

III-6. 高性能計算システム研究部門

1. メンバー

教授 佐藤 三久, 朴 泰祐, 児玉 祐悦

准教授 建部 修見, 高橋 大介, 埴 敏博

助教 多田野 寛人

2. 概要

本研究グループは、高性能計算システムアーキテクチャ、並列プログラミング環境、GPU 利用技術、並列数値処理の高速化研究、広域分散環境におけるデータ共有を中心とするグリッド計算技術等の研究を行っている。

3. 研究成果

【次世代並列処理言語 XcalableMP の研究開発】(佐藤)

E-Science プロジェクト「並列プログラミング言語に関する研究開発」において、分散メモリ構成を基本とする大規模並列処理システムにおける並列 HPC アプリケーションのため、並列プログラミング言語 XcalableMP (XMP) の開発を行った。プロジェクト最終年度として、C 及び Fortran の ver1.0 仕様の確定とアナウンス、C 言語コンパイラの実装を主に行った。言語仕様においては、特に従来の分散メモリ型並列システムを対象にした基本数値計算ライブラリである SCALapack や MPI-IO のような、基本ライブラリの XMP への移植をスムーズに行えるよう配慮した。また、SC10 に引き続き、国際会議 SC11 における HPC Challenge Class2 において Honorable Mention を受賞した。

XMP version 1.0 の仕様及びプロトタイプコンパイラについては、それぞれ以下の URL において公開されている。

XMP version 1.0 仕様 : <http://www.xcalablemp.org/spec/xmp-spec-1.0.pdf>

C 言語プロトタイプコンパイラ : <http://www.xcalablemp.org/download.html>

【HA-PACS/TCA の研究開発】(朴, 児玉, 埴)

文部科学省特別経費「エクサスケール計算技術開拓による先端学際計算科学教育研究拠点の充実」(H23~H25 年度の 3 年間)において、密結合演算加速装置(Tightly Coupled Accelerators: TCA)を提案し、FPGA に基づくハードウェアプロトタイプの実装を行った。汎用 I/O バスである PCI Express(PCIe)を組み込み用途等だけでなく、アクセラレータ間/CPU とアクセラレータ間/アクセラレータ同士等の様々な結合に用いることを提案し、実証実験によりこれを

検証する。今年度は HA-PACS のベースクラスタの構築と試験運用と並行し、FPGA プロトタイプによる PCIe 通信の評価と FPGA による GPU 通信支援の検討を行い、標準的な PC サーバに実装可能な TCA ボードを実装した。

これまでに JST-CREST「実用化を目指した組込みシステム用ディペンダブル・オペレーティングシステム」研究領域「省電力でディペンダブルな組込み並列システム向け 計算プラットフォーム」研究課題において開発した、PEACH チップで得られた知見を活かして、TCA に用いるルータチップ PEACH2 チップについて検討した。PEACH2 を開発するに当たって、(1) PCIe Gen2 x8 を 4 ポート備えること、(2)ハードワイヤード制御によりレイテンシを削減すること、(3)DMA コントローラを高機能化して高い転送性能を実現すること、を目標とした。開発のベースとして、PCIe Gen2 x8 4 ポートのハード IP を内蔵した FPGA チップ(Altera 社 Stratix IV GX)を採用した。



PEACH2 ボード step1 実装

今年度の開発では、Step 1 としてターゲットとなる FPGA が搭載された市販評価ボードに、PCIe ケーブルを接続するための拡張ボードを作成し、FPGA を用いた PCIe 通信機構の実証実験を行い、2 枚のボード間を PCIe ケーブルで接続して Gen2 x8 にてリンクアップすることを確認した。さらに、ホストと FPGA 間で DMA の性能を測定し、3GB/s 以上の性能を得た。続いて、Step2 として、実システムを想定したプロトタイプボードを設計・実装した。このボードには、ホストとの接続用に PCIe Gen2 x8 エッジ、他ノードとの接続用に x8 ケーブルポート 2 個、サブボード上に x16 ポート 1 個が実装され、DDR3 メモリやデバッグ用の周辺回路が実装されている。同時に、FPGA の論理設計を行い、4 ポート間でのルーティング機構を実装した。論理設計シミュレーションにより、1 パケットが CPU から PEACH2 を経由して隣接 PEACH2 に届くまでに 430ns 程度の遅延であることが分かった。

