

銀河団衝突にともなう 高温ガスの運動がひきおこす 特徴的な磁場構造

(Takizawa 2008 ApJ, 687, 951)

滝沢元和(山形大学理学部)

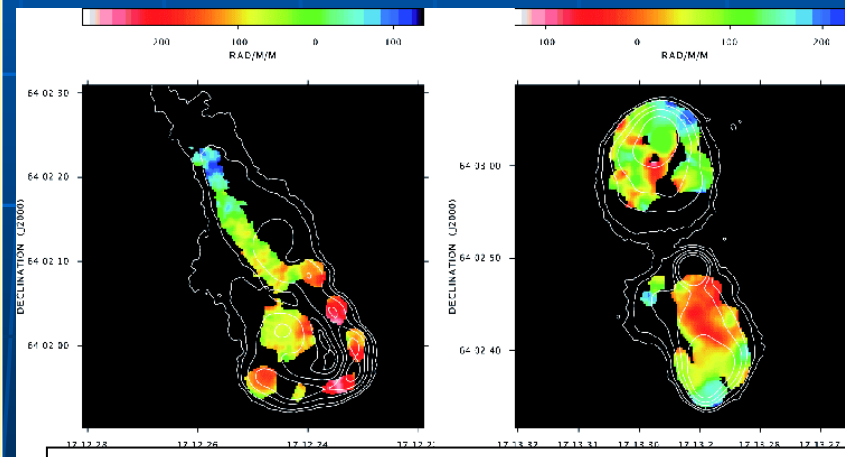
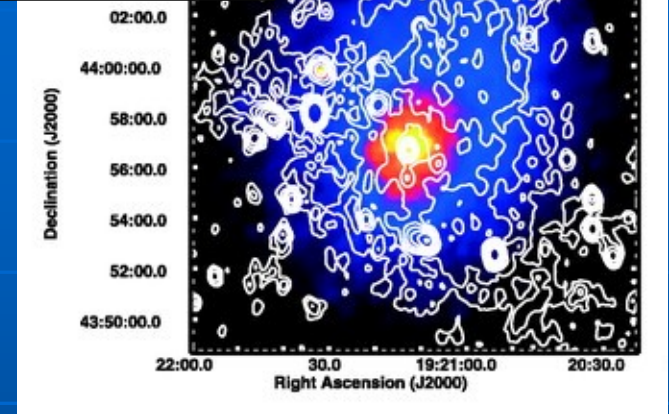
2009.3.26

日本天文学会春季年会@大阪府立大

Introduction(1): 銀河団磁場

- 銀河団内には数 μG 程度の乱れた磁場が存在
 - ◆ シンクロトロン電波ハロー(レリック)
 - ◆ Faraday rotation measure
- $P_B \sim 0.01 P_{th}$ 重要じゃないのか? そんなことはない。
 - ◆ 流体不安定性の抑制
 - ◆ 熱伝導の抑制
 - ◆ 粒子加速(磁気乱流、衝撃波)
- 磁場強度だけでなく構造も重要

A2319
カラー: X線
等高線: 1.4GHz電波
Govoni et al. 2004



A2255中の電波源のFaraday rotation
measure map
カラー: FRM
等高線: 3.6cm 電波
Govoni et al. 2006

