

戦略的創造研究推進事業 CREST
研究領域「情報システムの超低消費電力化を
目指した技術革新と統合化技術」
研究課題「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」

研究終了報告書

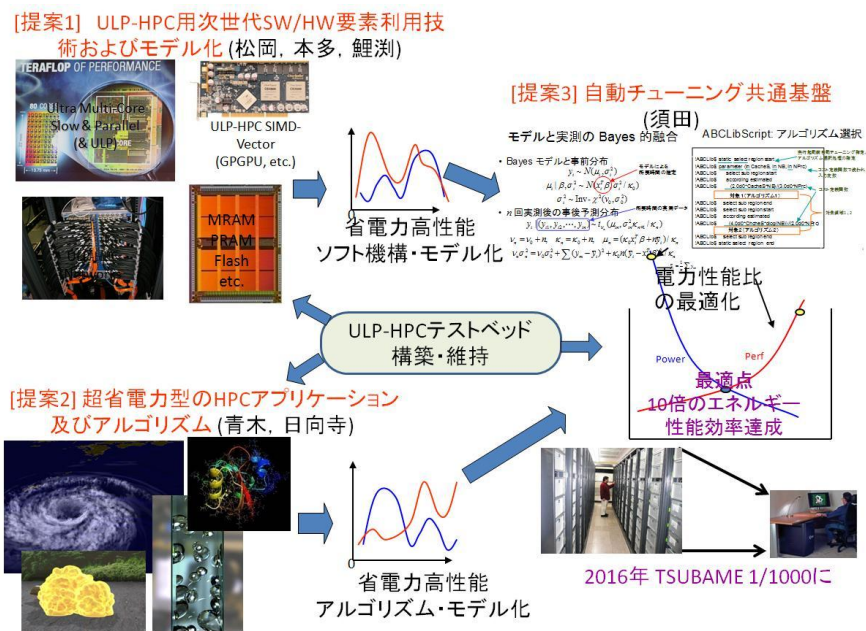
研究期間 平成19年10月～平成25年3月

研究代表者: 松岡 聡
(東京工業大学学術国際情報センター、
教授)

§ 1 研究実施の概要

(1) 実施概要

高性能計算(HPC)の大規模化・高性能化を阻害する要因として近年特に問題となっているのが、処理能力の向上と引換えに電力消費が急速に増大していることである。そこで本チームとしては、10年後にHPCの性能あたりの電力効率を現状の1000倍とすることを目標としたULP-HPC(Ultra Low Power HPC)を提案してきた。方法としては[1] 超マルチコア・ベクトルアクセラレータ・次世代省電力メモリ・省電力高性能ネットワークなどのハードウェア要素を活用するための、演算ライブラリやスケジューリングなどの高性能・低消費電力ソフトウェア基盤の研究開発、および[2]数理的な新しい手法に基づいた性能モデル・および省電力の自律・自動最適化(チューニング)基盤技術の研究開発を軸とする。そして[3]実際の大規模HPCアプリケーションにおいても自動最適化や省電力ハードウェア・ソフトウェア基盤を活用する省電力化アルゴリズムを開発し、以上の連携により目標を達成する。



本プロジェクトの研究成果は、東京工業大学 TSUBAME1/2 スパコンなどの世界トップクラスのスパコンの設計・運用へフィードバックされてきた。特に2010年11月に松岡が主導して導入・運用開始したTSUBAME2.0は、GPUアクセラレータやFlash SSDなどの大規模導入を行うことにより、我が国初のペタフロップス達成、世界4位の演算性能、および世界一省エネ性能に優れた運用スパコン(Greenest Production Supercomputer)認定を受けるという成果を挙げた。さらにTSUBAME2.0のほとんど全ての4000GPUを利用し、大規模HPCアプリケーションである樹枝状凝固計算にて2.0PFlops、1468GFlops/Wattという省電力・高性能を達成し、HPC分野の最高峰の学術賞であるGordon Bell賞を受賞した。

以上のような成果達成に寄与した各グループの研究項目の概要を以下に示す。

[1] 高性能・低消費電力ソフトウェア基盤

以下のような項目について研究を推進してきた:(1-1)GPUアクセラレーションに注目し、高性能・低消費電力ソフトウェアの最適化技法を多数提案・実装した(主に松岡グループ・須田グループ)。計算対象はFFT、行列ソルバー、モンテカルロ木探索や文字列照合など多岐に渡り、多くは自動最適化がなされている。その中で、数千GPUをスケーラブルに活用しつつCPU/GPUの特性を考慮し負荷分散を行う密行列ソフトウェアの実現は、TSUBAME2.0のGreenest Production

Supercomputer 受賞に必要不可欠であった。(1-2)アクセラレータの利用を容易にするために、プラットフォームをまたいだプログラミング API として、既存の標準的インタフェースである OpenMP を用いて GPU に対応可能な処理系 OMPCUDA の開発を行った(本多グループ)。(1-3) DRAM よりも省電力な不揮発性メモリの高度利用技術や、Flash SSD を効率利用するチェックポイント技術の提案評価を行い(松岡グループ)、TSUBAME2.0 への Flash SSD の装備による省電力化を推進した。(1-4)インターコネクトの省電力化のために、リンク・スイッチの電力モデルを構築し、動的にリンク On/Off 制御を行う手法や通信パターンに応じた動的ロボロジの変更による電力最適化の研究を行った(鯉渕グループ)。(1-5) HPC システム全体の最適化を行うため、非均質システムを対象としたスケジューラ・高信頼化システムソフトウェアの基盤研究を行い(松岡グループ)、震災後における TSUBAME2.0 節電運用に活用されている。

[2] 自動チューニング基盤技術:

高性能・低消費電力のための自動チューニング技術の研究について、東大須田グループを中心に推進した。主要なテーマは以下の通りである:(2-1)計算システムの消費電力モデルを構築した。(2-2)低消費電力化自動チューニング数理基盤の研究を推進し、中でもオンライン自動チューニングとワンステップ近似およびそれらの発展形を開発し、世界的な自動チューニング研究のなかにあって極めて独自の成果を挙げた。(2-3)低消費電力化自動チューニングプログラミングシステムとして、ABCLibScript および ppOpen-AT の低消費電力のための拡張を行った。これらの成果により高性能・低消費電力ソフトウェアの実現が可能となった。

[3] 大規模 HPC アプリケーション:

超省電力型の HPC アプリケーション及びアルゴリズムの研究開発を、東工大青木グループを中心に推進した。まず様々なステンシル系アプリケーションのアクセラレータ上における詳細調査により、大規模アプリケーションの消費エネルギーに大きく影響を与えるパラメタの洗い出しを行い、それらは TSUBAME2.0 設計へフィードバックされた。さらに GPU が真に HPC アプリケーションに適用できることを示すために種々の多数 GPU 利用アプリケーションおよび最適化技法を提案・評価した。なかでも、新材料開発を目的としたフェーズフィールド法による樹枝状凝固計算を TSUBAME2.0 はほぼ全体(4000GPU)を使って計算し、2.0 PFLOPS の実行性能と 1468 GFLOPS/W という高い電力性能を達成し、Gordon Bell 賞受賞の中心的役割を果たした。さらに平成 24 年 10 月には、1m 格子を用いて都市の大規模気流計算を行い、CPU に対して 10 分の一以下の消費電力で同じ計算結果が得られることを示した。

以上の研究結果は国内外の論文誌やトップカンファレンスにおいて発表されてきた。それに加え、情報処理学会の学会誌である「情報処理」にて、GPU および自動チューニングのトピックにおいてそれぞれ特集記事を企画し、本 ULP-HPC のメンバーを中心に執筆を行った。また、須田らが中心となり世界的に最も重要な自動チューニングに関する国際会議 iWAPT を開催し、世界初の自動チューニングの英文成書を Springer より発行するなど、研究分野の主導的役割を果たしている。本プロジェクトの数値目標である「10 年で電力性能比 1000 倍」の実現可能性を示すために、最終報告会では同一アプリケーションの、アーキテクチャ世代をまたがった性能比較により実証を行う。

(2) 顕著な成果

1. 世界一グリーンな運用スパコン TSUBAME2.0 の実現

概要: 松岡が中心となり設計・2010 年 11 月に運用開始したスーパーコンピュータ TSUBAME2.0 は、我が国初のペタスケールシステムとなりつつ、本研究にて蓄積された GPU アクセラレータ・Flash SSD などの低電力化技術を結集したシステムである。スパコンの絶対性能の世界ランキング Top500 で世界 4 位(1.192PFlops)を獲得したと同時に、省エネ性ランキング Green500 で世界 2 位(958MFlops/Watt)および”Greenest production supercomputer”賞を獲得した。

2. ペタフロップス省電力アプリケーションの実現による ACM/IEEE Gordon Bell 賞受賞

概要：青木を中心に、フェーズフィールド法による樹枝状凝固計算を TSUBAME2.0 ほぼ全体の 4000GPU を使って計算し、2.0 PFLOPS の実行性能と 1468 GFLOPS/W という高い電力性能を達成した。この成果は IEEE/ACM Supercomputer 2011 において、HPC 分野最高峰の学術賞である Gordon Bell Prizes 二本のうち一本(Special Achievements in Scalability and Time-to-Solution)を獲得した(SC11 テクニカルペーパーにも採択)。

3. ソフトウェア自動チューニング研究分野における主導的役割

概要：須田を中心として消費電力を目的関数に含めた自動チューニングに関する研究を推進すると同時に、この分野に関する国際ワークショップ iWAPT (international Workshop on Automatic Performance Tuning)を立ち上げ、そこで醸成された国際協力に基づき、自動チューニングに関する書籍 “Software Automatic Tuning: From Concepts to the State-of-the-Art Results” を Springer から 2010 年に出版した。英文で自動チューニングに特化した成書としては最初のものである。

チームとしての研究ワークショップを定期開催による情報交換および連携は当然のこととして、予算の効率的利用の観点から、評価実験環境の積極的なグループ間共有を行った。まず東工大スパコン TSUBAME1/2 の大規模利用により、本来は数十億円規模を必要とするペタフロップス規模の実証実験を可能とした。さらに、運用スパコンでは実行不可能なデバイスや OS の交換などを必要とする実験についても、ULP-HPC テストベッドとして共有環境を構築・維持して研究チームの便宜を図った。

また課題に応じてワーキンググループを作成し、迅速な解決に当たってきたのも特徴である：GPU を中心とする詳細電力評価プラットフォームの構築(主に松岡グループと須田グループ)、自動チューニング機能とプラットフォーム独立性を備えるプログラミング API の実現(主に須田グループと本多グループ)、TSUBAME2.0 ほぼ全体を用いた大規模アプリケーションの実行と詳細電力評価(主に青木グループと松岡グループ)、電力性能比向上の目標を示す実証実験(全グループ)。

§ 2. 研究構想

(1) 当初の研究構想

当初の計画時点においてすでに我々は、次世代・次々世代のスパコン実現において消費電力が性能向上の最も厳しい律速となることを指摘し、10 年後に HPC の性能あたりの電力効率を現状の 1000 倍を目標とした ULP-HPC(Ultra Low Power HPC)を提案した。そのために必要な研究項目は、数理的な新しい手法に基づいた性能モデル・および省電力の自律・自動最適化(チューニング)技法、超マルチコア・ベクトルアクセラレータ・次世代省電力メモリ・省電力高性能ネットワークなどのハードウェア基盤、仮想機械やスケジューラなどのソフトウェア基盤・さらには冷却や電源などの設備基盤などを融合的に活用するような新しい HPC 向けの基盤の超省電力化、実際の大規模 HPC アプリケーションにおける省電力技術の応用およびアルゴリズムであり、それらを東工大 TSUBAME スパコンの設計・運用にフィードバックすることも構想に含まれていた。

研究期間中の計画は下記のようなものであった：

- 2007-2008 年度(平成 19-20 年度)は、それぞれの研究グループが連携しながら、要素技術の研究開発を行う。同時に TSUBAME や既設設備を活用しテストベッドを構築し、グループ同士が連携してモデル化・チューニングの実験を行う。さらに、本研究外ではあるが、松岡らは本プロジェクトの研究成果を鑑みながら、TSUBAME2.0 の設計を行う。
- 2009-2010 年度半ばにかけて、各要素技術のモデルベースの性能電力最適化のフレームワークを統合化し、自動チューニングを行うプロトタイプシステムを構築して、当該テストベッドでその有効性を検証し、TSUBAME2.0 の設計にさらに反映させる。この時点で、約 24 倍の電力性能効率達成することを目指す。

- プロジェクト期間終盤では、さらに他のシステム要素のモデル化・最適化・統合化を行い、最終的に 1000 倍(ムーアの法則を考慮すると 10 倍)の電力性能向上を達成する。この結果は、次世代の TSUBAME3.0 の設計にも反映させる予定である。

(2)新たに追加・修正など変更した研究構想

各グループの研究項目はおおむね計画通りもしくは、より早期に終了することができた。TSUBAME2.0 スパコンへの開発技術のフィードバックについても、GPU および Flash SSD の装備、高効率冷却方式、および大規模活用技術の運用という形で実現した。なお TSUBAME1 に比べた電力性能比向上は 4 年半で約 30 倍と、当初計画よりさらに高性能なものとなった。

一方で、2016 年時点で 2006 年よりも電力性能比を 1000 倍とするという数値目標が達成可能であるという見込みをより明確に示すために、1000 倍の数値目標のブレイクダウン、および同一アプリケーションの世代をまたいだ計算環境群上の評価を行うこととした。

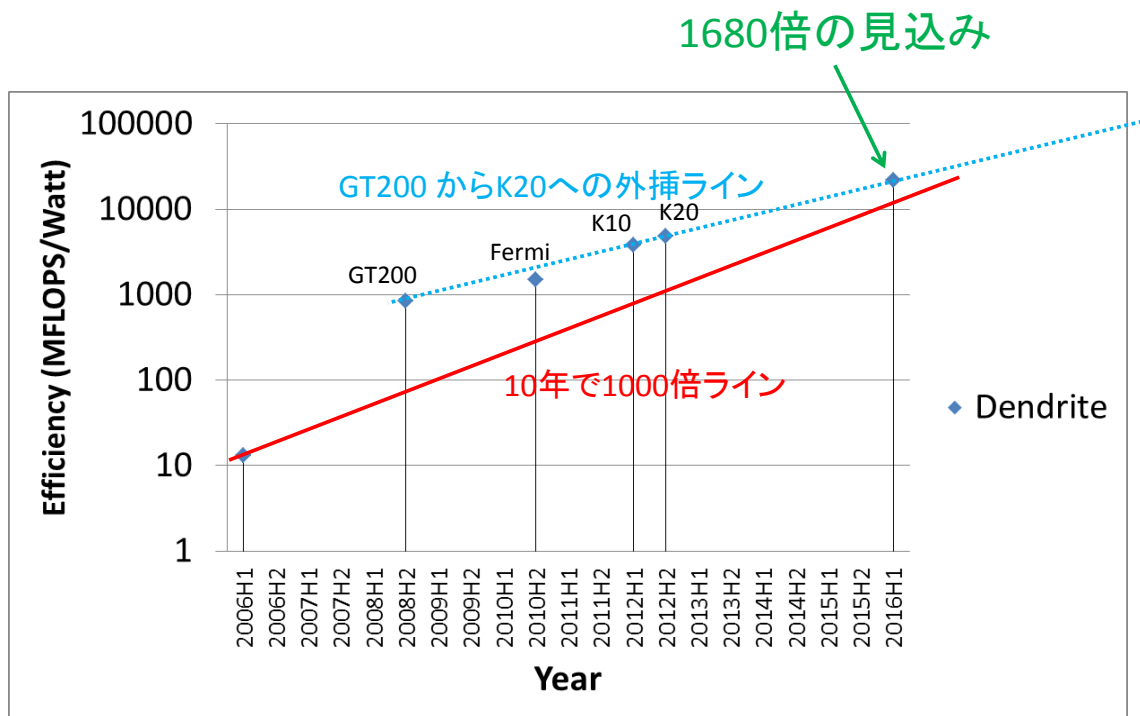
1000 倍の数値目標を下記のようにブレイクダウンした($100 \times 5 \times 1.5 \times 1.4 = 1050$)。

- (a) プロセッサのプロセッスルールの微細化(いわゆるムーアの法則)による 100 倍
- (b) アクセラレータや SSD 等の新たな次世代アーキテクチャの効率的利用による 5 倍
- (c) 自動チューニング・電力制御による 1.5 倍
- (d) 冷却電力の削減による 1.4 倍

本プロジェクトの主な研究対象は(b)および(c)の実現であり、さらに(d)については東工大学術国際情報センターと協働で対処することとした。

そして、Gordon Bell Prize を受賞した凝固成長シミュレーションを題材にとり、これを以下のような世代の異なる 5 種のシステムで実行し、電力効率を計測した。

- 1) 2006 年前半モデル:
SunFire X4100 (Dual-Core Opteron x2)。TSUBAME 1.0 と同世代で、CPU のみ利用。
- 2) 2008 年後半モデル:
Supermicro 製サーバ(Quad-Core Opteron x2 および GT200 世代 Tesla S1070 GPU)。TSUBAME 1.2 と同世代。
- 3) 2010 年後半モデル:
HP 製 ProLiant SL390s G7(Six-Core Xeon x2, Fermi 世代 Tesla M2075 GPU x3)。TSUBAME 2.0 と同世代。
- 4) 2012 年前半モデル:
Supermicro 製サーバ(Six-Core Xeon x2, Kepler 世代 Tesla K10 GPU x4)。高密度実装の GPU および油浸冷却技術を利用
- 5) 2012 年後半モデル:
Supermicro 製サーバ(Eight-Core Xeon x2, Kepler 第二世代 Tesla K20 GPU x4)。最新世代の CPU と GPU を搭載。



上のグラフが各世代のシステム上での評価結果を示し、世代が新しくなるほど電力効率が向上していることが見て取れる。本グラフにおいて2008年後半モデルにおける飛躍が最も大きい(約50倍)が、その理由は、このシステム以降について、本プロジェクトの成果(上記(b)(c)に相当)であるアクセラレータ活用技術や最適化技術が適用されているためである。これ以降の世代については、同一のアプリケーションコードを用いて測定しており、原則的にアクセラレータの世代進化による電力性能比の向上が観測されている(それに加えて2012年前半モデルにおいては(d)油浸冷却技術によるチップ温度低下の影響も加味されている)。今後の傾向としては、NVIDIAのMaxwell、VoltaやIntel MICなどの次世代アクセラレータを想定した場合に、2008年後半モデル以降の性能向上ラインを外挿することにより推定できると考えられる。このラインを2016年前半まで延長すると、2006年前半に比較し1680倍の電力性能となり、本プロジェクトの数値目標の達成可能性は極めて高いと言える。

§3 研究実施体制

(1)「研究代表者・松岡」グループ(東京工業大学)

① 研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
松岡 聡	東京工業大学学術国際情報センター	教授	H19.10～
遠藤 敏夫	東京工業大学学術国際情報センター	准教授	H19.10～
額田 彰	東京工業大学学術国際情報センター	産学官連携研究員	H19.11～
丸山 直也	東京工業大学学術国際情報センター	助教	H19.10～H24.03
佐藤 仁	東京工業大学学術国際情報センター	特任助教	H22.04～H24.03
滝澤 真一郎	東京工業大学学術国際情報センター	特任助教	H22.04～H24.03
實本 英之	東京大学情報基盤センター	助教	H19.10～
尾形 泰彦	東京工業大学情報理工学研究科	修士課程2年	H19.10～H21.03
細萱 祐人	東京工業大学情報理工学研究科	修士課程2年	H19.10～H21.03
山崎 翔平	東京工業大学情報理工学研究科	修士課程2年	H19.10～H21.03
佐藤 賢斗	東京工業大学情報理工学研究科	博士課程2年	H20.04～(H22.04～10まで一時離脱)

浜野 智明	東京工業大学情報理工学研究科	修士課程 2 年	H20.04～H22.03
渡辺 祐也	東京工業大学情報理工学研究科	修士課程 2 年	H20.04～H22.03
島田 大地	東京工業大学情報理工学研究科	修士課程 2 年	H21.04～H23.03
長坂 仁	東京工業大学情報理工学研究科	修士課程 2 年	H21.04～H23.03
野村 達雄	東京工業大学情報理工学研究科	修士課程 2 年	H21.04～H23.03
白幡 晃一	東京工業大学情報理工学研究科	博士課程 1 年	H22.04～
NGUYEN, Toan	東京工業大学情報理工学研究科	修士課程 2 年	H22.04～H24.03
Ali Cevahir	東京工業大学情報理工学研究科	博士課程 3 年	H21.05～H22.09
Irina Demeshko	東京工業大学情報理工学研究科	博士課程 3 年	H21.04～
Aleksandr DROZD	東京工業大学情報理工学研究科	博士課程 3 年	H23.04～
Mohamed Amin JABRI	東京工業大学学術国際情報センター	研究員	H23.10～H24.11
Lerthirunwong SUMETH	東京工業大学情報理工学研究科	博士課程 3 年	H23.04～H23.09
斎藤 貴文	東京工業大学情報理工学研究科	修士課程 2 年	H23.04～
小嶋 秀徳	東京工業大学情報理工学研究科	修士課程 2 年	H23.04～
福田 圭祐	東京工業大学情報理工学研究科	修士課程 2 年	H23.10～
張 家悦	東京工業大学情報理工学研究科	修士課程 2 年	H23.10～H24.09
AMER, Abdel halim	東京工業大学情報理工学研究科	博士課程 2 年	H23.10～
金 光浩	東京工業大学情報理工学研究科	博士課程 2 年	H23.10～
河村 知輝	東京工業大学情報理工学研究科	修士課程 1 年	H24.04～
星野 哲也	東京工業大学情報理工学研究科	修士課程 1 年	H24.04～
岩渕 圭太	東京工業大学情報理工学研究科	修士課程 1 年	H24.04～

② 研究項目

次世代 HPC システムにて超省電力・高性能を達成するハードウェア・ソフトウェア統合システムの研究開発

(2)「主たる共同研究者①・須田」グループ(東京大学)

① 研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
須田 礼仁	東京大学情報理工学系研究科	教授	H19.10～
片桐 孝洋	東京大学情報基盤センター	准教授	H19.10～
梶山 民人	東京大学情報理工学系研究科	産学官連携研究員	H19.11～H19.11
黒田 久泰	愛媛大学大学院理工学研究科	准教授	H19.11～
玉田 嘉紀	東京大学情報理工学系研究科	助教	H23.04～
小谷 和正	東京大学情報理工学系研究科	D3	H19.10～
Ren, Da-Qi	東京大学情報理工学系研究科	特任研究員	H20.5～H22.11
野村 かおる	東京大学情報理工学系研究科	学術研究支援職員	H24.4～
Rocki, Kamil Marec	東京大学情報理工学系研究科	特任研究員	H20.10～ (H21.4 月～ 9 月まで CREST 専任 RA。10 月以降は辞退)
Vivek S Nittoor	東京大学情報理工学系研究科	D3	H21.10～
羅 成	東京大学情報理工学系研究科	D3	H23.4～

富山 歩	東京大学情報理工学系研究科	D1	H21.4～
本間 咲来	東京大学情報理工学系研究科	M2	H21.4～H23.3
李 聡	東京大学情報理工学系研究科	D1	H22.8～
竹内 裕貴	東京大学情報理工学系研究科	D1	H22.8～
本谷 徹	東京大学情報理工学系研究科	D1	H22.8～
名和田 竹彦	東京大学情報理工学系研究科	D1	H22.8～
金沢 隆史	東京大学情報理工学系研究科	M2	H23.4～
松本 英樹	東京大学情報理工学系研究科	M2	H23.4～
加藤 誠也	東京大学情報理工学系研究科	M1	H23.10～
島根 浩平	東京大学情報理工学系研究科	M1	H23.10～
杉野 透	東京大学情報理工学系研究科	M1	H23.10～

② 研究項目

超省電力 HPC システムに適したロバストな性能モデルや高性能と省電力の複合目的関数最適化などの数理の研究を行う。その成果は、自動チューニング数理基盤ライブラリおよび自動チューニングスクリプト言語 ABCLibScript の超省電力 HPC システム向けの拡張の形で実体化する。最終的には、ヘテロ複合アーキテクチャである超省電力 HPC システムに、柔軟かつロバストに適応するソフトウェアに必須である、自動チューニング基盤システムの完成を目指す。

(3)「主たる共同研究者②・青木」グループ(東京工業大学)

① 研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
青木 尊之	東京工業大学学術国際情報センター	教授	H19.10～
関嶋 政和	東京工業大学学術国際情報センター	准教授	H22.8～
小西 史一	東京工業大学情報理工学研究科	特任准教授	H21.10～H24.03
濱田 剛	長崎大学工学部	准教授	H20.4～H24.03
下川辺 隆史	東京工業大学 学術国際情報センター	助教	H21.4～
小野寺 直幸	東京工業大学 学術国際情報センター	特任助教(連携研究員)	H22.9～
王 嫻	東京工業大学学術国際情報センター	産学官連携研究員	H20.10～H24.2
Christian Ffeichtinger	東京工業大学学術国際情報センター	産学官連携研究員	H24.8～H25.1
小川 慧	東京工業大学大学院理工学研究科原子核工学専攻	博士課程 3 年	H19.10～H22.3
杉原 健太	東京工業大学大学院理工学研究科原子核工学専攻	博士課程 3 年	H19.10～H23.3
園田 泰之	東京工業大学大学院総合理工学研究科創造エネルギー専攻	修士課程 1 年	H19.10～H20.3
Marlon Arce Acuna	東京工業大学大学院理工学研究科原子核工学専攻	博士課程 3 年	H19.10～
丹 愛彦	東京工業大学大学院総合理工学研究科創造エネルギー専攻	博士課程 3 年	H19.10～H24.3
黒木 雅広	東京工業大学大学院総合理工学研究科創造エネルギー専攻	博士課程 1 年	H22.9～
都築 怜理	東京工業大学大学院総合理工学研究科創造エネルギー専攻	修士課程 2 年	H24.4～
藤山 崇紘	東京工業大学大学院総合理工学研究科創造エネルギー専攻	修士課程 2 年	H24.4～

杜 世橋	東京工業大学大学院情報理工学研究 科計算工学専攻	博士課程 2 年	H23.4～
佐々木 孝章	東京工業大学大学院情報理工学研究 科計算工学専攻	修士課程 2 年	H22.8～H24.3
宇田川 拓郎	東京工業大学工学部情報工学科	修士課程 2 年	H22.8～
杉浦 典和	東京工業大学工学部情報工学科	修士課程 1 年	H24.4～
猪瀬 直人	東京工業大学工学部情報工学科	学部 4 年	H23.4～H24.3

② 研究項目

超省電力型の HPC アプリケーション及びアルゴリズムの研究開発

(4)「主たる共同研究者③・本多」グループ(電気通信大学)

①研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
本多 弘樹	電気通信大学大学院情報システム学研究科	教授	H19.10～
平澤 将一	東北大学情報科学研究科	産学官連携研究員	H19.10～
大島 聡史	東京大学情報基盤センター	助教	H19.10～
和田 康孝	電気通信大学大学院情報システム学研究科 情報システム基盤学専攻	助教	H24.4～
下田 和明	電気通信大学大学院情報システム学研究科 情報システム基盤学専攻	修士課程 2 年	H20.4～H21.3
史 晨悦	電気通信大学大学院情報システム学研究科	修士課程 2 年	H20.4～H22.3
佐々木 信	電気通信大学大学院情報システム学研究科	修士課程 2 年	H21.4～H23.3
富田 翔	電気通信大学大学院情報システム学研究科	修士課程 2 年	H21.4～H23.3
西川 優	電気通信大学大学院情報システム学研究科	修士課程 2 年	H21.4～H23.3
山下 良	電気通信大学大学院情報システム学研究科	修士課程 2 年	H21.4～H23.3
長塚 郁	電気通信大学大学院情報システム学研究科 情報システム基盤学専攻	修士課程 2 年	H22.4～H24.3
于 金波	電気通信大学大学院情報システム学研究科 情報システム基盤学専攻	修士課程 2 年	H22.4～H24.3
岩下 光弘	電気通信大学大学院情報システム学研究科 情報システム基盤学専攻	修士課程 2 年	H23.10～
佐藤 祐毅	電気通信大学大学院情報システム学研究科 情報システム基盤学専攻	修士課程 2 年	H23.10～

② 研究項目

超省電力化 SIMD アクセラレータのための汎用プログラミング環境

(5)「主たる共同研究者④・鯉渕」グループ(国立情報学研究所)

①研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
鯉渕 道紘	国立情報学研究所	准教授	H19.10～
吉見 真聡	電気通信大学	助教	H19.10～
西川 由理	慶應義塾大学	博士課程 3 年	H19.10～23.3
王 代涵	慶應義塾大学	研究員	H20.4～H21.3
Jose Miguel Montana Aliaga	国立情報学研究所	特任研究員	H21.4～H21.9
設楽 明宏	慶應義塾大学	修士課程 2 年	H21.4～H23.3
藤原 一毅	国立情報学研究所	特任研究員	H24.4～

- ② 研究項目
省電力インターコネクトの研究開発

§ 4 研究実施内容及び成果

4. 1 次世代 HPC システムにて超省電力・高性能を達成するハードウェア・ソフトウェア統合システムの研究開発(東京工業大学 松岡グループ)

(1)研究実施内容及び成果

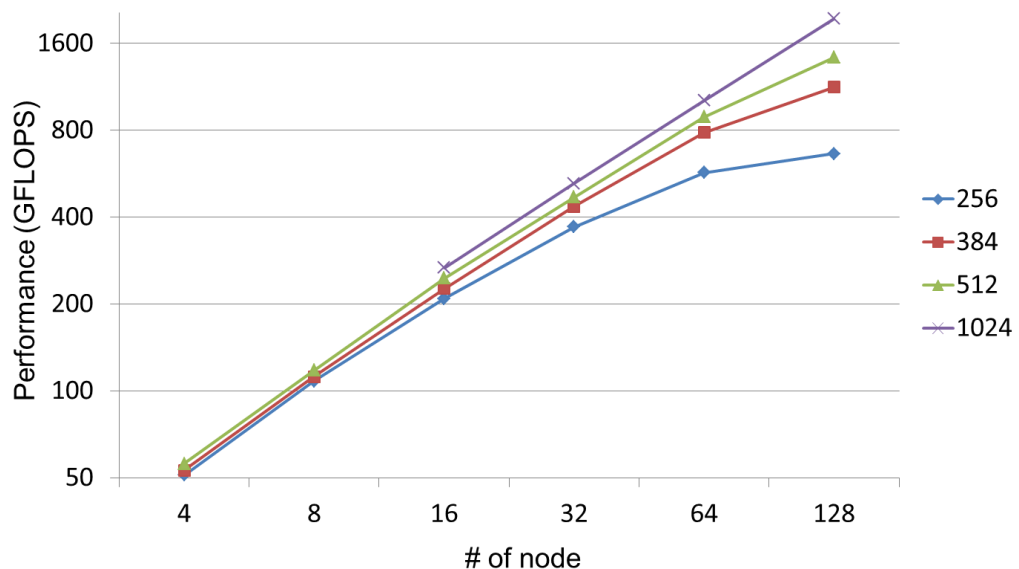
超省電力型の次世代 HPC システムを実現可能にするハードウェア・ソフトウェア統合システムの研究開発を推進した。ペタスケールおよびエクサスケールの HPC システムを実現するうえで消費電力はすでに主要な律速条件となっており、プロセッサだけでなくメモリ階層・ストレージ・ネットワークを含むあらゆるシステム構成要素において省電力化が必要である。本グループにおいては GPU などの SIMD アクセラレータプロセッサを中心にすえ、省電力化・高性能化のための性能モデリングや最適化制御の基礎技術を開発し、ハードウェア・ソフトウェア統合システムとして実現することをねらいとして研究を推進してきた。

より具体的には、[A] GPGPU アクセラレータや不揮発メモリなどの先進低電力デバイスの高度利用技術、[B] システム全体の電力最適化のためのスケラブルなジョブ制御技術・高信頼化技術・次世代冷却制御技術、[C] 省電力高性能計算技術のペタスケール実運用スーパーコンピュータ TSUBAME へのフィードバックなどである。これらにより、Moore の法則の進歩を加味して、10 年後に 1000 倍の性能電力効率の達成を目標とし、下記のような研究を推進した。

[A] GPGPU アクセラレータや不揮発メモリなどの先進低電力デバイスの高度利用技術

- アクセラレータを用いたシステムにおいて主要な電力消費要素となる GPU について、消費電力を推測する性能モデルを構築した。NVIDIA GPU においては 20 種類程度のパフォーマンスカウンタを取得可能であるため、それらを性能プロファイルとして用い、消費電力を見積もるモデリング手法を提案した。本手法では、数十種類の CUDA カーネルの性能プロファイルと実測消費電力から線形回帰モデルを学習させる。このモデルは消費電力を平均 5 パーセント以下の差異で予測可能であることを実証した。モデルの予測精度の実証にあたっては、GPU 単体での電力測定を可能とするため、須田グループと協力して測定用ライザーカードを製作し、実験に用いた。さらに上記モデルにクロック周波数を組み込むよう拡張し、動的周波数制御を行った場合でも電力予測を可能とした。
- GPGPU を主な対象とした省電力・高性能演算ソフトウェアの研究開発を行った。対象としたソフトウェアは数値演算が主であるが、FFT、疎行列演算、密行列演算に渡り、それらは演算量・要求メモリバンド幅・ネットワーク通信量などにおいて大きく異なる特性を持ち、それぞれ下記のように省電力高性能化を実現した。なおこれらの過程においてはアクセラレータベンダーと強力な連携を行い、プログラミング環境などの改良についての意見交換などを継続的にを行っている。
 - FFT においては、GPU とホスト間のデータ転送の最適化、デバイスメモリへのアクセス最適化手法などを提案、評価した。さらに種々問題サイズや世代をまたいだ GPU への対応をねらいとし、自動チューニング手法を提案した。そのパラメータとしては FFT 基底の組み合わせ、スレッド数選択、オンチップ shared memory のバンクコンフリクト回避のためのパラメータなど多岐に渡る。以上の結果、三次元 FFT の場合の性能で約 140GFlops を達成し、これは当時最速であった NVIDIA 社の純正ライブラリより約 3 倍高速である。電力性能比においては、Quad core CPU を用いる場合より約 4 倍優れることを示した。
 - さらに FFT について、多数 GPU による演算を効率的に可能とするため以下を提案、評価した。一般的にマルチ GPU による FFT 計算は GPU 間での全対全通信が必要であるためシステムの通信性能特性に大きく依存し、GPU 数を増やしていった場合の並列化効果を制限してしまうことがある。京コンピュータや IBM Blue Gene シリーズ、CRAY の XT/XE/XK シリーズなど多次元トラス型のノード間インターコネクトを採用しているシステムではノード数に比例する性能を得ることが理論的に不可能であるが、TSUBAME 2.0