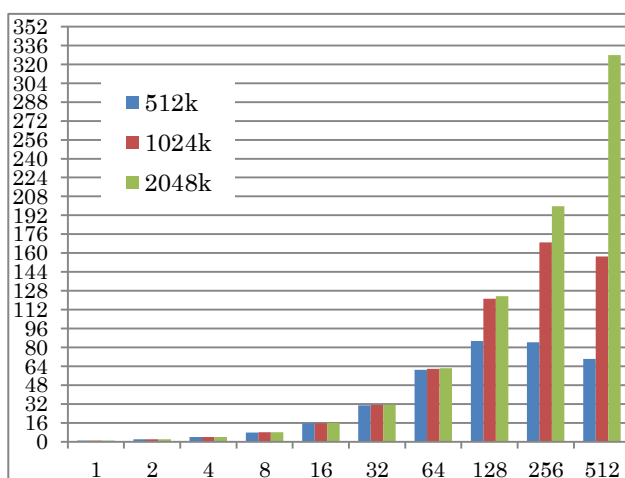


PEACH2 step2 ボード実装

【超並列 GPU コンピューティング技術に関する研究】(佐藤, 朴)

戦略的国際科学技術協力推進事業（日仏共同研究）「ポストペタスケールコンピューティングのためのフレームワークとプログラミング」において、超並列 GPU クラスタにおける並列プログラミング環境に関する研究を行っている。XMP 言語のアクセラレータ拡張版である XMP-dev のプロトタイプ実装を行い、小規模 GPU クラスタでの性能評価を経て、HA-PACS ベースクラスタにも実装、128 ノード 512GPU までのスケーラビリティを確認した。

また、フランス INRIA との共同研究において、INRIA において開発中の CPU/GPU 協調動作による負荷分散システムである StarPU を XMP-dev コンパイラに連携させ、



XMP-dev によって記述された並列プログラムを、動的負荷分散処理によって各ノードの CPU と GPU を全て計算リソースとして利用し、ハードウェアの利用率を最大化するハイブリッド協調プログラミングシステム XMP-dev/StarPU のプロトタイプ開発を行った。

XMP-dev における N 体問題プログラムの
HA-PACS における並列 GPU 実行評価

【ディペンダブルシステムのためのテストツール】（佐藤， 埴）

(1) クラウドを用いたディペンダブルな並列分散システムのためのテスト支援環境 D-Cloud

これまで、JST-CREST「実用化を目指した組込みシステム用ディペンダブル・オペレーティングシステム」研究領域において、我々は並列分散テスト環境 D-Cloud を開発してきた。高い信頼性確保のためには異なる入力による網羅的なテスト実行やハードウェア故障に対する耐故障性のテストなど様々なテストが必要で、それらを実行するには非常に時間と手間がかかる。D-Cloud ではフォルトインジェクション可能な仮想マシンを用いて仮想デバイスレベルでの故障についてのテストが可能であるだけでなく、仮想マシンをクラウドとして管理することにより、多くの計算資源を柔軟に利用することができ、多くのケースについてのテスト作業を自動化することができる環境を提供する。同時に、東大石川チームと共同で、各種の定量的なディペンダビリティ指標のシステムマティックな計測を支援することを目的に、ディペンダビリティ計測ツール DS-Bench を開発してきた。ハードウェア異常、ソフトウェアバグ、過負荷、人的ミスといった様々な異常を系統立てて扱うことによって、大規模なシステムテストを実現し、多くのテストパターンを用いた複雑なテストを加速することが求められる。

