

# 銀河団サブハローの向き

矢作 日出樹、加瀬 啓之

(東京大学天文学教室)

Brad K. Gibson

(Univ. of Central Lancashire)

# ハローの中心とサブハローの長軸

- サブハローの長軸の向きと、親ハローの中心への向きとの間には、弱いながらも相関がある

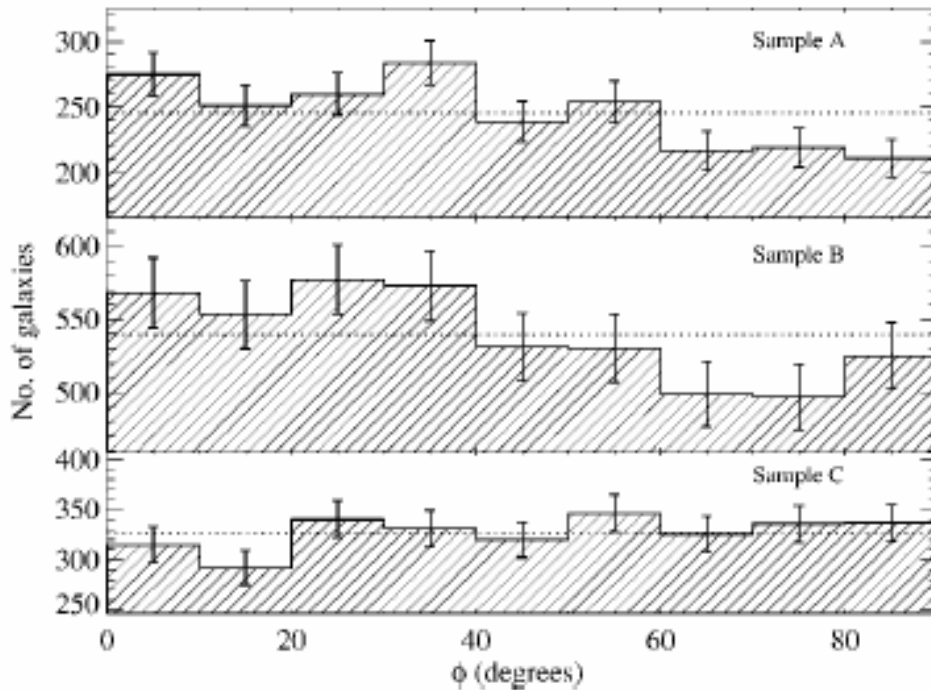
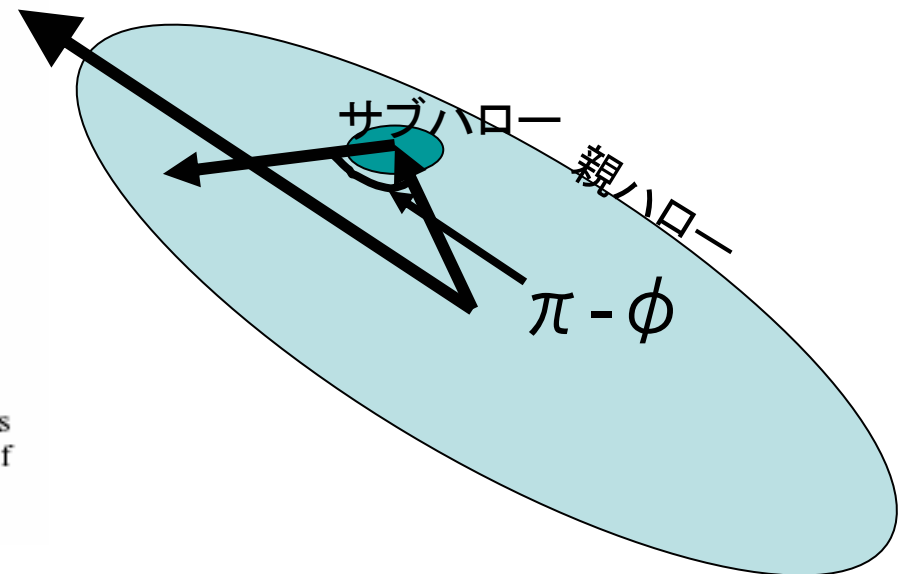


FIG. 2.—Galaxy alignment distribution for samples A, B, and C. Error bars assume Poisson statistics, and dotted lines show the expected distribution of a three-dimensional isotropic sample.

