

P228a 円盤の大局的磁場構造と整合する局所非理想 MHD 計算手法の開発

榎本晴日 (東京科学大学), 森昇志 (清華大学), 奥住聡 (東京科学大学)

原始惑星系円盤の進化過程において、円盤を貫く磁場が引き起こす力は円盤降着を駆動する。したがって、円盤内の物質の降着過程に基づいて惑星形成を議論するには、円盤磁場が形成する降着構造を理解することが不可欠である。円盤では鉛直磁場が駆動する磁気風により「表面降着層」が形成され、ガスの質量降着を支配する (e.g., Bai 2013)。降着流の物理構造は円盤電離度や非理想 MHD 効果に敏感であり、精密な数値検証が欠かせない。しかし局所計算は計算効率に優れる反面、円盤内で反転する物理的な磁場構造を維持することができないという問題を抱えている。円盤差動回転によって局所的に生成される方位磁場が計算領域内に蓄積すると、上下方向で磁場強度が不均衡となり鉛直バランスが崩れる。これにより角運動量の輸送は一方向に偏り、結果として円盤内で本来期待される磁場反転を維持できなくなる。

この問題に対し、局所スケールでも方位磁場の鉛直平均成分を逐次除去する (Gressel et al. 2012) ことで模擬的に大局的な磁束拡散効果を取り入れた 3D 局所非理想 MHD 流体計算を行った。結果、典型的な円盤磁場の条件下で、表面降着層は 50 軌道回転以上安定して維持された。さらに本モデルを、半径方向を自己相似と仮定して極座標 θ 方向のみを解いたセミグローバルな自己相似定常解モデル (Lesur 2021) と比較した。Lesur モデルと同一の磁気拡散係数および磁場分布を用いた計算により、降着速度や降着層厚みは Lesur の予測する自己相似解に定量的に一致し、局所計算によっても円盤内の反転磁場構造を再現できることが示された。

本手法により、低い計算コストで円盤磁場の大局構造を反映した局所計算の枠組みを構築した。得られた高解像度の鉛直構造は、電離度分布など惑星形成に直結する諸条件を系統的に検証するための基盤となる。