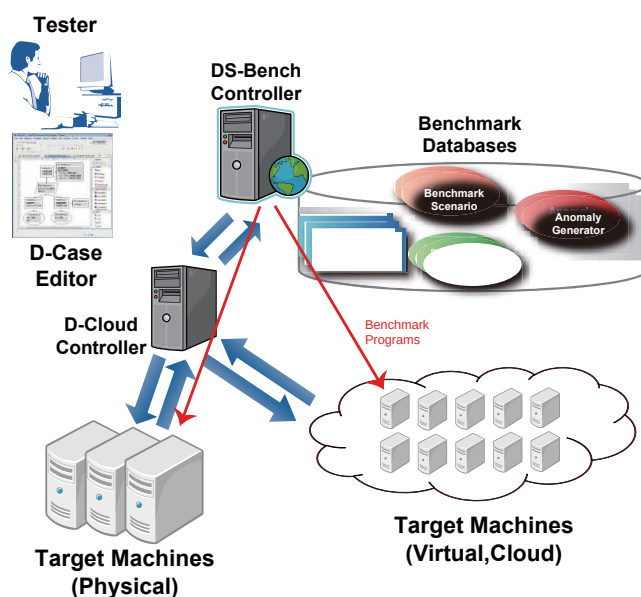
今年度は、我々の開発した D-Cloud を、DS-Bench のシステムテスト環境として統合を行っ

た．仮想マシン管理に使用するクラウド管理ソフトウェアを業界標準の OpenStack をベースに変更した．さらに，仮想マシンに加えて物理マシンの管理機能を追加した．また，DS-Bench から与えられるシナリオに基づいてマシン群やフォルトインジェクションなどの制御をするよう変更を加えた．これにより，物理マシン，仮想マシンを自由に組み合わせて自在なベンチマークテストが可能になった．

(2) SpecC によるデバイスモデルを用いたシミュレータと仮想マシンの統合

フォルトインジェクション機能を持つ仮想マシン FaultVM として、QEMU をベースにメモリ、ハードディスク、ネットワーク等のインジェクション機能を実装してきた。これまで用いてきた仮想マシン QEMU を拡張して、独自デバイスを持つ組込みシステム全体をシミュレーションし、フォルトインジェクション機能を組込む方法について検討し、SpecC システム記述言語で記述されたデバイスモデルを利用してソフトウェアまで含めたシミュレーションを可能にする FaultVM-SpecC の開発を行ってきた。

今年度は、XML 記述によるシミュレータ生成の自動化を検討し、実装を行った。XML によりコンフィグレーションファイルを記述し、Perl によるコンバータで自動的に FaultVM のためのグルー・コードを生成することにより、既存の FaultVM と SpecC シミュレータとを容易に結合できるようになった。



DS-Bench 統合後のイメージ

【大規模広域分散ファイルシステム及びグリッド／クラウド技術に関する研究】（建部）

オープンソースで研究開発を進めている Gfarm ファイルシステムの大規模広域環境における性能評価を行った．MDS の冗長化による Gfarm ファイルシステムの信頼性向上，MapReduce 処理系における応用，ワークフローエンジンの実装と性能評価等を行った．また，QCD データベースである JLDG プロジェクトにおける運用に続き，H24 年度から開始される

HPCI の東西両拠点での広域分散ファイルサービスに Gfarm が利用されるため、その予備実装と評価を行った。

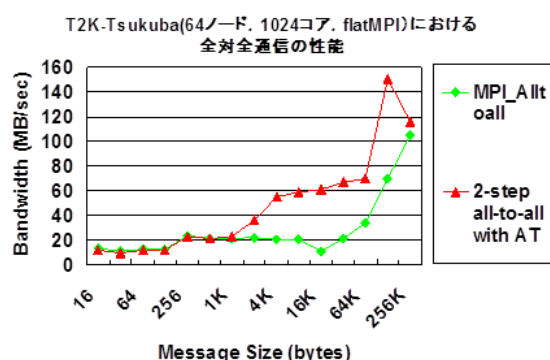
【高性能並列数値計算に関する研究】

(1) 並列高速フーリエ変換 (FFT) の自動チューニング手法に関する研究 (高橋)

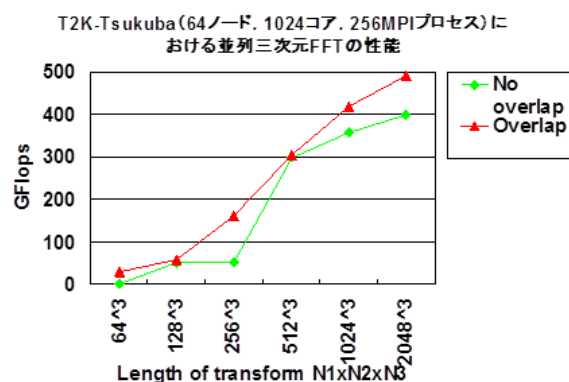
科学技術計算で広く用いられている並列高速フーリエ変換 (FFT) の性能を改善するために、高速化手法に関する研究を行った。並列 FFT において実行時間の多くを占める全対全通信に着目し、MPI のコミュニケータを二次元方向に分割して全対全通信を行う 2-step all-to-all アルゴリズムを提案すると共に、各次元方向のコミュニケータのサイズを自動チューニングすることで、全対全通信の性能が改善されることが分かった。