のような Fat-Tree 型ネットワークでは理論的な通信バンド幅から考える限りは可能性がある。しかし実際に高い並列化効率を実現することは容易ではない。特に実験用システムではなく常に多くのユーザのジョブが実行されている状態で、共有されているネットワークを使用して安定した性能を確保することは難しい。TSUBAME 2.0 の各計算ノードは通信バンド幅を確保するために Primary と Secondary の 2 系統の InfiniBand ネットワークに接続されている。この 2 系統をどのように使うかはユーザレベルで選択することができるのである。そこで通信の衝突などを避けるように全対全通信を構成する各ノード間の通信を適切に各系統に割り当てることによって多数のジョブが実行されている状態でも安定して高い通信性能を得ることに成功した。その他通信用バッファの NUMA 最適化、スケジューリングの調整、ローレベル API の使用などにより最終的に 256 ノード(768GPU、TSUBAME2.0 全体の 1/6 程度)で 4.8TFLOPS の性能を達成した。これは京コンピュータの 8000 ノード(64000CPU、京コンピュータ全体の 1/10)にて、最新の Volumetric 3D-FFT を用いた結果より高速であり、両マシンの Linpack 性能差を鑑みると、性能的には約 6 倍の効率を、電力的にも約 6 倍以上の効率を得ていることになる。



- 密行列演算について、Linpack ベンチマークにおいて TSUBAME1 および TSUBAME2 上の異種プロセッサを協調的に活用可能とするため、継続的なソフトウェア開発を行った。その過程においては、CPU、GPU、さらに TSUBAME1 においては ClearSpeed に効率的に行列積(DGEMM)処理を割り振る必要があった。またアクセラレータ数が異なるノードにも対応する負荷分散手法、アクセラレータの性質を考慮したパラメータチューニングを提案した。まず TSUBAME1 上の結果は 2007 年 11 月の Top500 スーパーコンピュータランキングにおいて、56.4TFlops を記録し日本 1 位、世界 16 位、アクセラレータを用いたヘテロ型のシステムとして世界 1 位を達成した。さらに本 CREST プロジェクトで得られた知見を大幅に導入した TSUBAME2.0 スパコンにおいては、4000 以上の GPU を効率活用し、1.192PFops の演算性能と 958MFlops/Watt の電力性能比を実現した。この結果により 2010 年 11 月の Top500 ランキングでは世界 4 位、電力性能比のランキングである Green500 ランキングで世界 2 位および Greenest Production Supercomputer 賞を獲得した。
- 疎行列演算については、疎行列格納方式の一つである JDS 方式を GPU の特性を考慮した独自拡張を提案し、共役勾配法において多数 GPU を用いた演算を可能とした。また複数 GPU・複数ノードでの実行において通信ボトルネックを避けるため、Hyper-Graph パーティショニングに基づく効率的なデータ分散方式を提案し、TSUBAME スーパーコンピュータ上で有効性を示した。
- リフレッシュ処理などのためにエネルギー消費が必要な DRAM に比べ、不揮発メモリである

NAND フラッシュ、MRAM, PRAM への注目が高まっている。まず我々はメインメモリの一部を MRAM に置き換え、スワップデバイスとしてフラッシュメモリを使用するシステムを想定した。そしてメモリアクセスを高速な MRAM に集中させるような省電力ページング方式を提案した。シミュレーションにより、DRAM 容量を適切に削減した場合に、アプリケーションベンチマークの性能低下を 12%に抑えつつ、メモリモジュールの消費エネルギーを 26%に削減できることを示した。さらにアプリケーション実行に適切なメモリ搭載容量の判定を、一度のテスト実行により行う手法を提案した。この手法に基づき、高速・低レイテンシなフラッシュメモリを、スワップとして用いる場合の動的最適化手法の提案・評価を行った。

[B] システム全体の電力最適化のためのスケーラブルなジョブ制御技術・高信頼化技術・次世代冷却制御技術

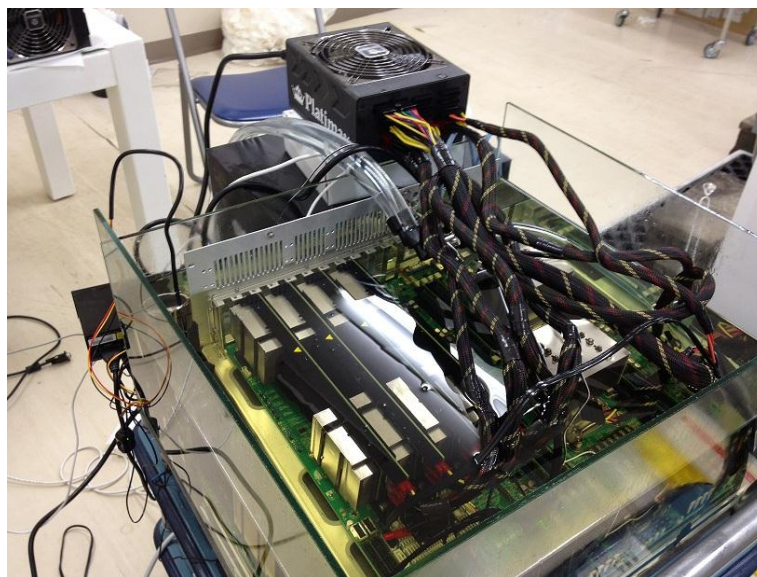
HPC システムにおけるアクセラレータ利用の普及により省電力・高性能化が可能になる一方で、システム全体の最適化においては課題が発生する。アクセラレータを利用するジョブの動的移送や、特性の異なるジョブスケジューリングといった制御を、その処理自身が省電力かつスケーラブルな形で実行する必要がある、そのために下記の研究を行った。

- ジョブの動的移送や耐故障性の確保に必要となるチェックポイント・リスタート技術においては、通常のチェックポイントでは対応しない GPU デバイスメモリの保存が必要であり、多数 GPU を利用するアプリケーションでその実現が必要である。この課題の解決のために CUDA と MPI を用いたアプリケーションからチェックポイントを可能とするソフトウェアパッケージを構築した。その過程ではプロセスへのシグナルの適切な扱い、GPU メモリ上で確保されたユーザアドレスの保存などの課題を解決した。
さらに大規模クラスタではチェックポイントイメージのディスクへの書き込みがボトルネックとなりアプリ実行に必要なエネルギーを押し上げる課題が顕在化した。これを解決するため、各ノードのメモリ上に冗長的にチェックポイントイメージを格納する Diskless Checkpoint 技術をベースに GPU 搭載システムの特性に適合した手法を提案・開発した。冗長イメージの作成のためには、ノード間通信と演算処理のためのオーバーヘッドが生じる。TSUBAME などの GPU 搭載システム上では、CPU と GPU の全てがビジーであることは稀であることに注目し、チェックポイントの計算部分をこれらの遊休リソースにオフロードすることによってチェックポイントを少ないオーバーヘッドで実現した。
- アクセラレータ搭載システムでは、既存の手法のみでは復旧が困難な障害が発生するため、電力・性能へのオーバーヘッドを最小限にしつつ高信頼化する研究を行った。GPU メモリの誤り検出をソフトウェアによって行う手法の設計・初期評価を行った。本手法では、GPU に向けたパリティ符号を提案し、GPGPU アプリケーション中に符号を計算、検査するコードを追加することで、ビットフリップなどの誤りを検出する。提案手法の実験により、FFT で 30 パーセント程度、行列積で数パーセントのオーバーヘッドで抑えられることを確認し、実利用に耐えられる性能であることを実証した。
- 大規模システム全体の電力最適化のための技術として、ヘテロ型 HPC システムのためのジョブスケジューリングアルゴリズムの研究を行った。本手法では各ジョブの加速特性の情報を知ることができるという仮定のもと、ジョブを適切なプロセッサに割り当てる。シミュレーションにより多数の異種ジョブをスケジュールした場合の総実行時間およびエネルギー量の評価を行い、既存の ECT(earliest completion time)方式などに比較した場合の優位性を示した。提案手法は ECT や HEFT に比較し、各ジョブの正確な予想実行時間を必要としない点でも実用化に適していると考えられる。
- 計算機システム全体の省電力化・低電力化のためには計算機本体だけでなく、冷却システムに要する電力も考慮するべきである。データセンターの冷却システムの効率は様々であるが、TSUBAME 2.0 では冷却を含めた設計を行い、PUE 値(=全体の消費電力/計算機の消費電力)が設計時に 1.28 以下という他のデータセンター等と比べても非常に優れた効率を実現し、さらに運用時にはより低い数値を得ている。さらに次世代のシステムに向けてさらなる効率向上を目標に、東京工業大学学術国際情報センター(以下 GSIC)と密に連携し、油浸冷却技

術の評価を行っている(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」と協働)。

油浸冷却はその名の通り計算機システムをそのまま冷却用の油に浸け、循環する油が計算機の熱を吸収し、熱交換器、蒸散冷却塔などを経て大気中に放熱される。空冷の場合大気よりも温度が低い冷気を供給するために大量の電力を要する冷房設備などが必要になるが、油浸冷却の場合は油の熱伝導率が非常に高いため大気より温度が高い油を計算機の冷却に使用することができ、油を大気で冷ますだけでよいと大幅な電力削減が可能となる。

油浸のメリットは冷却用電力だけに限らない。CPU や GPU などのチップ温度が空冷の場合よりも下がるためチップのリーク電流の削減につながり計算機本体の消費電力も低下する。特に温度が高い GPU については油浸の方が高負荷状態でも安定動作する。また油が基板全体を覆うことによって保護され、時間経過による故障率上昇を抑える効果もある。冷却効率自体が上昇することによって計算機の実装密度も空冷では実現不可能なレベルまで上げることが可能である。



Tesla K10 を4枚(8GPU)搭載する高密度システム

[C] 省電力高性能計算技術のペタスケール実運用スーパーコンピュータ TSUBAME へのフィードバック

東京工業大学 GSIC では 2006 年度より TSUBAME1 スパコンを松岡代表が中心となり運用してきた。そこに装備された SIMD アクセラレータを用いて本チームの研究成果の大規模検証に用いてきたことに加え、本チームの研究成果を後継の TSUBAME2.0 スパコンのデザインにフィードバックしてきた。具体的には 4000 枚以上の最新世代の GPU の大規模導入、計算ノードのローカルストレージとしての不揮発性メモリ(SSD)の導入、Full-bisection インターコネクトの導入、全計算ノード(シャシーン)への精密な電力測定機能の導入などである。

この TSUBAME2.0 は TSUBAME1 とほぼ同等の電力でピーク性能 2.4PFlops を実現し、国内外に大きな反響を呼んだ。スパコン世界ランキングでは、本グループの異種プロセッサを効率活用する密行列演算技術(前述の項目[A])により 1.192PFlops を実現し、2010 年 11 月の Top500 ランキングで世界 4 位を獲得した。これは日本で初めて 1 ペタフロップスに達した成果であり、また我が国のスパコンとして 5 位以内に入ったのは地球シミュレータ以来となった。省エネ性のランキングである Green500 においても、958MFlops/Watt を記録し、世界二位および Greenest Production Supercomputer 賞(本賞については 2010 年 11 月、2011 年 6 月の二回連続)を獲得した。

さらに、TSUBAME2.0 導入時には明示的には想定していなかったが、2011 年 3 月に発生した東日本大震災に伴う原発事故の影響で、夏季に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、本研究チームと東工大 GSIC との密な連携により、ピークシフト運用の設計および実現を行った。稼働率とスケジュール手法の検討を行い、昼間はシステムの 70%、夜間は 100% 運用とする自動化ツールの共同開発を行った。この運用は四月中旬から九月下旬にかけて行われ、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。関連して、システム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ソフトウェアツールを開発し、web 公開した。これは運用の意思決定に使われたのに加え、大規模 GPU ジョブの電力測定にも用いられた。青木グループを中心とした、4000GPU を用いたデンドライト凝固シミュレーション(Gordon Bell 賞 Special Achievement award 受賞)実行時の、詳細電力測定にも本システムは活用された。

以上のような、我が国初のペタスケールシステムの実現、社会的要請に即時に応える省電力運用、実用的かつ先進的なペタスケールアプリケーションの実現による学術賞の獲得は国内外で広く注目され、多数のニュースリリース・報道・トップカンファレンスでの発表が行われた。

(2)研究成果の今後期待される展開

本 CREST の開始時期以降、GPU アクセラレータおよび NAND フラッシュなどの先進デバイスの普及率および重要性の伸びは予想以上であり、今後のエクサスケール HPC システムの現実的な電力規模以内での実現にむけて、キーテクノロジーであり続けることは確実である。その実現にむけてすでに、複数の CREST プロジェクト(「ポストペタスケール高性能計算に資するシステムソフトウェア技術の創出」領域)、科研若手研究プロジェクト、NVIDIA との CUDA COE など多数のプロジェクトがすでに派生している。

さらに 2015 年ごろに導入が予定されている東工大の次期運用スパコン TSUBAME3(仮称)では、数十ペタフロップス級を TSUBAME1/2 と同等の電力規模での実現を目指しており、そのためには本プロジェクトで培ったスケーラブルなアクセラレータ・NAND フラッシュの大規模高度利用技術は基盤として必須である。さらにシステム全体電力最適化技術を TSUBAME3 上で大規模適用することにより、社会的要請であるピーク電力・総消費エネルギー双方の抑制に大いに貢献することが期待される。

4. 2 超省電力 HPC ソフトウェアのための自動チューニングの研究開発(東京大学 須田グループ)

(1)研究実施内容及び成果

東大グループでは、高性能・低消費電力のための自動チューニング技術の研究を展開した。

まず、CPU および GPU からなる計算システムの消費電力測定システムの構築および電力消費の分析を行った。消費電力測定システムは 2 つある。システム A は計算機内部の直流電流・電圧を測定することで、高精度・高解像度の電力測定を実現する。このシステム A では、PCI Express ライザーカードを用いて、GPU のみの消費電力を高精度に特定することができる。また 0.1ms 以下の高い時間解像度を持つ。また、マーカーの導入とデータとの自動マッチングにより、カーネル単位の消費電力を高精度に測定できるソフトウェアを構築した。システム B は本 ULP 領域の前田チームが開発したユビキタス ULP センサを用いて、計算機の電源ユニットの入力 AC 電力を測定するものである。このシステム B は低精度・低解像度で、AC 電力のため時間解像度は 10ms しかないが、クラスタをまるごと測定することができる。また、電力測定系のための共通 API を策定し、実行されるソフトウェアが自分の消費電力を測定できるシステムを構築した。この API は東工大松岡グループの消費電力測定系にもポーティングされた。

次に、GPU の消費電力および計算性能を分析し、モデルを構築した。上記システム A を用いて GPU 演算器の消費電力を詳細に分析した。上記システム A の精度と時間解像度を活用し、またマーカーによるデータの自動抽出によって、大量のカーネルの詳細な電力測定を可能にした。これに基づき GPU 演算器の消費電力の精緻なモデルを構築した。関連研究に比して極めて詳細かつ精度の高い分析となった。また、マイクロベンチマークを用いて命令単位の性能および電力を測定

し、モデル化した。GPU コアの特性をメモリ並列性、演算並列性という2つのパラメタで代表し、ソフトウェアの特性を演算密度でパラメタ化して、性能および電力を高精度で推定する手法を開発した。

次に、低消費電力を実現する数値ライブラリの開発を行った。最近のマルチコア CPU を搭載した計算機システムにおいて、ユーザーの実行履歴や演算パターンを基に CPU 周波数の増減制御、実行 CPU コア数の増減制御、アルゴリズム選択機構などを活用した超低消費電力数値計算ライブラリを目指し、基本技術を開発した。BLAS レベル 1 を SSE と AVX を用いて実装し、OpenMP を用いて並列化した。そして、CPU 動作周波数と実行スレッド数を変更することで 1W あたりの計算性能が変わることを示し、1W あたりの計算性能が最も高くなるような CPU 動作周波数と実行スレッド数を自動で選択する機構を取り入れた。また、共役勾配法において、同じ計算を CPU で計算した場合と GPU で計算した場合の計算性能と電力効率の違いを評価し、問題サイズの大きさに応じて CPU と GPU を使い分けることで、計算性能や電力効率の向上を実現した。このほか、GMRES 法のリスタート周期の自動チューニング、ヘテロクラスタにおける通信アルゴリズムの自動チューニングを実装した。

次に、GPU を用いた高性能アルゴリズムの開発を行った。特に離散系アルゴリズムの高性能実装技術の開発に力を入れた。大規模ゲーム木探索では、モンテカルロ木探索の GPU 実装技術を開発し、従来手法である root parallelism と leaf parallelism のハイブリッドである block parallelism を提案し、GPU のアーキテクチャにマッチした優れた手法であることを示した。またレイテンシの短い CPU と SIMD 型並列の GPU の特性を双方生かしたハイブリッド並列化手法を示した。これを TSUBAME2.0 上に実装し、世界最大級のモンテカルロ木探索を実行した。その結果 root parallelism 部分の並列化効率の劣化を確認したが、これは超大規模並列処理が実現されたことによってはじめて観測された。また広く一般に高性能 GPGPU に使える手法として、Divisible Load Theory による漸近最適スケジューリング、3 つのダイバージェンス削減手法、複数同時通信の最適アルゴリズムを提案した。これらにより、GPGPU による高性能計算の可能性を飛躍的に拡大させた。

次に、低消費電力化のための自動チューニング数理基盤技術およびライブラリを開発をおこなった。自動チューニングはソフトウェアに組み込まれたパラメタを変更しながら実環境で動作させて実効性能を評価することにより、最適な性能を与えるパラメタを自動的に選択する機能である。エネルギーという視点では、自動チューニングにより性能が低いパラメタで実行することによる無駄なエネルギー消費を抑えることができるが、最適なパラメタを探索するために行う試行が多すぎるとそこで消費されるエネルギーが無視できなくなる。この問題を解決するため、我々は実際の利用時にパラメタ探索を行う「オンライン自動チューニング」の概念を提案した。オンライン自動チューニングの探索効率の最適化という問題を考えると、これは multi-armed bandit problem に相当することを示した。そして、Bayes 統計を用いた誤差推定つきモデリングを提案し、Bayes 統計を用いたオンライン自動チューニングのための準最適アルゴリズム「ワンステップ近似」を提案した。これは統計学では逐次実験計画として知られる問題に相当する。本手法ではユーザーが性能に関する事前情報を与えることができ、それを用いてチューニングの効率化を行うことができる。ユーザーが与えた事前情報は必ずしも現実合っているとは言えないが、現実合っていれば効率的にチューニングでき、現実合っていないくても漸近的に最適な選択肢を確実に探し出すアルゴリズムを提案した。また、チューニングのターゲットソフトウェアの実行時間が短い場合にはワンステップ近似の所要時間がオーバーヘッドとして無視できなくなる可能性があるため、そのコスト削減手法として「ランダムサブセット法」および「確率的候補選択法」を提案した。さらに、ワンステップ近似は、試行のみによりチューニングを行う「オフライン自動チューニング」にも拡張できることを示した。この問題は逐次サンプリングとして知られており、ワンステップ近似はその近似最適解を与える。オフライン自動チューニングのためのワンステップ近似では、各試行でどの候補を実行するかとともに、いつ試行を終了すればよいかも準最適に決定することができる。さらに、ワンステップ近似は、並列処理のた

めの自動チューニングにも拡張することができることを示した。並列処理のための自動チューニングには、並列処理全体に影響を及ぼすようなひとつのチューニングパラメタを最適化する「大域的チューニング」と、各プロセッサで異なる選択肢を選べる「局所的チューニング」とがある。局所的チューニングでは逐次計算では生じない新たな種類の自動チューニングが可能である。そのような自動チューニングの手法として、「並列実験」および「並列試行」を提案した。また、これらの自動チューニングにおいて処理の中断および異なるパラメタによる再開が本質的な役割を果たすことを示した。さらに、ワンステップ近似は、条件が変動する場合にも拡張することができることを示した。ここでは条件が変化しても、その前後で性能に相関がある場合を考える。このとき、変動前の性能情報は変動後の性能を部分的に含んでいる。このため変動前に多めに情報を集めておくことにより、変動後のチューニングを効率化することができる。この効果をワンステップ近似に取り込むことにより、変動前に適切な量の情報を獲得し、全体としてチューニングを効率化できることを示した。また、電力に関する最適化では、温度との相関のモデリングを行った。計算機の消費電力は温度に依存し、高温ほど消費電力が大きい。従って、異なる温度条件で測定された消費電力に基づいてパラメタチューニングをすることは不適切で、温度の影響をキャンセルして最適なパラメタを選ぶ必要がある。オフライン自動チューニングでは温度分布を仮定して平均消費電力に基づく最適化が達成でき、オンライン自動チューニングでは現在の温度を参照した温度依存の選択が実現できる。さらに、ワンステップ近似に基づき、自動チューニング機構が現在どの程度チューニングできているかを定量的に推定する指標である「AT メーター」を提案した。これを参照することにより、チューニングの進み具合を確認することができる。これらの知見に基づき、自動チューニングのためのソフトウェアのモデリング・解析・数理手法に関する方法論を“4DAC”としてまとめた。本研究室で開発した自動チューニング数理ライブラリ ATMathCoreLib は、この 4DAC に基づいている。これらの自動チューニングに関する数理基盤技術の研究成果は世界的に類例のないものである。

次に、低消費電力化プログラミングシステムとして、自動チューニング言語 ABCLibScript を低消費電力向けに拡張した。さらにその知見に基づいて、自動チューニング言語 ppOpen-AT を拡張し、低消費電力向けのプログラミングシステムとした。本システムには前述の電力測定 API および自動チューニング数理ライブラリ ATMathCoreLib を組み込み、消費エネルギー等の目的関数を最適にするチューニングパラメタを自動的に選択することができる。ULP-HPC プロジェクトのデモのために設置された計算機環境において、自動生成される AT 機構のプロトタイピングを行った。その結果、実際に AT 機構が動作し、AT 機構により候補のエネルギーが最小化されることが確認できた。また、GPU computing のためのプログラミングサポートの研究を進めた。C 言語のプログラムから指示行なしに CUDA プログラムに自動変換する APTCC を開発した。また、複数 GPU のプログラミングを、単一 GPU のプログラミングにほぼ同じコードで実現する MGCUDA を開発した。

また、自動チューニングに関する国際ワークショップ iWAPT (international Workshop on Automatic Performance Tuning) を開催し、国際的な自動チューニング研究の発展と国際協力に寄与してきた。iWAPT は東京でスタートしたが、US Berkeley, Singapore でも開催され、2013 年は Barcelona での開催を予定している。また、iWAPT で醸成された国際協力に基づき、自動チューニングに関する書籍 “Software Automatic Tuning: From Concepts to the State-of-the-Art Results” を Springer から 2010 年に出版した。英文で自動チューニングに特化した成書としては最初のものである。また、日本応用数理学会誌「応用数理」の特集記事(20 巻 3 号～4 号)、情報処理学会誌「情報処理」2009 年 6 月号の特集記事を執筆した。また、上述のソフトウェア ATMathCoreLib、ABCLibScript、ppOpen-AT を成果としてウェブで一般公開している(一部は予定)。これらのソフトウェアは、世界的に本分野をリードするものである。

(2)研究成果の今後期待される展開

省電力のための自動チューニング技術は ATMathCoreLib および ppOpen-AT で公開されており、技術的には完成度が高まっている。本プロジェクトでは主に消費エネルギー最小化を考えたが、電力キャップや温度制御などにも応用できるものと期待される。また、この知見をアルゴリズムの自

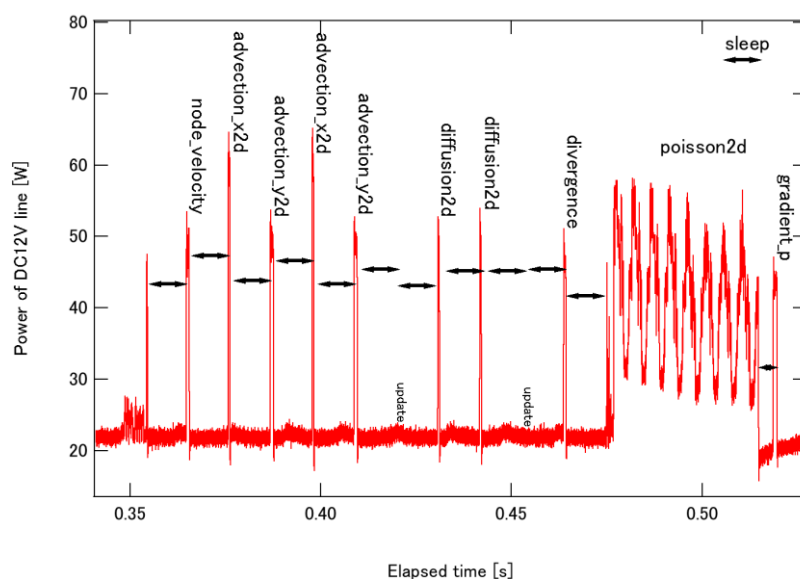
動チューニングに展開しつつある。国際的な自動チューニング研究の連携も拡大していて、最近ではヨーロッパおよび台湾との協力を進めている。GPU の高度利活用技術でも独自の手法を確立しており、次世代の高性能計算へのさらなる発展を進めている。

4.3 超省電力型の HPC アプリケーション及びアルゴリズムの研究開発(東京工業大学 青木グループ)

(1)研究実施内容及び成果

研究開始当時、電力当たりのピーク性能が通常の CPU より1桁以上高い GPU を使い、高精度流体計算の最も負荷の高い圧力の Poisson 方程式の計算を行った。それまで粒子モデルの計算に GPU を使った報告はあったが、格子計算に対して GPU を適用するための多くの知見が得られた。格子系の計算ではメモリ・アクセスに対する1格子点上の計算量が少なく、G80 アーキテクチャの場合は shared メモリをキャッシュ的に使い、グラフィクス・カードのオンボード・メモリへのアクセス回数を低減させるアルゴリズムを開発した。この計算アルゴリズムを用い、Point Jacobi 法による Poisson 方程式の計算で nVIDIA GeForce 8800 Ultra を使うことにより約30倍、4 GPU では94倍の加速が得られた。これは NEC SX-8 の15 CPU に相当する性能である。また、高精度流体計算スキームは低次精度スキームと比較して1格子点当たりの計算量が多いため、GPU のような SIMD 型アクセラレータに向いていることも明らかになった。

GPU を搭載した PC に対して、電流・電圧測定ユニットに DC/AC クランプメータを組み合わせ、50 マイクロ秒の解像度でチャンネル当たり16百万サンプル(800秒)の測定が可能なデジタルオシロスコープ(日置電機 8855)を用いて電力測定を行った。1台の PC において無負荷定常時、CPU のみを使う計算、ディスク入出力等の測定を行い、電力測定に関わる基礎的な知見を得た。DC 側の消費電力変動が時定数10ミリ秒程度の遅延で AC 側の消費電力変動として現れることを確認し、数十ミリ秒以上の消費電力変動であれば AC 側の測定から DC 側の消費電力変動を過渡的な現象の影響が大きくなく評価できることが明らかとなった。



上記の Poisson 方程式の計算を CPU のみで実行した場合と GPU (nVIDIA GeForce 8800 GT) を利用して実行した場合の消費電力測定を行った。GPU を利用した場合は、消費電力が CPU のみを利用する場合よりも平均で 7.5% 大きくなるが、実行時間が 1/20 で済むために消費エネルギーは 5.3% で済む結果が得られた。

次に、HPC の主要アプリケーションである流体計算の GPU による高速化を試みた。産業応用などの利用が多い非圧縮性流体解析については、移流項に Cubic セミラグランジュ法を適用し、圧力の Poisson 方程式を Red & Black アルゴリズムとマルチグリッド法で解き、空力解析の問題として

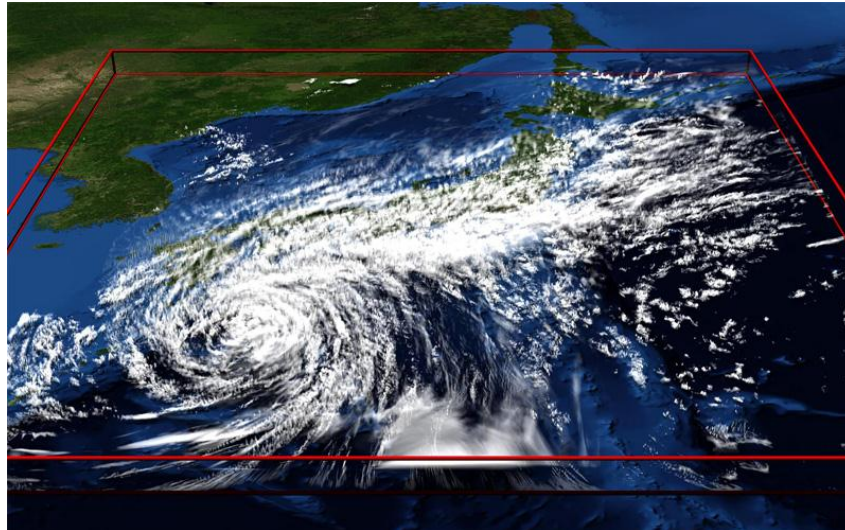
は典型的な円柱周りの流れに対して平成 20 年当時の GPU を用いて計算し、CPU の 1 コア 20～30 倍高速化、また、圧縮性流体解析としては、レーリー・テラー不安定性の成長過程の計算に対し、CPU の数 10 倍の加速を達成した。数値計算手法としても最新の保存形 IDO 法を用いて Euler 方程式を高精度に解き、空間には格子点上の値と格子点間の積分値を従属変数として定義し、高次精度補間関数を構築した。また、浅水波方程式を解くことによる高精度津波シミュレーションでは、実地形に対して遡上を含む津波の振る舞いを CPU の数 10 倍高速に計算することができた。流体計算は GPU を用いる場合でもメモリバンド幅が計算速度の律速となっていて、隣接格子点への複数回の参照に対し、GPU のオンチップの高速な共有メモリをキャッシュ・メモリの用いることによりアクセス回数を低減するアルゴリズムを開発した。材料科学の分野で重要なフェーズ・フィールドモデルの Cahn-Hilliard 方程式の 3 次元計算では 4 階微係数の離散化が多数の隣接格子点データの参照を必要とするが、上記アルゴリズムの適用によりメモリ・アクセスが律速な計算から演算律速な計算への変えることができ、CPU の 1 コアの計算と比較して約 160 倍の高速化を達成した。

これらのアプリケーションを GPU 上で計算しているときの消費電力をデジタルオシロスコープで詳細に計測し、GeForce GTX 280 では 160～200W 程度であり、待機電力から上昇分は 20W～40W であることが分かった。学術レベルの流体計算が GPU では CPU の数%以下のエネルギーで計算できることが明らかになった。

次に、流体アプリケーションの GPU によるさらなる高速化を目指し、様々なアルゴリズム開発を行った。HPC アプリケーションの殆どは大規模計算であり、単一 GPU カードに搭載されるメモリ量では実行できない。そこで複数 GPU に対して大規模流体計算および材料力学の計算を行い、TSUBAME1.2 において強スケーリングと弱スケーリングを検証した。格子ボルツマン法による非圧縮性流体計算では、GPU 間のデータ通信時間が長いいため強スケーリングは悪いが、2 次元および 3 次元方向の領域分割を行うことにより 100GPU 程度までならば十分な弱スケーリングが得られることを明らかにした。4000×8000 格子に対して浅水波方程式を解く津波計算では、GPU 間データ通信と GPU の演算をオーバーラップさせることにより、32GPU 程度まで理想的な強スケーリングが得られ、三陸沖地震を想定した GPU 計算によるリアルタイム津波シミュレーションが十分可能であることを示した。また、フェーズ・フィールドモデルによる純金属の凝固計算でも GPU 間データ通信と GPU の演算をオーバーラップさせることで理想的な強スケーリングを示す GPU 数の範囲が拡大し、弱スケーリングにおいても大きな性能向上が得られた。

全く同じ計算問題に対して TSUBAME の Tesla GPU と CPU の直接比較も行い、上記の全ての計算において 10GPU は 1000CPU コアと同程度の実行性能を示すことが分かり、電力性能としては GPU で計算することにより CPU だけの計算と比較して 1/50 程度の低消費電力であることが明らかになった。

次に、ステンシル計算に基づいた実用的な大規模流体アプリケーションに対して、TSUBAME に搭載された GPU を用いて超低消費電力化を行った。気象庁が次期気象予報モデルとして開発しているコード ASUCA の力学過程と物理過程の全てを CUDA により GPU 上で実行可能とし、CPU のメモリと GPU のメモリ間の転送を極力低減した。また、GPU のメモリ・アクセスを効率化するためのアルゴリズムを多数導入し、TSUBAME 1.2 の NVIDIA Tesla S1070 の 525 GPU を用いて単精度で 15TFLOPS の実行性能を達成した。単純に TSUBAME1.2 の CPU での実行における消費電力と比較することは難しいが、30 倍以上の低消費電力化を達成している。さらに、TSUBAME2.0 において、NVIDIA Tesla M2050 の 3990GPU を用いて 145TFLOPS (倍精度 76FLOPS) を達成した。これは、世界標準に成りつつある気象コード WRF (実行性能の出易い物理過程を多く含んでいる) を Oakridge 国立研究所の Jaguar で実行した時の 50TFLOPS を大きく超えており、TSUBAME2.0 が Jaguar の 1/5 の電力であることを考慮すると、世界最大級の大規模計算においても従来の電力消費量と比較して 10 倍以上の低消費電力化を達成したと言える。また、気象庁が数年後に実現を目指す水平 500m 格子による気象予報を TSUBAME2.0 の 400GPU を用いて実行することができ、実際に気象庁が現在の数値予報で用いる初期値データに基づいた計算に対して低消費電力化できたことは、GPU 型のスパコンの実用アプリケーションにおける有用性を示した。

