

Collaborative Analysis of Large-Scale Simulation Data on Solid Earth Sciences

Project Leaders

Akira Kageyama The Earth Simulator Center, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

David A. Yuen Department of Geology and Geophysics, University of Minnesota
Minnesota Supercomputing Institute, University of Minnesota

Authors

Masanori Kameyama^{*1}, Akira Kageyama^{*1} and David A. Yuen^{*2,3}

*1 The Earth Simulator Center, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

*2 Department of Geology and Geophysics, University of Minnesota

*3 Minnesota Supercomputing Institute, University of Minnesota

Keywords: solid earth simulation, mantle convection, data analysis, visualization

1. Large-Scale Three-Dimensional Numerical Simulation of Mantle Convection with post-perovskite phase transition

The Solid Earth Simulation Group of the Earth Simulator Center (SESG/ESC) is conducting numerical simulations of mantle convection in a three-dimensional rectangular domain, as a part of their own research project "Dynamics of Core-Mantle Coupled System". Among them, the studies of mantle convection with newly-discovered post-perovskite (PPV) phase transition is chosen as a topic of the collaboration with Department of Geology and Geophysics, University of Minnesota (DGG/UMN). Here we performed time-dependent simulations of convection in a box of 3000 km height and aspect ratio of $6 \times 6 \times 1$, using $512 \times 512 \times 128$ mesh divisions. The details of numerical simulations can be found elsewhere [1]. Calculations for several cases suggest that under certain conditions a strong latent heat exchange during the PPV phase transition can exert a significant impact on convective flow patterns and thermal state in the lowermost mantle.

2. Transportation and Analysis of Simulation Data

This collaborative research requires an exchange of a large amount of data between SESG/ESC and DGG/UMN. Mantle convection simulations contain, in general, at least four fundamental variables, namely temperature field and three components of velocity vectors. In the model problems employed here ($512 \times 512 \times 128$ mesh divisions), each file

containing snapshot data of one variable is as big as about 130MB when storing in single precisions. In addition, detailed analysis of the simulated results needs data of several tens or even a hundred snapshots. Taken together, we need to handle several hundred GB of data through the collaboration. Such a large amount of data transfer has rarely been attempted in the field of solid earth sciences.

In this collaborative works, we employed a "primitive" manner of data transportations. The simulation data are put in hard drives, which are transported between SESG/ESC and DGG/UMN. For the safety of these drives, the hard drives are brought together when either side of researchers visits the other. In FY2005, SESG/ESC transported the simulation data of about 600 GB (corresponding to more than one thousand snapshots) to DGG/UMN. The simulation data is analyzed by both sides of this collaboration. In the DGG/UMN side, the data is analyzed or visualized by their own software, as shown in Figure 1. Some of the produced images are exchanged and shared with the two parties. In the DGG/UMN, the generated images can be also displayed on the "PowerWall", a room-sized, high-resolution projection system installed in Minnesota Supercomputing Institute.

References

- [1] M. Kameyama and D. A. Yuen. 3-D convection studies on the thermal state in the lower mantle with post-perovskite phase transition. *Geophys. Res. Lett.*, 33, doi:10.1029/2006GL025744, 2006.

