

衝突銀河団のガスダイナミクスと観測的示唆

滝沢元和 (山形大学)

利用カテゴリ XT4B・SX9A

かつては、銀河団は平衡状態にある静かな天体であると考えられていた。しかし、近年の X 線や重力レンズなどの観測結果により、その描像は大きく変わった。ガスの密度分布や温度分布からは、銀河団の衝突や活動銀河核からのジェットやバブルによってガスが激しく運動している様子が如実に見えてきている。また一部の銀河団からはひろがった非熱的電波放射が見つかっており、銀河団全体にわたる大規模な粒子加速がおこなわれていることをうかがわせる。本研究では N 体+流体シミュレーションを用いて、衝突銀河団の運動状態を明らかにするとともに、その観測的示唆を明らかにすることが目的である。昨年度にあげた主な成果は以下のとおりである。

(i) 銀河団衝突に伴う特徴的な磁場構造

シンクロトロン電波ハローやレリックの存在、およびファラデー回転の観測などから、銀河団ガス (ICM) 中には $\sim \mu\text{G}$ 程度の乱れた磁場が存在していることが知られている。熱伝導などのプラズマ中の輸送過程、衝撃波や乱流による粒子加速、あるいは流体不安定性の抑制などの様々な局面で磁場が重要な役割を果たすと考えられているが、それらは磁場強度のみならず磁場構造にも強く影響を受ける。本研究では、N 体+電磁流体シミュレーションを用いて、銀河団衝突が磁場構造の進化にあたえる影響を調べた。

その結果、衝突にともなっていくつかの特徴的な磁場構造が出現することがわかった。接触不連続面周辺の強い磁場の出現とその結果としての磁場に囲まれた低温領域。運動しているサブストラクチャー後方に現れる整った磁場構造。Kelvin-Helmholtz 不安定性によって引き起こされる渦状の磁場構造などである。図 1 は衝突した小銀河団前面での衝突軸にそった様々な物理量のプロファイルである。特に、接触不連続面付近で磁場の衝突軸に垂直な成分が増加していることがわかる。これらの特徴的な磁場構造は、将来的に CMB の偏光観測で得られる銀河団全体をおおうファラデー回転マップによって明らかになる可能性がある。また、それを通じて銀河団の内部運動を探る新たなプローブになるかもしれない。なお、この研究結果は ApJ, 2008, 687, 951 として既に出版されている。

(ii) 銀河団衝突が質量評価に与える影響の定量的評価

銀河団の質量を観測的に決定する方法にはいくつかあるが、必ずしもコンシステントな結果が得られていない場合がある。本研究では衝突銀河団の N 体+流体シミュレーションデータを用いて、銀河の視線速度分布と Virial 定理を用いた場合、および X 線観測データと静水圧平衡の仮定を用いた場合について、質量決定の不定性を評価した (図 2)。全般的な傾向として Virial 定理を用いたほうが不定性は大きい。詳細については、衝突の位相、観測方向などによる依存性を詳しく考慮する必要がある。