Introduction(2): 磁場構造とmerger

- 銀河団衝突や、その結果生じた運動するサブストラクチャー

--->

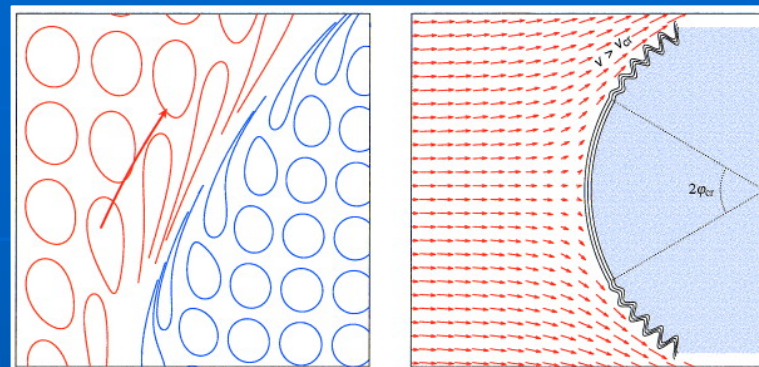
ガスのbulk flow, 乱流

--->

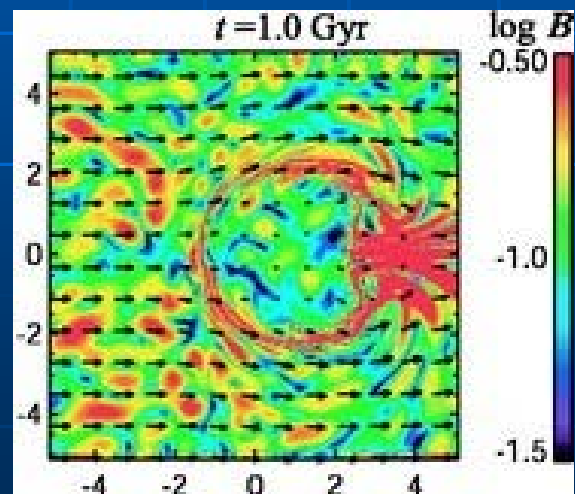
磁場構造に多大なるインパクト

- 接触不連続面に平行な磁場構造が自然にできる??
- 整った磁場構造??

- random磁場をもった銀河団同士の衝突を調べる。



サブストラクチャーの運動による接触不連続面での磁場進化の模式図
Vikhlinin et al. (2001)



サブストラクチャーの運動のMHD simulation (Asai et al. 2007)

Numerical Method

- N体: Particle Mesh (PM)法
- 電磁流体: Roe-like TVD法 (Brio&Wu 1988)
- 自己重力 FFT with isolated boundary conditions
- Simulation Box $(9.4\text{Mpc})^3$
- メッシュ数 $(256)^3$
- 粒子数 $(128)^3$
- VPP5000@国立天文台CfCA

Initial Model

- DMの密度分布はNFWプロファイル、ICMの密度分布は β モデルを仮定。

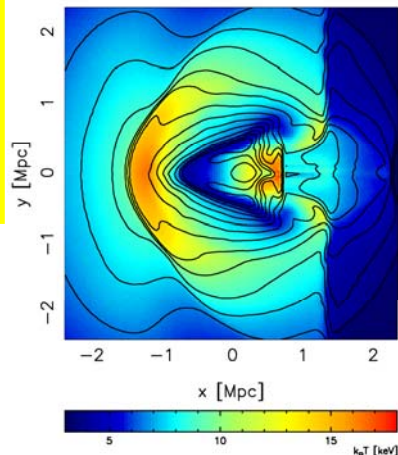
$$\rho_{\text{DM}}(r) = \frac{\delta_c \rho_{c0}}{(r/r_s)(1 + r/r_s)^2},$$

$$\rho_g(r) = \rho_{g,0} \left\{ 1 + \left(\frac{r}{r_c} \right)^2 \right\}^{-\frac{3}{2}\beta}$$

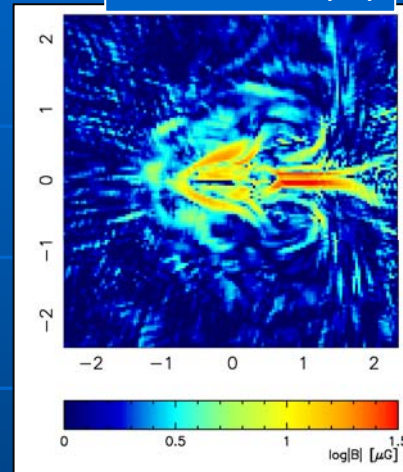
- (ランダムかつ密度にスケールした)初期磁場モデルの作り方
 - ベクトルポテンシャルを $A(k) \propto k^{-(5/3)}$ のrandom gaussianとしてk空間でrealize
 - $A(k_x, k_y, k_z)$ を逆FFTして $A(x, y, z)$ へ
 - $A(x, y, z)$ を各位置で $\rho_g(x, y, z)^{(2/3)}$ 倍する。
 - $B = \nabla \times A$
 - 銀河団全体で磁気エネルギーが熱エネルギーの1%になるようにBを再規格化。

