

令和 2 年 6 月 8 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16H02801

研究課題名(和文) 刹那の遊休活用による安定的な共創型超並列分散計算基盤の創出

研究課題名(英文) Creating a Massively Parallel and Distributed Computation Framework by Exploiting Short Idle Periods

研究代表者

伊野 文彦 (Ino, Fumihiko)

大阪大学・情報科学研究科・教授

研究者番号：90346172

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、家庭およびオフィスに存在するグラフィックスハードウェアGPUを対象として、そのミリ秒単位の有休時間を遠隔から活用するためのソフトウェア技術を開発した。開発した技術は、高速な画面描画と並行して、計算律速の科学技術計算を共有GPU上で加速できる。さらに、複数GPU環境を対象として、簡便なプログラム記述から並列プログラムを自動生成するためのプログラム変換器を開発し、分散深層学習のような、計算ノード間の通信を伴う応用を、家庭やオフィスに存在するGPU上で高速化できることを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

分散深層学習のような、計算ノード間の通信を伴う応用は、これまで高性能計算センターに設置された、専有のGPUクラスタ上で高速化されてきた。本研究の成果は、家庭やオフィスに設置された計算機群にGPUを追加するだけで、日常業務を処理しながら、ノード間通信を伴う分散深層学習を高速化できることを明らかにして、導入コストの低い共創型高性能計算システムの礎となることが期待でき、社会的にも学術的にも意義深い研究成果である。

研究成果の概要(英文)：In this work, we developed software techniques for exploiting milliseconds of idle periods that occur on remote graphics hardware (i.e., GPU) in home and office. The developed techniques are capable of accelerating compute-intensive scientific computation on shared GPUs while providing fast screen updating on the GPUs. We further developed a program translator that automatically generates parallel programs for multi-GPU environments, and demonstrated that the GPUs in home and office are useful for accelerating applications, such as distributed deep learning, that involve communication between computing nodes.

研究分野：高性能計算

キーワード：GPU マルチタスク 並列分散処理 高速化

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

近年、世界中でグラフィクスハードウェア Graphics Processing Unit (GPU) を装備する高性能計算システムの開発が加熱している。GPU は 10 億コアからなる次世代高性能計算基盤システムの核となるデバイスとして定着している。GPU の本来の目的は、画面描画のようなコンピュータグラフィクス処理の加速であるが、その高い演算性能は画像処理だけでなく、人工知能を始めとする多様な分野において計算律速処理のための加速器として応用されている。本来の用途が画面描画であることから、GPU は特別な高性能計算システムだけでなく、一般の家庭やオフィスを中心に 5 億個を超える数のデバイスが日常的に使われている。

したがって、家庭やオフィスで日常的に使われている GPU 上で、超並列計算を並行処理できれば、高性能計算センターに存在するような特別な計算システムに代わる、超並列計算基盤システムを創出できる可能性がある。しかし、そのような共創型の計算基盤システムでは、GPU を日常的に使用するホストならびに GPU を遠隔から使用するゲストの 2 種類のユーザが同時に計算資源を使う可能性がある。もともと GPU は単一ユーザを前提として設計されてきた経緯があり、これら立場の異なるユーザに対して公平な計算基盤システムを実現することが課題である。例えば、ゲストのプログラム実行が完了するまで、ホストの画面描画プログラムが待たされてしまうがゆえに、ホストの対話的な操作が妨げられ、GPU を汎用の加速器として共有することは難しかった。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、家庭やオフィスで日常的に使われている GPU を汎用の加速器として共有し、その遊休サイクルを遠隔から活用することで計算量の多い科学技術計算の超並列処理を実現することである。特に、日常使用されている計算機は安定的に遊休しないとの理由から敬遠されてきた、計算タスク間にデータ依存のある応用に焦点を当て、ミリ秒単位(刹那)の遊休時間を遠隔から活用でき、かつ、滑らかな画面描画を保証するマルチタスク技術を開発する。さらに、その提案技術を用いてテストベッドを構築し、実用的な応用の展開により提案技術の有効性を検証することを目指す。

### 3. 研究の方法

本研究では、計算タスク間にデータ依存のある応用を対象として、常用 GPU 上で計算を加速するための共創型計算基盤技術を確立するために、4 年間で以下の課題に取り組む。