(Pereira & Kuhn 2005)

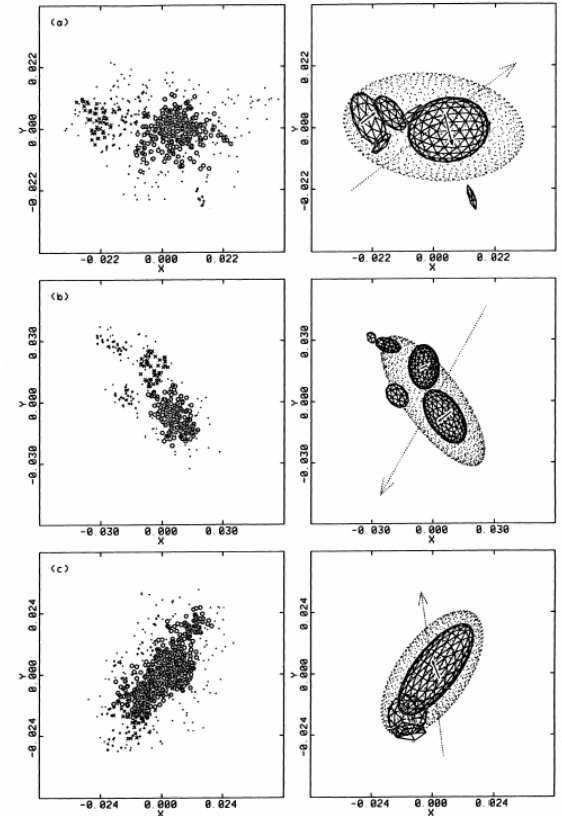


# サブハローの軸の定義

- 次の慣性テンソル(IMT)の固有値(の平方根)及び固有ベクトルを求める

(Barnes & Efstathiou 1987)

