)
- マルチ CPU コアと GPU を用いた高速な配列相同性検索
鈴木 脩司 (東工大)
- Numerical Simulation on the Air Flow in an Urban City by Lattice Boltzmann Method
using Multi-Node GPU Cluster
Xian Wang (東工大)
- Multi-GPU Computing of Large Scale Phase-Field Simulation for Dendritic
Solidification
下川辺隆史 (東工大)

4-5-2 計算化学研究会

研究会主査 川内 進
幹事 渡邊 寿雄

学術国際情報センターの研究会組織である計算化学研究会は、センターの計算機システムに導入されている計算化学アプリケーションを最大限に有効利用し、より進んだ研究が行なえるようにすることを目的とした研究会である。その目的に沿って、平成 24 年 2 月 20～24 日の 5 日間に渡り、Gaussian ワークショップ 2012 を開催したので下記に報告する。

Gaussian ワークショップ 2012 開催報告

平成 24 年 2 月 20～24 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 2012 を本会と Gaussian 社の共催、および富士通株式会社の協賛で開催した。海外からの 15 名を含む 115 名の参加者があり、これまでの Gaussian ワークショップの中でも最大級の盛大なワークショップとなった。

Gaussian 09 は、スパコン TSUBAME2.0 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 ワークショップは年 1 回のペースにて世界各地で開催されており、今回、東アジア・オセアニア地域における開催地に東工大が選ばれた理由として、世界トップレベルのスパコン TSUBAME2.0 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、参加者多数のために第一、第二演習室を繋いで行われた。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 09 と Gauss View を用いて、実践的な計算方法を学んだ。

ワークショップの 3 日目と 4 日目には、Gaussian 09 の開発者でもある中辻博先生（京都大学名誉教授、量子化学研究協会 研究所長）、諸熊奎治先生（エモリー大学名誉教授、京都大学福井謙一記念研究センターリサーチリーダー）の両先生による特別セミナーもあり、最先端の研究成果をご講演いただいた。

また今回は新たな試みとして、参加者によるポスターセッションも企画された。ポスターセッションでは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り組みと好評だった。

4日目の夕方にはTokyo Tech Front 蔵前会館のロイヤルブルーホールにて懇親会（協賛の富士通株式会社のご厚意で無償）が行われ、講師の先生方や多くの参加者の間で、量子化学の話を超えた様々な話題で盛り上がった。

また本ワークショップは大学院理工学研究科の講義「量子化学シミュレーション2」を兼ねており、ワークショップの翌週 2/27(月)には「電子構造論による化学の探究」の著者でもあるペンシルバニア York カレッジの James Foresman 教授による講義もあり、多くの大学院生が量子化学の基礎理論と Gaussian を用いた実際の量子化学計算を学んだ。

ワークショップ初日の受付時の混乱時には、1週間が非常に長く感じたが、実践的な講義や演習の内容に加え、参加者の反応に対応して質問を受け付ける回数を増やすことで質問し易い雰囲気を作るなど、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とって非常に密度が濃くて学ぶべき所の多い充実した1週間となった。

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 年にノーベル賞を受賞。



写真1：講義の様子

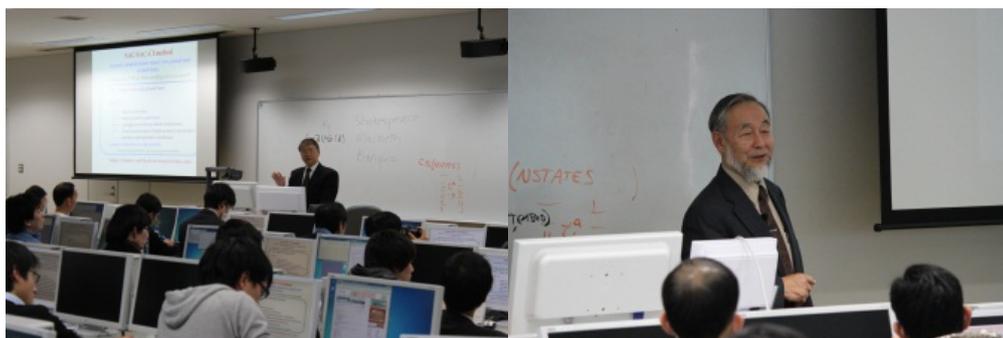


写真2： 中辻先生（左）と諸熊先生（右）の特別セミナー



写真3： Gauss View を用いた演習風景



写真4： Gaussian ワークショップ参加者 集合写真

5. 広報活動

5-1 マスコミ報道等

5-1-1 新聞

- ◆ 日本経済新聞:「関西の大学 被災地の研究者支援 スパコンの共同利用も」【2011/4/18】
- ◆ 日刊工業新聞:「節電に知恵、効果着々 東大ー温暖化対策など奏功 東工大ー省エネパソコン導入」【2011/6/10】
- ◆ 日刊建設産業新聞:「建物内外 光環境を素早く可視化 ウェブ上で写真並の画質にプレゼンツールとして展開 清水建設」【2011/6/14】
- ◆ 日刊工業新聞:「光の加減、超高速可視化 建物内外 CG 表示 清水建、使用決定迅速に」【2011/6/14】
- ◆ 日刊建設工業新聞:「建物の光環境 短時間・高画質で可視化 合意形成促進に活用」【2011/6/14】
- ◆ 建設通信新聞:「高画質 3次元プレゼンツール 光環境まで素早く描画 秋から受注提案に本格導入」【2011/6/14】
- ◆ 電気新聞:「建物計画段階で光環境を可視化」【2011/6/17】
- ◆ 朝日新聞:「日本スパコン7年ぶり 世界一になっちゃいました 仕分けに反発 予算は復活」【2011/6/21】
- ◆ 日本経済新聞:「スパコン世界一 産業競争力に直結 開発費は重く 国家戦略が必要」【2011/6/21】
- ◆ 日経産業新聞:「富士通スパコン「京」 「世界一」でないと困る理由 産業・人材 成長の基盤 日本勢で7年ぶり奪還」【2011/6/21】
- ◆ 電波新聞:「スパコンランキング 日本、世界一奪還 理研と富士通開発の「京」」【2011/6/21】
- ◆ 読売新聞:「スパコン世界一奪還 日本の「京」、中国抜く」【2011/6/21】
- ◆ 日刊工業新聞:「理研・富士通、スパコン世界一 モノづくりの集大成 国家の威信、産業に利用」【2011/6/21】
- ◆ 東京新聞:「スパコン 世界最速 蓮舫氏発言で注目、7年ぶり奪取「オンリーワンも目指して」」【2011/6/21】
- ◆ 河北新報:「スパコン7年ぶり世界一 2位じゃ駄目・・・なんです 蓮舫氏「努力に敬意」」【2011/6/21】
- ◆ 神戸新聞:「理化学研究所など開発中 神戸市のスパコン世界一 「京」計算速度、中国抜く」【2011/6/21】
- ◆ 福島民友:「日本のスパコン世界一 7年ぶり 事業仕分けで話題の「京」 被災地が支えた「1位」」【2011/6/21】
- ◆ 朝日新聞:「世界一「京」次の一手は 意地のスパコン 戦略描けず 省エネ性能 意

外と高く」【2011/6/23】

- ◆ 大阪日日新聞：「スパコン世界一に 事業仕分けで話題の「京」【2011/6/21】
- ◆ 日刊工業新聞：「理工系人材を育てる 東工大の知と技（2） 進化するスパコン競争 省エネ磨く次世代「ツバメ」【2011/6/28】
- ◆ 日本情報産業新聞：「理化学研究所／富士通 「京」が世界最速を達成 国産スパコン 7年ぶり快挙 技術立国・復興の原動力へ」【2011/6/27】
- ◆ 朝日新聞：「ニッポン人・脈・記 私の中のアキバ（2）＝「トキワ荘」胸に刻んで」【2011/7/28】
- ◆ 朝日新聞：「(大阪) 神戸市に企業向け拠点 スパコン・京 お試しを」【2011/9/8】
- ◆ フジサンケイビジネスアイ：「スパコン「ペタ時代」へ 「京」前人未踏の領域に 多用途への利用「真価これから」【2011/11/12】
- ◆ 産経新聞：「現在、世界一の性能をほこる日本製のスパコン「京」とは？」【2011/11/13】
- ◆ 朝日新聞：「ニュースがわからん！＝日本のスパコン、世界一を守れる？ 米中に動きがなく、今月「王座防衛」できそうだ【2011/11/10】
- ◆ 日刊工業新聞：「「世界最速」日本の連覇期待 スパコン「京速」時代」【2011/11/11】
- ◆ 電波新聞：「スパコン世界ランキング 理研・富士通 「京」が首位維持 2位の中国に4倍の大差」【2011/11/16】
- ◆ 神戸新聞：「世界ランキング スパコン速度、中国の4倍 神戸市の「京」V2達成」【2011/11/15】
- ◆ 日経産業新聞[日経テレコン21]：「スパコン「京」世界首位を維持 日本勢、存在感示す 最新ランク「総合力の証明」」【2011/11/16】
- ◆ 東京新聞：「世界ランク スパコン「京」V2 計算速度、2位の4倍」【2011/11/15】
- ◆ 日経産業新聞[日経テレコン21]：「富士通、東大に50億円で スパコン「京」商用機納入【2011/11/15】
- ◆ 大阪日日新聞：「スパコントップ守る 「京」圧倒的」【2011/11/16】
- ◆ 北国新聞：「スパコン計算速度ランク発表「京」が世界一防衛 2位との差4倍に拡大」【2011/11/15】
- ◆ 日本経済新聞：「スパコン「京」研究成果で最高権威の賞【2011/11/18】
- ◆ 読売新聞：「スパコン「京」研究領域開拓【2011/11/20】
- ◆ 産経新聞：「京 栄冠また1つ「スパコンのノーベル賞」」【2011/11/19】
- ◆ 茨城新聞：「筑波大など スパコン計算で 「京」が最高性能賞」【2011/11/19】
- ◆ 神戸新聞：「筑波大、東大など「京」活用で最高性能賞」【2011/11/18】
- ◆ 東京新聞：「筑波大、東大など スパコン計算「京」で最高賞」【2011/11/18】
- ◆ 大阪日日新聞：「筑波大など研究グループ スーパーコンピューター「京」最高性能賞【2011/11/19】
- ◆ 日本情報産業新聞：「理化学研究所／富士通 京が世界最速の座を維持 東大採用でビ

ジネス展開も」【2011/11/21】

- ◆ 朝日新聞：「スパコン 活用も世界一 分野越えた開発に動き」【2011/11/24】
- ◆ 日経産業新聞[日経テレコン21]：「米クレイ スパコン、京都大学から受注 次期モデルは14年稼働」【2011/12/1】
- ◆ 化学工業日報：「CCS 特集・Part2 真の実用へ さらなる高度化 電子実験ノート導入 活発化」【2011/12/8】
- ◆ 東奥日報：「青森 六ヶ所村・核融合研究施設 スパコン設置 処理速度世界4位 足し算や引き算1秒間に1300兆回」【2011/12/14】
- ◆ 朝日新聞：「ニュースのおさらい ジュニア向け=スパコン「京」、何に使われるの？ 自然や生命 計算して予測」【2011/12/24】
- ◆ 日経産業新聞：「日本のスパコン、省エネで存在感」【2012/1/11】

5-1-2 テレビ

- ◆ NHK 教育テレビ：「IT ホワイトボックス」【2011/6/8】

5-2 TSUBAME e-Science Journal の発行

先端研究部門・高性能計算先端応用分野 青木 尊之

学術国際情報センターでは、世界トップレベルのスパコン TSUBAME を利用して得られた成果を広く知ってもらうために平成 22 年から TSUBAME e-Science Journal を機関紙として刊行している。平成 23 年度は Vol.4 と Vo.5 を発行した。2011 年 11 月にシアトルで開催されたスパコンの分野での最高峰の国際会議 SC'11 では、TSUBAME を用いた研究成果がゴードンベル賞・特別賞、奨励賞、Graph500 3 位、テクニカル・ペーパー採択として高く評価された。そこで Vol.5 は SC'11 特集号とした。各号の記事のタイトルと著者を以下に記載する。

No.4 (2011 年 10 月)

- ・ **フラグメント分子軌道法を用いた生体分子の NMR 化学シフトの計算**
Ab initio NMR Chemical Shift Calculations for Biomolecular Systems Using Fragment Molecular Orbital Method
Qi Gao 横島 智 中村振一郎 櫻井 実
- ・ **気液二相流シミュレーションの大規模 GPU コンピューティング**
A Large-scale Two-phase Flow Simulation on GPU Supercomputer
青木 尊之 杉原 健太
- ・ **大規模並列計算システムを用いた進化的画像・映像符号化**
Evolutive Image/Video Coding with Massively Parallel Computing
高村誠之

No.5 (2012 年 2 月)

- ・ **TSUBAME 2.0 スパコンにおける樹枝状凝固成長のフェーズフィールド法を用いたベタスケール・シミュレーション**
Peta-scale Phase-Field Simulation for Dendritic Solidification on the TSUBAME 2.0 Supercomputer
下川辺隆史 青木尊之 高木知弘 山中晃徳 額田 彰遠藤敏夫 丸山直也 松岡 聡
- ・ **TSUBAME2 における大規模生体流体力学シミュレーション**
Large scale biofluidics simulations on TSUBAME2
Massimo Bernaschi Mauro Bisson 遠藤 敏夫 Massimiliano Fatica 松岡 聡
Simone Melchionna Sauro Succi
- ・ **大規模グラフ処理ベンチマーク Graph500 の TSUBAME 2.0 における挑戦**
Graph500 Challenge on TSUBAME 2.0
鈴木 豊太郎 上野 晃司

- **Physis: ヘテロジニアススパコン向けステンシル計算フレームワーク**

Physis: A High-Level Stencil Framework for Heterogeneous Supercomputers

丸山 直也 野村 達男 佐藤 賢斗 松岡 聡

- **FTI:ヘテロジニアススパコン向け耐障害インタフェース**

〜100TFlops 超 東北地方太平洋沖地震シミュレーション 〜

FTI: high performance Fault Tolerance Interface for hybrid systems

Leonardo Bautista-Gomez Dimitri Komatitch 丸山 直也 坪井 誠司 Franck Cappello 松岡 聡 中村 武

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 | 15 | 総務部人事課等(新採用職員研修受講者 及び 人事課、事務情報企画課職員) | 15 | 0 | 0 |
| | 28 | 本学・大学院学生 約 50 名および他大学数名 | 50 | 数名 | 0 |
| 5 | 16 | 東京都立小石川中等教育学校 | 16 | 15 | 0 |
| | 26 | 聖ウルスラ学院英智高等学校 | 10 | 9 | 0 |
| 6 | 3 | 富士通アドバンステクノロジー株式会社 | 2 | 1 | 0 |
| | 16 | 日本コンピュータ化学会 2011 春季年会参加者 | 11 | 11 | 0 |
| | 17 | 日本コンピュータ化学会 2011 春季年会参加者 | 3 | 0 | 3 |
| | 27 | 竹中工務店 エンジニアリング本部 データセンター推進グループ | 5 | 0 | 0 |
| | 29 | ソフトバンク BB(株)(視察 機器の見学のみ) | 2 | 2 | 0 |
| 7 | 1 | Institute of Computer Science Faculty of Mathematics, Physics and Computer Science Maria Curie-Sklodowska University in Lublin, Poland | 2 | 2 | 2 |
| | 4 | 先端研究施設共用促進事業公募説明会参加者 | 15 | 15 | 0 |
| | 5 | アイシン・エイ・ダブリュ株式会社 解析技術部 (株) エイ・ダブリュ・エンジニアリング 技術開発部 | 5 | 0 | 0 |
| | 13 | (株)エフタイム | 5 | 0 | 0 |
| | 19 | (株)MERSTech | 4 | 3 | 0 |
| | 21 | 民族史観高等學校(大韓民国) | 3 | 3 | 3 |
| | | NVIDIA | 3 | 3 | 2 |
| | 22 | 三菱電機(株) | 2 | 2 | 0 |
| | 26 | 理工学研究科 地球惑星科学専攻 | 3 | 0 | 0 |
| | 27 | 西武学園文理中学校 | 13 | 0 | 0 |
| 8 | 3 | GPU 講習会参加者 | 53 | 40 | 0 |
| | 5 | 浦項高校(大韓民国) | 20 | 20 | 20 |
| | 9 | 情報理工・香川高専 | 7 | 2 | 5 |
| | 10 | IDC Program/HPCU User Forum(米国) | 2 | 2 | 2 |
| | 26 | デラサール大学(フィリピン) | 30 | 20 | 10 |

| | | | | | |
|----|------|--------------------------------------------------|-----|----|----|
| | 29 | 電気学会電子回路技術委員会 | 10 | 9 | 0 |
| 9 | 9 | インテルヨーロッパ研究所等 | 9 | 4 | 2 |
| | | ソニー株式会社 | 3 | 3 | 0 |
| | 26 | オフィス香山 | 1 | 1 | 0 |
| 10 | 4 | 共同利用学外利用者 | 8 | 8 | 0 |
| | 6 | 共同利用学外利用者 | 7 | 7 | 0 |
| | 19 | TSUBAME シンポジウム出席者 | 33 | 33 | 0 |
| | 20 | 西武文理学園文理高等学校 | 17 | 16 | 0 |
| | 22.2 | 工大祭 TSUBAME 一般公開 | 386 | | |
| | 26 | EM-BEAM プログラムの参加校 | 14 | 12 | 12 |
| | 26 | 共同利用学外利用者 | 3 | 3 | 0 |
| | 31 | 共同利用学外利用者 | 11 | 11 | 0 |
| 11 | 8 | 財団法人日本国際協力センター(訪日団事務局) | 30 | 21 | 17 |
| | 11 | カーネギーメロン大学 | 11 | 10 | 10 |
| | | 東工大5類学生 | 45 | 0 | 0 |
| | 14 | 中国上海交通大学継続教育学院 | 8 | 8 | 8 |
| | 18 | 韓国教育科学技術部(文部科学省大臣官房国際課) | 12 | 10 | 7 |
| | 25 | キングモンクット工科大学(タイ) | 8 | 6 | 6 |
| | 29 | 栃木県立宇都宮高校 | 30 | 30 | 0 |
| 12 | 6 | Amazon Data Services Japan | 2 | 2 | 0 |
| | 8 | 東京工業大学総務部人事課 | 20 | 6 | 0 |
| | 8 | 共同利用学外利用者 | 2 | 2 | 0 |
| | 13 | イリノイ大学、カリフォルニア大学等 | 13 | 6 | 6 |
| | 14 | 私立湘南学園 | 15 | 15 | 0 |
| 1 | 11 | Israel Institute of Technology, Haifa University | 3 | 3 | 3 |
| | 26 | (独)理化学研究所 | 3 | 3 | 0 |
| | 27 | プロジェクトII 岩見沢 クロス・マーケティング・北海道えいでん・R&A コミュニケーションズ | 4 | 4 | 0 |
| 2 | 13 | エジプト日本化学技術大学 | 4 | 2 | 1 |

| | | | | | |
|---|----|----------------------------------------------------------------------------|------|-----|-----|
| | 22 | 米国ローレンスバモア国立研究所 | 5 | 5 | 5 |
| | 27 | Computer Science department at the Technion-Israel Institute of Technology | 1 | 1 | 1 |
| 3 | 5 | 鹿児島市立鹿児島玉龍中学校 | 21 | 21 | 0 |
| | 8 | Poznan Supercomputing and Networking Center,Poland | 4 | 4 | 4 |
| | 16 | 東京工業大学工学部金属工学科 | 25 | 12 | 12 |
| | 29 | Zuse Institute Berlin, University of Padaba, 中央大学 | 6 | 6 | 4 |
| | | 計 57 件 | 1055 | 434 | 145 |

6. 予算執行状況

1. 平成23年度法人運営費決算額

| | |
|--------------------------|------------------------------|
| 研究経費 | 51,176 千円 |
| 教育研究支援経費 (うち電子計算機賃借料) | 1,252,672 千円 (781,578) 千円 |
| 一般管理費 | 千円 |
| 合 計 | 1,303,848 千円 |

2. 外部資金受入状況

| | | | |
|-----------------|----------|------------|-----------|
| 奨学寄付金 | 1 件 | 2,200 千円 | |
| 受託研究 | 9 件 | 188,629 千円 | |
| 受託事業 | 1 件 | 1,211 千円 | |
| 民間等との共同研究 | 3 件 | 16,458 千円 | |
| 科学研究費補助金 | 新学術領域研究 | 1 件 | 5,200 千円 |
| | 基盤研究 A | 1 件 | 13,000 千円 |
| | 基盤研究 B | 0 件 | 7,540 千円 |
| | 基盤研究 C | 3 件 | 2,990 千円 |
| | 基盤研究 S | 1 件 | 36,790 千円 |
| | 若手研究 A | 2 件 | 10,920 千円 |
| | 若手研究 B | 1 件 | 1,430 千円 |
| | 挑戦的萌芽 | 1 件 | 1,430 千円 |
| | 特別研究員奨励費 | 1 件 | 700 千円 |
| 研究開発施設共用等促進費補助金 | 1 件 | 45,021 千円 | |
| その他補助金 | 1 件 | 15,414 千円 | |
| 合 計 | 27 件 | 348,933 千円 | |

7. 研究部門活動報告

7-1 情報支援部門

教授 山口雅浩 (情報支援部門 認証・ネットワーク分野)

キャンパス共通認証・認可システムの運用と改善

【研究の概要と成果】

情報支援部門認証・ネットワーク分野では、情報基盤課認証基盤システム担当とともに、キャンパス共通認証・認可システムの運用と改善を進めている。本年度の活動の概要を以下に述べる。

・キャンパス共通認証・認可関連システムの運用

認証基盤システム担当では、東工大ポータル・認証システム、IC カードシステム、共通メールシステム、入館管理システムの安定運用に努めている。また東工大ポータルでは、東工大 IC カード利用環境として、新たな機種 of 非接触 IC カードリーダに対応した。

・学内認証局の構築・運用開始

学内運用の認証局を情報セキュリティに配慮して構築し、2011 年 7 月に運用を開始した。これによって、IC カード等の発行プロセスの簡素化が可能となり、臨時発行の短期化・発行枚数制限の緩和など、柔軟な運用を可能にした。

これに伴い、新規発行される IC カードを eLWISE から Java カードに変更した。2011 年 7 月以降、順次切り替えし、2016 年 3 月末までに全てのカードが入れ替わる予定である。また現在有効な IC カードに対する公開鍵証明書入れ替えの作業を実施した。なお、IC カードの変更に伴い、入館システム関連の一部において、新カードの読み取りができないエラーが発生した。関係者の協力のもと原因が判明し、現在改修を実施中である。

・IT サービスデスク

認証基盤システム担当では、IT サービスデスクによる問い合わせ窓口機能と問い合わせ内容の一次切り分け機能の提供を継続的に実施している。内容としては電子メールシステムに関する相談が最も多く、他に東工大ポータル、ソフトウェア包括契約、ネットワーク関連。利用者アンケートを実施した結果、102 人（前年度：81 人）から回答があり、利用者満足度の向上が見られた。詳細は 2-6 節に報告されている。

・認証サーバの仮想化

本学の認証システムのうち、東工大ポータルの機能を提供するサーバを仮想環境上に実装した。マトリクス認証サーバについては平成 22 年度に仮想化済みであり、これによって認証システム関連の一連のサーバが仮想化され、これによってサービスの安定性が一層強化された。

・東工大共通メールシステム更新の検討

東工大共通メールシステムは、本学の全学生・教職員を対象として提供されている本学

の主要な情報基盤の一つである。2012年に現在運用中の東工大共通メールシステムのサーバが保守期限を迎えるため、新たなメールシステムの在り方について検討を行った。検討の中で、学内のコンセンサスを取りながら進めていくことの重要性が指摘されたことから、webを利用したパブリックコメントを実施した。

具体的な方針、仕様については、学術国際情報センターに全学共通メールシステムワーキンググループ（以下、WG）を設置し、検討を行った。まず、仕様策定に向けた基本方針について検討を行い、論点となる「更新の必要性」「東工大共通メールシステムの要求定義」「外部委託か、内部構築か」「メールボックス容量」「学内のコンセンサス」に関する方針案を作成した。そして、この方針案をwebにて学内向けに公開し、以下の通りパブリックコメントの募集を行った。

第一回目 実施期間 平成23年11月15日（火）～平成23年12月2日（金）

第二回目 実施期間 平成24年2月16日（火）～平成24年2月29日（水）

寄せられたコメント件数は34であり、このうち「この方針で良い」が12件、「一部修正した方がよい」6件、方針に対する全般的な意見はないものが6件であった。主な意見を以下に示す。

- (1) 「現行システムのIMAPサービスの問題点」解消を図って欲しい。
- (2) メールボックス容量の増加。
- (3) 個人メーリングリスト機能を継続して欲しい。
- (4) 停電等への対策について。
- (5) Webメールの機能、性能、操作性などに関して。
- (6) 外出先からの接続、携帯端末からの利用を考慮したシステムとするべき。
- (7) 転出者等のアカウントを転出後も一定期間利用できないか。
- (8) メールアドレス（mアドレス）の付与方法を変更して欲しい。
- (9) フリーメールの検討について
- (10) その他（ネットワーク、サブドメインなど）

これらのコメントに対する対応についてもWGにおいて検討を行い、反映するべき点を考慮して仕様策定を行った。特に(1)～(6)については学内利用者のニーズを一定程度把握することができ、調達内容の改善を図ることができたと考えられる。ただし、一部の意見については、技術的に対応が難しいもの（商用ソフトウェアでサポートされておらず、カスタマイズは費用面・運用面から望ましくない）、運用上対応が難しいもの（関連部署との調整に基づき対応は困難との結論となった）があった。また、(7)(8)については、東工大共通メールシステムが本学の全構成員を対象とした認証・認可システムと連携した共通的な電子メール環境であるため直接的な対応は難しく、これらの要望への対応は当面、部局・専攻・研究室等で運用する独自のメールドメイン（例えば@gsic.titech.ac.jp）において解決することを推奨している。共通メールに移行する際に、メールプール（メールボックス）は共通メールのものを利用しつつ、独自メール

ドメインのメールアドレスをそのまま使用し続けることで、転出者等への対応やメールアドレスの選択などの自由度を確保可能である。このため現時点ではこの点についての運用の変更は行わないこととした。