刹那の計算中断・再開を実現し、マルチタスク技術として確立すること。

計算タスクを細分化するプログラム変換器を開発し、協調型超並列プログラム処理系を開発すること。

上記の提案技術を評価するためのテストベッドを構築し、遊休・繁忙サイクルの頻度などを分析することによりスケジューリング手法を開発すること。

構築したテストベッドの常用 GPU 上で実用的な応用研究を展開し、提案する共創型計算基盤技術の有用性を示すこと。

### 4. 研究成果

研究の方法で挙げた課題のそれぞれに対して、以下に挙げる研究成果を得た。

刹那の計算中断・再開のためのマルチタスク技術の確立

(1) NVIDIA 社の Pascal アーキテクチャは、実行中のプログラムを迅速に切り替えるためのプリエンブション機能を GPU として初めて搭載している。そこで、プリエンブティブなマルチタスクが滑らかな画面更新と高速な科学技術計算を両立するか否かを検証した。結果、数万個ものスレッドを同時に実行する GPU においては、コンテキストスイッチのオーバーヘッドがいまだ大きく、科学技術計算の実行時において画面の更新が秒間 2 フレーム程度にまで著しく阻害されることを確認した。同様の結果を、最新の Turing アーキテクチャにおいても得た。

(2) プリエンブション機能を使うことなく、GPU 上で滑らかな画面更新を保証するマルチタスク技術を開発した。開発した技術は、ゲストプログラムを改編することでゲスト側の計算タスクを細分化し、各々が数ミリ秒程度で実行を終えることを可能とする。さらに、それらの計算タスクをホスト側の計算負荷に応じて適切な頻度で実行していくことで、ホスト側の計算タスクに実行の機会を与え、ゲスト側の計算タスクが GPU を専有しつづけることを回避する。GPU を共有したときの実効性能を評価するために、GPU を酷使する画像フィルタを実行しながら深層学習のための学習プログラムを実行した結果、秒間 40 フレーム弱のフレームレートを維持しながら、深層学習を高速化できた。同様の結果を、科学技術計算において頻出する行列積や連立方程式のソルバに対して得られた。

計算タスクを細分化するプログラム変換器の開発

(1) GPU における遊休サイクルの活用を自動化するために、マルチタスク実行のための適切なタスク粒度を推定する手法を開発した。GPU 向けのマルチタスク実行は、GPU を日常的に使用するホストに対してはフレームレートを維持し、同時に科学計算を投入するゲストに対しては計算の高速化を両立する必要がある。開発した手法は、ゲスト側のプログラム変更を必要とし、この両立の鍵となるタスク粒度を動的に調節できる。評価の結果、画像フィルタのフレームレ

トを維持しつつ、専有時と比べて行列計算における実効性能の低下を 5%以内に抑えられ、適切なタスク粒度を自動的に設定できることが分かった。得られた研究成果は、国際会議において発表した。

(2) パルセロナ・スーパーコンピューティング・センターで開発された地震波シミュレーションを対象として、マルチタスク向け GPU プログラムの自動生成に取り組んだ。開発した自動生成プログラムは、科学技術応用において頻出するステンシル計算に対して GPU プログラムを自動生成する。この GPU プログラムは、テンポラルブロッキングなどのキャッシュ最適化技術を基に CPU・GPU 間のデータ転送量を削減できる。4 台の GPU 上で評価した結果、生成された GPU プログラムは台数に応じた線形加速を達成できることを確認した。得られた研究成果は、国際論文誌に国際共著論文として投稿し、条件付採録の判定を得たところである。また、GPU などのアクセラレータのためのプログラミングに関する標準化団体 OpenACC から招待され、国際的なユーザーミーティング会議で研究成果を報告した。

#### テストベッドの構築とスケジュール手法の開発

(1) 日常的に使用されている計算機上で、ノード間通信を伴う超並列計算を評価するための実行環境を整えるために、家庭やオフィスで主に使用されている OS として Windows 10 を用い、複数の計算機間でメッセージを交換しながら並列計算を進める標準通信仕様 MPI (Message Passing Interface) のための実行環境を整備した。この実行環境は MPI だけでなく GPU 向けの開発環境 CUDA (Compute Unified Device Architecture) を併用するプログラムを処理できる。さらに、これらの計算機において CPU や GPU の計算負荷を分析するための実行履歴取得システムを構築した。

