

銀河の heating が銀河団ガスに与える影響

内田修二、吉田龍生（茨大理）

uchida@golf.sci.ibaraki.ac.jp

1 Introduction

rich cluster と poor cluster の表面輝度を比べた場合、poor cluster ほどその表面輝度の傾きが緩やかである。この原因として銀河団ガスが銀河内の超新星爆発などの heating の影響で膨張して、ガス分布が広がるためであると考えられている。我々は heating 量の違いによって表面輝度の傾きがどのくらいなるかを、cooling、heating を考慮した自己相似解を使って調べ、観測された表面輝度を実現するのに必要なエネルギー量を求めてみた。

2 Model

Einstein de-Sitter 宇宙における Dark matter を考慮した自己相似解は Bertchinger(1985) によってなされている。彼は top-hat 型の密度揺らぎ $n=3$ を仮定して解をもとめた。我々はまず銀河団スケールでの密度揺らぎ $n=-1.6$ を仮定して解を求める。次に自己相似解に cooling や heating を考慮するしかたとして、これらの物理過程の時間進化を力学時間に比例させる必要がある。我々は放射冷却関数として、この条件を満たし制動放射にできるだけ近い $\Lambda = \rho^{25/21} T^{1/2}$ を仮定した。この放射冷却の形は現実的な制動放射とずれているが、放射冷却の影響は十分中心領域でのみ効くため、外側のガス分布には影響しない。次に heating rate としてガス密度、温度に比例する $\Gamma = \alpha \rho T \text{erg cm}^{-3} \text{s}^{-1}$ を仮定した。そして α をパラメーターとして変化させることで、heating の量を変えて密度や温度分布がどうなるかを調べる。

3 Results

図1で密度と温度分布を示した。ガスの運動であるが turn around した後 ($X=1$)、free fall 状態で中心に落ちてくる。そして衝撃波通過後ほぼ静水圧平衡状態になり、cooling 半径以内で放射冷却の効果で温度が急激に下がり、密度が発散する。また自己相似解の特性によりコアのような構造はできない。heating rate のパラメーターの強さを調べて計算した結果、heating が大きいほど収縮速度が抑えられ、その結果密度の傾きは緩やかになることが分かった。実線が heating のない場合で、点線が heating を考慮した場合である。温度分布のほうは heating があってもなくてもそれほど違いはなく、ほぼ等温分布になることが分かった。

我々はさらにこの密度と温度分布から表面輝度を求めた。そして β model に fit させて、その傾き β_{fit} と heating 量の関係を求め図2で表した。この結果より 3.0keV/particle 以下のエネルギーであれば、観測された表面輝度の傾きを実現することができ、特に groups of galaxies クラスでは 0.5-1.0keV/particle に集中していることがわかった。超新星爆発で得られるエネルギー量が 0.3keV/particle 以下であるので、これよりも大きなエネルギー量が必要となる。また rich cluster で多い $\beta_{fit}=0.57$ 以上の表面輝度をあらわすことができなかった。この原因として我々のモデルでは考慮していない Λ CDM や merger などの影響が考えられる。

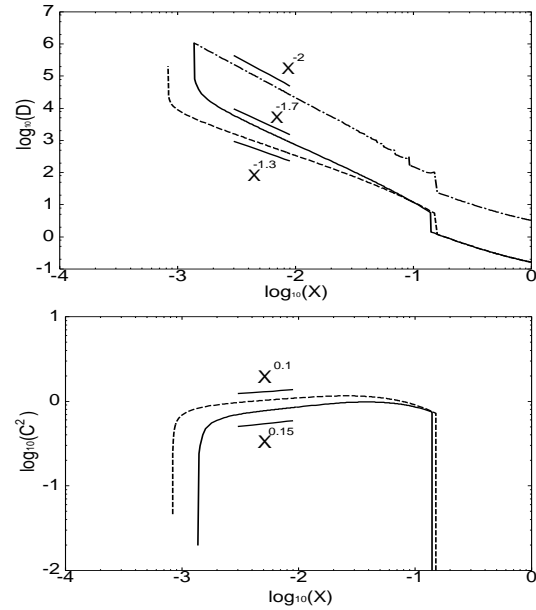


図1: 上図は turn around 半径で規格化した密度分布を表して、solid line は heating がいない場合、dashed line は heating がある場合、dot-dashed line は dark matter の密度分布。下図は温度分布で各線は上と同じ。

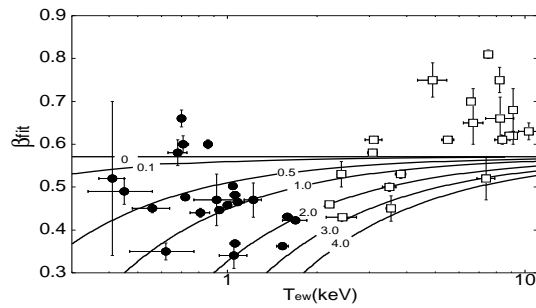


図2: 表面輝度の傾きのパラメーター β_{fit} とガス1粒子が $z=3$ から 0 までに得た total の heating エネルギーの関係。図中の数字の単位は keV/particle。