以上に関して、パブリックコメントへの対応に関して WG での検討をもとに取りまとめ、意見を反映するもの、反映しない場合にはその理由などの説明を含めてドキュメントを取りまとめた。このドキュメントを 2012 年度の早期に学内向け web に掲載し、再度メールシステムの更新に関する周知も図ってゆくことを予定している。

定量的病理診断の実現を目的とした画像解析技術に関する研究

【研究の概要と成果】

病理組織診断は、病変部から採取した組織を薄切し、染色して顕微鏡下で観察することにより診断を行うもので、診断の確定、治療法の選択にきわめて重要な役割を果たす。ところがわが国では病理医の不足は深刻であり、一人の病理医が多様な分野に対応しなければならず、専門外の診断を行う必要も生じる。また本来ダブルチェックが望ましいが、現実には困難な場合も多い。病理診断は細胞の配列、形態、色等の視覚的判断によるため、定量性、再現性に欠ける点も指摘されている。

近年、デジタルスライド (WSI: Whole Slide Imaging, バーチャルスライドとも呼ばれる) の技術が進展し、デジタル画像技術の導入に対する期待が高まっている。そして従来の顕微鏡下での目視観察を基本とした病理診断から、デジタル画像機器に基づく診断、いわばデジタル病理学への移行が予測されている。本研究では、デジタルスライドスキャナーによって得られる画像情報を基本として、病理診断の客観化、定量化に寄与する画像認識技術の開発を進めている。これにより、従来よりもわずかな変化の検出、高精度化、信頼性・客観性・再現性向上を可能とし、いわば定量的病理診断技術を確立することで、病理診断の高度化、均てん化に寄与することを目指している。

病理組織の形態的特徴の定量化の例として、肝細胞がん組織のデジタルスライドにおいて細胞核を画像解析により抽出し、その形態的特徴を数値化・可視化を行った。細胞核の密度や核間距離の分散などを数値として算出し、全スライドにおいて画像化した結果、がん組織において核密度が増大している様子を明瞭に可視化することができた。また、病理医による評価の結果、高分化の早期がんの内側に存在する組織型の異なるがんが可視化されているとのコメントがあった。現時点では細胞核の抽出精度などに課題が残されているが、このような方法を用いてデジタルスライドの画像からがん組織の検出、悪性度の定量化を行える可能性を示している。

また、肝細胞の形態的特徴の定量化を目的とした類洞 (毛細血管) の抽出技術の開発、スライドを用いた色補正技術の開発、マルチスペクトル画像を用いた解析技術の開発などを行った。

なお、本研究は NEDO 委託研究「定量的病理診断を可能とする病理画像認識技術」の一環として実施されているものである。

実物の色・質感を忠実に再現する映像システムに関する研究

【研究の概要と成果】

映像システムの技術開発の目標の一つとして、高臨場感というキーワードが以前より使われているが、近年、質感の再現という点についても注目されている。質感とは、材料・素材の有する性質に対して生じる人間の心理的感覚を意味するが、ここでは映像を通じて再現される物体の光学的性質に対する知覚を考える。質感の再現を目標とする場合、臨場感とは幾分異なり、実物との差異を意識することが必須になる。従来、映像を鑑賞することを主な目的としたシステムでは、映像の品質、すなわち画質を向上することが目標とされており、実物に対する忠実性はそれほど重視されてこなかった。一方、映像通信システムや記録映像では、映像を通じて実物を見ることが目的になるため、実物らしさ、いわば実物の質感を再現することが求められる。

本研究グループでは、これまで、従来の RGB 3 原色の制約を超えて、実物の色を忠実に再現する映像システム「ナチュラルビジョン」の開発を行ってきた。ナチュラルビジョンでは、スペクトル（分光情報）に基づく色再現により、実物があたかも目の前にあるかのように忠実な色を再現することができる。鏡面反射光の影響を避けて色を計測する従来の測色技術とは異なり、ナチュラルビジョンは、実物から目に入射する光のスペクトルを計測し、人間の知覚特性を考慮して表示するというアプローチである。このため、光沢や異方性反射特性など質感に関わる特性も含む枠組みであり、「高質感」な映像システムに対して有効な技術といえる。

質感の再現性向上のためには、色に加えて光沢の再現も重要であるが、光沢は多くの場合極めて輝度が高く、物理的に忠実な再現はできない場合が多い。特に金属光沢の色は、金属の物理的性質によって様々に変化し、また周囲の映り込みの影響もあり、金属などの質感の忠実な再現は難しい。これに対し、近年、ハイダイナミックレンジ（HDR）の映像入力・表示に関する研究が進んでおり、光沢の再現にも応用が期待される。そこで、6 バンド HDR 撮影（シャッタースピードを変えて撮影した多数枚の画像を合成）により金属光沢の色を高精度に入力し、視覚的に評価することで、金属光沢を含む映像の再現性を高める方法の検討を行った。光沢は極めて輝度が高くディスプレイの輝度範囲に収まらないため、HDR 画像を通常のダイナミックレンジのディスプレイ上に自然に表示するためのトーンマッピング（TM）手法を適用する。これまでいくつかの TM 手法が提案されているが、光沢の再現に適した TM は明らかでない。そこで本実験では以下の 4 つの手法を適用し、比較した。

- (1) Clipping: RGB 信号値においてディスプレイの輝度範囲を超えた信号値を飽和させる。
- (2) Reinhard: xy 色度値を保存、Y 画像に対して Reinhard の TM 法を適用する。

(3) iCAM : 色順応モデルに基づく TM 法。

(4) Knee : xy 色度値を保存し、Y 画像に対して区分線形関数により高輝度部を階調圧縮。光沢を有する物体を含む画像を対象として、画像全体、及び画像中の光沢の性質が異なる箇所注目し、色再現性・光沢感・質感・リアリティーの4項目について各7段階で評価を付した。

はじめに、カメラの RGB 出力を直接ディスプレイに表示した場合との比較も行ったところ、6 バンドによる忠実な色再現が、特に画像全体での色、質感、リアリティーの再現性に寄与していることが確認された。次に TM 手法の比較を行った。滑らかな表面で生じる高輝度な光沢では、TM 法による評価の差は小さいが、金糸で表現されるようなテクスチャーを含む金属光沢では評価に大きな違いがみられた。iCAM は画像全体の色調を変化させるため評価は低く、高輝度部を単純に飽和させる Clipping と、ローカルな輝度を考慮することで光沢部に適度な階調を割り振る Reinhard の 2 手法が高い評価となった。特に実物を参照した場合には、高輝度部のテクスチャーの再現性が良好な Reinhard が優位に優れており、適切な TM 法を適用することで金属光沢の質感再現性を向上できる可能性が示された。今後、光沢の表現に適したパラメータ設定などについて検討が必要と思われる。

また、スペクトルに基づく色再現では、多バンドの画像入力により高精度の色再現が可能になるが、多バンドのカメラはシステムが大掛かりになる点が課題となっている。本研究では、より簡易的な方法によりマルチスペクトル画像入力を可能とする方法として、複合解像度型マルチスペクトルイメージングと呼ぶ方法の提案を行った。

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

【研究の概要と成果】

ホログラフィーは高品質な立体像表示が可能な究極の 3D ディスプレイ方式といわれている。電子的な 3D ディスプレイへの応用を考えると、従来の他の 3D ディスプレイの方式と比較して、奥行きが深い立体像を高分解能に再現できる点が、ホログラフィーを用いたディスプレイの特徴である。3次元のデジタルデータから電子的なホログラムを生成するには、3次元物体からの光の回折・伝播の計算を行い、ホログラムパターン（計算機合成ホログラム、CGH）を算出する手法を確立する必要がある。本研究では、光線追跡や Light field rendering (LFR) と呼ばれる従来のコンピュータグラフィックス (CG) の技術に基づいて、3D ディスプレイのための波面生成計算を行う手法の開発を行っている。具体的には、物体近傍に光線サンプリング面 (RS 面) を仮想的に設定し、その面を通過する光線を CG のレンダリング技術により求め、次に FFT (高速フーリエ変換) を用いて光線から波面に変換する。本手法を用いることにより、既存の CG や LFR の技術を用いて隠面消去や表面光沢などの表現を行うことができ、また回折計算を行うことで、奥行きが深い像の高分解能な再生が可能となる。

また、実物体のホログラムを作成するには、物体にレーザー光を照射してホログラムを CCD カメラなどによって撮影するデジタルホログラフィー技術の研究があるが、光線に基づく 3D 映像技術の進展が著しいことから、光線情報をカメラによって取得し、光線情報から波面に変換する手法の研究を行った。インテグラルイメージングなどの手法によって光線情報をデジタルデータとして入力する際に、高密度な光線情報を入力するには膨大な数のカメラを用いなければならない。そこでカメラではある程度疎な光線を取得し、分解能の低下が無いように光線の補間を行う。本研究では、上述の RS 面を用いて光線の補間を行い、波面に変換する方法を提案し、この手法によって、広い奥行き範囲で分解能の低下なく立体像表示を行えることを示した。これは従来のインテグラルイメージングに基づく立体像表示では困難であったことから、ホログラフィーの特徴を生かす CGH 計算法として有効と考えられる。

ホログラフィーによる 3D ディスプレイを実現するには、膨大な画素数を持つ表示デバイスが必要となる。現在入手可能な電子的なディスプレイでは表示可能な画素数のはるかに不足する。そこで本研究では、提案手法の有効性を示すために、ハードコピーとして CGH をフィルム上に記録し、レーザー光で照明することにより再生像を得る。下図に提案手法を用いて作成した CGH の再生像を示す。CG によるレンダリングに基づく映像表現が行えていることが確認できる。今後、実写からのホログラム作成を行う予定である。

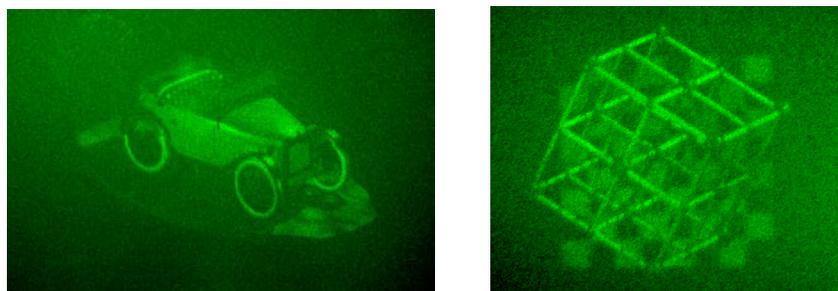


図 提案手法によって作成したホログラムの再生像の例

【発表論文・学会発表等】

査読付き論文

1. Y. Murakami, M. Yamaguchi, and N. Ohya, "Class-based spectral reconstruction based on unmixing of low-resolution spectral information," *Journal of the Optical Society of America*, Vol. 28, 7, 1470-1481 (2011).
2. Y. Murakami, M. Yamaguchi, and N. Ohya, "Dictionary-based estimation of spectra for wide-gamut color imaging," *Color Research and Application*, published online: 23 OCT 2011.
3. Y. Murakami, M. Yamaguchi, N. Ohya, "Hybrid-resolution multispectral imaging using color filter array," *Optics Express*, Vol. 20, 7, 7173-7183 (2012).

4. K. Shinoda, Y. Murakami, M. Yamaguchi, and N. Ohyama, "Lossless and lossy coding for multispectral image based on sRGB standard and residual components," *Journal of Electronic Imaging*, Vol. 20, 2, 023003-1-12 (2011).
5. N. Hashimoto, Y. Murakami, M. Yamaguchi, T. Obi, and N. Ohyama, "Multispectral image enhancement for effective visualization," *Optics Express*, Vol. 19, 10, 9315-9329 (2011).
6. K. Wakunami and M. Yamaguchi, "Calculation for computer generated hologram using ray-sampling plane," *Optics Express* vol. 19, 10, 9086-9101 (2011)
7. 篠田一馬, 村上百合, 山口雅浩, 大山永昭, 小杉幸夫, "植生評価に適したハイパースペクトル画像符号化法" *電子情報通信学会論文誌*, J94-D(3), 560-570 (2011).
8. M. Tashiro, Y. Murakami, T. Obi, M. Yamaguchi, and N. Ohyama, "Layered scalable coding of multispectral images based on visible component separation," *Optical Review*, Vol. 18, 6, 462-469 (2011)
9. 岸本純子, 金澤勝, 村上百合, 山口雅浩, 羽石秀昭, 大山永昭, "忠実な色再現映像システムにおける心理要因の分析," *画像電子学会誌*, vol. 40, 6, 1017-1026 (2011) .
10. N. Hashimoto, P. A. Bautista, M. Yamaguchi, N. Ohyama, Y. Yagi, "Referenceless image quality evaluation for whole slide imaging," *J. Pathology Informatics*, 2012, 3:9 (2012)

国際会議発表

1. N. Hashimoto, P.A. Bautista, M. Yamaguchi, N. Ohyama, Y. Yagi, "Image quality evaluation methods for whole slide imaging," *New England Science Symposium*, 152, Boston, MA, Apr. 2011.
2. C. Atupelage, H. Nagahashi, M. Yamaguchi, M. Sakamoto, A. Hashiguchi, "Multifractal Feature Based Cancer Detection for Pathological Images," *The 5th International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering*, CDRM Proceeding of ICBBE '2011, May., (2011).
3. F. Yang, K. Wakunami, K. Shinoda, N. Hashimoto, and M. Yamaguchi, "Digital Color Management in Holoprinter," in *Digital Holography and Three-Dimensional Imaging*, OSA Technical Digest (CD), paper DWC5 June (2011)
4. K. Nakano, H. Suzuki, M. Yamaguchi, T. Obi, N. Ohyama, "Quantitative analysis on key estimation by known-plaintext attacks to DRPE," *22nd General Congress of the International Commission for Optics (ICO-22)*, Aug., (2011)
5. C. Atupelage, H. Nagahashi, M. Yamaguchi, M. Sakamoto, A. Hashiguchi, "Multifractal Feature Descriptor for Histopathology," *The 1st Congress of the International Academy of Digital Pathology*, Aug., (2011), published in *Analytical Cellular Pathology*, Volume 35, 2, 123-126, (2012)
6. N. Hashimoto, P.A. Bautista, M. Yamaguchi, N. Ohyama, Y. Yagi, "Development of image quality evaluation method for whole slide imaging," *The 1st Congress of the International Academy of Digital Pathology*, Quebec, Canada, Aug., (2011)
7. N. Hashimoto, Y. Murakami, M. Yamaguchi, N. Ohyama, K. Uto, Y. Kosugi, "Application of multispectral color enhancement for remote sensing," *Proc. SPIE*, Vol. 8180, 818006, Prague, Czech, Sep. (2011)

8. Y. Murakami, M. Yamaguchi, and N. Ohyama, "Hybrid Resolution Spectral Imaging by Class-based Regression Method," Proc. 19th Color Imaging Conference (19th CIC), 310-315 (2011).

招待講演等

1. M. Yamaguchi, "Ray-based and wavefront-based holographic displays for high-density light-field reproduction," Proc. SPIE, Vol. 8043, 804306, Apr. (2011)
2. 山口雅浩, "映像の色再現－究極の色域を目指して－," 第1回レーザーディスプレイ技術セミナー, 応用物理学会分科会日本光学会 レーザーディスプレイ技術研究グループ, Oct. (2011)
3. 山口雅浩, 坂元亨宇, 橋口明典, 齋藤 彰, 小林直樹, "定量的病理診断を可能とする病理画像認識技術の開発," メディカルイメージング連合フォーラム (特別講演), 信学技報, MI2011-107, 165-170, Jan. (2012)
4. Masahiro Yamaguchi, "Predicting personal health based on temporal sequence analysis of large-scale health checkup database," The 24th Annual Meeting of the International Health Evaluation and Promotion Association, Tokyo, Symposium B(1), Jan. (2012)

国内学会発表

1. 篠田一馬, 村上百合, 山口雅浩, 小杉幸夫, "迅速な植生解析のためのハイパースペクトル画像符号化法," 第5回新画像システム・情報フォトンクス研究討論会講演予稿集, A-13, May (2011)
2. 橋本典明, Pinky Basutista, 山口雅浩, 大山永昭, 八木由香子, "Whole Slide Imagingのための画質評価手法とその応用," 第5回新画像システム・情報フォトンクス研究討論会講演予稿集, A-15, May (2011)
3. 楊菲, 山口雅浩, "ホログラフィック 3D プリンターにおけるデジタルカラーマネージメントの研究," 第5回新画像システム・情報フォトンクス研究討論会講演予稿集, B-4, May (2011)
4. 中野和也, 鈴木裕之, 山口雅浩, 小尾高史, 大山永昭, "二重ランダム位相暗号化法の鍵空間分析と安全性調査," 第5回新画像システム・情報フォトンクス研究討論会講演予稿集, B-5, 58-59, May (2011).
5. 福井智也, 山口雅浩, 村上百合, 木村文一, 橋口明典, 坂元亨宇, 大山永昭, "病理組織標本のデジタルスライド画像における定量的特徴量の算出," 第30回日本医用画像工学会大会 (JAMIT 2011), OP1-1 (2011)
6. 宇津木健, 山口雅浩, "ホログラフィック・3Dプリンタにおけるノイズ低減手法の検討," 3次元画像コンファレンス 2011, 158-161, Jul. (2011)
7. 山口雅浩, 大山真歩, 村上百合, "マルチスペクトルHDR撮影による金属光沢の映像再現と視覚的評価," 電子情報通信学会 2011年ソサエティ大会, C-9-8 (2011).
8. 山口 雅浩, 宮内 崇嗣, 村上 百合, 丹治 麻美, 「ステレオ撮影による6バンド画像を用いた分光的色再現」, 第9回視覚情報基礎研究会, Sep. (2011).

9. 村上百合, 野村仁, 大山真歩, 山口雅浩, "6 バンド HDR 撮影による金属光沢の再現性評価," 信学技報, vol. 111, 238, EID2011-8, 17-20, Oct. (2011)
10. 中野和也, 鈴木裕之, 山口雅浩, 竹田賢史, "ニ重ランダム位相暗号化法に対する既知平文攻撃の定量分析," 日本光学会年次学術講演会 Optics & Photonics Japan 2011, 28aD2, Nov. (2011)
11. 吉開悠, 村上百合, 山口雅浩, 小尾高史, "マルチスペクトルフィルタアレイと RGB 画像センサを用いたスペクトル画像収集," 日本光学会年次学術講演会 Optics & Photonics Japan 2011, 28aH4, Nov. (2011).
12. 橋本典明, 村上百合, 山口雅浩, 大山永昭, "マルチスペクトル画像を用いたヘマトキシリン単染色標本からのデジタル染色手法," 日本光学会年次学術講演会 Optics & Photonics Japan 2011, 28aH5, Nov. (2011)
13. 小林直樹, 小関瞳, 加藤綾子, 星野唯, 篠田一馬, 山口雅浩, 阿部時也, 橋口明典, 坂元亨宇, "病理画像解析に適した画像圧縮方式の評価法の検討," FIT2011 講演論文集 G006 第2分冊, 533 (2011)
14. 加藤綾子, 星野唯, 小林直樹, 駒形英樹, 木村文一, 山口雅浩, 阿部時也, 橋口明典, 坂元亨宇, "HE 染色肝病理組織画像における脂肪滴抽出法の検討," 画像電子学会第 260 回研究会, (2012)
15. 石川雅浩, Sercan Taha Ahi, 木村文一, 山口雅浩, 長橋 宏, 橋口明典, 坂本亨宇, "HE 染色肝病理組織標本における方位選択性フィルタを用いた類洞抽出法の提案," 信学技報, MI2011-138, 337-342, Jan. (2012)
16. 福井智也, 山口雅浩, 村上百合, 木村文一, 橋口明典, 坂元亨宇, "デジタルスライドにおける病理組織標本全体の特徴量の視覚化," 情報フォトンクス研究会第 6 回関東学生研究論文講演会, Mar. (2012)
17. 小林直樹, 小関瞳, 加藤綾子, 星野唯, 駒形英樹, 山口雅浩, 阿部時也, 橋口明典, 坂元亨宇, "色彩を用いた病理画像の領域抽出における画像圧縮劣化耐性の検討," 2012 年電子情報通信学会総合大会, D-16-3, Mar. (2012)
18. 鈴木啓悟, 山口雅浩, 村上百合, "レーザーディスプレイにおける測色の色再現性の評価," 2012 年電子情報通信学会総合大会, C-9-5, Mar. (2012)
19. 野村仁, 村上百合, 山口雅浩, "多方向分光計測を用いた照明光スペクトルの推定と画像の色再現," 2012 年春季第 59 回応用物理学関係連合講演会, 16p-B10-18, Mar. (2012).
20. 涌波光喜, 山口雅浩, Bahram Javidi, "インテグラルイメージングによる実写画像を用いた奥行き深い立体像を再生する CGH 生成," 16a-B10-6, Mar. (2012)

解説等

1. 山口雅浩, "レーザーディスプレイと広色域映像システム," レーザー研究, Vol. 39, 6, 395-401, June., (2011)
2. 山口雅浩, "マルチスペクトル撮影に基づく高品質・高機能映像システム," 画像ラボ, Vol. 22, 4, 7-12, Apr. (2011)
3. M. Yamaguchi, "Multiprimary-Color Displays and Their Evaluation Methods," Information Display, Vol. 27, 4, 18-23, May. (2011)

教授 権藤 克彦 (情報基盤活用分野)

ガベージコレクタの誤解放を防ぐための新しいC言語型修飾子に関する研究

【研究の概要と成果】

C言語のコンパイラ最適化器, ガベージコレクタ, およびファイナライザの相互作用によって誤解放の問題が生じることが知られていた. この誤解放は, 末尾呼び出し最適化などの最適化の結果, GC が管理するオブジェクトの生存期間が短縮し, その結果, プログラムの期待よりも早期にファイナライザが起動し, GC が管理しないオブジェクトをファイナライザが解放することによって発生する. この問題は, volatile などの既存のC言語の型修飾子では適切には解決できないため, 本研究では, この問題の解決方法として新しい型修飾子 `strict_lifetime` を提案し, `strict_lifetime` は保守性などの点で適切な解決方法であることを示した. また, `strict_lifetime` をGCCに実装し, CRubyに対して適用して有効性を調査した結果, 実装コストが小さく, 誤解放を防ぐ効果も高いことを示した.

シグナル処理時にも高互換で高精度な検査が可能な境界検査手法に関する研究

【研究の概要と成果】

ソフトウェアの境界違反は深刻な脆弱性となるため, C言語の境界検査手法は現在まで継続的に提案・開発されている. それらのうち, 実用コードとの互換性が高くかつ誤検出率の低い手法は, 実行時に全有効オブジェクトの境界をヒープ領域上の表を用いて管理する手法である. しかし, この手法は現状, シグナル処理中に深刻な互換性の損失または検査精度の低下を引き起こしてしまう. これらの問題を回避するために, 本研究では (1) シグナル処理を遅延する間接シグナル処理, (2) 検査バッファリングと呼ぶ2つの技術からなる新しい検査制御方式を提案した. また, この提案方式の実装と評価実験を行った. 評価実験の範囲内に限るが, Apache や Sendmail などのシグナル処理を含む実用Cプログラムに対し, 提案方式は互換性を維持したまま高精度な境界検査を実現できたことを示した.

【発表論文・学会発表等】

1. 鮎川力也, 権藤克彦, 荒堀 喜貴: 誤解放を防ぐための新しい型修飾子 `strict_lifetime`, 電子情報通信学会論文誌, vol. J95-D, no. 2, pp. 217-224 (2012)
2. 荒堀喜貴, 権藤克彦, 前島英雄: 競合回避機構を備えた高互換かつ高精度な境界検査手法, 情報処理学会論文誌 53(3), pp. 1150-1165 (2012)
3. 鷺崎弘宜, 坂本一憲, 大杉直樹, 権藤克彦, 服部哲, 久保淳人, 小林隆志, 大月美佳, 丸山勝久, 榊原彰: デザインパターンへの工学的取り組み, コンピュータソフトウェア

ア[29], No. 1, pp. 130-146 (2012)

4. 栗田 剛, 権藤 克彦: 小中学生向けプログラミング教育ツール「STEP」の提案および効果の検証, 日本ソフトウェア科学会第 28 回大会, DP-01, ポスター発表 (2011)
5. 深谷敏邦, 権藤克彦: GPU を利用したポインタ解析の実装と評価, 第 18 回ソフトウェア工学の基礎ワークショップ (FOSE2011), ポスター発表, (2011)
6. 権藤克彦: 共通問題は良い成功事例と失敗事例を集めて作るべき, 情報処理学会ウインターワークショップ 2012・イン・琵琶湖, pp. 131--132 (2012)

(兼務) 教授 友石正彦 (認証・ネットワーク分野)

RENKEI (REsource liNKage for E-science) プロジェクトにおける PoP の展開配備(継続)

【研究の概要と成果】

研究室の資源 (LLS)、情報基盤センターの高性能資源 (NIS) など、異種グリッド・ミドルウェア上で提供される計算・データベース等を柔軟に共有・連携させることで仮想研究コミュニティを形成、運用するための基盤技術を確立することを目標とするプロジェクトに参加し、以下のような拠点間的高速データ転送をサポートするアプライアンスの配備を行っている:

1. 広域分散ファイルシステムによる利用推進のインセンティブ
(ア) 高速なローカル I/O とネットワーク I/O の両立した妥協のないサービス拠点
2. NAREGI ミドルウェアと仮想マシンを組み合わせたアプリケーション・ホスティング
(ア) グリッド認証基盤とアプリケーション実行基盤を平準化
(イ) 仮想マシンによる安定版・開発版の同時展開による利用と開発の並行的な促進

本年度は、国内 9 拠点への配備が終了し、性能評価を行うとともに、実際の科学技術の実験において活用が開始された。

震災後のキャンパスネットワークの設計と運用についての考察

【概要】

Titanet3 新規導入後の、旧ネットワークからの移行期間中、および、震災後のキャンパスネットワーク運用を中心に新規導入ネットワークの設計と運用について考察を行い、その知見を公開シンポジウムで発表、討論を行った。複数の地区の大学基盤センターから発表があり、ネットワーク更新については大学構成員の種類の違いが、震災後の対応では特に電源事情への予測の違いが大きく設計、および、その後の運用に影響していた。また、緊急時への非日常対応においてはその活動の大学当局からの認可の違いが終盤まで影響していた。

【発表論文・学会発表等】

1. Point-of-Presence 連携による e-サイエンス分散環境, 滝澤真一郎, 松岡聡, 友石正彦, 佐藤仁, 東田 学, インターネットカンファレンス 2011, , 2011 年 10 月 27 日
2. 今考え直す東工大キャンパスネットワークの設計と運用, 友石正彦, 2011 年度 IMIT シンポジウム「今考え直す情報系センター」, 千葉大学総合メディア基盤センター, 2012 年 3 月 26 日

准教授 飯田 勝吉 (認証・ネットワーク分野)

仮想ネットワークサービスプロバイダの収容を可能とする新世代ネットワークアーキテクチャの基本設計

【研究の概要と成果】

新世代ネットワークで求められている要件の一つにサービスプロバイダ (SP) に対する通信品質 (QoS) の提供がある。SP に対して QoS の提供が可能なネットワークアーキテクチャとして 3 階層のネットワークアーキテクチャを提案し、その基本設計を明らかにした。

【発表論文・学会発表等】

- 1) S. Kodama, M. Shimamura, and K. Iida, "Initial CWND determination method for fast startup TCP algorithms," *Proc. ACM/IEEE Intn'l Workshop on Quality of Service (IWQoS2011)*, pp.1-3, June 2011.
- 2) T. Omizo, K. Masui, and K. Iida, "Design and Implementation of Inter-ISP Virtual Backbone Infrastructure to Meet Various QoS Requirements," *Proc. IEEE/IPSJ Intn'l Workshop on Future Internet Engineering (FIE2011) in conjunction with IEEE/IPSJ Intn'l Symposium on Applications and the Internet (SAINT2011)*, pp.486-491, July 2011.
- 3) M. Takano and K. Iida, "Approximation analysis of QoS metrics in a finite capacity queue for real-time communication," *Proc. IEEE Pacific Rim Conference on Communications, Computers and Signal Processing (PACRIM2011)*, pp. 613-618, Aug. 2011.
- 4) S. Matsuura, M. Shimamura, and K. Iida, "Multicast group aggregation method for IPTV and its performance evaluation in terms of IGMP load," *Proc. IEEE Pacific Rim Conference on Communications, Computers and Signal Processing (PACRIM2011)*, pp. 602-607, Aug. 2011.
- 5) E. Kawai, S. Ishii, H. Yamanaka, K. Iida, M. Shimamura, T. Omizo, M. Tsuru, "A New Generation Network Architecture to Accommodate Virtual Network Application Service Providers," Poster session, *GENI Engineering Conference (GEC11)*, Aug. 2011.
- 6) 山中広明, 河合栄治, 石井秀治, 嶋村昌義, 飯田勝吉, 大溝拓也, 鶴 正人:「OpenFlow ネットワーク仮想化の検討」, 電子情報通信学会・2011年ソサイエティ大会, B-6-14, 2011年9月.
- 7) 嶋村昌義, 飯田勝吉, 大溝拓也, 山中広明, 石井秀治, 河合栄治, 鶴 正人:「仮想ネットワークサービスプロバイダの収容を可能とする新世代ネットワークアーキテクチャの検討 — 仮想サービスプロバイダ間の資源要求の調停を可能とするメタ資源プロバイダの検討」, 電子情報通信学会・2011年ソサイエティ大会, B-16-3, 2011

年 9 月.

