

令和3年度から地球シミュレータ（第4世代）の運用が始まりました。新しい地球シミュレータはベクトルノード・CPUノード・GPUノードからなるヘテロな構成になっており、さまざまな研究・ソフトウェアに合わせて利用いただけるようになっています。その運用状況は、利用可能だったノード時間は全体の99.87%で、総理論演算性能は前世代のES3の約15倍に達するにもかかわらず、ユーザの利用時間割合は年度末に約90%に達しました。また23件の課題に対して重点的なサポートを行い、新しいマシンへの円滑な移行や計算の効率化などに活用していただきました。今後もサポートの利用も含め地球シミュレータを活用いただき、多くの研究成果をあげていただきたいと思います。

地球情報基盤センター センター長
石川 洋一



地球シミュレータプロジェクト概要

1. 地球シミュレータ運営の基本方針

地球シミュレータは、海洋・地球・生命システムの統一像の解明のために、海洋研究開発機構が中期目標・中期計画を達成し、創造的で国際的に卓越した研究開発を推進するための基盤施設としての役割を有しています。海洋研究開発機構は、地球シミュレータを最大限に活用して我が国の海洋地球科学と関連分野を牽引し、また、海洋地球科学と関連分野及び産業界等を含む社会に対して地球シミュレータの利用の機会を広く開くものとしています。海洋研究開発機構は以下の基本方針に従い、地球シミュレータの運用を行っています。

- 1) 海洋研究開発機構は、地球シミュレータの効率的で安定した稼働を基盤とした資源の提供を行います。また、利用者が目的を効果的に達成できるよう多様なニーズに応じた運用と技術的サポートを行います。
- 2) 地球シミュレータの利用に際しては、海洋研究開発機構に設置された計算機システム運営委員会による審議を経て機構が定める内容等に応じて特徴付けられた資源配分枠ごとに、課題と利用者を選定します。また、国等からの要請や有償利用の申請は原則として受け入れるものとします。海洋研究開発機構は、地球シミュレータのより良い運営を実現するため、利用者の意見を反映するとともに、地球シミュレータの運用への協力を要請します。
- 3) 課題の選定については、別に設置する課題選定委員会において審議するものとし、選定された課題毎の資源配分量も課題選定委員会の審議を経て決定します。課題選定委員会は、地球シミュレータの計算能力や特性を最大限に活用する課題や科学的なブレークスルーが期待される挑戦的な課題、及び社会的貢献に資する課題等の利用促進も念頭に置き、地球シミュレータを利用した成果が学術及び社会に広く貢献できるように考慮するものとします。
- 4) 地球シミュレータの利用を通して、海洋地球科学と関連分野において世界をリードする科学者の育成を促進するとともに、地球シミュレータの運用における知見と経験を蓄積し、それらを利活用することにより、計算科学、計算機科学及び情報科学の研究開発と技術開発においても、卓越した人材の育成を推進します。
- 5) 地球シミュレータを利用して得られた成果は、その利用条件に即して公表することとします。公表の際は、原則としてその成果が地球シミュレータを利用したものであることを明示することとしています。

2. 地球シミュレータの計算資源配分

海洋研究開発機構では、地球シミュレータの計算資源を「所内枠」「公募枠」「機構戦略枠」の3つの課題枠に大別しています。所内枠は機構の中長期計画の達成のための研究開発を行うことを目的に、役職員等を代表者として、機構内を対象に募集する「所内課題」を遂行するための課題枠です。公募枠は地球科学分野を主とする計算科学分野の研究開発を行うことを目的に、機構以外の組織に所属する者を代表者として、機構外を対象に募集する「公募課題」を遂行するための課題枠です。なお公募課題は、成果の公開が義務付けられています。最後の機構戦略枠は地球シミュレータの戦略的な利用を推進する課題で、以下に該当する課題を遂行するための課題枠です。

- 1) チャレンジ利用課題：挑戦的・萌芽的な利用、臨時的・緊急的な利用、計算機利用の推進等を目的として、機構の内外を問わず募集する課題です。
- 2) 指定課題：国等からの委託、補助金等を受け、機構が実施し又は第三者に実施させる課題です。「統合的気候モデル高度化研究プログラム」、「科学研究費助成事業」などで利用されます。
- 3) 成果専有型有償利用課題：産業界等を対象とした有償課題で、利用者は成果を専有することができます。