また、並列三次元 FFT において、二次元分割により通信時間を削減すると共に、演算と通信をオーバーラップさせることで、従来の実装に比べてさらに性能を改善し、次世代ナノ統合アプリケーションである「3D-RISM」に応用した。

さらに、並列一次元 FFT において、データサイズが $N=2^{40}$ を超える場合に有効な再帰 six-step FFT を提案すると共に、「京」コンピュータ向けの最適化を行った。提案した再帰 six-step FFT に基づく並列一次元 FFT プログラムを「京」コンピュータの 18,432 ノードで実行した結果、HPC チャレンジベンチマークの 2011 年「HPC チャレンジ賞」の「G-FFT」部門において、34.7 TFlops の性能を達成し、Class 1 Award において第 1 位の獲得に貢献した (理化学研究所との共同研究)。



T2K-Tsukuba における全対全通信の性能

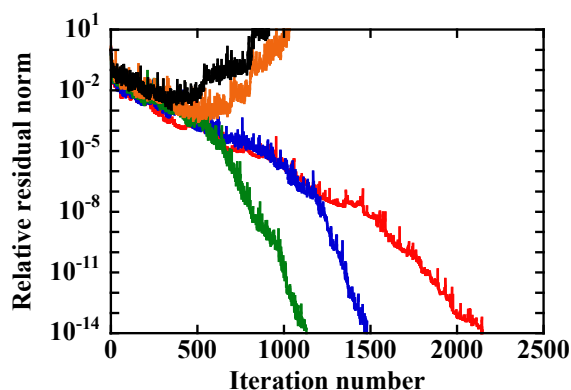


T2K-Tsukuba における並列三次元 FFT の性能

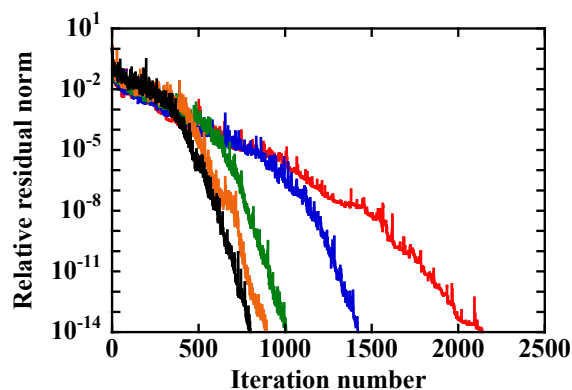
(2) Block Krylov 部分空間反復法に関する研究 (多田野)

複数本の右辺ベクトルをもつ連立一次方程式を高速・高精度で解くための Block Krylov 部分空間反復法の研究を行った。従来法である Block BiCGGR 法では、反復過程で発生する数値的不安定性が欠点となっていた。数値的不安定性の解析を行い、残差行列の直交化により不安定性を解消する Block BiCGGRRO 法を開発した。格子 QCD 計算で現れる連立一次方程

式（行列サイズ：1,572,864）に対して Block BiCGGR 法を適用すると、右辺ベクトル数 L が 8, 12 の場合は数値的不安定性の影響で残差が発散したが、Block BiCGGRRO 法では全ての L について残差が収束条件を満足した。また、Block BiCGGRRO 法によって高精度近似解を生成できることが確認された。



(a) Block BiCGGR 法.



(b) Block BiCGGRRO 法.

右辺ベクトル数 L の変化に対する相対残差の変化. 但し, ■ : $L=1$, ■ : $L=2$, ■ : $L=4$, ■ : $L=8$, ■ : $L=12$.