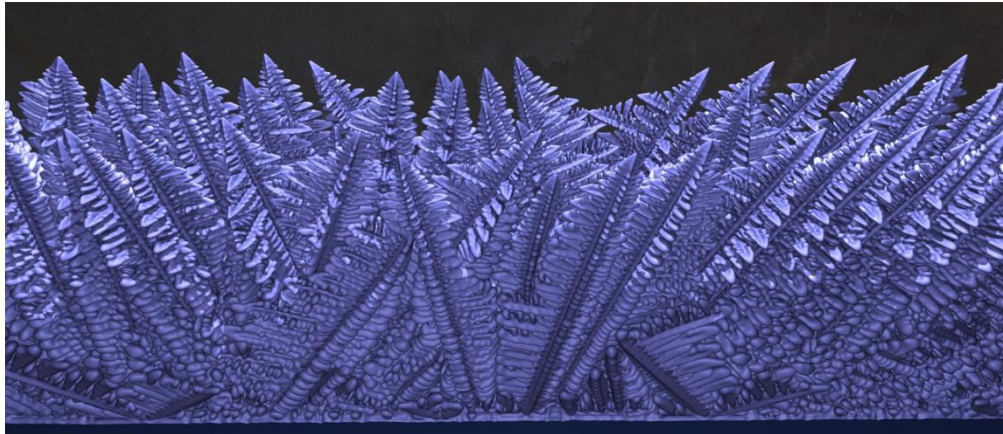


流体計算の中で大規模計算が困難であるとされてきたステンシル計算に基づいた気液二相流計算に対して、CPU における計算と全く同じ高精度数値計算手法を導入した GPU のコードを開発した。そこには、気液界面の高精度が捕獲手法、表面張力項、接触角モデル、界面に対するアンチ拡散手法を導入した。その結果、粒子法では計算が困難な気泡を含んだ流れや水と空気が激しく混じり合う実用的な気液二相流計算の超低消費電力化を示した。

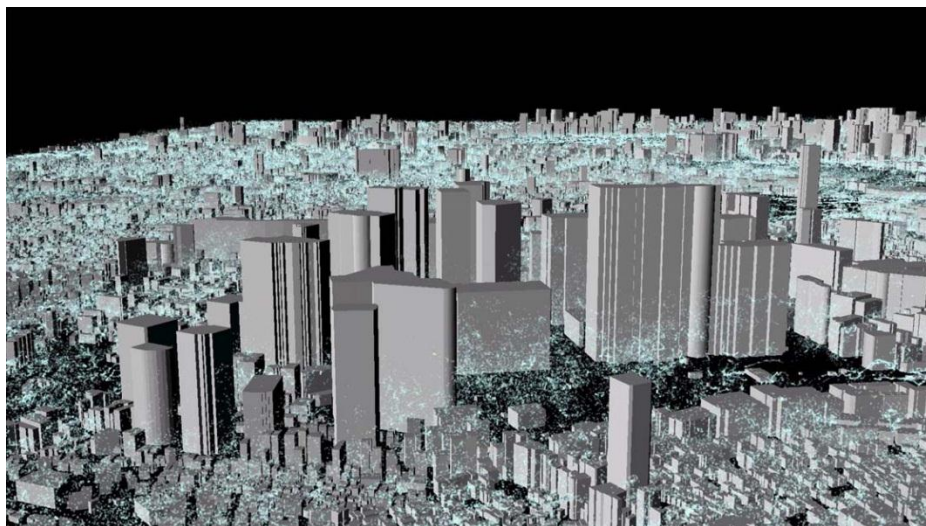
また、バイオインフォマティクスの分子動力 (MD) プログラムの GPU 化を行い、CPU(Core i7-860) と GPU(NVIDIA GT240)での実行性能を比較し、65536 原子に於いて GPU の消費エネルギーが CPU の 1 コアより約 50 倍低いことを示した。また、マルチノード GPU 及び MPI を用いた CPU での並列化を行い、CPU(CPU Intel Xeon X5550)での並列実行に対し、マルチノード GPU(NVIDIA GeForce GTX480)での実行が 9~10 倍高速であると共に約 5 倍の省エネであることを示した。

次に、新しい材料開発にとって重要なフェーズフィールド法による合金の樹枝状凝固成長の大規模 GPU 計算を行った。格子計算であるが、連続的なメモリ・アクセスを達成することで GPU のオンボード・メモリに対して、ピークメモリバンド幅の数 10%に達するアクセス性能を得ることができ、さらに非線形項の計算負荷が大きいために、単一 GPU 計算で 500GFLOPS(単精度計算)に達する実行性能を得た。これは CPU の 1 ソケットと比較して数分の一以下の消費電力(エネルギー)である。スパコンにおける大規模 GPU 計算では、ノード間の通信が今年の気象計算と同様にボトルネックとなるが、境界領域の 1 層分を CPU で計算することにより、通信と GPU 計算のオーバーラップを大きく改善した。TSUBAME 2.0 の 4,000 GPU を用いて 2.0 PFLOPS という極めて高い実行性能を達成した。この際の消費電力を測定し、1468 MFLOPS/W という非常に高い電力効率を得ることができた。合金の凝固計算という実用的なアプリケーションにおいて、CPU と比較すると圧倒的に少ない消費電力(エネルギー)で所望される計算結果が得られることを示した。

MD 計算については、TSUBAME2.0 において、8 ノードの 96CPU コア、16GPU を用いて比較した場合、10 倍の高速化と 75%の消費エネルギー削減が為されることを示すと共に、CPU と GPU の計算結果の精度が同様であることを慣性半径(Radius of Gyration)の PCA 解析から示した。この MD 計算を応用し、創薬に重要であるタンパク質・リガンド間の結合解析システム及びタンパク質の機能に重要であるタンパク質と水との相互作用を解析するシステムの開発を行った。



さらに、メモリ・アクセスが律速な格子ボルツマン法を都市気流解析に適用し、1m 格子を使って 10km×10km エリアに対して TSUBAME2.0 のほぼ全体の 4000 GPU を使い大規模計算を行った。本プロジェクトで開発してきたノード間の通信と計算のオーバーラップや GPU カーネル関数のインライン展開による高速化チューニングを導入し、1GPU に対してルーフラインモデルで予測される性能の 93%の実行性能を得て、4000 GPU では 600 TFLOPS(ピーク性能の 15%)を達成した。都市気流はレイノルズ数が数 100 万という乱流であるため、LES (Large-Eddy Simulation)を導入する必要がある。広く用いられている動的スマゴリンスキー・モデルはモデル係数を決定するために広範囲の平均操作を必要とするが、大規模計算では極めて非効率なアルゴリズムとなる。そこで、格子ボルツマン法に対するコヒーレント構造スマゴリンスキー・モデルを開発した。単精度計算で十分であることを検証しており、TSUBAME2.0 も消費電力測定から、545 MFLOPS/W という格子系流体計算としては非常に高い電力比性能を達成した。



(2)研究成果の今後期待される展開

青木グループで得られたステンシル(格子系)アプリケーションの GPU を用いた省電力アルゴリズムおよび計算手法は、今後のハイブリッド型スパコンにおける HPC アプリケーションで同じように適用でき、広く使われて行くと予想される。今後のスパコンにおいて要求されるさらにメモリ階層の深いアーキテクチャに対し、本研究で開発されたアルゴリズムはよりデータ移動の少ないアルゴリズムへと発展することが期待できる。

4. 4 超省電力化 SIMD アクセラレータのための汎用プログラミング環境(電気通信大学 本多グループ)

(1)研究実施内容及び成果

GPU をはじめとする各種の SIMD 型アクセラレータにおいてはそれぞれのプラットフォームで独自の開発環境、開発用プログラミング言語が用いられており、ユーザが性能と使い勝手の両面において満足できるソフトウェアライブラリおよびプログラミングインタフェースは用意されていない。このことは結果として SIMD 型アクセラレータの普及を阻害し、ひいては消費電力の問題により HPC の律速要因となっている。

そこで電通大グループでは、GPU をはじめとする各種の SIMD 型アクセラレータに対して効率の良い共通の並列プログラミング API の開発を行うことを目的として研究を行った。これにより、ユーザは共通のプログラミングインタフェースを用いて GPU などの SIMD 型アクセラレータの性能を活用することができる。

電通大グループにおいては、上記目標を達成するために、具体的には、以下を行った。

1. 各アクセラレータにおいて異なる SIMD 型命令の違いを吸収する SIMD 型命令の共通記述方式の開発
各種 SIMD 型データ並列プロセッサであるアクセラレータに対して、SIMD のデータ幅に依存しない並列記述方式を開発した。また、開発した並列記述方式を用いたアプリケーションの構築および、アプリケーションの動作が可能となるコンパイラを開発し、実行性能を評価した。
2. 分散メモリ環境に対応する並列プログラミングインタフェースおよびその実装
CPU ホストの主記憶とは異なるアドレス空間にデバイスメモリが配置される GPU などのアクセラレータの実行モデルに対して、ユーザの負担を減らすことができる並列プログラミングインタフェースを明らかにした。また、並列プログラミングインタフェースに対応可能な処理系を実装し、アプリケーションベンチマークによる性能評価を行った。
3. 実行性能に加えて消費エネルギーをチューニング目標に加えた自動チューニング手法の適応
各種チューニングパラメータにより実行性能が大きく変化するアクセラレータ環境において、ユーザが求めるチューニングポリシーの適切な表現方法を明らかにした。また、ユーザが指定したポリシーに従ってチューニングを行う実行フレームワークを明らかにし、研究代表者グループ、東工大(青木)グループおよび東大グループと連携して数値演算ライブラリおよび実アプリケーションのチューニングによる実行性能の評価を行った。

電通大グループにおいては、省電力化に有効な SIMD 型アクセラレータの有効活用を目指しその特徴である分散メモリに対応する統一的並列プログラミングインタフェースの仕様を考察し、評価した。具体的には、SIMD 型アクセラレータ固有のプログラミングインタフェースが持つ性能を可能な限り維持しつつ、統一的なプログラミングインタフェースを提供することを目指した。このために解決する必要がある問題点は現状のプログラミングインタフェースにおいて明示的に計算とメモリを結びつけて確保できない点にあることを明らかにし、この問題に対応するために計算とメモリをそれぞれ確保し、これらを関連付けることができる統一的プログラミングインタフェースを提案した。

また、SIMD 型アクセラレータの持つそれぞれ異なる SIMD 型命令を統一的に記述できる「SIMD 共通記述方式」を開発し、SIMD 型命令に対する可搬性のあるプログラミング環境の評価を行った(図 1)。

逐次ループからの相対性能

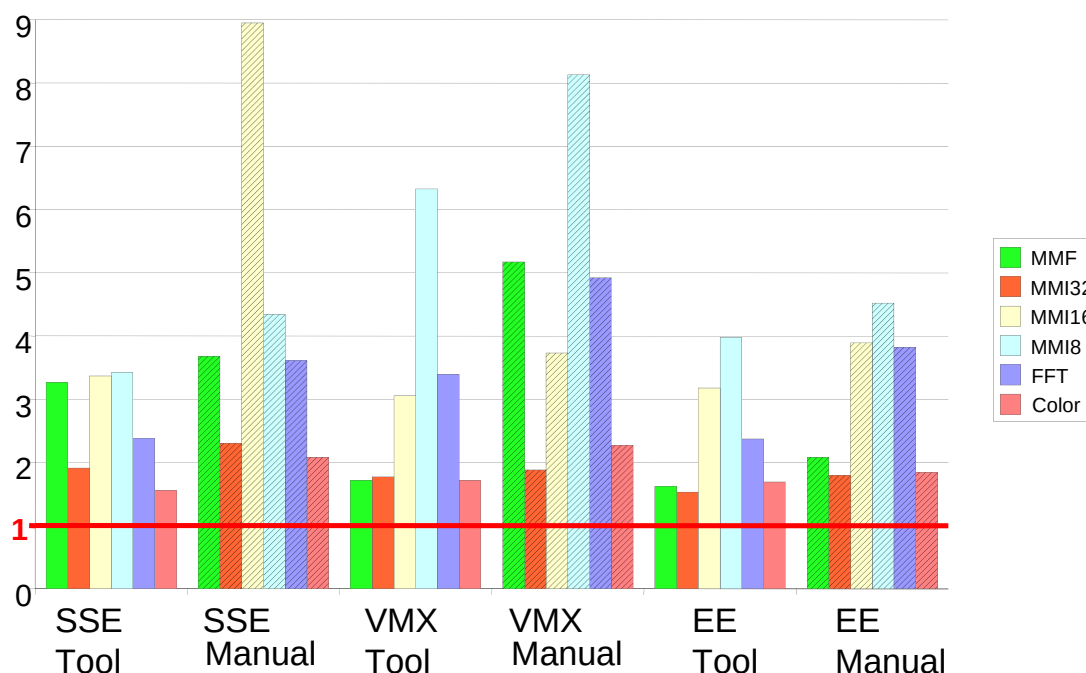


図 1: 「SIMD 共通記述方式」による実行性能比較

また、SIMD 型アクセラレータとして有効活用できる GPU に対応するため MPI、OpenMP などの各種既存のプログラミングインタフェースの GPU 上での実装方法を明らかにし、複数の階層にわたる分散メモリ環境に対応するためのメッセージ通信インタフェースの適応を行った。分散メモリ型マルチコアプロセッサに対応するマルチスレッド型プログラミングインタフェースの実装、評価を行った。(1 に対応)

省電力化に有効な SIMD 型アクセラレータである GPU の有効活用を目指しその特徴である CPU から分離された演算コア、メモリに対応する並列プログラミングインタフェースの仕様を考察し、評価した。具体的には、SIMD 型アクセラレータ固有のプログラミングインタフェースが持つ性能を可能な限り維持しつつ使用することが可能なプログラミングインタフェースとして OpenMP プログラミング環境の処理系を提供することを目指し、NVIDIA 社が提供する GPGPU プログラミングインタフェースである CUDA に対応する OpenMP 処理系 OMPCUDA の実装を行った。OMPCUDA においては、CPU 向けに OpenMP で記述されたアプリケーションプログラムソースを改変なしにデータ並列アクセラレータである GPU 上で高速に並列実行が可能となる。その際、GPU 内の SIMD 型プロセッサで実行するタスクのスケジューリングと演算後の結果を集約するリダクション演算の最適化を施し、行列演算において CPU による並列実行に対して約 62 倍の高速化を達成することができた(図 2)。(2 に対応)

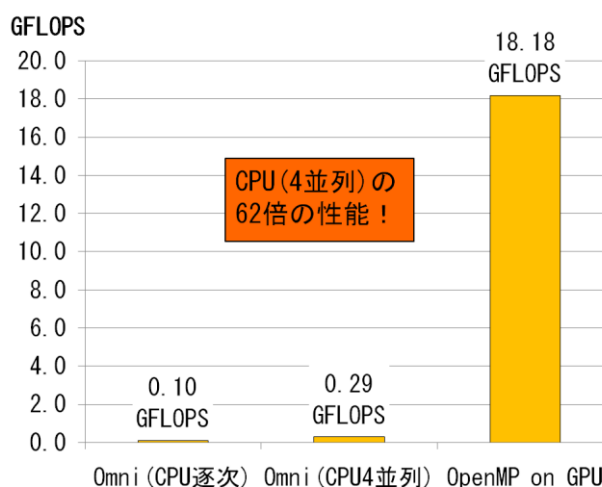


図 2: OMPCUDA による行列演算 2 重ループの実行性能比較

また、OMPCUDA においてノード中の複数の GPU を用いることで単一の GPU を用いた場合と比較してさらに実行性能を向上させることに成功した(図 3)。

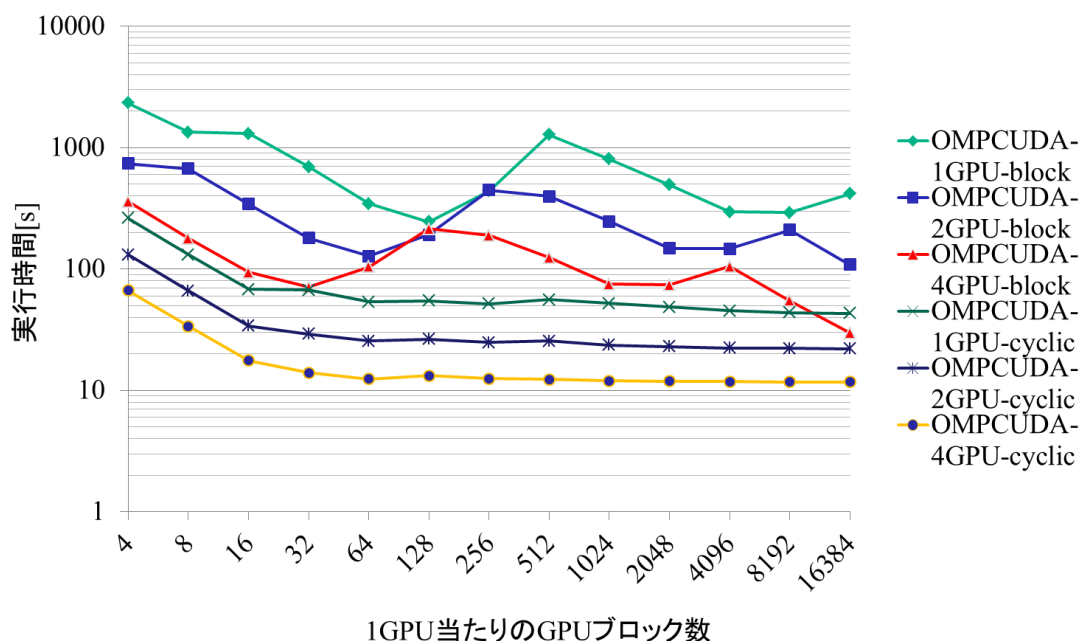


図 3: OMPCUDA による複数 GPU 使用時の行列積(N=8192)実行性能比較

GPU 内の高速共有メモリをソフトウェアにより有効に活用できるチューニングフレームワークを提案し、評価した。また、東大グループと連携してアプリケーションからシステムまで統合的にチューニング可能とする省電力チューニングフレームワークについて考案を行った。関連して、省電力チューニングフレームワークにおいてユーザが指定すべきポリシーおよび、ポリシーをいかに注釈として表現すべきであるか明らかにした。これらの手法の適応結果として、研究代表者グループ、東工大(青木)グループおよび東大グループと連携して数値演算ライブラリおよび実アプリケーションであるフェーズフィールドアプリケーションの省電力チューニングを行った。またこれらに対する追加実験として、最新の GPU による性能評価実験を行った。(3 に対応)

(2)研究成果の今後期待される展開

電通大グループでは、GPUをはじめとする各種の SIMD 型アクセラレータに対して効率の良い共通の並列プログラミング API と処理系の開発および、広く普及している OpenMP 言語を用いて有力な SIMD 型アクセラレータである GPU を使用出来る処理系の開発を行った。これら処理系により、ユーザは統一的なプログラミングインタフェースを用いて GPU をはじめとした SIMD 型アクセラレータの性能を活用できるようになった。以上の結果から、これらの API および記述方式の業界標準仕様への採用が期待され、各ベンダに依存しない共通のプログラミング記述方式を用いた SIMD 型アクセラレータの活用が可能となることが期待できる。

4. 5 省電力インターコネクトの研究開発(国立情報学研究所 鯉淵グループ)

(1)研究実施内容及び成果

省電力化対策が進んでいるプロセッサに比べ、HPC 分野におけるインターコネクトの省電力技術、制御方法については未だ決定打となる手法が開発されていない。そこで、本研究では、並列アプリケーションのトラフィックパターンに最適化したリンク、スイッチの動的なアクティベーション制御手法などの ULP-HPC のインターコネクトの省電力技術を研究開発することを目的とした。

HPC 分野においてトラフィックは時系列、空間の両方において強い局所性を持つことを踏まえ、この動的な On/Off ならびに可変リンク制御手法は、アプリケーションの通信パターンの予測から、トポロジ、ルーティングアルゴリズムに至るシステムレベルでの最適化により実現される。具体的に

は、(1)トラフィック負荷や様々なトポロジにおけるスイッチの消費電力の測定結果よりスイッチの電力モデルの構築、(2)既存のスイッチにおける On/Off 可変速度リンク制御法の実装、(3)並列アプリケーションのトラフィックパターンの解析、(4)トラフィック負荷に応じた動的なトポロジの変更による電力最適化などを行った。

これらインターコネクトの電力最適化の具体的な成果の1つとして、中規模 PC クラスタ(225 ノード)におけるインターコネクトの消費電力を1/8、コストを1/20、HPL 性能がほぼ同一という結果を得ることができたことである。さらに、On/Offリンク制御法を改良することでさらに2割以上の向上が見込めることが分かった。また、性能と(activate された)ネットワーク資源集合との関係を実機において評価し、性能への影響を明らかにした(図 4-1、4-2)。世界的にも省電力インターコネクトの研究は行われているが、チップ間通信では理論的な研究が多く、本研究が実機においてその影響と既存のスイッチを用いた制御方法を示した意義は大きい。また本グループは並列アプリケーションの高速化、省電力化と統合することで、相乗効果による大幅な(既存の)インターコネクトテクノロジーの消費電力の更なる削減の可能性を示すことができた。

さらに、トラフィック負荷に応じた動的なトポロジや自由度の高い経路設定の安定的な変更による電力最適化を発展させた。InfiniBandなどのロスレスネットワークにおけるスイッチの On/Offリンク制御、あるいはリンク速度制御により生じるトポロジ更新に関するパケットデッドロック問題を発見、解決した。具体的には、インターコネクトの耐故障技術である動的な再構成手法を応用することでネットワークの更新を安定化させ、かつ更新にともなう最悪パケット遅延を95%削減することに成功した(図 4-3)。

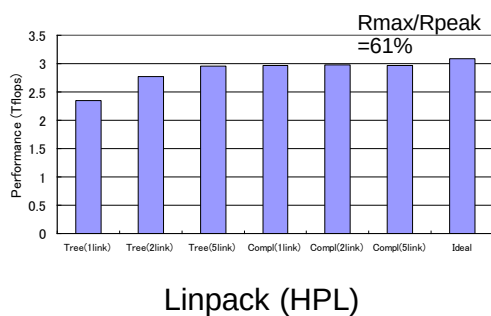


図 4-1:HPL の性能評価

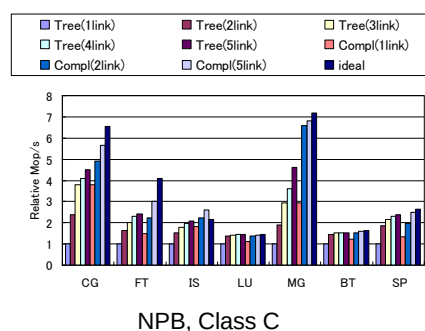


図 4-2:NAS パラレルベンチマークの性能評価

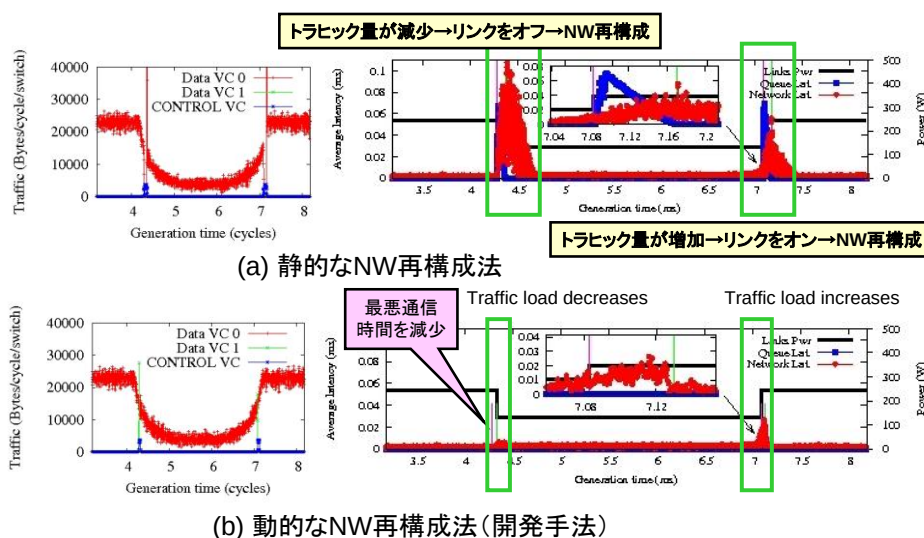


図 4-3:On/Offリンク制御により生じるトポロジの再構成の影響

さらに、スケーラブルな ULP-HPC の複数要素の統合利用技術をインターコネクトの面から確立

するために、任意のスイッチの次数、ノード数で構築可能であるスモールワールド性に基づく低レイテンシ・トポロジの特性を明らかにした上で、トポロジのランダム性を利用した単純な On/Off リンクアクティベーション法を適用し、そのうえで不規則なトポロジの性能を引き出す高性能なデッドロックフリールーティングを適用、評価した。その結果、リングトポロジにランダムなショートカットを追加することが通信遅延削減に最も効果的であり、10%のリンクをランダムに off にした場合でも性能の劣化はきわめて小さく、大規模なシステムではランダムトポロジに対して、単純に本省電力インターコネクト技術を適用することが有望であることが分かった。これは従来の規則網を対象とした省電力化にとどまるインターコネクトの研究の適用範囲を大幅に広げることにつながった(図 4-4)。

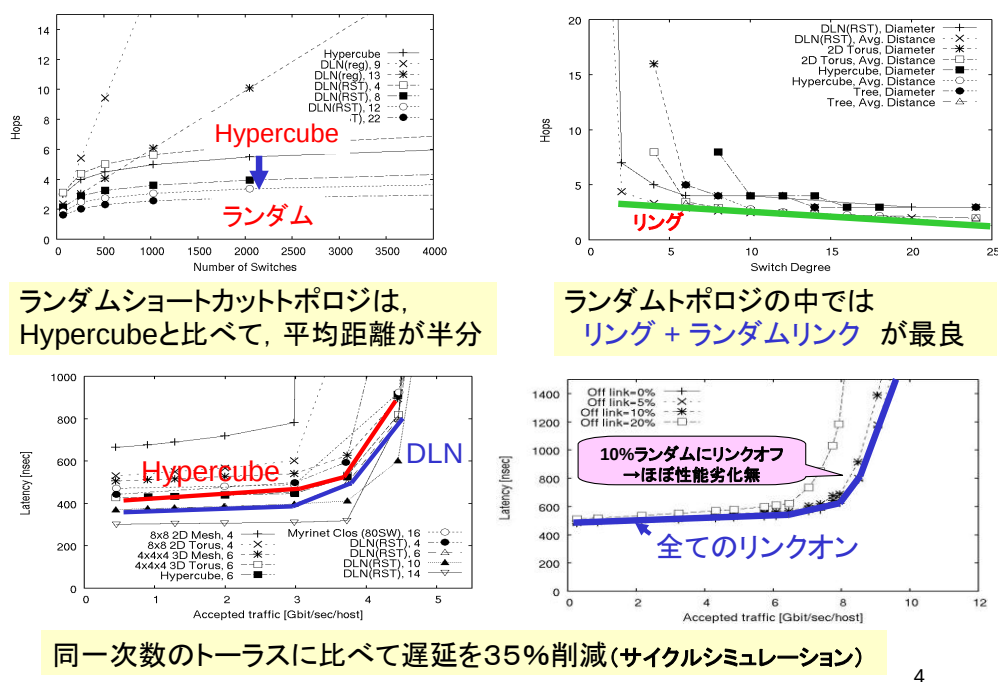


図 4-4: ランダムトポロジ(DLN)の特性、性能および電力面の評価結果

チップ内のインターコネクトのモデル化・最適化については、SIMD 型アクセラレータボードの活用のために行った。数百のプロセッシングエレメント(PE)は、並列計算機が複数の高バンド幅ネットワークで構成される点と異なり、I/O を含む一系統の軽量なチップ内ネットワークで接続される。そのため、並列性の高いアプリケーションにおいて通信データ量が多い場合にはネットワークが PE の実行効率向上のボトルネックになり、これがアクセラレータの汎用性を妨げる一つの要因となる。そこで、典型的な SIMD 型アクセラレータである ClearSpeed 製の CSX600 プロセッサなどにおける性能要因を通信性能のきわめて単純かつ精度の高いモデル化から明らかにし、プログラマーが並列アプリケーション作成時に利用できるようにした。

以上の成果は、既存の商用スイッチを対象とした実利用方法まで提示している点で、同時に開発されている青木グループの HPC アプリケーション、須田グループの自動チューニング基盤などへの統合、それらの電力性能比の向上をより明瞭に行うことができる。そして最終的に、既存の多くの HPC システムのネットワークに適用し、追加コストを最小限に抑えた上で消費電力を大幅に削減することができるインターコネクト技術としてまとめた。

(2)研究成果の今後期待される展開

すでに、同志社大学超並列計算機(PC クラス)において本省電力インターコネクト技術は適用され、安定的に動作しているなど実用的な段階に達している。また、InfiniBand、イーサネットなど既存のインターコネクトテクノロジーに対して適用できる点からきわめて多くの既存の HPC システムが対象となる。

本省電力インターコネクト技術は消費電力面のみならず、ポート数の少ないスイッチを多数並べるトポロジを推奨するため、導入コスト面でも安価になる利点があり、本成果の1つであるホストでタグ付を行わない VLAN ルーティング法などの技術は単体でも十分に実用的な価値があると考えられる。また、これらの利用を希望する設計者にはそのためのスイッチの設定ファイルなども提供する可能である。

§ 5 成果発表等

(1)原著論文発表 (国内(和文)誌 33 件、国際(欧文)誌 85 件)

H19

チーム総数(国内 5 件、国際 9 件)

「研究代表者・松岡」グループ(東京工業大学)

- [A-1] 尾形泰彦, 丸山直也, 遠藤敏夫, 松岡聡. “性能モデルに基づく CPU および GPU を併用する効率的な FFT ライブラリ”. 2008 年ハイパフォーマンส์コンピューティングと計算科学シンポジウム論文集(HPCS2008), pp. 107-114, Jan 2008.
- [A-2] 細萱祐人, 遠藤敏夫, 松岡聡. “省電力ページング方式を実装した次世代メモリアーキテクチャ上での並列プログラム”. 2008 年ハイパフォーマンส์コンピューティングと計算科学シンポジウム論文集(HPCS2008), pp. 25-32, Jan 2008.
- [A-3] 尾形泰彦, 丸山直也, 遠藤敏夫, 松岡聡. “性能モデルに基づく CPU 及び GPU を併用する効率的な FFT ライブラリ”. 情報処理学会論文誌, Vol.49, ACS22, 2008.
- [A-4] Toshio Endo and Satoshi Matsuoka. Massive Supercomputing Coping with Heterogeneity of Modern Accelerators. In Proceedings of IEEE International Parallel & Distributed Processing Symposium (IPDPS 2008), April 2008.
- [A-5] Yasuhiko Ogata, Toshio Endo, Naoya Maruyama and Satoshi Matsuoka. An Efficient, Model-Based CPU-GPU Heterogeneous FFT Library. In Proceedings of 17th International Heterogeneity in Computing Workshop (HCW '08), in conjunction with IPDPS 2008, April 2008.
- [A-6] Yuto Hosogaya, Toshio Endo and Satoshi Matsuoka. Performance Evaluation of Parallel Applications on Next Generation Memory Architecture with Power-Aware Paging Method. In Proceedings of The Fourth Workshop on High-Performance, Power-Aware Computing (HPPAC), in conjunction with IPDPS 2008, April 2008.
- [A-7] 額田彰, 尾形泰彦, 遠藤敏夫, 松岡聡. “CUDA 環境における高性能 3 次元 FFT”. 先進的計算基盤システムシンポジウム SACSIS2008 論文集, June 2008.

「主たる共同研究者①・須田」グループ(東京大学)

- [B-1] 須田礼仁(東京大学), 「オンライン自動チューニングのための Bayes 統計に基づく逐次実験計画法」, 情報処理学会 2008 年ハイパフォーマンส์コンピューティングと計算科学シンポジウム(HPCS2008), 東京工業大学 大岡山キャンパス, 2008 年 1 月 17 日, pp. 73-80.

「主たる共同研究者②・青木」グループ(東京工業大学)

- [C-1] Yohsuke Imai, Takayuki Aoki and Kenji Takizawa, Conservative form of interpolated differential operator scheme for compressible and incompressible fluid dynamics, Journal of Computational Physics, Vol. 227, Issue 4, 2008, 2263-2285
- [C-2] S. Moriguchi and T. Aoki: Simulation of Free Surface Flow Interacting with Moving Particles by Using Immersed Boundary Method, International Conference on Violent flows 2007, p301-303, 2007, Nov20-22, Fukuoka

- [C-3] Kenta Sugihara, Takayuki Aoki: Accuracy study of the IDO-CF scheme by Fourier analysis, The Third Asian-Pacific Congress on Computational Mechanics and the Eleventh International Conference on the Enhancement and Promotion of Computational Methods in Engineering and Science (APCOM'07 in conjunction with EPMESC), P.89, 2007, Dec 3-6, Kyoto
- [C-4] S. Moriguchi and T. Aoki: Numerical method for geomaterial based on fluid-particle interaction, The Third Asian-Pacific Congress on Computational Mechanics and the Eleventh International Conference on the Enhancement and Promotion of Computational Methods in Engineering and Science (APCOM'07-EPMESC), P.493, 2007, Dec 3-6, Kyoto
- [C-5] Sato Ogawa, Takayuki Aoki, Toru Tamagawa: Numerical Simulation for Vertical-Axis Wind Turbine by High-accurate Overset Grid method, The Third Asian-Pacific Congress on Computational Mechanics and the Eleventh International Conference on the Enhancement and Promotion of Computational Methods in Engineering and Science (APCOM'07-EPMESC XI), P.81, 2007, Dec 3-6, Kyoto

「主たる共同研究者④・鯉淵」グループ(国立情報学研究所)

- [E-1] Michihiro Koibuchi (NII), Hiroki Matsutani (Keio U), Hideharu Amano (Keio U), Timothy M. Pinkston (U of Southern California), "A Lightweight Fault-tolerant Mechanism for Network-on-chip", Proc. of the 2nd ACM/IEEE International Symposium on Networks-on-Chip (NOCS'08), pp.13-22, Apr 2008.