また所内課題や公募課題等に対して、見込まれる成果をもとに審査を行い、十分な成果が見込まれる課題へ優先的に計算資源を充当する制度も実施しています。

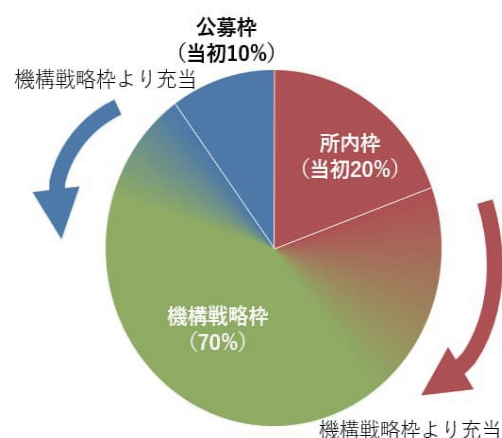


図1:2021年度の地球シミュレータ資源配分

地球シミュレータ課題一覧

地球シミュレータ公募課題

課題名	課題責任者氏名	課題責任者所属
大気・海洋分野		
古環境研究および気候将来予測に資する気候数値実験	阿部 彩子	東京大学 大気海洋研究所
中緯度大気海洋結合変動が季節予測可能性に与える影響	中村 尚	東京大学 先端科学技術研究センター
航空機により観測された非常に強い台風の雲解像モデルを用いた高解像度シミュレーション	坪木 和久	名古屋大学 宇宙地球環境研究所
大気・海洋・波浪モデルを用いた近年の日本に上陸した顕著台風に対する沿岸災害ハザード影響評価	森 信人	京都大学 防災研究所
安定密度成層乱流の超大規模構造の生成機構の解明	渡邊 智昭	名古屋大学 大学院工学研究科
大型大気レーダー国際共同観測データと高解像大気大循環モデルの融合による大気階層構造の解明	佐藤 薫	東京大学 大学院理学系研究科
豪雨・高潮・津波の重畳災害に関する研究	有川 太郎	中央大学 理工学部都市環境学科
学際連携によるサンゴ礁地形における消波効果・栄養塩循環促進効果の実態解明	渡部 真史	中央大学 理工学部都市環境学科
地域気候変動の実態把握に向けた日本域を対象とした領域再解析の実施	福井 真	東北大学 大学院理学研究科
固体地球・宇宙分野		
津波被害軽減に向けたアウターライズ地震による津波の高精度計算	馬場 俊孝	徳島大学 大学院社会産業理工学研究部
3次元不均質地球構造での地震・津波波動伝播シミュレーション	古村 孝志	東京大学 地震研究所
AFES を用いた金星・火星大気の高解像度大循環シミュレーション	林 祥介	神戸大学 大学院理学研究科
火山ダイナミクスの数値シミュレーション	鈴木 雄治郎	東京大学 地震研究所
木星型惑星大気の縞状構造の成因の研究	竹広 真一	京都大学 数理解析研究所
実大鉄筋コンクリート造建物の振動台実験の精密・詳細シミュレーション解析システムの開発	北野 敦則	前橋工科大学 工学部建築学科
星形成と惑星形成を包括する大規模シミュレーション	町田 正博	九州大学 理学研究院
太陽地球圏環境予測プロジェクト (PSTEP)	草野 完也	名古屋大学 宇宙地球環境研究所
地震発生サイクルの数値シミュレーションから期待されるプレート境界面上の固着やすべりの時空間発展	中田 令子	東北大学大学院理学研究科 地震・噴火予知研究観測センター

環境分野		
都市温暖化緩和のための都市環境デザインガイドラインの作成	田中 貴宏	広島大学 大学院工学研究院
計算科学分野		
低炭素社会実現のための物質・材料に関する密度汎関数法による研究	奈良 純	物質・材料研究機構
塩分成層流体中の乱流と物体まわりの流れ	花崎 秀史	京都大学 大学院工学研究科
Active と passive なスカラー場におけるスカラー勾配の共変性に基づく乱流維持機構の解明	高木 洋平	横浜国立大学 大学院工学研究院