- 8) 大溝拓也, 飯田勝吉:「[奨励講演] 仮想バックボーン方式における制御トラフィック量の基礎的評価」、電子情報通信学会・技術研究報告, vol. 111, no. 277, NS2011-114, pp. 61-66, 2011 年 11 月.
- 9) H. Yamanaka, M. Shimamura, S. Ishii, E. Kawai, K. Iida, and M. Tsuru, “A new generation network architecture to accommodate virtual network application services,” *Proc. IEEE Int'l Conference on Intelligent Networking and Collaborative Systems (INCoS2011)*, pp.332-333, Nov. 2011.
- 10) 長谷川洋佑, 飯田勝吉:「コミュニティセンシングを用いたサービス開発のための情報基盤に関する研究」、電子情報通信学会・2012 年総合大会, B-19-32, 2012 年 3 月.
- 11) H. Yamanaka, S. Ishii, E. Kawai, M. Shimamura, K. Iida, and M. Tsuru, “Proposal of Virtualizing OpenFlow Networks,” *Proc. IEICE-CS Int'l workshop on Software Defined Network and Openflow in conjunction with IEICE-CS World Telecommunication Congress 2012 (WTC2012)*, Mar. 2012.
- 12) 堀内岳志, 大溝拓也, 飯田勝吉:「複数端末を用いて再生停止時間を削減するモバイル動画配信システムの実装と評価」、電子情報通信学会・技術研究報告, vol. 111, no. 468, NS2011-197, pp.101-106, 2012 年 3 月.
- 13) 松井 巧, 嶋村昌義, 飯田勝吉:「遅延公平性を提供するための周期的バッファ昇格によるパケットスケジューラ PWB の提案と評価」、電子情報通信学会・技術研究報告, vol. 111, no. 468, NS2011-257, pp. 439-444, 2012 年 3 月.
- 14) A. Den, and K. Iida, “Communication quality improvement method through end host enhancements for TFRC-type mobile streaming,” *Proc. IEEE Int'l Workshop on Telecommunication Networking, Applications and Systems 2012 (TeNAS2012) in conjunction with IEEE Int'l Conference on Advanced Information Networking and Applications 2012 (AINA2012)*, pp.897-902. Mar. 2012.
- 15) T. Horiuchi, T. Omizo, and K.Iida, “Mobile Video Broadcasting System with Multiple Mobile Devices for Improving Availability,” *Proc. ACM Int'l Workshop on Mobile Opportunistic Network 2012 (MobiOpp2012)*, Mar. 2012.
- 16) 塩山幹彦, 嶋村昌義, 飯田勝吉:「背景トラフィックへの影響低減を目的とした段階的パス切り替え手法の提案と評価」、電子情報通信学会・ネットワークシステム研究会, 2012 年 4 月発表予定.
- 17) 嶋村昌義, 山中広明, 飯田勝吉, 永田 晃, 石井秀治, 河合栄治, 鶴 正人:「ミドルレイヤ型ネットワークアーキテクチャにおける QoS 制御可能な仮想ネットワーク提供機能の検討」、電子情報通信学会コミュニケーションクオリティ研究会, 2012 年 4 月発表予定.

助教 渡辺 陽介 (情報基盤活用部門)

アクセスログに基づくワークフロー抽出に関する研究

【研究の概要と成果】

近年、ユーザの作成・管理するファイル数が劇的に増えてきており、必要な文書を探すために大きな労力が必要となっている。ある作業をユーザが効率よく遂行するには、次にどのファイルが必要になるのかを知っていなければならないが、そのようなノウハウを習得するまでには多くの時間や経験が必要となる。

そこで本研究では、アクセスログからのレコメンデーションによるファイル探索支援を実現する。提案システムでの処理は、ワークフロー抽出とレコメンデーションに分かれている。ワークフロー抽出処理では、ユーザのアクセスログからファイル操作の集合である抽象タスクを求め、更に頻繁に出現する抽象タスクの並びを頻出抽象ワークフローとして抽出する。同じ目的の作業であっても毎回異なるファイルを操作することがあり得るため、抽象タスクでは、類似した名前を持つファイル同士への操作や、コピー元・コピー先の関係のあるファイル同士への操作を抽象化し、同一グループの操作とみなしている。レコメンデーション処理では、ユーザの直近のファイル操作から合致する可能性の高い頻出抽象ワークフローを推定し、ワークフロー内の抽象タスクに属するファイル群の中からユーザが次に利用すると予測されるファイルを推薦する。実際のファイルアクセスログを用いた評価実験で、抽象タスクの導入によりレコメンデーション精度が改善されることを確認した。

マルチコア環境における低遅延ストリーム処理に関する研究

【研究の概要と成果】

爆発的に増加するストリームデータに対し、効率的な問合せ処理を実現するストリーム処理エンジンが求められている。マルチ CPU、マルチコアを活用することにより、システム全体での同時処理可能なデータ数を増やすことができるが、既存の並列処理方式では各データが結果出力までに通過する演算数が削減されないため、演算通過の際に起きるデータごとの処理遅延は改善できないという問題点があった。

本研究では、処理遅延を減らすために、依存関係のない演算同士を複数の CPU コアに割り当て、同一データに対する複数の処理を並列評価する処理手法を提案した。実行のための仕組みとして copy/merge 演算によるデータの分配と処理結果の統合の方式と、問合せ記述からの処理プランの生成方式について検討した。人工データを用いた評価実験では、提案手法が演算数の多い問合せにおいて従来手法よりも有効に機能することを確認した。

【発表論文・学会発表等】

1. Yi Wu, Kenichi Otagiri, Yousuke Watanabe and Haruo Yokota, "A File Search Method

- Based on Intertask Relationships Derived from Access Frequency and RMC Operations on Files”, Proc. International Conference on Database and Expert Systems Applications (DEXA2011), Lecture Notes in Computer Science, Springer, Vol. 2011, No. 6860/2011, pp. 364-378, Toulouse, France, August, 2011.
2. Yousuke Watanabe and Haruo Yokota, “An Energy Saving Scheme on Storage Systems for Video Delivery Services”, Proc. International Workshop on Streaming Media Delivery and Management Systems (SMDMS 2011), Barcelona, Spain, October, 2011.
 3. Qiang Song, Yousuke Watanabe and Haruo Yokota, “Relationship Extraction Methods Based on Cooccurrence in Web Pages and Files”, Proc. International Conference on Information Integration and Web-based Applications & Services (iiWAS 2011), Ho Chi Minh City, Vietnam, December, 2011.
 4. Xuehua Jiang, Yousuke Watanabe and Haruo Yokota, “Data Allocation Based on XML Query Patterns to Reduce Power Consumption”, Proc. International Conference on Cloud and Green Computing (CGC 2011), pp. 532-539, Sydney, Australia, December, 2011.
 5. 渡辺陽介, 横田治夫「マルチコア環境における可換演算群の並列評価による低遅延ストリーム処理方式」Webとデータベースに関するフォーラム(WebDB Forum 2011), 2011年11月.
 6. 渡辺陽介, 勝山裕, 直井聡, 横田治夫, 「機械学習を用いたテロップ表示意図推定による動画メタデータ生成手法」電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 111, No. 76, pp. 131-136, 2011年6月.
 7. 近藤直樹, 羅敏, 渡辺陽介, 横田治夫, 「Fat-Btree, P-tree, SkipGraphを用いた範囲問合せ性能の比較実験」第152回データベースシステム研究発表会, Vol. 2011-DBS-152 No.15, pp. 1-8, 2011年8月.
 8. Xuehua Jiang, Yousuke Watanabe and Haruo Yokota “Evaluation of a Power Saving Method Storing XML Data”, IPSJ SIG Technical Report, IPSJ, Vol. 2011-DBS-152, No. 5, pp. 1-8, Kyoto, Japan, August, 2011.
 9. 近藤直樹, 羅敏, 渡辺陽介, 横田治夫, 「複数分散インデックス手法の実装・比較のための共通フレームワークの実現」DEIM Forum 2012, C2-2, 2012年3月.
 10. 宋強, 川端貴幸, 伊藤史朗, 渡辺陽介, 横田治夫, 「ファイルレコメンデーションのためのファイル利用履歴に基づくタスク間ワークフロー抽出手法」DEIM Forum 2012, B3-2, 2012年3月.
 11. 上垣外英剛, 渡辺陽介, 横田治夫, 「Office XML文書の部分木に着目した類似スタイルのファイル検索」DEIM Forum 2012, E11-2, 2012年3月.

特任助教 益井 賢次（認証・ネットワーク分野）

【研究の概要と成果】

多エンティティ時代のオペレーションフローに関する研究

現代の情報基盤システムのオペレーションにおいては、膨大な数の管理対象（エンティティ）が複雑に関係しあう中で、オペレーションコストの増大に追いつけずに管理が疎かになるという問題に陥りがちである。こうした流れは、近年の分散処理技術や計算機資源の仮想化技術の普及に伴い、加速している。大学におけるキャンパスネットワークを含め、大規模・広域に展開される情報基盤システムへの依存度が高まる中で、迅速・正確・柔軟な運用をいかに継続するかが重要となる。

このような要求へのひとつの解として、システム管理者が適切なオペレーションフローを導出するために必要な情報を迅速に提示できる情報ベースシステムのアーキテクチャを研究し、その実装を進めている。当該システムでは、エンティティ情報の網羅性と検索性、そしてエンティティ間の関係を明快かつインタラクティブに確認・操作できることに力点を置いている。本システムの実運用も通じて、様々なオペレーションケースにおいて必要な情報とよりよいオペレーションフローの関係について、検討を行う予定である。

インターネットにおける大規模分散トポロジ検索に関する研究

インターネットの構造を把握することは、単純な記録としてのみならず、今後のネットワーク構成・運用技術ならびにネットワークアプリケーションの自律動作手法の研究・開発という面においても重要である。本研究項目では、インターネットの構造情報としてもっとも基礎的なものである IP トポロジ情報をエンドノードから高速に収集可能なシステムの構築を目指している。具体的には、地理的に分散した複数のホストから宛先ベースのルーティングを前提としたトポロジ情報を収集し、その出現回数や経路の重複から、トポロジ上で各ホストが独立するための分岐点を高速に抽出する手法を提案している。本手法の有効性について、実ネットワーク上での動作実験をもとに検証を進めている。

【発表論文・学会発表等】

T. Omizo, K. Masui, and K. Iida, “Design and Implementation of Inter-ISP Virtual Backbone Infrastructure to Meet Various QoS Requirements,” Proc. Future Internet Engineering (FIE 2011) in Conjunction with 2011 IEEE/IPSJ 11th International Symposium on Applications and the Internet (SAINT), pp. 486-491, Jul. 2011.

特任助教 嶋村 昌義 (認証・ネットワーク分野)

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

【研究の概要と成果】

ネットワークサービス事業者 (InP: Infrastructure Provider) 主導のネットワーク制御がされる一方で、アプリケーションサービス事業者 (SP: Service Provider) が自らネットワーク制御を試みるケースも存在する。そのような SP はエンドユーザに対してサービス品質を向上させることを目的としており、そのために自由度高くネットワークが制御できる方法を求める。一方で、InP は自由にネットワークを制御させることはできない。両者の異なる要求を満足させるためには、新たなネットワークアーキテクチャが求められる。

本研究では、InP と SP の間に仲介者である VNP (Virtual Network Provider) を導入するミドルレイヤ型アーキテクチャを提案する。提案アーキテクチャの利点として、VNP を介して多数存在する SP と InP を連携させることで、SP は自身が制御可能なネットワークを取得でき、InP は物理ネットワークの詳細な情報を秘匿することができる。

今年度の成果として、本プロジェクトの全体像をまとめるホワイトペーパーの作成、各種学会での論文発表、プロトタイプ実装としてのアーキテクチャ開発が挙げられる。

【発表論文・学会発表等】

学術論文誌

- Masayoshi Shimamura, Takeshi Ikenaga, and Masato Tsuru. Splitting TCP connections adaptively inside networks. IEICE Transactions on Communications (Special section on Architectures, Protocols, and Applications for the Future Internet), vol. E95-D, no. 2, February 2012.

国際会議

- Hiroaki Yamanaka, Masayoshi Shimamura, Shuji Ishii, Eiji Kawai, Katsuyoshi Iida, and Masato Tsuru. A new generation network architecture to accommodate virtual network application services. In Proceedings of IEEE Third International Conference on Intelligent Networking and Collaborative Systems (INCoS-2011), November 2011.
- 他 3 件

学会発表

- 嶋村昌義, 山中広明, 飯田勝吉, 石井秀治, 河合栄治, 鶴正人. 多様なサービスプロバイダの収容を可能とするミドルレイヤ型ネットワークアーキテクチャの検討. 電子情報通信学会技術研究報告 (NS2011-192), 第 111 巻 468 号, 75--80 頁, 2012 年 3 月.
- 他 8 件

産学官連携研究員 木村 文一

【研究の概要と成果】

背景及び目的

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

1. 病理画像における色補正および色素量推定に関する研究

染色液の種類や濃度および染色時間などによって生じる色のばらつきは色素量推定の精度にも影響を及ぼす。そのため、これらの色のばらつきの補正は実用的な診断支援技術達成するために必要となってくる。染色条件による色のばらつきを調査するために、ヘマトキシリン・エオジン（HE）染色に使用されるヘマトキシリン溶液とエオジン溶液の異なる種類と濃度系列を作成した。作成された染色系列を用いて染色時間、色だしの時間などを変えて実験を行なった。これら様々な条件によって染色された標本からスペクトルを測定し、色素量推定をおこなうことによって、さまざまな施設における病理組織標本画像の色のばらつきを補正し、実用的な病理画像の特徴量を用いた数量化技術の開発が可能となる。

2. 顕微鏡撮影用グレースケール・カラーチャートスライドガラスの開発検討

これまでに色補正評価などを目的としてカラーチャートスライドが試作されているが、現在までに試作されたカラーチャートスライドは、テープによりスライドガラスに貼り付けたものが使用されている。テープは経時的変化による劣化や光の透過性に問題が残るため、病理で一般的に使用されているカバーガラスを用い、半永久的に保存可能なチャートスライドガラスの開発検討を行った。顕微鏡撮影用チャートスライドを作成することにより、補正パラメータを算出し、病理染色標本画像に対する色補正が可能となる。

3. 画像撮影・解析システムの構築

オリンパス顕微鏡 BX61 に VariSpec 液晶チューナブルフィルタを設置し、画像解析・顕微鏡制御ソフトである LuminaVision にフィルタ制御機能およびマルチバンド撮影画像のタイリングを可能とするための追加プログラムを組み込んだ病理画像撮影・解析システムの構築を行った。この撮影・解析システムを構築することにより約 400–700nm の分光波長での撮影が可能となる。病理顕微鏡画像の様々な特徴量算出のための実験装置として活用予定である。

4. 市販ソフトウェアを用いた画像解析技術の検討

病理画像の特徴量を用いた数量化技術の開発に先立ち、現在市販されている画像解析ソフトの性能や能力を把握することは必要不可欠である。そこで、Image J (ver. 1.43u, National Institute of Health, アメリカ)、LuminaVision (ver. 3.3.3.1, 三谷商事, 日本) および Image-Pro PLUS (ver. 7.0.1, MediaCybernetics, アメリカ) について検討を行った。画像解析用ソフトウェアの解析能力を調査することは、当研究室における新しい画像解析技術を構築する上で有用な情報となる。

5. 核内特徴量の抽出に関する研究

肝臓がんやその他の腫瘍における、細胞周期の各 phase の核内の特徴量（輝度・クロマチン分布面積・円形度、線形度、針状比、辺縁度、不均質度、テクスチャーなど）に違いがあるかどうか検討を行った。細胞周期や腫瘍の状態（組織型・分化度・臨床病理学的因子など）における有用な核の特徴量を特定することにより、病理診断の現場で行われている免疫組織化学的解析のための有用なツールとなることが期待される。

【発表論文・学会発表等】

- 1) 福井 智也, 山口 雅浩, 村上 百合, 木村 文一, 橋口 明典, 坂本 亨宇, 大山 永昭. 病理組織標本のデジタルスライド画像における定量的特徴量の算出. 第 30 回日本医用画像工学会大会 (JAMIT2011) Aug. 2011.
- 2) 石川雅浩、Sercan Taha Ahi、木村文一、山口雅浩、長橋宏、橋口明典、坂本亨宇、「HE 染色肝病理組織標本における方位選択性フィルタを用いた類洞抽出法の提案」、信学技報、MI2011-138、pp. 337-342. Jan. 2012.
- 3) 加藤綾子, 星野唯, 小林直樹, 駒形英樹, 木村文一, 山口雅浩, 阿部時也, 橋口明典, 坂本亨宇. HE 染色肝病理組織画像における脂肪滴抽出法の検討. 画像電子学会研究会. Mar. 2012.
- 4) 福井智也、山口雅浩、村上百合、木村文一、橋口明典、坂本亨宇. デジタルスライドにおける病理組織標本全体の特徴量の視覚化. 日本光学会 (公益財団法人応用物理学会) 情報フォトニクス研究グループ. Mar. 2012.

産学官連携研究員 石川雅浩

病理画像解析のための構造認識の研究

【研究の概要と成果】

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構「がん超早期診断・治療機器の総合研究開発」プロジェクトの一環として、「病理画像等認識基礎技術の研究開発」を行っている。また、本研究は慶應義塾大学病理学教室との共同研究である。

細胞索は一系列の細胞の連なりで構成されているが、がんによって構造異形が進むほど厚さが増大し 2 列になることが知られている。また、肝細胞索が厚いものと薄いものが混在する状況は進行の過程を示す所見である。そこで、肝細胞索構造の形態学的な特徴抽出の一環として索構造に栄養を送るために並走する類洞構造を抽出した。

類洞抽出のために、輝度勾配によって選択的に曇り込みを行うことで境界線を強調する方位選択性フィルタを開発した。方位選択性フィルタを適用した結果を図 1 に示す。良好な効果が得られた部分として濃淡変化が不明瞭になっている類洞の変化を図 2 に示す。原画像では、類洞周辺の細胞質が淡明化しており拡大すると境界が不明瞭となっている。これに対して、方位選択性フィルタを適用した結果では、淡明化した細胞質との境界は周辺の細胞質によってエオジンのピンク色が濃くなり、類洞は内部の分泌液が平滑化作用によって白くなっており、類洞と肝細胞の境界がより明瞭になっていることが確認できる。最終的な類洞抽出結果は、EM アルゴリズムを用いてクラスタリングを行い画像中の白い領域を抽出することで得る。

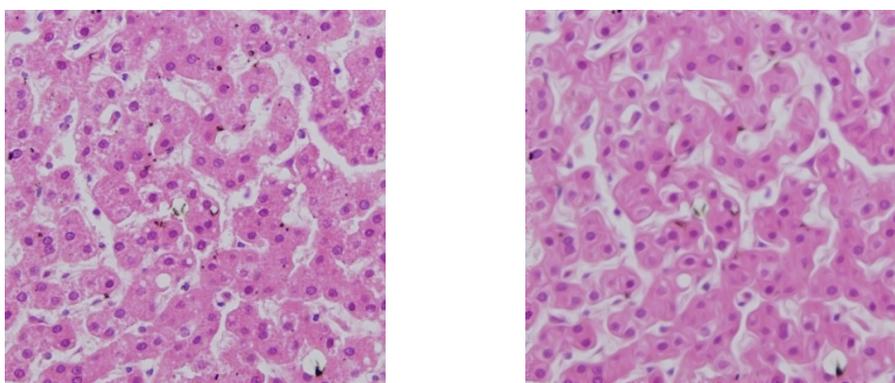


図 1 原画像(左)と方位選択性フィルタ適用結果(右)

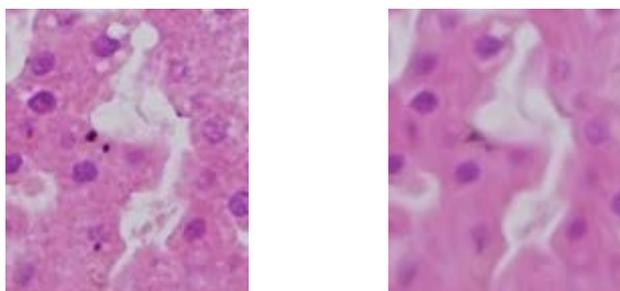


図 2 原画像(左)と方位選択性フィルタ適用結果(右)

本抽出法を適用することで、面積比で感度 81%、特異度 94%という結果が得られた。図 3 に、図 2 に示した原画像と方位選択性フィルタ画像にそれぞれクラスタリングを行い類洞抽出した結果を示す(類洞は白色で表示)。効果が顕著な例として、図 3(左)の赤丸で示した領域では細胞質の淡明化により類洞の連続性が途切れ脂肪滴と繋がっているが、図 3(右)の赤丸で示した領域は方位選択性フィルタにより類洞の連続性が強調され改善されていることが確認できる。また、方位選択性フィルタを適用することで類洞の境界部分において連続的で滑らかな結果が得られる効果が確認された。

研究開発成果により、肝病理画像構造認識のための基礎技術となる類洞抽出が可能となった。病理画像の構造認識は、臨床における定性的・定量的評価に非常に有効な情報である。今後は、肝病理組織画像特有の線維、門脈、動脈などの構造認識を目指す。



図 3 原画像(左)と方位選択性フィルタ(右)の類洞抽出結果

【発表論文・学会発表等】

1) 石川雅浩、Sercan Taha Ahi、木村文一、山口雅浩、長橋宏、橋口明典、坂元亨宇、「HE 染色肝病理組織標本における方位選択性フィルタを用いた類洞抽出法の提案」、信学技報、MI2011-138、pp. 337-342

**Quantitative Analysis of Hepatocellular Carcinoma Using Tamura Textural Features
【Research Summary and Results】**

In this project, we would like to provide pathologists with tools that will enable them to conduct numerical analyses on images of pathological specimens, and that will help them in their decision making process.

One of the approaches that we followed was conducting textural analysis on tissue images. Textural features are important characteristics of images that can be used to describe and discriminate different scenes. Therefore, extracting textural features from tissue images could be an important step towards quantitative assessment of pathological samples.

We computed two Tamura textural features, namely coarseness and contrast. Different than filter-bank responses and local binary patterns, Tamura textural features are intuitive, and computed feature values are easy to interpret. Displaying images of pathological tissues along with the local Tamura features (see Figure-1) present an effective means to convey a specific set of characteristics of tissues.

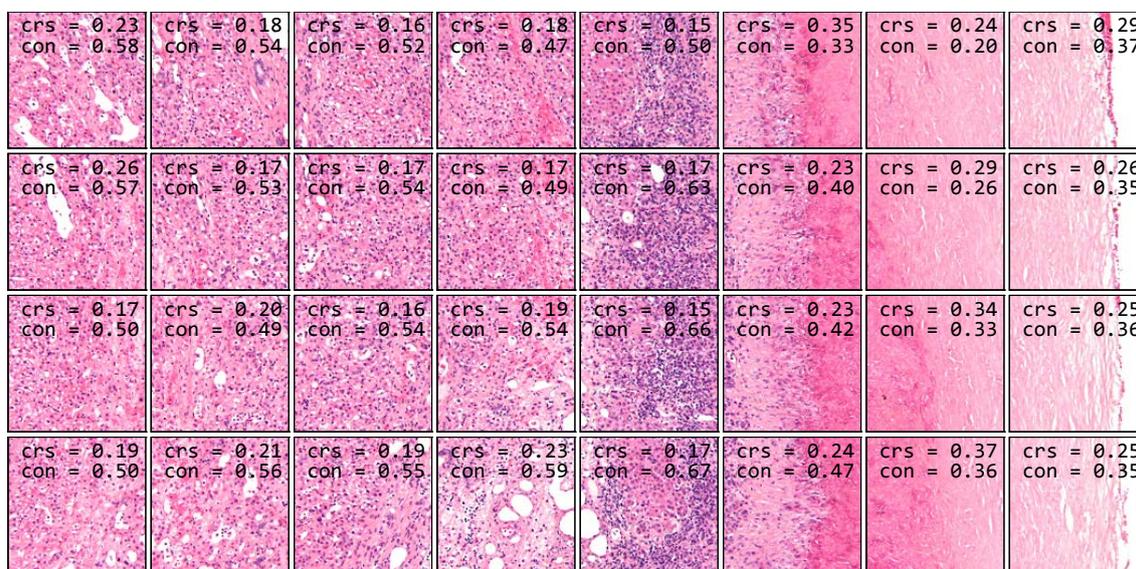


Figure-1: An H&E stained liver tissue sample showing different textural properties.

