

T2K オープンスパコン（東大）共同研究プロジェクト

平成 21 年度採択課題について

中島 研吾

東京大学情報基盤センター

1. はじめに

東京大学情報基盤センター（以下 本センター）では、「T2K オープンスパコン（東大）」の利用環境を向上することを目的として、平成 20 年度より「T2K オープンスパコン（東大）共同研究プロジェクト」を実施しております。

このたび、平成 21 年度採択課題が決定いたしましたので、簡単に紹介いたします。

2. T2K オープンスパコン（東大）共同研究プロジェクト

(1) 共同研究プロジェクトの対象、目標

本共同研究プロジェクトでは「64 ノード (1,024 コア)」程度を使用する大規模計算を大量に行う研究を対象とします。この共同研究プロジェクトで採択された研究グループは、様々なシミュレーションのアルゴリズムの開発、プログラムの高速化に関する研究を本センターのスタッフと共同で実施していただきます。研究成果は「T2K オープンスパコン（東大）」上でのその成果をライブラリ、HPC ミドルウェア等のアプリケーション開発環境整備にフィードバックすることにより、利用環境の向上に資することを最終的な目標とします。

(2) 応募資格

申込者（代表者）は「国内の大学に所属する研究者、公共機関に所属する研究者」に限定します。 研究グループのメンバーは「T2K」オープンスパコンの利用有資格者、すなわち：

- 国内の大学に所属する学生・研究者
- 公共機関に所属する研究者
- 企業に所属する研究者、技術者

でなければなりません。

(3) 共同研究プロジェクトの要件

- ① 研究期間は平成 21 年 4 月～平成 22 年 3 月の間とします。平成 22 年度以降の継続については改めて募集いたします。最大継続期間は平成 21 年度以降 3 年とします。
- ② 本センターのスタッフとプログラムの並列化、高速化に関する共同研究を実施していただきます。原則としてプログラムのソースコードを本センターの担当スタッフに対して提供していただきます。本センターとして協力可能な分野は下記の通りです。
 - スカラープロセッサ向けチューニング

- 線形ソルバー（密行列，疎行列）の高速化，チューニング
 - 反復法前処理手法
 - ハイブリッド並列化
 - 並列適応格子法，動的負荷分散
 - 細粒度タスク並列化，並列分散プログラミング言語
 - ファイル転送効率化
 - ユーザー所有クラスタや他のスパコンとの連携
- ③ **共同研究期間中は，64 ノード専用キューを無料で利用できます**（但し，本共同研究プロジェクトで採択された他グループと共同で使用していただきます）。
- ④ 共同研究プロジェクトで得られた成果は当センター（スーパーコンピューティング部門）広報誌「スーパーコンピューティングニュース」に投稿していただきます。
- ⑤ 当センターの主催するセミナー，ワークショップ等でご発表いただく場合があります。
- ⑥ 年度末に所定の様式に従って共同研究プロジェクト実績報告書（研究成果の概要，外部発表リスト等）を提出していただきます。
- ⑦ 研究結果の公表の際には，その論文，報告等に「T2K オープンスパコン（東大）」を利用したことを明記するとともに，当該論文，報告等の別刷又は写し 1 部を提出していただきます。なお，本センター教職員の貢献度に応じて co-authorship を求める場合があります。性能データの誤解等に基づく誤謬防止のため投稿前に本センター教職員の助言を受けることが望まれます。

3. 平成 21 年度募集と採択課題について

平成 21 年度については平成 21 年 3 月 10 日に募集を開始し，同 4 月 10 日に締め切りました。合計 8 件の応募がありましたが，本センタースーパーコンピューティング研究部門教員による厳正なる審査の結果，次ページ以降に示す 7 課題を採択することにいたしました。採否にあたっては，以下の点に特に留意いたしました：

- 研究テーマの有用性，先進性
- T2K オープンスパコン（東大）を利用することの必要性
- 大規模計算に関する経験
- 共同研究プロジェクトとしての有用性
- T2K オープンスパコン（東大）利用環境向上への貢献

採択課題については平成 21 年 4 月より既に開始しています。共同研究プロジェクトの経過，成果については，随時ホームページ¹，広報誌「スーパーコンピューティングニュース」等で公開していく予定です。また，平成 22 年度募集は平成 22 年 3 月～4 月に実施し，同 4 月からスタートする予定です。

