

太陽磁気活動の大規模シミュレーション



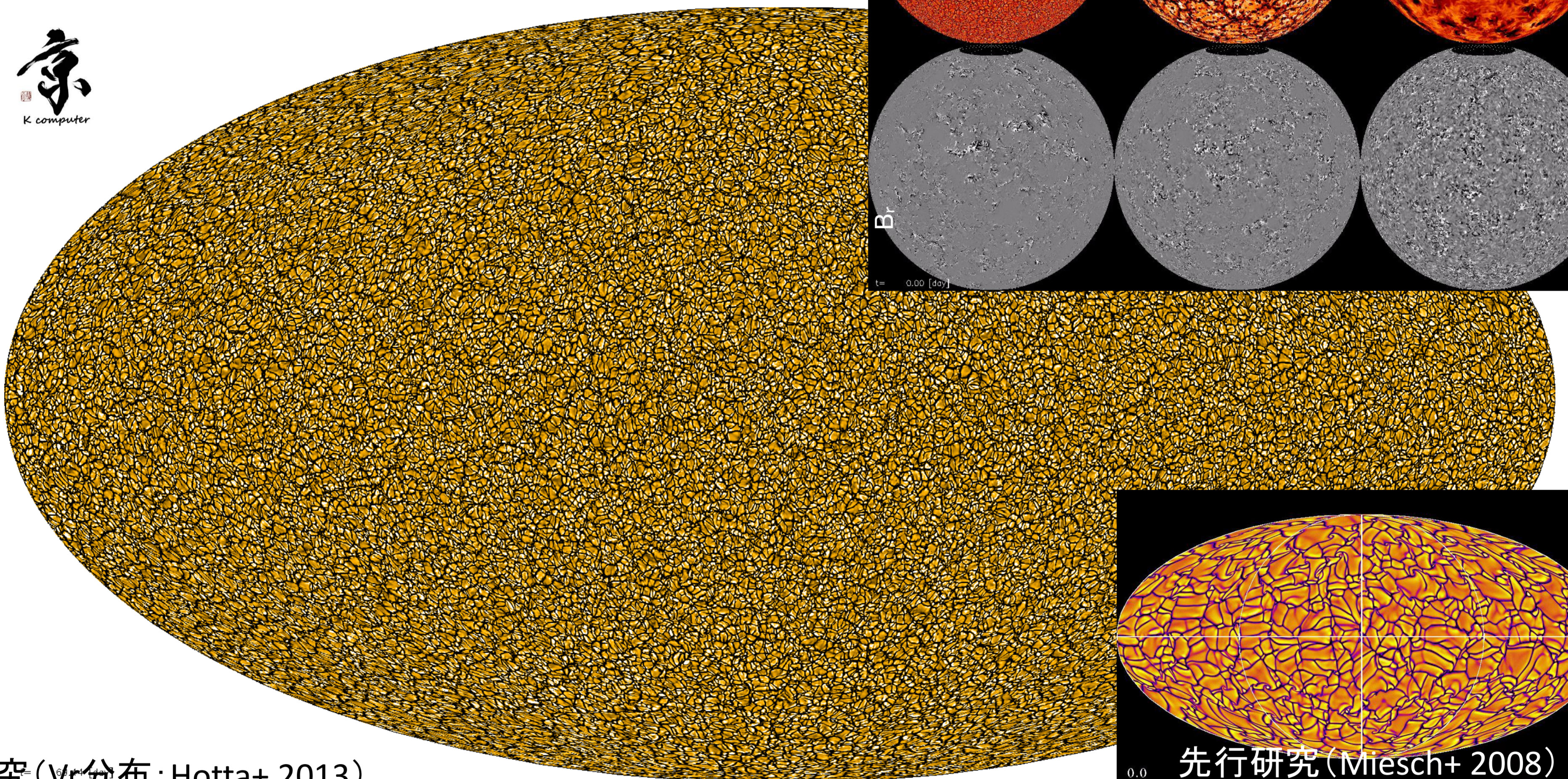