$$I_{ij} = \sum_{l=1}^n x_{li}x_{lj}$$



# もう一つ別の軸決定法

$$I_{ij} = \sum_{l=1}^n \frac{x_{li}x_{lj}}{\zeta_l^2}$$

1.  $q=s=1$ とする

2. 右のテンソル(換算

$$\zeta_l^2 = x_{l1}^2 + \frac{x_{l2}^2}{q^2} + \frac{x_{l3}^2}{s^2}$$

慣性テンソル;RIMT)を計算

3. 固有値問題を解いて、 $q^2=a_2/a_1$ ,  $s^2=a_3/a_1$ を求める

4. 長軸をx軸、中軸をy軸、短軸をz軸になるように回転し、回転する場合は2へ戻る

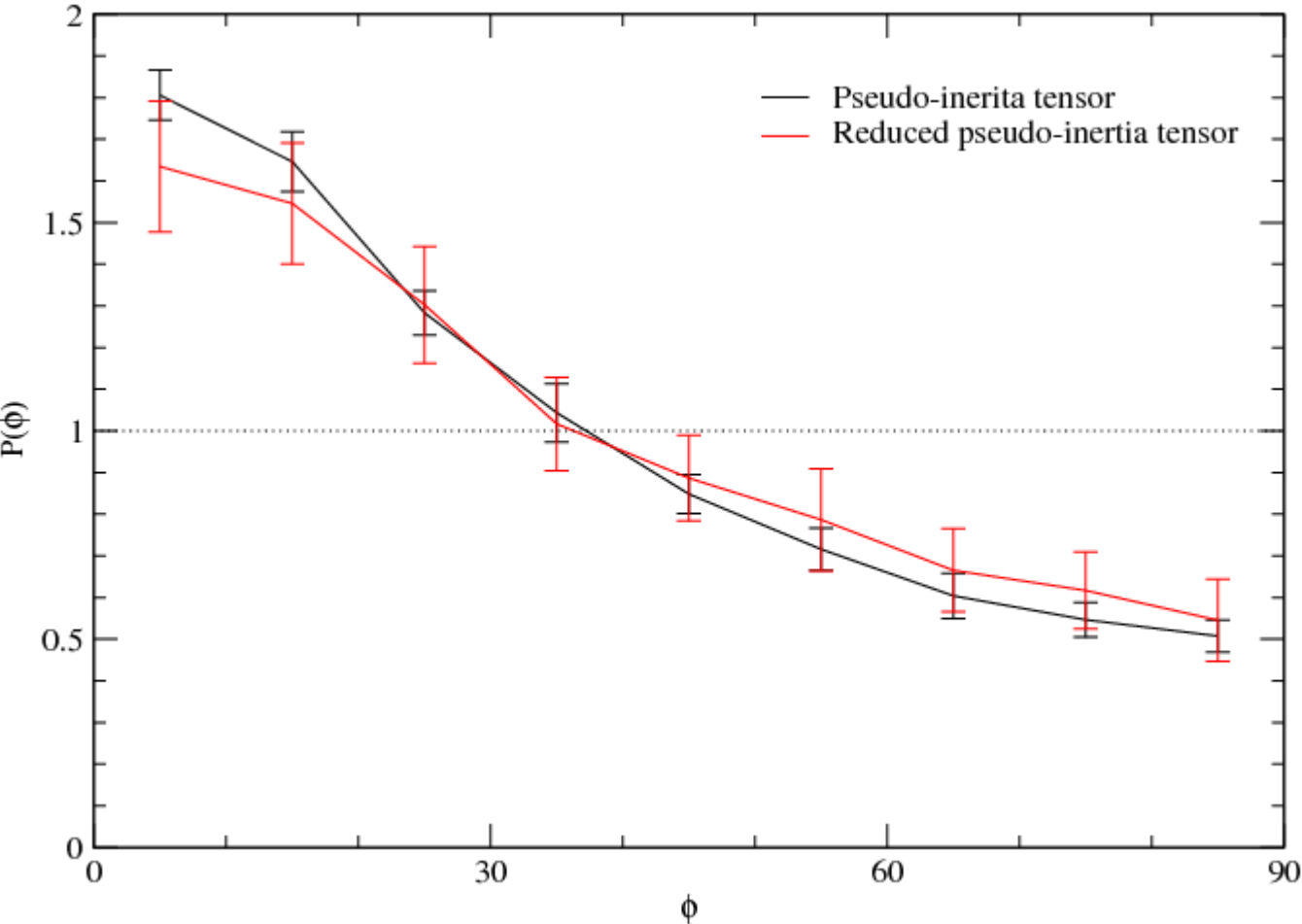
Katz(1991), Dubinski & Carlberg (1991)