(2) 大学の研究室において計算資源の日常的な使用状況を監視し、数か月にわたる実行履歴を取得した。この実行履歴を解析した結果、数ミリ秒程度の刹那の遊休サイクルを遊休時間として含めれば、一般的な計算機における稼働時間の 99%程度は遊休状態であるとみなせることを明らかにした。ただし、マルチタスク手法の特性として、これらの遊休状態にある計算機は様に科学計算を高速化できるわけではなく、その使用状況に応じて引き出せる実効性能に格差が存在し、実行効率を高めるための負荷分散の仕組みが必要であることが分かった。これらの特性を基にしたスケジュール手法を開発し、後述する各種応用における負荷分散手法に発展させた。

#### 実用的な応用研究の展開

(1) 画像認識のための深層学習を複数の共有 GPU ノード上で加速した。具体的には、各計算ノードにおいて秒間 40 フレームの滑らかな画面描画を実現しながら、分散深層学習を高速化できることを示した。このプログラムは、標準通信仕様 MPI を用い、GPU ノード間でメッセージを交換しながら分散深層学習を実現する。さらに、ノード間の計算負荷の偏りに起因して学習時間が長くなる問題に対し、ノード間の同期待ちを削減する手法を開発した。この結果、一定の学習精度に到達するまでの学習時間を 40%削減できることが分かった。この学習プログラムを GPU を装備する 4 ノードの実行環境上で評価した結果、専有実行時において台数に対して線形な速度向上が得られた。得られた研究成果は国際会議の招待講演として発表した。

(2) スウェーデン王立工科大学との共同研究を実施し、科学技術計算の結果を可視化するための分散ボリュームレンダリングシステムを開発した。開発したレンダリングシステムは、計算ノード間で計算負荷を分散できる機能を持つ。その効率のよい実現のために、計算ノードを階層的にグループ化し、負荷分散の対象をグループ内に制限することでメモリ使用量ならびに通信量の削減を図る。既存のレンダリングシステムにおいてよく用いられている  $k$  分木による負荷分散手法と比べて、提案手法は 35%ほど少ないメモリ使用量を実現しながら、最良で 20%ほど高速であった。この研究成果は国際共著論文として国際論文誌に発表した。

(3) テネシー大学との共同研究を実施し、機械学習の分野で強い需要のある大規模な特異値分解問題に対する GPU ソルバを開発した。開発した手法は、GPU における計算量の増加を許容する代わりに、全体性能を支配する CPU・GPU 間のデータ転送量を削減する。この通信回避型の提案手法を主成分分析問題に適用した結果、実行時間を半減できることを明らかにした。この研究成果は国際共著論文として国際論文誌に発表した。

(4) ニコシア大学ならびにストラスクライド大学との共同研究を実施し、大規模流体シミュレーションに対する動的負荷分散手法を開発した。開発した手法は、シミュレーションにおける計算負荷を低コストで推定することにより動的負荷分散を実現し、計算ノードの一部を可視化に専念させることでシミュレーションから可視化に至るパイプライン全体の性能向上を図る。さらに、データ圧縮アルゴリズムを併用することで通信量を削減する。32 台の GPU ならびに 72 台の CPU クラスタを用いて提案手法の有用性を評価した。この研究成果は国際共著論文として国際論文誌に投稿したところである。