【Publications and Presentations】

- 1) 石川雅浩、Sercan Taha Ahi 、木村文一、山口雅浩、長橋宏、橋口明典、坂元亨宇、「HE染色肝病理組織標本における方位選択性フィルタを用いた類洞抽出法の提案」、信学技報、MI2011-138、pp. 337-342

客員教授 直井 聡

テロップとWeb情報を用いたTV映像コンテンツからの語学会話シーン検索

【研究の概要と成果】

Wimax, LTE, LTE-A など高速な無線環境が整いつつあり、PC からスマートフォンに至るまで様々な端末で映像コンテンツを活用する時代を迎えている。映像コンテンツの検索方法として、テロップなどの文字情報検索、ナレーター等の音声情報検索、人物や建造物等の画像検索が考えられる。本研究では、情報抽出精度の観点から比較的に検索精度が期待できる文字情報（テロップ）の活用に焦点をあて、その応用として“TV映像コンテンツからの語学会話シーン検索”の研究を推進している。語学会話シーン検索に焦点をあてたのは、デジタル教材による語学学習支援の要求が高まり、「このフレーズが使われている会話シーンだけ見たい」、「このフレーズについての解説をもう一度聞きたい」というニーズがあると考えた。

これまで、経験則に基づく検出ルールを用い、語学映像からテロップの出現時間やシーン内のテロップ出現数の特徴に着目して会話シーンと解説シーンを識別する手法を考案した。検出ルールの一例として「テロップが何も表示されない期間がT秒間続いた場合はシーンの切れ目とみなす」などがあるが、ルール内には閾値パラメータが含まれているため、ルールを適用する際には、番組の種類ごとにパラメータチューニングしなければならないという問題点があった。

そこで、今年度は、機械学習を用いた動画メタデータ生成の手法を提案した [1]。学習用のトレーニングデータとして、動画内のテロップを人手でクラス分けしたものを作成し、機械学習手法を適用してテロップ用のクラス分類器を生成する。同一番組の未知の動画データが与えられた際には、動画の各テロップに対して、クラス分類器がそのテロップのクラス推定を行う。また、機械学習のための特徴量として、これまでのテロップ出現時間の情報だけでなく、テロップの色や表示位置、前後関係等も新たに考慮した。複数種類の語学番組の動画データを実験データとして、提案手法のテロップのシーン区切りや会話・解説シーンのクラス推定精度の評価を行った。実験により、一部のテストデータで、シーンの区切りには、時間特徴が有効であること、会話シーン検出では、時間特徴が有効な動画と全ての特徴が有効な場合があること、解説シーン検出では、色や表示位置・大きさが重要であることなどがわかった。今回の結果をもとに今後はテストデータを増加しさらなる評価・改善が必要であるが、テロップを用いたメタデータ付与に機械学習を適用する手法を開発したことにより、従来のルールに基づく手法よりも拡張がしやすく、より多くの特徴量を扱えるようになった。

今後の研究の方向性については、大量のマルチメディアデータがクラウド上に収集・知的利用される時代が想定されるので、クラウド環境でのクラウド間のマルチメディアデータ高速検索技術の検討を行っていく。

【発表論文・学会発表等】

- 1) 渡辺陽介, 勝山裕, 直井聡, 横田治夫 ; 「機械学習を用いたテロップ表示意図推定による動画メタデータ生成手法」 電子情報通信学会 PRMU 技術研究報告, Vol. 111, No. 76, pp. 131-136, 2011. 6.

客員准教授 門林 雄基

学術情報ネットワーク基盤と国際標準に関する研究

【研究の概要と成果】

学術情報ネットワーク基盤は国際的な研究ネットワークへの接続性を提供すると同時に、国際的な標準化動向や技術動向に対応した技術的先進性を提供することが求められていると考える。本年度は、以下で詳細に述べるように、IPv6 移行技術、認証基盤、クラウド技術などについて国際標準およびそのベストプラクティスが大きく前進したと言える。今後、学術情報ネットワーク基盤においてもこれらの国際的な標準化動向や技術動向にあわせた技術検証やインフラストラクチャの刷新に取り組んで行くことが求められると考える。

IPv6 への移行に関する国際標準：IPv4 アドレスが 2011 年 2 月 3 日に枯渇したことをふまえ、IETF を中心として IPv4 から IPv6 への移行技術に関する実務的検討が進んでいる。具体的には、IPv4 バックボーン上で IPv6 サービスを展開する 6rd (RFC5969)、IPv6 バックボーン上で IPv4 ホストを収容する DS-Lite (RFC6333)、IPv6 クライアントから IPv4 サーバにアクセスするための Stateful NAT64 (RFC6146) および DNS64 (RFC6147) である。WIDE プロジェクトではこれらの IPv6 移行技術について 2011 年 9 月、2012 年 3 月に集中的な技術検証をおこなっている。今後、このような技術検証の結果をふまえ、国際的な研究ネットワークの IPv6 への移行にあわせた学内ネットワークの移行支援が求められると考える。

認証基盤に関する国際標準：開放型のアイデンティティ管理に関する標準化は Kantara Initiative, OASIS, OpenID Foundation において進められており、その成果が ITU-T スタディグループ 17 において国際標準化されている。アイデンティティ管理フレームワークは X.1251 で定義されており、またアイデンティティ管理に関する用語は X.1252 において定義されている。本年度は、アイデンティティの本人確認に関する標準 ITU-T X.1254 (ISO/IEC 29115) に関して大きな進展がみられた。X.1254 では多要素認証の有無、本人確認の有無、耐タンパ型のハードウェア認証子の有無などによる 4 つの本人確認レベルを定め、認証システムのそれぞれの用途に応じて適切なレベルの認証を行うべきであるとしている。今後、学術情報システムの認証基盤においてもこれらの標準に対応すべきである。

クラウドを用いた情報システムの減災技術：昨年 3 月の大震災以降、急激な情報ニーズの高まりにあわせたインフラ増強、電力削減ニーズにあわせたインフラ移転などを可能とする技術としてクラウドの有用性が実証された。WIDE プロジェクトでは東京大学、慶応義塾大学などから奈良先端科学技術大学院大学、北陸先端科学技術大学院大学へ仮想マシンを

移送し、物理サーバ数を削減することで電力消費を削減できることを示した。また文部科学省など幾つかの震災情報発信サイトの負荷分散をクラウド上の仮想マシンで受け持つことで、急激な情報配信ニーズに対応することができた。

今後も予想される自然災害や節電要請に備えて、学術情報基盤へのダメージを最小限度にとどめるためのクラウド技術の利活用に関して具体的検討を行うべきであると考える。

【発表論文・学会発表等】

Gregory Blanc and Youki Kadobayashi. A Step Towards Static Script Malware Abstraction: Rewriting Obfuscated Script with Maude. IEICE Transactions on Information and Systems, Vol. E94-D, No. 11, pp. 2159-2166, November 2011.

Gregory Blanc, Daisuke Miyamoto, Mitsuaki Akiyama, and Youki Kadobayashi. Characterizing Obfuscated JavaScript using Abstract Syntax Trees: Experimenting with Malicious Scripts. In Proceedings of the 2012 IEEE Workshops of International Conference on Advanced Information Networking and Applications (WAINA 2012), March 2012.

Takeshi Takahashi, Youki Kadobayashi, and Koji Nakao. Toward Global Cybersecurity Collaboration: Cybersecurity Operation Activity Model. In ITU Kaleidoscope 2011 Poster session, December 2011.

Doudou Fall, Gregory Blanc, Takeshi Okuda, Youki Kadobayashi, and Suguru Yamaguchi. Toward Quantified Risk-Adaptive Access Control for Multi-tenant Cloud Computing. In Proceedings of the 6th Joint Workshop on Information Security (JWIS2011), October 2011.

7-2 先端研究部門

教授 青木 尊之（先端研究部門高性能計算先端応用分野）

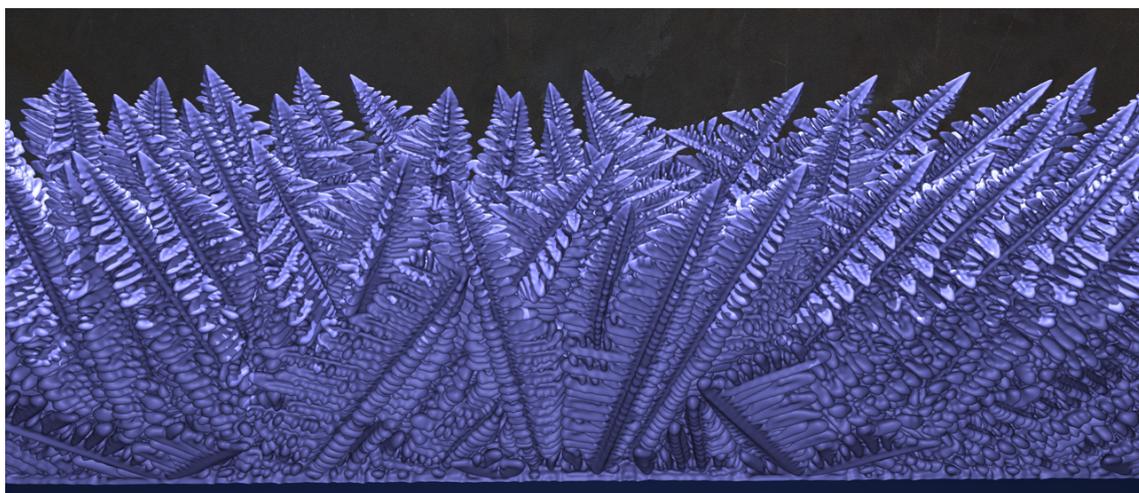
【研究の概要と成果】

ペタスケール樹枝状凝固シミュレーション

金属材料の機械的強度や特性はミクロの組織的構造に基づくため、より高性能（例えば軽量・高強度）な材料を得るためにはミクロなダイナミクス の 解明が必要である。近年、材料の相転移や相分離などの解明に非平衡統計力学から導出されるフェーズフィールド・モデルが注目されているが、複雑な非線形項を多く含むため 1 格子点あたりの演算量が多く、CPU では殆どの場合が 2 次元計算までしか行われていない。Al-Si 二元合金の樹枝状凝固成長に対し、界面エネルギーの異方性を考慮した Allen-Cahn 方程式と溶質濃度の時間発展方程式を解く。3 次元直交格子上で 2 次精度有限差分法により離散化し、1 次精度の陽的時間積分（オイラー法）を行った。

大規模な凝固計算を行うために、複数の GPU を用いて GPU 単位での領域分割法による並列化を行う。各 GPU が分割された領域の計算を担当し、複数 CPU で計算する場合と同じく隣接する GPU 間で境界領域のデータを交換する。GPU の場合はノードを超えて他の GPU のオンボードメモリ上のデータに直接アクセスすることができないため、GPU 間のデータ転送はホスト CPU のメモリを経由した通信となる。各 GPU が担当する計算領域を境界領域と中心領域に分割し、境界領域を CPU で計算させ中心領域を GPU で計算させることで通信時間のさらなる隠蔽を実現した。

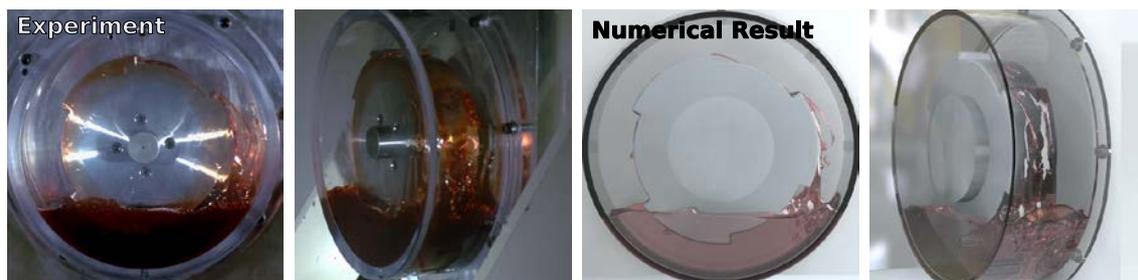
TSUBAME 2.0 の 4000GPU を利用して $4096 \times 6500 \times 10400$ 格子での計算を行い、単精度で 2.0000045 PFLOPS を達成した。実用的な格子計算のアプリケーションとして世界で初めてペタスケールを超え、この成果に対してゴードンベル賞の本賞（The Gordon Bell Prize Special Achievements in Scalability and Time-to-Solution）を受賞することができた。



TSUBAME2.0 で計算し 2.0PFLOPS を達成した Al-Si 合金の樹枝状凝固成長シミュレーション

回転体により駆動される気液二相流の高解像度シミュレーション

回転体により駆動される気液二相流は潤滑や冷却を目的として工業機器・製品でよく用いられており、近年の環境意識の高まりからこれらの機器の高効率化が強く望まれている。回転体に駆動される気液二相流は気液界面が大きく変形しながら分裂・合体を繰り返し、液相の分布は時々刻々複雑に変化する。大規模数値シミュレーションを行うために、回転する円筒座標系上で記述された非圧縮 Navier-Stokes 方程式を支配方程式とし、回転運動に特有のコリオリ力と遠心力も考慮している。気液二相流を気相・液相で物性値を切り替える一流体モデルで表現し、非圧縮条件を満足させるために圧力 Poisson 方程式を解く。気液相の密度比が約 1:1000 にも達するため安定で高速な行列ソルバーで計算する必要があり、MG-BiCGStab 法を用いた。気液界面追跡法には Coupled Level Set and Volume of Fluid (CLSVOF) 法を用い、気液界面を有限な幅を持ったモデルで表現している。TSUBAME2.0 上で 128 CPU コアを用いて回転体に駆動される気液二相流の計算を実施し、気液界面形状を実験(日産自動車(株))と比較することで実験を良く再現できていることが確認できた。



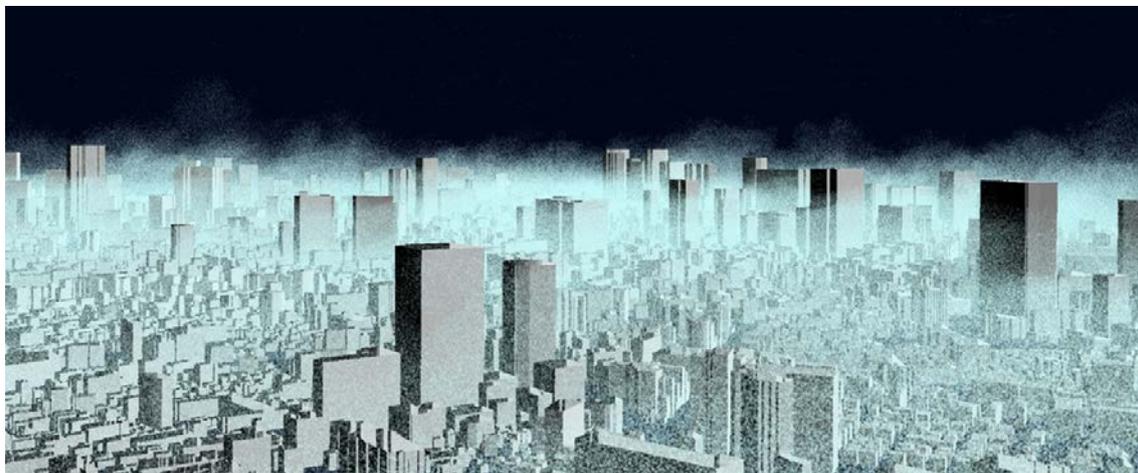
回転体に駆動される気液二相流の実験と計算での気液界面形状の比較

攪拌抵抗についても圧力とせん断応力の時間変動を調べた。回転体の歯面がオイルに突入する際に、歯面に大きな圧力がかかるため圧力起因の攪拌抵抗がピークを迎える一方、せん断応力起因の攪拌抵抗は比較の変動が小さいことが明らかになった。

格子ボルツマン法による都市大気シミュレーション

格子ボルツマン法は流体の巨視的な Navier-Stokes 方程式を解くのではなく、速度分布関数を位相空間で解く手法である。速度空間の自由度を非常に限定し、1 時間ステップ当たりの速度分布関数の移動距離が空間格子間隔と一致するように選ぶことで、移流計算の位相誤差を含まない計算手法となっている。また、非圧縮性流体に対して Poisson 方程式を解かずに陽的時間積分を行う。使用するメモリ量は多いが計算アルゴリズムが単純なため GPU 計算に適しており、これまでに多くの計算例が報告されている。我々は格子ボルツマン法を都市の大気の計算に適用するため、高精度な LES (Large-Eddy Simulation) のモデルを導入し、実際の港区のエリアを 2 メートル間隔の空間格子を用いて TSUBAME の数 100 GPU を用いて計算を行った。建物一つ一つまで忠実に計算に取り込み、6km×6km の範囲の都市

空間の気流を詳細に計算し、高層ビル背後の乱流が隣接するビルと干渉する様子が良く再現できた。TSUBAME での計算は領域分割によるマルチ GPU 計算を行い、隣接 GPU との通信と計算のオーバーラップ手法を導入し、通信時間の隠蔽を行っている。



3069×5760×200 格子 (2m 間隔) を用いた格子ボルツマン法による都市気流計算

【発表論文・学会発表等】

- 1) T. Shimokawabe, T. Aoki, J. Ishida, K. Kawano, C. Muroi: 145 TFlops Performance on 3990 GPUs of TSUBAME 2.0 Supercomputer for an Operational Weather Prediction, First International Workshop on Advances in High-Performance Computational Earth Sciences: Applications and Frameworks (IHPCES), Singapore Jun 2011.
- 2) T. Shimokawabe, T. Aoki, T. Takaki, A. Yamanaka, A. Nukada, T. Endo, N., Maruyama, S. Matsuoka: Peta-scale Phase-Field Simulation for Dendritic Solidification on the TSUBAME 2.0 Supercomputer, in Proceedings of the 2011 ACM/IEEE International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis, SC' 11, IEEE Computer Society, Seattle, WA, USA, Nov. 15, 2011, SC' 11 Technical Papers
- 3) 下川辺 隆史, 青木 尊之, 石田 純一, 河野 耕平, 室井 ちあし: メソスケール気象モデル ASUCA の TSUBAME 2.0 での実行, 日本流体力学会雑誌「ながれ」, Vol. 30, pp. 75-78 (2011年4月) [解説]
- 4) A. Yamanaka, T. Aoki, S. Ogawa, T. Takaki: GPU-accelerated phase-field simulation of dendritic solidification in a binary alloy, Journal of Crystal Growth, Vol. 318, 2011/03, pp. 40-45.
- 5) T. Miki, X. Wang, T. Aoki, Y. Imai, T. Ishikawa, K. Takase and T. Yamaguchi: Patient-specific modelling of pulmonary airflow using GPU cluster for the application in medical practice, Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering, DOI:10.1080/10255842.2011.560842, online: 02 Aug 2011
- 6) 青木尊之: 「新用語解説」GPU コンピューティング, 日本気象学会誌「天気」, 2011年7月号, P. 83-85 [解説記事]
- 7) 黒木 雅広, 青木 尊之, 小野寺 直幸: GPGPU によるマルチモーメント法の圧縮性流体計算, 第 16 回計算工学講演会, 日本計算工学会, CD-ROM, 東大柏キャンパス, 2011年5月25日
- 8) アルセアクニャ マルロン, 青木 尊之: Mesh Refinement for Real-Time Tsunami Simulation, 第 16 回計算工学講演会, 日本計算工学会, CD-ROM, 東大柏キャンパス,

2011年5月25日

- 9) 杉原 健太, 青木 尊之, 黒木 雅広: GPU による二相流シミュレーションの開発 II, 第 16 回計算工学講演会, 日本計算工学会, CD-ROM, 東大柏キャンパス, 2011年5月25日
- 10) 小野寺 直幸, 青木 尊之: 複数 GPU を用いた複雑物体周りのラージエディ・シミュレーション, 第 16 回計算工学講演会, 日本計算工学会, CD-ROM, 東大柏キャンパス, 2011年5月25日
- 11) Takashi SHIMOKAWABE, Takayuki AOKI, Tomohiro TAKAKI, Akinori YAMANAKA: Multi-GPU Computing of Ultra Large Scale Phase-Field Simulation, 第 16 回計算工学講演会, 日本計算工学会, CD-ROM, 東大柏キャンパス, 2011年5月25日
- 12) 丹 愛彦, 青木 尊之, 井上 景介, 吉谷清: 回転体に駆動される気液二相流の数値計算, 第 16 回計算工学講演会, 日本計算工学会, CD-ROM, 東大柏キャンパス, 2011年5月25日
- 13) Naoyuki Onodera, Takayuki Aoki, Hiromichi Kobayashi: Large-eddy simulation of turbulent channel flows with conservative IDO scheme, *Journal of Computational Physics*, Volume 230, Issue 14, 20 June 2011, Pages 5787-5805 (2011)
- 14) 丹愛彦, 青木尊之, 井上景介, 吉谷清文: 回転体に駆動される気液二相流の数値計算, 日本機械学会論文集 B 編, Vol. 77, No. 781, 1699-1714, (2011)
- 15) Wang Xian and Aoki Takayuki: Multi-GPU performance of incompressible flow computation by lattice Boltzmann method on GPU cluster, *Parallel Computing*, pp. 521-535, September 2011, doi:10.1016/j.parco.2011.02.007
- 16) 青木尊之: GPU コンピューティング, 日本気象学会誌「天気」, 新用語解説, Vol. 58, No. 7, pp. 657-660, 2011年7月
- 17) 青木尊之, 下川辺隆史: GPU スパコンを用いた大規模数値シミュレーション, 日本シミュレーション学会誌「シミュレーション」, Vol. 30, No. 3, ISSN 0285-9947, pp. 163-172, 2011年9月
- 18) Takayuki AOKI, Satoi OGAWA and Akinori YAMANAKA: Multiple-GPU Scalability of Phase-Field Simulation for Dendritic Solidification, *Progress in Nuclear Science and Technology*, Vol. 2, pp. 639-642, October 2011.
- 19) Marlon Arce Acuna, Takayuki Aoki: Large-Scale GPU Tsunami Simulation on a Multi-Level Mesh, *International RIAM Symposium on Analysis on marine renewable energy dynamics and marine environment dynamics*, Kyushu University, Fukuoka, December 17, 2011
- 20) 青木尊之: GPGPU, シミュレーション辞典, 日本シミュレーション学会編, コロナ社, pp. 367, ISBN978-4-339-02458-6 (2012)
- 21) 岡元太郎, 竹中博士, 中村武史, 小林直樹, 青木尊之: フルGPU計算による地震波伝播シミュレーション, 口頭発表, GTC Workshop Japan 2011, 東京・六本木, 2011年7月22日
- 22) 小野寺直幸, 吉田啓之, 高瀬和之, 青木尊之: 複数GPUを用いた複雑物体周りの乱流のラージエディ・シミュレーション解析, ポスター発表, GTC Workshop Japan 2011, 東京・六本木, 2011年7月22日
- 23) Xian Wang, Takayuki Aoki, Satori Tsuzuki: Numerical Simulation on the Air Flow in an Urban City by Lattice Boltzmann Method using Multi-Node GPU Cluster, ポスター発表, GTC Workshop Japan 2011, 東京・六本木, 2011年7月22日
- 24) Takashi Shimokawabe, Takayuki Aoki, Tomohiro Takaki, and Akinori Yamanaka: Multi-GPU Computing of Large Scale Phase-Field Simulation for Dendritic Solidification on TSUBAME 2.0, ポスター発表, GTC Workshop Japan 2011, 東京・六本木, 2011年7月22日
- 25) 都築怜理, 青木尊之, 王嫻: 複数 GPU を利用した大規模パッシブ・スカラー粒子計算の

