

P226a ホール効果を含んだ磁気流体力学の数値解法に関する比較研究

岩崎一成 (国立天文台), 富田賢吾 (東北大学)

ホール効果は非理想磁気流体効果の一つで、幅広い天体現象で重要な役割を果たす。拡散過程である他の非理想磁気流体効果 (オーム抵抗と両極性拡散) とは異なり、ホール効果はその特異な分散性により数値不安定性を引き起こすことがある。これまで数値不安定性を抑えるための複数の手法が提案されてきたが、これら手法の精度の定量的な比較は行われていない。そのため、ホール効果の数値解法は未だ確立されていない状況にある。我々は、原始惑星系円盤においてホール効果を考慮した磁気流体力学を安定かつ高精度に解くために、複数の手法を比較・検討することで、安定かつ高精度な解法を提案した (Iwasaki and Tomida 2025) ので、その結果を報告する。

本研究では2種類の手法を比較する。1つは、星・惑星形成の分野で広く使われている修正 Harten-Lax-van Leer 法 (HLL) である。これは、近似的 Riemann 解法である HLL 法の数値拡散の典型的な速度に対応するシグナル速度にグリッドサイズの波長をもつ Whistler 波の位相速度を適用した手法である (Hall-HLL 法, Tóth et al. 2008)。もう1つは、人工散逸として、電流密度ベクトルのラプラシアンに比例する電場を印加する手法である (hyper-resistivity 法, Birn et al. 2001)。様々なテスト計算に基づいて、両者を定量的に比較した結果、特に、Whistler 波の時間スケールよりも、興味ある時間スケールが十分長い問題では、hyper-resistivity 法が Hall-HLL 法よりも高精度であることがわかった。さらに、von Neumann 安定性解析を組み合わせることで、最適な hyper-resistivity 項の係数を決定した。