

天の川銀河の高解像度グローバル磁気流体シミュレーション：大局磁場と局所磁場の関係

○杉村 和幸¹ 富田 賢吾² 岩崎 一成³ 工藤 祐己⁴ 平居 悠⁵ 鈴木 建⁴ (1.北海道大学 2.東北大学 3.国立天文台 4.東京大学 5.東北公益文化大学)

星形成や分子雲形成において磁場は重要な役割を果たすことが知られているが、銀河スケールの磁場が、銀河進化においてどのような役割を果たすかや、分子雲形成の初期条件をどのように与えるかについては、いまだ理解が限られている。これまで、銀河円盤の一部を切り出して高解像度で調べるローカル計算と、銀河全体を含むグローバル計算の主に二つの方向から研究が進められてきたが、前者は銀河スケールの構造や大局磁場との接続に不定性があり、後者は十分な解像度を達成できないという問題があった。

そこで本研究では、高い並列化効率を持つ磁気流体コードAthena++と「富岳」の計算資源を組み合わせることで、天の川銀河の高解像度3次元グローバル磁気流体シミュレーションをおこない、銀河全体を含むグローバル計算でありながら、ローカル計算と同等の高解像度の計算を実現した。メッシュ細分化機能を用いて、半径10 kpc程度の銀河円盤全体を4 pc 幅のセルで分解しつつ、計算ボックス全体は一辺256 kpcとして銀河円盤を取り囲む十分広い領域も同時に扱った。本研究では、大局磁場と局所磁場の基本的な関係を明らかにするため、ガスの自己重力、一万度以下の冷却、超新星爆発などのフィードバックを含まない単純化した設定を採用した。

主となる計算では、初期条件として $0.1 \mu\text{G}$ の鉛直磁場を与え、10 Gyr にわたる時間発展を計算した。その結果、準定常状態において、円盤表面に磁気圧で支えられた構造が形成され、円盤内部ではMRI乱流的な状態が実現することが分かった。さらに、初期磁場強度や周囲のホットガス密度を変えた計算を行い、円盤構造の依存性を調べ、円盤上空のホットガス領域において磁場が支配的になる場合、磁気圧で支えられた構造がより効率的に形成されることがわかった。また、解像度依存性を調べたところ、低解像度計算では大局的な磁場の引き延ばしの効果が強く働き、磁場増幅がかえって大きくなる場合があることがわかった。これらの結果は、銀河円盤における磁場の発展や影響を明らかにする上での基礎を与える。