このように、本研究ではインターネットで相互接続された GPU を遠隔から共有することにより、計算ノード間の通信を伴う応用の高速化を実現できることを示し、マルチタスク技術を含めた遊休計算フレームワークの有用性を、分散深層学習のような実用的な応用を用いて示した。これらの研究成果は、これまで用いられてきた専有型の高性能計算機を共有型のものに置換できることを明らかにできた。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 10件 / うち国際共著 2件 / うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Yuechao Lu, Ichitaro Yamazaki, Fumihiko Ino, Yasuyuki Matsushita, Stanimire Tomov, and Jack Dongarra	4. 巻 -
2. 論文標題 Reducing the Amount of Out-of-Core Data Access for GPU-Accelerated Randomized SVD	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Concurrency and Computation: Practice and Experience	6. 最初と最後の頁 e5754
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/cpe.5754	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Yuechao Lu, Yasuyuki Matsushita, and Fumihiko Ino	4. 巻 E103-D
2. 論文標題 Block Randomized Singular Value Decomposition on GPUs	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Information and Systems	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transinf.2019EDP7265	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Marcus Wallden, Stefano Markidis, Masao Okita, and Fumihiko Ino	4. 巻 E102-D
2. 論文標題 Memory Efficient Load Balancing for Distributed Large-Scale Volume Rendering Using a Two-layered Group Structure	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Information and Systems	6. 最初と最後の頁 2306-2316
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transinf.2019PAP0003	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Kazuro Kimura, Shinya Higa, Masao Okita, and Fumihiko Ino	4. 巻 E102-D
2. 論文標題 Accelerating the Held-Karp Algorithm for the Symmetric Traveling Salesman Problem	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Information and Systems	6. 最初と最後の頁 2329-2340
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transinf.2019PAP0008	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Jingcheng Shen, Kentaro Shigeoka, Fumihiko Ino, and Kenichi Hagihara	4. 巻 31
2. 論文標題 GPU-based Branch-and-Bound Method to Solve Large 0-1 Knapsack Problems with Data-centric Strategies	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Concurrency and Computation: Practice and Experience	6. 最初と最後の頁 e4954
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/cpe.4954	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Nobuhiro Miki, Fumihiko Ino, and Kenichi Hagihara	4. 巻 13
2. 論文標題 PACC: A Directive-based Programming Framework for Out-of-Core Stencil Computation on Accelerators	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of High Performance Computing and Networking	6. 最初と最後の頁 19-34
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1504/IJHPCN.2019.097046	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yasuaki Mitani, Fumihiko Ino, and Kenichi Hagihara	4. 巻 28
2. 論文標題 Parallelizing Exact and Approximate String Matching via Inclusive Scan on a GPU	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems	6. 最初と最後の頁 1989-2002
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TPDS.20162645222	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yuji Misaki, Fumihiko Ino, and Kenichi Hagihara	4. 巻 E100-D
2. 論文標題 Cache-aware, In-place Rotation Method for Texture-based Volume Rendering	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Information and Systems	6. 最初と最後の頁 452-461
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transinf.2016EDP7178	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Yuechao Lu, Fumihiko Ino, and Kenichi Hagihara	4. 巻 E99-D
2. 論文標題 Cache-Aware GPU Optimization for Out-of-Core Cone Beam CT Reconstruction of High-Resolution Volumes	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Information and Systems	6. 最初と最後の頁 3060-3071
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transinf.2016EDP7174	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Takuya Ikuzawa, Fumihiko Ino, and Kenichi Hagihara	4. 巻 93/94
2. 論文標題 Reducing Memory Usage by the Lifting-based Discrete Wavelet Transform with a Unified Buffer on a GPU	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Journal of Parallel and Distributed Computing	6. 最初と最後の頁 44-55
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jpdc.2016.03.010	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計38件 (うち招待講演 5件 / うち国際学会 19件)