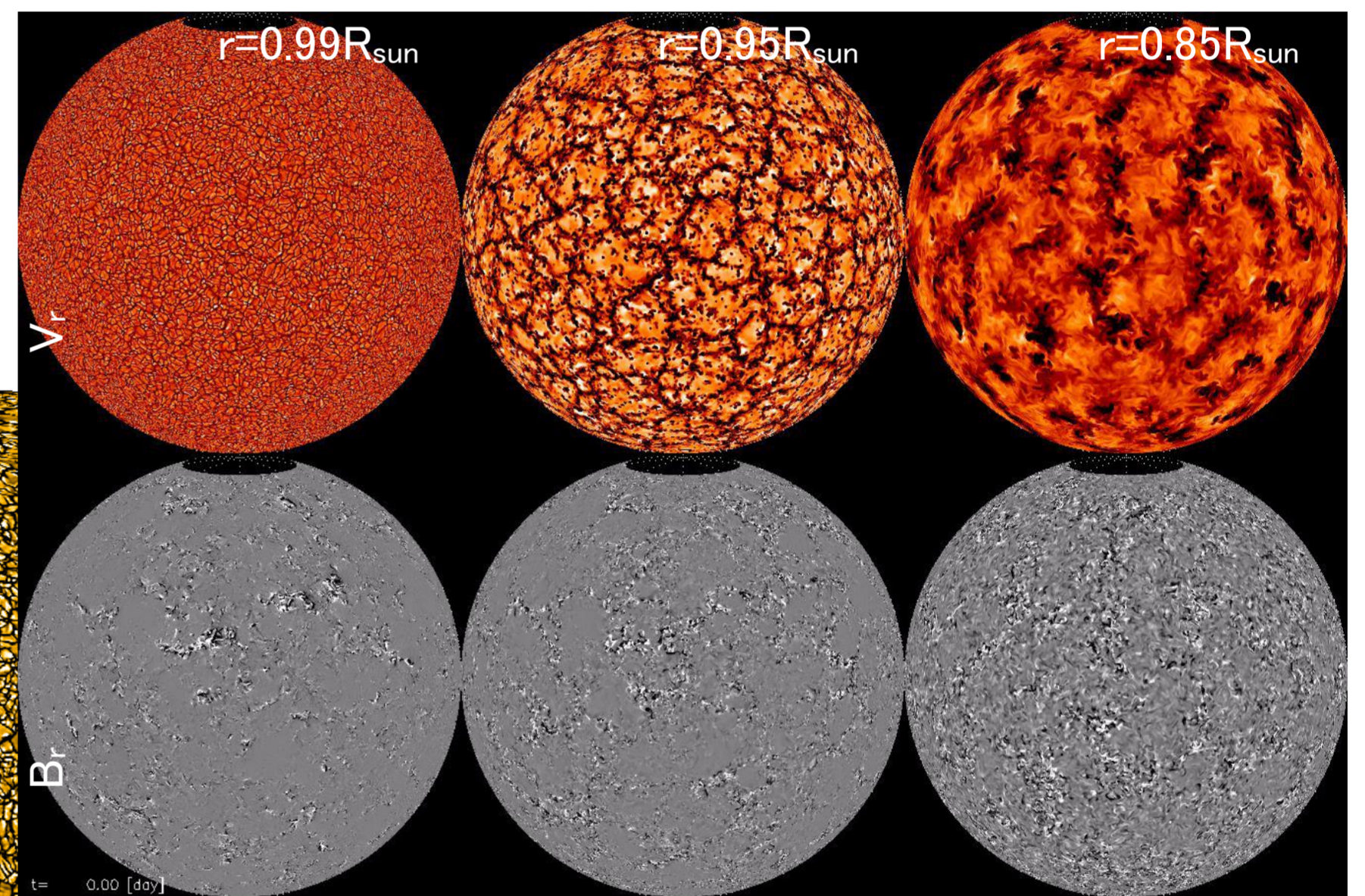
1. 研究目的

