

国立天文台 天文シミュレーションプロジェクト
成果報告書 (平成 18 年度)

応募カテゴリ (いずれかを選択) B

システム (いずれかを選択) VPP

プロジェクト ID: irm21b

研究代表者 (現在のユーザ ID : matsmtrj)

氏名	松元亮治
所属機関名	千葉大学理学部
連絡先住所	〒 263-8522 千葉市稲毛区弥生町 1-33 千葉大学理学部物理学科
電話番号	043-290-3724
E-mail	matumoto@astro.s.chiba-u.ac.jp
職または学年	教授
研究代表者が学生の場合には指導教官の氏名	

研究課題名

(和文)	銀河ガス円盤の大局的 3 次元磁気流体数値実験
(英文)	Global Three-dimensional MHD Simulations of Galactic Gaseous Disks

研究分担者

氏名	所属機関名	E-mail	ユーザ ID
田中 実	千葉大学大学院自然科学研究科	mtanaka@astro.s.chiba-u.ac.jp	tanakamn

成果に関連して出版、もしくは印刷、投稿中の論文リスト

(1) このプロジェクト（同様の過去のプロジェクトも含む）での成果

- Nishikori, H., Machida, M. and Matsumoto, R., Global Three-dimensional Magnetohydrodynamic Simulations of Galactic Gaseous Disks. I. Amplification of Mean Magnetic Fields in an Axisymmetric Gravitational Potential, *ApJ* 641, 862-877 (2006)
- Matsumoto, R., Nishikori, H., Tanaka, M., and Machida, M., Global MHD Simulations of Galactic Gas Disks, in proceedings of "Mapping the Galaxy and Nearby Galaxies", ed. K. Wada, Springer, in press
- Machida, M., Matsumoto, R., Nozawa, S., Takahashi, K. and Fukui, Y., Magnetohydrodynamic Simulations of the Formation of Loop Structures in our Galactic Center, invited talk at the 2nd East-Asia Numerical Astrophysics Meeting (EANAM2006), Nov. 1-3, 2006, Daejeon, Korea
- 田中実、松元亮治、町田真美、銀河ダイナモの3次元磁気流体シミュレーション、日本天文学会 2007 春季年会

(2) これまでのプロジェクトの今年度中の成果

- Matsumoto, R. and Machida, M., Sawtooth-like Oscillations of Black Hole Accretion Disks, in proceedings of IAU Symposium 238, in press
- Matsumoto, R. and Machida, M., Global MHD Simulations of Sawtooth-like Oscillations in Black Hole Accretion Disks, invited talk at the MIT Workshop on Magnetized Accretion Disks, Oct 19-20, 2007, MIT, USA
- Matsumoto, R. and Machida, M., Global Simulations of Time Variabilities in Magnetized Accretion Disks, invited talk at the 2nd East-Asia Numerical Astrophysics Meeting (EANAM2006), Nov. 1-3, 2006, Daejeon, Korea
- Matsumoto, R., Numerical Simulations of Magnetohydrodynamical Phenomena in Astrophysics, invited lecture at the Sokendai Asian Winter School, "Science in the Extreme Situation", Feb 27-Mar 2, 2007, NIFS, Toki, Japan

成果の概要

本研究の目的は、銀河ガス円盤における磁場の増幅と維持、磁気乱流生成、銀河ハローへの磁束流出と磁気ループの形成等を大局的な3次元磁気流体シミュレーションによって明らかにすることである。ガス系の自己重力は無視し、銀河重力場を近似する宮本ら(1980)の軸対称重力ポテンシャルを用いて初期に弱い方位角磁場に貫かれた銀河ガス円盤の時間発展を調べている。

錦織、町田、松元 (ApJ 641, p.862, 2006) は初期に銀河中心から10kpcの位置に置いた回転ガストラスの大局的3次元MHDシミュレーションを行い、円盤内部で磁気回転不安定性が成長し、磁気乱流が発達すること、銀河の平均磁場が準周期的に方向を反転させながら振幅を増大させ、 μG の大きさに至ること、銀河円盤から銀河ハローに準周期的に磁束が浮上し、磁場方向が順次反転するストライプ構造を持つ銀河ハローを形成することなどを示した(左2枚の図)。この成果は2006年6月に石垣島で開催された国際会議”Mapping the Galaxy and Nearby Galaxies”において松元により口頭発表された。

上記の錦織らのシミュレーションでは赤道面に関する上下対称性が仮定されていた。銀河ダイナモにおいては赤道面の上下で磁場方向が反転するようなモードが成長することも考えられる。そこで、平成18年度には赤道面上下を計算領域に含め、対称性を仮定しないシミュレーションを実施した。シミュレーションコードとしては円筒座標系3次元の散逸性磁気流体コードを用い、 $(N_r, N_\phi, N_z) = (250, 64, 639)$ メッシュを用いた。なお、 $r = 0.8\text{kpc}$ に吸収境界条件を置いた。図1の右2枚に方位角方向の平均磁場の時間発展を示す。矢印は磁場方向を示している。赤道面对称性を仮定した場合と同様に、赤道面付近と銀河ハローで方位角磁場方向が逆転し、ストライプ状の磁場構造が形成されること、赤道面付近の方位角磁場の方向が10億年程度の時間スケールで反転することなどが確認された。また、方位角磁場の方向が赤道面に関して反対称になる場合があることもわかった。

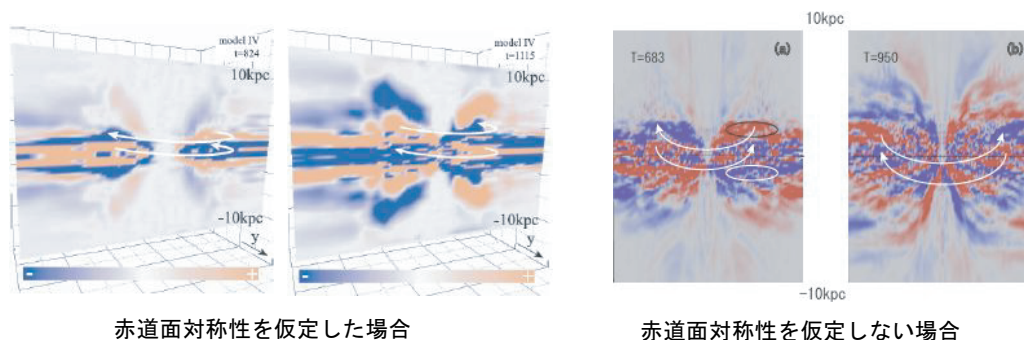


図1: 左の2枚の図は赤道面对称性を仮定した場合、右の2枚の図は赤道面对称性を仮定しない場合のシミュレーション結果。カラーは方位角方向に平均した方位角磁場強度の分布、矢印は磁場方向をあらわす。

銀河磁場の準周期的反転は銀河面から銀河ハローへの磁束流出により駆動されている。赤道面付近で増幅された平均磁場が浮上し、赤道面付近の方位角磁場方向が反転することにより、方位角方向の全磁束を保存しつつ、銀河円盤の平均磁場を強めることが可能になっている。