

国立天文台 天文学データ解析計算センター
成果報告書 (平成16年度)

提出期限：平成17年3月14日(月)17:00 必着

応募カテゴリ（いずれかを選択） B

システム（いずれかを選択） VPP

プロジェクト ID: rts30

研究代表者（現在のユーザ ID : sanotk）

氏名	佐野 孝好	
所属機関名	大阪大学レーザーエネルギー学研究センター	
連絡先住所	〒 565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-6	
電話番号	06-6879-8747	
E-mail	sano@ile.osaka-u.ac.jp	
職または学年	助手	
研究代表者が学生の場合には指導教官の氏名		

研究課題名

(和文)	降着円盤中での磁気リコネクション過程の解明と磁場散逸率の定量的解析
(英文)	Magnetic Reconnection in Accretion Disks

研究分担者

[illegible]

成果に関連して出版、もしくは印刷、投稿中の論文リスト

(1) このプロジェクト（同様の過去のプロジェクトも含む）での成果

- 今年度中に出版された論文
“Angular Momentum Transport by Magnetohydrodynamic Turbulence in Accretion Disks: Gas Pressure Dependence of the Saturation Level of the Magnetorotational Instability Authors”
Takayoshi Sano, Shu-ichiro Inutsuka, Neal J. Turner, & James M. Stone
The Astrophysical Journal, 04/2004, Volume 605, pp. 321-339.
- 国際会議
2004 年 11 月 28 日-12 月 3 日: 研究会「Magnetic Fields in the Universe: from Laboratory and Stars to Primordial Structures」(ブラジル・アングラドスレイス)
題目: “Local Behavior of Magnetorotational Instability in Accretion Disks” (口頭発表)
発表者: 佐野孝好
2005 年 3 月 8-10 日: 研究会「Magnetic Reconnection 2005」(淡路島)
題目: “Magnetic Reconnection in MHD Turbulence in Accretion Disks” (口頭発表)
発表者: 佐野孝好
- 学会
2004 年 9 月: 日本物理学会 (青森)
題目: 「天体プラズマにおける磁気流体不安定」(招待講演) 発表者: 佐野孝好
2004 年 9 月: 日本天文学会 (盛岡)
題目: 「磁気リコネクションによる磁気回転不安定の飽和過程」発表者: 佐野孝好、犬塚修一郎
2005 年 3 月: 日本物理学会 (野田)
題目: 「降着円盤における磁気乱流の局所的解析」発表者: 佐野孝好
- 研究会発表
2005 年 1 月 13 日: 研究会「乱流現象と力学系的縮約」(京都)
題目: 「降着円盤における磁気回転不安定の飽和機構について」発表者: 佐野孝好
2005 年 1 月 17 日: 研究会「太陽系外惑星の新展開」
題目: 「原始惑星系円盤の進化における磁場の影響」発表者: 佐野孝好、小山洋

(2) これまでのプロジェクトの今年度中の成果

同上

成果の概要

原始惑星系円盤のような降着円盤に磁場が存在すると、磁気回転不安定が成長し乱流状態になる。この磁気乱流が角運動量輸送機構として働き、円盤ガスの進化を決めることになる。角運動量輸送の効率は、乱流状態での磁場の強度、すなわち磁気回転不安定の飽和レベルに依存する。我々は主に数値シミュレーションを用いて飽和乱流状態を解析し、不安定性の飽和機構の解明に取り組んでいる。

非線形飽和状態では、磁場の指数関数的成長と散逸が準周期的に現れる。磁場の増幅は、チャンネル流と呼ばれる磁気回転不安定の特徴的なモードの成長によって起こる。一方、磁場の散逸は磁気リコネクションによるものである。激しいリコネクション現象は、チャンネル流の非線形成長の直後に見られることが多い。そこで我々は、このチャンネル流の安定性を解析し、磁気リコネクションが引き起こされるまでの物理過程を調べてみた。

チャンネル流の固有関数を初期ゆらぎとして与え、その後の進化を二次元 MHD シミュレーションを用いて数値的に解析した。チャンネル流はシア一流と磁気中性面の両方を含む構造になっている。したがって、チャンネル流が成長すると (1) 速度シアーが大きくなり Kelvin-Helmholtz 不安定になる、もしくは (2) カレントシートが薄くなり tearing 不安定になることがわかった。どちらの不安定性もチャンネル流を壊し、磁気リコネクションのきっかけとなっている。

磁気レイノルズ数が 1 程度の場合、チャンネル流はシアー不安定によって崩壊する。このような不安定性の存在は線形解析によって予言されていたが (Goodman & Xu 1994)、我々が数値的に求めた不安定波長や成長率は線形解析と一致していた。また、リコネクション率や磁場の散逸率を見積ったところ、Sweet-Parker モデルの値と矛盾しない結果となった。リコネクション率の圧力依存性なども調べたが、ほとんど依存性は見られなかった。

一方、磁気レイノルズ数が非常に大きい場合、もしくは異常抵抗モデルを使った場合には、tearing 不安定がきっかけとなってリコネクションが始まることが分かった。散逸の時間スケールはシアー不安定の場合に比べ非常に早く、Petcheck モデルのリコネクションになっている可能性が高い。完全電離している降着円盤ではこちらのプロセスの方が現実的あるが、この場合は数値計算の分解能の影響を取り除くのが難しく、今後さらに詳細な解析が必要だと考えられる。

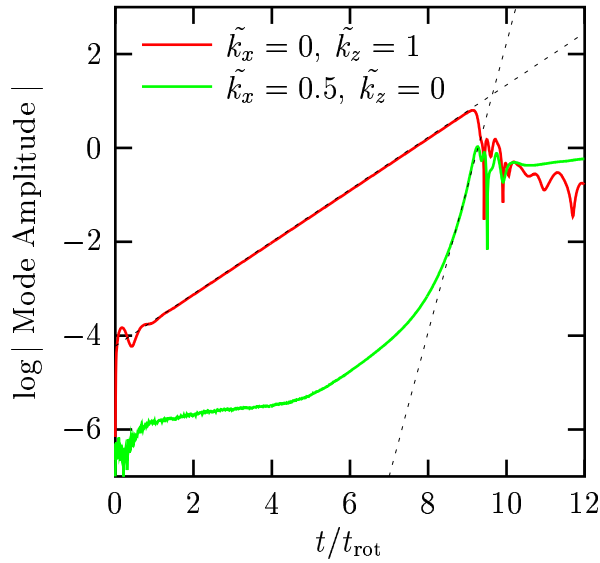


図 1: チャンネル流の非線形成長とシアー不安定の成長の時間進化。チャンネル流の成長の伴い (赤)、シアー不安定が成長していき (緑)、最終的にチャンネル流を崩壊させる。