本研究の目的は、(1)東京大学情報基盤センターFX10(と理化学研究所「京」)の並列化性能をフルに発揮できる磁気流体コードを開発し、黒点周期解明をめざした太陽全球磁気熱乱流ダイナモシミュレーションを実施すること、(2)同じくFX10の並列化性能を引き出せるような非等方非線形熱伝導の陰的時間積分コードを開発し、太陽表面熱対流コロナ結合系シミュレーションを実施すること、が大きな柱である。

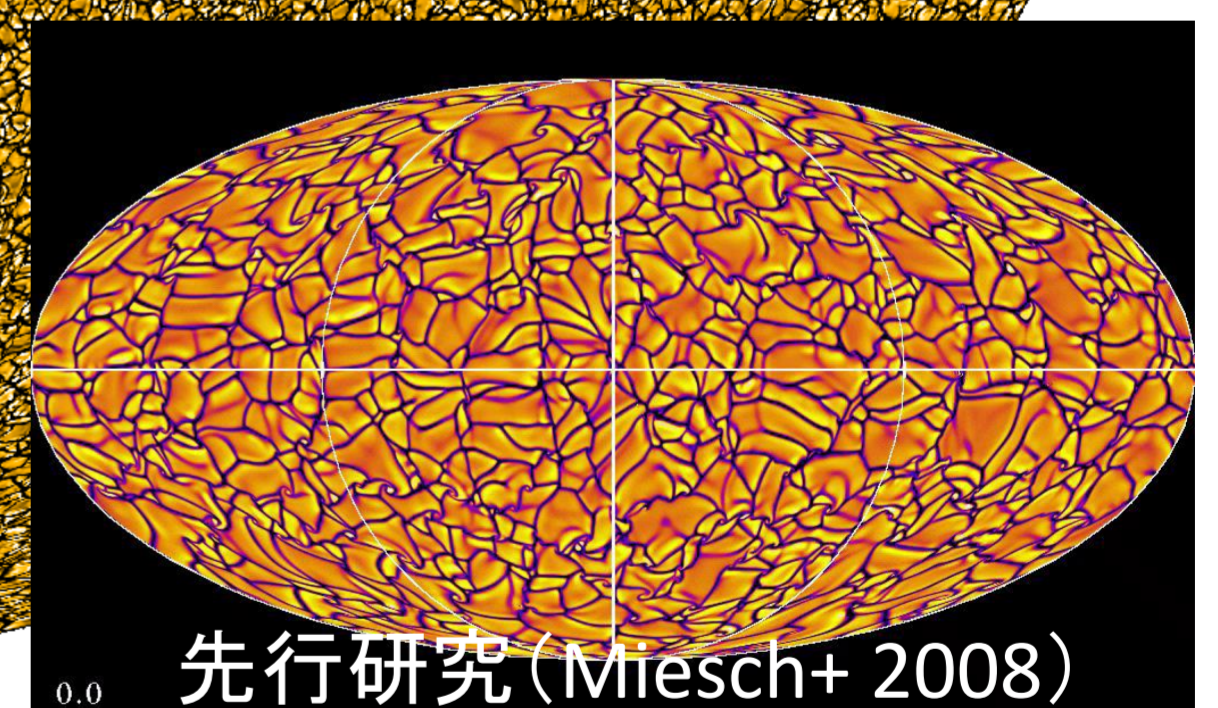
2. 太陽全球の内部熱対流と局所的ダイナモ

本研究のめざすのは、太陽活動のエネルギー源である「磁場の起源」の理解であり、そのメカニズムとしての「ダイナモ」モデルの完成である(上記課題(1))。まずチューニングの結果、使用する磁気流体コードの最大実効性能が15%(「京」)、13%(東京大学FX10)まで上昇した。このコードは、本グループの堀田英之らが独自開発した音速抑制法を実装している。それを生かして、世界最大ダイナミックレンジかつ最大解像度の、(自転ゼロでの)太陽内部磁気熱対流計算を実施できた。太陽表面直下の小スケールと底部の大スケールとの対流渦の階層構造を実現し、とくに局所的ダイナモ機構に新しい知見を得た。

	Miesch+2008	本研究
解像度	257x1024x2048	720x1280x3072
$\rho(r_{min})/\rho(r_{max})$	132	613
r_{max}	0.98R _{sun}	0.99R _{sun}



本研究(v_r 分布: Hotta+ 2013)



3. マトリックスソルバーの高速化

太陽表面熱対流コロナ結合系シミュレーション(上記課題(2))のために、非等方非線形熱伝導の陰的時間積分コードの主要計算エンジンとなるマトリックスソルバーの開発を実装している(飯島・中島・松本が主に担当)。ソルバーとしては、係数行列が非対称であるため、前処理付きKrylov法の一種であり、安定性に優れたFlexible GMRES法を実装した。またKrylov系解法で多くの時間を要する行列ベクトル積の高速化のため、DIAGONAL storage format (DIA)、ELLpack-itpack format (ELL)、Compressed Sparse Row format (CSR)などの係数行列の保存方法について、実際に実装して速度を比較検証した。

その結果、有限差分的なステンシルに対して比較的高速なDIA形式を採用することにした。今後はどのような前処理が適当かを調べるため、実際の計算中に現れる係数行列に対して、不完全LU分解などを前処理としたときにどの程度の収束改善が期待出来るか調べていく予定。