- 高速化, 日本流体力学会, 第 25 回数値流体シンポジウム, 講演予稿集 (電子媒体), 大阪, 2010 年 12 月 21 日
- 26) 黒木雅広, 青木尊之: GPU コンピューティングによるマルチモーメント法に基づいた大規模爆風シミュレーション, 日本流体力学会, 第 25 回数値流体シンポジウム, 講演予稿集 (電子媒体), 大阪, 2010 年 12 月 21 日
 - 27) 孫 亮, 青木尊之: Coupled Lattice BGK モデルにより熱流体シミュレーションの GPU 加速化, 日本流体力学会, 第 25 回数値流体シンポジウム, 講演予稿集 (電子媒体), 大阪, 2010 年 12 月 21 日
 - 28) Taro Okamoto, Hiroshi Takenaka, Tatsuhiko Hara, Takeshi Nakamura, and Takayuki Aoki: Rupture Process And Waveform Modeling of The 2011 Tohoku-Oki, Magnitude-9 Earthquake, Abstract U51B-0038 presented at 2011 Fall Meeting, AGU, San Francisco, Calif., 5-9 Dec.
 - 29) Taro Okamoto, Hiroshi Takenaka, Takeshi Nakamura, and Takayuki Aoki: GPU-Accelerated Simulation of Seismic Wave Propagation, in GPU Solutions to Multi-scale Problems in Science and Engineering, Yuen, D.; Wang, J.; Johnsson, L.; Chi, C.-H.; Shi, Y. (Eds.), p.250, Springer, due February 29, 2012. (ISBN 978-3-642-16404-0)
 - 30) 青木尊之: 水と空気が激しく混じり合う流れのシミュレーション, 油空圧技術, Vol. 51, No. 3, 日本工業出版, pp.7-13, 2012 年 3 月, ISSN0914-6253
 - 31) 都築怜理, 青木尊之, 下川辺隆史, 王嫻: 複数ノードの GPU による大規模パッシブ・スカラー粒子計算の強スケールリングと動的負荷分散, 第 133 回 HPC 研究会@有馬ビューホテルうらら, 情報処理学会・HPC 研究会, 有馬温泉, 2012 年 3 月 27 日.
 - 32) 青木尊之: Large-scale Stencil Applications on GPU-rich Supercomputer TSUBAME2.0, The annual IEEE International Conference on High Performance Computing (HiPC 2011), Bangalore, India, December 21, 2011. [基調講演]
 - 33) 青木尊之: A 2-Petaflops Stencil Application on GPU-rich Supercomputer TSUBAME 2.0, GTC Asia 2011, Beijing, China, 2011 年 12 月 15 日. [招待講演]
 - 34) 青木尊之: GPU-based operational Weather Model with Horizontal 500m resolution, GTC Asia 2011, Beijing, China, 2011 年 12 月 15 日. [招待講演]
 - 35) 青木尊之: Large-scale CFD applications on GPU-rich supercomputer TSUBAME2.0, Accelerated Computing Workshop at OzViz 2011, Sydney, Australia, 2011 年 11 月 23 日. [基調講演]
 - 36) 青木尊之: A 2-Petaflops Stencil Application on SL390/GPU-based TSUBAME 2.0, HP-CAST 17, Seattle, 2011 年 11 月 12 日. [基調講演]
 - 37) 青木尊之: Large-scale GPU Applications on TSUBAME 2.0 SL390 Platform, HP-CAST Taiwan 2011, Taipei, Taiwan, 2011 年 9 月 23 日. [基調講演]
 - 38) 青木尊之: GPU-based operational atmosphere model JMA-ASUCA with horizontal 500m resolution, Computing in Atmospheric Sciences 2011 (CAS2K11), Annecy, France, 2011 年 9 月 13 日. [招待講演]
 - 39) 青木尊之: Peta-FLOPS Simulation for Metal Dendritic Solidification on TSUBAME 4,000 GPUs, International Workshop of GPU Solutions to Multiscale Problems in Science and Engineering (GPU-SMP' 2011), LanZhon, China, 2011 年 7 月 19 日. [基調講演]
 - 40) 青木尊之: GPU Powered Supercomputer TSUBAME 2.0, Joint Int'l Workhop on HPC for Natural Disaster Simulation and GPU Computing, Bangkok, 2011 年 6 月 27 日. [基調講演]
 - 41) 青木尊之: Large scale GPU computing for CFD applications, 23th International Conference on Parallel Computational Fluid Dynamics (ParCFD 2011), Barcelona, May

- 17, 2011. [基調講演]
- 42) 青木尊之: GPGPU - Desktop Supercompute Recipient of Gordon Bell Prize 2011, GPGPU Programming Workshop, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand, January 13, 2012. [基調講演]
- 43) 青木尊之: グリーンスパコン Tsubame 2.0 における大規模アプリケーション, 北大・東工大・国立情報学研究所連携「グリーンスパコン・クラウド連携シンポジウム」, 北大, 2012年3月26日. [招待講演]
- 44) 青木尊之: GPU スパコン Tsubame2.0 における大規模流体計算と実行性能, 京都大学・学術情報メディアセンターセミナー「GPU コンピューティングと流体力学」, 京都大学, 2012年3月27日. [招待講演]

教授 松岡 聡 (高性能計算システム分野)

ULP-HPC: 次世代テクノロジーのモデル化・最適化による超低消費電力ハイパフォーマンスコンピューティング

【研究の概要と成果】

2007年度より、大規模計算機システムにおけるアクセラレータ利用技術を含むソフトウェアによる超低消費電力化の研究を推進している。本年度は東工大 TSUBAME2.0 スパコンにおけるピークシフト運用と電力可視化の実現、ペタスケールシミュレーションによる ACM Gordon Bell 賞の受賞(共同研究)、多数アクセラレータにおける数値演算アルゴリズムの改良等数多くの成果をあげた。

- 東日本大震災に伴う原発事故の影響で、全国的な電力供給危機が発生した。その情勢に対応するため、TSUBAME2.0 はすでに運用スパコン省電力世界一となっていたが、さらに消費電力を削減する必要が生じた。そこで本センターの概算要求「スパコン・クラウド情報基盤におけるウルトラグリーン化技術の研究推進」と ULP-HPC プロジェクトの文脈において、NEC らベンダー共同体などとの協働により、ピークシフト運用の実現を行った。具体的には平日昼間はシステムの 70%、夜間・週末には 100%稼働へと自動変更する方式を開発し、四月中旬から九月下旬にかけて運用し、ほぼ全期間において昼間電力を今回の目標値の 787kW 以下に抑えることに成功した。
- TSUBAME2.0 の全体電力をリアルタイムに把握するため、分電盤の電力を分のオーダーでグラフィカルに確認可能なモニタリングシステムを開発し、web 公開した。本ツールは運用の意思決定や大規模ジョブの電力測定に活用され、ペタフロップス級のスパコンとしては世界的に稀有な「電力の見える化」を実現したスパコンとなった。
- 上記の TSUBAME2.0 電力モニタリングシステムを用い、大規模実アプリケーションである 4000GPU を用いたデンドライト凝固シミュレーション(GSIC 青木らと共同研究)、冠動脈血流シミュレーション (イタリア IAC-CNR Massimo らと共同研究)などの実行中電力を測定した (両者とも本センターのグランドチャレンジ制度による)。前者は、2.0PFlops のペタスケールの演算性能および 1.47GFlops/Watt という優れた電力性能効率を記録し、2011年度の ACM Gordon Bell 賞 Special Achievement award を受賞した。後者の血流シミュレーションも、Gordon Bell 賞 Honorable Mention を受賞した。
- アクセラレータ上の高性能省電力ソフトウェアの研究を以下のように行った。かねてより開発している FFT ライブラリについて、複数 GPU への対応を行った。この対応は 3D-RISM 等の実アプリで活用する上で重要である。ソフトウェアパイプラインング手法などにより、4 NVIDIA GPU を搭載するシングルノードでは約 1.8 倍、32 ノードシステムでは約 5 倍の性能向上率(strong scaling)を実現した。FFT 以外にも、GPU 上における大規模ステンシル演算、有限要素法、Fast multipole method、グラフ解析

の各種最適化技術を提案評価し、良好なスケーラビリティを確認した。

- 上記「ウルトラグリーン」概算要求の文脈で、スパコンインフラの冷却電力を大幅に削減するための実証実験を行っている。油浸冷却技術に注目し、米国 Green Revolution Cooling 社と連携し、油浸冷却システムのプロトタイプを導入した。冷媒油に直接計算機を浸すために、プロセッサチップの温度を通常の空冷方式よりも低温に保つことができるなどの理由により、計算機電力を 15—20%削減できることを観測した。

ポストペタスケールコンピューティングのためのアクセラレータ技術に関する研究

【研究の概要と成果】

GPU によるマルチ・ペタフロップスシステムにおいても強スケーリングを達成するために、大規模マルチ GPU システムにおける耐故障技術の研究を行った。多階層フォールトトレラントインタフェース (FTI) およびそこにおける性能・信頼性モデルを開発し、地震波シミュレーションアプリケーション SPECFEM3D において 1,000 以上の GPU を用いた高信頼実行を 8%のオーバーヘッドで実現できることを示した。これは、チェックポイント作成コストと得られる耐故障性が違う複数のチェックポイント手法を性能・信頼性モデルを用いて組み合わせることで、低コストで適切な粒度のチェックポイントを取得できるようになった点に拠るところが大きい。また、本研究で用いた抹消符号による符号化をクラウド上の分散ファイルシステムに適用することで通信を削減し、CM1 大気モデルのシミュレーションで 30%の性能向上を得ることができた。

また、GPU におけるチェックポイント機構として NVCR を開発し、従来手法において取得が困難であった GPU のシステムレベルの状態を保存・再現することに成功した。このことにより、CUDA で記述されたプログラムはもとより、ソースコードを入手できない既存ライブラリを用いた GPU アプリケーションにおいてもシステムレベルチェックポイントングが実現できるようになった。

G8 多国間国際研究協力事業 ECS: 超大規模並列スケールにおける気候シミュレーション

【研究の概要と成果】

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

構築を目指す。

本年度は、海洋研および理研・計算科学研究機構、およびそこが主催する別な G8 プロジェクトである ICOMEX の協力を得て、最新の気候シミュレーションプログラムである NICAM の TSUBAME への移植を行い、その性能解析を経た上で性能モデルを構築し、その知見を元に TSUBAME 上の GPU への有効なハイブリッド計算への移植を行って、ノード内のメニーコアプロセッサによる速度向上の解析を詳細に遂行した。特に、性能モデルを元に気候計算のループ内の大ステップを GPU 化することが有効であることを確認し、それを遂行した。特に、NICAM 等の気候計算はほとんどの場合メモリバンド幅律速となり、CPU においても TSUBAME においては 12 コア中 5 コアの利用が最適であった。一方、ステップ内のルーチンのうち、カーネル計算部分である gradient, vorticity, divergence の計算部分の計算負荷はほぼ同一であり、計算も似ているため、GPU へデータを転送後、それぞれを適用することでメニーコア化が有効であることが判明した。これらを元に、これらのカーネルの CUDA 化を行い、TSUBAME の GPU で実行したところ、メモリバンド幅の差の理論値である約 6 倍の性能差を観測できた。これによってメニーコアの並列化が有効であることが確認された。

10億並列・エクサスケールスーパーコンピュータの耐故障性基盤

【研究の概要と成果】

スパコンに搭載される機器の増大・複雑化により、障害発生率が増加し、システムが実質的に動作しなくなると危惧されており、エクサスケールスパコンでは、既存の技術だけでは課題が残る。このため、初年度は、エクサスケール・アプリケーションに適した耐障害手法の億単位のスレッド時の定量的性質を明らかにすることを目的として研究に従事した。実際、我々は (1) 細粒度超並列プロセッサへの適用：「リプレイ手法」により、世界初の複数 GPU かつ複数ノードでの安定したチェックポイントに成功した。(2) SSD を用いた高速チェックポイント：またチェックポイントデータのリード・ソロモン符号化と TSUBAME2.0 に搭載された SSD を活用することにより、スケーラブルなチェックポイントと実現した。(3) 高信頼ストレージへのチェックポイント：さらに、RDMA を利用し、より少ないオーバーヘッドでチェックポイントを最も信頼性の高い並列共有ファイルシステムへ書き込みを実現した。(4) 高い可用性と生産性：このような、耐故障アルゴリズムの実装は、一般ユーザに対して困難であるが、アルゴリズム部をコンポーネント化しフレームワークとして提供することにより、高い生産性と信頼性を両立させた。特に、(2)では、採択率 20%と大変選別の厳しい学会である SC11 において、ベストペーパー賞に相当する Special Recognition Award for Perfect Score および 日本から発となる George Michael 博士フェローシップ Honorable Mention (奨励賞)を受賞した。前者は 4名の査読者全員が満点を与えたことに対して “特別に” 設けられた賞である。

スーパーコンピュータ・クラウド連携による e-サイエンス実現のための研究開発

【研究の概要と成果】

スーパーコンピュータ TSUBAME2.0 とクラウド資源を連携し、大規模データ処理の実行支援を行う学術クラウド実現のための次の3点の基礎技術の研究開発を行った。(1) クラウドと TSUBAME2.0 間データ共有環境の整備、(2) スパコン上での大規模データ解析技術の研究開発、(3) クラウドとスパコン間ジョブ共有に向けた研究開発。(1)については、e-サイエンス RENKEI プロジェクトで配備した RENKEI-PoP ストレージサーバにより構成された広域クラウドストレージと TSUBAME2.0 間でデータ共有するためのシステムアーキテクチャの研究を行い、**gfarm** を用いた共有手法を試験的配備した。(2)については、MapReduce 処理系のひとつである Hadoop の TSUBAME2.0 対応版「Tsudoop」を機能拡張し性能改善を行い、また、並列ワークフローツールである GXP の TSUBAME2.0 への配備を行い、Lustre、GPFS の性能調査を行った。(3)については、RENKEI プロジェクトと連携し、広域環境での VM 配備を行うシステム RENKEI-VPE を開発し、RENKEI-PoP 上に配備し、RENKEI-VPE 上でグリッドワークフローツールを実行し TSUBAME2.0 へのジョブ投入を実証した。

研究コミュニティ形成のための資源連携技術に関する研究（実証評価・ユーザ連携）

【研究の概要と成果】

RENKEI-PoP として定義したストレージサーバを他大学基盤センター群に配備を行ってきたが、今年度はさらに北海道大学にも配備し、計 10 拠点への配備を行った。これら拠点間で、Gfarm 分散ファイルシステムによる広域データ共有、および、RENKEI-VPE による VM の動的配備を活用したグリッドミドルウェアの配布基盤を整備し、グリッドアプリケーション研究者を中心とした研究者に利用していただき、各種フィードバックを受け、システムの改良を行った。アプリケーションの具体例としては、(1)名古屋大学 太陽地球環境研究所の3次元グローバル電磁流体力学的シミュレーション、(2)北海道大学 情報基盤センターの異種クラウドシステムの連携システムなどがある。また、これと平行して、10Gbps を超える更なる広帯域 WAN における、高速データ転送を実現するためのストレージサーバの設計について研究を行った。具体的に実施したことはネットワークパラメータチューニングであるが、20Gbps、20ms の広帯域・高遅延環境をエミュレーションし、パラメータチューニングを行ったところ、L3 接続時の無遅延状態の最良値 16.5Gbps に対して、75.8% の性能である 12.5Gbps を記録した。

HPCI の詳細仕様に関する調査検討（HPCI 先端ソフトウェア運用基盤の詳細仕様策定）

【研究の概要と成果】

RENKEI プロジェクトで開発した成果物 RENKEI-VPE を、HPCI において、HPC 計算機資源の利用の補助を行うシステム「先端ソフトウェア運用基盤」として運用するためのマニュアル群の作成、および、東工大での試験環境の構築を行った。平成 24 年度には北海道

大学、東京大学、九州大学と協力し、実運用に向けて配備を行う計画である。

【発表論文・学会発表等】

- Mohamed Amin JABRI and Satoshi MATSUOKA. "Dealing with Grid-Computing Authorization using Identity-Based Certificateless Proxy Signature", In Proceedings of the 11th IEEE/ACM International Symposium on Cluster, Cloud and Grid Computing (CCGrid 2011), pp. 544-553, Newport Beach, CA, May 2011. doi=10.1109/CCGrid.2011.12
- Sumeth Lerthirunwong, Hitoshi Sato, Satoshi Matsuoka. "Multi-ring Structured Overlay Network for the Inter-cloud Computing Environment", In Proceedings of the 1st International Conference on Cloud Computing and Services Science (CLOSER 2011), pp. 5-14, Noordwijkerhout, Netherlands, 7-9 May, 2011.
- 斎藤 貴文, 千葉 立寛, 佐藤 仁, 松岡 聡. ワークフローアプリケーションに対する計算資源割り当ての最適化. In 情報処理学会 ハイパフォーマンスコンピューティング研究会. pp. 1-7. May. 2011
- Akira Nukada, Hiroyuki Takizawa, Satoshi Matsuoka. NVCR: A Transparent Checkpoint-Restart Library for NVIDIA CUDA. Proceedings of the 20th International Heterogeneity in Computing Workshop (HCW 2011), in conjunction with IEEE IPDPS 2011. The IEEE Press. In The 20th International Heterogeneity in Computing Workshop (HCW 2011), in conjunction with IEEE IPDPS 2011. page 1-10. May. 2011.
- 遠藤 敏夫, 額田 彰, 松岡 聡. スーパーコンピュータ TSUBAME 2.0 における Linpack 性能 1 ペタフロップス超の達成. 情報処理学会 SACSIS2011 論文集. 情報処理学会. In 先進的計算基盤システムシンポジウム(SACSIS2011). pp. 1-8. May. 2011.
- Akira Nukada, "Fast Fourier Transform for AMD GPUs", AMD Fusion Developer Summit 2011, Bellevue, WA. Jun. 2011.
- Naoya Maruyama, Tatsuo Nomura, Toshio Endo, Satoshi Matsuoka, "A Sequential Programming Framework for Large-Scale GPU-Accelerated Structured Grids", SIAM 7th International Congress on Industrial & Applied Mathematics (ICIAM'11), MS386: Creating the Next Generation of High Performance Numerical Computing Capabilities, 2011/7/21, Vancouver, Canada
- 松岡聡, "超低消費電力ハイパフォーマンスコンピューティング"(解説), 「応用物理」Vol.80 No.7, 2011 7月号, pp579-584
- Aleksandr Drozd, Satoshi Matsuoka, Naoya Maruyama, "Fast Read Alignment with Burrows Wheeler Transform: the GPU Perspective", IPSJ SIG Technical Report, Vol. 2011-HPC-130 No.13 (SWoPP), 鹿児島, 2011/7/27

- 齋藤 貴文,佐藤 仁,松岡 聡.大規模並列ファイルシステムに対する ワークフローアプリケーションの I/O 性能解析..In 並列/分散/協調処理に関するサマー・ワークショップ.pp. 1-8.Jul. 2011.
- 滝澤 真一郎,棟朝 雅晴,宇野 篤也,小林 泰三,實本 英之,松岡 聡,石川 裕.広域分散環境を提供する HPCI 先端ソフトウェア運用基盤の設計. In 第 130 回 ハイパフォーマンスコンピューティング研究発表会 2011 年並列/分散/協調処理に関する『鹿児島』サマー・ワークショップ (SWoPP 鹿児島 2011) .Jul. 2011.
- Demeshko Irina, Satoshi Matsuoka, Toshio Endo. "GPU-based approach for elastic-plastic deformation simulations", 情報処理学会研究報告, Vol. 2011-HPC-130, No. 12, pp. 1-7, 2011 年 7 月.
- 佐藤 仁,松岡 聡, 細粒度 I/O を考慮したオンデマンド階層型データストアの実現にむけて, 情報処理学会研究報告, Vol. 2011-HPC-130, No. 27, pp. 1-8, 2011 年 7 月
- 白幡 晃一,佐藤 仁,松岡 聡.GPGPU を用いた高速大規模グラフ処理に向けて.情報処理学会研究報告 2011-HPC-130.情報処理学会.In 第 130 回 ハイパフォーマンスコンピューティング研究発表会 2011 年並列/分散/協調処理に関する『鹿児島』サマー・ワークショップ (SWoPP 鹿児島 2011) .No. 14.pp. 1-8.Aug. 2011.
- 遠藤 敏夫, 額田 彰, 松岡 聡. スーパーコンピュータ TSUBAME 2.0 における Linpack 性能 1 ペタフロップス超の達成. 情報処理学会論文誌コンピューティングシステム, Vol. 4, No.4 (ACS 35), pp.169—179, 2011 年 10 月.
- 滝澤 真一郎,松岡 聡,友石 正彦,佐藤 仁,東田 学.Point-of-Presence 連携による e-サイエンス分散環境..In インターネットカンファレンス 2011.Oct. 2011.
- T. Shimokawabe, T. Aoki, T. Takaki, A. Yamanaka, A. Nukada, T. Endo, N., Maruyama, S. Matsuoka: Peta-scale Phase-Field Simulation for Dendritic Solidification on the TSUBAME 2.0 Supercomputer, in Proceedings of the 2011 ACM/IEEE International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis, SC'11, IEEE Computer Society, Seattle, WA, USA, Nov. 15, 2011, SC'11 Technical Papers
- Massimo Bernaschi, Mauro Bisson, Toshio Endo, Massimiliano Fatica, Satoshi Matsuoka, Simone Melchionna, Sauro Succi, "Petaflop Biofluidics Simulations On A Two Million-Core System", In Proceedings of ACM/IEEE International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis (SC11), Gordon Bell Paper, ACM Press, Nov. 2011.
- Naoya Maruyama, Tatsuo Nomura, Kento Sato, Satoshi Matsuoka, Physis: An Implicitly Parallel Programming Model for Stencil Computations on Large-Scale GPU-accelerated Supercomputers, Proceedings of the 2010 ACM/IEEE conference on Supercomputing (SC'11), 2011/11/15, Seattle, WA, USA

- Leonardo Bautista, Naoya Maruyama, Dimitri Komatitsch, Tsuboi Seiji, Franck Cappello, Satoshi Matsuoka, Nakamura Takeshi. FTI: High performance Fault Tolerance Interface for hybrid systems..In International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis (SC).Page 1-12.Nov. 2011.
- Kento Satou, Adam Moody, Kathryn Mohror, Todd Gamblin, Bronis R. De Supinski, Naoya Maruyama, Satoshi Matsuoka. Towards an Asynchronous Checkpointing System. In 第19回ハイパフォーマンスコンピューティングとアーキテクチャの評価に関する北海道ワークショップ(HOKKE)、Nov. 2011.
- 遠藤 敏夫,松岡 聡,額田 彰,長坂 真路,四津 匡康, “グリーンスパコン TSUBAME2.0 における電力危機対応運用, 情報処理学会研究報告, Vol. 2011-HPC-132, No. 12, pp. 1—9, 2011年11月.
- 福田圭祐, 丸山直也, 松岡聡, 「動的タスクスケジューリングによる CPU/GPU ヘテロジニアス環境での FMM の最適化」、第19回ハイパフォーマンスコンピューティングとアーキテクチャの評価に関する北海道ワークショップ(HOKKE).Nov. 2011.
- Massimo Bernaschi, Mauro Bisson, 遠藤敏夫, Massimiliano Fatica, 松岡 聡, Simone Melchionna, Sauro Succi, 「ACMゴードンベル賞・奨励賞:TSUBAME 2 における大規模生体流体力学シミュレーション」、TSUBAME e-Science Journal SC'11 特集号 vol. 5、東京工業大学学術国際情報センター、2012年2月28日
- 小柳義夫 中村宏 佐藤三久 松岡 聡, 「岩波講座 計算科学 別巻 スーパーコンピュータ」(著書)、2012年3月16日発行
- Akira Nukada, Yutaka Maruyama, Satoshi Matsuoka. “High Performance 3-D FFT using multiple CUDA GPUs”, In Proceedings of the Fifth Workshop on General Purpose Processing using Graphics Processing Units (GPGPU-5), London, UK, 7 pages, ACM Press, Mar. 2012.

招待講演等

- 松岡 聡, 「世界一グリーンな実運用スパコンの東工大TSUBAME2.0」、招待講演、蔵前兵庫支部総会、ラッセホール(神戸市)、2011年4月2日
- Satoshi Matsuoka, “Update on Japanese HPC: [Expected funding and plans beyond NGS](#)”, [Invited Presentation](#), International Exascale Software Project (IESP) Meeting 6, San Francisco CA USA, Apr.6 2011
- Satoshi Matsuoka, “TSUBAME2.0 --- Environmentally Friendly Petascale Computing and its Possible Contributions to High-Resolution Natural Disaster Simulations”, [Keynote talk](#), The fourth International Manycore and Reconfigurable

Supercomputing Conference (MRSC), Bristol UK, Apr. 12 2011

- Satoshi Matsuoka, “TSUBAME2.0, or the long road from tiny clusters to Petascale”, Keynote talk, ComplexHPC Spring School 2011, Amsterdam The Netherlands, May 10 2011
- Satoshi Matsuoka, “25th Year Panel: LOOKING BACK”, Invited Panelist, 25th IEEE International Parallel & Distributed Processing Symposium (IPDPS 2011), Anchorage Alaska USA, May 17 2011
- Satoshi Matsuoka, “From Utility Computing to Computing for Utilities: Using Cloud Computing to Accelerate Energy Informatics”, Invited Panelist, The 11th IEEE/ACM International Symposium on Cluster, Cloud and Grid Computing (CCGrid 2011), Newport Beach CA USA, May 25 2011
- 松岡 聡、「新世代のサイエンスクラウドとそれを実現するグリーンスパコン」、基調講演、平成 23 年度NIIオープンハウス SINET4 開通記念シンポジウム、国立情報学研究所・学術総合センター 一ツ橋記念講堂(千代田区)、2011 年 6 月 3 日
- 松岡 聡、「研究コミュニティ形成のための資源連携技術に関する研究 ー実証評価・ユーザ連携」、口頭講演、e-サイエンス実現のためのシステム統合・連携ソフトウェアの研究開発ワークショップ、国立情報学研究所、2011 年 6 月 13 日
- Satoshi Matsuoka, “Hot Seat Session 01”, Invited panelist, International Supercomputing 2011 (ISC’11), Congress Center Hamburg, Hamburg Germany, June 21 2011
- Satoshi Matsuoka, “Analyst Crossfire Session”, Invited panelist, International Supercomputing 2011 (ISC’11), Congress Center Hamburg, Hamburg Germany, June 23 2011
- 松岡 聡、「海外のスーパーコンピューティングの状況」、文部科学省「これからのスーパーコンピューティング技術の展開を考える」シンポジウム、特別講演、東京大学 武田先端知ビル、2011 年 6 月 28 日
- 松岡 聡、「将来のスーパーコンピューティング技術の取組について」(パネルセッション)、文部科学省「これからのスーパーコンピューティング技術の展開を考える」シンポジウム、招待パネリスト、東京大学 武田先端知ビル、2011 年 6 月 29 日
- Satoshi Matsuoka, “Making Tsubame2.0, the World's Greenest Production Supercomputer, Even Greener---Challenges to the Architects”, Invited Talk, International Symposium on Low Power Electronics and Design 2011 (ISLPED 2011), Aug 3 2011
- 松岡 聡、「TSUBAME 2.0 における大規模GPUアプリケーション」、招待講演、第 2 回先端学際計算科学共同研究拠点シンポジウム、筑波大学大学会館、2011 年 9 月 12 日
- 松岡 聡、「TSUBAME2.0 における大規模GPUをサポートするアーキテクチャとその活用事