【エネルギー利用最適化に関する研究】(佐藤, 児玉)

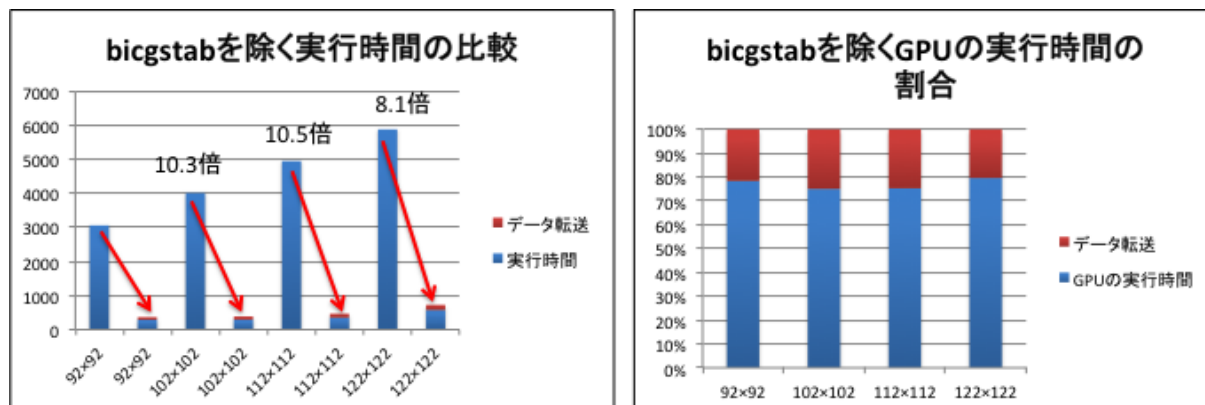
NEDO グリーン IT プロジェクト「エネルギー利用最適化データセンタ基盤技術の研究開発／データセンタのモデル設計と総合評価」（平成 20 年度から平成 24 年度）において、サーバシステムの評価指標に関する研究を行っている。本年度は、ソフトウェアにより省エネ運用を行った場合のユーザへの影響評価を重点的に行った。エネルギー消費量を削減するために、サーバシステムの変更可能なパラメータを制御して運用する場合、消費電力量を下げることができるがサーバの性能も低下してしまう場合がある。このような省エネ運用の際の効果と影響について、ユーザと事業者との間の契約事項をここでは Green SLA と呼ぶ。Green SLA を策定するためには、省エネ運用で選択可能なシステムパラメータに対して、その消費電力量の削減量と性能への影響を定量的に把握しておくことが必要となる。しかし、このシステムパラメータは多岐にわたるため、それらをリストアップするとともに、できるだけ単一の指標で評価できるように電力あたりの性能（Performance Per Watt、PPW）の観点から評価結果をまとめた。

【LES 気象コードの並列 GPU 化に関する研究】(朴, 塙)

計算科学研究センター地球環境研究部門の日下准教授らのチームとの共同研究により都市規模の気象に関する Large Eddy Simulation (LES) コードの並列 GPU 化を進めた。同研究部門では地域レベルの気象シミュレーションとして、都市モデルを対象とした LES 計算の研究を

進めており、これまでは T2K-Tsukuba 等の並列処理システムにおける MPI 並列プログラムを開発してきた。今年度より、同部門のチームと共同で、HA-PACS に代表される GPU クラスタ向けにコードを開発し、大規模 GPU クラスタにおける LES 計算を行い、都市モデルの正確な気象シミュレーションの実現を目指す。

今年度の研究では、対象コードの力学系シミュレーションの基本部分を全て GPU 化し、高速化を行った。コード内の分割された関数群の間でデータのやり取りが行われるが、これを直接 GPU 関数にマップすると大量のデータ入出力が発生し、高速化の妨げとなる。これを防ぐため、基本的な全データを GPU 内に留め、細かい関数群をまとめた粒度の粗い GPU カーネル関数として実装し直すことにより、オーバーヘッドの小さな並列 GPU コードにまとめた。また、力学系におけるステンスル計算の並列化における境界データのノード間交換のオーバーヘッドを最小化するため、GPU による計算と境界部分の MPI 通信をオーバーラップさせ、効率化を図った。これらの結果、時間発展ループに関し、BiCGStab 処理を除く全ての処理を GPU 化することに成功し、最大で 10.5 倍の速度向上を図ることができた。



