

Mass Estimation of Merging Galaxy Clusters

(Takizawa, Nagino, & Matsushita 2010: PASJ, 62, 951)

滝沢元和¹、薙野綾²、松下恭子²
(¹山形大、²東京理科大)

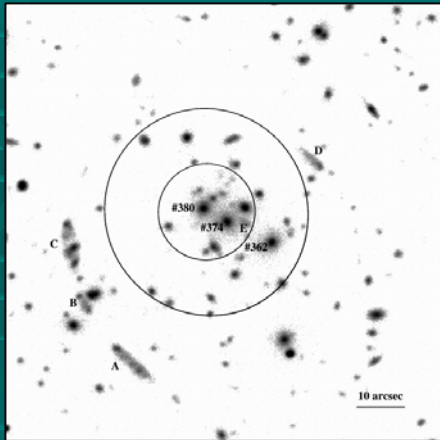
日本天文学会秋季年会@金沢大学
(2010/09/24)

Introduction

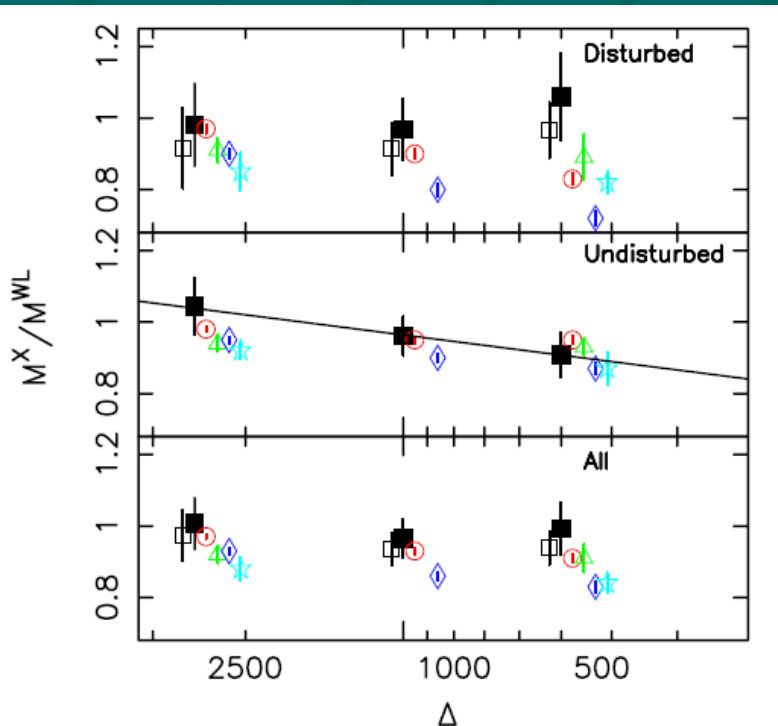
- 質量は系の最も基本的なパラメーターのひとつ。自己重力系では特に大事。
- 銀河団などの大スケールでの質量分布
 - ダークマターの性質
 - 宇宙のバリオン量への示唆
- 観測的に質量を決める場合、複数の方法によるクロスチェックが重要
 - 銀河の視線速度分散 + Virial定理 or Jeans 方程式
 - X線観測 (温度、密度分布) + 静水圧平衡
 - 強弱の重力レンズ

Introduction (2)

ところが、手法によって得られる質量が異なる場合がある。



- 重カレンズ銀河団CL 0024+17
(Ota et al. 2004, Tyson et al. 1997, Broadhurst et al. 2000など)
～200Kpc以内の質量に有意な食い違い。 $M_L/M_X \sim 2-3$
- “Disturbed Clusters” はX線と弱重カレンズで食い違いが大きい傾向がある。(Zhang et al. 2010)



