

3次元MHDsimulationによる銀河円盤のモデル構築

update:24/Aug/2011 presented by Sho Nakamura

Abstract.

私は大学院修士課程在学中の課題として、3次元でのMHD simulationを用いた銀河円盤のプラズマ・磁場の進化の研究を行っている。この記録は2011年度天文・天体物理学若手の会第41回夏の学校での私の研究の講演発表の内容を簡潔にまとめたものである。

Introduction.

宇宙にはプラズマと磁場が存在し、それらが相互作用し合うことで様々な天体現象を引き起こしている。我々の住まう銀河(以下 OurGalaxy と呼ぶ)でもそれは例外ではない。その証拠として、磁場の周りを相対論的電子が運動することにより放射される Synchrotron 放射の観測結果が挙げられる (fig1, fig2)。

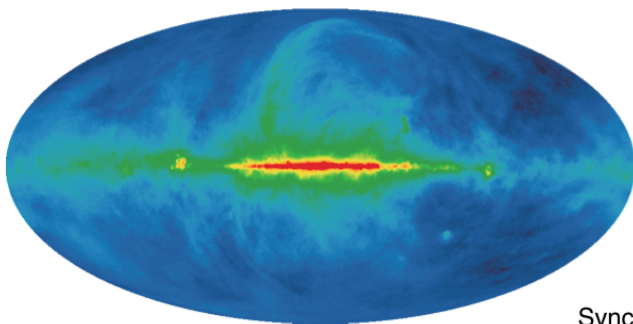


fig 1: 全天放射強度 map @ 408MHz。

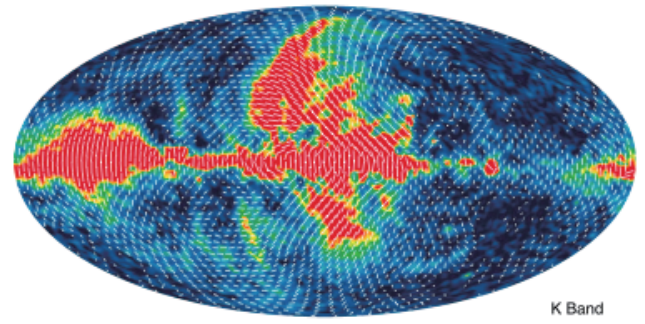


fig 2: 全天偏光度 map @ 22.5GHz

理論的方面からのアプローチとしてすでに3次元での銀河円盤のMHD simulationがNishikori et al.(2006)[2]でなされている。この論文により、銀河が作る軸対称な重力場中 [1] で、磁場を伴って回転するプラズマ円盤は (1). MRI(Magneto Rotational Instability) による磁場の増幅効果と (2). Parker Instability により磁場が浮上し、円盤から逃げていく (減少する) 効果により、磁場が2Gyr以上も間維持されるという理論モデルを確立した。

Motivation.

Nishikori et al.(2006)で示されたのは軸対称な重力場中でのsimulation結果であり、現実の銀河とは異なるものである。実際にNishikori et al.(2006)での磁力線構造を仮定したときのSynchrotron放射の偏光角度の全天mapを作成し、観測結果と比較するとその違いは明らかである (fig3)。