平成 21 年度「T2K オープンスパコン（東大）共同研究プロジェクト」採択課題は以下の通りです（代表者五十音順に記載）。

¹ http://www.cc.u-tokyo.ac.jp/use_info/project/

採択課題①：継続

課題名	地球ダイナモの新しいシミュレーションコード開発とその応用
代表者	陰山 聡
所 属	神戸大学大学院 工学研究科
分 野	地球電磁気学, 地球内部ダイナミクス
<p>地球ダイナモに関する計算機シミュレーション研究において、これまで我々は理想化されたモデルに基づく高解像度計算に注力してきた。今後は、地球外核の現実環境を可能な限り反映させた複合的なモデルに基づくシミュレーションの重要性が増すであろう。多数のスカラープロセッサが結合されたスーパーコンピュータはそのような複合シミュレーションに適している。本研究の目的は、T2Kオープンスパコン（東大）に向けて最適化した地球ダイナモシミュレーションの新しいコードを開発することである。まずは地球シミュレータ向けに開発した従来の我々のコードをT2K（東大）向けに最適化し、そこで得られた知見を生かして、基本アルゴリズムから検討し直して新たなコードを開発する。単純モデルによる高解像度・短時間計算という従来のアプローチとは相補的な、複合モデルによる中解像度・長時間計算により、地球双極子磁場の成因とその逆転機構に関する新発見を目指す。</p>	

採択課題②：新規

課題名	市街地における風・温熱・光・音環境総合数値予測データベースの開発
代表者	坂本 雄三
所 属	東京大学大学院 工学系研究科建築学専攻
分 野	建築学, 都市工学, 数値流体力学
<p>本研究は市街地における街区スケールの風・温熱・光・音環境の数値予測を行ない、種々の省エネルギー対策, 騒音対策といった改善策の効果に対するデータベース整備およびWebインターフェイスを通じた公開を図るものである。最初に、数値地図データと航空機レーザスキャナデータから、建物の壁面や屋根の幾何形状を自動的かつ精度良く再現する。次に、幾何形状データから2km四方の街区を単位として、超並列計算に対応させたロード・バランス機能付き並列メッシュャーを用いて、風・温熱・音環境予測用格子を自動生成する。さらに、スカラー型並列計算機用にチューニングした音響解析機能付き対流・放射連成CFD 解析コードおよび光環境予測コードを使用し、単位街区の風・温熱・光・音環境の数値解析を行なう。省エネルギー対策, 騒音対策シナリオを数種類設定し、無対策の状態と対策ケースについてデータを蓄積し、数値解析結果をWeb 地図インターフェイスを用いて一般に広く公開する。</p>	

採択課題③：継続

課題名	海洋大循環のマルチスケール連結階層モデリング
代表者	羽角 博康
所 属	東京大学 気候システム研究センター
分 野	海洋物理学
<p>海洋循環は、水平 1 km 以下のスケールで生じる対流や混合現象から、水平 100,000 km スケールに及ぶ全地球規模循環までの間で、様々なスケールを持つ現象のスケール間相互作用の結果として形成されている。海洋循環の形成や変動のシミュレーションは、数十年から場合によっては数千年という時間スケールを対象としており、全海洋を一様に 1 km 程度の解像度で表現しつつそれを実施することは 10 年程度の将来を見越しても不可能である。大循環の形成という視点から見た場合、小規模スケール現象が重要となる領域は限定されているため、適切な連結階層化によるシミュレーションが可能であり、また必要とされる。本研究は、ネステッドグリッド手法による連結階層海洋大循環モデルについて、高並列環境におけるチューニングを目的とする。</p>	

採択課題④：継続

課題名	超並列計算によるマルチスケール・マルチフィジックス心臓シミュレーション
代表者	久田 俊明
所 属	東京大学大学院 新領域創成科学研究科
分 野	バイオメカニクス、非線形力学
<p>当研究チームでは、細胞イオンチャンネルや収縮タンパクの数理モデルから出発し有限要素法でモデル化された心室の収縮、血液の拍出に至る現象を一貫して再現できる国際的にも突出した心臓シミュレータ、<i>UT-Heart</i> の開発を行ってきた。一方、有限要素法に基づく心筋細胞も並行して開発し、両者を組み合わせることでシームレスなマルチスケール・マルチフィジックスシミュレータを開発中であり、最終的には次世代スパコン上での数十万個の細胞を用いたマルチスケールシミュレーションを実施することを目指している。昨年度7月のHPC特別プロジェクトにおいては規模を縮小した心臓モデルと細胞モデルにより、最大 6144 コアを用いたマルチスケールシミュレーションを実施し、非常に良好なスケーラビリティを得た。また、さらなる高精度なシミュレーションを行なうことにより、基礎医学や創薬への貢献が可能であると考えている。本共同研究プロジェクトにおいても、次世代スパコン上での実行を見据えて、各モジュールのさらなる高速化・高機能化を実施する予定である。</p>	