- 質量決定のさいにはいくつかの仮定が必要:
 - M_X (静水圧平衡、球対称etc)
 - M_{lens} (軸対称etc)
 - M_{virial} (力学平衡、速度分散の等方性etc)
- それらの仮定は衝突銀河団では多かれ少なかれ破れている。
- いつ、どの方向から、どの方法を使うと、どのくらい過大(小)評価になるか?
- N体+流体のシミュレーションデータを用いて、「質量評価のシミュレーション」をおこない、本当の質量と比べてみる。

質量評価方法

■ Virial 定理による質量評価

- シミュレーション中の銀河団をある方向から“観測”
- N体粒子のうち $N_{\text{samp}} (=100)$ をランダムに選び出し、それを「視線速度の観測された銀河」とみなし、Virial 定理を使って質量を評価。

$$M_{\text{VT}} = \frac{3\pi}{G} \sigma_{\text{los}}^2 \left\langle \frac{1}{r} \right\rangle^{-1}$$
$$\left\langle \frac{1}{r} \right\rangle^{-1} = N_p \left(\sum_{i>j}^{N_p} \frac{1}{r_{ij}} \right)$$

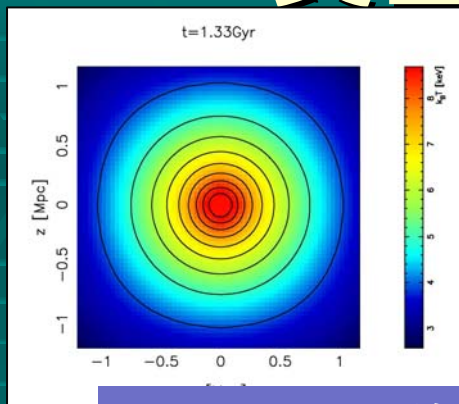
r_{ij} : 天球面上に投影された距離
 σ_{los} : 視線方向の速度分散

■ X線データを用いた質量評価

- シミュレーション中の銀河団をある方向から“観測”したとしてX線表面輝度プロファイル $I_x(R)$ 、温度プロファイル $T(R)$ を作成。
- $I_x(R)$ をdeprojectionして密度プロファイル $\rho(r)$ を作成
- 密度および温度プロファイルを β モデル(またはダブル β モデル)でfit
- 静水圧平衡を仮定して質量プロファイルを計算

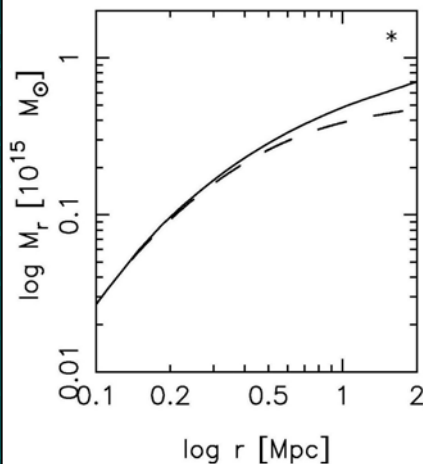
$$M_r = - \frac{k_B T_g r}{G \mu m_p} \left(\frac{d \ln \rho_g}{d \ln r} + \frac{d \ln T_g}{d \ln r} \right)$$

質量評価: Results(1)