この研究では、この計算の2次元版を行う

# サブハローのサンプル

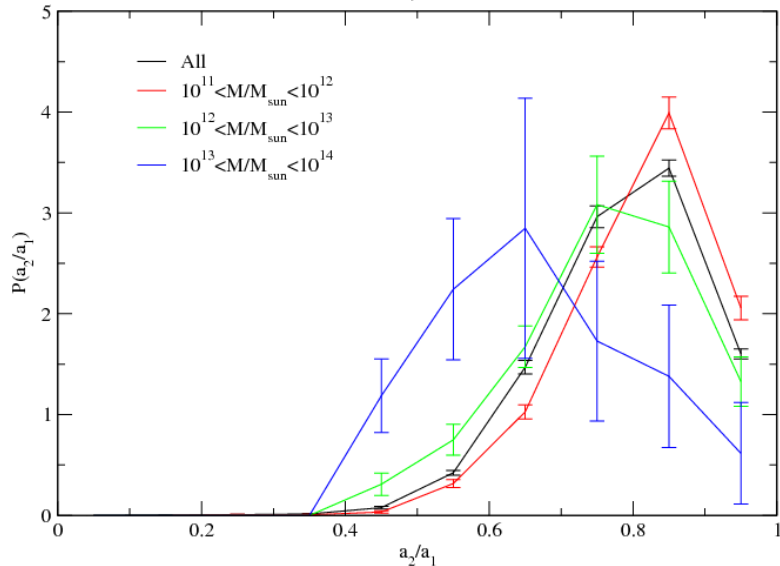
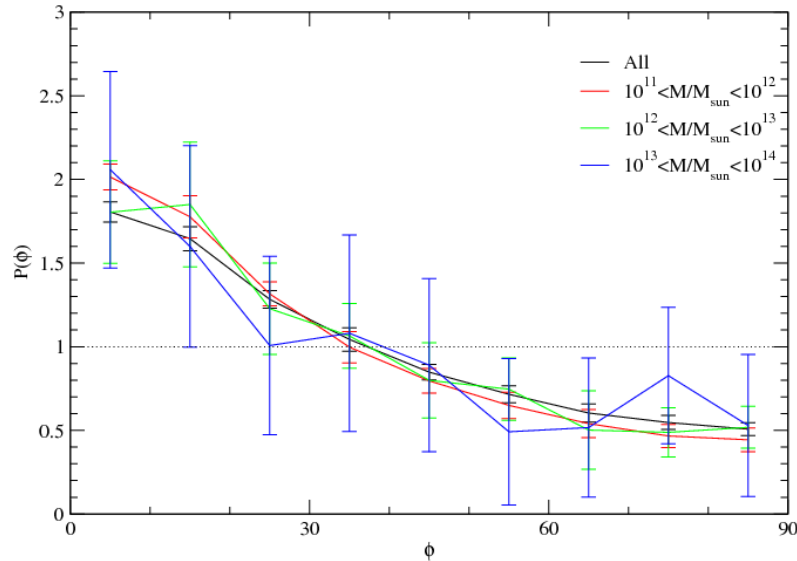
- $\Lambda$ CDMシミュレーション
  - $L=100\text{Mpc}$ ,  $N=512^3$
- 上位40ハローについて解析
  - $M_{\text{max}}=5.95 \times 10^{14} M_{\odot}$
  - $M_{\text{min}}=6.45 \times 10^{13} M_{\odot}$
- サブハロー探索は階層的FoFに基づいたものを使用 (Kase et al. (astro-ph/0603074))
- サブハローは粒子数が100以上 ( $3.04 \times 10^{10} M_{\odot}$ )のもののみを使用

