

非熱的粒子を考慮した銀河・降着円盤における ダイナモの数値実験

工藤 祐己 (千葉大学理学研究科)

利用カテゴリ XT4MD

銀河磁場は円盤ダイナモによって増幅・維持されていると考えられている。Nishikori et al. (2006)、Machida et al. (2013) は銀河ガス円盤の大局的な 3 次元磁気流体数値実験を行い、磁気回転不安定性によって円盤内部で増幅された磁束がパーカー不安定性によって浮上・流出することで円盤内部の平均磁場が準周期的に反転する円盤ダイナモが駆動されることを示した^{[1],[2]}。しかし、上記の計算には非熱的粒子（宇宙線）が考慮されていないかった。Kuwabara et al. (2004) は、非熱的粒子は圧力として磁気流体に寄与し、磁力線に沿って拡散するという近似のもとで線形解析と 2 次元磁気流体数値実験を実施し、非熱的粒子がパーカー不安定性の成長率を増大させ、形成される磁気ループの高さが高くなることを示した^[3]。

今回は初期のガス圧と磁気圧の比を変化させた場合の計算結果を報告する。弱磁場におけるシミュレーションを実施した結果、非熱的粒子が存在しない場合には非線形安定な振動のみが励起される (Matsumoto et al. 1990^[4]) 一方で、非熱的粒子を考慮ハロー領域への磁気ループの浮上が可能であることがわかった (図 1)。計算手法については Kuwabara et al. (2004)^[3] に従い、宇宙線成分の時間発展を移流-拡散方程式で記述し、磁気流体成分と同時に解いた。磁気流体と宇宙線の移流部分については修正 Lax-Wendroff 法を、宇宙線の拡散部分については BiCG-stab 法によって陰的に解いた。計算は 2 次元カーテシアン座標を用い、重力加速度は赤道面に関して反対称で一定値とした。計算領域は $(x, z) = (4, 5)$ [pc]、メッシュ数は $(N_x, N_z) = (240, 1600)$ である。初期に $|z| < 400$ [pc] に等温円盤、 $|z| > 400$ [pc] に高温コロナをおき、宇宙線圧とガス圧、磁気圧との比をパラメータとした。初期の摂動は方位角 (x) 方向速度に波長 1 [kpc] の大きさに加えた。

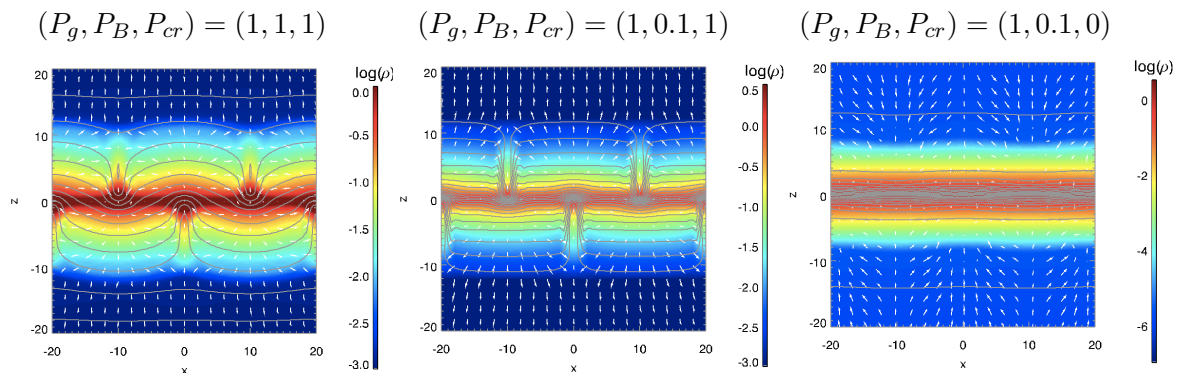


図 1: 約 75 [Myr] におけるシミュレーション結果。初期の圧力比について、左は $(P_g, P_B, P_{cr}) = (1, 1, 1)$ 、中央は $(P_g, P_B, P_{cr}) = (1, 0.1, 1)$ 、右は $(P_g, P_B, P_{cr}) = (1, 0.1, 0)$ 。カラーコントアはガス密度、矢印は速度ベクトル、曲線は磁力線を示す。

- [1] Nishikori, H., Machida, M. & Matsumoto, R., 2006, ApJ, 641,862
- [2] Machida, M., Nakamura, K. E., Kudoh, T., Akahori, T., Sofue, Y., & Matsumoto, R., 2013, ApJ, 764, 81
- [3] Kuwabara, T., Nakamura, K., & Ko, C. M., 2004, ApJ, 607, 82
- [4] Matsumoto, R., Hanawa, T., Shibata, K., Horiuchi, T., 1990, ApJ, 356, 259