例)、招待講演、平成 23 年度第 1 回スーパーコンピューティング・セミナー、機械振興会館 (東京都)、2011 年 9 月 15 日

- Satoshi Matsuoka, “Panel Session - Accelerated Computing: From Research Projects to Mainstream Computing”, Panel Moderator, IEEE Cluster 2011, TACC Austin TX USA, Sep 28 2011
- 松岡 聡、「TSUBAME2.0 によるペタスケールのスーパーコンピューティングが開く科学」、招待講演、Google Tech Talk、Google株式会社(東京都)、2011 年 10 月 17 日
- Satoshi Matsuoka, "Tsubame2.0 Experiences---Petascale Computing with GPUs Works", Invited Speaker, ACM IEEE Supercomputing 2011(SC11) at NVIDIA Booth , Washington State Convention Center, Seattle WA USA, Nov 14 2011
- Satoshi Matsuoka, “Power and Energy Aware Computing with Tsubame 2.0 and Beyond”, Invited Speaker, ACM IEEE Supercomputing 2011(SC11), Washington State Convention Center, Seattle WA USA, Nov 14 2011
- Satoshi Matsuoka, " TSUBAME2.0 -- A Year Later, onto Exascale", Invited Speaker, ACM IEEE Supercomputing 2011(SC11) at Tokyo Tech Booth, Washington State Convention Center, Seattle WA USA, Nov 16 2011
- 松岡 聡、「TSUBAME」によるペタスケールアプリケーションの世界」、招待講演、ANSYS HPCテクノロジーセミナー東京、ANSYSオフィス(東京都)、2011 年 11 月 22 日
- 松岡 聡、「TSUBAME2.0 との1年間とエクサスケールへの飛翔」、情報処理学会バイオ情報学研究会とMPS研究会合同研究会、BIO27-MPS86 合同研究会、基調講演、電気通信大学、2011 年 12 月 1 日
- Satoshi Matsuoka, “TSUBAME2.0: Running a 4,000 GPU Supercomputer in Full Production”, Invited Talk, GTC Technology Conference Asia 2011, Beijing China, 2011 Dec 15
- Satoshi Matsuoka, “Large-Scale Stencil Applications on GPU-rich Supercomputer TSUBAME2.0”, Keynote Talk, The IEEE International Conference on High Performance Computing (HiPC 2011), Bangalore India, Dec 19 2011
- 松岡 聡、「TSUBAME」によるペタスケールアプリケーションの世界」、招待講演、ANSYS HPCテクノロジーセミナー大阪、ハートンホテル北梅田、2011 年 12 月 7 日
- Satoshi Matsuoka, “Large-scale Stencil Applications on GPU-rich Supercomputer TSUBAME2.0 ”, HP-CAST China, Invited Speaker, Beijing China, Jan 11 2012
- 松岡 聡、鼎談「クラウドとHPCIによる新たなイノベーション」、招待パネリスト、情報爆発国際シンポ、東京大学、2012 年 1 月 16 日
- 松岡 聡、「未来は予測可能か?」、招待パネリスト、第 3 回ソニー寄附講座 公開シンポジウム、慶応義塾大学日吉キャンパス、2012 年 1 月 27 日

- Satoshi Matsuoka, “Petascale Computing on Tsubame 2.0 towards the National High Performance Computing Infrastructure (HPCI) in Japan”, Keynote Talk, The International Symposium on Grids and Clouds (ISGC) 2012, Taipei Taiwan, Mar 1 2012
- 松岡 聡、「京とその先に向けて」、招待パネリスト、第 4 回バイオスーパーコンピューティングシンポジウム、神戸、2012 年 3 月 5 日
- Satoshi Matsuoka, “Grand Challenges: Research Infrastructures at the Forefront – Specific Needs, Lessons Learnt and the Way Forward from Thematic and Cross-cutting Areas”, Invited Panelist, International Conference on Research Infrastructures (ICRI 2012), Copenhagen, Denmark, March 22, 2012
- 松岡 聡、「TSUBAMEによるペタスケールアプリケーションの世界とエクサへの道」、招待講演、防衛省情報本部研究会、都内、2012 年 3 月 28 日

教授 山口 しのぶ

MOU を活用した共同研究

モンゴルにおける持続可能な教員研修のための ICT 教材の開発と普及

【研究の概要と成果】

UNESCO（ユネスコ、国連教育科学文化機関）は教育、科学、文化、コミュニケーション、社会科学からの5部局からなる国際機関。ユネスコ・バンコク事務所はアジア太平洋地域全体を管轄する地域内で最大の事務所である。GSIC は、2010年12月に文部科学省政府開発援助ユネスコ事業補助金の採択に加え、2011年5月－2012年3月にも同様の補助金を採択された。ユネスコとの連携のもとモンゴルの基礎教育における ICT を活用した研究プロジェクトを実施している。本研究プロジェクトは、文科省の政府開発援助ユネスコ活動費補助金アジア・太平洋地域等における開発途上国の教育、科学又は文化の普及・発展のための交流・協力事業の一環として実施された。モンゴルの初等教育分野において ICT を活用した教員研修用の教材を開発し、教員研修専門家及び小学校教員を対象とした教員研修を通じて新教材の試行・評価を実施した。前年に引き続き教材開発には、モンゴル教育科学文化省情報技術・評価局および、モンゴル教育大学の教員チームが現地カウンターパートとして参加し、東京工業大学チームと共に、ビデオ CD、Web 等を含めた初等教育 5 教科の教員研修用 ICT 教材の開発に従事した。計 90 名の小学校教員が研修を受けた。本研修では、フリーアンドオープンソースを活用した教材作成用のプログラムが導入され、ドルノゴビ県、ツェブ県、バヤンホンゴル県の 3 箇所して試行された。なお、開発された 5 教科の ICT 研修教材はガイドライン書（手引書）と共に全国の小学校 708 校に配布され、今後、モンゴル政府が学校レベルでの教員研修を継続・促進する予定である。

共同研究

世界遺産地域における地理情報システムの構築－危機遺産防止のために

【研究の概要と成果】

本研究では、ラオスルアンパバーン政府世界遺産局との連携のもと、これまで技術的な導入障壁が高いと考えられ、GIS を導入した地域開発への応用に注目し、持続可能な世界遺産地域開発、および後発途上国という条件を踏まえた GIS の維持可能な利用に関する考察を行うことを目的とする。本年度は、計 5 回の現地調査を経て、パイロット地域となっている遺産中心街 6 村におけるデータ収集および分析を実施した。本年度は、新しい試行として、モバイルラーニングの活用に関する調査が行なわれ、現地の二大学の約 400 名を対象にモバイルツールの種類および活用法に関する情報を収集・分析した。更に、町並み保存の新たな手法として VR パノラマの導入を検討しており、ルアンパバーン政府世界遺産局の IT チームと共に現地調査を開始した。

研究業績

1. 山口しのぶ, 小野寺純子「モンゴルにおける教員研修のための ICT 導入の背景と傾向に関する分析」第 22 回国際開発学会全国大会報告本文集. p195-198, (2011. 11)
2. Leong, C., Yamaguchi, S., Takada, J. “Analyzing the Change in Built Environment of World Heritage Site: Case of Luang Prabang, Lao P.D.R” , Annual Conference on Japan Society of International Development, Proceedings, p. 176-178, (2011. 11)
3. Yamaguchi, S., Onodera, J., ICT use at schools in Japan: Analysis on current ICT infrastructure and case studies in basic education, International Conference on the Social Value of Educational Technology in Southeast Asia: an Intellectual Exchange Conference for Japan, Cambodia, Lao PDR, and Vietnam, Vietnam (2011. 11)
4. Onodera, J., Yamaguchi, S.,” ICT use in primary schools: Comparative analysis of five rural provinces in Mongolia.” Conference Proceedings, CD-Rom, 55th Annual Conference on Comparative and International Education Society, Montreal, Canada (2011. 06)
5. Morigen, D., Yamaguchi, S., “Web-based teacher training: Analysis from prototype development in Mongolia.” Conference Proceedings, CD-Rom, 55th Annual Conference on Comparative and International Education Society, Montreal, Canada (2011. 06)
6. “Analyzing the Change in Built Environment of World Heritage Site: Case of Luang Prabang, Lao P.D.R” , Spring Conference for Japan Society of International Development, Proceedings, p. 78-79, (2011. 06)
7. 莫日根達来, 山口しのぶ, 高田潤一「モンゴルの小学校教員トレーニングにおける WEB ベースインタラクティブ教材開発」, 第 16 回国際開発学会春季大会報告本文集. P65-66, (2010. 06)
8. Sukhbaatar, J., Yamaguchi, S., Takada, J., “Sustainable use of ICT for teacher training in primary schools in Mongolia” ” , Final report submitted to Japanese Ministry of Education, Culture, Sport, Science and Technology, Japan, pp. 1-148, (2011. 04)

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

長方形板上の堆積砂丘の自重による分布荷重伝達

【研究の概要と成果】

現在に至るまでに、数々の研究者によって堆積砂丘底面の垂直荷重分布が確かめられてきた。本研究の目的は、砂丘を空中降下法と網ふるい降下法、境界壁面撤去法のそれぞれで形成、比較することによって形成過程の荷重分布形への依存、また理論解の分布荷重との適合性を検証することである。さらに、この物理現象を解明するために、連続体力学による解析を用いて砂丘底面の荷重分布についての理論解を求めた。本研究では、異なる砂丘形成手法によって得られた荷重分布形を比較した際、それぞれの結果が若干違うことから、砂丘底面の分布荷重は形成過程に依存することがわかった。また実験結果と、理論解の分布形は同様な傾向を示すことも検証された。

斜面上の応力分配モニタリング手法の開発

【研究の概要と成果】

本研究は、斜面掘削作業中の安全性を高めるため、斜面表面に挿入した円筒型空中石膏プラスターの亀裂・変形による主応力軸線を推測するとともにラーメ・マックスウェルの平衡条件式に基づく応力分布を算出することによって、安価なモニタリング手法開発を目指す。まず、脆性材料を対象とする供試体の引張り強さを求めるため、タイ発電公社の圧縮装置を用いて、圧裂引張試験を実施した。まず、材齢、水プラスター比、中空比率などの影響を把握するために、鉛直変位の一定速度で与えた中実円筒型および中空円筒型の石膏プラスターの破壊荷重を求め、フィールドへの適用性を検討する。

蟻地獄巣穴内の応力分布への力学的解明

【研究の概要と成果】

蟻地獄はウスバカゲロウ科という完全変態昆虫であり、成虫の頃はトンボに似ているが、幼虫の頃はアリジゴクと呼ばれる。肉食性の昆虫である幼虫時代は、さらさらした砂地に生息するために巣穴を掘る。アリジゴクは、後方に歩行するが、通常、巣穴の底で待ち伏せて、蟻などの小さい昆虫等が巣穴に落ちたら餌となる。獲物が逃げようとしたら、粒子の一部が攪乱され、静止摩擦が動摩擦に変化し、斜面が崩れる。さらに、獲物を逃げさせないため、アリジゴクは大顎を使って砂を浴びせかけ、巣穴の中心部に滑り落として捕らえるという斜面制御機構を巧妙に利用した動物である。逆円錐形巣穴における斜面上の角度は土質力学にとって、砂の安息角なので、粒子の大きさと角の丸みによって巣穴の寸法

が決まる。その上、安息角はサククションによって変化するので、水分が高いほど大きい角度になるから、湿った地上にあまり巣穴を作れない。本研究の目的は、安息角を利用した蟻地獄の巣穴形成について調査するとともに、力学原理を用いて、巣穴周辺の応力分布を解明する。

淡水貝類化石の破碎性の力学特性

【研究の概要と成果】

本研究では、タイ北部亜炭鉱における坑内露天掘り採掘による影響から、現場付近に存在する大規模な淡水貝類化石を保護するために、斜面安定性を定量的に評価することを目的としている。このタイ北部亜炭鉱は東南アジア最大の亜炭田の一部であり、巨大なタニシ化石群集が堆積している。発見された化石層は保存状態が良く、その規模も世界第2位と大きなものになっている。したがって、重要なエネルギー資源開発と貴重な地質遺産保護の間の競合問題が生じている。貝類密集層は、サンゴ礫混じり土のように破碎を受けやすい地盤材料であり、工学的な問題を抱えている。タイ発電会社の技術者との打合せを含めた現地調査による特有な地質学的特性に関するデータの蓄積を進めるとともに、予備的な実験等の準備を行った。また、貝類化石が存在する斜面近傍の保護地域外にサンプリング位置を設定し、不攪乱試料および攪乱試料を採取した。粒子破碎の程度を定量的に評価するため、せん断・圧縮特性ならびに物理的性質に関する室内実験を開始した。その結果、乾燥・湿潤状態は粒子自体と表面の脆さに大きな影響をもたらすことがわかった。また、一次元圧縮試験の前後で圧縮性と粒径分布の関係に大きな相違が認められることから、粒子破碎を引き起こす圧力域を把握することができた。さらに、定体積ならびに定圧一面せん断試験から得られた結果に基づき、破碎後のせん断抵抗は小さくなることが確認できた。

圧縮による脆い性質材料の破碎音分析

【研究の概要と成果】

粒子破碎に応じる可聴周波数範囲（30Hz～20kHz）の音波分析により、タイ北部炭鉱で保護されている淡水貝類密集層の丘に対して、破碎進行を予測するモニタリング手法を開発することを目的とする。タイ・ランパーン市の郊外（保護区外）で拾い集めた1300万年前のタニシの化石を一軸圧密容器に詰め、通常の圧密試験を行った。上記の圧密試験を行う際、試験機に聴診器を取り付け、つないだマイクから試験中に発生する音を録音した。試験結果をそれぞれ分析し、分析結果を照らし合わせた。累積沈下量～累積カウント数グラフより、間隙比、累積沈下量ともに累積カウント数と線形関係にあることが分かる。これらの結果から、カウント数から地盤の状態をモニタリングできる可能性はあるものと考えられる。

【発表論文・学会発表等】

論文

- 1) M.H. Khosravi, T. Pipatpongsa. Efficiency evaluation of implicit stress update algorithm for various forms of the original Cam-clay model, Theoretical and Applied Mechanics Japan, Science Council of Japan, Vol. 60, pp. 215-223, Feb. 2012.
- 2) M.H. Khosravi, T. Pipatpongsa, A. Takahashi, J. Takemura. Arch action over an excavated pit on a stable scarp investigated by physical model tests, Soils and Foundations, Vol. 51, No. 4, pp. 723-735, Aug. 2011.

国際会議発表（査読有り）

- 3) M.H. Khosravi, T. Pipatpongsa, J. Takemura. Pseudo-static analysis of passive arch action in undercut slopes against earthquake, Joint Conference Proceedings: 9th International Conference on Urban Earthquake Engineering (9CUEE) & 4th Asia Conference on Earthquake Engineering (4ACEE), Center of Urban Earthquake Engineering, pp. 665-672, Mar. 2012.
- 4) T. Pipatpongsa, S. Heng, S. Likitlersuang, N. Mungpayabal, H. Ohta. Investigation of mechanical properties of clay seam in bedding shears of the Mae Moh open-pit mine of Thailand, Proceedings of the International Conference on Advances in Geotechnical Engineering (ICAGE 2011), pp. 209-214, Nov. 2011.
- 5) M. H. Khosravi, L. Tang, T. Pipatpongsa, J. Takemura, P. Doncommul. Physical model tests of an undercut slope on moist sand stabilized by counterweight balance, Proceedings of the International Conference on Advances in Geotechnical Engineering (ICAGE 2011), pp. 669-676, Nov. 2011.
- 6) M.H. Khosravi, T. Pipatpongsa, J. Takemura, P. Doncommul. Alternative coal mining method with lesser energy and environmental load, The 3rd Multidisciplinary International Student Workshop (MISW2011) & Abstract proceedings for The Asia-Oceania Top University League on Engineering, Dean's Meeting & Students' Academic Forum, p. 12, Oct. 2011.
- 7) T. Pipatpongsa, S. Heng, A. Iizuka, H. Ohta. Static pressure distribution beneath granular wedges sloped at angle of repose, Proceedings of the Fifth International Symposium on Deformation Characteristics of Geomaterials, Vol. 2, pp. 924-932, Aug. 2011.

国内会議発表（査読有り）

- 8) S. Thay, S. Kitakata, T. Pipatpongsa. Development of physical models for studying load transmission in loose sand ditch, Proceedings of the 4th Thailand-Japan International Academic Conference, Thai Students' Association in Japan under the Royal Patronage, pp. 53-54, Nov. 2011.
- 9) M.H. Khosravi, T. Pipatpongsa, J. Takemura, N. Mavong, P. Doncommul. Investigation on shear strength of shale at the Mae Moh open-pit mine, Proceedings of the 4th Thailand-Japan International Academic Conference, Thai Students' Association in Japan under the Royal Patronage, pp. 51-52, Nov. 2011.

国内会議発表（査読なし）

- 10) S. Thay, T. Pipatpongsa, A. Takahashi. Principal stress trajectories in planar sand ditch under the closure of polarized principal axes, Proceedings of the 61st National Congress of Theoretical and Applied Mechanics, Science Council of Japan, GS01-02, Mar. 2012.
- 11) S. Thay, T. Ishigaki, T. Pipatpongsa, A. Takahashi. Determination of crushability of Toyoura sand using direct simple shear tests under high compression, Geo-Kanto 2011, Proceedings of Geo-Kanto2011, pp. 163-166, Nov. 2011.
- 12) 唐 麟, タイ ソカソ, ルアングビィッチャルアンサシコン, ピパットポンサー ティラポン. 蟻地獄の生息場所調査および巣穴の安息角測定, 第 8 回地盤工学会関東支部発表会, 第 8 回地盤工学会関東支部発表会発表講演集, 地盤工学会関東支部, pp. 185-188, Nov. 2011.
- 13) 松下忠己, 唐麟, ヘイン・ソクビル, ピパットポンサー・ティラポン. 長方形板上の堆積砂丘の自重による分布荷重伝達, 第 46 回地盤工学研究発表会, 第 46 回地盤工学研究発表会, 地盤工学会, Vol. 46, pp. 349-350, Jul. 2011.
- 14) S. Siriteerakul, T. Pipatpongsa, T. Takeyama. Analytic solutions for stresses in an inverted conical sand valley with principal axes polarized everywhere, 46th Japan National Conference on Geotechnical Engineering, Japanese Geotechnical Society, Vol. 46, pp. 351-352, Jul. 2011.
- 15) T. Pipatpongsa, T. Takeda, S. Fujikawa, M. Inoue. Investigation of soil salinization in the northeastern part of Thailand after the 2010 Thai big floods, 46th Japan National Conference on Geotechnical Engineering, Japanese Geotechnical Society, Vol. 46, pp. 2141-2142, Jul. 2011.
- 16) M.H. Khosravi, S. Kitakata, T. Pipatpongsa, J. Takemura. Experimental analysis of failure zone behind retaining walls under active translation mode, 46th Japan National Conference on Geotechnical Engineering, Japanese Geotechnical Society, Vol. 46, pp. 1355-1356, Jul. 2011.

- 17) S. Thay, M.H. Khosravi, T. Pipatpongsa, A. Takahashi. Weight transmission in planar sand ditch stored in a rectangular bin, 第 46 回地盤工学研究発表会講演集, Vol. 46, pp. 351-352, Jul. 2011.
- 18) T. Pipatpongsa, T. Soksan, S. Likitlersuang. Basic scheme of implicit stress update algorithm under hyperplasticity: Multiple spring models, 第 16 回計算工学講演会論文集, Japan Society of Computational Engineering and Science, Vol. 16, May. 2011.
- 19) M.H. Khosravi, T. Pipatpongsa. Stress update algorithm for the original Cam-clay model considering the form of yield function on its performance, 第 60 回理論応用力学講演会講演論文集, 日本学術会議, Vol. 60, Mar. 2011.
- 20) T. Pipatpongsa, T. Takeyama. Analytic solutions for stresses in loose planar sand valley with principal axes fixed everywhere, 第 60 回理論応用力学講演会講演論文集, 日本学術会議, Vol. 60, Mar. 2011.

准教授 関嶋政和 (大規模データ情報処理分野)

大規模生命科学アプリケーションの高速化と消費電力に関する研究

【研究の概要と成果】

本研究では、生命科学アプリケーション、特に分子動力学シミュレーションについて、高速化・消費電力・正確性について解析を行った。TSUBAME2.0のGPUを用いることで、CPUに対して高速化と消費エネルギー削減が為され、計算結果も妥当であることを示した。

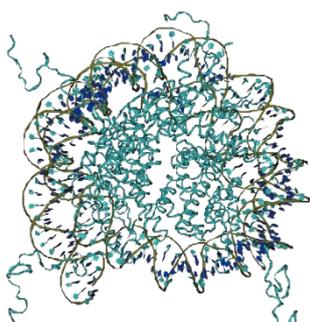


図1. ヌクレオソーム

具体的には、ヌクレオソーム(左図:原子数 25095)原子に対し、GB モデルによる陰溶媒を適用した。分子シミュレーションプログラムには、AMBER11のPMEMDのSPDPモデル、1 MD stepは2fsで行った。図2に示すとおり、8ノード(96CPUコア)に対し、8ノード(16GPUカード)は、およそ10倍の高速化を実現し、75%の消費エネルギー削減が為されることを示した。

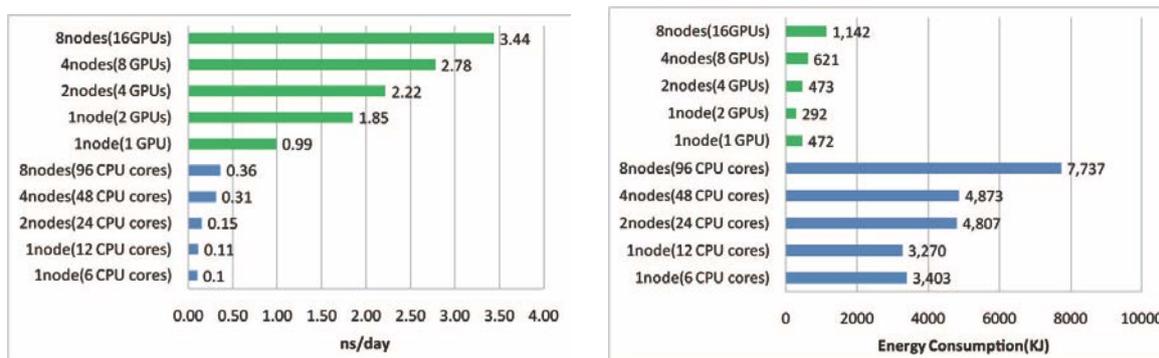


図2. 実行速度と消費エネルギー

また、 1μ 秒のCPUとGPUのシニョリタンパク質(PDBID:1UAO)のTIP3Pの陽溶媒を用いたNTPアンサンブルのシミュレーション結果に対し、 $\text{dihedral angle}(\phi, \psi)$ に対してPCAをそれぞれ適用した。その結果、シミュレーションの正確性についても妥当であることが示された。

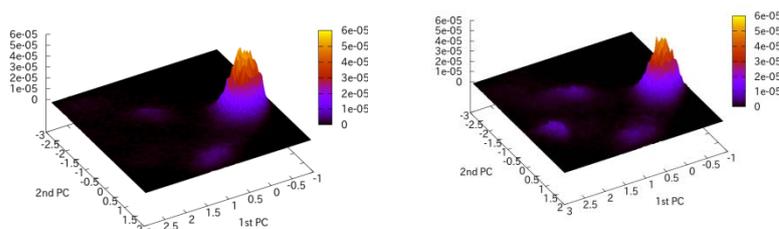


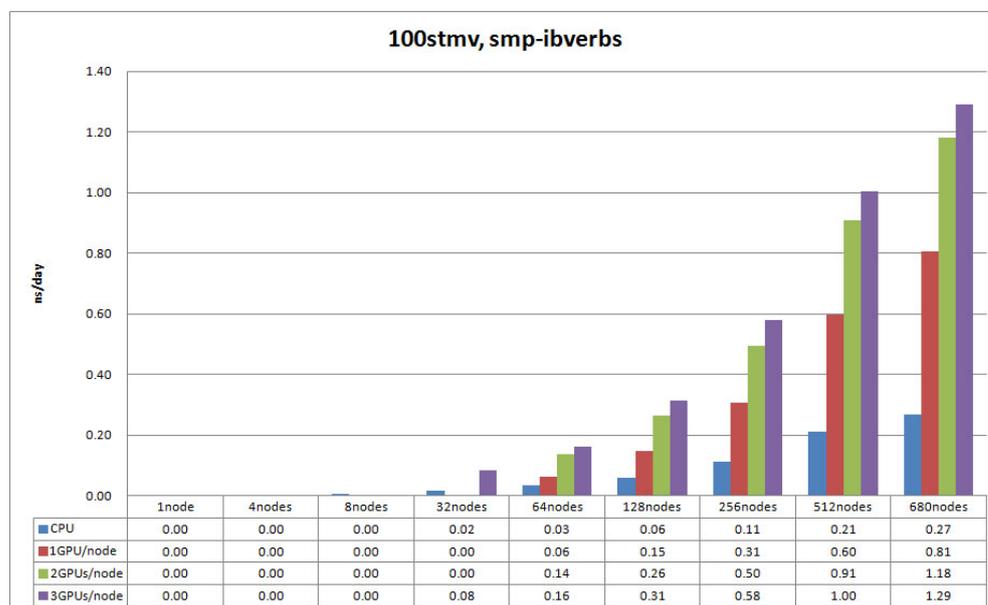
図3. シニョリタンパク質の 1μ 秒のシミュレーションに対するPCA解析(左:CPU、右:GPU)

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

【研究の概要と成果】

紅色光合成細菌においては、光合成は chromatophore（色素体）と呼ばれる細胞膜の窪みで行われる。色素体に含まれる膜タンパク質の種類は実に少なく、光を収集する LH1 アンテナ複合体 (LH1)、LH2 アンテナ複合体 (LH2)や光反応中心(RC)、そして bc1 複合体などがある。近年の実験によって LH1 や LH2 の活発な凝集によって色素体の膜の窪み形状が決められるということが知られてきている。すなわち、これらの膜タンパク質の凝集によってどのように膜の形状が変化するかを知ることは、光合成のメカニズムの理解にもつながる。本研究では、この凝集と膜の形状の決定のメカニズムを原子レベルで理解するために、原子間力顕微鏡によって得られたイメージをもとにモデルを組み立て、その分子動力学シミュレーションを試みた。このモデルはタンパク質や脂質膜、周囲の水分子をあわせるとおよそ 2000 万原子になる巨大な系を作成した。また、これとは別にベンチマークとして 100 万粒子のウイルスを 100 分子並べた 1 億粒子の系を作成し、平成 23 年度秋期グランドチャレンジ大規模計算制度を用いて大規模シミュレーションを行った。本研究は、イリノイ大学のクラウス・シュルテン教授、ジム・フィリップス博士との共同研究である。

本研究で行われたベンチマークにより、TSUBAME2.0 の 680 ノードを用いた際、1 億粒子の分子動力学シミュレーションにおいて、CPU(1360CPU_s、8160CPU コア)に対して GPU (2040GPU カード) が、4.8 倍に実行可能であることを示した。



【発表論文・学会発表等】

発表論文

1. S. Saito, K. Ohno, M. Sekijima, T. Suzuki, and H. Sakuraba, "Database of the clinical phenotypes, genotypes, and mutant arylsulfatase B structures in

- mucopolysaccharidosis type VI”, J Hum Genet, accepted.
2. T. Shinozaki, T. Iwaki, S. Du, M. Sekijima, S. Furui, “Distance-based Factor Graph Linearization and Sampled Max-sum Algorithm for Efficient 3D Potential Decoding of Macromolecules”, IPSJ Transactions on Bioinformatics, pp.1-8, 2011.
 3. S. Du, T. Udagawa, T. Endo and M. Sekijima “Molecular Dynamics Simulation of a Biomolecule with High Speed, Low Power and Accuracy Using GPU-Accelerated TSUBAME2.0 Supercomputer”, APSIPA ASC 2011, pp.1-5, 2011.
 4. T. Shinozaki, M. Sekijima, S. Hagihara, S. Furui “A Compact Speech Decoder Based on Pure Functional Programming”, APSIPA ASC 2011, 2011.