Results(1)

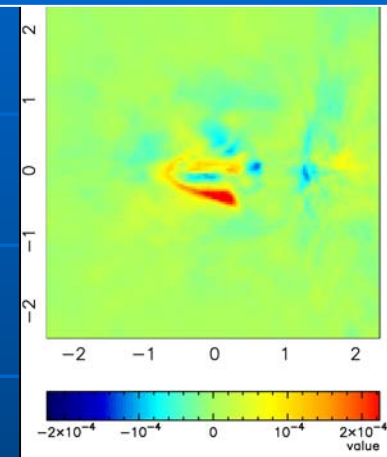
密度(等高線)
& 温度(カラー)



磁場強度 $|B|$

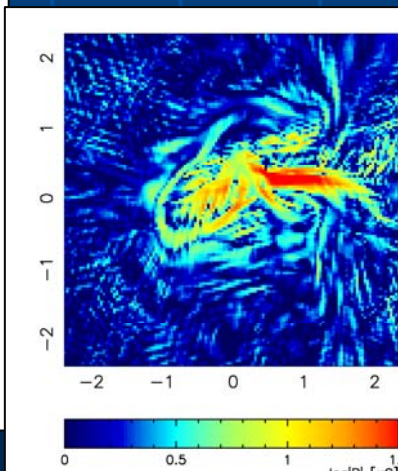
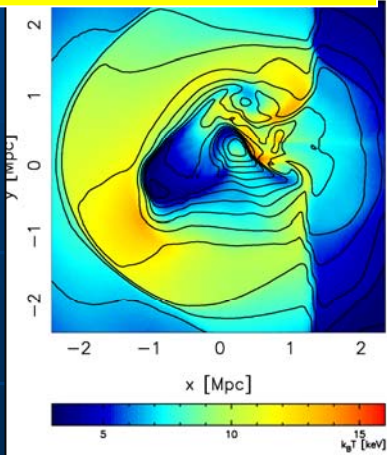


Faraday Rotation Measure
($\int n_e B_{||} dl$)



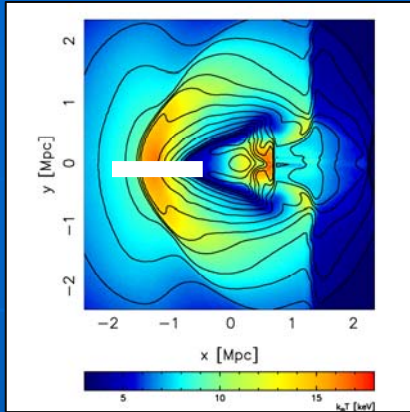
1:4
head-on merger
コア通過後
0.66Gyr

1:4
off-center merger



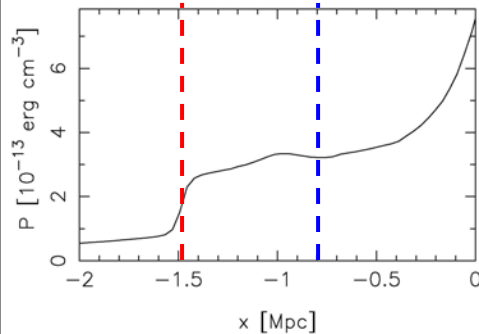
- ◆ 磁場に囲まれた低温領域 (Faraday Rotation Measureの大きな領域として見えるかも)
- ◆ 小銀河団後方に磁場が集められる。(off-center mergerでは衝突相手に近い側の斜め後方)

Results(2)