採択課題⑤：継続

課題名	電磁流体コードによる惑星磁気圏シミュレーション
代表者	深沢 圭一郎
所属	九州大学 宙空環境研究センター
分野	宇宙プラズマ物理学
<p>宇宙空間はプラズマで満ちており，そのプラズマダイナミクスをシミュレーションにより研究することを目的とする。その宇宙空間において惑星磁気圏のようなグローバルな構造に注目する場合，電磁流体（MHD）近似が成り立ち，MHD方程式によってその構造はよく表される。現在MHDシミュレーションは磁気圏観測結果の理解だけでなく，観測に先立つ磁気圏ダイナミクスの予見にも役立っている。昨年度のプロジェクトにおいて，我々のコードをある程度東京大学T2Kスパコンに最適化できた。また，現在よりも5倍程度の高精細な空間解像度で計算が可能となった。これにより今まで我々が再現できていないプラズマ乱流構造，磁気圏がお椀型に変形するなどの観測結果を扱える可能性がある。本課題では，MHDコードを用いた惑星磁気圏シミュレーションを行い，特に土星磁気圏に焦点を当て，高解像度長時間発展下における惑星磁気圏の構造を明らかにすることを目的とする。シミュレーションコードは昨年度の結果から高効率の実績のある直行格子2次元領域分割を用いて，東京大学T2Kスパコンに更に最適化させていく。</p>	

採択課題⑥：継続

課題名	津波発生伝播の大規模3次元シミュレーション
代表者	古村 孝志
所属	東京大学大学院 情報学環総合防災情報研究センター
分野	地震学，津波学
<p>将来発生が危惧される巨大地震による津波被害の軽減を目的に，大規模津波シミュレーションのための大規模計算コードを開発する。既に開発した3次元ナビエ・ストークス式の差分法計算に基づく津波計算コード（Saito and Furumura,2008）を改良し，T2Kオーpensパコン（東大）に代表される，スカラー型超並列計算機において高い並列化スケーラビリティ（8192コア以上）と実効性能（ピーク性能比8%程度以上）を引き出すことのできる実用化コードを整備する。これにより，現在のモデルより計算時間を10倍以上，計算規模を8倍以上大きくした大規模津波計算を可能にする。さらに，デカルト座標系における津波計算を極座標系に改良し，遠地巨大地震による地球規模の津波計算を実現する。本津波計算コードを用いて，近年の2007年千島列島地震や2004年紀伊半島南東沖など，近年の津波地震の大規模・高精度津波シミュレーションを実施し，沖合ケーブル津波計で記録した津波データとの比較からモデルの有効性と精度を検証する。</p>	

採択課題⑦：新規

課題名	天体活動現象の輻射磁気流体シミュレーション
代表者	松元 亮治
所 属	千葉大学大学院 理学研究科
分 野	宇宙物理学
<p>さまざまな天体で観測される激しい時間変動，爆発的エネルギー解放，X線・ガンマ線放射，ジェット噴出などを伴う活動的現象を，輻射と磁気流体の相互作用を考慮した3次元シミュレーションによって解明する。このため，我々のグループで作成してきた磁気流体コードを輻射磁気流体コードに拡張し，ブラックホール降着円盤における状態遷移過程等をシミュレートする。まず，Flux Limited Diffusion (FLD) 近似に基づく輻射磁気流体コードと輻射輸送方程式の1次のモーメントまで使用するM1スキームに基づくコードを実装する。東京大学情報基盤センターのスタッフと共同で，マルチコアCPUにおけるスカラー効率の改善，輻射を含む項を陰的に解く場合の並列効率の改善等を実施する。次年度以後には空間3次元，光子方向2次元，振動数1次元の6次元輻射輸送方程式を効率的に解くスキームの実装に取り組み，直接計算によって輻射強度と輻射スペクトルの時間変動をシミュレートできるようにする。</p>	