# IMTとRIMTの違い



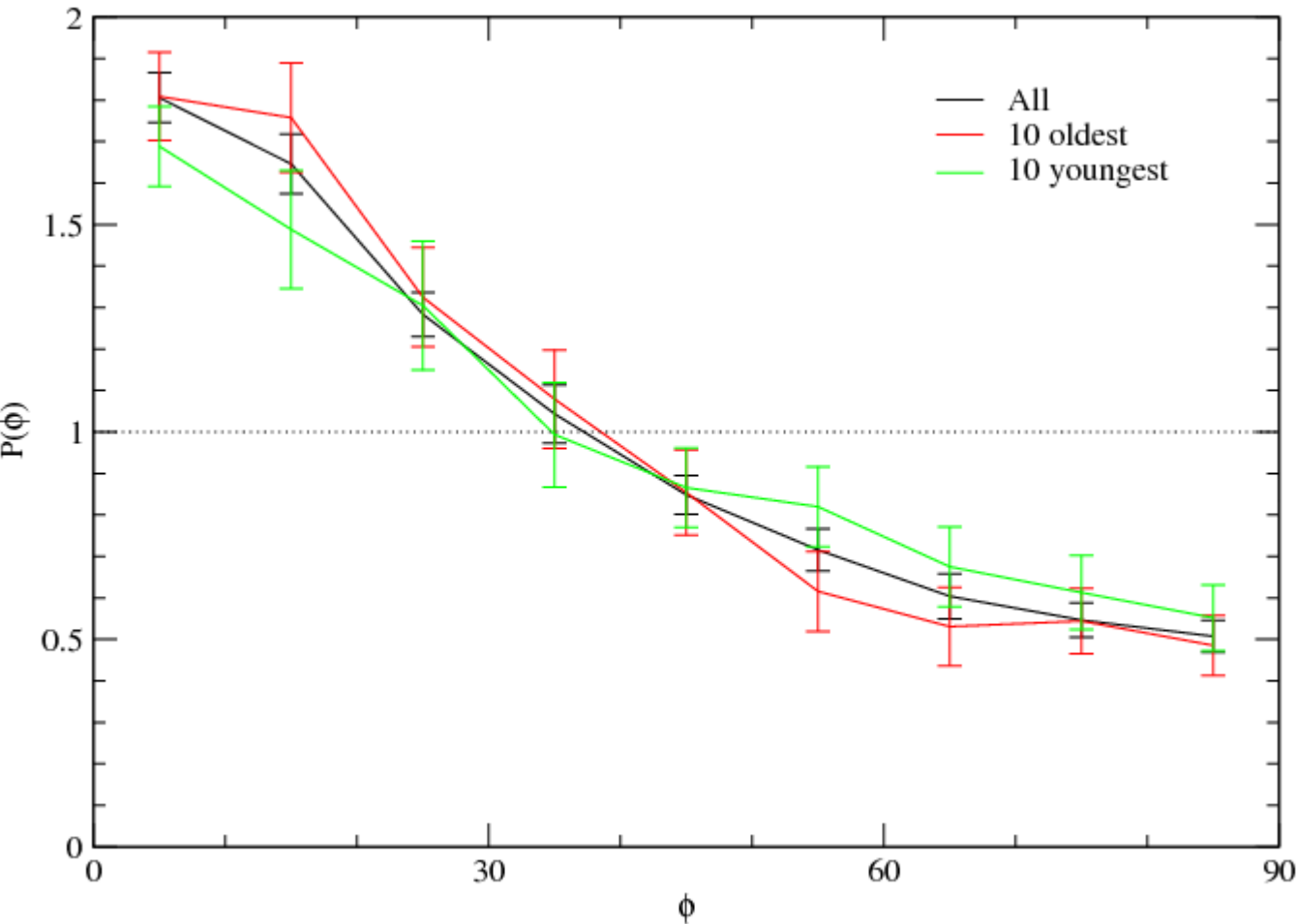
- 観測される相関より、N体計算中のサブハローのほうが、相関が強い
- RIMTの方が若干相関が弱い  
が、大きな差は無い
- 以下ではIMTのみを使う