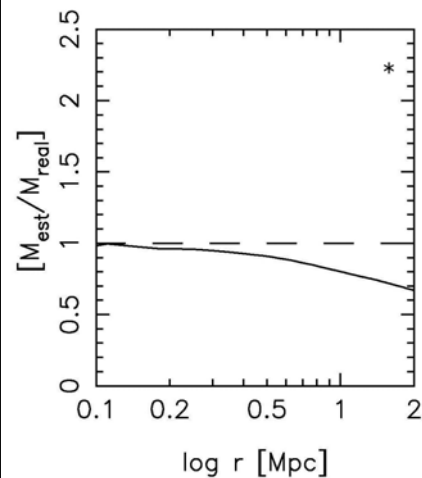


Core 通過中、X線データ
上: 衝突軸方向から
下: 軸に垂直な方向から

実線: M_{real}
点線: M_X 星印: M_{virial}

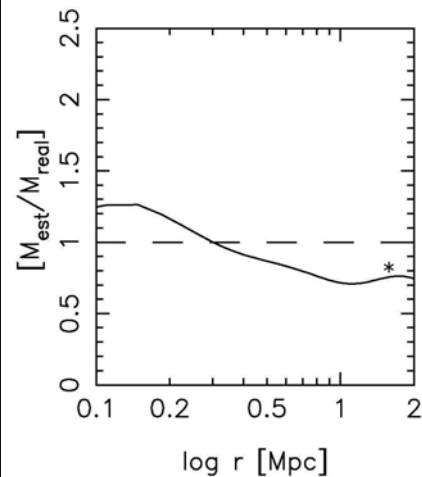
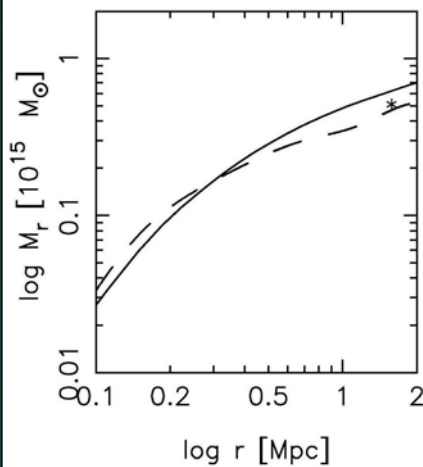


実線: M_X / M_{real}
星印: $M_{\text{virial}} / M_{\text{real}}$

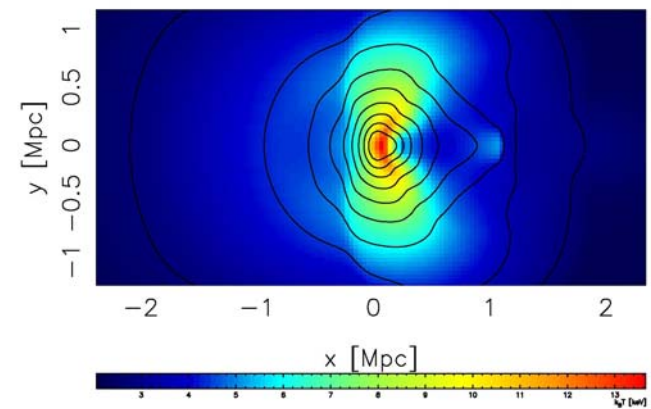


t=1.33Gyr, vertical

t=1.33Gyr, vertical

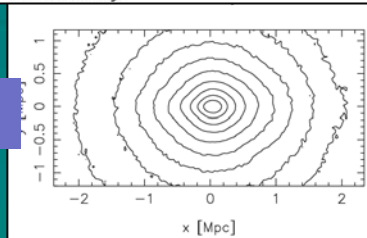


log r [Mpc]