LES 気象コードの問題サイズと GPU 化による速度向上 (左: BiCGSTAB ルーチン以外の実行時間の比較, 右: GPU 実行における CPU/GPU 間データ転送オーバーヘッド)

3. 研究業績

(1) 研究論文

1. 多田野寛人, 櫻井鉄也. 複数右辺ベクトルをもつ連立一次方程式の数値解法. 応用数理, Vol. 21, No. 4, pp. 36—48, 2011.
2. Y. Nakamura, K.-I. Ishikawa, Y. Kuramashi, T. Sakurai, and H. Tadano. Modified Block BiCGSTAB for Lattice QCD. Comput. Phys. Comm., Vol. 183, pp. 34—37, 2012.
3. 木村浩希, 建部修見, MPI-IO/Gfarm: 分散ファイルシステムGfarmのためのMPI-IOの実装と評価, 情報処理学会論文誌, No.52, Vol.12, pp.3239-3250, 2011.

4. 大辻弘貴, 建部修見, アクセスパターンと回線遅延を考慮した遠隔ファイルアクセスの最適化, 論文誌コンピューティングシステム(ACS), 情報処理学会, No.4, Vol.4, pp.122-134, 2011.
5. Mark G. Beckett, Paul Coddington, Bálint Joó, Chris M. Maynard, Dirk Pleiter, Osamu Tatebe, Tomoteru Yoshie, Building the International Lattice Data Grid, Computer Physics Communications, Elsevier, Vol.182, Issue 6, pp.1208-1214, doi: 10.1016/j.cpc.2011.01.027, 2011
6. Yuetsu Kodama, Satoshi Itoh, Toshiyuki Shimizu, Satoshi Sekiguchi, Hiroshi Nakamura and Naohiko Mori, "Imbalance of CPU temperatures in a blade system and its impact for power consumption of fans", CLUSTER COMPUTING, Springer, DOI: 10.1007/s10586-011-0174-7, published online, 2011.9.5.

(2)学会発表

(A)招待講演

1. M. Sato, "The K Computer Project and Research on Parallel Programming Languages", PGAS2011 (Fifth Conference on Partitioned Global Address Space Programming Models), 2011.
2. T. Boku, "Accelerated Computing: Promised Way for Power-Aware High Performance Computing", Dasan Conference, Jeju Island, 2011.
3. T. Boku, "The K Computer and Japan's HPC Activity", Korea Supercomputing Conference, Seoul, 2011.
4. 多田野寛人, “超大規模並列環境における大規模疎行列に対する固有値解法と線形計算技術の開発”, HPCS2012 (2012 年ハイパフォーマンスコМПьюティングと性能評価に関するシンポジウム)
5. 朴泰祐, “超並列演算加速クラスター HA-PACS が拓く計算科学”, つくば WAN シンポジウム 2011, 2011.

(B)その他の学会発表

1. T. Hanawa, T. Boku, S. Miura, M. Sato, K. Arimoto, "PEARL and PEACH: A Novel PCI Express Direct Link and Its Implementation," HPPAC 2011.
2. S. Otani, H. Kondo, K. Arimoto, T. Hanawa, S. Miura, H. Kaneko, T. Boku, M. Sato, "PEACH: a Multicore Communication SoC with PCI Express", ASPLOS2012 (Poster, to be published)
3. T. Hanawa, T. Boku, S. Miura, M. Sato, K. Arimoto, "PEACH: A Communication SoC for PCI Express Direct Link," COOL Chips XIV (Poster, Best Feature Award)
4. Takatoshi Nakayama and Daisuke Takahashi: Implementation of Multiple-Precision