1. 発表者名 Jingcheng Shen, Fumihiko Ino, Albert Farres, and Mauricio Hanzich
2. 発表標題 Accelerating Large Seismic Simulation Code with PACC Framework
3. 学会等名 11th GPU Technology Conference (GTC 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yuichiro Miyamoto, Masao Okita, and Fumihiko Ino
2. 発表標題 Accelerating Human Genome Phenotypic Analysis with Bitwise Search and Batched Computation
3. 学会等名 28th Euromicro International Conference on Parallel, Distributed and Network-based Processing (PDP 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ruiyun Zhu, Jingcheng Shen, Xiangtian Deng, Marcus Wallden, and Fumihiko Ino
2. 発表標題 Training Strategies for CNN-based Models to Parse Complex Floor Plans
3. 学会等名 9th International Conference on Software and Computer Applications (ICSCA 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Jingcheng Shen, Nobuhiro Miki, Fumihiko Ino, Kenichi Hagihara, Albert Farres, and Mauricio Hanzich
2. 発表標題 Applying PACC directives to accelerate out-of-core seismic wave simulation on a GPU
3. 学会等名 PhD Forum in the 33rd IEEE International Symposium on Parallel and Distributed Processing (IPDPS 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Atsuya Nasu, Kenji Yoneo, Masao Okita, and Fumihiko Ino
2. 発表標題 Transparent In-memory Cache Management in Apache Spark based on Post-Mortem Analysis
3. 学会等名 6th Workshop on Performance Engineering with Advances in Software and Hardware for Big Data Sciences (PEASH 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Jingcheng Shen, Nobuhiro Miki, and Fumihiko Ino
2. 発表標題 Evolving PACC framework with data-centric optimizations for out-of-core stencil computation
3. 学会等名 OpenACC Annual Meeting (OpenACC 2019), (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuechao Lu, Boqi Gao, and Fumihiko Ino
2. 発表標題 GPU-Accelerated Randomized Newton Method for Fast Training Malicious Web Site Classifier
3. 学会等名 18th International Conference on Security and Management (SAM 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Fumihiko Ino
2. 発表標題 Accelerating Distributed Deep Learning on a GPU-Cycle Sharing System
3. 学会等名 Annual Meeting of the Asia Pacific Society for Computing and Information Technology (APSCIT 2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kazuya Tsubaki, Masao Okita, and Fumihiko Ino
2. 発表標題 Towards Reducing Memory Consumption for Accelerating Genotype Imputation on the GPU
3. 学会等名 Annual Meeting of the Asia Pacific Society for Computing and Information Technology (APSCIT 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岩崎博生, 伊野文彦
2. 発表標題 省メモリ推論のための深層ニューラルネットワークの圧縮手法
3. 学会等名 人工知能学会第13回汎用人工知能研究会
4. 発表年 2019年