H20

チーム総数(国内 8 件、国際 11 件)

【松岡G】

- A-1. Toshio Endo and Satoshi Matsuoka. Massive Supercomputing Coping with Heterogeneity of Modern Accelerators. In Proceedings of IEEE International Parallel & Distributed Processing Symposium (IPDPS 2008), 10pages, April 2008.
- A-2. Yuto Hosogaya and Toshio Endo and Satoshi Matsuoka. Performance Evaluation of Parallel Applications on Next Generation Memory Architecture with Power-Aware Paging Method. In Proceedings of 4th IEEE Workshop on High-Performance, Power-Aware Computing (HPPAC08), in conjunction with IPDPS2008, 8pages, April 2008.
- A-3. Yasuhiko Ogata, Toshio Endo, Naoya Maruyama, and Satoshi Matsuoka. "An Efficient, Model-Based CPU-GPU Heterogeneous FFT Library". In the 17th International Heterogeneity in Computing Workshop (HCW'08), in conjunction with IPDPS 2008, Miami, FL, USA, April 2008.
- A-4. 額田彰, 尾形泰彦, 遠藤敏夫, 松岡聡. CUDA 環境における高性能 3 次元 FFT. 先進的計算基盤システムシンポジウム SACSIS2008 論文集, pp. 81-88, 2008 年 6 月.
- A-5. 山崎翔平, 丸山直也, 松岡聡. モデルベース資源選択による効率的な仮想クラスタ構築. 先進的計算基盤システムシンポジウム(SACSIS2008) 論文集, Vol. 2008, No.5 pp.325-332, 2008 年 6 月.
- A-6. 尾形泰彦, 遠藤敏夫, 丸山直也, 松岡聡. 性能モデルに基づく CPU 及び GPU を併用する効率的な FFT ライブラリ. 情報処理学会論文誌コンピューティングシステム, Vol.1, No.1 (ACS 22), pp. 40-50, 2008 年 6 月.
- A-7. 額田彰, 尾形泰彦, 遠藤敏夫, 松岡聡. CUDA 環境における高性能 3 次元 FFT. 情報処理学会論文誌コンピューティングシステム(ACS), Vol. 1, No. 2, pp. 231-239, 2008 年 8 月.

- A-8. Akira Nukada, Yasuhiko Ogata, Toshio Endo and Satoshi Matsuoka. Bandwidth Intensive 3-D FFT kernel for GPUs using CUDA. In Proceedings of the ACM/IEEE conference on Supercomputing (SC'08), 11pages, Austin, November 2008.

【須田G】

- B-1. R. Suda, "Divisible Load Scheduling with Improved Asymptotic Optimality", IEEE Cluster 2008, Poster + work-in-progress, 6 pages (CD-ROM), 2008.
B-2. D.-Q. Ren, D. D. Giannacopoulos, R. Suda, "An Optimized Dynamic Load Balancing Method for Parallel 3-D Mesh Refinement for Finite Element Electromagnetics with Tetrahedra", iWAPT2008 / IEEE Cluster 2008, 7 pages (CD-ROM).

【本多G】(発行済:国内(和文) 1 件、国際(欧文) 2 件)

- D-1. Shoichi Hirasawa, Hiroki Honda, "Toward a Portable Programming Environment for Distributed High Performance Accelerators", In Proceedings of The First International Workshop on Software Technologies for Future Dependable Distributed Systems (STFSSD 2009), pp.189-194, Mar, 2009
D-2. 大島聡史, 平澤将一, 本多弘樹: OMPCUDA: GPU 向け OpenMP の実装, HPCS2009 2009 年ハイパフォーマンスコピューティングと計算科学シンポジウム, pp.131-138, Jan, 2009
D-3. Shoichi Hirasawa, Yu Nakanishi, Hiromasa Watanabe, Hiroki Honda: "Common Description Language of SIMD Instructions for Performance Portability", In Proceedings of The 2008 International Conference on Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications (PDPTA'08), pp.52-58, Jul, 2008

【鯉渕G】

- E-1. Michihiro Koibuchi, Hiroki Matsutani, Hideharu Amano, Timothy M. Pinkston, "Lightweight Fault-tolerant Mechanism for Network-on-chip", Proc. of the 2nd ACM/IEEE International Symposium on Networks-on-Chip (NOCS'08), pp.13-22, Apr 2008
E-2. 鯉渕道紘, 吉永努, 村上弘和, 松谷宏紀, 天野英晴, "予測機構を持つルータを用いた低遅延チップ内ネットワークに関する研究", 先進的計算基盤システムシンポジウム SACSIS'08 論文集, pp.393-401, Jun 2008
E-3. 鯉渕道紘, 吉永努, 村上弘和, 松谷宏紀, 天野英晴, "予測機構を持つルータを用いた低遅延チップ内ネットワークに関する研究", 情報処理学会論文誌:コンピューティングシステム(ACS), vol.1 No.2, pp. 59-69, Aug 2008
E-4. Daihan Wang, Hiroki Matsutani, Michihiro Koibuchi, Hideharu Amano, "A Link Removal Methodology for Network-on-Chip on Reconfigurable Systems", Proc. of the 18th International Conference on Field Programmable Logic and Applications (FPL'08), pp.269-274, Sep 2008
E-5. Takafumi Watanabe, Masahiro Nakao, Tomoyuki Hiroyasu, Tomohiro Otsuka, Michihiro Koibuchi, "The Impact of Topology and Link Aggregation on PC Cluster with Ethernet", (Work-in-progress presentation) IEEE International Conference on Cluster Computing (Cluster2008), pp.380-385, Sep. 2008
E-6. 大塚智宏, 鯉渕道紘, 工藤知宏, 天野英晴, "VLAN イーサネットを用いた PC クラスタ向け大規模ネットワーク構築法", 情報処理学会論文誌:コンピューティングシステム(ACS), 情報処理学会論文誌:コンピューティングシステム(ACS), Vol.1 No.3, pp.96-107, Dec 2008

H21

チーム総数(国内 9 件、国際 15 件)

【松岡G】

- [A-1] Tomoaki Hamano, Toshio Endo, and Satoshi Matsuoka. Power-Aware Dynamic Task Scheduling for Heterogeneous Accelerated Clusters. In Proceedings of the Fifth Workshop on High-Performance, Power-Aware Computing (HPPAC), in conjunction to IEEE IPDPS 2009, Rome, May 2009.
- [A-2] Ali Cevahir, Akira Nukada, and Satoshi Matsuoka. Fast Conjugate Gradients with Multiple GPUs. In Proceedings of International Conference on Computer Science (ICCS 2009), Lecture Notes in Computer Science, Vol. 5544, pp.893-903, Springer, May 2009.
- [A-3] 額田彰, 松岡聡. CUDA GPU 向けの自動最適化 FFT ライブラリ. 先進的基盤システムシンポジウム SACSIS 2009 論文集, pp. 345-352, 広島, 2009 年 5 月.
- [A-4] Ali Cevahir, Akira Nukada, and Satoshi Matsuoka. An Efficient Conjugate Gradient Solver on Double Precision Multi-GPU Systems. 先進的基盤システムシンポジウム SACSIS 2009 論文集, pp. 353-360, 広島, 2009 年 5 月.
- [A-5] Satoshi Matsuoka, Takayuki Aoki, Toshio Endo, Akira Nukada, Toshihiro Kato, Atsushi Hasegawa, GPU accelerated computing—from hype to mainstream, the rebirth of vector computing, Journal of Physics: Conference Series, Scientific Discovery through Advanced Computing (SciDAC 2009), Vol. 180, No. 1, pp. 012043, San Diego, CA, July 2009.
- [A-6] 額田彰, 松岡聡, CUDA GPU 向けの自動最適化 FFT ライブラリ, 情報処理学会論文誌コンピューティングシステム(ACS), Vol. 2, No. 3, pp. 107-115, 2009 年 9 月.
- [A-7] Akira Nukada, Satoshi Matsuoka, Auto-Tuning 3-D FFT Library for CUDA GPUs, In Proceedings of the 2009 ACM/IEEE conference on Supercomputing (SC09), Portland, OR, November 2009.

【須田G】

- [B-1] Da Qi Ren and Reiji Suda, "Measurement, Modeling and Evaluation for the Power Consumption of Large Matrices Multiplication on Multi-core Computers", International Journal of Computational Science. Volume 3, Number 4, pp. 387-401, 2009.
- [B-2] Da Qi Ren and Reiji Suda, "Load Scheduling for Power Aware Matrix Multiplication on CPU-GPU Multiprocessing Platform", Proceedings of the 17th Conference on the Computation of Electromagnetic Fields (COMPUMAG 2007), pp.1080-1081. Florianopolis, Brazil, Nov 22-26, 2009.
- [B-3] Da Qi Ren and Reiji Suda, "Power Model of Large-Scale Matrix Multiplication on Multi-core CPUs and GPUs Platform", The 8th International Conference on Parallel Processing and Applied Mathematics (PPAM 2009). Wroclaw, Poland, Sep 13-16, 2009.
- [B-4] Da Qi Ren and Reiji Suda, "Power Efficient Large Matrices Multiplication by Load Scheduling on Multi-core and GPU platform with CUDA", Proceeding of 12th IEEE International Conference on Computational Science and Engineering (CSE 2009), pp. 424-429, 6 pages in CD, Vancouver Canada, Aug 29-31, 2009.
- [B-5] Da Qi Ren, Reiji Suda, "Modeling and Estimation for the Power Consumption of Matrix Computations on Multi-core CPU and GPU platform", Proceedings of IEEE International Workshop on HPC and Grid Applications (IWHGA 2009), pages 42-46, Sanya, China, Apr 24-26, 2009.
- [B-6] Kamil Rocki, Reiji Suda, "Parallel minimax tree searching on GPU", 8 pages, The 8th International Conference on Parallel Processing and Applied

Mathematics (PPAM 2009), Wroclaw, Poland, Sep. 13-16, 2009.

- [B-7] Reiji Suda and Da Qi Ren, "Accurate Measurements and Precise Modeling of Power Dissipation of CUDA Kernels toward Power Optimized High Performance CPU-GPU Computing", The Tenth International Conference on Parallel and Distributed Computing, Applications and Technologies (PDCAT), Hiroshima, Japan, Dec 8-11, 2009.
- [B-8] 片桐孝洋, 「ペタフロップス環境における小規模行列用対称密行列固有値ソルバに向けてー逆変換の改良ー」, 情報処理学会 2010 年ハイパフォーマンスコМПユーティングと計算科学論文集 HPCS2010, 2010 年 1 月, pp. 27- 34.

【青木G】

- [C-1] 小川 慧, 青木 尊之, 「GPU によるマルチグリッド法を用いた 2 次元非圧縮性流体解析の高速計算」, 日本計算工学会論文集, Vol. 2009, No.20090021, 2009 年 11 月 9 日.
- [C-2] 小川 慧, 青木 尊之, 山中 晃徳, 「マルチ GPU によるフェーズフィールド相転移計算のスケラビリティー ～ 40 GPU で 5 TFLOPS の実効性能 ～」, 情報処理学会 2010 年ハイパフォーマンスコМПユーティングと計算科学論文集 HPCS2010, 2010 年 1 月.
- [C-3] Marlon Arce Acuna, Takayuki Aoki, 「Multi-GPU Computing and Scalability for Real-Time Tsunami Simulation」, 情報処理学会 2010 年ハイパフォーマンスコМПユーティングと計算科学論文集 HPCS2010, 2010 年 1 月.

【鯉淵G】

- [E-1] 廣安知之, 渡辺崇文, 中尾昌広, 大塚智宏, 鯉淵道紘, "PC クラスタにおける LAN イーサネットのトポロジの評価", 情報処理学会論文誌:コンピューティングシステム(ACS), Vol.2, No.3, pp.131-141, Sep 2009
- [E-2] Jose Miguel Montanana, Michihiro Koibuchi, Takafumi Watanabe, Tomoyuki Hiroyasu, Hiroki Matsutani, Hideharu Amano, "An On/Off Link Activation Method for Power Regulation in InfiniBand", Proc. of the 2009 International Conference on Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications (PDPTA'09), pp. 289-295, Jun 2009
- [E-3] Yuri Nishikawa, Michihiro Koibuchi, Masato Yoshimi, Akihiro Shitara, Kenichi Miura, Hideharu Amano, "Performance Analysis of ClearSpeed's CSX600 Interconnects", IEEE International Symposium on Parallel and Distributed Processing with Applications (ISPA), pp.203-210, Aug 2009
- [E-4] Jose Miguel Montanana, Michihiro Koibuchi, Hiroki Matsutani, Hideharu Amano, "Balanced Dimension-Order Routing for k-ary n-cubes", Proc. Of the 4th International Symposium on Embedded Multicore Systems-on-Chip (MCSoc'09), Sep 2009 (CD-ROM)
- [E-5] 廣安知之, 渡辺崇文, 中尾昌広, 大塚智宏, 鯉淵道紘, "PC クラスタにおける VLAN イーサネットのトポロジの評価", 第 7 回先進的計算基盤システムシンポジウム (SACIS'09)論文集, pp.283-291, May 2009
- [E-6] Michihiro Koibuchi, Tomohiro Otsuka, Hiroki Matsutani, Hideharu Amano, "An On/Off Link Activation Method for Low-Power Ethernet in PC Clusters", Proc. of the 23rd IEEE International Parallel and Distributed Processing Symposium (IPDPS'09), CD-ROM, May 2009

H22

チーム総数(国内 4 件、国際 16 件)

【松岡G】

- [A-1] Toshio Endo, Akira Nukada, Satoshi Matsuoka, and Naoya Maruyama. Linpack Evaluation on a Supercomputer with Heterogeneous Accelerators, In Proceedings of IEEE International Parallel & Distributed Processing Symposium (IPDPS 2010), Atlanta, April 2010.
- [A-2] Naoya Maruyama, Akira Nukada, and Satoshi Matsuoka. A High-Performance Fault-Tolerant Software Framework for Memory on Commodity GPUs, In Proceedings of 24th IEEE International Parallel and Distributed Processing Symposium (IPDPS'10), Atlanta, April 2010.
- [A-3] Ali Cevahir, Akira Nukada, and Satoshi Matsuoka. "High Performance Conjugate Gradient Solver on Multi-GPU Clusters Using Hypergraph Partitioning" In Proceedings of the 2010 International Supercomputing Conference (ISC'10), Hamburg, Germany, June 2010.
- [A-4] Leonardo Bautista Gomez, Akira Nukada, Naoya Maruyama, Franck Cappello and Satoshi Matsuoka. Low-overhead diskless checkpoint for hybrid computing systems. In Proceedings of 2010 High Performance Computing Conference (HiPC 2010), Goa, Dec. 2010.

【須田G】

- [B-1] Da Qi Ren, Dennis Giannacopoulos, Reiji Suda, "Power Performance Analysis of 3-D Finite Element Mesh Refinement with Tetrahedra by CUDA/MPI on Multi-core and GPU architecture", 14th Biennial IEEE Conference on Electromagnetic Field Computation, Conference CD and IEEE Explore, Chicago, USA, May9-12, 2010
- [B-2] 片桐孝洋, "ペタフロップス環境における小規模行列用対称密行列固有値ソルバに向けて - 逆変換の改良 -", 情報処理学会論文誌:ACS, Vol.3, No.2, pp. 1-8 (2010)
- [B-3] Kamil Rocki, Reiji Suda, "Massively Parallel Monte Carlo Tree Search", 2010 VECPAR Conference, Berkeley, CA (USA) | June 22-25, 2010
- [B-4] Takahiro Katagiri, and Shoji Itoh, "A Massively Parallel Dense Symmetric Eigensolver with Communication Splitting Multicasting Algorithm", 9th International Meeting on High Performance Computing for Computational Science (VECPAR'2010), Proceedings of VECPar'2010, 13 pages., Berkeley, California, USA, June 22-25 (2010)
- [B-5] Takahiro Katagiri, "Challenges of Run-time Auto-tuning for Sparse Iterative Solvers", Fifth International Workshop on Automatic Performance Tuning (iWAPT2010), Proceedings of VECPar'2010, 2pages., Berkeley, California, USA, June 22 (2010) (A Position Paper)
- [B-6] Da Qi Ren, Dennis Giannacopoulos and Reiji Suda, "Power Performance Analysis of 3-D Finite Element Mesh Refinement with Tetrahedra by CUDA/MPI on Multi-core and GPU Architecture", *IEEE Transactions on Magnetism*, 2010
- [B-7] Da Qi Ren, Reiji Suda, "Experimental Estimation and Analysis of the Performance and Power Efficiency of CUDA Processing Element in SIMD Computation", The 9th IEEE/ACIS International Conference on Computer and Information Science (ICIS 2011). (to appear)
- [B-8] Da Qi Ren, Reiji Suda, "Power Tuning for High Performance Computing on GPGPU Clusters with CUDA/MPI", The Fifth International Workshop on Automatic Performance Tuning, Berkeley, CA, USA, June 22-25, 2010.
- [B-9] Reiji Suda, "Methods of Parallel Experimental Design of Online Automatic Tuning and their Application to Parallel Sparse Matrix Data Structure", Proc. iWAPT 2010 (VECPAR'10)

【青木G】

- [C-1] 小川慧, 青木尊之, 山中晃徳: マルチ GPU によるフェーズフィールド相転移計算のス

ケーラビリティー – 40GPU で 5 TFLOPS の実効性能, 情報処理学会論文誌コンピューティングシステム, Vol. 3, No. 2, 67-75 (2010 June)

[C-2] 山中晃徳, 小川慧, 青木尊之, 高木知弘: GPU によるマルチフェーズフィールドシミュレーション, 日本計算工学会誌, No.20100009, 2010 年 6 月 7 日

[C-3] 山下晋, 肖鋒, 青木尊之, 高橋桂子: CIP 有限体積法による風波シミュレーション, 日本流体力学会誌「ながれ」, Vol.29, 277-286 (2010), 2010 年 9 月

【本多G】

[D-1] Satoshi Ohshima, Shoichi Hirasawa, Hiroki Honda, "OMPCUDA: OpenMP Execution Framework for CUDA Based on Omni OpenMP Compiler", In Proceedings of The International Workshop on OpenMP (IWOMP 2010), June, 2010.

【鯉渕G】

[E-1] Michihiro Koibuchi, Tomohiro Otsuka, Tomohiro Kudoh, Hideharu Amano, "A Switch-tagged Routing Methodology for PC Clusters with VLAN Ethernet", IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, April 2010

[E-2] Jose Miguel Montanana, Michihiro Koibuchi, Hiroki Matsutani, Hideharu Amano, "Stabilizing Path Modification of Power-Aware On/Off Interconnection Networks", The 5th IEEE International Conference on Networking, Architecture, and Storage (NAS 2010), pp.218-227, July 2010

[E-3] Yuri Nishikawa, Michihiro Koibuchi, Hiroki Matsutani, Hideharu Amano, "A Deadlock-free Non-minimal Fully Adaptive Routing using Virtual Cut-through Switching", The 5th IEEE International Conference on Networking, Architecture, and Storage (NAS 2010), pp.431-438, July 2010

H23

チーム総数(国内 5 件、国際 22 件)

【松岡 G】 (国内(和文) 3 件、国際(欧文) 8 件)

[A-1] 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.

[A-2] 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.

[A-3] 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

[A-4] 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.

- [A-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.
- [A-6] 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.
- [A-7] 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.
- [A-8] 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.
- [A-9] 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.
- [A-10] 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.
- [A-11] 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

【須田 G】 (国内(和文) 0 件、国際(欧文) 4 件)

- [B-1] Da Qi Ren, Reiji Suda, "Global Optimization Model on Power Efficiency of GPU and Multicore Processing Element for SIMD Computing with CUDA", International Conference on Energy-Aware High Performance Computing / Computer Science - Research and Development, Springer, 2011 for online first, DOI:10.1007/s00450-011-0197-6.
- [B-2] Cheng Luo, Reiji Suda, A performance and energy consumption analytical model for GPU, International Conference on Cloud and Green Computing (CGC2011), Sydney, Australia, Dec 2011, 8 pages DOI: 10.1109/DASC.2011.117
- [B-3] Takehiko Nawata and Reiji Suda, "APTCC: Auto Parallelizing Translator From C To CUDA", Proceedings of the International Conference on Computational Science, Procedia Computer Science, Volume 4, pp 352-361, 2011, doi:10.1016/j.procs.2011.04.037
- [B-4] Da Qi Ren, Reiji Suda, "Experimental Estimation and Analysis of the Performance and Power Efficiency of CUDA Processing Element in SIMD Computation", Proceeding of the 10th IEEE/ACIS International Conference on Computer and Information Science (ICIS 2011), pp.405-408, Sanya, China, May 16-18, 2011. DOI: 10.1109/ICIS.2011.74

【青木 G】 (国内(和文) 1 件、国際(欧文) 7 件)

- [C-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, Feb.2012,

doi:10.1038/jhg.2012.6

- [C-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.
- [C-3] 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
- [C-4] 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.
- [C-5] 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
- [C-6] 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
- [C-7] 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)
- [C-8] 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)

【鯉淵 G】 (国内(和文) 1 件、国際(欧文) 2 件)

- [E-1] Michihiro Koibuchi, Takafumi Watanabe, Atsushi Minamihata, Masahiro Nakao, Tomoyuki Hiroyasu, Hiroki Matsutani, Hideharu Amano, Performance Evaluation of Power-aware Multi-tree Ethernet for HPC Interconnects, The Second International Conference on Networking and Computing, pp.50-57, Nov, 2011
- [E-2] J. Flich, T. Skeie, A.Mejia, O. Lysne, P. Lopez, A. Robles, J. Duato, M. Koibuchi, T. Rokicki, and J. C. Sancho, "A Survey and Evaluation of Topology Agnostic Routing Algorithms", IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, Vol.23, No.3, pp.405-425, Mar. 2012 (DOI: 10.1109/TPDS.2011.190)
- [E-3] 鯉淵道紘, 松谷宏紀, 天野英晴, D. Frank Hsu Casanova Henri, 高性能計算機インターコネクトにおけるランダムショートカットトポロジ, ハイパフォーマンスコМПユーティングと計算科学シンポジウム(HPCS) Jan 2012, pp.85-92, Jan 2012
- [E-4] Michihiro Koibuchi, Hiroki Matsutani, Hideharu Amano, D. Frank Hsu, Henri Casanova, "A Case for Random Shortcut Topologies for HPC Interconnects", The 39th International Symposium on Computer Architecture (ISCA), June 2012

H24

原著論文チーム総数(国内(和文)誌 2 件、国際(欧文)誌 20 件)

【松岡 G】 (国内(和文)誌 0 件、国際(欧文)誌 14 件)

- [A-1] Koichi Shirahata, Hitoshi Sato, Toyotaro Suzumura, Satoshi Matsuoka. "A GPU Implementation of Generalized Graph Processing Algorithm GIM-V". In Proc. of the 3rd International Workshop on Parallel Algorithm and Parallel Software (IWPAPS 2012), in conjunction with Cluster 2012, Sep. 2012.
- [A-2] Akihiro Nomura, Yutaka Ishikawa, Naoya Maruyama, Satoshi Matsuoka. "Design and Implementation of Portable and Efficient Non-blocking collective Communication". In The 12th IEEE/ACM International Symposium on Cluster, Cloud and Grid Computing (CCGrid 2012). May 2012.
- [A-3] Amer Abdelhalim, Toufik Ahmed, Hidouci Walid-Khaled and Satoshi Matsuoka, "Using Bittorrent and SVC for Efficient Video Sharing and Streaming", In Proc of the Seventeenth IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC'12), IEEE Press, Jul. 2012.
- [A-4] Irina Demeshko, Satoshi Matsuoka, Naoya Maruyama, Hirofumi Tomita. "Ultra-high Resolution Atmospheric Global Circulation Model NICAM on Graphics Processing Unit", In Proc. of the 2012 International Conference on Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications (PDTPA'12), Jul. 2012.
- [A-5] Irina Demeshko, Satoshi Matsuoka, Naoya Maruyama and Hirofumi Tomita. "Multi-GPU implementation of the NICAM atmospheric model", In Proc. of Tenth International Workshop on Algorithms, Models and Tools for Parallel Computing on Heterogeneous Platforms (HeteroPar'2012) in conjunction with EuroPar'2012, Aug. 2012.
- [A-6] L. Bautista Gomez, B. Nicolae, N. Maruyama, F. Cappello, S. Matsuoka. "Scalable Reed-Solomon-based Reliable Local Storage for HPC Applications on IaaS Clouds", In Proc. of International European Conference on Parallel and Distributed Computing (EuroPar 2012), Aug. 2012.
- [A-7] Leonardo Bautista Gomez, Thomas Ropars, Naoya Maruyama, Franck Cappello, Satoshi Matsuoka. "Hierarchical Clustering Strategies for Fault Tolerance in Large Scale HPC Systems", In Proc. of IEEE Cluster 2012, IEEE Press, Sep. 2012.
- [A-8] Akira Nukada, Kento Sato and Satoshi Matsuoka. "Scalable Multi-GPU 3-D FFT for TSUBAME 2.0 Supercomputer", In Proc. of 2012 ACM/IEEE International Conference for High Performance, Networking, Storage, and Analysis (SC'12), Salt Lake City, IEEE Press, Nov. 2012.
- [A-9] Kento Sato, Adam Moody, Kathryn Mohror, Todd Gamblin, Bronis R.de Supinski, Naoya Maruyama, Satoshi Matsuoka. "Design and Modeling of a Non-blocking Checkpointing System", In Proc. of 2012 ACM/IEEE International Conference for High Performance, Networking, Storage, and Analysis (SC'12), Salt Lake City, IEEE Press, Nov. 2012.
- [A-10] Katsuki Fujisawa, Toshio Endo, Hitoshi Sato, Makoto Yamashita, Satoshi Matsuoka, Maho Nakata. "High-Performance General Solver for Extremely Large-scale Semidefinite Programming Problems", In Proc. of 2012 ACM/IEEE International Conference for High Performance, Networking, Storage, and Analysis (SC'12), Salt Lake City, IEEE Press, Nov. 2012.
- [A-11] Tetsuya Hoshino, Naoya Maruyama, Satoshi Matsuoka, Ryoji Takaki. "CUDA vs OpenACC: Performance Case Studies with Kernel Benchmarks and a Memory Bound CFD Application", In Proc. of the 13th IEEE/ACM International Symposium on Cluster, Cloud and Grid Computing (CCGrid 2013), IEEE, May 2013, (to appear).
- [A-12] Koichi Shirahata, Hitoshi Sato, Toyotaro Suzumura, Satoshi Matsuoka, "A Scalable Implementation of a MapReduce-based Graph

Processing Algorithm for Large-scale Heterogeneous Supercomputers”, In Proc. of the 13th IEEE/ACM International Symposium on Cluster, Cloud and Grid Computing (CCGrid 2013), IEEE, May 2013, (to appear).

[A-13] Abdelhalim Amer, Naoya Maruyama, Miquel Pericas, Kenjiro Taura, Rio Yokota, and Satoshi Matsuoka, “Bulk-Synchronous and Data-Driven Execution Models on Multi-Core Architectures: Case study of the FMM”, In Proc. of International Supercomputing Conference (ISC’13), Jun. 2013, (to appear).

[A-14] Takafumi Saito, Kento Sato, Hitoshi Sato and Satoshi Matsuoka. Energy-aware I/O Optimization for Checkpoint and Restart on a NAND Flash Memory System. In FTXS’2013, the Workshop on Fault-Tolerance for HPC at Extreme Scale, in conjunction with the 22nd International ACM Symposium on High Performance Parallel and Distributed Computing (HPDC’13), June, 2013, (To appear)

【須田 G】 (国内(和文)誌 0 件、国際(欧文)誌 3 件)

[B-1] C. Luo, R. Suda, "MSSM: An efficient scheduling mechanism for CUDA basing on task partition", Proc. International Conference on Parallel and Distributed System (ICPADS 2012), Singapore, 2012 年, Accepted

[B-2] Tomiyama, R. Suda, "Automatic Parameter Optimization for Edit Distance Algorithm on GPU", Proc. International Workshop on Automatic Performance Tuning (iWAPT 2012), 神戸, 2012 年 6 月 17 日

[B-3] R. Suda, C. Luo, T. Katagiri, "A mathematical method for online autotuning of power and energy consumption with corrected temperature effects", Procedia Information Science, also in Proc. international workshop on Automatic Performance Tuning (iWAPT 2013), Barcelona, accepted.

【青木 G】 (国内(和文)誌 2 件、国際(欧文)誌 0 件)

[C-1] 小野寺直幸, 青木尊之, 下川辺隆史, 小林宏充, 「格子ボルツマン法による 1m 格子を用いた都市部 10km 四方の大規模 LES 気流シミュレーション」, 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主催 HPCS シンポジウム 2013, 東京, 2013 年 1 月 16 日

[C-2] 下川辺隆史, 青木尊之, 小野寺直幸, 「ブロック AMR 法の GPU コンピューティング・フレームワーク」, 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主催 HPCS シンポジウム 2013, 東京, 2013 年 1 月 16 日

【鯉渕 G】 (国内(和文)誌 0 件、国際(欧文)誌 3 件)

[E-1] Michihiro Koibuchi, Hiroki Matsutani, Hideharu Amano, D. Frank Hsu, Henri Casanova, “A Case for Random Shortcut Topologies for HPC Interconnects”, The 39th International Symposium on Computer Architecture (ISCA), pp.177-188, June 2012.

[E-2] Ikki Fujiwara, Michihiro Koibuchi, Henri Casanova, Cabinet Layout Optimization of Supercomputer Topologies for Shorter Cable Length, The International Conference on Parallel and Distributed Computing, Applications and Technologies (PDCAT), pp.227-232, Dec 2012.

[E-3] Michihiro Koibuchi, Ikki Fujiwara, Hiroki Matsutani, Henri Casanova, Layout-conscious Random Topologies for HPC Off-chip Interconnects, The 19th International Symposium on High-Performance Computer Architecture (HPCA), pp.484-495, Feb. 2013.

(2)その他の著作物(総説、書籍など)

H20

【青木G】

- [C-1] 青木尊之: 並列計算技術の最新動向 ― スパコンと流体アプリケーション ―, 自動車技術, Vol.62, No.5, pp.27-33 (2008)
- [C-2] 青木尊之, 今井陽介: 保存形 IDO (局所補間微分オペレータ) 法, 応用数理学会誌「応用数理」, Vol.18, No.2, 岩波書店, pp.32-45 (2008)

H21

【松岡G】

- [A-11] 加藤季広, 青木尊之, 額田彰, 遠藤敏夫, 松岡聡, 長谷川篤史. 姫野ベンチマークの GPU マルチノード実行における通信と演算のオーバーラップによる高速化 ～ 32GPU で 700GFLOPS 超を達成 ～. 情報処理学会研究報告「ハイパフォーマンスコンピューティング (HPC)」, Vol. 2009-HPC-120, No. 3, pp. 1-6, 調布, 2009 年 6 月.
- [A-12] 長坂仁, 丸山直也, 額田彰, 遠藤敏夫, 松岡聡, GPU における性能と消費電力の相関性の解析, 情報処理学会研究報告 2009-HPC-121 (SWoPP 2009), No. 26, pp.1-6, 仙台, 2009 年 7 月.
- [A-13] 島田大地, 丸山直也, 額田彰, 遠藤敏夫, 松岡聡, GPU における耐故障性を考慮した数値計算の電力性能, 情報処理学会研究報告 2009-HPC-121 (SWoPP 2009), No. 26, pp.1-6, 仙台, 2009 年 7 月.
- [A-14] Ali Cevahir, Akira Nukada and Satoshi Matsuoka. CG on GPU-enhanced Clusters, 情報処理学会研究報告, Vol. 2009-HPC-123, No. 15, pp. 1-8, 2009 年 11 月.
- [A-15] 丸山直也, 額田彰, 松岡聡, GPU 向け耐メモリエラーソフトウェアフレームワーク, 情報処理学会研究報告 2009-HPC-123, No. 8, pp. 1-6, 2009 年 11 月.

【須田G】

- [B-3] 須田礼仁, 「ソフトウェア自動チューニングの数理」(特集「科学技術計算におけるソフトウェア自動チューニング」), 情報処理, Vol. 50, No. 6, June 2009, 情報処理学会, pp. 487-493.

【青木G】

- [C-5] 青木尊之, 「GPU コンピューティングによる CFD の超高速計算」, 日本流体力学会誌「ながれ」, Vol. 28, pp.89-97, 2009 年 4 月
- [C-6] 青木尊之, 額田彰, 「はじめての CUDA プログラミング」, 第二 IO 編集部, ISBN978-4-7775-1477-9, 2009 年 11 月出版

H22

【松岡G】

- [A-5] 額田彰. CUDA による高速フーリエ変換, 応用数理, 第 20 巻, 第 2 号, 応用数理学会, 2010 年 6 月.
- [A-6] 遠藤敏夫, 額田彰, 松岡聡. 異種アクセラレータを持つ TSUBAME スーパーコンピュータの Linpack 評価, 応用数理, 第 20 巻, 第 2 号, 応用数理学会 2010 年 6 月.
- [A-7] 松岡聡, 青木尊之, 遠藤敏夫, 丸山直也, 佐藤仁, 滝澤真一郎, 實本英之. TSUBAME の造り方から探る PC クラスタと「スパコン」のあいだ. アスキー・メディアワークス, 月刊 ASCII .technologies 2010 年 7 月号, pp. 48--55.
- [A-8] 松岡聡, 遠藤敏夫, 丸山直也, 佐藤仁, 滝澤真一郎. TSUBAME 2.0 の全貌. TSUBAME e-Science Journal, vol. 1, 東京工業大学学術国際情報センター, 2010 年 9

月.