地球シミュレータ所内課題

課題名	課題責任者 氏名	課題責任者所属
大気・海洋分野		
北極域環境変動メカニズムの解明に向けた高解像度海氷海洋結合モデリング	渡邊 英嗣	海洋研究開発機構 地球環境部門 北極環境変動総合研究センター
四次元変分法データ統合システムを用いた全球長期海洋環境の再現	長船 哲史	海洋研究開発機構 地球環境部門 海洋観測研究センター
「日本沿海予測可能性実験」のための海洋モデル大規模計算	宮澤 泰正	海洋研究開発機構 付加価値情報創生部門 アプリケーションラボ
数ヶ月から数 10 年スケールの気候予測とそのアプリケーション	Swadhin Behera	海洋研究開発機構 付加価値情報創生部門 アプリケーションラボ
全球非静力学モデルを用いた高解像度計算による気象擾乱の発生・発達メカニズムとその予測可能性に関する研究	那須野 智江	海洋研究開発機構 地球環境部門 環境変動予測研究センター
長期的気候変動予測のための高精度気候モデルの開発研究	河宮 未知生	海洋研究開発機構 地球環境部門 環境変動予測研究センター
地球環境変動予測に向けた北極域の変動とその全球的影響の解明	小室 芳樹	海洋研究開発機構 地球環境部門 北極環境変動総合研究センター
海洋の渦・前線とそれらが生み出す大気海洋現象の解明	野中 正見	海洋研究開発機構 付加価値情報創生部門 アプリケーションラボ
アンサンブル同化手法を用いた観測システムの最適化に関する研究	山崎 哲	海洋研究開発機構 付加価値情報創生部門 アプリケーションラボ
地球科学分野における複雑乱流プロセスの数値研究	松田 景吾	海洋研究開発機構 付加価値情報創生部門 地球情報基盤センター
持続的な安全社会の構築に資する先端的マルチスケール環境予測シミュレーション法と周辺技術の開発	松田 景吾	海洋研究開発機構 付加価値情報創生部門 地球情報基盤センター
中層大気の季節内～季節スケール予測	渡辺 真吾	海洋研究開発機構 地球環境部門 環境変動予測研究センター
気候変動適応策の検討に資する近未来海洋予測データの作成とダウンスケール技術の開発	五十嵐 弘道	海洋研究開発機構 付加価値情報創生部門 情報エンジニアリングプログラム
地球表層における物質循環モデルの開発研究	関谷 高志	海洋研究開発機構 地球環境部門 北極環境変動総合研究センター
海洋地球科学における同期現象の数理	河村 洋史	海洋研究開発機構 付加価値情報創生部門 数理学・先端技術研究開発センター

固体地球・宇宙分野		
幅広いプラントル数における対流と固体地球惑星科学への応用	宮腰 剛広	海洋研究開発機構 付加価値情報創生部門 数理科学・先端技術研究開発センター
先端的固体地球シミュレーションコードの開発	古市 幹人	海洋研究開発機構 付加価値情報創生部門 数理科学・先端技術研究開発センター
全球地震波伝播シミュレーション	坪井 誠司	海洋研究開発機構 付加価値情報創生部門 地球情報基盤センター
物性不均質性・不確かさを考慮した信頼性の高い数値計算・パラメータ推定による固着すべり・推移予測・地震津波ハザード予測の統合的研究	堀 高峰	海洋研究開発機構 海域地震火山部門 地震津波予測研究開発センター
粒子法シミュレーションを用いた高出力レーザによる岩石熔融プロセスの最適化	川人 洋介	海洋研究開発機構 超先鋭研究開発部門 超先鋭技術開発プログラム
粒子-ブラソフ混成シミュレーションによるイオン加速の研究	簗島 敬	海洋研究開発機構 付加価値情報創生部門 数理科学・先端技術研究開発センター
地震シミュレーションと機械学習の融合による自動震源決定	杉山 大祐	海洋研究開発機構 付加価値情報創生部門 情報エンジニアリングプログラム
残留応力場における動的破壊進展解析	廣部 紗也子	海洋研究開発機構 付加価値情報創生部門 数理科学・先端技術研究開発センター
汎用並列地震応答解析手法の開発と応用	堀 宗朗	海洋研究開発機構 付加価値情報創生部門
計算科学分野		
海洋地球科学への応用に資する画像認識系深層学習の基盤技術開発	松岡 大祐	海洋研究開発機構 付加価値情報創生部門 情報エンジニアリングプログラム
環境分野		
暑熱環境改善策のシナリオと評価に関する研究	杉山 徹	海洋研究開発機構 付加価値情報創生部門 情報エンジニアリングプログラム