- Floating-Point Arithmetic Library for GPU Computing, Proc. 23rd IASTED International Conference on Parallel and Distributed Computing and Systems (PDCS 2011), pp. 343-349 (2011).
5. Yuji Kubota and Daisuke Takahashi: Optimization of Sparse Matrix-Vector Multiplication by Auto Selecting Storage Schemes on GPU, Proc. 11th International Conference on Computational Science and Its Applications (ICCSA 2011), Part II, Lecture Notes in Computer Science, No. 6783, pp. 547-561, Springer-Verlag (2011).
 6. Yukihiro Hasegawa, Jun-Ichi Iwata, Miwako Tsuji, Daisuke Takahashi, Atsushi Oshiyama, Kazuo Minami, Taisuke Boku, Fumiyoshi Shoji, Atsuya Uno, Motoyoshi Kurokawa, Hikaru Inoue, Ikuo Miyoshi and Mitsuo Yokokawa: First-principles calculations of electron states of a silicon nanowire with 100,000 atoms on the K computer, Proc. 2011 ACM/IEEE Conference on High Performance Computing Networking, Storage and Analysis (SC'11) (2011).
 7. S. Mikami, K. Ohta, O. Tatebe, Using the Gfarm File System as a POSIX compatible storage platform for Hadoop MapReduce applications, Proceedings of 12th IEEE/ACM International Conference on Grid Computing (Grid), 2011
 8. K. Kobayashi, S. Mikami, H. Kimura, O. Tatebe, The Gfarm File System on Compute Clouds, Proceedings of 1st International Workshop on Data Intensive Computing in the Clouds (DataCloud), 2011
 9. H. Kimura, O. Tatebe, MPI-IO/Gfarm: An Optimized Implementation of MPI-IO for the Gfarm File System, IEEE/ACM International Symposium on Cluster, Cloud and Grid Computing (CCGrid), Poster presentation, 2011
 10. 大辻弘貴, 建部修見, アクセスパターンと回線遅延を考慮した遠隔ファイルアクセスの最適化, SACSIS2011 論文集, pp. 11-19, 2011
 11. 三上俊輔, 太田一樹, 建部修見, POSIX 準拠の広域分散ファイルシステム Gfarm 上での Hadoop MapReduce アプリケーション, SACSIS2011 論文集, pp. 181-188, 2011
 12. J. Tucc, O. Tatebe, The Gfarm-iPhone Bridge: Seamless, Proceedings of SACSIS 2011, poster, pp. 248-249, 2011.
 13. 佐藤佳州, 高橋大介: 特徴の生成を組み合わせた機械学習, 第 16 回ゲームプログラミングワークショップ, pp. 135-142 (2011).
 14. 中山空星, 高橋大介: GPU 上における多倍長精度浮動小数点演算の実装, 情報処理学会研究報告, 2011-ARC-197, 2011-HPC-132, No. 25 (2011).
 15. 椋木大地, 高橋大介: GPU による 3 倍精度浮動小数点演算の検討, 情報処理学会研究報告, 2011-ARC-197, 2011-HPC-132, No. 23 (2011).

16. 朴泰祐, 佐藤三久, 塙敏博, 児玉祐悦, 高橋大介, 建部修見, 多田野寛人, 藏増嘉伸, 吉川耕司, 庄司光男: 演算加速装置に基づく超並列クラスタ HA-PACS による大規模計算科学, 情報処理学会研究報告, 2011-HPC-130, No. 21 (2011).
17. 斎藤華, 朴泰祐, 金谷和至, 塙敏博, 佐藤三久, “スクリプト言語 Xcrypt による格子 QCD シミュレーションのパラメータサーチ自動化”, HPCS2012.
18. 二星義裕, 朴泰祐, 池田亮作, 日下博幸, “高解像度 LES 計算の GPU による計算加速”, HPCS2012 (Poster).
19. 二星義裕, 池田亮作, 朴泰祐, 日下博幸, “高解像度 LES 気象モデル計算の GPU 化”, 2011-HPC-131.
20. 金子紘也, 塙敏博, 三浦信一, 朴泰祐, 佐藤三久, “PCI Express を用いた通信リンク PEARL におけるネットワーク管理機構”, 2011-ARC-196.
21. 朴泰祐, 佐藤三久, 塙敏博, 児玉祐悦, 高橋大介, 建部修見, 多田野寛人, 藏増嘉伸, 吉川耕司, 庄司光男, “演算加速装置に基づく超並列クラスタ HA-PACS による大規模計算科学”, 2011-HPC-130.
22. 中尾昌広, 李珍泌, 朴泰祐, 佐藤三久, “PGAS 言語 XcalableMP と Unified Parallel C の性能比較”, 2011-HPC-130.
23. Tran Minh Tuan, 李珍泌, 小田嶋哲哉, 朴泰祐, 佐藤三久, “PGAS 言語 XcalableMP の multi-node GPU 向け拡張仕様の実装と評価”, 2011-HPC-130.
24. 斎藤華, 朴泰祐, 金谷和至, 塙敏博, 佐藤三久, “スクリプト言語 Xcrypt による格子 QCD シミュレーションの最適化”, 2011-HPC-130.
25. 小田嶋哲哉, チェントウァンミン, 李珍泌, 朴泰祐, 佐藤三久, “並列言語 XcalableMP の GPU 向け拡張”, 2011-HPC-129.
26. 多田野寛人, “高精度近似解を生成する Block Krylov 部分空間反復法とその安定化”, 第 1 回計算力学シンポジウム, 日本学術会議, 2011 年 11 月.
27. S. Mikami, K. Ohta, O. Tatebe, Hadoop MapReduce on the Gfarm file system, Korea-Japan e-Science and Cloud Symposium, 2011
28. M. Tanaka, O. Tatebe, Challenge of Pwrake, a workflow system for post-petascale data-intensive sciences, PRAGMA 21 Workshop, poster, 2011
29. 大辻弘貴, 建部修見, Non-blocking RPC を用いた遠隔ファイルアクセスの実装と性能評価, 情報処理学会研究報告, 2011-HPC-132(16), 5 pages
30. 實本英之, 建部修見, 佐藤仁, 石川裕, 広域分散環境を提供する HPCI システムソフトウェア基盤の設計概要と共有ストレージ構築, 情報処理学会研究報告, 2011-HPC-130(67), 6 pages
31. 田中昌宏, 建部修見, ワークフロー実行中のデータ移動を最小化するタスク配置方式, 情