【須田G】

[B-3]Editors: Ken Naono, Keita Teranishi, John Cavazos and Reiji Suda, "Software Automatic Tuning: From Concepts to the State-of-the-Art Results", Springer, to be published.

【青木G】

[C-4]青木尊之: 双曲型方程式の GPU による高速計算, 日本応用数理学会誌, 応用数理, Vol. 20, No.2, June 2010, PP.94-106 (2010) [解説記事]

H23

【松岡G】

[A-12] 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

[A-13] 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 年 7 月号, pp579-584

[A-14] 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

【須田G】

[B-5] Da Qi Ren, Reiji Suda, “Energy-Aware SIMD Algorithm Design on GPU and Multicore Architectures”, Handbook of Energy-Aware and Green Computing, Chapman and Hall/CRC Press, ISBN: 978-1439850404, Publication Date: Jan 2, 2012.

【青木G】

[C-9] 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, 「ACMゴードンベル賞・特別賞&SC11 テクニカルペーパー: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」, 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

[C-10] 青木尊之, 杉原健太, 「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」, TSUBAME e-Science Journal vol. 4, 東京工業大学学術国際情報センター, 2011 年 10 月 31 日

[C-11] 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]

[C-12] 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]

[C-13] 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」, 最先端研究 [解説記事], Vol.30, No.3, ISSN 0285-9947, pp.163-172, 2011 年 9 月

[C-14] 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

H24

【須田G】

[B-6] 須田礼仁, 「GPU と GPGPU の概要」, 映像情報メディア学会誌, Vol. 66, No.10, pp.808-812, 2012.

【青木 G】

[C-15] 青木尊之, 「GPUスパコンTSUBAME2.0による大規模格子系アプリケーション」, 日本機械学会誌, P.81-85, 2013-3, Vol.116, No.1132, ISSN 0021-4728, 2013.

(3)国際学会発表及び主要な国内学会発表

① 招待講演 (国内会議 73 件、国際会議 87 件)

H19

チーム総数 (国内 3 件、国際 6 件)

「研究代表者・松岡」グループ(東京工業大学) (国内 3 件、国際 4 件)

[A-8] Satoshi Matsuoka “TSUBAME---A Year Later”, EuroPVM/MPI Workshop, invited talk @ Paris, France 2007/10/3 (国際)

[A-9] Satoshi Matsuoka “TSUBAME 2.0 and Beyond Infinity”, French-Japan Workshop @ Tokyo, Japan, 2007/11/1 (国際)

[A-10] Satoshi Matsuoka “Petascale Grids vs. Petascale SC---Have we NOT learned from the Internet?”, Supecomputing 07 BoF Panel @ Reno, Nevada, USA, 2007/11/13 (国際)

[A-11] 松岡聡 “TSUBAME へ至るクラスタコンピューティングの道”, 電子情報通信学会, 東京支部講演会「スーパーコンピュータ今昔物語」講演会@ 東京, 2008/1/16 (国内)

[A-12] 松岡聡 “『ペタコン』も片意地張らず『みんなのスパコン』でダーウィンしようね-- だららん大規模スパコン運用のススメ”, 情報処理学会, HPCS パネル@ 東京, 2008/1/18 (国内)

[A-13] Satoshi Matsuoka, “To Distribute or Not to Distribute, That is the Question in Petascale and Beyond”, Mardis-Gras Conference 2008 keynote talk, Baton Rouge, New Orleans, USA, 2008/1/31 (国際)

[A-14] 松岡聡, “エクサ(=1000 ペタ)スケールコンピューティングへ向けたサイバーサイエンスインフラの構築と運用”, 知的クラスター創成事業シンポジウム講演@ 神戸 2008/3/28 (国内)

「主たる共同研究者①・須田」グループ(東京大学) (国内 0 件、国際 2 件)

[B-2] Takahiro Katagiri (the University of Tokyo), "Towards Auto-tuning Framework for Numerical Libraries," First French-Japanese Workshop -- Petascale Applications, Algorithms, and Programming (PAAP) --, RIKEN Marunouchi, November 1st-2nd, 2007.

[B-3] Reiji Suda (the University of Tokyo), "Fast Spherical Harmonic Transform Algorithm based on Generalized Fast Multipole Method," RIMS, Kyoto University, Feb. 18, 2008.

H20

チーム総数(国内 16 件、国際 13 件)

【松岡G】(国内 3件、国際 9件)

- A-13. Satoshi Matsuoka. "Rise of the Commodity Vectors", Proc, '08 8th International Meeting High Performance Computing for Computational Science, Toulouse, France, June, 2008, pp.208-217.
- A-14. Satoshi Matsuoka, the First Petaflop/s System in the World and Its Impact on Supercomputing, Opening keynote talk, ISC 08 (International Supercomputing Conference) @ Dresden, Germany, June 2008.
- A-15. Satoshi Matsuoka, Akira Nukada, and Takayuki Aoki. Rise of the Commodity GPGPU Vectors. Invited Talk, NVIDIA NVISION Conference, San Jose, CA, August 2008.
- A-16. Satoshi Matsuoka. Hundred Million Cores in Commodity---Why Not? (or, Will 'Custom'*Finally* Prevail?). Invited Talk, CCGSC2008, Asheville, NC, September 2008.
- A-17. Satoshi Matsuoka. Hundred Million Cores in Commodity...Why not?. Invited talk, Simulating the Future; Using One Million Cores and Beyond workshop, September 22-24, 2008 at Chateau de Tremblay, Paris, September 2008.
- A-18. Satoshi Matsuoka. The Rise of the Commodity Vectors. Keynote Talk, First International Workshop on Hybrid Architecture Computing, Tsukuba, Japan, October 2008.
- A-19. Satoshi Matsuoka. TSUBAME 1.2 and 2.0 - Accelerated HPC Towards and Beyond Petaflop computing. Sun HPCC Seminar, Austin, Texas, November 2008.
- A-20. 松岡聡. 最新 TSUBAME システム. 招待講演, IPAB セミナー, December 2008.
- A-21. Satoshi Matsuoka. Assessing the Potential Impact and Challenges of ManyCore Processors on eScience. Invited Panelist, IEEE eScience Conference, Indianapolis, Indiana. December 2008.
- A-22. 松岡聡. TSUBAME 1.2 の概要---世界初の GPU 加速された大規模スパコン. 招待講演, SGI セミナー, December 2008.
- A-23. 松岡聡. 世界初の大型 GPU アクセラレーションを擁するスパコン. 招待講演, ベストシステムズ GPGPU セミナー, 筑波エポカルセンター, 2009 年 3 月 10 日
- A-24. Satoshi Matsuoka. Mainstreaming Acceleration in HPC --- Finally. Keynote Talk, CSIRO Computational & Simulation Science Annual Conference. Canberra, Australia. Mar. 17, 2009.

【須田G】(国内 5 件、国際 0 件)

- B-3. 須田礼仁:「ソフトウェア自動チューニングの数理」, 日本応用数理学会 2008 年度年会 OS 特別講演, 講演予稿集 pp. 251-254, 2008 年.
- B-4. 片桐孝洋, 「大規模シミュレーションに向けた数値計算ライブラリのための自動チューニング方式」, 理研セミナー・大規模計算ワークショップ〜大規模シミュレーションを支えるミドルウェア〜, 招待講演, 2008 年 8 月 25〜26 日.
- B-5. 片桐孝洋, 「次世代計算機環境における固有値解法と自動チューニング機能の開発」, スーパーコンピュータワークショップ 2009「次世代理論化学の新展開と超並列計算への挑戦」, 招待講演, 自然科学研究機構 岡崎共通研究施設, 2009 年 1 月 19〜21 日.
- B-6. 片桐孝洋, "Towards Sparse Iterative Solver with Auto-tuning Facility on Petascale Computing Era", 日本原子力研究開発機構 那珂核融合研究所 核融合研究部門 先進プラズマ研究開発ユニット 主催, 「第 14 回 NEXT(数値トカマク)研究会」, 京大会館 210 号室, 2009 年 3 月 11 日(水)
- B-7. 片桐孝洋, 「次世代スパコンに向けた固有値解法と自動チューニング機能の開発」, 大阪大学 蛋白質研究所 主催, 蛋白研セミナー「蛋白質のバイオスーパーコンピューティング」, 大阪大学銀杏会館(吹田キャンパス), 2009 年 3 月 13 日(金)〜14 日(土)

【青木G】(国内 7 件、国際 4 件)

- C-3. HPC における GPU コンピューティング -CFD アプリケーション, 振興分野人材育成プログラム・メディア情報処理専修コース, 京都大学・学術情報メディアセンター, 2008 年 9 月 22 日
- C-4. 青木尊之, 小川慧:フル GPU による CFD アプリケーション, 日本機械学会・第 21 回計算力学講演会, 琉球大学・沖縄, 2008 年 11 月 1 日, CD-ROM (2008)
- C-5. Real-time Tsunami Simulation by using GPU, International Workshop on Cyber infrastructure-enabled Detection of & Response to Natural Disasters, Austin, Texas US, November 17, 2008.
- C-6. Kentaro Sano, Takeshi Nishikawa, Takayuki Aoki and Satoru Yamamoto: Evaluating Power and Energy Consumption of FPGA-based Custom Computing Machines for Scientific Floating-Point Computation, Proceedings of International Conference on Field-Programmable Technology 2008 (ICFPT'08), December 7th - 10th, 2008, Taipei, Taiwan (CD-ROM).
- C-7. マルチモーメント型高精度流体計算スキームと GPU アクセラレータによる超高速計算, 第 26 回 NEC・HPC 研究会, 東京, 2008 年 12 月 16 日.
- C-8. 第 8 回 PC クラスタシンポジウム, パネル討論:「オープンスパコンの次にくるもの」, 2008 年 12 月 12 日, 秋葉原・東京
- C-9. 青木尊之:GPU コンピューティングによる CFD の超高速計算, 第 22 回数値流体シンポジウム, 東京, 2008 年 12 月 18 日 (CD-ROM).
- C-10. T. Aoki: Real-Time Tsunami Simulation by using GPU, the Second International Conference on Geoinformation Technology for Natural Disaster Management and Rehabilitation, 2009, Jan 30, Bangkok, Thailand 【Keynote Lecture】
- C-11. 青木尊之:ベクトル型スパコンのアプリケーションを侵食する GPGPU—GPGPU による CFD の超高速計算—, MSSG-CREST セミナー, 2009 年 2 月 13 日, 横浜, 地球シミュレータ・センター
- C-12. 青木尊之:GPU のストリーミング計算による HPC アプリケーションの高速化, 電子情報通信学会・総合大会パネル AP-1「回路とシステム領域におけるメニコア計算機の活用」, 2009 年 3 月 19 日, 愛媛
- C-13.【Plenary Lecture】T. Aoki: Remarkable Speed-up of CFD Applications by GPU Computing, 13th International Annual Symposium on Computational Science and Engineering, March 25, 2009, Bangkok, Thailand.

【鯉渕G】(国内 1 件、国際 0 件)

- E-8. 鯉渕道紘, “Ethernet を用いた PC クラスタにおける VLAN を用いた最短経路構築法”, 第 48 回 超並列計算研究会 (2008/9, 東京)

H21

チーム総数(国内 17 件、国際 20 件)

【松岡 G】(国内 3 件、国際 14 件)

- [A-16] Satoshi Matsuoka. TSUBAME 1.2 and the Road to TSUBAME 2.0 - Accelerated Multi-Petascale Commodity Computing for Everyone. Keynote Talk, Asia South HPC Conference, Singapore, Apr. 28th, 2009.
- [A-17] 松岡聡. TSUBAME2.0 における高バンド幅なペタフロップス・コンピューティングの可能性, 招待講演, Sun HPC セミナー, 東京, 2009 年 6 月 11 日
- [A-18] Satoshi Matsuoka. GPU Accelerated Computing---From Hype to Mainstream, the Rebirth of Vector Computing, Invited Talk, Scientific Discovery through Advanced Computing Program (SciDAC), San Diego, CA, June 15th, 2009.

- [A-19] Toshio Endo. Supercomputing on The TSUBAME GPU-Accelerated Cluster, CSIRO GPU Cluster Workshop, Melbourne, June 2009.
- [A-20] Satoshi Matsuoka. TSUBAME 1.2 and the Road to TSUBAME 2.0 - Accelerated Multi-Petascale Commodity Computing for Everyone. Invited Seminar Talk, Vrije University, Amsterdam, the Netherlands, June 26th, 2009.
- [A-21] Satoshi Matsuoka. GPU Accelerated Computing---From Hype to Mainstream, the Rebirth of Vector Computing, Invited Seminar Talk, University of Utah, July 31st, 2009.
- [A-22] 松岡聡. TSUBAME2.0 における高バンド幅なペタフロップス・コンピューティングの可能性, 招待講演, 情報処理学会 FIT 2009, 東北大学, 2009 年 9 月 3 日
- [A-23] Satoshi Matsuoka. Petascaling Commodity onto Exascale: GPUs as Multithreaded Massively-Parallel Vector Processors - the Only Road to Exascale. Keynote Talk, IEEE Cluster Computing Conference 2009, New Orleans, USA, Sep.3, 2009.
- [A-24] Satoshi Matsuoka. Clusters, Clouds, and Commerce, Invited Panelist, IEEE Cluster Computing Conference 2009, New Orleans, USA, Sep.3, 2009.
- [A-25] 松岡聡. TSUBAME2.0 における GPGPU によるスケーラブルなペタフロップス・ベクトル・スーパーコンピューティング, GP スクール「計算科学における GPGPU を中心とした演算加速機構の利用」基調講演, 金沢大学, 2009 年 9 月 29 日
- [A-26] Satoshi Matsuoka. The Future of Computing and Japan, Invited Panelist, 21st Century Computing Conference, Hiyoshi, Japan, Nov. 4, 2009
- [A-27] Satoshi Matsuoka. Petascaling Commodity onto Exascale with GPUs on TSUBAME1.2 onto TSUBAME2.0, Invited Presentation, ACM/IEEE Supercomputing (SC09) NVidia Booth, Portland, OR, Nov. 17, 2009.
- [A-28] Satoshi Matsuoka. Petascaling Commodity onto Exascale with GPUs and Windows HPC. Invited Presentation, ACM/IEEE Supercomputing (SC09) Microsoft Booth, Portland, OR, Nov. 17, 2009.
- [A-29] Satoshi Matsuoka. "Accelerated Computing in TSUBAME 1.2/2.0", Invited Talk, Accelerated Computing Symposium, Tokyo, Japan, Jan. 28, 2010.
- [A-30] Satoshi Matsuoka. "GPU Acceleration: a Fad or the Yellow Brick Road onto Exascale?", 2010 SIAM Conference on Parallel Processing and Scientific Computing, Invited Talk, Seattle, WA, Feb. 24-26, 2010.
- [A-31] Satoshi Matsuoka. "HPC in the Cloud---A Hype, the End of SCs, or Peaceful Coexistence?", the 28th Open Grid Forum, Munich, Germany, Mar 15-19, 2010.
- [A-32] Satoshi Matsuoka. "GPU Acceleration: a Fad or the Yellow Brick Road onto Exascale?", The 26th Forum ORAP, , Invited Talk, CNRS Paris, PARIS, Mar. 31, 2010.

【須田 G】(国内 3 件、国際 3 件)

- [B-10] Reiji Suda, Takayuki Aoki, Shoichi Hirasawa, Akira Nukada, Hiroki Honda, and Satoshi Matsuoka: "Aspects of GPU for General Purpose High Performance Computing," Proceedings of ASP-DAC 2009, Invited Talk.
- [B-11] Takahiro Katagiri (the University of Tokyo), "Auto-tuned Sparse Iterative Solver Toward Petascale Era", Third French-Japanese Workshop -- Petascale Applications, Algorithms, and Programming (PAAP) --, Shiran-Kaikan Hall Annex, Kyoto University, April 21-22, 2009.
- [B-12] 片桐孝洋(東京大学), 「ソフトウェア自動チューニング入門 ～ペタフロップス、10 万並列を達成するための実装方式から数値アルゴリズムの自動最適化技術～」, 第 38 回数値解析シンポジウム-NAS2009-, 熱川ハイツ, 2009 年 6 月 15 日.
- [B-13] Takahiro Katagiri (the University of Tokyo), "Xabclib: A Sparse Iterative Solver with a Generalized Auto-tuning Interface, and Overview of Auto-tuning Studies in Japan", Center for Scalable Application Development Software (CScADS) Summer Workshops, Workshop on Libraries and

Autotuning for Petascale Applications, Granlibakken Resort and Conference Center, Tahoe City, CA, USA, August 10-12, 2009.

- [B-14] 片桐孝洋(東京大学), 「ソフトウェア自動チューニングの最新動向 ～数値計算ライブラリへの適用を例にして～」, 京都大学グローバル COE 知識循環社会のための情報学教育研究拠点 知識グリッドコアセミナー, 京都大学吉田キャンパス工学部総合校舎, 2009 年 10 月 23 日.
- [B-15] 片桐孝洋(東京大学), 「ソフトウェア自動チューニング: パソコンからスパコンまでの先進最適化技術 ～数値計算ライブラリを中心に～」, 情報処理学会東北支部 第 350 回研究講演会, 秋田県立大学本荘キャンパス講義棟, 2009 年 12 月 18 日.

【青木 G】(国内 10 件、国際 3 件)

- [C-7] 青木尊之: GPGPU による最先端流体シミュレーション -- CUDA による HPC アプリケーション開発, 情報処理学会・グラフィクスと CAD 研究会, 第 136 回研究発表会(夏の集中研究集会), 富士吉田, 2009 年 8 月 21 日
- [C-8] 青木尊之: CUDA による流体計算の GPU コンピューティング -- 100 倍の高速化を目指して, 日本機械学会年次大会講演資料集(9), 先端技術フォーラム「計算力学の新たな潮流 -- GPU, FPGA, CELL コンピューティング」, MECJ-09, No.09-1, P.137-138, 2009 年 9 月 15 日(岩手大学)
- [C-9] 青木尊之: GPU コンピューティングによる CFD の超高速計算, 第 17 回計算数理工学フォーラム, 2009 年 9 月 25 日(名古屋大学)
- [C-10] 青木尊之: GPGPU による格子系 CFD アプリケーションの高速化と GPU スパコンの今後の展望, 教育 GP・GPGPU スクール, 金沢大学, 2009 年 10 月 1 日
- [C-11] 青木尊之: GPGPU による HPC アプリケーションの驚異的高速化 -- 流体シミュレーション事例, 第 15 回ビジュアライゼーションカンファレンス, お台場, 2009 年 10 月 2 日
- [C-12] Takayuki Aoki: GPU Computing for Large-Scale CFD, International RIAM Symposium on Analyses of Strongly Nonlinear Fluid-Structure Interactions, Fukuoka, Dec 11, 2009
- [C-13] Takayuki Aoki: CFD Applications - From Single GPU to Multiple GPUs, SIGGRAPH Asia 2009, GPU Computing Master Class, Yokohama, December 16, 2009
- [C-14] 青木尊之: GPU による大規模流体計算の驚異的な高速化, 東北大学 GCOE, 第 40 回グローバル COE「ナノ医工学シリーズセミナー」, 2010 年 1 月 7 日(仙台)
- [C-15] Takayuki Aoki: [Keynote Lecture] Multiple-GPU Performance for CFD Applications - Why can GPU accelerate CFD so much?, RIKEN-NVIDIA International Conference "Accelerated Computing", 2010 Jan 29, Roppongi, Japan
- [C-16] 青木尊之: [招待講演] Multi-GPU performance of mesh-based HPC applications, 2nd International Workshops on Advances in Computational Mechanics, Yokohama, March 31, 2010
- [C-17] 青木尊之(東工大), これからの HPC におけるベンチマークについて, 理研シンポジウム 2009, 2010 年 3 月 24 日 [パネラー]
- [C-18] 青木尊之: [招待講演] Large-scale high-performance GPU Computing for Computational Fluid Dynamics, 日本原子力研究開発機構・第 15 回 NEXT(数値トカマク)研究会, 京都大, 2010 年 3 月 17 日
- [C-19] 青木尊之: [招待講演] 双曲型方程式の時間発展の GPGPU による高速化, 電子情報通信学会・マイクロ波シミュレータ研究会の第 15 回マイクロ波シミュレータワークショップ, NTT 武蔵野研究開発センタ, 2010 年 3 月 10 日

【合田 G】(国内 1 件、国際 0 件)

- [F-1] 合田(日向寺)祥子, "大学における創薬インフォマティクス", BiWO2009(東京, 2009 年

12 月 3 日)

H22

チーム総数(国内 10 件、国際 10 件)

【松岡 G】(国内 5 件、国際 9 件)

- [A-9]松岡聡.「ポストペタスケールの計算機システム ～ヘテロ, マルチコア, 加速器, 超並列, 大規模ストレージ～」, 招待講演, 先端学際計算科学共同研究拠点キックオフ・シンポジウム, 筑波大学, 2010 年 5 月 6 日
- [A-10] Satoshi Matsuoka, “GPU Acceleration: A Fad or the Yellow Brick Road onto Exascale?”, Keynote Talk, the Multicore and GPU computing workshop, Seoul, May 27 2010, Korea
- [A-11] Satoshi Matsuoka, “Massively Parallel Computing for the Future: Custom 'Formula One' or Cloud 'Prius'?", Invited Talk, International Supercomputing Conference, Hamburg, Germany, May 31, 2010.
- [A-12] Satoshi Matsuoka, “Overview of TSUBAME 2.0”, Invited Talk at the Microsoft Booth, International Supercomputing Conference, Hamburg, Germany, June 1, 2010.
- [A-13] Satoshi Matsuoka, “IESP Software Working Group”, Invited Talk, International Supercomputing Conference, Hamburg, Germany, June 2, 2010.
- [A-14] Satoshi Matsuoka, “The Exascale Panel”, Invited Panel Presentation, International Supercomputing Conference, Hamburg, Germany, June 3, 2010.
- [A-15] 松岡聡, 「TSUBAME2.0 のスカラー・ベクター混合型アーキテクチャによるマチ・ペタフロップス計算の可能性とバイオインフォマティクスへのインパクト」, IPAB セミナー/Gfarm Workshop 2010, 基調講演, 東工大蔵前会館, 2010 年 6 月 25 日
- [A-16] 松岡聡, 「TSUBAME2.0 におけるベクトル・スカラー混合型スーパーコンピュータでのマルチペタスケール計算」, HP CAE Technology Seminar 2010, 基調講演, 東京カンファレンスセンター品川, 2010 年 7 月 8 日
- [A-17] 松岡聡, 「TSUBAME2.0 の概要」基調講演, GPU コンピューティング 2010, ラフォーレミュージアム六本木, 2010 年 7 月 16 日
- [A-18] Satoshi Matsuoka, “Hetero-Acceleration: the Yellow Brick Road onto Exascale?”, Invited Talk, HIGH PERFORMANCE COMPUTING, GRIDS AND CLOUDS (HPC 2010), Cetraro, Italy, June 21, 2010.
- [A-19] 松岡聡, 「低消費電力 HPC」, 招待講演学振 146 委員会通信・情報処理分科会, 機械振興会館, 2010 年 7 月 22 日
- [A-20] Satoshi Matsuoka, “To Fear or Not to Fear Exascale”, Invited Panel Presentation, Clusters, Clouds, and Grids for Scientific Computing (CCGSC2010), Asheville, NC, Sep. 8, 2010.
- [A-21] Satoshi Matsuoka, "Design Rationale of a Petascale GPU-based Supercomputer---The TSUBAME2.0 Experience", GPU Technology Conference - NVIDIA Research Summit, CUDA Center of Excellence Super-session IV, Invited Talk, San Jose Convention Center CA, Sep.21, 2010
- [A-22] Satoshi Matsuoka, "TSUBAME2.0 Experience", GPU Technology Conference - NVIDIA Research Summit, HPC Session Invited Talk, San Jose Convention Center CA, Sep.22, 2010

【青木 G】(国内 5 件、国際 1 件)

- [C-20] Takayuki Aoki (Tokyo Tech) Large-scale CFD Applications on GPU-based Supercomputer, International Workshop on GPU Solutions to Multiscale Problems in Science and Engineering, Harbin, China, July 27, 2010 [Invited Talk]

- [C-21] 青木尊之(東工大), マルチ GPU による大規模 CFD アプリケーション開発と実行性能, NVIDIA Japan 主催 GPU コンピューティング 2010, ラフォーレミュージアム六本木, 2010 年 7 月 16 日 [基調講演]
- [C-22] 青木尊之(東工大), GPU スパコンにおける大規模 HPC アプリケーションのスケラビリティー格子系流体計算ー, SACSIS2010, 情報処理学会, 奈良, 2010 年 5 月 27 日 [チュートリアル講演]
- [C-23] 青木尊之(東工大), GPGPU による数値シミュレーションの新展開, 火薬学会, 2010 年度年次大会, 慶應大学(日吉), 2010 年 5 月 20 日 [特別講演]
- [C-24] 青木尊之(東工大), 波動問題に対する GPU を用いた大規模格子系シミュレーション, 第 23 回回路とシステム軽井沢ワークショップ, 電子情報通信学会, 2010 年 4 月 20 日 [招待講演]
- [C-25] 杉原 健太(東工大):双曲型方程式のマルチ GPU による大規模高精度計算, 第 23 回回路とシステム軽井沢ワークショップ, 電子情報通信学会, 2010 年 4 月 19 日 [招待講演]

H23

チーム総数(国内 15 件、国際 29 件)

【松岡 G】(国内 15 件、国際 18 件)

〈国内〉

- [A-15] 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
- [A-16] 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
- [A-17] 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
- [A-18] 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
- [A-19] 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
- [A-20] 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
- [A-21] 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
- [A-22] 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
- [A-23] 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
- [A-24] 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
- [A-25] 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
- [A-26] 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

- [A-27] 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 ―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
- [A-28] 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
- [A-29] 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, 蔵前兵庫県支部総会, ラッセホール(神戸市), 2011 年 4 月 2 日

〈国際〉

- [A-30] 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
- [A-31] 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
- [A-32] Satoshi Matsuoka, “Large-scale Stencil Applications on GPU-rich Supercomputer TSUBAME2.0 ”, HP-CAST China, Invited Speaker, Beijing China, Jan 11 2012
- [A-33] 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
- [A-34] 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
- [A-35] 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
- [A-36] Satoshi Matsuoka, "Tsubame2.0 Expreiences---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
- [A-37] 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
- [A-38] Satoshi Matsuoka, “Panel Session - Accelerated Computing: From Research Projects to Mainstream Computing”, Panel Moderator, IEEE Cluster 2011, TACC Austin TX USA, Sep 28 2011
- [A-39] 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
- [A-40] Satoshi Matsuoka, “Analyst Crossfire Session”, Invited panelist, International Supercomputing 2011 (ISC'11), Congress Center Hamburg, Hamburg Germany, June 23 2011
- [A-41] Satoshi Matsuoka, “Hot Seat Session 01”, Invited panelist,

International Supercomputing 2011 (ISC'11), Congress Center Hamburg, Hamburg Germany, June 21 2011

- [A-42] 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
- [A-43] Satoshi Matsuoka, "25th Year Panel: LOOKING BACK", Invited Panelist, 25th IEEE International Parallel & Distributed Processing Symposium (IPDPS 2011), Anchorage Alaska USA, May 17 2011
- [A-44] 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
- [A-45] 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), Anchorage, AK, USA, 2011/5/20
- [A-46] 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
- [A-47] 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

【須田G】 (国内 0件、国際 1件)

- [B-6] Takahiro Katagiri, "Towards Auto-tuning Description Language to Heterogeneous Computing Environment", Fifth International Workshop on High-level Parallel Programming and Applications (HLPP 2011) Tokyo, September 18, 2011 (Affiliated to ICFP 2011, Sponsored by ACM SIGPLAN)

【青木 G】 (国内 0 件、国際 10 件)

- [C-15] Takayuki Aoki: 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.
- [C-16] Takayuki Aoki: A 2-Petaflops Stencil Application on GPU-rich Supercomputer Tsubame 2.0, GTC Asia 2011, Beijing, China, 2011 年 12 月 15 日
- [C-17] Takayuki Aoki: GPU-based operational Weather Model with Horizontal 500m resolution, 招待講演 GTC Asia 2011, Beijing, China, 2011 年 12 月 15 日
- [C-18] Takayuki Aoki: Large-scale CFD applications on GPU-rich supercomputer Tsubame2.0, Accelerated Computing Workshop at OzViz 2011, Sydney, Australia, 2011 年 11 月 23 日
- [C-19] Takayuki Aoki: A 2-Petaflops Stencil Application on SL390/GPU-based Tsubame 2.0, HP-CAST 17, Seattle, 2011 年 11 月 12 日
- [C-20] Takayuki Aoki: Large-scale GPU Applications on Tsubame 2.0 SL390 Platform, HP-CAST Taiwan 2011, Taipei, Taiwan, 2011 年 9 月 23 日
- [C-21] Takayuki Aoki: 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

- [C-22] Takayuki Aoki: 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), Lanzhou, China, 2011 年 7 月 19 日
- [C-23] Takayuki Aoki: GPU Powered Supercomputer TSUBAME 2.0, Joint Int'l Workshop on HPC for Natural Disaster Simulation and GPU Computing, Bangkok, 2011 年 6 月 27 日
- [C-24] Takayuki Aoki: Large scale GPU computing for CFD applications, 23th International Conference on Parallel Computational Fluid Dynamics (ParCFD 2011), Barcelona, May 17, 2011

H24

招待講演チーム総数 (国内 19 件、国際 15 件)

【松岡 G】(国内 12 件、国際 12 件)

- [A-12] 松岡聡, 「スパコン TSUBAME2.0 のアーキテクチャ」, 招待講演, ソニー株式会社システムアーキテクトワークショップ, ソニーシティー大崎, 2012 年 4 月 2 日
- [A-13] 松岡聡, 「Connect with You」, 招待講演, TEDxTitech, 東京工業大学大岡山キャンパス, 2012 年 5 月 26 日
- [A-14] 松岡聡, 「エクサに向けた GPU によるウルトラグリーンコンピューティング」, 招待講演, 東京工業大学東京工業大学学術国際情報センター/クレイジャパン共同開催・GPU/OpenACC 講演会--GPU コンピューティングの新しい方向性, 東京工業大学学術国際情報センター, 2012 年 6 月 1 日
- [A-15] Satoshi Matsuoka, "TSUBAME2.0 Towards 3.0 and Exascale", Keynote Talk, NEC User Group (NUG) Meeting, Jun 12 2012, Potsdam Germany
- [A-16] Satoshi Matsuoka, "“From Petascale to Exascale” Beyond Tsubame 2: Bridging the Gap from Petascale to Exascale", Keynote Talk, HP-CAST 18, Jun 15 2012, Hamburg Germany
- [A-17] Satoshi Matsuoka, "TOP500 – 20 Years Later" Invited Panelist, ISC Think Tank Sponsored by HPCwire, ISC 12, Hamburg Germany, June 20 2012
- [A-18] Satoshi Matsuoka, "Programming Models in the Years to Come" Invited Panelist, ISC Think Tank Sponsored by HPCwire, ISC12, Hamburg Germany, June 21 2012
- [A-19] 松岡聡, 「世界のトップランクスパコン TSUBAME2.0 を解き明かす」, 招待講演, 東京工業大学公開講演シリーズ: 東工大の最先端研究, キャンパス・イノベーションセンター(東京都田町), 平成 24 年 7 月 4 日
- [A-20] 松岡聡, 「東工大 TSUBAME と光インターコネクション」, 招待講演, シリコンフォトニクス研究会, 神戸大学, 2012 年 7 月 12 日
- [A-21] Satoshi Matsuoka, "We choose to go Exascale, Not because it's easy, but because it's hard", Invited Talk, TTI Vanguard The Advanced Technology Conference series, Tokyo Japan, July 19 2012
- [A-22] 松岡聡, 「エクサに向けた GPU によるウルトラグリーンコンピューティング」, 招待講演, GTC(GPU Tech Conference) Japan 2012, 六本木ミッドタウンホール, 2012 年 7 月 26 日
- [A-23] 松岡聡, 「50GFLOps/W, PUE < 1, 100KW/ラックに挑戦する TSUBAME3.0 およびエクサへのグリーンスパコン取り組み」, 招待講演, 電子情報通信学会 インターネットアーキテクチャ研究会 (IA), IJ 神保町三井ビル, 2012 年 9 月 21 日
- [A-24] Satoshi Matsuoka, "Japanese Trends of Supercomputing R&D",

Invited Talk, 2012International Forum on HPC Architecture and Challenges, Shanghai China, Oct.10-11 2012.

[A-25] Satoshi Matsuoka, “The Exascale Supercomputing Progress in Japan and the G8 Climate Project”, Invited Talk, the 2nd International Workshop on "Collaborative Development of Simulation software of next Generation" (CO-DESIGN 2012), Beijing China, Oct.23-25, 2012.

