

磁気回転不安定性の非線形段階における初期磁場構造の影響

The influence of the initial magnetic field configuration on the nonlinear state of MRI

齋 和人^{1*}, 寺田 直樹¹, 加藤 雄人¹, 松本 洋介²

Kazuhito Sai^{1*}, Naoki Terada¹, Yuto Katoh¹, Yosuke Matsumoto²

¹ 東北大・理・地球物理, ² 名古屋大・STE 研

¹Dept. Geophys., Grad. Sch. Sci., Tohoku, ²STE Lab., Nagoya

磁気回転不安定性(以下、MRI)は、降着円盤を始めとした差動回転する系において生じる MHD 不安定性の一種である。MRI は、差動回転する系において、磁場の増幅を引き起こし、その結果として、磁気乱流状態を生み出す。そのため、質量降着や、質量放出、惑星形成といった降着円盤内で生じる様々な現象を解き明かす上で、MRI とその磁気乱流の理解が必要とされている。

MRI 乱流とそれによる応力の、密度構造や、プラズマ といった初期条件に対する依存性を解明するため、今までに多くの三次元の数値シミュレーション研究が行われてきている。それによると、初期磁場の構造によって、得られる飽和状態が大きく異なることが指摘されている。Hawley et al. (1995) によると、密度一様とした非層化モデル中で、初期磁場が円盤に垂直な場合と、円盤ガスの回転方向を向く場合とを比べた際に、飽和状態の乱流応力やプラズマ が約 2 桁異なるといった結果が示されている。

しかし、現在多く行われている、中心天体の重力により密度成層したモデル(層化モデル)のシミュレーション研究では、初期磁場の設定としては、方位角成分のみの場合と、磁場の垂直成分が正弦波分布(空間平均が0)となるような場合がほとんどである。現在考えられている降着円盤の形成過程は、磁力線方向に運動して磁力線に垂直な面にガスが集まり、それが中心天体の重力に引き寄せられてスピナップし、円盤が形成される、というものである。従って、磁場の初期条件として、円盤に垂直方向の成分の空間平均が0とならない場合を考える必要がある。

そこで私たちは、独自に開発を進めている三次元 MHD コードを用いて、層化モデルの下、磁場の垂直成分が空間平均しても0にならないという初期条件で、MRI のシミュレーション研究を行った。その結果、非線形段階に移行後も緩やかな磁場の増幅が確認された。また、飽和段階に至る前で、観測から示唆されているよりも強い乱流応力と、円盤の赤道面付近における質量降着流が確認された。さらに、円盤を数周するだけで密度構造が初期状態から大きく逸脱し、そのため、計算モデルが局所近似を用いていることに伴い課されていた「シミュレーション空間全体がケプラー回転する」という境界条件が破綻することが確認された。本発表では、これまでのシミュレーションによって得られた結果に基づいて、MRI 乱流による乱流応力や磁場の増幅が円盤ガスの運動へ及ぼす影響について議論する。一方、円盤形成過程を考慮すると、磁場の初期条件として円盤に垂直方向の成分と、方位角方向の成分の両方を持っている場合も想定し得る。本発表では、方位角方向成分を考慮した初期磁場構造での磁気回転不安定性についてもシミュレーションを実施し、非線形飽和レベルの初期磁場構造に対する依存性について議論する。

キーワード: MHD, 降着円盤, 磁気回転不安定性

Keywords: MHD, accretion disk, magneto - rotational instability