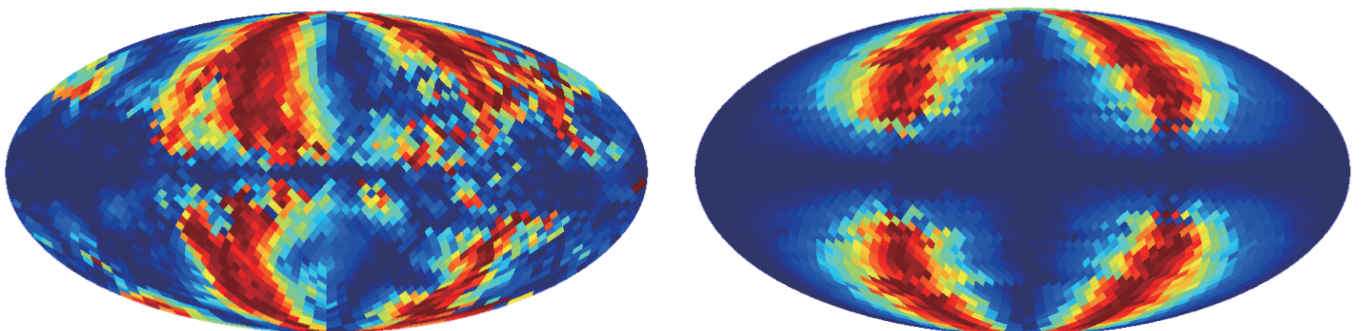


fig 3: left:観測から得られた偏光角度。right:Nishikori et al.(2006)の磁力線構造を仮定した場合の偏光角度。どちらも、赤いほど横方向の偏光、青いほど縦方向の偏光を表している。

よってより現実に近い条件を課した simulation が必要になってくる。私は銀河の重力ポテンシャルの非軸対称な成分、すなわち渦状腕ポテンシャルを含めての3次元 simulation を行うことでこの問題の解決に近づくのではないかと思い、その研究を行っている。

Numerical methods & results.

現在、3次元円筒座標 grid による Euler 的な MHD simulation code の開発を行っている。main scheme としては Mac-Cormack 法+人工粘性を採用し、ようやく code が結果を出せる形になってきた。現在、テスト計算を実行中で、バグ取りに励む日々である。よって残念ながら、ここには皆様にお見せできるような結果を示すことはできない。悔しいので最後に、simulation が成功したら起こるであろう物理過程を紹介しておく。

Physical process.

銀河の渦状腕部では衝撃波が発生している。超音速 (super sonic) で渦状腕に突入した星間物質はで圧縮され、それが引き金となり星形成が起こっている。衝撃波面を通過後、星間物質は亜音速 (sub sonic) で衝撃波面から抜け出ていく。磁場を伴ったプラズマが圧縮されるので、磁場の凍結定理から、渦状腕部ではさらなる磁場強度の上昇が期待される。さらに、一般に星間物質は渦状腕部に斜め方向に突入していく、斜め衝撃波 (fig4) であると考えられるので、星間物質の流れていく方向、そしてそれに凍結している磁力線の方向が変化することが予想される。

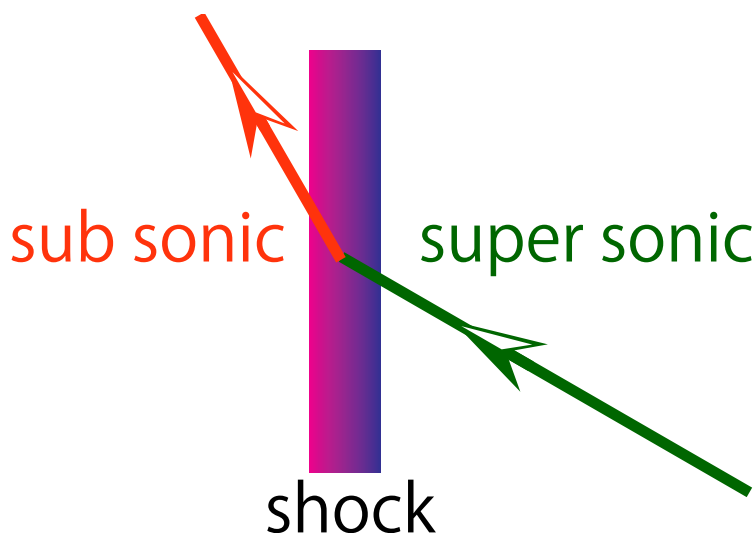


fig 4: 斜め衝撃波の図。衝撃波面に対して斜めに入ってきた流体は、衝撃波面通過後には、より衝撃波面に沿った成分が大きくなって通過していく。

参考文献

- [1] Miyamoto, M., & Nagai, R. 1975, PASJ, 27, 533
- [2] Nishikori et al. 2006, ApJ, 641, 862