学会発表等

1. 佐々木孝章, 関嶋政和 「タンパク質周囲の水分子の観測に基づいたリガンド結合部位予測システムの開発」FIT2011 第10回情報科学技術フォーラム講演論文集、pp.119-121, 2011
2. T. Udagawa and M. Sekijima, “The power efficiency of GPUs in multi nodes environment with molecular dynamics”, In Proceedings of The 2011 International Conference on Parallel Processing Workshops, pp.399-405, 2011.
3. 佐々木孝章, 関嶋政和 「水分子のダイナミクス解析によるタンパク質のリガンド結合部位予測システムの開発」, 2012-BIO-28, 2012, 仙台
4. 猪瀬直人, 篠崎隆宏, 杜 世橋, 古井貞熙, 関嶋政和 「Slice Chain Max-Sum アルゴリズムによるタンパク質のポテンシャルエネルギー最小化に関する研究」, 2012-BIO-28, 2012, 仙台
5. 篠崎隆宏, 岩木聡直, 杜 世橋, 関嶋政和, 古井貞熙 「Distance based Graph Linearization and Sampled Max-sum Algorithm for Efficient 3D Potential Decoding of Macromolecules」 情報処理学会研究会報告, 2011-BIO-26, 2011, 神戸
6. 佐々木孝章, 関嶋政和 「水の情報エントロピーに注目したタンパク質のリガンド結合部位予測法の開発」 情報処理学会研究会報告, 2011-BIO-25, 2011, 沖縄
7. T. Sasak iand M. Sekijima, “Development of Protein Ligand Binding Site Prediction System by Dynamics of Water Molecules”, Biophysical Society 56th Annual Meeting, 2012, San Diego.
8. 富士香奈, 関嶋政和, 戸田幹人 「分子動力学の時系列データ解析—生体分子の複雑な動きの変化とその意味—」, 日本物理学会 2011年秋季大会, 2011, 富山
9. 富士香奈, 関嶋政和, 戸田幹人 「分子動力学の時系列データ解析—側鎖の構造変化と運動—」, 第49回日本生物物理学会, 2011, 兵庫
10. 佐々木孝章, 関嶋政和 「タンパク質中の水分子の情報エントロピーによるリガンド結合部位予測」, 第11回日本蛋白質科学会年会, 2011, 大阪

特任准教授 渡邊 寿雄 (先端研究部門 高性能計算先端応用分野)

FMO 法におけるフラグメント分割の精度検証

【研究の概要】

近年の計算機の著しい進歩と計算化学的手法の発展、そしてプログラムパッケージの開発により、生体高分子などの大規模分子の分子軌道計算が広く普及し始めている。その中の一つに北浦らのフラグメント分子軌道法(FMO法)がある。FMO法は大規模分子をフラグメントと呼ばれる小片へ分割し、環境静電場を取り込んだフラグメント計算およびフラグメントペア計算などを行うことにより、化学精度の大規模分子軌道計算を可能にする。

その計算精度については、分割位置や分割サイズに依存することが知られており、タンパク質やDNAに関しては精度良く計算できる分割パターンが経験的に調べられている。しかしながら、新規物質に対して精度の良い分割パターンを得るには、“より大きなフラグメントサイズの採用”や“二重結合ではなく単結合を切断する”といった指針があるのみで、試行錯誤で経験的に決定するしかない。

一方、我々はこれまでにFMO法をベースとしてより広がった分子軌道を求めるFMO-MO法の開発を行ってきた。また近年、より計算負荷の軽いFMO-LCMO法も注目を浴びている。そこで本研究では、これらの手法を活用することで誤差解析法を確立するとともに、FMO法のより一層の高精度化を果たすことを目的とした。

FMO法による高精度・大規模分子軌道計算

【研究の概要】

フラグメント分子軌道法はその多階層型アルゴリズムや系のサイズ増大に対する計算量の増加が緩やか(ほぼオーダー N)であるなどの特徴から、超並列型のスーパーコンピュータにおけるターゲットアプリとして大きな注目を浴びている。一方で、FMO法自体は様々な近似レベルの分子軌道理論(例えば電子相関、基底関数、核の量子化、相対論効果など)を内包するフレームワークであるため、それらの理論を大規模系に適用する際の有効な手法である。しかしながらこれまでは、FMO法の精度が化学精度(～数 cm^{-1} 程度)であり、その精度検証も出来なかったため、非常に高精度な計算手法との組み合わせによる大規模系への応用はほとんど行われておらず、精度と計算コストの兼ね合いにより大規模系への応用はFMO-MP2が一般的であった。

そこで本研究では、FMO法の誤差解析法と組み合わせることにより、大規模・高精度を両立した計算手法の確立を目的とした。その実行には超並列型スパコンを有効に利用することで、膨大な計算量の克服も目的とした。

特任准教授 遠藤敏夫 (高性能計算システム分野)

スケーラブルなメニーコアプロセッサ利用ソフトウェアに関する研究

【研究の概要と成果】

消費エネルギーを抑えつつ科学技術計算の高性能化が多様な分野で強く求められている。多数 GPU を効率的に採用しスパコン電力性能ランキング Green500 にて世界上位に位置する TSUBAME2.0 スパコン上にて他分野の研究者と協同にて高性能化・低電力化に関する研究を行った。GSIC 青木研究室の金属結晶の凝固シミュレーションに、ネットワーク性能チューニングなどの観点から参加した。性能としては TSUBAME2.0 の約 4000GPU を用い、2.0PFlops(単精度)が得られ、IEEE/ACM Supercomputing11 においては ACM Gordon Bell Prizes Special Achievement Award を獲得した。この実験においては、東日本大震災に伴う TSUBAME2.0 の節電運用の課程において我々が実現したリアルタイム電力可視化機構を用いた電力評価も行った。その結果 1.4GFlops/Watt(単精度)という、実アプリケーションにおいては世界最高クラスの効率を実現したことが判明した。さらにイタリア CNR の Massimo Bernaschi 氏のグループとの協同で冠動脈のマルチフィジックス血流シミュレーションを実現し、性能としては 600TFlops, ACM Gordon Bell Prizes honorable mention (奨励賞相当)を獲得した。上記はいずれも GSIC グランドチャレンジ制度により初めて、数千 GPU 規模の実験が可能となったものである。

引き続き、中央大学藤澤准教授らのグループと協同にて、半正定値計画問題を解くソフトウェアである SDPA/SDPARA の更なる高速化・大規模問題対応に取り組んでいる。主要技術としては、省メモリ化および密行列演算部分の GPU 化である。遠藤が Linpack 実行の過程で確立した計算・PCI/MPI 通信オーバーラップ技術を基にコーディング・チューニングを担当する。そしてグランドチャレンジ制度により 1300 ノード・4000GPU 規模の TSUBAME2.0 資源を利用することにより、世界最大規模の最適化問題の解決を可能とする見込みである。

スーパーコンピュータとその冷却機構の省電力化に関する研究

【研究の概要と成果】

将来のエクサスケールに向けたスーパーコンピュータの実現において最大のハードルは性能と消費電力の比の圧倒的な向上である。数年後の低電力消費化の研究開発も重要であるが、2011 年 3 月の東日本大震災以後の全国的な電力危機に対して、今すぐの TSUBAME2.0 の消費電力の削減も早急に行う必要が生じた(遠藤は 9 月まで情報理工学研究科所属であったが、GSIC と協同で対応)。主な対応内容は昼夜ピークシフト運用の実現、電力警報対応のための短時間ジョブキュー開設であった。

数年後に向けての研究開発としては、スーパーコンピュータの冷却消費電力の削減技術の評価を行っている。米国 Green Revolution Cooling 社と密接にコンタクトを持ち、ミネラルオイルによる液浸冷却システムのプロトタイプを導入し、電力評価を行っている。液

温を 30°C以上と比較的高くできるために冷却電力の削減が期待でき、さらに興味深い点として、計算機ファンの除去、チップ温度が空冷より低いことから、計算機そのものの電力も 15—20%削減できていることを観測した。

【発表論文・学会発表等】

- 1) 遠藤 敏夫, 額田 彰, 松岡 聡. スーパーコンピュータ TSUBAME 2.0 における Linpack 性能 1 ペタフロップス超の達成. 情報処理学会論文誌コンピューティングシステム, Vol. 4, No. 4 (ACS 35), pp. 169-179, 2011 年 10 月.
- 2) Shiqiao Du, Takuro Udagawa, Toshio Endo and Masakazu Sekijima. Molecular Dynamics Simulation of a Biomolecule with High Speed, Low Power and Accuracy Using GPU-Accelerated TSUBAME2.0 Supercomputer. In Proceedings of Asia-Pacific Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference (APSIPA ASC 2011), Xi'an, October 2011.
- 3) Takashi Shimokawabe, Takayuki Aoki, Tomohiro Takaki, Akinori Yamanaka, Akira Nukada, Toshio Endo, Naoya Maruyama, Satoshi Matsuoka. Peta-scale Phase-Field Simulation for Dendritic Solidification on the TSUBAME 2.0 Supercomputer. In Proceedings of IEEE/ACM International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis (SC11), Seattle, November 2011.
- 4) Massimo Bernaschi, Mauro Bisson, Toshio Endo, Massimiliano Fatica, Satoshi Matsuoka, Simone Melchionna, Sauro Succi. Petaflop Biofluidics Simulations On A Two Million-Core System. In Proceedings of IEEE/ACM International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis (SC11), Seattle, November 2011.
- 5) 遠藤 敏夫, 松岡 聡, 額田 彰, 長坂真路, 四津匡康. グリーンスパコン TSUBAME2.0 における電力危機対応運用 . ハイパフォーマンスコンピューティングとアーキテクチャの評価に関する北海道ワークショップ(HOKKE-19), 情報処理学会研究報告, 2011-ARC-189/HPC-132, 9 pages, 2011 年 11 月.
- 6) Toshio Endo. TSUBAME2.0: A Petascale GPU-accelerated Supercomputer, The Second International Conference on Networking and Computing (ICNC'11), Tutorial, Osaka, December 2011.

助教 丸山 直也 (高性能計算システム分野)

性能と生産性を両立するアプリケーションフレームワークに関する研究

【研究の概要と成果】

本年度は JST CREST プロジェクト「高性能・高生産性アプリケーションフレームワークによるポストペタスケール高性能計算の実現」の一環として、TSUBAME2 のような大規模 GPU システムにおけるアプリケーション開発の生産性の向上を目的としたプログラミングモデルの研究開発を行った。具体的にはステンシル計算を対象としたフレームワークである Physis を開発した。Physis はステンシル計算を簡易に記述可能なドメイン特化型言語を有し、同言語で記述されたユーザコードを自動的に各種アーキテクチャ向けに変換する。変換ターゲットとしてこれまでのところ x86 CPU や CUDA GPU およびそれらのクラスタを MPI を用いた並列化によりサポートしており、現在 OpenCL 等の変換ターゲットを開発中である。ユーザコードはアーキテクチャ独立に記述可能であり、CPU や GPU 向けの並列化は自動的に行われる。さらに、ステンシル計算の MPI 並列化においては袖領域交換の通信オーバーヘッドを削減するために通信と計算のオーバーラップが有効であることが知られているが、Physis では自動的にオーバーラップを行うコードを生成可能である。

Physis フレームワークのプロトタイプ実装を TSUBAME およびいくつかのステンシル計算によるアプリケーションを用いて評価を行った。その結果、数百 GPU を用いたウィークスケールリング評価において良好なスケーラビリティを確認した。また、ストロングスケールリングの評価においても多次元分割による性能向上を確認した。本フレームワークのユーザは並列化について一切記述する必要がなく、単一のコードから CPU 用コードや多数の GPU を用いる並列 GPU コードを生成可能であり、分散メモリ並列においては計算対象空間の多次元分割なども自動的に行われる。これによって、ユーザコードを簡潔に記述可能であり、実際にコードサイズを比較した結果 Physis 向けコードは逐次 CPU コードと同程度のサイズであることを確認した。今後は引き続き Physis フレームワークの拡張や性能向上、より多くのアプリケーションへの適用や耐故障性などの実現を行なっていく計画である。

また、本年度は文部科学省による「今後のハイパフォーマンス・コンピューティング技術の研究開発の検討」において、エクサスケールコンピューティングに向けた研究開発ロードマップの策定を行った。本ロードマップは 2012 年 3 月末に公開される予定である。

【発表論文・学会発表等】

1. Leonardo Arturo Bautista Gomez, Dimitri Komatitsch, Naoya Maruyama, Seiji Tsuboi, Franck Cappello, Satoshi Matsuoka, and Takeshi Nakamura, "FTI: High Performance Fault Tolerance Interface for Hybrid Systems," Proceedings of the 2011 ACM/IEEE conference on Supercomputing (SC'11), Seattle, WA, USA, November 2011.
2. Naoya Maruyama, Tatsuo Nomura, Kento Sato, Satoshi Matsuoka, "Physis: An Implicitly Parallel Programming Model for Stencil Computations on Large-Scale GPU-Accelerated Supercomputers," Proceedings of the 2011 ACM/IEEE conference on Supercomputing (SC'11), pp. 11:1--11:12, Seattle, WA, USA, November 2011.
3. Takashi Shimokawabe, Takayuki Aoki, Tomohiro Takaki, Akinori Yamanaka, Akira Nukada, Toshio Endo, Naoya Maruyama, Satoshi Matsuoka, "Peta-scale Phase-Field Simulation for Dendritic Solidification on the TSUBAME 2.0 Supercomputer," Proceedings of the 2011 ACM/IEEE conference on Supercomputing (SC'11), pp. 3:1--3:11, Seattle, WA, USA, November 2011.
4. Mark Silberstein, Naoya Maruyama, "An exact algorithm for energy-efficient acceleration of task trees on CPU/GPU architectures," Proceedings of the 4th Annual International Conference on Systems and Storage (SYSTOR '11), pp. 7:1--7:7, Haifa, Israel, May 2011.
5. 福田圭祐, 丸山直也, 松岡聡, 動的タスクスケジューリングによる CPU/GPU ヘテロジニアス環境での FMM の最適化, IPSJ SIG Technical Report, Vol. 2011-HPC-132 No. 28 (HOKKE), 札幌, 2011 年 11 月.
6. Kento Sato, Adam Moody, Kathryn Mohror, Todd Gamblin, Bronis R. De Supinski, Naoya Maruyama, Satoshi Matsuoka, "Towards an Asynchronous Checkpointing System," IPSJ SIG Technical Report, Vol. 2011-HPC-132 No.18 (HOKKE), Sapporo, November 2011.
7. Aleksandr Drozd, Naoya Maruyama, Satoshi Matsuoka, "Fast GPU Read Alignment with Burrows Wheeler Transform Based Index," Proceedings of the 2011 ACM/IEEE conference on Supercomputing (SC'11), Poster, Seattle, WA, USA, November 2011.
8. Aleksandr Drozd, Satoshi Matsuoka, Naoya Maruyama, "Fast Read Alignment with Burrows Wheeler Transform: the GPU Perspective," IPSJ SIG Technical Report Vol. 2011-HPC-130, Kagoshima, July 2011.
9. 福田圭祐, 丸山直也, 松岡聡, CPU/GPU ヘテロジニアス環境における FMM の最適化, GTC Workshop Japan 2011, ポスター, 六本木, 2011 年 7 月.
10. 福田圭祐, 丸山直也, 松岡聡, CPU/GPU ヘテロジニアス環境における FMM の最適化, SACSIS2011 - 先進的計算基盤システムシンポジウム, ポスター, 秋葉原, 2011 年 5 月.

11. 丸山 直也, エクサフロップス・コンピューティング実現に向けたシステム横断的課題に対する自動チューニング技術の貢献, 第3回自動チューニング技術の現状と応用に関するシンポジウム, パネル, 東京大学, 2011年12月.
12. 丸山 直也, 10年後の大学計算機センターの計算機 ――その仕様と課題について――, T2Kシンポジウム2011, パネル, 京都大学, 2011年11月.
13. 丸山 直也, GPUコンピューティングはそのまま続くのか, SS研科学技術計算分科会-懇談会, パネル, 神戸, 2011年10月.
14. Naoya Maruyama, "Accelerating the TSUBAME Supercomputer with Graphics Processing Units and its Implications for Systems Research," Workshop on Large-Scale Parallel Processing (LSPP'11) in conjunction with IEEE International Parallel and Distributed Processing Symposium (IPDPS'11), Plenary Talk, Anchorage, AK, USA, May 2011.

特任助教 佐藤 仁 (高性能計算システム分野)

細粒度 I/O を考慮したオンデマンド階層型データストア

【研究の概要と成果】

従来のスーパーコンピュータ(スパコン)上では I/O 性能向上のために Lustre や GPFS などの並列ファイルシステムが広く用いられている。しかし、スパコン上のファイルシステムは計算ノード間で共有されるため、複数のユーザの複数のアプリケーションによりメタデータサーバ、及び、I/O サーバ上での I/O 競合が発生し、I/O スループットや IOPS 性能の低下が問題になる。特に、大規模データ処理で発生する I/O は細粒度な I/O が多いため、この I/O 競合の問題が顕著である。この問題を解決するために、我々は、スパコン上のジョブスケジューラと連携して計算ノード上のローカルストレージを集約し、スパコン上の共有ファイルシステムとは独立して階層型ストレージ管理を行うデータストアを構築するオンデマンド階層型データストアを提案した。我々は、予備実験として Montage を用いてワークフローアプリケーションを実行した結果、提案手法がスパコン上の共有ファイルシステムへのファイル操作を抑えられ、getattr の場合で 60%程度であることを確認した。また、TSUBAME2.0 上の PBS Pro ジョブスケジューラと連携して Gfarm ファイルシステムをオンデマンドで構築することで計算ノードに搭載された SSD を集約し、オンデマンドに単一のストレージとして扱うためのツールのプロトタイプを作成し、手法の妥当性を検討した。

複数 GPU を用いた汎用グラフ処理モデル GIM-V 実装におけるデータ配置の最適化

【研究の概要と成果】

近年、SNS 解析、道路ネットワーク、創薬、遺伝子解析等の応用で、数百万頂点~ 数兆頂点、数億枝~数百兆枝からなる超大規模なグラフに対する高速処理が求められており、ペタバイト級の大規模グラフ処理手法として GIM-V と呼ばれる MapReduce プログラミングモデルに基づいた行列ベクトル積の処理モデルが提案されている。しかし、大規模グラフ処理に対して複数 GPU の使用した場合の高速化手法、特に、複数 GPU を利用したときの GPU デバイスへの効率的なデータ割り振り手法は明らかではない。我々は、複数 GPU を用い、MapReduce 処理における通信量削減手法としてグラフ分割の効果について調査した結果、GPU の使用により Map 処理が 7.17 倍の高速化を示した。一方で、Sort, Reduce 処理については高速化を示さず、性能改善の余地があることを示した。特に、グラフ分割によりデータ転送を 54%削減したものの、GPU 毎の負荷が不均衡になる現象が発生することを示した。

PGAS 言語 X10 を用いた Storage Class Memory 考慮した非同期マルチスレッドグラフ探索の設計と実装

【研究の概要と成果】

SC10 において Pearce らにより提案された Storage Class Memory 考慮した非同期マルチスレッドグラフ探索(MAGT)アルゴリズムがある。我々は、PGAS 言語における並列 I/O インターフェースの設計指針や、既存の PGAS 言語での実装の性能、生産性、問題点を明らかにするために、MAGT アルゴリズムを、PGAS 言語 X10 を用いて実装した。プロトタイプを TSUBAME2.0 上の 1 ノードで実行した結果、1 スレッドの実行と比較して最大 9 倍程度の性能向上を確認した。また、同じ MAGT アルゴリズムの C++実装と比較した結果、X10 のプロトタイプコードでは 10%程度の性能低下がみられたが、コード行数においては 40%程度の記述量の削減を確認した。

【発表論文・学会発表等】

- Hitoshi Sato and Satoshi Matsuoka. “Hadoop on the Tsubame2.0 Supercomputer” In Proceedings of the 6th International Conference on Ubiquitous Information and Technologies & Applications, Seoul, Korea, December 2011. (Invited Paper)
- Toyotaro Suzumura, Koji Ueno, Hitoshi Sato, Katsuki Fujisawa and Satoshi Matsuoka. “Performance Characteristics of Graph500 on Large-Scale Distributed Environment” In Proceedings of 2011 IEEE International Symposium on Workload Characterization, pp. 149-158, Austin, USA, November 2011.
- Sumeth Lerthirunwong, Hitoshi Sato, and Satoshi Matsuoka. “Multi-Ring Structured Overlay Network for the Inter-Cloud Computing Environment” In Proceedings of the 1st International Conference on Cloud Computing and Services Science (CLOSER 2011), pp. 5-14, Noordwijkerhout, the Netherlands, May 2011.
- 滝澤真一郎、松岡聡、友石正彦、佐藤仁、東田学、” Point-of-Presence連携によるe-サイエンス分散環境” , インターネットカンファレンス 2011, 福岡県福岡市、2011 年 10 月
- 白幡晃一、佐藤仁、鈴木豊太郎、松岡聡、” マルチGPU 上での大規模グラフ処理の実現にむけて”、情報処理学会研究報告、2012-HPC-130、鹿児島県鹿児島市、2011 年 7 月
- 佐藤仁、松岡聡、” 細粒度I/O を考慮したオンデマンド階層型データストアの実現にむけて”、情報処理学会研究報告、2012-HPC-130、鹿児島県鹿児島市、2011 年 7 月
- 斎藤貴文、佐藤仁、松岡聡、” 大規模並列ファイルシステムに対するワークフローアプリケーションの I/O 性能解析”、情報処理学会研究報告、2012-HPC-130、鹿児島県鹿児島市、2011 年 7 月
- 安井雄一郎、藤澤克樹、佐藤仁、鈴木豊太郎、後藤和茂、” 計算機のメモリ階層構造を考慮した高性能ネットワーク解析ライブラリNETAL”、情報処理学会研究報告、2011-HPC-132、北海道札幌市、2011 年 12 月
- 白幡晃一、佐藤仁、鈴木豊太郎、松岡聡、” 汎用グラフ処理モデルGIM-Vの複数GPUによる大規模計算とデータ転送の最適化”、情報処理学会研究報告、2012-HPC-133、2012 年 3 月.
- Jiayue Zhang, Hitoshi Sato, Satoshi Matsuoka, “Towards Fast PGAS Implementation

of Multithreaded Asynchronous Large-Scale Graph Traversal for Supercomputers
with Local Semi-external Memory” , IPSJ SIG Technical Report, 2012-HPC-133,
Hyogo Kobe, 27 Mar 2012

特任助教 滝澤 真一郎 (先端研究部門)

分散環境における資源連携に関する研究

【研究の概要と成果】

ネットワーク分散した種々の計算機資源を統合して、科学技術の新発見・融合研究領域の開拓を促進する研究手法として e-サイエンスがあるが、情報基盤センター群が有する大規模スパコンはその計算資源として十分利活用されていない。これは、既存の e-サイエンス実現のための基盤システムでは、システム間でソフトウェア的、あるいは運用ポリシーにおいて一定の合意が必要であり、それらがスパコンのポリシーと相違があるためである。そこで、RENKEI-PoP と名付けたストレージサーバを、スパコンのような計算システムのゲートウェイサーバとして設置し、RENKEI-PoP が互いに連携し合い拠点間データ共有、ワークフローツールの様な複数の計算資源を協調させたサービス群を実行する分散環境の提案・実装を行った。

本研究は 2009 年より継続して行ってきたが、今年度は以下を実施した。

1. 広域分散VM管理システム「RENKEI-VPE」の開発と配備

地域分散したサーバ上への VM (仮想マシン) 動的配備を行うシステムである RENKEI-VPE を開発し、RENKEI-PoP 群に配備した。RENKEI-VPE は VM 起動制御には KVM, libvirt, OpenNebula を用い、VM で使用するシステムデータ (OS イメージ) は広域分散ファイルシステムである Gfarm に格納する。任意の拠点のサーバに対して、共通した OS イメージを用いた VM を容易に多数配備できるシステムである。この RENKEI-VPE を東工大、北海道大学、国立情報学研究所、高エネルギー加速器研究機構に設置されている RENKEI-PoP に配備した。3 分程度でどの拠点にも VM を起動できることを確認した。

2. TSUBAME2.0 と RENKEI-PoP 間共有ストレージの連携

2010 年間に配備した、Gfarm により構築された RENKEI-PoP 間広域共有ストレージに対して、TSUBAME 計算ノードから ssh、gfarm 認証でアクセスできる様にシステム構成を行った。これにより、TSUBAME 上で行った計算結果を透過的に共有ストレージに書き込み、他拠点の計算資源で利用できるようになった。逆方向の利用 (TSUBAME 計算で必要とするデータを共有ストレージから読み込む) も可能である。これを実現するために、東工大に配備した RENKEI-PoP、および RENKEI-PoP 管理サーバを TSUBAME 内部ネットワークに接続し、RENKEI-PoP のアカウントと TSUBAME アカウントを統一した。RENKEI-PoP 間では GSI 認証が有効なため、利用者は TSUBAME アカウントを意識する必要は無い。

3. RENKEI-PoP 利用者支援

RENKEI-PoP 環境の利用者支援を行った。主な利用者・アプリケーションを以下に挙げる。名古屋大学 太陽地球環境研究所の 3 次元グローバル電磁流体力学的(MHD)シミュレーション。北海道大学 情報基盤センターの異種クラウドシステムの連携方式検証システム。国立情報学研究所の 3 次元タム崩壊シミュレーションなど。

HPCI 配備・運用に関する研究

【研究の概要と成果】

HPCI (High Performance Computing Infrastructure) の配備について、理化学研究所、国立情報学研究所、全国共同利用基盤センター群、筑波大学らと仕様策定を行い、運用のためのドキュメント整備、HPCI 試験環境の配備、それを用いた HPCI アカウント発行フローの試験運用を行った。

HPCI は情報基盤センター群が所有するスパコンの利用を促進するプロジェクトであり、HPC 研究者が容易に複数拠点のスパコンを利用するための、認証やデータ共有を支援することが主目的である。仕様としては、スパコンを含む HPCI 計算資源間でのシングルサインオン、ワンストップで HPCI 計算資源にアカウントを発行するアカウント発行フローを含む利用者支援、HPCI 計算機資源から利用可能な共用ストレージ、コンピュータサイエンス系研究を支援するための先端ソフトウェア運用基盤の 4 つの仕様策定を行った。先端ソフトウェア運用基盤の仕様策定は、私を中心に東工大がリードしている。先端ソフトウェア運用基盤は OS、システムソフトウェア研究、特定 OS に依存する ISV ソフトウェアを必要とする研究など、実験に root 権限が必要な環境を用いる研究や、分散システムの研究といったグローバルネットワーク・広域分散環境を必要とする研究を支援するシステム基盤であり、上記 RENKEI-VPE を用いた運用仕様を定めている。

HPCI 試験環境の配備については、TSUBAME2.0 に HPCI 認証仕様で定められている GSI-SSH に対応したログインサーバ、および、HPCI ポータルでの認証で使用する Shibboleth IdP を構築した。また、先端ソフトウェア運用基盤については、RENKEI-VPE の管理サービスを東工大に配備し、VM 実行サーバとしては東工大、北大、東大、九大から提供される資源の接続を進めている。

【発表論文・学会発表等】

- 滝澤真一郎, 棟朝 雅晴, 宇野 篤也, 小林 泰三, 實本英之, 松岡聡, 石川 裕. 広域分散環境を提供する HPCI 先端ソフトウェア運用基盤の設計, 第 130 回 ハイパフォーマンスコンピューティング研究発表会 2011 年並列/分散/協調処理に関する 『鹿児島』サマー・ワークショップ (SWoPP 鹿児島 2011), Jul. 2011.
- 滝澤真一郎. RENKEI-PoP による広域分散 VM ホスティングの構築, アカデミッククラウドシンポジウム 2011@北海道大学, Aug. 2011.