[A-27] 松岡聡,「数百億トランジスタ時代のスーパーコンピューティング」, 招待講演, 日本学術振興会シリコン超集積化システム第165委員会 2012 年 10 月研究会, 東京大学生産技術研究所, 2012 年 10 月 25 日

[A-28] Satoshi Matsuoka, “Greenest Production Supercomputer in the World”, Third Annual Workshop on Energy Efficient High Performance Computing - Redefining System Architecture and Data Centers, ACM IEEE Supercomputing 2011 (SC12), Salt Palace Convention Center, Salt Lake City UT USA, Nov 11 2012

[A-29] Satoshi Matsuoka, “TSUBAME2.0 Storage Evolution”, Data Direct Networks (DDN) User Group Meeting, Little America Hotel, Salt Lake City UT USA, Nov 12 2012

[A-30] Satoshi Matsuoka, “TSUBAME2.0 to 2.5 and onto 3.0”, NEC Corporation Booth Event at ACM IEEE Supercomputing 2011 (SC12), Salt Palace Convention Center, Salt Lake City UT USA, Nov 13 2012

[A-31] Satoshi Matsuoka, “Beyond TSUBAME 2.0”, GPU Technology Theater (NVIDIA Booth Event) at ACM IEEE Supercomputing 2011 (SC12), Salt Palace Convention Center, Salt Lake City UT USA, Nov 13 2012

[A-32] Satoshi Matsuoka, “ ULPHPC: Ultra Low Power Supercomputing to Achieve 1000-fold Power Efficiency Improvement in 10 Years TSUBAME2.0”, Tokyo Tech Booth Talk Event at ACM IEEE Supercomputing 2011 (SC12), Salt Palace Convention Center, Salt Lake City UT USA, Nov 14 2012

[A-33] 松岡聡,「TSUBAME2.0 から 3.0、更にはエクサフロップスへ向けたスパコンの将来」, 招待講演, 蔵前工業会東海支部講演会, 名古屋都市センター, 2012 年 11 月 22 日

[A-34] 松岡聡,「TSUBAME2.0 から 3.0 へ向けて: ペタからエクサへの道」, 基調講演, 可視化情報学会 第 18 回ビジュアライゼーション・カンファレンス, タイム 24 ビル (東京都江東区), 2012 年 12 月 3 日

[A-35] 松岡聡,「TSUBAME2.0 における光ネットワークと、エクサに向けた今後の展開」, 招待講演, フォトニックデバイス・応用技術研究会ワークショップ, 産業技術総合研究所・臨海副都心センター, 2012 年 12 月 19 日

[A-36] 松岡聡,「我が国初のペタフロップススパコン TSUBAME2.0 と 3.0 への進化」, 招待講演, 物性研究所共同利用スパコン合同研究会 “計算物性物理学の新展開”, 2013 年 1 月 10 日

【須田 G】(国内 1 件、国際 0 件)

〈国内〉

[B-4] 須田礼仁(東京大学),「自動チューニング:数理的手法によるソフトウェア高性能化」, RIMS 研究集会「次世代計算科学の基盤技術とその展開」, 京都大学数理解析研究所, 2012 年 10 月 23 日

【青木 G】(国内 6 件、国際 3 件)

〈国内〉

[C-1] 青木尊之(東工大), 流体解析・電磁界解析に適した GPU コンピューティングと大規模計算法, 電子情報通信学会, 2012 年ソサエティ大会, 富山大学, 2012 年 9 月 14 日

[C-2] 青木尊之(東工大), Al-Si 二元合金の GPU スパコンによる樹枝状凝固シミュレーション

- ン, 日本機械学会・計算力学講演会, 神戸, 2012 年 10 月 6 日
- [C-3] 青木尊之(東工大), TSUBAME 2.0 によるペタ・スケール格子系アプリケーション, 理研シンポジウム, 埼玉県和光市, 2012 年 10 月 12 日
- [C-4] 青木尊之, 下川辺隆史, 小野寺直幸, 「流体解析・電磁界解析に適した GPU コンピューティングと大規模計算化」, 電子情報通信学会, 2012 年ソサエティ大会, 富山, 2012 年 9 月 14 日
- [C-5] 青木尊之, 「Al-Si 二元合金の GPU スパコンによる樹枝状凝固シミュレーション」, 第 25 回計算力学講演会, 日本機械学会, 神戸, 2012 年 10 月 6 日
- [C-6] 青木尊之, 「TSUBAME 2.0 によるペタ・スケール格子系アプリケーション」, 理研シンポジウム「ペタフロップス・マシンのアプリケーション～その使い方とは～」, 理化学研究所(和光市), 2012 年 10 月 12 日

〈国際〉

- [C-7] 青木尊之(東工大), Peta-scale GPU applications on TSUBAME2.0, The Salishan Conference on High-Speed Computing 2012, Gleneden Beach, OR, 2012 年 4 月 25 日
- [C-8] 青木尊之(東工大), A 2-Petaflops Stencil Application with Stereoscopic 3D Visualization - Gordon Bell Prize 2011, GTC 2012, San Jose, CA, 2012 年 5 月 15 日
- [C-9] Takayuki Aoki, "Large-scale stencil applications using the whole TSUBAME2.0 resources", 7th IAPR International Conference on Pattern Recognition in Bioinformatics (PRIB 2012), Tokyo, Nov.9, 2012.

② 口頭発表 (国内会議 151 件、国際会議 62 件)

H19

チーム総数(国内 20 件、国際 9 件)

「研究代表者・松岡」グループ(東京工業大学) (国内 4 件、国際 0 件)

- [15] 尾形泰彦, 遠藤敏夫, 松岡聡. "CPU および GPU を併用する FFT ライブラリの提案と評価". 情報処理学会研究報告 2007-HPC-111 (SWoPP2007, Aug 1 - Aug 3), pp13-18, 2007.
- [16] 細萱祐人, 遠藤敏夫, 松岡聡. "次世代省電力メモリを用いた並列プログラムの省電力化の評価". 情報処理学会研究報告 2007-ARC-174 (SWoPP2007, Aug 1 - Aug 3), pp49-60, 2007.
- [17] 松岡聡. "High-Performance Distributed Solar Computing --- Towards a Grid that Computes like Trees---". 情報処理学会研究報告 2007-HPC-112 (HPC Asia 併設 WS, Sep 9), pp61-66, 2007.
- [18] 遠藤敏夫, 松岡聡. "情報爆発時代へ向けた不均一アーキテクチャにおけるスーパーコンピューティング". 情報処理学会第 70 回全国大会論文集第 5 分冊, pp131-132, March 2008.

「主たる共同研究者①・須田」グループ(東京大学) (国内 6 件、国際 4 件)

- [4] Takahiro Katagiri (the University of Tokyo), "Performance Of Multisection With Multiple Eigenvalue Method For Symmetric Tridiagonal Eigensolver On Next Generation Multicore Processors", APCOM'07, Organized Session, Future directions of large-scale scientific computing and parallel linear solvers (Organizers: Kengo Nakajima, Jonathan Carter, Guy Lonsdale, Hiroshi Okuda), Proceedings of APCOM'07, December 3-6, 2007, Kyoto, 10pages (CD-ROM).
- [5] 須田礼仁(東京大学), 「超省電力 HPC ソフトウェアのための自動チューニングの数値的基礎理論」, 東京工業大学グローバルCOE「計算世界観の深化と展開」, 計算世界観ワークショップ #4: 高性能計算における超省電力化, 東工大百年記念館 フェライト会議

室, 平成 19 年 12 月 13 日.

- [6] 片桐孝洋(東京大学), 「超省電力 HPC ソフトウェアのための自動チューニング記述法」, 東京工業大学グローバルCOE「計算世界観の深化と展開」, 計算世界観ワークショップ #4: 高性能計算における超省電力化, 東工大百年記念館 フェライト会議室, 平成 19 年 12 月 13 日.
- [7] 片桐孝洋(東京大学), 黒田久泰(東京大学), 「HPCサーバにおけるソフトウェア自動チューニングのインパクト: MS-MPI の実行時自動チューニング機構の開発を例にして」, Windows HPC アップデートセミナー, 2008 年 2 月 7 日.
- [8] 黒田久泰(東京大学), 片桐孝洋(東京大学), 「疎行列ソルバにおける MS-MPI の実行時自動チューニングの効果」, Windows HPC アップデートセミナー, 2008 年 2 月 7 日.
- [9] 須田礼仁(東京大学), 「オンライン自動チューニングのための Bayes 逐次実験計画の解析モデルによる性能評価」, 第 169 回計算機アーキテクチャ・第 114 回ハイパフォーマンスコンピューティング合同研究発表会(第 15 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-2008)), 北海道大学学術交流会館, March 6th, 2008, pp. 211-216.
- [10] 澤勇太(東京大学), 須田礼仁(東京大学), 「複数のサンプル点を用いることによる行列式の log の高精度近似計算法」, 2008 年度日本応用数理学会研究部会連合発表会, OS「科学技術計算と数値解析」プログラム, 首都大学東京, 2008 年 3 月 8 日.
- [11] Takahiro Katagiri (the University of Tokyo), "Towards General Auto-tuning Description Language on Advanced Computing Systems." 13th SIAM Conference on Parallel Processing for Scientific Computing (PP08), Mini Symposium, MS1: Auto-tuning on Numerical Libraries and Advanced Computer Systems: Part I of II, Atlanta, Georgia, USA, March 12th, 2008.
- [12] Reiji Suda (the University of Tokyo), "A Bayesian Approach to Automatic Performance Tuning", 13th SIAM Conference on Parallel Processing for Scientific Computing (PP08), Mini Symposium MS1: Auto-tuning on Numerical Libraries and Advanced Computer Systems: Part I of II, Atlanta, Georgia, USA, March 12th, 2008.
- [13] Hisayasu Kuroda (the University of Tokyo), Takahiro Katagiri (the University of Tokyo), "Auto-tuning Effect of Iterative Method Library on Windows CCS," 13th SIAM Conference on Parallel Processing for Scientific Computing (PP08), Mini Symposium, MS25: Auto-tuning on Numerical Libraries and Advanced Computer Systems: Part II of II, Atlanta, Georgia, USA, March 13th, 2008.

「主たる共同研究者②・青木」グループ(東京工業大学) (国内 2 件、国際 4 件)

- [6] Takayuki Aoki, Kenta Sugihara, Yohsuke Imai, and Kenji Takizawa: High-accurate Computation for Compressible and Incompressible Fluid Dynamics by Multi-moment Conservative Scheme, The 4th Japan-Taiwan Workshop on Mechanical and Aerospace Engineering, Hakone Prince Hotel, Kanagawa, Japan, Oct. 29-30, 2007
- [7] 森口周二, 青木尊之: 境界埋め込み法を用いた地盤の液状化解析手法の開発, 第 20 回計算力学講演会, p171-172, 2007 年 11 月 26-28 日(京都)
- [8] 杉原健太, 青木尊之: 保存形 IDO 法を用いた Shallow Water モデルによる津波の遡上計算, 第 21 回数値流体力学シンポジウム, P.51, 2007 年 12 月 21 日(東京)
- [9] S.Moriguchi and T. Aoki: Numerical method for geomaterial based on fluid-particle interaction 2nd International Workshop on Numerical Simulation for Disastrous Phenomena, Jan 31, 2008, Bangkok, Thailand
- [10] Kenta Sugihara and Takayuki Aoki: Tsunami Run-up phenomena with shallow water modeling solved by conservative IDO scheme, 2nd Int'l Workshop on Numerical Simulation for Disastrous Phenomena, 2008, Jan 31, Bangkok, Thailand

- [11] Sato Ogawa, Takayuki Aoki: GPU-Based CFD for On-site Real-time Disaster Simulation 2nd Int'l Workshop on Numerical Simulation for Disastrous Phenomena, Jan 31, 2008, Bangkok, Thailand

「主たる共同研究者③・本多」グループ(電気通信大学) (国内 6 件、国際 1 件)

- [1] 大島聡史, 平澤将一, 本多弘樹: メッセージ通信型 GPGPU プログラミング, 情報処理学会 研究報告(ARC-177/HPC-114), pp.109-114 (2008)
- [2] Shoichi Hirasawa, Hiroki Honda: Unified Programming Environment for Heterogeneous Distributed Parallel Systems, In Proceedings of the 11th International Workshop on Innovative Architecture for Future Generation High-Performance Processors and Systems (IWIA'08), pp.7-9, Jan, 2008
- [3] 大島聡史, 平澤将一, 本多弘樹: 既存の並列化手法を用いた GPGPU プログラミング, 第 49 回プログラミング・シンポジウム 報告集, pp.81-88 (2008)
- [4] 平澤将一: 超省電力化 SIMD アクセラレータのための汎用プログラミング環境, 東京工業大学グローバル COE「計算世界観の深化と展開」計算世界観ワークショップ No.4 高性能計算における超省電力化, Dec, 2007
- [5] 平澤将一, 本多弘樹: 非均一分散環境における並列性の仮想化, 情報処理学会 研究報告(ARC-175), pp.57-60, Nov, 2007
- [6] 大島聡史, 平澤将一, 本多弘樹: 既存の並列化手法を用いた GPGPU プログラミングの提案, 情報処理学会 研究報告(ARC-175), pp.7-10, Nov, 2007
- [7] 町田智志, 中西悠, 平澤将一, 本多弘樹: POSIX スレッドを用いた Cell プロセッサ向け API の提案, 情報処理学会, 研究報告 (ARC-175), pp.71-76, Nov, 2007

「主たる共同研究者④・鯉淵」グループ(国立情報学研究所) (国内 2 件、国際 0 件)

- [2] 鯉淵道紘(NII), 松谷宏紀(慶大), 天野英晴(慶大), Timothy M. Pinkston(南カリフォルニア大), “チップ内ネットワーク向け軽量な耐故障機構”, 電子情報通信学会技術研究報告 CPSY2007-42, Vol.107, No.398, pp.9-14, Dec 2007
- [3] 鯉淵道紘(NII), 「HPC 向け省電力インターコネクト」, 東京工業大学グローバルCOE「計算世界観の深化と展開」, 計算世界観ワークショップ #4: 高性能計算における超省電力化, 東工大百年記念館 フェライト会議室, 平成 19 年 12 月 13 日.

H20

チーム総数(国内 32 件、国際 5 件)

【松岡G】 (国内 7 件、国際 0 件)

- A-25. 渡辺祐也, 遠藤敏夫, 松岡聡. 複数 GPU におけるセルフスケジューリングによる並列数値演算. 並列/分散/協調処理に関するサマワークショップ(SWoPP2008), 情報処理学会研究報告, 2008-ARC-179, pp.85-90, 2008 年 8 月.
- A-26. 佐藤賢斗, 佐藤仁, 松岡聡. 仮想クラスタを用いたデータインテンシブアプリケーションの性能モデル構築と最適化. 並列/分散/協調処理に関するサマワークショップ(SWoPP2008), 情報処理学会研究報告, HPC2008-116, pp.25-30, 2008 年 8 月.
- A-27. 浜野智明, 遠藤敏夫, 松岡聡. “ヘテロ並列環境のための省電力タスクスケジューリング”. 電子情報通信学会技術研究報告, CPSY, コンピュータシステム CPSY2008-27 (SWoPP2008), pp. 97-102, 2008 年 8 月.
- A-28. 丸山直也, 松岡聡, 尾形泰彦, 額田彰, 遠藤敏夫. ソフトウェア ECC による GPU メモリの耐故障性の実現と評価. 電子情報通信学会技術研究報告 DC-2008-20 (SWoPP2008), pp. 9-16, 2008 年 8 月.
- A-29. 遠藤敏夫, 額田彰, 松岡聡, 丸山直也, 實本英之. 「四種プロセッサからなるヘテロ型スーパーコンピュータにおける Linpack チューニング」, 第 16 回「ハイパフォーマンスコ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-2009), 2009

- A-30. 丸山直也, 額田彰, 松岡聡. 「GPU 向けソフトウェア ECC の性能評価」, 第 16 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-2009), 2009
- A-31. 細萱祐人, 遠藤敏夫, 松岡聡. 「スワップコストの動的推定によるメモリの省電力化手法」, 第 16 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-2009), 2009

【須田G】 (国内 7 件、国際 2 件)

- B-8. Hisayasu Kuroda and Takahiro Katagiri, "Impact of Auto-tuning for a Sparse Iterative Solver on a Multicore Windows Cluster," SIAM CSE09, Miami Hilton Hotel, 2009 年 3 月 5 日
- B-9. Da-Qi Ren, Reiji Suda, "Power-Efficient Computing with Automatic Tuning," SIAM CSE09, Miami Hilton Hotel, 2009 年 3 月 5 日
- B-10. 須田礼仁: 「ヘテロ並列計算機における性能指標」, 情報処理学会研究報告, HPC-115, pp. 25-30, NEC 本社ビル, 2008 年 5 月 20 日.
- B-11. 須田礼仁: 「頑健で効率的なオンライン自動チューニングのための統計モデル」, 情報処理学会研究報告, HPC-116, pp.109-114, アバンセ, 2008 年 8 月 5~7 日.
- B-12. 小谷和正, 須田礼仁: 「統計的パターン認識手法によるソフトウェア自動チューニングのための実験計画」, 情報処理学会研究報告, HPC-116, pp.37-42, アバンセ, 2008 年 8 月 5~7 日.
- B-13. 片桐孝洋, 黒田久泰: 「Windows クラスタにおける疎行列反復解法ソルバの自動チューニング」, 情報処理学会研究報告, HPC-116, pp.43-48, アバンセ, 2008 年 8 月 5~7 日.
- B-14. 片桐孝洋: 「超並列マルチコア環境での自動チューニング機能の有効性: T2K オープンスパコン上の固有値ソルバを例にして」, 情報処理学会研究報告, HPC-117, pp.31-36, アバンセ, 2008 年 8 月 5~7 日.
- B-15. 片桐孝洋: 「マルチコア環境を指向した多固有値多分法の評価」, 日本応用数理学会「行列・固有値問題の解法とその応用」研究部会, アバンセ, 2008 年 8 月 5~7 日.
- B-16. 黒田久泰, 片桐孝洋, 須田礼二: 「電力消費量を抑えた線形数値計算ライブラリの実装と評価」, 日本応用数理学会「行列・固有値問題の解法とその応用」研究部会, アバンセ, 2008 年 8 月 5~7 日.

【青木G】 (国内 14 件、国際 1 件)

- C-14. Takayuki Aoki: MULTI-MOMENT EULER SCHEME FOR COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS, 8th. World Congress on Computational Mechanics (WCCM8) 5th. European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering (ECCOMAS 2008) June 30 – July 5, 2008, Venice, Italy
- C-15. 森口周二, 青木尊之: 自由表面を含む粒子群-流体連成解析, 日本計算工学会・計算工学講演会論文集, Vol.13, 仙台, 2008 年 5 月 19 日, pp.799-802 (2008)
- C-16. 小川慧, 青木尊之: GPU を用いた CIP 法によるプラズマ 2 流体不安定性の高速シミュレーション, 日本計算工学会・計算工学講演会論文集, Vol.13, 仙台, 2008 年 5 月 19 日, pp.837-840 (2008)
- C-17. 小川慧, 青木尊之: CUDA による定常反復 Poisson ベンチマークの高速化, 情報処理学会第 115 回 HPC 研究会, 東京, 2008 年 5 月 24 日, pp.19-23 (2008)
- C-18. 青木尊之, 小川慧: CUDA による Poisson 方程式の定常反復計算, 可視化情報シンポジウム 2008, Vol.28, Suppl. No.1, 工学院大学・東京, 2008 年 7 月 24 日, pp.255-258 (2008)
- C-19. 小川慧, 青木尊之: CUDA によるプラズマ 2 流体不安定性計算の加速, 可視化情報

シンポジウム 2008, Vol.28, Suppl. No.1, 工学院大学・東京, 2008 年 7 月 24 日, pp.287-290 (2008)

- C-20. 杉原健太, 青木尊之:完全 Divergence-Free 形式の保存型マルチモーメント法, 日本流体力学会年会講演予稿集, pp.76, 神戸大学, 2008 年 9 月 4 日, pp.76 (2008)
- C-21. 丹愛彦, 青木尊之:円筒形状における気液二相流数値計算, 日本流体力学会年会講演予稿集, 神戸大学, 2008 年 9 月 4 日, pp.87 (2008)
- C-22. 杉原健太, 青木尊之:GPU を用いた保存形 IDO 法による高精度圧縮性流体の高速計算, 日本機械学会・第 21 回計算力学講演会, 琉球大学・沖縄, 2008 年 11 月 1 日, CD-ROM (2008).
- C-23. 小野寺直幸, 青木尊之, 小林宏充:LES 乱流モデルを用いた保存型 IDO 法によるチャネル乱流計算, 日本機械学会・第 21 回計算力学講演会, 琉球大学・沖縄, 2008 年 11 月 1 日, CD-ROM (2008).
- C-24. 小林宏充, 青木尊之:IDO 法による Passive Scalar の乱流計算, 日本機械学会・第 21 回計算力学講演会, 琉球大学・沖縄, 2008 年 11 月 1 日, CD-ROM (2008).
- C-25. 小川慧, 青木尊之:GPU による 3 次元 Cahn-Hilliard 方程式に基づく相分離計算, 日本機械学会・第 21 回計算力学講演会, 琉球大学・沖縄, 2008 年 11 月 1 日, CD-ROM (2008).
- C-26. Marlon Arce Acuña, Takayuki Aoki:GPU driven acceleration for solving the Shallow Water Equation, 日本機械学会・第 21 回計算力学講演会, 琉球大学・沖縄, 2008 年 11 月 1 日, CD-ROM (2008).
- C-27. Tobias Neckel, Miriam Mehl, Hans-Joachim Bungartz, Takayuki Aoki: CFD simulations using an AMR-like approach in the PDE framework Peano, 第 22 回数値流体シンポジウム, J9-4, 東京, 2008 年 12 月 19 日 (CD-ROM).
- C-28. 小野寺直幸, 青木尊之, 小林宏充:保存型 IDO 法を用いた LES 乱流計算手法, 第 22 回数値流体シンポジウム, C5-4, 東京, 2008 年 12 月 18 日 (CD-ROM).

【本多G】 (国内 1 件、国際 0 件)

- D-4. 大島聡史, 平澤将一, 本多弘樹:OMPCUDA: GPU 向け OpenMP の実装, 情報処理学会研究報告 HPC-118, pp.121-126, Dec, 2008

【鯉淵G】 (国内 3 件、国際 2 件)

- E-9. 鯉淵道紘(NII), 吉永努(電通大), 村上弘和(電通大), 松谷宏紀(慶大), 天野英晴(慶大), “予測機構を持つルータを用いた低遅延チップ内ネットワークに関する研究”, 先進的計算基盤システムシンポジウム SACSIS'08 論文集, Jun 2008
- E-10. Daihan Wang (Keio U), Hiroki Matsutani (Keio U), Michihiro Koibuchi (NII), Hideharu Amano (Keio U), “A Link Removal Methodology for Networks-on-chip on FPGAs”, 電子情報通信学会技術研究報告 RECONF2008
- E-11. Daihan Wang, Hiroki Matsutani, Michihiro Koibuchi, Hideharu Amano, “A Link Removal Methodology for Application-Specific Networks-on-chip on FPGAs”, IEICE Technical Reports RECONF2008-7, Vol.108, No.48, pp.37-42, May 2008.
- E-12. 渡辺崇文, 中尾昌広, 廣安知之, 鯉淵道紘, 大塚智宏, “VLAN イーサネットを用いた大規模 PC クラスターの検討”, 情報処理学会研究報告 2008-ARC-179 (SWoPP'08), pp.169-174, Aug 2008
- E-13. 鯉淵道紘, 大塚智宏, 松谷宏紀, 天野英晴, “マルチパスイーサネットにおける省電力 On/Off リンクアクティベーション法”, 情報処理学会研究報告 2009-ARC/-182 (Hokke), pp.121-126, Mar 2009

H21

チーム総数(国内 34 件、国際 5 件)

【松岡 G】(国内 2 件、国際 1 件)

- [A-33] Naoya Maruyama, Akira Nukada, Satoshi Matsuoka. Software-Based ECC for GPUs. In 2009 Symposium on Application Accelerators in High Performance Computing (SAAHPC'09), Urbana-Champaign, IL, July 2009.
- [A-34] 浜野智明, 額田彰, 遠藤敏夫, 松岡聡. GPU クラスタにおける省電力タスクスケジューリング, 情報処理学会研究報告 2010-HPC-124, 8 pages, 熱海, 2010 年 2 月
- [A-35] 渡辺祐也, 遠藤敏夫, 松岡聡. GPU クラスタにおける科学技術計算の自動最適化, 情報処理学会研究報告, 2010-HPC-124, 7 pages, 熱海, 2010 年 2 月

【須田 G】(国内 9 件、国際 1 件)

- [B-16] 須田礼仁, 「並列計算機におけるソフトウェア自動チューニングのための数値モデル」, 日本応用数理学会 2009 年度年会, pp.13-14, 2009.
- [B-17] 須田礼仁, 「自動チューニングのための Bayes 統計に基づく最適化手法」, 計算工学講演会, 論文集 pp.179-182, 2009.
- [B-18] 片桐孝洋, 黒田久泰, 「マルチコア環境における自動チューニング機能付き疎行列反復解法ライブラリ」, 第 14 回日本計算工学会講演会, 論文集 pp.167-170, 2009.
- [B-19] 片桐孝洋, 「ペタスケール計算を目指した MRRR 法を用いた固有値ソルバの開発」, 第 14 回日本計算工学会講演会, 論文集 pp.185-188, 2009.
- [B-20] 片桐孝洋, 黒田久泰, 「マルチコア・超並列計算機時代の自動チューニング機能付き疎行列反復解法ソルバ」, 日本応用数理学会 2009 年度年会, 予稿集 pp.7-8, 2009.
- [B-21] 片桐孝洋, 黒田久泰, 「マルチコア環境における密および疎行列ソルバの自動チューニング機構の評価」, 日本応用数理学会「行列・固有値問題の解法とその応用」研究部会 SWoPP 2009.
- [B-22] 黒田久泰, 片桐孝洋, 須田礼仁, 「省電力のための基本演算ライブラリの実装と評価」, 日本応用数理学会「行列・固有値問題の解法とその応用」研究部会 SWoPP 2009.
- [B-23] 小谷和正, 須田礼仁, 「線形方程式求解アルゴリズムの実行データに対するクラスタリング技術の一適用」, 情報処理学会研究報告, Vol.2009-HPC-121, No.4, 7pages, 2009.
- [B-24] Kamil Rocki and Reiji Suda, "High Performance and Low Power GPGPU Computing with Automatic Tuning", SIAM Conference on Parallel Processing (PP10), MS6
- [B-27] 須田礼仁, 「並列実験による疎行列格納法のオンライン自動チューニング」, 情報処理学会第 72 回全国大会, 予稿 vol.5 pp.97-98

【青木 G】(国内 17 件、国際 3 件)

- [C-19] Naoyuki Onodera, Takayuki Aoki, Hiromichi Kobayashi: Large Eddy Simulation of Turbulent Channel Flow with Conservative IDO Scheme, 15th International Conference on Finite Elements in Flow Problems, FEF09, CD-ROM, Tokyo April 1-3, 2009.
- [C-20] Marlon Arce Acuna, Takayuki Aoki, Sato Ogawa: GPU driven acceleration for solving the Shallow Water Equation, 15th International Conference on Finite Elements in Flow Problems, FEF09, CD-ROM, Tokyo April 1-3, 2009.
- [C-21] Kenta Sugihara, Takayuki Aoki: GPU Computing of a compressible flow by using IDO-CF scheme, 15th International Conference on Finite Elements in Flow Problems, FEF09, CD-ROM, Tokyo April 1-3, 2009.
- [C-22] 濱田剛, 似鳥啓吾, 青木尊之: TSUBAME GPU クラスタを用いた重力多体シミュレーションの性能評価, 計算工学講演会論文集, 第 14 巻, 第 1 号, P.277-280, (日本計算工学会), 2009 年 5 月 14 日
- [C-23] 杉原健太, 青木尊之: GPGPU による保存形 IDO 法の圧縮性流体計算, 計算工学

- 講演会論文集, 第 14 巻, 第 1 号, P.293-296, (日本計算工学会), 2009 年 5 月 14 日
- [C-24] アルセアクニャマルロン, 青木尊之: マルチ GPU による大規模津波シミュレーション (Real-time Tsunami Simulation Accelerated by Parallel GPUs), 計算工学講演会論文集, 第 14 巻, 第 1 号, P.307-310, (日本計算工学会), 2009 年 5 月 14 日
- [C-25] 王嫻, 青木尊之: GPGPU を用いた格子ボルツマン法による非圧縮性流体計算 (Application of GPGPU on the Computation of Incompressible Fluid Flows by Lattice Boltzmann Method), 計算工学講演会論文集, 第 14 巻, 第 1 号, P.311-314, (日本計算工学会), 2009 年 5 月 14 日
- [C-26] 丹愛彦, 青木尊之: 回転体の気液二相流数値計算, 日本機械学会年次大会講演資料集(7), MECJ-09, No.09-1, P.31-32, 2009 年 9 月 15 日 (岩手大学)
- [C-27] 山下晋, 青木尊之, 肖鋒, 高橋桂子: CIP 有限体積法による風波乱流場の数値シミュレーション, 日本機械学会・第 22 回計算力学講演会講演予稿集(CD-ROM), 2009 年 10 月 11 日 (金沢大学)
- [C-28] 小野寺直幸, 青木尊之: マルチモーメントを用いたコンパクト・スキームの開発, 日本機械学会・第 22 回計算力学講演会講演予稿集(CD-ROM), 2009 年 10 月 11 日 (金沢大学)
- [C-29] 杉原健太, 青木尊之: GPU による高次精度移流スキームの演算性能, 日本機械学会・第 22 回計算力学講演会講演予稿集(CD-ROM), 2009 年 10 月 11 日 (金沢大学)
- [C-30] 王嫻, 青木尊之: 3 次元格子ボルツマン法による非圧縮流体ソルバーの GPU による加速, 日本機械学会・第 22 回計算力学講演会講演予稿集(CD-ROM), 2009 年 10 月 11 日 (金沢大学)
- [C-31] Arce Acuna Marlon, Aoki Takayuki: Real-time Tsunami Simulation Accelerated by Parallel GPUs, 日本機械学会・第 22 回計算力学講演会講演予稿集(CD-ROM), 2009 年 10 月 11 日 (金沢大学)
- [C-32] 小川慧, 青木尊之: マルチ GPU ノードにおける 3 次元 Phase Field モデルの高速計算, 日本機械学会・第 22 回計算力学講演会講演予稿集(CD-ROM), 2009 年 10 月 11 日 (金沢大学)
- [C-33] 小野寺直幸, 青木尊之, 小林宏充: チャネル乱流における高次精度 IDO 法に基づいた LES モデルの検証, 日本流体力学会 第 23 回数値流体シンポジウム講演予稿集(CD-ROM), 2009 年 12 月 16 日 (仙台)
- [C-34] 丹愛彦, 青木尊之: 大規模二相流シミュレーションによる碎波機構の解明 I, 日本流体力学会 第 23 回数値流体シンポジウム講演予稿集(CD-ROM), 2009 年 12 月 18 日 (仙台)
- [C-35] 山下晋, 青木尊之, 肖鋒, 高橋桂子: 風波シミュレーションにおける気液界面近傍の乱流輸送機構, 日本流体力学会 第 23 回数値流体シンポジウム講演予稿集(CD-ROM), 2009 年 12 月 18 日 (仙台)
- [C-36] 下川辺隆史, 青木尊之, 石田純一: GPU によるメソスケール気象モデル ASUCA の高速化, 日本流体力学会 第 23 回数値流体シンポジウム講演予稿集(CD-ROM), 2009 年 12 月 17 日 (仙台)
- [C-37] 王嫻, 青木尊之: Multi-GPU クラスタを用いた格子ボルツマン法の大規模解析, 日本流体力学会 第 23 回数値流体シンポジウム講演予稿集(CD-ROM), 2009 年 12 月 16 日 (仙台)
- [C-38] 杉原健太, 青木尊之: マルチノード GPU クラスタによる高次精度移流スキームの演算性能, 日本流体力学会 第 23 回数値流体シンポジウム講演予稿集(CD-ROM), 2009 年 12 月 16 日 (仙台)
- [C-39] Marlon Arce Acuna, 青木尊之: Large-scale Real-Time Tsunami Simulation on Multi-node GPU Cluster, 日本流体力学会 第 23 回数値流体シンポジウム講演予稿集(CD-ROM), 2009 年 12 月 18 日 (仙台)

【本多G】(国内 3 件、国際 0 件)

- [D-2] 平澤将一, 下田和明, 大島聡史, 本多弘樹, “GPU 向けソフトウェアキャッシュ機構の実装と評価”, 情報処理学会研究報告 HPC-123 ARC-178 HOKKE-17 No.9, pp.1-10, Nov, 2009
- [D-3] 平澤将一, 大島聡史, 本多弘樹, “GPU 向け省電力化汎用プログラミング環境に向けて”, CompView GCOE Symposium GPU 計算:省エネルギー計算へ向けてのアルゴリズム論と実装, Dec, 2009
- [D-4] 平澤将一, 大島聡史, 本多弘樹, “GPU コンピューティング向け中間言語の研究”, 情報処理学会 第 78 回プログラミング研究発表会, Mar, 2010

【鯉渕G】(国内 2 件、国際 0 件)

- [E-8] 西川由理, 鯉渕道紘, 吉見真聡, 設樂明宏, 三浦謙一, 天野英晴, “ClearSpeed 製 SIMD プロセッサの通信性能評価”, 電子情報通信学会技術研究報告 CPSY2009, Aug 2009
- [E-9] Jose Miguel Montanana, Michihiro Koibuchi, Takafumi Watanabe, Tomoyuki Hiroyasu, Hiroki Matsutani, Hideharu Amano, “An On/Off Link Regulations for Low-Power InfiniBand”, 情報処理学会研究報告 2009-ARC Aug 2009

【合田 G】(国内 1 件、国際 0 件)

- [F-2] 渡邊千鶴, 合田(日向寺)祥子, 渡邊博文, 田中成典, “リガンドに依存した核内受容体の構造変化に対する線型応答理論による解析”, 第 65 回日本物理学会(岡山, 2010 年 3 月 20 日)

H22

チーム総数(国内 13 件、国際 16 件)

【松岡G】(国内 2 件、国際 4 件)

- [A-23] N. Maruyama. A High-Performance Fault-Tolerant Software Framework for Memory on Commodity GPUs, ETHZ - Tokyo Tech Workshop : Computing with GPUs, Cells, and Multicores. Zurich, May 2010.
- [A-24] Nukada. Fast Fourier Transform using CUDA GPUs, ETHZ - Tokyo Tech Workshop : Computing with GPUs, Cells, and Multicores. Zurich, May 2010.
- [A-25] Cevahir. Scalable Implementation Techniques for Sparse Iterative Solvers on GPU Clusters, ETHZ - Tokyo Tech Workshop : Computing with GPUs, Cells, and Multicores. Zurich, May 2010.
- [A-26] 白幡晃一, 佐藤仁, 松岡聡. GPU を考慮した MapReduce のタスクスケジューリング, 情報処理学会研究報告 2010-HPC-126 (SWoPP 2010), 金沢, 2010 年 8 月.
- [A-27] 野村達雄, 丸山直也, 遠藤敏夫, 松岡聡. GPU クラスタを対象にした並列ステンシル計算の自動コード生成フレームワーク, 情報処理学会研究報告 2010-HPC-126 (SWoPP 2010), 金沢, 2010 年 8 月.
- [A-28] Nguyen Toan, Hideyuki Jitsumoto, Naoya Maruyama, Tatsuo Nomura, Satoshi Matsuoka. MPI-CUDA Applications Checkpointing, 情報処理学会研究報告 2010-HPC-126 (SWoPP 2010), 金沢, 2010 年 8 月.

