

太陽対流層内部における乱流角運動量輸送のプラントル依存性に関する研究

報告書番号：R17JACA30

利用分野：JSS2大学共同利用

URL：<https://www.jss.jaxa.jp/ar/j2017/4293/>

● 責任者

戸次宥人 東京大学大学院理学系研究科 地球惑星科学専攻

● 問い合わせ先

戸次宥人 bekki@mps.mpg.de

● メンバ

戸次宥人,横山央明,堀田英之

● 事業概要

太陽対流層内部における乱流的な対流運動による熱エネルギー・角運動量輸送過程を理解することは、太陽固有磁場の生成・維持（ダイナモ）機構を解明する上で重要である。本研究では、数値シミュレーションでは捉えきれない乱流ダイナモの効果を実効的なプラントル数の上昇とモデル化することで、近年問題となっていた熱対流速度の理論と観測との乖離を緩和する機構を新たに提案し、これを数値的に実証した。一方で、高プラントル数熱対流による角運動量輸送まで考慮すると、観測的な差動回転維持の観点から問題を生じてしまうことが判明した。今後は境界層の影響を吟味することで、対流による熱エネルギー輸送と角運動量輸送の問題の統一的な解決を目指す方針である。

● JSS2 利用の理由

太陽熱対流の大スケール(低波数)成分を調べるためには、対流層の底で駆動される対流スケールを含むような大規模数値計算を行う必要がある。

● 今年度の成果

今年度は、圧縮性プラズマの回転系熱対流を局所3次元デカルト座標で解く数値シミュレーションコードを新たに開発することから始めた。開発された計算コードの妥当性を小規模なテスト計算によって確認した後、JAXA/JSS2 を用いて大規模な高プラントル数熱対流数値計算を行った（Figure.1, Movie.1）。高プラントル数レジームでは、下降流プルームによる非局所的な熱輸送が支配的になり、結果として対流層の下部に形成される対流安定な亜断熱層が強化される様子が確認できる。