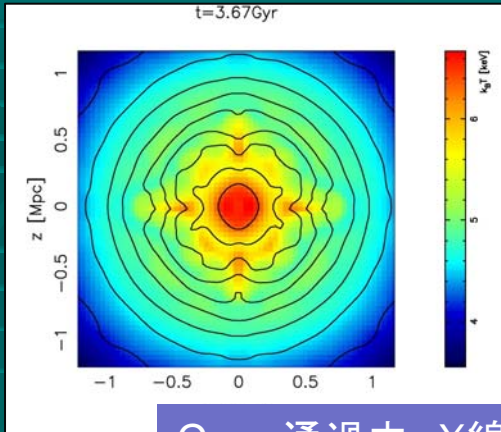


t=4.67Gyr

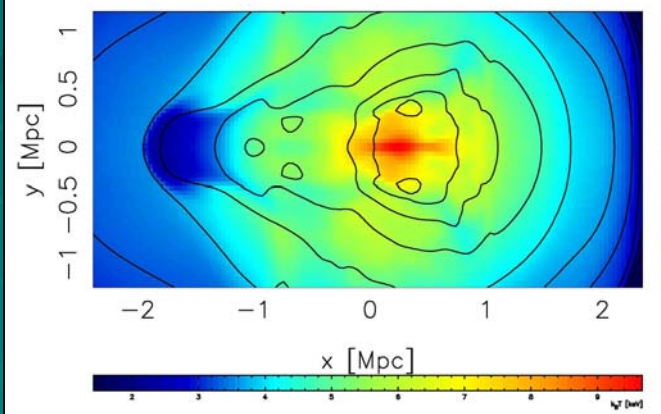
質量分布



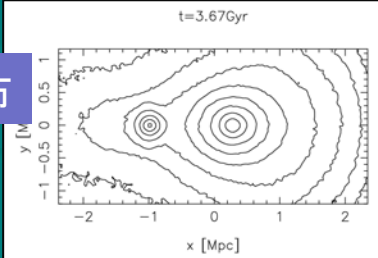
質量評価: Results(2)