【須田G】(国内 5 件、国際 1 件)

- [B-11] 黒田久泰, 片桐孝洋, 須田礼仁:消費電力を抑えた基本演算ライブラリの実装と評価, 2010 年並列/分散/協調処理に関する『金沢』サマー・ワークショップ(SWoPP2010), 金沢市文化ホール, 日本応用数理学会「行列・固有値問題の解法とその応用」, 2010
- [B-12] 須田礼仁, 並列ソフトウェアのオンライン自動チューニングのための Bayes 的手法, 情報処理学会第 126 回ハイパフォーマンスコンピューティング研究会, 研究報告

- [B-13] 須田礼仁, 「オフライン自動チューニングの数理手法」, 情報処理学会情報処理学会第 125 回ハイパフォーマンスコンピューティング研究会, 研究報告 HPC-125-3
- [B-14] 須田礼仁, 「並列試行による並列処理のためのオンライン自動チューニング」, 第 15 回計算工学講演会
- [B-15] Reiji Suda, Automatic Tuning Math Core Library, Workshop on Advanced Auto-tuning on Numerical Software (AANS2010), April, 2010.
- [B-16] Reiji Suda, "Online Automatic Tuning of Parallel Sparse Matrix Computations", PMAA 2010.

【青木G】(国内 6 件、国際 11 件)

- [C-26] T. Aoki: Multi-GPU scalability of mesh-based HPC applications, ETHZ - Tokyo Tech Workshop: Computing with GPUs, Cells, and Multicores, ETH Zurich, Switzerland, May 10, 2010. <ppt>
- [C-27] T. Shimokawabe and T. Aoki: GPU Acceleration of Weather Prediction Model, ETHZ - Tokyo Tech Workshop: Computing with GPUs, Cells, and Multicores, ETH Zurich, Switzerland, May 10, 2010.
- [C-28] N. Onodera and T. Aoki: Large-Eddy Simulation of Channel Flow on GPU, ETHZ - Tokyo Tech Workshop: Computing with GPUs, Cells, and Multicores, ETH Zurich, Switzerland, May 10, 2010.
- [C-29] M. Arce Acuna and T. Aoki: Real-Time Tsunami Simulation Solving the Shallow Water Equations on Multi-Node GPU Cluster, ETHZ - Tokyo Tech Workshop: Computing with GPUs, Cells, and Multicores, ETH Zurich, Switzerland, May 10, 2010.
- [C-30] T. Shimokawabe, T. Aoki, J. Ishida: Acceleration of Meso-scale Atmosphere model ASUCA by GPU, 第 15 回計算工学講演会(日本計算工学会), pp. 121-124, 九州大学, 2010 年 5 月 26 日
- [C-31] 杉原健太(東京工業大院), 青木尊之; GPU による二相流シミュレーションの開発 I, 第 15 回計算工学講演会(日本計算工学会), pp. 125-126, 九州大学, 2010 年 5 月 26 日
- [C-32] 小野寺直幸, 青木尊之; GPU を用いた LES チャネル乱流計算, 第 15 回計算工学講演会(日本計算工学会), pp. 127-128, 九州大学, 2010 年 5 月 26 日
- [C-33] Marlon Arce Acuna, Takayuki Aoki: Parallel GPU Computing for Real-Time Tsunami Simulation on an Actual Study Case, 第 15 回計算工学講演会(日本計算工学会), pp. 133-136, 九州大学, 2010 年 5 月 26 日
- [C-34] Xian Wang, Takayuki Aoki: Comparison on the performance of Lattice Boltzmann method solver executed on multi-node GPU cluster by multi-dimensional domain decompositions, 第 15 回計算工学講演会(日本計算工学会), pp. 141-144, 九州大学, 2010 年 5 月 26 日
- [C-35] 小川慧, 青木尊之; GPU クラスタを用いた Phase Field モデルに基づく相変態計算のスケラビリティ, 第 15 回計算工学講演会(日本計算工学会), pp. 145-148, 九州大学, 2010 年 5 月 26 日
- [C-36] Takayuki Aoki, Marlon Arce Acuna, Xian Wang, Sato OGAWA: Large-Scale CFD Applications on Multi-Node GPU Cluster, Fifth European Conference on Computational Fluid Dynamics (ECCOMAS CFD 2010), Proceedings, Lisbon, Portugal, P.697, June 17th, 2010
- [C-37] Naoyuki Onodera, Onodera, Takayuki Aoki, Hiromichi Kobayashi: Development of high-order Multi-Moment scheme for large-eddy simulation, 9th world Congress on Computational Mechanics and 4th Asian Pacific Congress on Computational Mechanics, Sydney, Australia, 20 July 2010.
- [C-38] Marlon Rodolfo Arce Acuna, Takayuki Aoki: Real-Time Tsunami Simulation Solving the Shallow Water Equations on Multi-Node GPU Cluster, 9th world Congress on Computational Mechanics and 4th Asian Pacific Congress on

- Computational Mechanics, Sydney, Australia, 19 July 2010.
- [C-39] Takashi Shimokawabe, Takayuki Aoki, Junichi Ishida: GPU Acceleration of Meso-scale Atmosphere model ASUCA, 9th world Congress on Computational Mechanics and 4th Asian Pacific Congress on Computational Mechanics, Sydney, Australia, 19 July 2010.
- [C-40] Kenta Sugihara, Takayuki Aoki: Performance of higher-order advection equation solved on multi-node GPU cluster, 9th world Congress on Computational Mechanics and 4th Asian Pacific Congress on Computational Mechanics, Sydney, Australia, 20 July 2010.
- [C-41] Takayuki Aoki, Sato Ogawa, Akinori Yamanaka: Multi-GPU Scalability of Phase-Field Simulation for Dendritic Solidification - 10 Tera Flops Performance on 60 GPUs, 9th world Congress on Computational Mechanics and 4th Asian Pacific Congress on Computational Mechanics, Sydney, Australia, 20 July 2010.
- [C-42] Shuji Moriguchi, Takayuki Aoki, Atsushi Yashima: CFD-DEM coupled numerical simulation for geomaterial, 9th world Congress on Computational Mechanics and 4th Asian Pacific Congress on Computational Mechanics, Sydney, Australia, 23 July 2010.

H23

チーム総数(国内 39 件、国際 18 件)

〈国内〉

【松岡 G】

- [A-48] 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ส์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.
- [A-49] 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.
- [A-50] 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ส์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.
- [A-51] 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ส์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.
- [A-52] 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
- [A-53] 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. 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.
- [A-54] 滝澤真一朗, 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ส์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.
- [A-55] 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.

- [A-56] 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
- [A-57] 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

【須田 G】

- [B-7] 須田礼仁 (Reiji Suda), 「変動する条件に適応するオンライン自動チューニング」 (Online Autotuning Adapting to Variable Conditions), 日本応用数理学会 2011 年度年会 (同志社大学今出川キャンパス, Sep. 14-16 (15), 2011) 予稿集, pp. 179-180.
- [B-8] Cheng Luo, Reiji Suda, An execution time prediction analytical model for GPU with instruction-level and thread-level parallelism awareness, 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) @ 県民交流センター 鹿児島, July, 2011, 9 pages.
- [B-9] 片桐孝洋, 大島聡史, 平澤将一, 本多弘樹, 「HxABCLibScript: 非均質計算機向け自動チューニング記述言語拡張」, 第 129 回 HPC 研究会, 情報処理学会研究報告 HPC-129 (2011) (口頭発表: 2011 年 5 月 11 日, 東京大学小柴ホール)
- [B-10] 石倉辰彦, 黒田久泰: 低負荷 IP パケットログシステムの実装と評価, 平成 23 年度 電気関係学会四国支部連合大会 講演論文集, p. 181, 2011
- [B-11] 片山祐, 黒田久泰: GPGPU による CG 法の実装と性能評価, 平成 23 年度 電気関係学会四国支部連合大会 講演論文集, p. 294, 2011
- [B-12] 石倉辰彦, 黒田久泰: 低負荷 IP パケットログシステムの実装と評価, 平成 23 年度 電気関係学会四国支部連合大会 講演論文集, p. 181, 2011
- [B-13] 片山祐, 黒田久泰: GPGPU による CG 法の実装と性能評価, 平成 23 年度 電気関係学会四国支部連合大会 講演論文集, p. 294, 2011.
- [B-14] 片桐孝洋, 尾崎克久, 荻田武史, 大石進一: 「高精度行列-行列積アルゴリズムのスレッド並列化と ABCLibScript への機能実装」, 第 133 回 HPC 研究会, 有馬ビューホテルうらら, 情報処理学会研究報告 HPC-133 (2012), 2012 年 3 月 26 日(月)～2012 年 3 月 27 日(火)
- [B-15] Cheng Luo, Kamil Rocki and Reiji Suda, "A precise measurement tool for power dissipation of CUDA kernels," IPSJ SIG Technical Reports, Vol.2012-HPC-133 No.2, 第 133 回 HPC 研究会@有馬ビューホテルうらら, March 26-27 (26), 2012.
- [B-16] Cong LI, Reiji SUDA, "A Three-Step Performance Automatic Tuning Strategy using Statistical Model for OpenCL Implementation of Krylov Subspace Methods", 情報処理学会研究報告 (IPSJ SIG Technical Report), Vol. 2012-HPC-133 No.1, 第 133 回 HPC 研究会@有馬ビューホテルうらら, Mar 26-27 (26), 2012.
- [B-17] Reiji Suda, Vivek S. Nittoor, "Efficient Monte Carlo Optimization with ATMATHCORELIB", 情報処理学会研究報告 (IPSJ SIG Technical Report), Vol. 2012-HPC-133 No. 21, 第 133 回 HPC 研究会@有馬ビューホテルうらら, Mar 26-27 (27), 2012.

【青木 G】

- [C-25] 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
- [C-26] 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

- [C-27] 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
- [C-28] 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
- [C-29] 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
- [C-30] 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
- [C-31] 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
- [C-32] 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, 2011 年 12 月 21 日
- [C-33] 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, 2011 年 12 月 21 日
- [C-34] 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, 2011 年 12 月 21 日
- [C-35] 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
- [C-36] 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, 兵庫, 2011
- [C-37] 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, 大阪, 2011
- [C-38] 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, 神戸, 2011
- [C-39] 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, 沖縄, 2011
- [C-40] 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, 情報処理学会研究報告 HPC-133 (2012), 2012 年 3 月 26 日(月)~2012 年 3 月 27 日(火).
- [C-41] 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, 仙台 (2012)
- [C-42] 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, 仙台 (2012)

〈国際〉

【松岡 G】

- [A-58] 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
- [A-59] Akira Nukada, "Fast Fourier Transform for AMD GPUs", AMD Fusion Developer Summit 2011, Bellevue, WA. Jun. 2011.

【須田 G】

- [B-18] Vivek S Nittoor and Reiji Suda, "Parallelizing A Coarse Grain Graph Search Problem Based upon LDPC Codes on a Supercomputer", To appear in Proceedings of 6th International Symposium on Parallel Computing in Electrical Engineering (PARELEC 2011), Luton, UK, April 2011.
- [B-19] Da Qi Ren, Reiji Suda and Dennis D. Giannacopoulos, "Power-Aware Parallel 3-D Finite Element Mesh Refinement Performance Modeling and Analysis on CUDA/MPI Multi-core and GPU Architectures", 2 page digests, COMPUMAG 2011, Sydney, Australia, Jul 12-15, 2011.
- [B-20] Kamil Rocki, Large-Scale Parallel Monte Carlo Tree Search on GPU, PhD Forum, 25th IEEE IPDPS, May 16-20, 2011, Anchorage, USA
- [B-21] Takahiro Katagiri, "Towards Auto-tuning Language of Numerical Libraries in Heterogeneous Computing Era", SIAM ICIAM 2011-7th International Congress on Industrial and Applied Mathematics, July 18-22, 2011, Vancouver, BC, Canada
- [B-22] Kamil Rocki, Reiji Suda, "Parallel Monte Carlo Tree Search Scalability Discussion", 24th Australasian Joint Conference on Artificial Intelligence, 5-8 December, 2011, Perth, Australia
- [B-23] Cheng Luo, Reiji Suda, A performance and energy consumption analytical model for GPU, International Conference on Cloud and Green Computing (CGC2011), Sydney, Australia, Dec 2011, 8 pages
- [B-24] Kamil Rocki and Reiji Suda, "Large scale parallel Iterated Local Search for solving Traveling Salesman Problem", ACM/SIGSIM 20th High Performance Computing Symposium (HPC 2012), Orlando, USA, March 26-29, 2012
- [B-25] Kamil Rocki, Reiji Suda, "An efficient GPU implementation of the iterative hill climbing based TSP solver for large problem instances", ACM/SIGEVO GECCO 2012: Genetic and Evolutionary Computation Conference, Philadelphia, USA, July 07-11, 2012
- [B-26] Kamil Rocki, Reiji Suda, "Accelerating 2-opt and 3-opt local search using GPU in the Travelling Salesman Problem", The 12th IEEE/ACM International Symposium on Cluster, Cloud and Grid Computing (CCGRID 2012), Ottawa, Canada, 13-16 May 2012

【青木 G】

- [C-43] 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
- [C-44] 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
- [C-45] T. Shinozaki, M. Sekijima, S. Hagihara, S. Furui, "A Compact Speech

- Decoder Based on Pure Functional Programming", APSIPA ASC 2011
- [C-46] 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.
- [C-47] 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.

【本多 G】

- [D-1] 平澤将, "低電力化と自動チューニング", 日本応用数理学会 2011 年度年会, pp181-182, 2011-09-15
- [D-2] 長塚郁, 大島聡史, 平澤将一, 近藤正章, 本多弘樹, "複数 GPU 向けの CUDA コードを生成する OpenMP 処理系の提案", 情報処理学会研究報告. [ハイパフォーマンスコムピューティング], 2012-HPC-133(12), 1-8, 2012-03-19

H24

口頭発表チーム総数(国内会議 22 件、国際会議 7 件)

【松岡 G】(国内会議 11 件、国際会議 2 件)

〈国内〉

- [A-27] 福田圭祐, 丸山直也, Miquel Pericas, 松岡聡, 動的タスクスケジューリングエンジン StarPU による KIFMM の実装と性能評価, In IPSJ SIG Technical Reports 2012-HPC-136. Oct. 2012.
- [A-28] 額田彰, 「CUDA 版自動チューニング手法」, GPU Technology Conference Japan 2012, 六本木, 2012 年 7 月.
- [A-29] 星野哲也, 丸山直也, 松岡聡. 大規模流体アプリケーションの CUDA・OpenACC への移植性の評価. 情報処理学会研究報告. 情報処理学会. In 2012 年並列／分散／協調処理に関する『鳥取』サマー・ワークショップ(SWoPP 鳥取 2012). Vol. 2012-HPC-135. No. 42. pp. 1-9. Jul. 2012.
- [A-30] 河村知輝, 丸山直也, 松岡聡. 並列ステンシル計算における通信の自動最適化に向けた性能モデルの評価, 情報処理学会研究報告, Vol. 2012-HPC-135. No. 32. pp. 1-8, Jul. 2012.
- [A-31] Kento Sato, Adam Moody, Kathryn Mohror, Todd Gamblin, Bronis R. De Supinski, Naoya Maruyama, Satoshi Matsuoka. "Design and Modeling of an Asynchronous Checkpointing System", 情報処理学会研究報告, Vol. 2012-HPC-135, Jul. 2012.
- [A-32] 福田圭祐, 丸山直也, Miquel Pericas, 松岡聡, "動的タスクスケジューリングエンジン StarPU による KIFMM の実装と性能評価", 情報処理学会研究報告, Vol. 2012-HPC-136, Oct. 2012.
- [A-33] Leonardo Bautista Gomez, Satoshi Matsuoka, "Avoiding silent data corruption in checkpoint files", In IPSJ SIG Technical Reports 2012-HPC-136. Oct. 2012.
- [A-34] Miquel Pericas, Keisuke Fukuda, Abdelhalim Amer, Rio Yokota, Naoya Maruyama, Satoshi Matsuoka, "Towards a Dataflow FMM using the OmpSs Programming Model", In IPSJ SIG Technical Reports 2012-HPC-136. Oct. 2012.
- [A-35] 金光浩, 遠藤敏夫, 松岡聡. GPU メモリ容量を超える問題規模に対応する高性能ステンシル計算法, 情報処理学会研究報告, Vol. 2012-ARC-194/HPC-137, Dec. 2012.
- [A-36] 野村哲弘, 遠藤敏夫, 松岡聡. Tsubame2.0 における Multi-rail InfiniBand ネットワーク

〈国際〉

- [A-37] Akira Nukada, "Performance of 3-D FFT using Multiple GPUs with CUDA 4", NVIDIA GPU Technology Conference 2012, San Jose, 2012.
- [A-38] Tetsuya Hoshino, Naoya Maruyama, Satoshi Matsuoka, "Porting and Optimizing a Large-Scale CFD application with CUDA and OpenACC", Society for Industrial and Applied Mathematics Conference on Computational Science and Engineering, Boston, Feb. 2013.

【須田 G】(国内会議 2 件、国際会議 2 件)

〈国内〉

- [B-5] 田中献大, 黒田久泰, 「省電力化を意識した線形数値計算ライブラリの実装と評価」, 2012 年並列／分散／協調処理に関する『鳥取』サマー・ワークショップ (SWoPP 鳥取 2012), 情報処理学会研究報告 Vol. 2012-HPC-135, No.18, pp. 1-6, 2012 年 8 月 2 日.
- [B-6] 田中献大, 黒田久泰, 「共役勾配法における GPU の消費電力に対する計算性能の評価」, 平成 24 年度電気関係学会四国支部連合大会論文集, p. 288, 2012 年 9 月 29 日.

〈国際〉

- [B-7] Takahiro Katagiri, Satoshi Ito, Satoshi Ohshima (The University of Tokyo, Japan), Early experience of adaptation of ppOpen-AT: An Auto-tuning Description Language, SIAM Conference on Computational Science and Engineering, Boston, Massachusetts, USA, February 25-March 1, 2013 (採録済み, 発表予定)
- [B-8] R. Suda, "4DAC and One-Step Approximation: Mathematical Formulation and Algorithm for Automatic Tuning", EASIAM, Taiwan National University, 2012 年 6 月 27 日

【青木 G】(国内会議 8 件、国際会議 3 件)

〈国内〉

- [C-10] 下川辺隆史(東工大), GPU スパコン TSUBAME 2.0 によるフェーズフィールド法を用いた 2 petaflops 樹枝状凝固成長計算, 日本計算工学会・第 17 回 計算工学講演会, 京都, 2012 年 5 月 30 日
- [C-11] 小野寺直幸(東工大), GPU を用いた Local Mesh Refinement 法による LES 解析/Local mesh refinement for large eddy simulation with GPU, 日本計算工学会・第 17 回 計算工学講演会, 京都, 2012 年 5 月 30 日
- [C-12] 黒木雅広(東工大), マルチモーメント法に基づく爆風シミュレーションの大規模 GPU 計算, 日本計算工学会・第 17 回 計算工学講演会, 京都, 2012 年 5 月 30 日
- [C-13] 都築怜理(東工大), パッシブスカラー粒子の大規模 GPU 計算, 日本計算工学会・第 17 回 計算工学講演会, 京都, 2012 年 5 月 30 日
- [C-14] 都築怜理(東工大), 複数 GPU を用いた大規模粒子計算の動的負荷分散, 日本機械学会・第 25 回 計算力学講演会, 神戸, 2012 年 10 月 7 日
- [C-15] 小野寺直幸(東工大), 複数 GPU による Local Mesh Refinement 法を用いたチャンネル乱流の LES 解析, 日本機械学会・第 25 回 計算力学講演会, 神戸, 2012 年 10 月 7 日
- [C-16] 小野寺直幸(東工大), GPU を用いた格子ボルツマン法に対するコヒーレント構造 Smagorinsky モデルの開発, 日本機械学会・第 25 回 計算力学講演会, 神戸, 2012 年 10 月 8 日

- [C-17] 青木尊之, 下川辺隆史, 「GPU スパコンにおけるフェーズフィールド法による樹枝状凝固成長の大規模シミュレーション」, 物性研究所 計算物質科学研究センター 第2回シンポジウム, 東京大学・物性研究所(柏), 2012 年 10 月 23 日

〈国際〉

- [C-18] Satori Tsuzuki(東工大), Passive scalar computation of billion particles on a GPU supercomputer, The 10th WORLD CONGRESS ON COMPUTATIONAL MECHANICS (WCCM 2012), Sao Paulo, Brazil, 2012 年 7 月 11 日
- [C-19] Takashi Shimokawabe(東工大), Peta-scale GPU Computing of Phase-Field Simulation for Dendritic Solidification on the TSUBAME 2.0 supercomputer, The 10th WORLD CONGRESS ON COMPUTATIONAL MECHANICS (WCCM 2012), Sao Paulo, Brazil, 2012 年 7 月 11 日
- [C-20] Naruhiko Tan(東工大), Large-Scale Simulation of Violent Flow Impacting on an Obstacle, 2nd International Conference on Violent Flows, Nantes, France, 2012 年 9 月 27 日

【鯉渕 G】(国内会議 1 件、国際会議 0 件)

〈国内〉

- [E-3] 藤原一毅, 鯉渕道紘, “ランダムなネットワークポロジのためのラック配置最適化”, 電子情報通信学会技術研究報告 CPSY2012, Aug 2012

【本多 G】(国内会議 1 件、国際会議 0 件)

〈国内〉

- [D-1] “超低消費電力高性能計算に向けた取り組み”, 大島聡史, Luo Cheng, 平澤将一, 片桐孝洋, 須田礼仁, 本多弘樹, 第 54 回プログラミング・シンポジウム, 1 月, 2013 年

③ ポスター発表 (国内会議 34 件、国際会議 13 件)

H19

チーム総数(国内 4 件、国際 1 件)

「研究代表者・松岡」グループ(東京工業大学) (国内 0 件、国際 1 件)

- [A-19] Toshio Endo, Satoshi Matsuoka. A Methodology for Coping with Heterogeneity of Modern Accelerators on a Massive Supercomputing Scale, ACM/IEEE Conference on Supercomputing (High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis) (SC07), poster session, November 2007.

「主たる共同研究者①・須田」グループ(東京大学) (国内 1 件、国際 0 件)

- [B-14] 黒田久泰(東京大学), 片桐孝洋(東京大学), 「Windows CCS 上における MS-MPI の実行時自動チューニング」, 2008 年ハイパフォーマンスコンピューティングと計算科学論文集 HPCS2008, 東京工業大学 大岡山キャンパス, 2008 年 1 月 17 日(木)–1 月 18 日(金), HPCS2008 論文集, p. 54.

「主たる共同研究者②・青木」グループ(東京工業大学) (国内 2 件、国際 0 件)

- [C-12] 小川慧, 青木尊之: G80-GPU による IDO 法を用いた流体計算, 第 20 回計算力学講演会(CMD 2007), P. 591–592, 2007 年 11 月 28 日(京都)
- [C-13] 杉原健太, 青木尊之: 保存形 IDO 法の安定性解析, 日本機械学会第 20 回計算力学講演会, P. 593–594, 2007 年 11 月 28 日(京都)

「主たる共同研究者⑤・日向寺」グループ(東海大学) (国内 1 件、国際 0 件)

[F-1] S. Aida-Hyugaji, Yu Kusada, Yoko Fujita-Yamaguchi (Tokai Univ.), “Structure modeling and ligand-docking simulation of anti-mannotriose (M3) single-chain antibodies (scFvs)”, 第 30 回日本生物分子学会年会・第 80 回日本生化学会大会合同大会－BMB2007, 横浜, 平成 19 年 12 月 11 日

H20

チーム総数(国内 10 件、国際 1 件)

【松岡G】 (国内 6 件、国際 0 件)

A-32. 渡辺裕也, 遠藤敏夫, 松岡聡. 不均一な複数 GPU におけるセルフスケジューリングによる並列数値演算. 情報処理学会 先進的基盤システムシンポジウム (SACIS2008), ポスターセッション, 2008 年 6 月.

A-33. 浜野智明, 遠藤敏夫, 松岡 聡. ヘテロ計算環境のための省電力タスクスケジューリング. 情報処理学会 先進的基盤システムシンポジウム (SACIS2008), ポスターセッション, 2008 年 6 月.

A-34. Ali Cevahir, Akira Nukada, Satoshi Matsuoka, “Fast Conjugate Gradient Solver on Multi-GPU Systems”, 2009 年ハイパフォーマンส์コンピューティングと計算科学シンポジウム (HPCS2009), ポスター発表, Jan 2009.

A-35. 尾形泰彦, 額田彰, 丸山直也, 遠藤敏夫, 松岡聡, 「複数 GPU システムに対応する自動最適化 3D-FFT ライブラリ」, 2009 年ハイパフォーマンส์コンピューティングと計算科学シンポジウム (HPCS2009), ポスター発表, Jan 2009

A-36. 細萱祐人, 遠藤敏夫, 松岡聡, 「SWAP アクセス数の実行時推定によるメモリの省電力化手法」, 2009 年ハイパフォーマンส์コンピューティングと計算科学シンポジウム (HPCS2009), ポスター発表, Jan 2009

A-37. Naoya Maruyama, Akira Nukada, Satoshi Matsuoka, “Preliminary Evaluation of Software-Based Memory Fault Tolerance for GPGPU”, 2009 年ハイパフォーマンส์コンピューティングと計算科学シンポジウム (HPCS2009), ポスター発表, Jan 2009

【本多G】 (国内 1 件、国際 0 件)

D-5. 大島聡史, 平澤将一, 本多弘樹: OMPCUDA: GPU 向け OpenMP 処理系, HPCS2009 2009 年ハイパフォーマンส์コンピューティングと計算科学シンポジウム, Jan, 2009

【日向寺G】 (国内 3 件、国際 1 件)

F-1. 合田(日向寺)祥子, 和泉遥, 日下部哲弘, 草田融, 藤田(山口)陽子(東海大): Tn 抗原特異的単クローン抗体 MLS128 と 83D4 由来単鎖抗体の分子モデリング, 第 28 回日本糖質学会年会, つくば, 2008 年 8 月

F-2. 朱振霞, 合田(日向寺)祥子(東海大): 先天免疫タンパク質 Ficolin とリガンドの相互作用に関する理論的検討, 第 2 回分子科学討論会, 福岡, 2008 年 9 月

F-3. Sachiko Aida-Hyugaji, Haruka Izumi, Tetsuhiro Kusakabe, Yoko Fujita-Yamaguchi (Tokai Univ.): 3D structure modeling of Tn-antigen specific antibodies, MLS128 and 83D4, CBI Annual Meeting 2008 International Symposium, Tokyo, 2008 年 10 月

F-4. Haruka Izumi, Sachiko Aida-Hyugaji, Tetsuhiro Kusakabe, Yoko Fujita-Yamaguchi (Tokai Univ.): モノクローン抗体 MLS128 と 83D4 由来単鎖抗体の分子モデリングによる糖鎖結合性の比較, 第 7 回日本女性科学者の会学術大会, 東京, 2008 年 11 月

H21

チーム総数(国内 4 件、国際 4 件)

【松岡 G】(国内 2 件、国際 1 件)

- [A-36] 長坂仁, 丸山直也, 額田彰, 遠藤敏夫, 松岡聡. GPU における性能と消費電力の相関性の解析. 先進的計算シンポジウム(SACSIS2009)論文集, ポスター, 広島, pp. 151-152, 2009 年 5 月.
- [A-37] 島田大地, 丸山直也, 額田彰, 遠藤敏夫, 松岡聡, GPU における耐故障性を考慮した数値計算の電力性能, 先進的計算シンポジウム(SACSIS2009)論文集, ポスター, 広島, pp. 161-163, 2009 年 5 月.
- [A-38] Naoya Maruyama, Akira Nukada, and Satoshi Matsuoka, A High-Performance Fault-Tolerant Software Framework for Memory on Commodity GPUs, NVIDIA GPU Technology Conference 2009, poster, San Jose, CA, September 2009.

【須田 G】(国内 2 件、国際 1 件)

- [B-26] Da Qi Ren, Reiji Suda, "Analysis of Execution Time Clocks for the Power Consumption Prediction of SIMD Program on Multi-core Computer", 2010 年ハイパフォーマンスコンピューティングと計算科学シンポジウム(HPCS2010)
- [B-27] Takahiro Katagiri, "Model for Software Automatic Tuning", Fourth international Workshop on Automatic Tuning (iWAPT 2009), p. 74, 2009.
- [B-28] 富山歩, 「CUDA による編集距離計算の高速化」, 情報処理学会 先進的計算基盤システムシンポジウム SACSIS 2009, 論文集, pp. 108-109, 2009.

【合田 G】(国内 0 件、国際 2 件)

- [F-3] Zhenxia Zhu, Sachiko Aida-Hyugaji, "Theoretical Analysis of Binding Affinity of Human Mannose-Binding Protein Carbohydrate Recognition Domain to Mannose", BioInfo2009 CBI-KSBSB Joint Conference (Busan, 2009 年 11 月 4 日)
- [F-4] Chiduru Watanabe, Sachiko Aida-Hyugaji, Kaori Fukuzawa, "Intramolecular Interaction of Human Estrogen Receptor Ligand Binding Domain with Different Helix12 Positions Studied by Ab initio Fragment Molecular Orbital Method", BioInfo2009 CBI-KSBSB Joint Conference (Busan, 2009 年 11 月 4 日)

H22

チーム総数(国内 2 件、国際 1 件)

【松岡 G】(国内 2 件、国際 0 件)

- [A-29] 白幡晃一, 佐藤仁, 松岡聡. GPU による MapReduce のアクセラレーション, 第 8 回先進的基盤システムシンポジウム SACSIS 2010, ポスター, 奈良, 2010 年 5 月.
- [A-30] Nguyen Toan, Nomura Tatsuo, Maruyama Naoya, Matsuoka Satoshi. Fault-Tolerant GPGPU with GPU Checkpointing, 第 8 回先進的基盤システムシンポジウム SACSIS 2010, ポスター, 奈良, 2010 年 5 月.

【須田 G】(国内 0 件、国際 1 件)

- [C-17] Da Qi Ren, Reiji Suda, "Investigation on Power Efficiency of CUDA Processing Elements for Large Scale SIMD Computation", 24th International Conference on Supercomputing, Tsukuba, Japan, June1-4, 2010.

H23

チーム総数(国内 11 件、国際 2 件)

〈国内〉

- [A-60] 斎藤貴文, 佐藤仁, 松岡 聡, “Gfarm ファイルシステムを用いた TSUBAME2.0 における占有ファイルシステムの実現”, 情報処理学会ハイパフォーマン
ンスコン ピューティングと計算科学シンポジウム(HPCS2012), 2012/1/24-26, 名古屋
- [A-61] Zhang Jiayue, Sato Hitoshi, Matsuoka Satoshi, "Preliminary
Evaluation of Multithreaded Asynchronous Large-Scale Graph Traversal on
TSUBAME2.0", 情報処理学会ハイパフォーマンンスコンピュティングと計算科学シン
ポジウム (HPCS2012), 2012/1/24-26, 名古屋
- [A-62] 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, 2011/7/22, 六本木
- [A-63] 白幡晃一, 佐藤仁, 松岡聡. GPU を考慮した MapReduce のアクセラレーション.
GTC Workshop Japan 2011. In GTC Workshop Japan 2011. pp. 119–120. Jul. 2011.
- [A-64] 白幡晃一, 鈴木豊太郎, 佐藤仁, 松岡聡. ストリーミング型クラスタリングアルゴ
リズムの性能評価. 先進的計算基盤システムシンポジウム SACSIS2011. In 先進的計
算基盤システムシンポジウム SACSIS2011. May. 2011.
- [A-65] 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
る計算資源の最適化. In 先進的計算基盤システムシンポジウム. pp. 1–2. May. 2011.
- [A-66] 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, 2011/5/26, 秋葉
原
- [B-27] Vivek S Nittoor and Reiji Suda, “A High Performance Computing
Approach For Searching Optimal Codes on Graphs”, Poster Presentation
made at Enumeration School, Kanagawa, Japan, 28-30 Sept 2011
- [C-48] 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
- [C-49] 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
- [C-50] 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

〈国際〉

- [A-67] Aleksandr Drozd, Naoya Maruyama, Satoshi Matsuoka, “Fast GPU
Read Alignment with Burrows Wheeler Transform Based Index”, Proceedings
of the 2010 ACM/IEEE conference on Supercomputing (SC'11), 2011/11/15,
Seattle, WA, USA
- [B-28] Vivek S Nittoor and Reiji Suda, “A High Performance Computing
Approach For Finding and Decoding Optimal Codes on Graphs”, Poster
Presentation at HiPC 2011 at Bangalore, India, Dec 2011.

H24

ポスター発表チーム総数(国内会議 6 件、国際会議 4 件)

【松岡 G】(国内会議 4 件、国際会議 3 件)

〈国内〉

[A-39] 河村知輝, 丸山直也, 松岡聡. Physis フレームワークにおける性能モデルに基づく通信の自動最適化に向けて, 先進的計算基盤システムシンポジウム SACSIS2012 論文集, ポスター, May 2012.