なお、この結果は既に論文としてまとめて ApJ へ投稿中である。

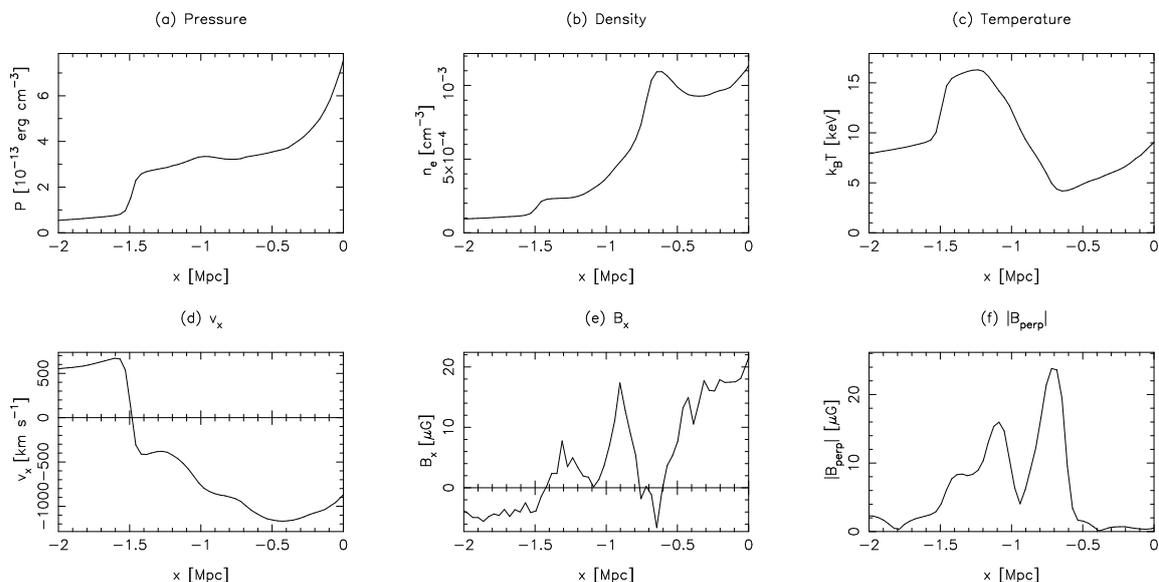


図 1: 衝突した小銀河団前面での衝突軸 (x 軸) にそったさまざまな物理量のプロファイル。各パネルはそれぞれ (a) 圧力、(b) 電子数密度、(c) 温度、(d) 速度の x 成分、(e) 磁場の x 成分、および (f) 磁場の x 軸に垂直な成分の絶対値、をあらわしている。

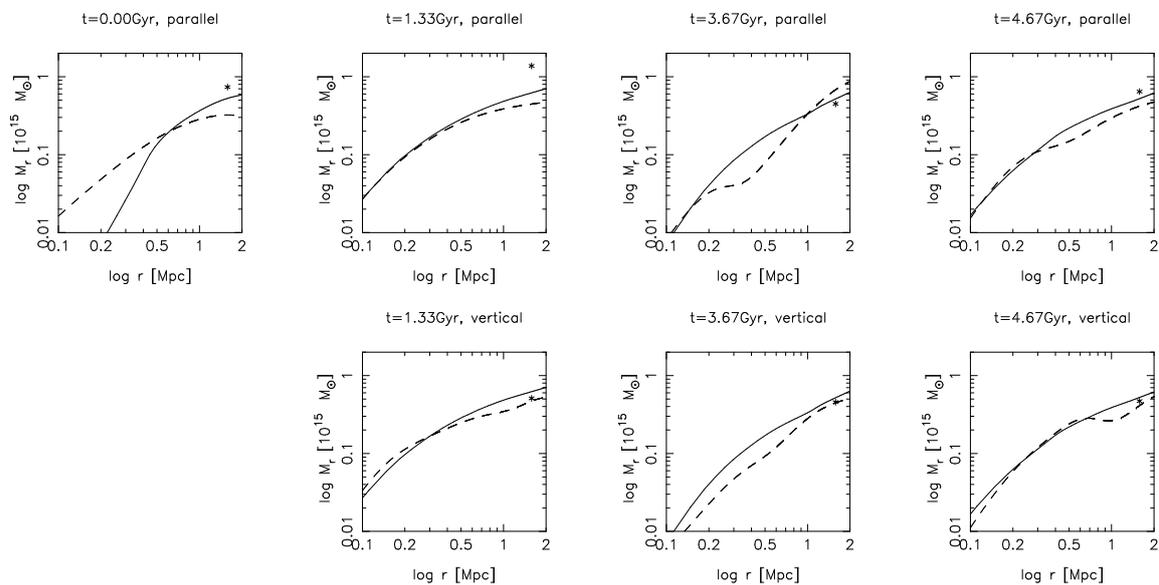


図 2: 実際の質量プロファイル (実線) と静水圧平衡を仮定して X 線観測データから求めた質量プロファイル (破線)。Virial 定理を用いて求めた質量もアスタリスクで示している。上段および下段はそれぞれ衝突軸と平行および垂直な方向から観測した場合。