

# 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<sup>\*1</sup>, Akira Kageyama<sup>\*1</sup> and David A. Yuen<sup>\*2,3</sup>

\*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 Variable Thermal Conductivity

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 variable thermal conductivity 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  $6 \times 6 \times 1$ , using  $512 \times 512 \times 128$  mesh divisions and 8 or 16 processor nodes of the Earth Simulator. The details of the numerical simulations can be found elsewhere<sup>1,2</sup>. Calculations for several cases suggest that under certain conditions the modest variation in thermal conductivity can exert significant impact on convective flow patterns, by stabilizing the boundary-layer instability at the bottom surface and by enlarging horizontal spacings of upwelling plumes. These results may imply the potential importance of the radiative heat transfer in the occurrence of "superplumes" observed in the Earth's 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 130 MB 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. By the end of FY2004, SESG/ESC transported the simulation data of about 800 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, it is analyzed on a high resolution display system installed in Minnesota Supercomputing Institute. The time development of the mantle convection is displayed with fine details on the room-sized, high resolution wall screen as shown in Fig. 1.



Fig. 1 Visualization of mantle convection simulation on a high resolution display wall of University of Minnesota.

**References**

- 1) Masanori Kameyama, David A. Yuen, and Akira Kageyama, "High-resolution 3-D numerical studies on the interplay between variable thermal conductivity and post-perovskite phase transition", *Eos Trans AGU*, vol. 85, no. 47, Fall Meet. Suppl., Abstract MR23A-0194, 2004.
- 2) Akira Kageyama, Masanori Kameyama, Masaki Yoshida, and Mamoru Hyodo, "Computer Simulations of Geodynamo and Mantle Convection", *Annual Report of the Earth Simulator of Fiscal Year 2004, 2005*.

## 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 地球シミュレータセンター 海洋研究開発機構  
David A. Yuen Department of Geology and Geophysics, University of Minnesota  
Minnesota Supercomputing Institute, University of Minnesota

著者

亀山 真典\*<sup>1</sup>, 陰山 聡\*<sup>1</sup>, David A. Yuen \*<sup>2,3</sup>

\*1 地球シミュレータセンター 海洋研究開発機構

\*2 Department of Geology and Geophysics, University of Minnesota

\*3 Minnesota Supercomputing Institute, University of Minnesota

ミネソタ大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研究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効果的な可視化・解析を行うこと、及びこの作業を通してミネソタ大学側の若手研究者のトレーニングに資することである。

現在は、ESCで行なっている固体地球シミュレーションデータの一部をミネソタ大へ提供し、ミネソタ大の高精細大規模スクリーンを用いて動画の表示やその解析を行っている。この共同研究を通じて、マントル物質の熱伝導率の温度依存性がマントル対流において重要な意味を持つことが明らかになった。この成果はAGU (American Geophysical Union) 2004年秋季大会で発表した。

具体的には、ESCが計算した箱形状のマントル対流シミュレーションのデータを、ミネソタ大学に設置されているPowerWall型の大規模・高精細スクリーンを用いて可視化・解析した。ミネソタ大学では、このスクリーンを用いて大規模なシミュレーションのデータを、解像度を落とさずに(つまり間引きせずに)そのまま、しかもアニメーションで表示させるためのシステムを開発しており、その完成度は高い。今年度は、地球シミュレータで得られたマントル対流のシミュレーションデータ(約800GB)をハードディスクに入れて直接ミネソタ大学まで運んだ。そのデータを実際にこのスクリーンシステムで可視化してみた結果、その威力を実感した。特に、対流の全体的な構造を把握したまま、同時に微細な構造の時間変化の様子を観察することができることは印象的であった。大規模・高精細なスクリーンを活用したこのような可視化手法は、マントル対流シミュレーションをはじめ固体地球シミュレーションのデータ解析には非常に有用な道具となるであろう。

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, 可視化