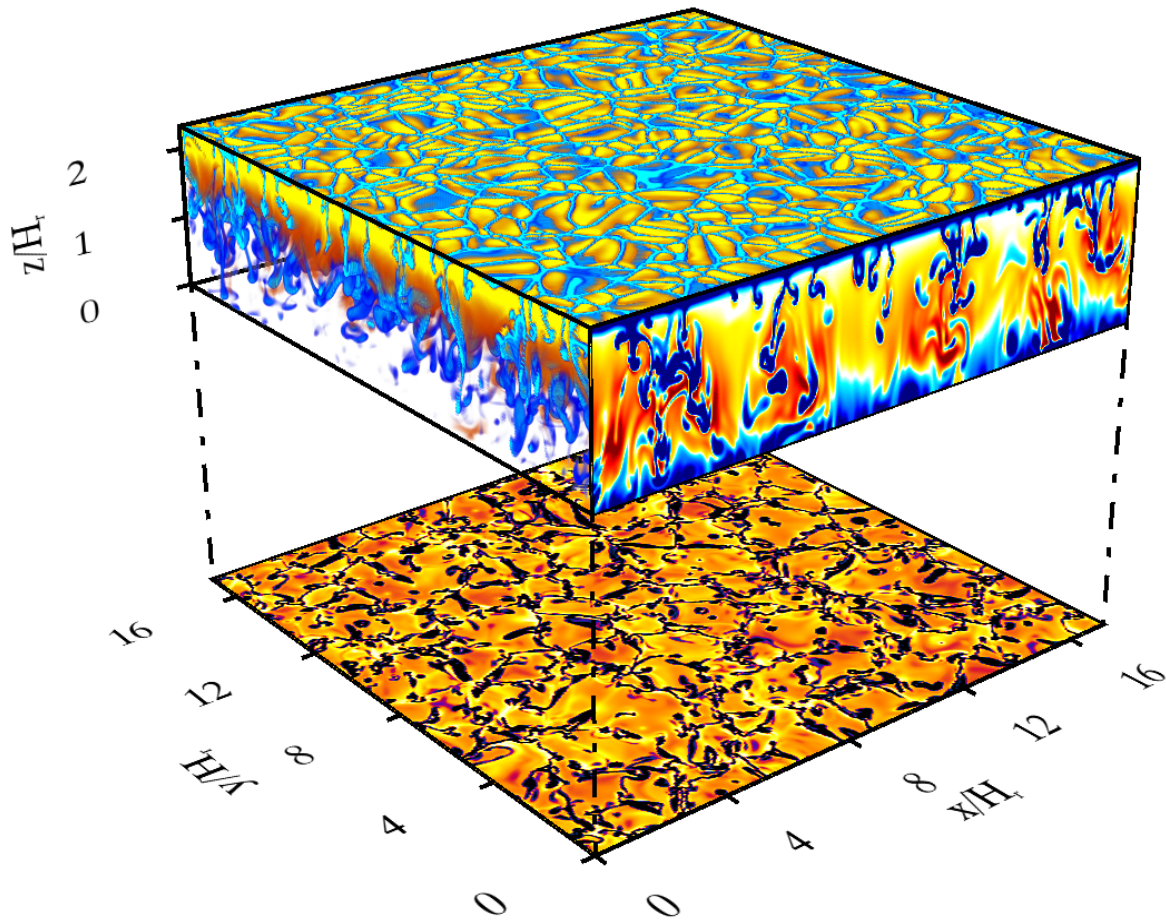


図1 高プラントル数熱対流におけるエントロピー構造。
光球下における水平断面を下段に示している。

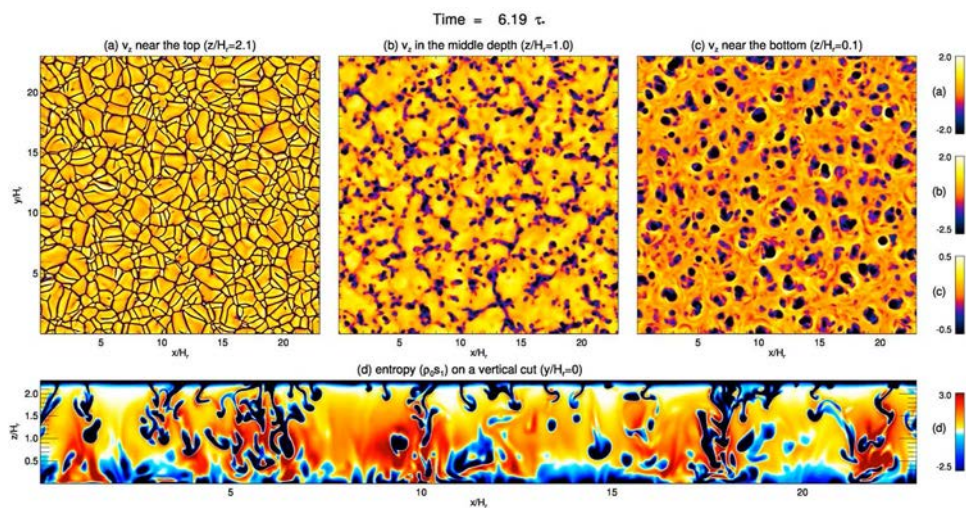


図2 (上:左) 表面付近 (上:中央) 対流層中層 (上:右) 底付近における鉛直速度分布。
(下) エントロピーの鉛直断面。

● 成果の公表

● 査読付論文

- 1) Y. Bekki, H. Hotta, and T. Yokoyama., "Convective velocity suppression via the enhancement of the subadiabatic layer: Role of the effective Prandtl number", *The Astrophysical Journal*, 851;74 (2017)

● 口頭発表

- 1) Y. Bekki, H. Hotta, and T. Yokoyama., "Effects of the enhanced subadiabatic layer in effectively high-Prandtl number thermal convection", AAS 48th SPD Meeting, Portland, OR, USA. (2017. 8. 25).
- 2) Y. Bekki, H. Hotta, and T. Yokoyama., "Effects of Prandtl number on stratified thermal convection with and without rotation", Helicity Thinkshop 3, Tokyo, Japan. (2017. 11. 21).
- 3) 戸次宥人, 堀田英之, 横山央明. 「太陽対流速度問題における実効的プラントル数の効果」日本天文学会 2018 春季会合, 千葉. (2018. 3. 16).

● ポスター発表

- 1) 戸次宥人, 堀田英之, 横山央明. 「高プラントル数レジームにおける恒星熱対流シミュレーション」第 30 回 理論懇シンポジウム, 東京. (2017. 12. 25).
- 2) Y. Bekki, H. Hotta, and T. Yokoyama., "Deep convective amplitude and stratification in an effectively high-Prandtl number thermal convection", IAU Symposium 340, Jaipur, India. (2018. 2. 19-24).

● JSS2 利用状況

● 計算情報

プロセス並列手法	MPI
スレッド並列手法	N/A
プロセス並列数	256 - 1024
1 ケースあたりの経過時間	120.00 時間

● 利用量

総資源に占める利用割合^{※1} (%) : 0.05

内訳

計算資源		
計算システム名	コア時間(コア・h)	資源の利用割合 ^{※2} (%)
SORA-MA	335,961.12	0.04
SORA-PP	0.00	0.00
SORA-LM	0.00	0.00
SORA-TPP	0.00	0.00

ファイルシステム資源		
ファイルシステム名	ストレージ割当量(GiB)	資源の利用割合 ^{※2} (%)
/home	100.14	0.07
/data	5,769.73	0.11
/ltmp	2,929.69	0.22

アーカイバ資源		
アーカイバシステム名	利用量(TiB)	資源の利用割合 ^{※2} (%)
J-SPACE	0.00	0.00

※1 総資源に占める利用割合：3つの資源(計算,ファイルシステム,アーカイバ)の利用割合の加重平均

※2 資源の利用割合：対象資源一年間の総利用量に対する利用割合