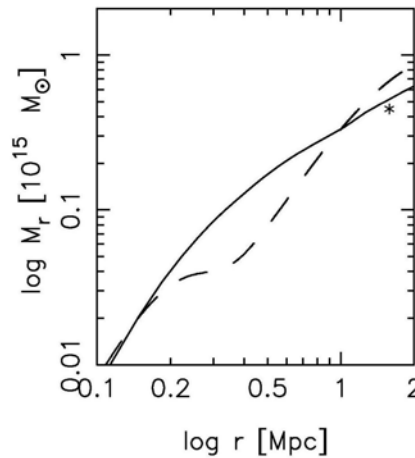
Core 通過中、X線データ
上: 衝突軸方向から
下: 軸に垂直な方向から



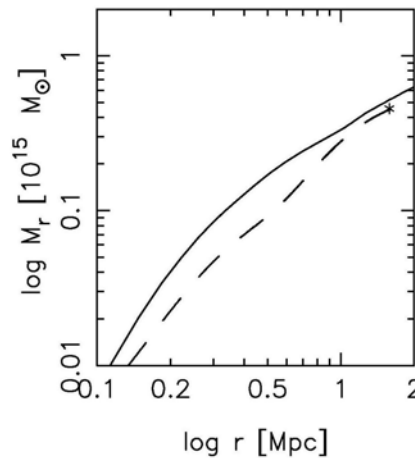
質量分布



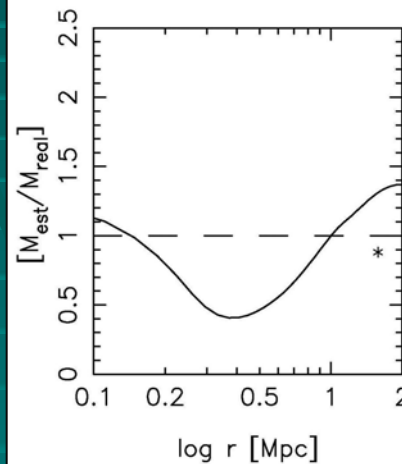
実線: M_{real}
点線: M_X 星印: M_{virial}



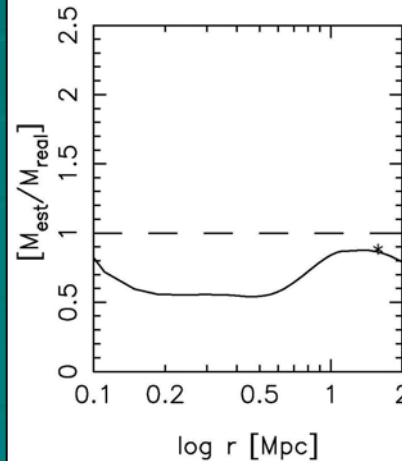
t=3.67Gyr, vertical



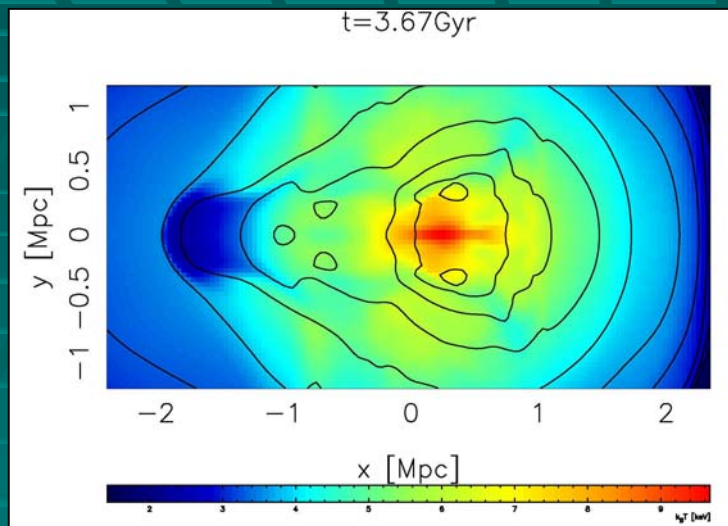
実線: M_X / M_{real}
星印: $M_{\text{virial}} / M_{\text{real}}$



t=3.67Gyr, vertical

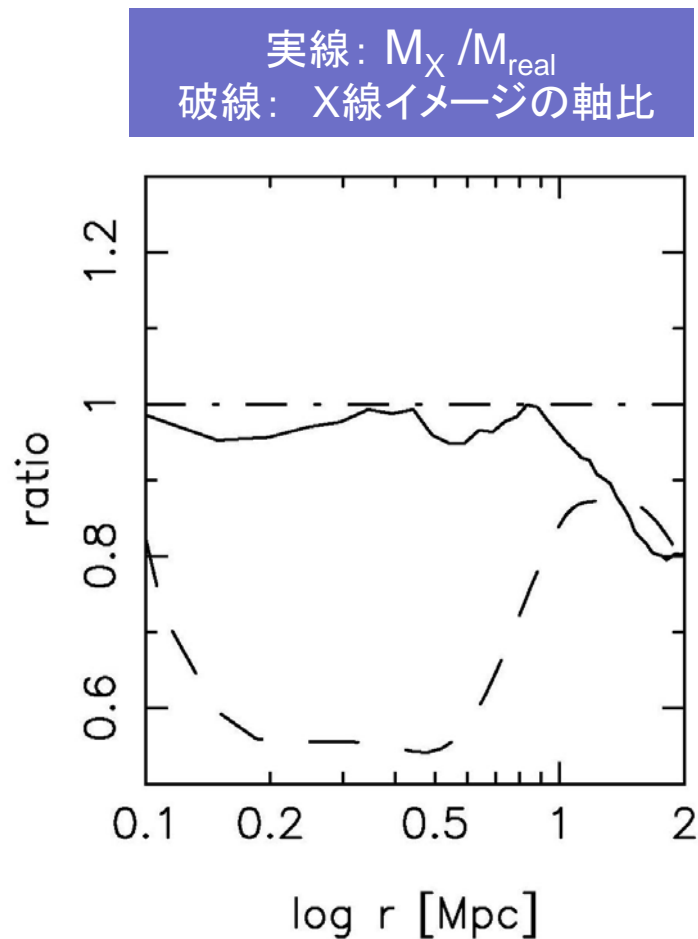


X線の形態と質量評価



丸いかどうかは半径による。
内側だけ見れば丸い。
だが質量は40%以上過小評価。

遠くにあって内側しか見えなかったら？



まとめ

- 銀河団の質量の決定には複数の方法があるが、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。
- 衝突銀河団のシミュレーションデータを用いて Virial 定理とX線データを使った質量決定の不定性を評価した。
- 観測方向による違いはVirial 定理を使った方が大きめ。
- Virial 定理とX線で矛盾がないからといって正しい質量が求まっているとは限らない。
- 内側だけみているとX線イメージは丸いが質量評価の不定性は大きい場合もある。遠方の銀河団では注意。
- Takizawa et al. 2010 PASJ, 62, 951