- 滝澤真一郎, 松岡聡, 友石正彦, 佐藤仁, 東田 学. Point-of-Presence 連携による e-サイエンス分散環境, インターネットカンファレンス 2011, Oct. 2011.
- 合田憲人, 東田学, 坂根栄作, 天野浩文, 小林克志, 棟朝雅晴, 江川隆輔, 建部修見, 鴨志田良和, 滝澤真一郎, 永井亨, 岩下武史, 石川裕. 高性能分散計算環境のための認証基盤の設計, 先進的計算基盤システムシンポジウム (SACSYS2012), May, 2012. (to appear)

産学官連携研究員 額田 彰 (高性能計算システム分野)

GPUによる高速フーリエ変換の高速化に関する研究

【研究の概要と成果】

GPU の利用による各種数値計算の高速化は今日既に十分に普及してきたといえる。従来のアクセラレータは多数の演算コアを搭載したもので演算量の極めて多い計算において高速化を実現するものであったが、GPU はメモリバンド幅においても優れたアクセラレータであるためより広範囲な計算に対応することが可能である。高速フーリエ変換(FFT)は信号処理、画像解析、マルチメディア処理のような小規模なものからスーパーコンピュータを利用するような大規模なシミュレーションまで幅広く用いられる重要な計算であるが、演算性能だけでなくメモリアクセス性能の要求も高いため従来のアクセラレータでは対応できなかった。

GPU による FFT 計算の高速化は単純ではない。GPU のメモリアクセスは汎用 CPU のメモリやベクトルプロセッサのそれとも異なる性質をもち、理論ピーク性能に近いメモリアクセス性能を得るためにはメモリアクセスの局所性や各スレッド間でアクセス箇所を調整することが不可欠であり、またキャッシュメモリの容量が限られる GPU ではキャッシュを搭載する CPU 用のアルゴリズムとベクトルプロセッサ向けのアルゴリズムのどちらでもない新たな計算手法を開発する必要がある。また FFT の演算量を $O(N \log N)$ に削減するアルゴリズムはデータサイズに依存するため、ライブラリ化する場合にはデータサイズ毎に自動最適化を行う仕組みが不可欠であった。

上記は NVIDIA 製の GPU を対象にプログラミング環境として CUDA を用いた。しかし他にも AMD 製 GPU や Intel の MIC アーキテクチャなどのメニーコアプロセッサが多数存在する。それらにも対応するためにオープン規格である OpenCL を用いた実装を行った。OpenCL と CUDA のプログラム言語は類似する点が多く、FFT の計算の場合は特にデバイス側で動作するカーネルプログラムの実装方法は酷似している。唯一異なる点は FFT の計算に必要な \cos, \sin の三角関数テーブルの扱いで、CUDA ではテクスチャメモリに配置しているのに対して OpenCL ではコンスタントメモリに配置していることである。最新の AMD RADEON HD 7970 を使った場合には倍精度で最高 274GFLOPS (実効メモリバンド幅 195GB/s 以上) の非常に高い計算性能を実現した。OpenCL での実装されたコードはポータビリティがあり、NVIDIA 製 GPU で動作させることも可能である。しかしながら性能の可搬性は限られており、CUDA による実装よりもかなり低い性能に留まる。

また大規模なシミュレーションで不可欠なのは複数 GPU 計算への対応である。GPU に搭載されるメモリはバンド幅が高い一方、容量が限られるという問題があるため、複数 GPU を使用せざるを得ないアプリケーションも多い。複数 GPU を用いることで演算性能を增强することが可能であるが、その反面 GPU 間でのデータの転送も必要となる。FFT の計算において

はほぼ全てのデータを他の GPU へ転送する必要がある。GPU のメモリバンド幅より遥かに低速な PCI-Express バスや InfiniBand などを経由したデータ転送のコストは大きく、全くデータ転送がない単独 GPU の演算性能を超えることは難しい。CUDA バージョン 4.0 で PCI-Express ネットワーク経由で GPU 間の直接通信や、GPU と InfiniBand の協調動作などがサポートされた。CUDA バージョン 3 では 1GPU の性能を超えることすら厳しい状況であったが、CUDA バージョン 4 の機能を活用することでシングルノード 4GPU では約 2 倍、32 ノード 32GPU では約 4 倍の性能向上を実現することに成功した。

【発表論文・学会発表等】

[1] Akira Nukada, Hiroyuki Takizawa, and Satoshi Matsuoka. “NVCR: A Transparent Checkpoint-Restart Library for NVIDIA CUDA”, In Proc. of 20th Heterogeneity in Computing Workshop (HCW 2011), in conjunction with IPDPS 2011, Anchorage, AK, USA, May 2011.

[2] 遠藤 敏夫, 額田 彰, 松岡 聡. スーパーコンピュータ TSUBAME 2.0 における Linpack 性能 1 ペタフロップス超の達成. 先進的計算基盤システムシンポジウム(SACSIS2011)論文集, 2011年5月.

[3] Akira Nukada, “Fast Fourier Transform for AMD GPUs”, AMD Fusion Developer Summit 2011, Bellevue, WA. Jun. 2011.

[4] Shuntaro Yamazaki, Akira Nukada, Masaaki Mochimaru, “Hamming Color Code for Dense and Robust One-shot 3D Scanning”, In Proc. of the 2011 British Machine Vision Conference, Dundee, Scotland, Springer, Aug. 2011.

[5] 遠藤 敏夫, 額田 彰, 松岡 聡. スーパーコンピュータ TSUBAME 2.0 における Linpack 性能 1 ペタフロップス超の達成. 情報処理学会論文誌コンピューティングシステム, Vol. 4, No. 4 (ACS 35), pp. 169–179, 2011年10月.

[6] Takashi Shimokawabe, Takayuki Aoki, Tomohiro Takaki, Akinori Yamanaka, Akira Nukada, Toshio Endo, Naoya Maruyama, and Satoshi Matsuoka, “Peta-scale Phase-Field Simulation for Dendritic Solidification on the TSUBAME 2.0 Supercomputer”, In Proc. of 2011 ACM/IEEE International Conference for High Performance, Networking, Storage, and Analysis (SC’ 11), Seattle, ACM Press, Nov. 2011. (Technical Paper and Gordon Bell Award finalist.)

[6] 遠藤 敏夫, 松岡 聡, 額田 彰, 長坂 真路, 四津 匡康, “グリーンスパコン TSUBAME2.0 における電力危機対応運用, 情報処理学会研究報告, Vol. 2011-ARC-197/HPC-132, pp. 1–9, 2011年11月.

[7] Akira Nukada, Yutaka Maruyama, Satoshi Matsuoka. “High Performance 3-D FFT using multiple CUDA GPUs” , In Proceedings of the Fifth Workshop on General Purpose Processing using Graphics Processing Units (GPGPU-5) in conjunction with ACM ASPLOS XVII, London, UK, 7 pages, ACM Press, Mar. 2012.

非同期集団通信ライブラリ uKACC の開発

【研究の概要と成果】

科学技術振興機構戦略的創造研究推進事業「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」プロジェクトの一環として、クラスタ型スーパーコンピュータにおける効率的な非ブロッキング通信機構の実現を目標に研究を行っている。

クラスタ型スーパーコンピュータでは、多数の計算ノードが連携してデータを交換しながら全体として大きな計算を実現するが、近年ノード数が増加する傾向があることにより、通信がアプリケーションの実行時間を左右することが多くなってきている。特に多数のノードが同期して通信を行う集団通信（集合通信）がアプリケーションのボトルネックとなり、集団通信の効率化がアプリケーションの高速化に向けて必須の課題となっている。

このような流れを受けて集団通信を非ブロッキング化して計算とオーバーラップさせるという手法が認知されてきており、次世代通信ライブラリ規格である MPI-3.0 においても非ブロッキング集団通信の API が標準化される予定であるが、集団通信が本質的には実行順序に依存関係のある 1 対 1 通信の組み合わせであり、通信の実行タイミング制御のために不必要な CPU 資源を消費してしまう、もしくは計算を優先するあまり通信のタイミング制御ができず通信がなかなか実行されないなど、本来の目的である計算とのオーバーラップが実現できない実装となっていることが多いという問題がある。

本研究では、非ブロッキング集団通信において計算と通信が効率的にオーバーラップすることを保証すべく、CPU に過剰な負荷をかけることなく高優先度で通信を処理する非同期集団通信ライブラリ uKACC を開発した。uKACC はボルドー大学・INRIA で開発されている通信ライブラリ NewMadeleine と連携することで、適切な優先度での通信スケジューリングを可能としている。これにより 10%以下の CPU 負荷で従来手法と同等の通信性能を実現することができた。

【発表論文・学会発表等】

- 1) Akihiro Nomura, Yutaka Ishikawa, Naoya Maruyama, Satoshi Matsuoka, “Design and Implementation of Portable and Efficient Non-blocking collective Communication”, The 12th IEEE/ACM International Symposium on Cluster, Cloud and Grid Computing (CCGrid 2012), May 2012. (To Appear)
- 2) 野村 哲弘, 石川 裕, “非同期コレクティブ通信の実装方式の検討”, 情報処理学会研究報告 Vol. 2011-HPC-130 (SWoPP 2011), 2011 年 7 月

客員教授 小林 宏充 (先端研究部門)

GPUを用いた格子ボルツマン法によるLES(Large-Eddy Simulation)の検討

【研究の概要と成果】

GPUはこれまで主流であったCPUによる計算に比べ数十倍から数百倍の高速計算を可能にする新しい演算装置である。GPUでは多くのスレッドで同時に並列計算を行うことにより、高速化が実現される。非定常な乱流現象をモデル化し計算する手法がlarge-eddy simulation(LES)である。その非定常な計算結果から統計平均した結果を得るためには、長時間の時間進行が必要である。一方、乱流はカオス的な要素を含み、高解像度計算が要求される。これまでCPUにおいては、非圧縮性のナビエ・ストークス方程式に対して、高次精度差分を用いて、圧力のポアソン方程式を解く手法が用いてこられたが、ポアソン方程式の高速化が困難なこともあり、統計結果を得るには多くの計算時間を必要としてきた。壁のある流れなどでは、壁面から格子間隔が緩やかに広がるような格子を配することによって、計算格子点を減らすことができる点が利点として挙げられる。

一方で格子ボルツマン法では、非圧縮性流体を対象とする場合には、低マッハ数近似をしたボルツマン方程式に基づき、等間隔に配置された格子を用いて計算点の周囲の格子に密度や速度などの情報を伝えながら計算を進める。ポアソン方程式を解かずに時間進行ができる点が利点であるが、等間隔の格子点しか使えないので、壁のある流れなどでは多くの計算点を必要とし、計算時間も増大することから、乱流計算への応用はあまり進んでいなかった。また、空間精度が2次精度に限られる点が懸念されるが、等間隔格子を利用しているためCFL条件1を満たす速度で常に周囲へ情報の移動させることから、時間空間に高精度が求められる乱流に対しても高精度計算が期待できる。

そこで本研究では、まず平行平板間乱流において乱流をモデル化しない直接計算を行い、流体計算から得られた直接計算の結果と比較をした。その結果、流体計算に比べて数100倍の格子点を必要とするが、GPUを用いることによりCPUに比べて実時間ではかなり速くなることが分かった。また、格子ボルツマン法から得られた統計分布は流体計算と等しい結果となることを確認した。実用的な乱流計算を行うためには、やはり格子点数を減らすことが必要であり、格子サイズ以下の乱流をモデル化するLESを検討した。直接計算よりも大きな格子を用いると壁近くの乱流が解像できないので、現在の流体計算に用いられるLESのモデルを用いても、平均速度分布が改善されない結果となった。そこで、壁近くは壁近くの乱流構造がおおよそ解像できる程度に細かい格子を用いて、壁から離れた場所では倍の大きさの格子を用いることで、LESを行うことにした。2次元キャビティ流れの検証で格子点の大きさを変える手法の検証を行い、良好な結果を得た。平行平板間乱流で検証をしたところ、壁近くの格子を細かくしたことで、適切に乱流の平均速度分布を得ることが可能となり、LESのモデルの影響を加味できることを確かめた。

空間相関を高めた SGS モデルの検討

【研究の概要と成果】

LES は、格子以下の乱流をモデル化し、それ以上の大きさの渦は直接計算する乱流計算手法である。格子サイズからそれ以下のサイズ(サブグリッドスケール:SGS)へのエネルギー輸送をモデル化することが大事であるが、その輸送は渦の周りで顕著に起こることが直接計算の結果などで明らかにされた。渦のような乱流中の構造に着目した SGS モデルを開発し、様々な流れ場で良好な結果を得た。通常は 2 もしくは 4 次精度差分法と組み合わせて計算を行うが、保存系 IDO 法は壁方向にも 4 次精度を保持することから、IDO 法とその SGS モデルを組み合わせて、高次精度を保ちつつ、従来の差分法よりも高速に計算できることを実証した。

現在の SGS モデルは、エネルギー輸送レベルでのモデル化を行っており、スカラ量であるエネルギーレベルでは直接計算からの結果と高い空間相関が得られている。一相の流体計算を行っている場合は、このレベルで十分であり、必要な結果が高速に計算できる上記手法はとても有益である。一方で、元来テンソル量である SGS 応力テンソルのレベルでの空間相関は低いままとなっている。テンソルレベルで空間相関の高いモデルを作成すると、エネルギーレベルでは、必要な量の輸送を予測できない結果となり、現時点ではどちらのレベルにおいても高空間相関を満たし、必要とされる SGS へのエネルギー輸送量を予測するモデルは、それぞれの長所を組み合わせた混合モデル以外見つかっていない。混相流のような計算では、その格子点での瞬時の速度が重要となり、テンソルレベルでの高精度モデルが必要とされる。

そこで、スケール相似則モデルに基づいたモデル化では、正と負の輸送が現れるが、正の輸送のみを用いる方法で、モデル化を行い両者を満たすモデル化が可能であることが分かった。

【発表論文・学会発表等】

- [1] Naoyuki Onodera, Takayuki Aoki, Hiromichi Kobayashi, “Large-Eddy Simulation of Turbulent Channel Flows with Conservative IDO Scheme”, Journal of Computational Physics, Vol. 230, No. 14, pp. 5787-5805 (2011.5)
- [2] 小林宏充, 「空間相関を高めた SGS モデルの検討」, 日本物理学会 2011 年秋季大会, 講演要旨集, 富山 (2011.9)
- [3] 小林宏充, 「LES における乱流構造に基づく SGS モデルの開発」, 第 1 回計算力学シンポジウムプログラム, 東京 (2011.11) (日本学術会議における招待講演)

7-3 受賞学術賞等

青木 尊之:

応用数学会・業績賞 (2012年2月6日)

ACM ゴードンベル賞 (Special Achievements in Scalability and Time-to-Solution) :
TSUBAME 2.0スパコンにおける樹枝状凝固成長のフェーズフィールド法を用いたペタスケール・シミュレーション, 2011年11月17日

日本計算力学連合・日本計算力学賞 (2011)

渡辺 陽介

情報処理学会学生奨励賞 Xuehua Jiang, Yousuke Watanabe and Haruo Yokota "Evaluation of a Power Saving Method Storing XML Data", 第 152 回データベースシステム・第 103 回情報基礎とアクセス技術合同研究発表会, 2011 年 8 月.

優秀インタラクティブ賞, 学生奨励賞 宋強, 川端貴幸, 伊藤史朗, 渡辺陽介, 横田治夫,
「ファイルレコメンデーションのためのファイル利用履歴に基づくタスク間ワークフロー抽出手法」 DEIM Forum 2012, 2012 年 3 月.

8 業務貢献

8-1 専門委員会所属・開催状況

| 氏名 | 認証基盤 | ネットワーク | コンピュータシステム | | グローバル 資源 | 共同利用 | 広報 |
|--------|------|--------|------------|-------|-------------|------|----|
| | | | (研究系) | (教育系) | | | |
| 佐伯元司 | ○ | | | ○ | | ○ | |
| 高木茂孝 | ○ | ○ | ○ | ○ | | | |
| 青木尊之 | | | | ○ | ○ | ◎ | ○ |
| 山口雅浩 | ◎ | ○ | | | | | |
| 権藤克彦 | ○ | ○ | ○ | ◎ | | | |
| 友石正彦 | | ○ | ○ | | | | |
| 松岡 聡 | | ○ | ◎ | | ○ | ○ | |
| 山口しのぶ | | | | | ◎ | | |
| 飯田勝吉 | ○ | ◎ | | | | | |
| Pティラポン | | | ○ | | ○ | | ○ |
| 関嶋政和 | | | ○ | | ○ | ○ | ◎ |
| 渡邊陽介 | ○ | | | | | | ○ |
| 友石正彦 | | ○ | | ○ | | | |
| 渡邊寿雄 | | | | | | ○ | ○ |
| 益井賢次 | | ○ | | | | | |
| 佐藤 仁 | | | | ○ | | | |
| 滝澤真一朗 | | | | ○ | | | |

| | | |
|-----------------------|--------------------|-----|
| 専門委員会開催数 (メール審議含む) | 認証基盤専門委員会 | 2回 |
| | ネットワークシステム専門委員会 | 6回 |
| | コンピュータシステム専門委員会 | 10回 |
| | 研究システムWG | 0回 |
| | 教育システムWG | 0回 |
| | TSUBAME課金検討WG | 2回 |
| | グローバル情報資源活用協働専門委員会 | 6回 |
| | 共同利用専門委員会 | 5回 |
| | 広報専門委員会 | 3回 |
| SC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 | 47回 |
| | ネットワークシステム | 48回 |
| | コンピュータシステム | 25回 |
| | 研究システム | 60回 |
| | 教育システム | 11回 |
| | 共同利用・共用促進事業 | 3回 |

8-2 学内業務関連委員等就任状況

| 委員会等名 | 氏名（役職）一覧 |
|------------------------------------|----------------|
| 情報基盤統括室 | 佐伯（室長補佐），高木，青木 |
| 図書情報部会リサーチリポジトリWG | 渡辺（陽） |
| リサーチリポジトリシステムサブWG | 渡辺（陽） |
| STAR Search WG | 渡辺（陽） |
| STAR Search システムサブWG | 渡辺（陽） |
| 国際室 | 山口（アドバイザー） |
| 国際室海外拠点運営室 | 山口， ティラポン |
| 東工大タイ拠点チーム | ティラポン |
| 東工大中国拠点チーム | 山口 |
| 日中学長会議WG | 山口 |
| OECD 高等教育における学習成果の評価 (AHELO) WG | 山口 |
| グローバルエンジニアエクセレンス (GEE) WG | 山口 |
| 日中大学フォーラムWG | 山口 |
| UNESCO Fellow WG | 山口 |
| 技術部 | 伊東（技術部長） |
| 技術部情報基盤支援センター | 渡辺（センター長） |
| 情報倫理委員会 | 渡辺，伊東 |
| 東工大クロニクル編集グループ委員 | ティラポン |
| 東京工業大学HP編集グループ委員 | 友石， 隅水 |

8-3 調査・広報活動（見学・来賓・式典対応状況）

| 件名 | 対応者氏名 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 東工大学生・大学院生および他大学数名 (04/028/2011) | 丸山 |
| Institute of Computer Science Faculty of Mathematics, Physics and Computer Science Maria Curie-Sklodowska University in Lublin, Poland (07/01/2011) | 丸山 |
| (株) MERSTech (04/19/2011) | 松岡 |
| 民族史観高等学校 (04/21/2011) | 滝澤 |
| NVIDIA (04/21/2011) | 松岡 |
| GPU 講習会参加者 (08/03/2011) | 丸山 |
| 情報理工・香川高専 (08/09/2011) | 渡邊（寿） |
| IDC Program/HPCU User Forum (08/10/2011) | 松岡、遠藤 |
| 電気学会電子回路技術委員会 (08/29/2011) | 滝澤 |
| インテルヨーロッパ研究所等 (09/09/2011) | 佐伯 |
| オフィス香山 (09/26/2011) | 佐伯 |
| 工大祭 TSUBAME 一般公開 (10/22・23/2011) | 佐伯、丸山、渡邊（寿）、滝澤 |
| 韓国教育科学技術部（文部科学省大臣官房国 際課） (11/18/2011) | 青木 |
| キングモンクット工科大学 (11/25/2011) | 佐藤 |
| Amazon Data Serviced Japan (12/06/2011) | 松岡 |
| イリノイ大学、カリフォルニア大学等 (08/19/2010) | 佐伯 |
| Israel Institute of Technology , Haifa University (01/11/2012) | 佐藤 |
| (独) 理化学研究所 (01/26/2012) | 松岡 |
| プロジェクト IT 岩見沢 クロス・マーケテ ィング北海道えいでん&R&A コミュニケー ションズ (01/27/2012) | 遠藤 |
| 米国ローレンスバモア国立研究所 (02/22/2012) | 佐伯、青木 松岡 |

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Computer Science department at the Technion-Israel Institute of Technology (02/27/2012) | 佐藤 |
| Poznan Supercomputing and Networking Center, Poland (03/08/2012) | 青木、佐藤 |
| フュージョンアイオー株式会社 (03/15/2012) | 佐藤 |
| 東京工業大学工学部金属工学科 (03/16/2012) | 遠藤 |
| Zuse Institute Berlin, University of Padova, 中央大学 (03/29/2012) | 松岡 |
| Agency for Science, Technology and Research, 早稲田大学 情報通信研究機構 (03/29/2012) | 松岡 |

8-4 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 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| GSIC 国際ワークショップ Joint International Workshop on HPC for Natural Disaster and GPU Computing の Asian Institute of Technology (06/27/2011) | 青木 |
| GSIC 国際シンポジウム International Symposium on Earthquake Hazard Potential and Preparedness for Safety in Coal Minig (07/22/2011) | ティラポン |
| GSIC 国際ワークショップ IIT Madras-Tokyo Tech Joint Workshop on Bilinformatics and Large Scale Data Analysis (07/15/2011) | 関嶋 |
| GSIC 国際ワークショップ International Workshop on Seismic Mitigation of Geotechnical Works (07/19/2011) | ティラポン |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| GSIC 共済国際シンポジウム ユネスコ・東工大・モンゴル教育文化科学省共催地域シンポジウム (07/28/2011) | 山口 (し) |
| 第18回スパコンコンテスト (08/20~08/24/2011) | 佐伯, 権藤, 遠藤, 佐藤, 滝澤 |
| GSIC 主催国際ワークショップ (タイ) International Workshop on “Groundwater Decontamination and Quality Evaluation” (09/12/2011) | ティラポン |
| 平成23年度 文部科学省共用等促進事業 シンポジウム (10/19/2011) | 佐伯, 青木, 渡邊 (寿) |
| SuperComputing 2011 ブース出展 (11/12~11/18/2011) | 松岡, 青木, 関嶋, 丸山, 遠藤, 渡邊 (寿), 佐藤, 滝澤 |
| Gaussian ワークショップ 2012 (02/20~02/24/2012) | 青木 |

8-5 仕様策定・技術審査対応状況

| 件名 | 対応部門・人数 |
|-----------------------------|------------------------------------|
| クラウド型グリーンスーパーコンピュータ | 渡辺, 青木, 松岡, 飯田, 関嶋, 根本, 山梨, 安良岡 |
| プロジェクト及びバックアップ用対外 接続ルータ | 滝澤, 隅水, 友石, 森谷 飯田, 益井, 山崎 |
| ゲノム相同性検索加速装置 | 青木, 関嶋, 松岡, 丸山 |
| ソフトウェア包括契約 | 渡辺, 伊東, 久能, 根本, 小野, 新里, 一瀬, 藤田 |
| 教育用電子計算機システム | 渡辺, 松岡, 望月, 飯田, 鶴見, 安良岡 |
| ICカードパーソナライズソフトウェア ライセンス | 伊東, 一瀬, 井上, 新里 |
| ペタスケール階層型ストレージ管理システム | 松岡, 佐藤, 小野, 安良岡, 藤田 |

8-6 国際共同研究コーディネート・マッチング状況

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