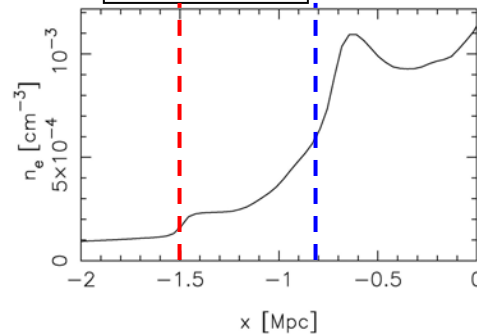


サブストラクチャ前面での衝突軸に沿った各物理量プロファイル。赤破線付近にバウショックが、青破線付近に接触不連続面が見え、その付近で、特に衝突軸に垂直な磁場成分が強められていることがわかる。

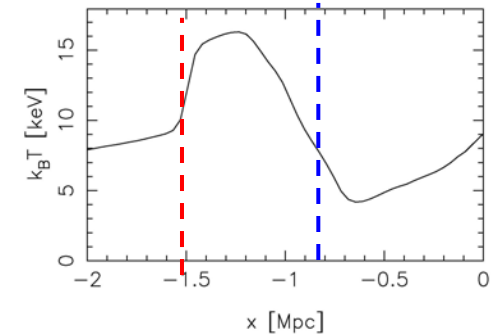
ガス圧



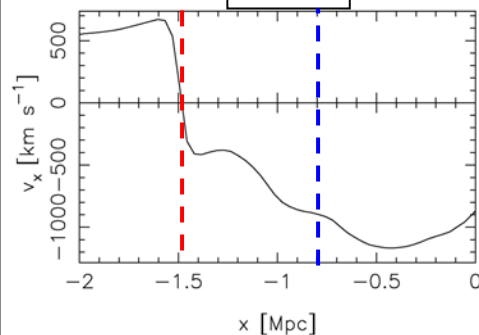
ガス密度



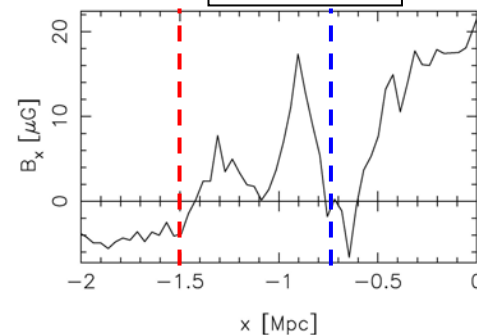
ガス温度



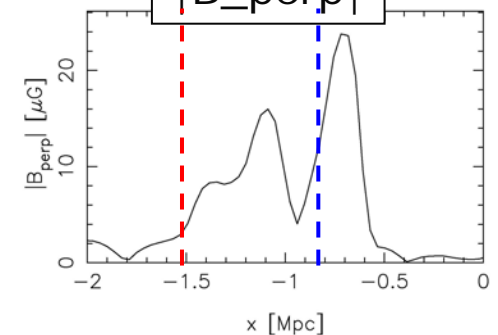
V_x



B_para



|B_perp|



Summary

- N体+MHD (PM+Roe-like TVD法)コードを用いて衝突銀河団での磁場構造の進化を調べた。
- 以下のような特徴的な構造がひきおこされる。
 - 磁場に囲まれた低温領域。
 - 低温領域の境界面(接触不連続面)では温度勾配と磁場が直交する構造が自然に作られる。この構造は熱伝導を抑制して低温領域を守る方向に働くであろう。
 - 小銀河団の後方にガスの運動によって集められた整った磁場構造があらわれる。
 - KH渦をトレースするような磁場構造
 - 以上の特徴は正面衝突でなくても、定性的にはさほど変わらない。
- 銀河団全体をカバーするようなFaraday rotation measure map が得られれば、磁場構造のみならずガスの運動についても情報が得られる可能性がある。
-----> CMBの偏光観測(Ohno et al. 2003)
- Takizawa 2008, ApJ, 687, 951