

銀河団内サブストラクチャーの流体シミュレーション

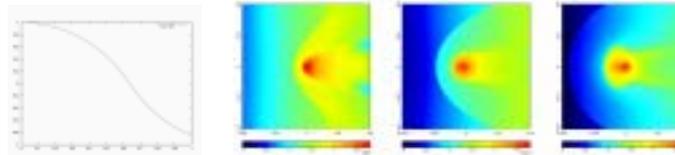
滝沢元和

山形大学理学部物理学科

(Abstract)

銀河団内を運動するサブストラクチャーの3次元流体シミュレーションを行った。より現実的な状況を再現するために、メインクラスターの重力ポテンシャル内でのサブクラスターの運動を解き、そこから得られたメインクラスターとの相対速度やメインクラスター内でのガスの密度分布を考慮にいれてサブストラクチャー周囲のガスの進化を計算した。その結果以下のようなことが判明した。単純にメインクラスターの外側から中心へ落ちて反対側へつき抜けるような場合には、境界面ではKelvin-Helmholtz不安定性はあまり成長せず、ガスの流れの構造は大局的なままである。一方、メインクラスターの中心付近を振動するような場合には、Kelvin-Helmholtz不安定性だけでなくRayleigh-Taylor不安定性も良く成長し、数回往復するうちにサブストラクチャーのガスは周囲と混合し、乱流的な構造が現れる。

Radial infall model の結果



Main cluster の中心に対する subcluster の位置の時間進化

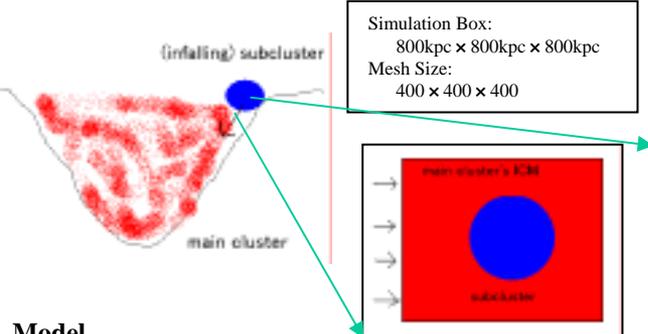
$z=0$ 面での密度の進化 ($t=0.78, 0.89, 1.0$ Gyr での snapshots)

Introduction

銀河団はより小さな銀河団や銀河群などを飲み込みながら、今なお成長しつつある天体であると考えられている。実際にChandra衛星の観測によって、銀河団内を運動しているサブストラクチャーによる構造(いわゆるコールドフロントなど)も見つかっている。さて、サブストラクチャーの運動は周囲の銀河団プラズマに乱流を引き起こすことが予想される。このような乱流は重元素やガスのエネルギーの混合、輸送過程に寄与したり、磁気乱流のエネルギー源となって粒子加速を引き起こすであろう。また、2005年打ち上げ予定のAstro-E2衛星ではひろがった輝線として検出されるかもしれない。以上述べたような種々の問題を解明するためにも銀河団プラズマでの乱流の発生メカニズムや性質を明らかにすることが重要である。

Numerical Method

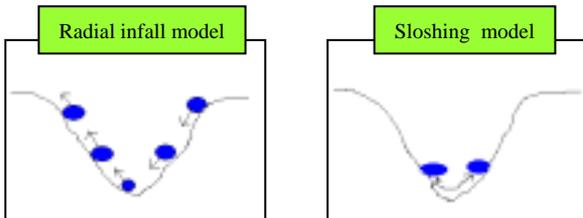
- Main cluster の重力ポテンシャル内での subcluster の運動を解く。
- 上の結果 (Main cluster に対する subcluster の相対速度、subcluster 前面でのガス密度など) を反映させながら、subcluster 内部及びその周囲の ICM の進化を Roe TVD法の三次元流体コード(空間、時間2次精度)で解く。



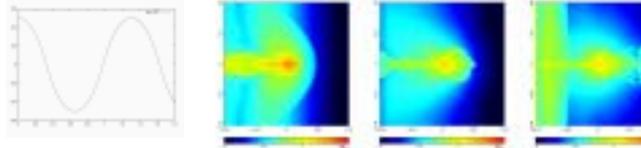
Simulation Box:
800kpc \times 800kpc \times 800kpc
Mesh Size:
400 \times 400 \times 400

Model

- Main cluster
 - DM: King model ($r_c=200$ kpc, $M=8.57 \times 10^{14}$ solar mass)
 - ICM: $spec=0.8$ で等温静水圧平衡
- Subcluster
 - DM: King model ($r_c=40$ kpc, $M=1.43 \times 10^{14}$ solar mass)
 - ICM: $spec=0.8$ で等温静水圧平衡



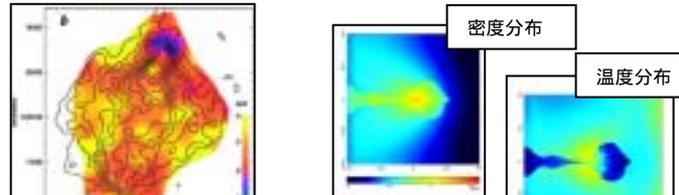
Slushing model の結果



subcluster の位置の時間進化

$z=0$ 面での密度の進化 ($t=1.2, 1.4, 1.6$ Gyr での snapshots)

A168: Rayleigh-Taylor不安定による乱流発生現場?



等高線: X線輝度分布 カラー: 温度

サブクラスター前面に低温成分が存在

Hallmann & Markevitch (2004)

Summary

- ◆ Roe TVD法の三次元流体コードを用いて、銀河団内を運動するサブストラクチャー内部および周囲のガスの運動を調べた。
- ◆ 単純な radial infallではサブストラクチャー外側のガスがラムプレッシャーで剥ぎ取られるのが優勢で、Kelvin-Helmholtz不安定性はあまり成長せず、流れの構造は層流的なままである。
- ◆ Slushingを考慮に入れると、Kelvin-Helmholtz不安定性だけでなく、Rayleigh-Taylor不安定性も成長し、サブストラクチャーは破壊されて周囲と混合していく。この段階では