地球シミュレータ機構戦略課題「チャレンジ利用課題」

課題名	課題 責任者氏名	課題責任者所属
大気・海洋分野		
極端現象の予測精度向上を目指した予測モデルの改良	馬場 雄也	海洋研究開発機構 付加価値情報創生部門 アプリケーションラボ
日本全国の地域詳細な極端気象の将来予測に資する高解像度多量アンサンブル気候データセットの作成	高薮 出	気象業務支援センター 第一研究推進室
3次元弾性地下構造の曖昧さを考慮した多数回地殻変動解析	堀 高峰	海洋研究開発機構 海域地震火山部門 地震津波予測研究開発センター
地震震源の対蹠点における理論地震波形による地球内核構造の推定	坪井 誠司	海洋研究開発機構 付加価値情報創生部門 地球情報基盤センター
GPU 対応・宇宙流体シミュレーションコードの開発	蓑島 敬	海洋研究開発機構 付加価値情報創生部門 数理科学・先端技術研究開発センター

3. 地球シミュレータの変遷

地球シミュレータは、2002年に初代システムが運用を開始し、地球温暖化に関するIPCC第4次および第5次報告書への貢献をはじめ地球科学ならびに関連科学技術の発展に多くの貢献をしてきました。2009年3月には二代目のシステム(ES2)への更新が行われました。その間、フラッグシップ・システムから、海洋地球科学分野を主とした計算を担当するシステムへと役割が変わりましたが、この分野を中心に多くのユーザに利用されてきました。ES2は、2015年2月末日をもって運用を終了し、同年3月から三代目の地球シミュレータ(ES3)の運用を開始しました。ES3では省エネルギー化を達成するとともに、引き続き海洋地球科学分野を中心とした研究を推進するHPC基盤システムとして活用されるように運用を行ってまいりました。

2021年2月末日のES3運用終了に備え、四代目の地球シミュレータ(ES4)の調達が進められました。このES4の調達にあたっては、従来の地球シミュレータで行われてきた地球科学研究の更なる発展と、これまで行われてこなかったような新機軸の研究も実施可能とするシステムを目指すとともに、更なる省エネルギー化の達成を目指す方針が立てられました。具体的な仕様策定には機構研

究者と運用側技術者が一体となって取り組みました。調達は新型コロナ禍においても遅滞なく進められ、2019年6月に資料招請、2020年5月入札公示、同8月に開札を行い、機種を決定しました。2021年2月末に予定通りGPU搭載ノード部以外の検収を行って3月より試験運用に入り、5月末にはGPU搭載ノード部の検収も完了して、6月より正式運用を開始しました。

ES4の総理論演算性能はES3の約14.9倍、総ストレージ容量は約12.8倍に向上しました。ES4の大きな特徴は、汎用的なx86互換CPUをベースとしてベクトルエンジンやGPUといったアクセラレータを組み合わせたマルチアーキテクチャ構成を採用した点です。これにより従来の研究を発展させるだけでなく、これまでは実施が難しかった新しい研究テーマ(新規研究)の実施を可能とします。また全ノード計算や複数のアーキテクチャを組み合わせたプログラム実行も可能です。このES4により、従来から行われてきた地球環境変動などの研究や地殻変動、地震のメカニズムの解明、津波被害の予測などの更なる発展のほか、人工知能(AI)技術を用いた研究のような新規研究による成果創出が期待されます。



図2：地球シミュレータ(ES4)