

太陽、降着円盤における磁気回転不安定性

政田洋平 [国立天文台/神戸大学 (平成 22 年 5 月 1 日より)]

利用カテゴリ XT4C · SX9A · 汎用 PC

成果の概要を記入してください。pdf のファイルサイズの上限は 2MB とします。

1. 太陽の内部差動回転を駆動・維持する物理機構 (= MHD 乱流) の発見

太陽ダイナモの鍵を握る tachocline 層 (対流層と放射層の間の遷移層) において、MHD 乱流が成長することを明らかにした。また、MHD 乱流駆動領域 (図 1 左) と観測から示唆される太陽内部の異常熱生成領域 (図 1 右) が一致する事を発見した。さらに、tachocline 層を模擬した MHD シミュレーションの結果を基に、高緯度 tachocline での高い熱生成率が、MHD 乱流に起因した乱流加熱によって説明できることを示した。tachocline の異常熱生成領域は、太陽の内部差動回転の維持にとって最重要な領域であることが指摘されていたが、これまでその形成要因は不明であった (c.f., Rempel 2005)。今回の発見は、小スケールで駆動される MHD 乱流が、太陽の内部差動回転を生む原因になっていることを示唆しており、太陽ダイナモ機構の解明へ向けての building block となる重要な成果である (Masada 2010, Submitted to ApJ)。

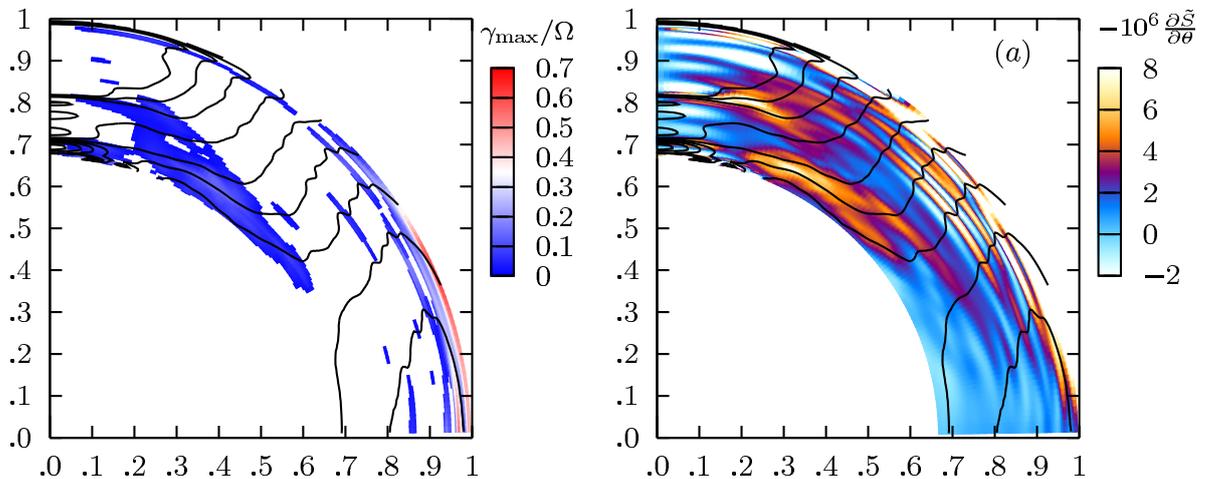


図 1: 子午面上 (横軸: 赤道、縦軸: 回転軸) に、MHD 乱流強度 (左図) と観測が示唆する太陽内部の熱生成率 (右図) をマッピング。縦・横軸は太陽半径で規格化。黒実線は観測から得られた等角速度コントア。高緯度 tachocline 層 ($0.68 < \tilde{r} < 0.72$) で乱流駆動領域と異常熱生成領域が一致する。

2. MRI 駆動 MHD 乱流に対する粘性散逸の効果の解明

近年、MRI 乱流の物理的性質が、磁気プラントル数 ($Pm \equiv \nu/\eta$, ν は粘性係数、 η は磁気拡散係数) の大きさに依存する事が指摘されている (c.f., Fromang et al. 2007; Lesur & Longaretti 2007; Masada & Sano 2008; Balbus & Henri 2008; Simon et al. 2009)。我々は MHD シミュレーションを駆使し、MRI 乱流に対する散逸の影響を詳しく調べた。解析の結果、磁気拡散とは異なり、粘性散逸には MRI 乱流を減衰させる効果は無く、むしろ

ろ粘性が大きいほど乱流 Maxwell 応力が増大することを確認した。さらに、MRI 乱流の性質は磁気プラントル数ではなく、むしろレイノルズ数と磁気レイノルズ数の2つのパラメータに依存していることがわかった。粘性による MRI 乱流の増幅は、単純な線形理論からは予想できない振る舞いであり、非線形相互作用の結果現れた MRI 乱流の新しい性質である (次ページ図 2 参照 : Masada, Sano & Taam 2010 in prep)。

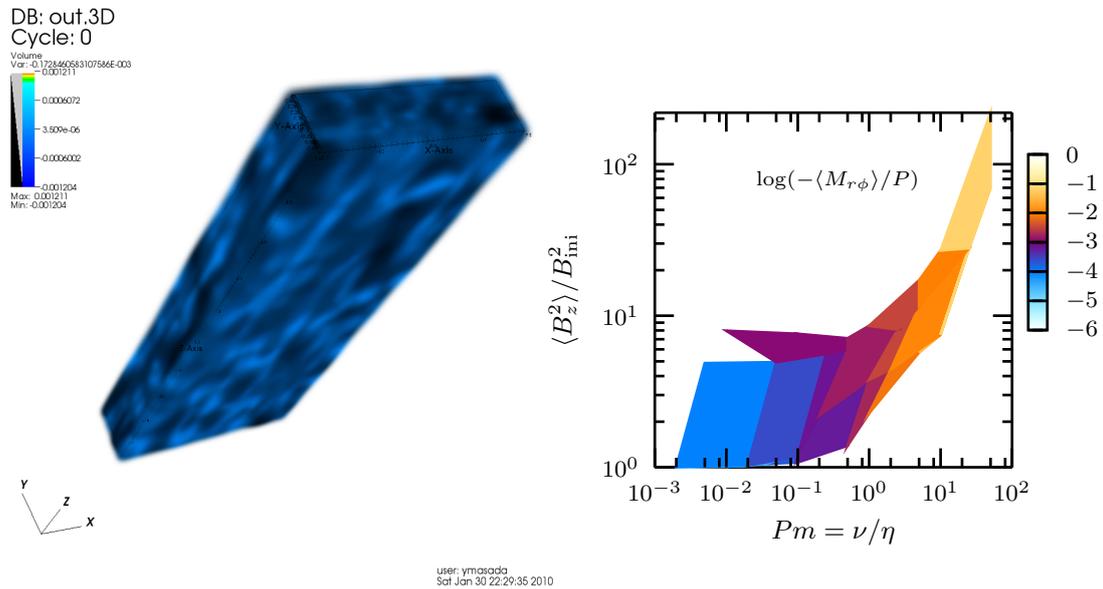


図 2: (左図): 粘性流体中での MRI 駆動乱流の 3 次元可視化画像。色の濃淡は動径磁場の強度を表す。(右図): MRI 乱流が駆動・維持する Maxwell 応力の磁気プラントル依存性。カラーマップは、圧力で規格化された乱流 Maxwell 応力 (対数表示)。横軸は磁気プラントル数、縦軸が乱流磁場強度。磁気プラントル数が大きいほど、乱流 Maxwell 応力が増大しているのがわかる (Masada, Sano & Taam 2010)