1. 発表者名 那須敦也, 置田真生, 伊野文彦
2. 発表標題 Apache Sparkにおけるデータ依存グラフ解析に基づくメモリ内キャッシュ置換手法
3. 学会等名 情報処理学会研オペレーティングシステム研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宮本悠一朗, 置田真生, 伊野文彦
2. 発表標題 ヒトゲノム表現型解析におけるビット並列探索およびプロセス並列処理による高速化
3. 学会等名 電子情報通信学会コンピュータシステム研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Keishi Tsukada and Fumihiko Ino
2. 発表標題 A Method for Estimating Task Granularity for Automating GPU Cycle Sharing
3. 学会等名 7th International Conference on Network, Communication and Computing (ICNCC 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Fumihiko Ino
2. 発表標題 PACC: A Directive-based Approach for Accelerating Out-of-Core Stencil Applications on the GPU
3. 学会等名 3rd International Workshop on GPU Computing and AI (GCA 2018) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 比嘉慎哉, 置田真生, 萩原兼一, 伊野文彦
2. 発表標題 GPUプログラムにおける静的参照関係を表すハイパーグラフの分割を用いた参照効率のよいデータ配置
3. 学会等名 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
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 木村和郎, 比嘉慎哉, 置田真生, 伊野文彦
2. 発表標題 対称巡回セールスマン問題に対するHeld-Karpアルゴリズムの高速化
3. 学会等名 電子情報通信学会コンピュータシステム研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 沈靖程, 重岡謙太郎, 伊野文彦, 萩原兼一
2. 発表標題 GPU上で大規模ナップザック問題を解くためのアウトオブコア計算手法
3. 学会等名 第14回情報科学ワークショップ
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 石田祐二郎, 置田真生, 伊野文彦, 萩原兼一
2. 発表標題 並列プログラム自動生成における間接参照の削減によるベクトル計算機向けメモリ参照効率化
3. 学会等名 第14回情報科学ワークショップ
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 石田祐二郎, 置田真生, 伊野文彦, 萩原兼一
2. 発表標題 並列プログラム自動生成におけるベクトル計算機向けメモリ参照効率化のための間接参照の削減
3. 学会等名 電子情報通信学会コンピュータシステム研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Jingcheng Shen, Kentaro Shigeoka Fumihiko Ino, and Kenichi Hagihara
2. 発表標題 An Out-of-core CPU-GPU Cooperative B&B Solver for the Large Knapsack Problem
3. 学会等名 2nd Cross-disciplinary Workshop on Computing Systems, Infrastructures, and Programming (xSIG 2018)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 伊野文彦
2. 発表標題 GPUコンピューティング技術に関わる産学共創の紹介
3. 学会等名 バイオグリッド研究会2018 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ryo Asai, Masao Okita, Fumihiko Ino, and Kenichi Hagihara
2. 発表標題 Transparent Avoidance of Redundant Data Transfer on GPU-enabled Apache Spark
3. 学会等名 11th Workshop on General Purpose Processing Using GPU (GPGPU 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masato Ito and Fumihiko Ino
2. 発表標題 An Automated Method for Generating Training Sets for Deep Learning Based Image Registration
3. 学会等名 11th International Joint Conference on Biomedical Engineering Systems and Technologies (BIOSTEC 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yuechao Lu, Fumihiko Ino, Yasuyuki Matsushita, and Kenichi Hagihara
2. 発表標題 RLAGPU: High-performance Out-of-Core Randomized Singular Value Decomposition on GPU
3. 学会等名 8th GPU Technology Conference (GTC 2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Fumihiko Ino, Yasuaki Mitani, and Kenichi Hagihara
2. 発表標題 cuShiftOr: String Matching with Prefix Summing on a GPU
3. 学会等名 8th GPU Technology Conference (GTC 2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kazuki Yasui and Fumihiko Ino
2. 発表標題 Accelerating Scoring Computation of Smith-Waterman Algorithm with Mixed Word Length
3. 学会等名 4th International Workshop on High Performance Computing on Bioinformatics (HPCB 2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Jingcheng Shen, Kentaro Shigeoka, Fumihiko Ino, and Kenichi Hagihara
2. 発表標題 An Out-of-Core Branch and Bound for Solving the 0-1 Knapsack Problem on a GPU
3. 学会等名 17th International Conference on Algorithms and Architectures for Parallel Processing (ICA3PP 2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 塚田敬司, 伊野文彦
2. 発表標題 GPUサイクル共有システムにおいて深層学習フレームワークCNTKを実行する手法の検討
3. 学会等名 GPU Technology Conference (GTC Japan 2017)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 塚田敬司, 伊野文彦, 萩原兼一
2. 発表標題 GPUサイクル共有を自動化するためのタスク粒度推定手法
3. 学会等名 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
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 伊藤真人, 伊野文彦, 萩原兼一
2. 発表標題 深層学習を用いた画像位置合わせのための教師データの自動生成手法
3. 学会等名 電子情報通信学会医用画像研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 塚田敬司, 伊野文彦, 萩原兼一
2. 発表標題 GPUサイクル共有を自動化するためのタスク粒度推定手法の検討
3. 学会等名 1st Cross-disciplinary Workshop on Computing Systems, Infrastructures, and Programming (xSIG 2017)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 伊野文彦
2. 発表標題 並列計算の現状と産業応用について
3. 学会等名 産業・社会向けソリューションを支えるIoTと機械学習シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ryotaro Sakai, Fumihiko Ino, and Kenichi Hagihara
2. 発表標題 Towards Automating Multi-dimensional Data Decomposition for Executing a Single-GPU Code on a Multi-GPU System
3. 学会等名 4th International Workshop on Computer Systems and Architectures (CSA 2016) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Nobuhiro Miki, Fumihiko Ino, and Kenichi Hagihara
2. 発表標題 An Extension of OpenACC Directives for Out-of-Core Stencil Computation with Temporal Blocking
3. 学会等名 3rd Workshop on Accelerator Programming Using Directives (WACCPD 2016) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 三木脩弘, 伊野文彦, 萩原兼一
2. 発表標題 アウトオブコア・ステンシル計算に対する自動テンポラルブロッキングのためのアクセラレータ向けディレクティブPACC
3. 学会等名 GTC Japan 2016
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 酒井亮太郎, 伊野文彦, 萩原兼一
2. 発表標題 単一GPUコードをマルチGPU環境で実行するための多次元データ分割手法の検討
3. 学会等名 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
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 三木脩弘, 伊野文彦, 萩原兼一
2. 発表標題 アウトオブコア・ステンシル計算に対する自動テンポラルブロッキングのためのアクセラレータ向けディレクティブ
3. 学会等名 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
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 安井一貴, 伊野文彦, 萩原兼一
2. 発表標題 GPU上の16ビット整数表現によるSmith-Watermanアルゴリズムの高速化の検討
3. 学会等名 第16回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
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

大阪大学 大学院情報科学研究科 並列処理工学講座  
<http://www-ppl.ist.osaka-u.ac.jp/>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----