

スーパーコンピュータシステム「大規模 HPC チャレンジ」採択課題のお知らせ

1. はじめに

Oakforest-PACS、Reedbush-H、FX10 スーパーコンピュータシステムでは、「大規模 HPC チャレンジ」を実施しています。「大規模 HPC チャレンジ」は、スーパーコンピュータシステムがもつ最大計算ノードを、最大 24 時間・1 研究グループで計算資源の占有利用ができる公募型プロジェクトです¹。

課題審査委員会による厳正な審査の結果、以下の課題を採択しましたのでお知らせいたします。

2. Oakforest-PACS 大規模 HPC チャレンジ採択課題

2017 年度 第 2 回（募集期間：2017 年 10 月 13 日～2017 年 12 月 4 日）の課題募集に、3 件の応募があり、以下の課題を採択しました。

採択課題一覧

| | |
|---|--------------------------------|
| 課題名 | 2.5 次元アルゴリズムを用いた高性能 PDGEMM の開発 |
| 代表者名（所属） | 椋木大地（理化学研究所 計算科学研究機構） |
| スーパーコンピュータの並列数が増大し、集団通信を含むプログラムの性能において通信コストが課題となっている。これに対して各種の通信削減型アルゴリズムが提案されている。Solomonik らは並列行列積 (PDGEMM) の通信削減型アルゴリズムとして 2.5 次元アルゴリズムを提案した。2.5 次元アルゴリズムは 3 次元のプロセスグリッド上に 2 次元分散された行列をスタックして計算するため、ScaLAPACK の PDGEMM 等、従来の 2 次元アルゴリズムによる実装の代用とするには、データの再分散が必要となる。我々は内部で再分散を行うことで、従来の 2 次元アルゴリズムを用いた PDGEMM と互換性のある 2D 互換 2.5D-PDGEMM を実装し、スーパーコンピュータ「京」において性能を評価してきた。本研究では我々の実装を Oakforest-PACS において性能評価することで、現世代および次世代のスーパーコンピュータ環境における 2D 互換 2.5D-PDGEMM の有効性と実装上の課題を明らかにする。そして現在の PDGEMM を置き換える新たな PDGEMM 実装の開発を目指す。 | |

| | |
|--|---------------------------------------|
| 課題名 | 2+1 フレーバー格子 QCD におけるマスターフィールドシミュレーション |
| 代表者名（所属） | 蔵増嘉伸（筑波大学 計算科学研究センター） |
| 過去 40 年近く、格子 QCD は主要な系統誤差を克服しつつ、主にハドロン単体の諸性質解明を目指して来た。現在の世界的な状況において、以下の 2 つの大きな問題点が存在する。まず、物理点直上でシミュレーションが可能になったことは事実だが、実際に物理点（およびその近傍）のみで物理量の評価を行えるほどの精度を得るレベルには至っていない。もう一つは、単一の物理パラメータを持つゲージ配位からユニバーサルに様々な物理量の高精度精密計算ができていたのではなく、そのことが格子 QCD 計算の予言能力を毀損している。これまでの格子 QCD 研究が、計算結果と実験値との整合性を示すことに注力してきたこともそのためである。本研究課題では、格子 QCD において世界初となる master-field シミュレーションを行うことによって上記 2 つの課題を克服し、格子 QCD 計算の予言能力を格段に向上させることによって、標準理論を超える新たな物理の探求を目指す。ただし、今回の大規模 HPC チャレンジにおいては、256 ⁴ 格子サイズのゲージ配位生成に特化した計算に注力する。 | |

3. Reedbush-H 大規模 HPC チャレンジ採択課題

2017 年度 第 1 回（募集期間：2017 年 9 月 25 日～2017 年 10 月 30 日）の課題募集に、4 件の応募があり、以下の課題を採択しました。

採択課題一覧

| | |
|--|-------------------------|
| 課題名 | ChainerMN を用いた深層学習の性能評価 |
| 代表者名（所属） | 埜 敏博（東京大学 情報基盤センター） |
| GPU を用いた深層学習 (Deep Learning) の研究が盛んに行われており、様々なフレームワークが開発されている。Preferred Networks 社が中心となって開発している Chainer は、Python スクリプトで実装されており、define-by-run モデルによって簡便な記述で自由度の高いネットワークを記述することができる。さらに ChainerMN (Multi Node) が Chainer の追加パッケージとして開発され、データ並列に学習を行うことによって学習時間を短縮することが可能である。本申請では、Reedbush-H 上で ImageNet の画像分類を学習させることにより、ChainerMN による深層学習の性能を評価する。特に Reedbush-H が備えるファイルキャッシュシステムである IME や、InfiniBand EDR スイッチが備える高速な集団通信などの優れた機能を最大限に活かすことを目的とする。 | |