報処理学会研究報告, 2011-HPC-130(61), 8 pages

32. 平賀弘平, 建部修見, 分散ファイルシステムにおけるメタデータサーバの冗長化手法の検討, 情報処理学会研究報告, 2011-HPC-130(37), 7 pages
33. 石津晴崇, 永岡孝, 大西健司, 高杉英利, 建部修見, 耐障害性を高めた分散ストレージシステムの開発とその評価, 情報処理学会研究報告, 2011-HPC-130(36), 8 pages
34. 永岡孝, 石津晴崇, 大西健司, 高杉英利, 建部修見, クラウドにおける大規模ストレージシステムの必要性とその検討～Gfarm v2.4 を拡張した EB 級システム～, 情報処理学会研究報告, 2011-HPC-130(34), 8 pages
35. 木村浩希, 建部修見, MPI-IO/Gfarm におけるデータ配置を考慮したプロセススケジューリングの検討, 情報処理学会研究報告, 2011-HPC-130(33), 7 pages
36. 大辻弘貴, 建部修見, Non-blocking RPC を用いた遠隔ファイルアクセスの最適化, 情報処理学会研究報告, 2011-HPC-130(30), 7 pages
37. 朴泰祐, 佐藤三久, 塙敏博, 児玉祐悦, 高橋大介, 建部修見, 多田野寛人, 藏増嘉伸, 吉川耕司, 庄司光男, 演算加速装置に基づく超並列クラスタ HA-PACS による大規模計算科学, 情報処理学会研究報告, 2011-HPC-130(21), 7 pages
38. 大西健太, 建部修見, 西谷明彦, 大岸智彦, Ceph のメタデータサーバの冗長性の調査, 情報処理学会研究報告, 2011-HPC-129(8), 7 pages
39. 大岸智彦, 西谷明彦, 大辻弘貴, 建部修見, 分散ファイルシステムの性能監視とボトルネック特定, 情報処理学会研究報告, 2011-HPC-129(5), 8 pages
40. J. Tucci, O. Tatebe, StableSearch: A Searchable File Content Metadata System for the Gfarm File System, IPSJ SIGHPC Report, 2011-HPC-129(7), 6 pages

4. 連携・国際活動・社会貢献、その他

1. 戦略的国際科学技術協力推進事業（日仏共同研究）「ポストペタスケールコンピューティングのためのフレームワークとプログラミング」（佐藤）
2. 多国間国際研究協力事業 G8 Research Councils Initiative “Nuclear Fusion Simulation for Exascale” 日本代表 PI（朴）
3. 多国間国際研究協力事業 G8 Research Councils Initiative “Exascale Climate Simulation” 日本代表 PI（佐藤）