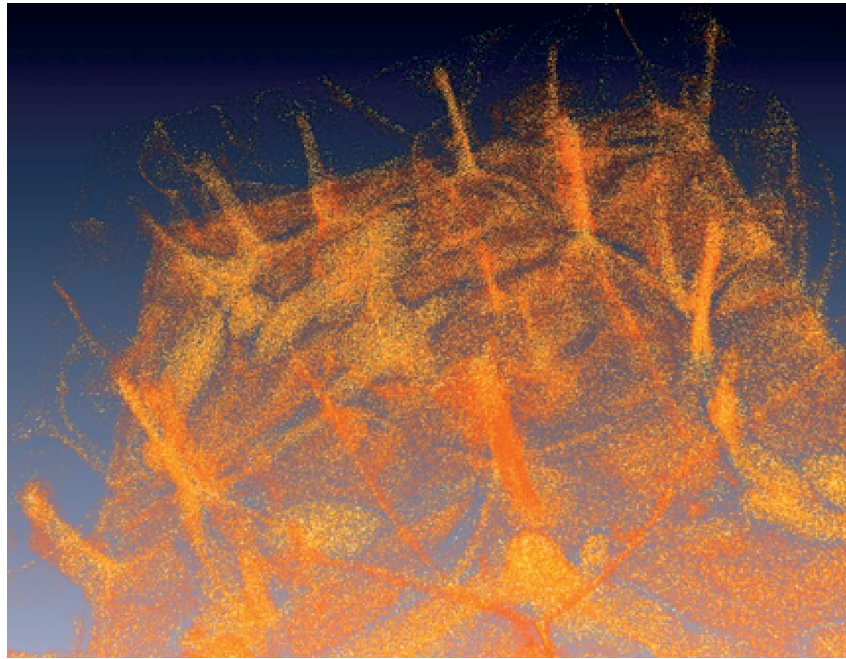


Fig. 1 Visualization of mantle convection simulation by researchers at University of Minnesota. Shown are the three-dimensional distributions of horizontal temperature anomalies.

ミネソタ大学とのMOU共同研究： 固体地球シミュレーションに関する大規模データの解析

プロジェクトリーダー

陰山 聡

海洋研究開発機構 地球シミュレータセンター

David A. Yuen

Department of Geology and Geophysics, University of Minnesota

Minnesota Supercomputing Institute, University of Minnesota

著者

亀山 真典^{*1}, 陰山 聡^{*1}, David A. Yuen^{*2,3}

*1 海洋研究開発機構 地球シミュレータセンター

*2 Department of Geology and Geophysics, University of Minnesota

*3 Minnesota Supercomputing Institute, University of Minnesota

キーワード：固体地球シミュレーション， マントル対流， データ解析

ミネソタ大学側のコンタクトパーソンであるYuen教授の地球シミュレータセンター訪問(平成16年1月)を契機に、固体地球シミュレーションデータの可視化を中心とした研究協力を行うこととなった。この目的は、固体地球シミュレーショングループで実施している大規模なシミュレーションデータの可視化・解析作業を効率化すること、及びこの作業を通してミネソタ大学側の若手研究者の啓蒙やトレーニングに資することである。

ミネソタ大学ではPowerWall型の大規模・高精細スクリーンを所有しており、これを用いることで大規模計算領域全体を「そのまま」の高解像度で可視化することが可能となっている。さらにミネソタ大学のシステムでは、静止画の表示だけでなく、連続表示によるアニメーションもほぼリアルタイムで実現できていることも大きな利点である。これらの特徴を最大限活用するためには、「時系列」の大規模シミュレーションデータを、「間引き」や「領域の切り出し」をすることなく提供することが肝要である。

その目的を達成するための工程として、ESCでは固体地球シミュレーショングループで実施している3次元箱型形状の高

分解能マントル対流シミュレーションデータの一部を、そのままの状態でもミネソタ大へ提供している。データの提供は最も原始的な方法、即ちデータを収納したハードディスクを相互の訪問の機会に交換するという方法によって行い、今年度提供したデータ量は600GB以上にも及ぶ。このデータ解析及び可視化画像の作成作業は固体地球シミュレーショングループとミネソタ大学の大学院生・若手研究者の連携のもとに行われ、ミネソタ大学側で作成された画像や解析結果の一部はESCへも還元されている。

この共同作業を通して、最近発見されたマントル最深部での鈹物相転移(ポストペロプスカイト相転移)がマントル対流に与える影響が明らかになった[1]。

References

- [1] M. Kameyama and D. A. Yuen. 3-D convection studies on the thermal state in the lower mantle with post-perovskite phase transition. *Geophys. Res. Lett.*, 33, doi:10.1029/2006GL025744, 2006.