¹ 「大規模 HPC チャレンジ」

<https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/service/challenge/>

| | |
|--|---------------------------------|
| 課題名 | Reedbush-H における GPU のばらつきに関する研究 |
| 代表者名 (所属) | 三輪 忍 (電気通信大学 大学院情報理工学研究所) |
| <p>申請者は、JST CREST のプロジェクト「ポストペタスケールシステムのための電力マネジメントフレームワーク」(代表者: 近藤正章・東京大学准教授)の主たる共同研究者として、次世代のスーパーコンピュータの電力管理手法の研究を行っている。上記プロジェクトにて、同一ロット間の電力ばらつきが CPU には存在しており、電力キャッピング時には上記ばらつきが CPU 間の性能ばらつきに転嫁されることが明らかになっている。上記ばらつきは製造ばらつきやマシン・ルーム内の温度分布のばらつき等の理由によって発生すると考えられており、同様の問題は GPU にも存在すると我々は考えている。しかし、GPU において電力ばらつき、あるいは、電力キャッピング時の性能ばらつきを確認したとの報告はまだない。GPU の電力管理手法を検討するためには GPU のばらつきの調査が必要であり、本研究課題では、その第一歩として、Reedbush-H が有する 240 台の Tesla P100 のばらつきを定量的に調査する。具体的には、同一プログラムを各 GPU で実行した時の消費電力、実行時間、温度等を計測し、GPU によってどの程度の個体差があるかを確認する。なお、今回の実験では、GPU の動作周波数や電力キャッピングの変更等の管理者権限が必要な実験は予定しておらず、ユーザ権限で可能な実験のみを実施する予定である。</p> | |

| | |
|--|-----------------------|
| 課題名 | アンドロメダ銀河南天のアーク構造の起源解明 |
| 代表者名 (所属) | 三木 洋平 (東京大学 情報基盤センター) |
| <p>すばる望遠鏡などを用いた近年の高精度測光観測によって、アンドロメダ銀河 (M31) の周辺にはアンドロメダ・ストリームや Stream B と呼ばれる恒星が局所的に集積した不思議な構造が多数発見されている。こうした構造の多くは M31 がかつて経験した他の銀河との衝突の痕跡であると考えられているが、シミュレーションを用いて正確に検証された例は多くない。特に Stream B の形成シナリオに関しては、Stream B とアンドロメダ・ストリームが単一の銀河衝突によって形成されたとする説と、複数回の銀河衝突イベントにより独立に形成されたとする説が対立し、未だ謎に包まれている。そこで本研究では大規模 N 体シミュレーションを駆使して、Stream B とアンドロメダ・ストリームの単一銀河衝突説を検証し、この謎に迫る。そして、3 次元構造や速度構造といった観測可能な物理量を解析することで、将来の観測的検証に向けてのデータを提供することを目指す。</p> | |

| | |
|--|--------------------------------------|
| 課題名 | JAXA 内製 MPS 法プログラム p-flow による大規模流体解析 |
| 代表者名 (所属) | 宮島 敬明 (宇宙航空研究開発機構) |
| <p>我々は、次期国産旅客機の開発に資する大規模流体解析プログラム p-flow の研究開発を行っている。p-flow は Moving Particle Semi-Implicit (MPS) 法をベースに、水などの大変形を伴う非圧縮性流体を解析対象にしている。MPS 法は粒子系シミュレーションに分類され、計算対象を多数の仮想粒子として分割し、各粒子と近傍粒子との相互作用から物理量の計算を行う。p-flow は大規模解析に対応すべく、近傍粒子の探索処理をスレッド並列化し、計算領域を複数プロセスに動的に分割して処理時間の短縮を図っている。これまでの研究で、GPU 化により近傍粒子探索は高速化されたが、動的領域分割とそれに伴う通信がボトルネックとなることがわかった。本 HPC チャレンジでは、実際の航空機への応用を念頭に、多数ノードにおける p-flow の適用可能性を検証する。</p> | |

4. FX10 大規模 HPC チャレンジ採択課題

2017 年度 第 3 回 (募集期間: 2017 年 7 月 11 日~2017 年 10 月 30 日) の課題募集に、1 件の応募があり、以下の課題を採択しました。

採択課題一覧

| | |
|---|--------------------------------|
| 課題名 | FrontISTR による構造物-地盤連成系の地震時挙動解析 |
| 代表者名 (所属) | 山田和彦 (鹿島建設株式会社) |
| <p>地震が生じた場合、構造物は地盤内の波動伝播の影響を受け非常に複雑な挙動を示す。その挙動を数値解析により推定することは、構造物の安全性を確認するために非常に重要である。特に、原子力発電所建屋については、マグニチュード 9 クラスの非常に大きい地震が発生した場合においても、安全性を確保する必要がある。</p> <p>そこで、原子力発電所建屋およびその周辺地盤を 3 次元有限要素にてモデル化し、地震発生時の各部の挙動を詳細に計算する。この時、建屋の底面の一部が地盤から離れる可能性があり、その影響を考慮する。</p> <p>実施する計算では、検討対象を約 1200 万要素 (約 3700 万自由度) の有限要素でモデル化する。5 秒間の地震時挙動を解析するために、時間刻み 0.00025 秒とした 20,000 ステップの非線形動解析を FrontISTR にて実施する。</p> <p>本研究は、東京大学奥田洋司教授と実施中の共同研究「構造物-地盤連成系の大規模地震応答解析の高速化に関する研究」の一部として実施するものである。</p> | |