[A-40] 星野哲也, 丸山直也, 松岡聡. 大規模流体アプリケーションの GPU による高速化手法の評価, 先進的計算基盤システムシンポジウム SACSIS2012 論文集, ポスター, May 2012.

[A-41] 星野哲也, 丸山直也, 松岡聡, ディレクティブベースプログラミング言語 OpenACC の性能評価, 2013 年ハイパフォーマンスコМПューティングと計算科学シンポジウム論文集, Jan. 2013.

[A-42] 河村知輝, 丸山直也, 松岡聡, ステンシル計算における通信の自動最適化に向けた性能モデルの評価, 2013 年ハイパフォーマンスコМПューティングと計算科学シンポジウム論文集, Jan. 2013.

〈国際〉

[A-43] Kento Sato, Adam Moody, Kathryn Mohror, Todd Gamblin, Bronis R. de Supinski, Naoya Maruyama, Satoshi Matsuoka. "Design and Modeling of a Non-Blocking Checkpoint System". In ATIP - A*CRC Workshop on Accelerator Technologies in High Performance Computing. May. 2012.

[A-44] Akihiro Nomura, Yutaka Ishikawa, Naoya Maruyama, Satoshi Matsuoka. Implementation of Efficient Non-blocking Collective Communication Framework. In HPC in Asia Workshop. Jun. 2012.

[A-45] Kento Sato, Adam Moody, Kathryn Mohror, Todd Gamblin, Bronis R. de Supinski, Naoya Maruyama, Satoshi Matsuoka. "Towards a Light-weight Non-blocking Checkpointing System". In HPC in Asia Workshop in conjunction with the 2012 International Supercomputing Conference (ISC'12). Jun. 2012.

【須田 G】(国内会議 0 件、国際会議 1 件)

〈国際〉

[B-9] C. Luo, R. Suda, "MGCUDA: An easy programming model for CUDA based multiple GPUs platform", VECPAR 2012 poster

【青木 G】(国内会議 1 件、国際会議 0 件)

〈国内〉

[C-21] Xian Wang (西安交通大学), Peta-scale Large-Eddy Simulation for Wind Blowing in a Wide Area of Tokyo with 2-m Resolution by Using GPU-based Lattice Boltzmann Method on TSUBAME2.0 京コンピュータシンポジウム, 神戸, 2012 年 6 月 14 日

【鯉淵 G】(国内会議 1 件、国際会議 0 件)

〈国内〉

[E-4] 鯉淵道紘, 藤原一毅, ULP-HPC: 超低消費電力・高性能コンピューティング～ ULP-HPC のためのインターコネクト技術, 国立情報学研究所オープンハウス, 学術総合センター, 6 月 7-8 日

(4) 知財出願

① 国内出願 (0 件)

② 海外出願 (0 件)

③ その他の知的財産権
特になし

(5)受賞・報道等

①受賞

H19

- 日本機械学会フェロー賞(若手優秀講演):小川慧, 第 20 回計算力学講演会「G80-GPU による IDO 法を用いた流体計算」
- 平成 19 年度 理研ベンチマークコンテスト IPC 部門 優勝:青木尊之, 小川慧

H20

- 額田彰,「CUDA 環境における高性能 3 次元 FFT」, SACSIS2008 優秀若手研究賞, IEEE Computer Society Japan Chapter, 2008
- 尾形泰彦,「性能モデルに基づく CPU 及び GPU を併用する効率的な FFT ライブラリ」, 情報処理学会コンピュータサイエンス領域奨励賞, 2008
- 額田彰, 青木尊之,「2008 年度 RIKEN BMT コンテスト」優勝, 2008 年度理研シンポジウム, 2009 年 3 月 12 日
- 鯉渕道紘,「船井情報科学奨励賞」, 2009 年 4 月 18 日(表彰式は左記日時ですが, 審査対象期間は 2009 年 3 月まで)

H21

- 富山歩,「CUDA による編集距離計算の高速化」, GPU チャレンジ 2009 規定課題部門優勝
- 額田彰, 松岡聡. 第 7 回先進的基盤システムシンポジウム SACSIS2009 最優秀論文賞, 「CUDA GPU 向けの自動最適化 FFT ライブラリ」, 情報処理学会, 2009 年 5 月
- Marlon Arce Acuna, 次世代 スーパー・コンピュータ・シンポジウム ポスター最優秀賞, 「マルチ GPU による津波のリアルタイム・シミュレーション」, 2009 年 10 月 7 日
- Tsuyoshi Hamada ほか, “42 Tflops Hierarchical N-body Simulations on GPUs with Applications in both Astrophysics and Turbulence”, ACM Gordon Bell Prize, SC09 Portland OR USA, Nov. 2009
- Satoshi Matsuoka, ISC (International Supercomputing Conference) Fellow, SC09 Portland OR USA, Nov. 2009
- 小川慧, IEEE Computer Society Japan Chapter 優秀若手研究賞, 「マルチ GPU によるフェーズフィールド相転移計算のスケーラビリティ ～ 40 GPU で 5 TFLOPS の実効性能～」, 2010 年 1 月 15 日
- 額田彰,「CUDA 環境における高性能3次元 FFT」, 山下記念研究賞 情報処理学会, 2010 年 3 月
- 小川慧:ハイパフォーマンスコンピューティングと計算科学シンポジウム([HPCS2010](#)), IEEE Computer Society Japan Chapter 優秀若手研究賞
- Marlon Rodolfo Arce Acuna: 日本機械学会若手優秀講演フェロー賞
- 青木尊之:Fellow of The Japan Society of Mechanical Engineers

H23

- ACM Gordon Bell Prize: Special Achievements in Scalability and Time-to-Solution--- 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", Nov 17, 2011
- ACM Gordon Bell Prize: Honorable Mention--- Massimo Bernaschi, Mauro Bisson, Toshio Endo, Massimiliano Fatica, Satoshi Matsuoka, Simone Melchionna, and

- Sauro Succi, "Large scale biofluidics simulations on TSUBAME2", Nov 17, 2011
- ACM (Association for Computing Machinery) Fellow, Satoshi Matsuoka
 - HPCwire Annual Award --Reader's Choice Award - Best application of "green computing" in HPC: Tokyo Institute of Technology TSUBAME 2.0, Satoshi Matsuoka, Toshio Endo, Naoya Maruyama, Akira Nukada, Nov 16 2011
 - HPCwire Annual Award --Editor's Choice Award - Best application of "green computing" in HPC: Tokyo Institute of Technology for TSUBAME 2.0, Satoshi Matsuoka, Toshio Endo, Naoya Maruyama, Akira Nukada, Nov 16 2011
 - HPCwire Annual Award --Reader's Choice Award - Best HPC collaboration between government and industry: TSUBAME 2.0 project in collaboration with the Tokyo Institute of Technology, DataDirect Networks, Mellanox/Voltaire, NEC, NVIDIA, Intel, Microsoft, and Hewlett-Packard, Nov 16 2011
 - 電気科学技術奨励賞, 松岡聡, 「運用世界一グリーンスパコンの TSUBAME2.0 を実現した研究開発」, 2011 年 11 月 22 日
 - 情報処理学会山下記念研究賞 (2011 年度), 遠藤敏夫, 2011 年 8 月 25 日
 - Best Paper Award, the Second International Conference on Networking and Computing (ICNC), 鯉渕道紘, 2011 年 12 月 1 日

H24

- 文部科学大臣表彰・科学技術賞 開発部門「運用世界一グリーンペタスパコンの開発」, 松岡聡, 遠藤敏夫, 青木尊之, 2012 年 4 月 9 日
http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/24/04/1319413.htm
- NVIDIA CCOE Achievement Award - Tokyo Tech(Satoshi Matsuoka, Takayuki Aoki), May 17 2012
<http://blogs.nvidia.com/2012/05/first-achievement-award-bestowed-by-cuda-centers-of-excellence/>
- 第 17 回 計算工学講演会・ベストペーパーアワード, 下川辺隆史
- NVIDIA CUDA Fellow, Takayuki Aoki
- 京コンピュータシンポジウム・ポスター最優秀賞, Xian Wang
- 2012 年度コンピュータサイエンス領域奨励賞, 情報処理学会, 都築怜理, 2012 年 8 月 12 日
- 小野寺直幸, 青木尊之, 下川辺隆史, 小林宏充, HPCS2013 最優秀論文, 2013 年 1 月 16 日

②マスコミ(新聞・TV等)報道

◇ 新聞・TV 報道

【松岡G】

- TechLime. "170 Tesla S1070 1u Systems Makes Tokyo Tech TSUBAME Supercomputer". November 2008. <http://techlime.com/laptops-desktop-tablet-pc/170-tesla-s1070-1u-systems-makes-tokyo-tech-tsubame-supercomputer> Scientific Computing. "Tokyo Tech upgrades TSUBAME supercomputer", November 2008. http://www.scientific-computing.com/news/news_story.php?news_id=697
- 日経 BP ITpro. 「東工大, スパコン「TSUBAME」の性能を強化」, 2008 年 12 月. <http://itpro.nikkeibp.co.jp/article/NEWS/20081202/320590/>
- IT media. 「東工大の TSUBAME が汎用 GPU 計算アクセラレータで性能強化」, 2008 年 12 月. <http://www.itmedia.co.jp/enterprise/articles/0812/02/news118.html>
- Impress PC watch. 「東工大, 世界初の GPU 採用スパコンに進化した「TSUBAME 1.2」を解説」, 2008 年 12 月. <http://pc.watch.impress.co.jp/docs/2008/1203/nvidia.htm>
- 日本テレビ「ズームイン SUPER!!」にて TSUBAME2.0 が紹介される, 2011 年 1 月 7 日
- NHK 教育「IT ホワイトボックス:スパコンはどうして必要なの～次世代スパコンを開発せよ～」に松岡が出演, 2011 年 6 月 12 日

- 日経産業新聞, 先端技術テクノトレンド「京より100倍速い次世代スパコン」, 2012年2月24日
- 日経BP社, 日経コンピュータ No. 801「常識外れのスパコン、世界最高峰に行く」, 2012年2月2日
- HPCWire, “Number Crunching, Data Crunching and Energy Efficiency: the HPC Hat Trick”, Feb 2, 2012
- マイナビニュース, 「ビジネスでもペタ級スパコンの活用を-TSUBAME2.0 の Gordon Bell 賞受賞の意義」, 2011年11月22日
- 読売新聞, 「わかるサイエンス:スパコン「京」研究領域開拓」, 2011年11月20日
- ITmedia ニュース, 「京」の計算成果がゴードン・ベル賞に 東工大「TSUBAME2.0」も受賞, 2011年11月18日
- クラウド Watch, 「東工大・青木教授の研究グループがゴードンベル賞・特別賞を受賞」, 2011年11月18日
- asahi.com(朝日新聞社), 「日本勢「スパコンのノーベル賞」独占 京とツバメ2.0」, 2011年11月18日
- 朝日新聞, 「ニュースがわからん! 日本一のスパコン、世界一を守れる?」, 2011年11月10日
- NHK 総合テレビ「頭がしびれるテレビ:デジタルって何?」に松岡が出演, 2012年4月30日
- NHK「クローズアップ現代:超高速計算が起こす“新・産業革命”-スパコン「京」のひらく未来-」に松岡が出演, 2012年1月8日

【須田G】

- Parry Husbands, "Automatic Tuning of High-Performance Numerical Libraries: State of the Art and Open Problems," SIAM NEWS, Vol. 41, No. 5, June 2008.
ー日本の自動チューニング研究について紹介したもので、本グループからも3名(須田・片桐・黒田)の研究が紹介されている。

【青木G】

- 2012年10月11日にプレス発表:(概要) 東京都心部の気流に対して、TSUBAME2.0の4032個のGPUを用いて10km×10kmのエリアを1m格子解像度でシミュレーションすることに成功。格子ボルツマン法を用い、LESの乱流モデルには空間平均を行わないコヒーレント構造スモグリンスキー・モデルを導入した。
- 上記発表記事がインプレス PC Watch に 2012年10月11日掲載
- 上記発表記事が日経新聞 に 2012年10月16日掲載
- 上記発表記事が読売新聞 に 2012年10月28日掲載
- 上記発表記事が朝日新聞 に 2012年11月15日掲載
- 上記発表内容が TBS テレビ・報道特集「Nスタ」に 2012年11月10日掲載

◇ その他メディア

【松岡G】

- インプレス PC Watch 12月21日, 【SIGGRAPH Asia 2009レポート】 東工大, スクウェアエニックスがCUDA実装事例を紹介
http://pc.watch.impress.co.jp/docs/news/event/20091221_338290.html
- HPCwire が “People to Watch 2010” と称して今年 HPC 業界で注目すべき10人を選出、松岡聡がそのうちの一人に。
http://www.hpcwire.com/specialfeatures/people_to_watch_2010/

【青木G】

- 気象モデルのフル GPU 化に関する報道多数:

【マイコミジャーナル】 東工大, GPU スパコンを活用し次世代気象予測モデルの計算速度向上を達成 <http://journal.mycom.co.jp/news/2010/03/24/055/?rt=na>

【Nikkie・Tech ON】 次世代気象モデルのシミュレーションを複数 GPU の並列計算で高速化, 東工大 <http://techon.nikkeibp.co.jp/article/NEWS/20100324/181319/>

【IT Media】 東工大, GPGPU で次世代気象モデルの高速化に成功
<http://www.itmedia.co.jp/enterprise/articles/1003/24/news078.html>

【PC Watch】 東工大, 気象庁の次世代気象モデルのフル GPU 化に成功
http://pc.watch.impress.co.jp/docs/news/20100324_356466.html

③その他
なし

(6)成果展開事例

①実用化に向けての展開

- 我が国初のペタフロップスのスーパーコンピュータ TSUBAME2.0(NEC・HP 社が調達)の設計開発に本研究の成果が大いに寄与している。特に TSUBAME2.0 の計算ノードの設計は既存製品の流用でなく、全く新規のものであり、東工大 GSIC と複数メーカーとの共同作業で仕様を決定し、HP 社がその仕様の元で実際の開発を行った。開発された HP 社の計算ノードは GPU に特化した新型の HPC 向けサーバとして 10 月 6 日に世界発表された。また、今後最適なスケジューリング・省電力スケジューリング・最適冷却手法等に関し、共同研究を行っている
- 米 Microsoft 社の Technical Computing Institute に、東工大 GSIC が我が国唯一の拠点として採択され、Microsoft Research と “HPC-GPGPU: Large-Scale Commodity Accelerated Clusters and its Application to Advanced Structural Proteomics” において共同研究を行った。
- 米 NVIDIA 社の CUDA Center of Excellence に我が国唯一の拠点として選択され、現在 GPU の高信頼化に関して共同研究を行っている。
- 開発された GPU 向けの 3-D FFT のライブラリは多くのケースで NVIDIA 社のベンダー純正のライブラリのそれを数倍上回っており、研究室の HP からバイナリを公開準備中である。
- 東大グループが開発したプログラム「ABCLibScript」は
<http://www.abc-lib.org/online/abclibscript.htm> で公開している。

②社会還元的な展開活動

- GPU に関しては、東工大 GSIC で青木・額田が我が国初の教科書を執筆した。
- GPU に関しては、東工大 GSIC にて青木が会長となり GPU 研究会を設立し、500 名以上の会員を集めている。また、青木・丸山等が講師となって毎月講習会を行っており、毎回 100 名近い人数を、特に企業中心に集めている。
- 情報処理学会本にて 2008 年度より GPU プログラミングコンテストを松岡が委員長となって設立し、HPC, ARC 研究会や企業等の協賛を得、遠藤が幹事を行い他機関の審査員を多々ご協力いただく形で毎年開催し、多くの参加者を得ている。
- 情報処理学会「情報処理」2009 年 2 月号の特集「アクセラレータ、再び- スパコン化の切り札 -」において、松岡、青木、遠藤等が中心となり記事を執筆した。
- 情報処理学会「情報処理」2009 年 6 月号の特集「科学技術計算におけるソフトウェア自動チューニング」を片桐が特集エディタとして企画し、須田、片桐、黒田等が中心となり記事を執筆した。
- 文部科学省 科学技術政策研究所の「科学技術動向 2009 年 11 月号 レポート」で、自動チューニングが紹介された(東大グループ)。

§ 6 研究期間中の活動

年月日	名称	場所	参加人数	概要
H19.10.22	第4回 ULP 研究会	JST サイエンス プラザ	11 名	
H19.12.7	Thomas Sterling 氏 (Professor of Computer Science Louisiana State University)講演会 “Towards a Next Generation Execution Model for Exascale Computing”	東京工業大学	約 40 名	東工大 GCOE「計算世界 観」/科研特定領域「情報 爆発」/JST-CREST ULP-HPC プロジェクト、の 合同イベントとして開催。
H19.12.13	第1回 JST CREST ULP-HPC ワークショ ップ:高性能計算にお ける超消費電力化と そのモデル化	東京工業大学	49 名	グローバル COE 計算世界 観ワークショップと共同開 催
H20.01.31	2 nd International Workshop on Numerical Simulation for Disastrous Phenomena	タイ・バンコク	43 名	ULP-HPC 協賛
2008 年 10 月 1 日	iWAPT 2008 (the third international Workshop on Automatic Performance Tuning)	エポカルつくば	60 名	自動チューニング技術に 関する国際ワークショッ プ. 国内から 3 名、海外か ら 6 名の講演.
2008 年 12 月 24 日	5th GSIC International Symposium “Leading Studies on Computational Mechanics	東京工業大学	50 名	計算力学(流体力学・構造 解析等)の分野大規模か つ高度な計算を行っている 最先端の研究の講演を 通し、今後の計算力学の 方向性・課題を議論した。
2009 年 7 月 23 日	GCOE CompView/CREST ULP-HPC Joint Workshop	東京工業大学 学術国際情報 センター情報 棟・2 階会議室	40 名	東工大グローバル COE 「計算世界観 (CompView)」との合同 WS。GPU を用いた自動チ ューニング・reduction・ベ イズ統計などに関する発 表があり、他の参加者との 有益な議論が行われた。 ULP-HPC からは青木グル ープ王研究員が発表。
2009 年 10 月 1～2 日	Fourth international Workshop on Automatic Performance Tuning (iWAPT 2009)	東京大学 小柴ホール	38 名	自動チューニング研究の 国際的な推進・連携のた めのワークショップ。招待 講演 2 件 (John Shalf, Adrian Tate)、一般講演 7 件、ポスター4 件。

2009 年 11 月 14～ 20 日	ACM/IEEE Super Computing 2009	Portland, OR USA “Oregon Convention Center”	当チームからの 参加者は 25 名 (展示ブース総 数は 318、会議 出席者数だけ でも 71 カ国か ら 10100 人)	当該学会において ULP-HPC チームとしてブ ース出展し、研究内容・成 果の広報等を行った。大 変多くの来訪者があり、大 変有意義なアウトリーチ活 動となった。
2009 年 12 月 4 日	GCOE CompView/CREST ULP-HPC 共催ワーク ショップ「GPU 計算： 省エネルギー計算へ 向けてのアルゴリズム 論と実装」	東京工業大学 大岡山キャン パス、百年記 念館 フェライ ト会議室	50 名	東工大グローバル COE 「計算世界観 (CompView)」との合同 WS。ULP-HPC からは須 田 G: 富山・Rocki、青木 G: 青木、松岡 G: 額田・長 坂、本多 G: 平澤の発表が あり、他の参加者との有益 な議論が行われた。
2010 年 4 月 2 日	Workshop on Advanced Auto-tuning on Numerical Software (AANS2010)	東京大学情報 基盤センター4 階遠隔講義室	19 名	自動チューニングによる数 値ソフトウェアについて、 国内外の最先端の研究者 を招待し、講演をしてもら った。
2010 年 6 月 22 日	Fourth international Workshop on Automatic Tuning (iWAPT 2010)	UC Berkeley - CITRIS Sutardja Dai Hall Berkeley, CA 94720, USA	約 40 名	自動チューニングに関す る国際ワークショップとして 論文を募集。2 件の招待講 演と 10 件の一般公演を行 った。VECPAR'10 併設ワ ークショップとして、米国 Berkeley で行った。
2010 年 11 月 13～ 19 日	ACM/IEEE Super Computing 2010	New Orleans, LA USA “Ernest N. Morial Convention Center”	当チームからの 参加者は約 30 名(展示ブース 総数は 300 以 上、会議出席 者数だけでも 約 70 カ国から 1 万人以上)	当該学会において東工大 ブースにて ULP-HPC 研 究内容・成果の広報等を行 った。大変多くの来訪者 があり、大変有意義なアウ トリーチ活動となった。
2011 年 6 月 1 日	iWAPT 2011	Nanyang Technological University (シ ンガポール)	30 人	国際ワークショップ主催 (ICCS 併設)
2011 年 11 月 12～ 18 日	ACM/IEEE Super Computing 2011	Seattle, WA USA “Washington State Convention Center”	当チームからの 参加者は約 30 名(展示ブース 総数は 300 以 上、会議出席 者数だけでも 約 70 カ国から 1 万人以上)	当該学会において東工大 ブースにて ULP-HPC 研 究内容・成果の広報等を行 った。大変多くの来訪者 があり、大変有意義なアウ トリーチ活動となった。
2012 年	The seventh	理研 AICS(神	約 60 名	自動チューニングに関す

6 月 17 日	international Workshop on Automatic Performance Tuning (iWAPT 2012)	戸市)		る国際ワークショップ
2012 年 11 月 10～ 16 日	ACM/IEEE Super Computing 2012	Salt Lake, UT USA “Salt Palace Convention Center”	当チームからの参加者は約 30 名(展示ブース総数は 300 以上、会議出席者数だけでも約 70 カ国から 1 万人以上)	当該学会・東工大ブースにて ULP-HPC 研究内容・最終年度までの成果総括のアウトリーチ等。

§ 7 結び

本 ULP-HPC は基本的にシステム、特にシステムソフトウェアの省電力の研究である。デバイスでは全く新しいものを開発することにより、いわゆる革新的なブレークスルーで大幅な電力削減を達成することも珍しくない。しかしながら、システム研究で本質的にそれは難しい；従来の研究では、システムの省電力はせいぜい数割、というのが相場であり、本研究が技術目標として掲げた「10 年でスパコンの電力性能効率を 1000 倍、Moore の法則を加味しても 10 倍以上のシステム側の効率向上、というのは相当難しいターゲットであった。

確かにスーパーコンピュータは 10 年で 1000 倍程度の速度向上は達成されていたが、それは従来の半導体技術の進歩が電力効率向上に有利だったこと、および逐次→ベクトル並列→超並列による効率化が果たされ、更になによりも実際は速度向上とともにマシンのサイズおよび電力消費が大幅に増加してきたからである。電力を一定にしての 1000 倍の速度向上が達成されたわけではない。実際、研究開始後の 2009 年のインテルのレポートによれば、この数年ではスパコンクラスからクラウドに至るまで、実際の速度向上は 2 年で 2 倍、つまり高々 10 年で 30 倍程度に留まっており、超並列やデバイスの糊代を使い果たした現状においては、目標達成は困難を極めると考えるのが通常であった。

しかしながら、その困難を打開し、今回外挿値ながら 1200 倍の電力性能比向上が達成できたのは、元々の HPC における積極的な新デバイス・新アーキテクチャの採用とそれを有効活用するシステムソフトウェアおよびアプリケーションの様々な要素技術の研究開発、並びに性能のモデル化およびそれによる自動最適化のための種々の方策の研究開発、という全体の Co-Design 的なスキーマが功を奏したものと思われる。これにより、従来の下位のデバイスやアーキテクチャの限界にとらわれず、逆に新デバイス・アーキテクチャのもたらす大幅な電力効率の向上を用いることが可能となった。実際、GPU や SSD、更には低電力光ネットワークなど、多くの新しいデバイス・アーキテクチャをスパコンで利用可能であることに関して世界的なリーダーシップを果たしたと言えよう。

もう一つの成功要因は、代表者の松岡を含む多くのメンバーが東工大 GSIC や東大情報基盤センターなど、実際のスパコンセンター所属であることを生かし、研究費より桁違いの経費が必要な TSUBAME2.0 や東大 T2K/Oakleaf およびそのユーザベースを、相互レバレッジ的に積極的に活用できたことによることが大きい。従来のプロジェクトがとすると中に閉じてしまい、相互連携はせいぜい企業による製品化に向けた実験的な開発しかないのとは異なり、ULPHPC で開発された技術は TSUBAME2.0、2.5、そして 3.0 に生かされ、逆に TSUBAME2.0 が ULPHPC の研究開発の実験インフラとなる。これにより ACM Gordon Bell 賞を含む、新聞の一面に載るような世界的な成果が、高々 2.7 億の研究予算にも拘わらず多く達成できた。このような大規模共有インフラとの相互レバレッジにおいて研究を世界でも有数なものにできたのは、他の科学技術分野では行われてきたものの、情報学においては極めて珍しく、ある意味でわが国の分野初といえ、今後予算状況が厳しいなかで、情報系における研究のあり方として範を示せたと言えよう。

これらの相乗効果的な成果は、我々の期待を超えてはるかに多くのインパクトをもたらした。これ

は単に言葉でそう表しているのではなく、スパコン分野では最高峰の賞である ACM Gordon Bell 賞(写真①)や、文部科学大臣表彰、など、内外の数多くの、しかも権威のある賞の獲得や、参加メンバーの数々の論文のみならず、異様とも思える数の招待講演や報道にも表れている。これはさらに、単にスパコン分野だけでなく、広く IT 分野における低消費電力化にも貢献したという広い認知によるものであろう。しかもシステム研究がそれを達成した、ということに意義があると感じるものである。

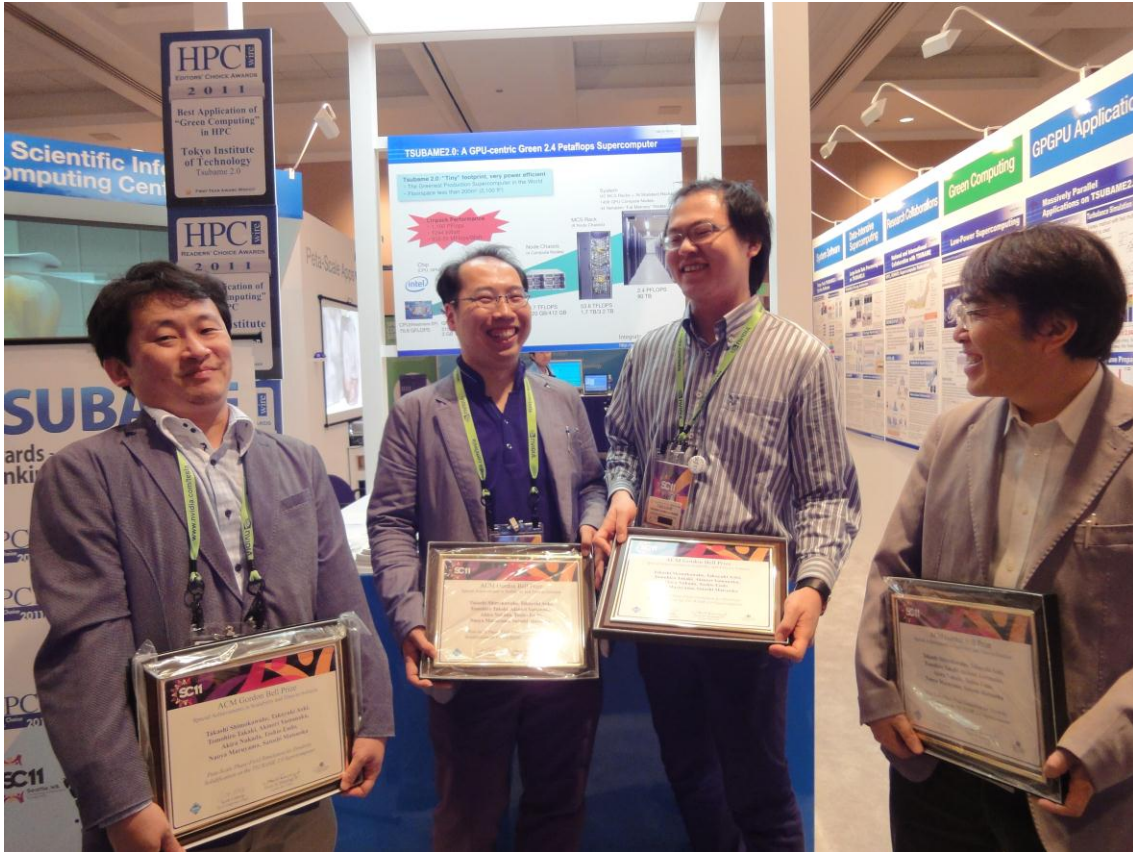
ULPHPC はプロジェクトとして終了するが、もちろんこれでスパコンにおける省電力化と性能向上、さらには次々世代のいわゆるエクサフロップススパコン、更にはクラウド全般の IDC 環境の革新的な効率化の研究が終わったわけではない。我々は研究領域の多岐にわたって多くの最先端の省電力のシステム要素技術を開発したが、システム全体としての統合は理論的な礎は完成したものの、運用システムとしての統合は未だ部分的であり、その一部のみが TSUBAME2.0 などで運用されているのが現状である。本格的な統合は、本 GSIC センターの概算要求による「グリーンスパコン」や、電通大の近藤正章氏のポストペタ CREST「ポストペタシステムのための電力マネージメントフレームワークの開発」など、他の研究プロジェクトに引き継がれる。あるいは、本 ULPHPC-CREST から派生したいくつかの CREST や基盤 S プロジェクトなどもある。そのような意味で、ULPHPC は多くの成果を達成したが、それより多くさらに多くのテーマを生んだともいえる。

これら TSUBAME との相互レバレッジ、更には他の後継や派生プロジェクトの多さからして重要なことは、予算配布機関が下手にデマケにこだわっては研究や分野全体が伸びないことをも意味する。それらは単に孤立しインパクトが少ない研究を生むだけだ。インターネットがもたらした広域知の時代においては、今後は相乗効果がキーワードであろう。1+1=2 でなく、3 や 4 になる、そのような研究が採用されていくことが肝要である。

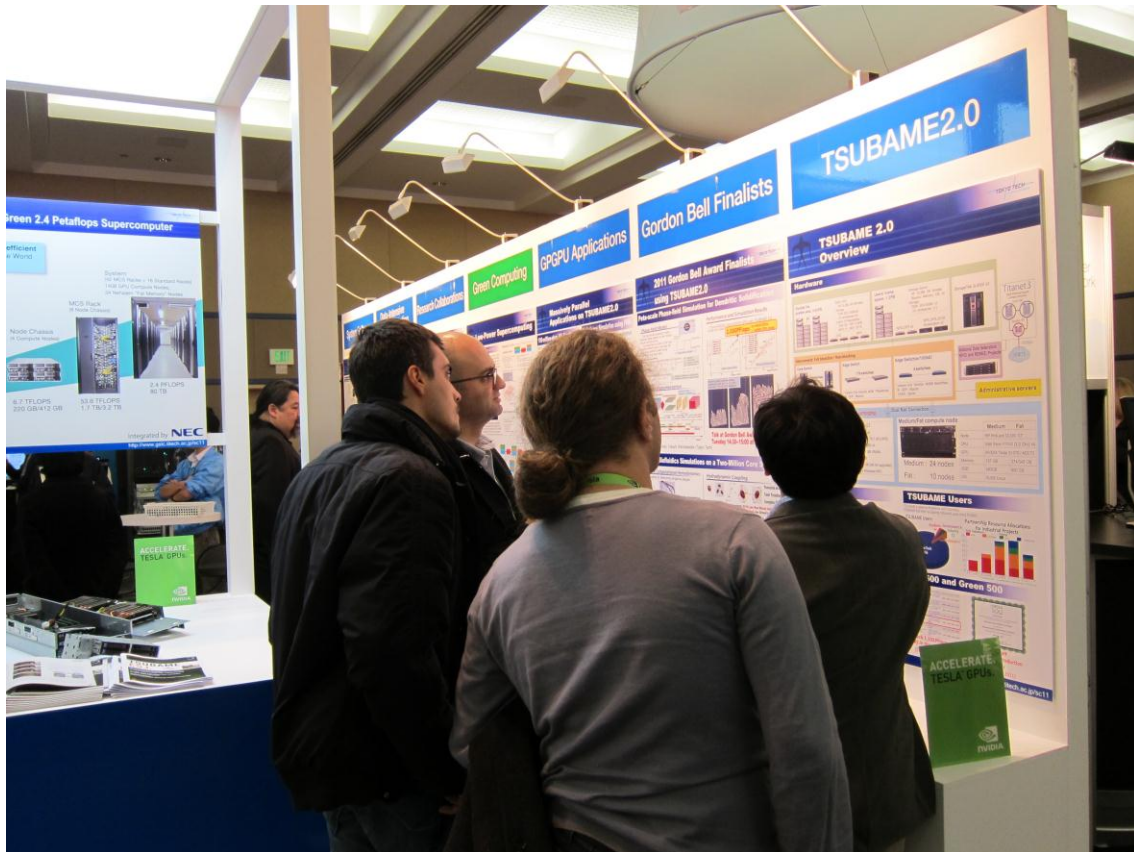
最後に、本プロジェクトは多くの若手人材を育てたと言えよう。5 年間の間、学生から研究員から教員になったり、あるいはその中で昇進したり、若手賞を獲得したり、との例は枚挙いとまない。また、本プロジェクトでは、ACM/IEEE Supercomputing における Exhibition booth(写真②③)やワークショップを含み、多くの場面において積極的に国際的なアウトリーチ活動を行ってきたが、それに必要な資金を JST にお認めいただいたのは大変ありがたく好ましい結果を生んだ。また、それらをサポートしていただいたスタッフや協力会社の方々にも改めて御礼を申し上げたい次第である。

今後エクサフロップスや大規模クラウドに向けて、大規模システムの省電力化の研究はますます盛んになろう。ULPHPC が完成した研究でなく、その途中の重要な基礎的な礎として今後広く世間に認知いただければ大変幸いである。

写真①



写真②



写真③



写真④研究成果公開シンポジウム(品川コクヨホールにて)