# 質量依存性



- サブハローの質量による相関の違いは見られない
- 質量の大きいものほど軸比の小さなものが存在する傾向が見られるのは、フィールドのハローと同様である

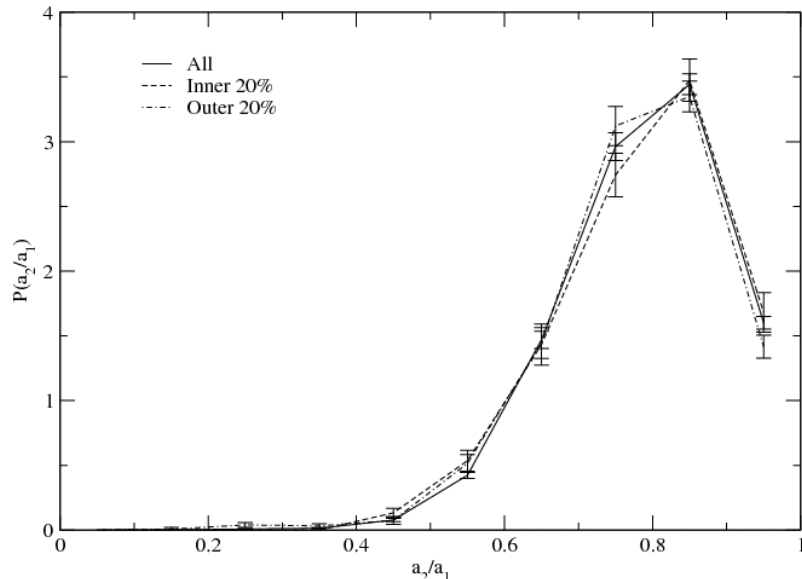
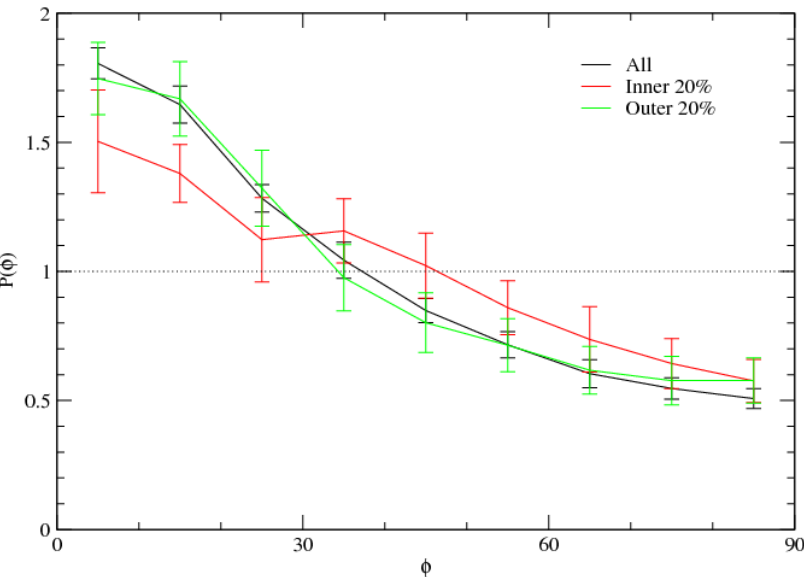
# 半質量年齢効果



親ハローの半質量年齢の若いものの方が、年老いたものより相関が弱くなる傾向があるが、その差は小さい



# サブハローの位置の効果



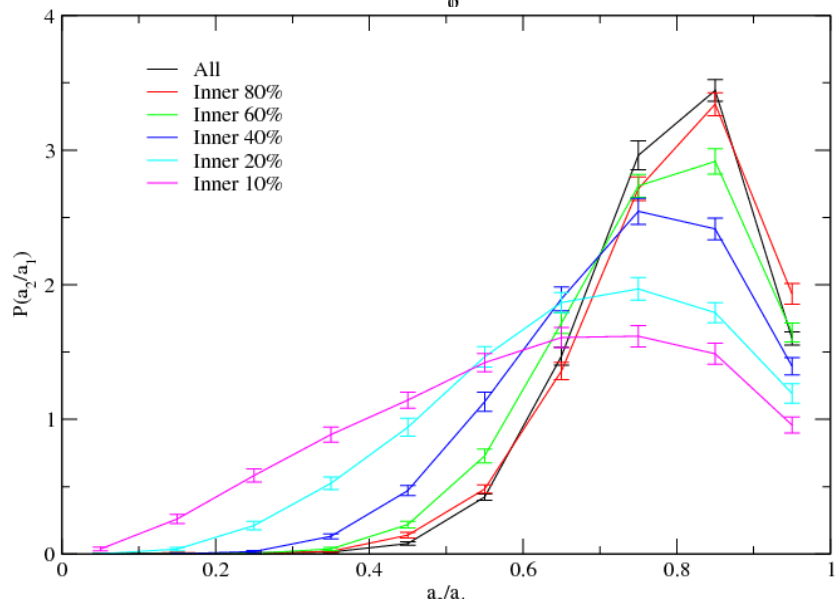
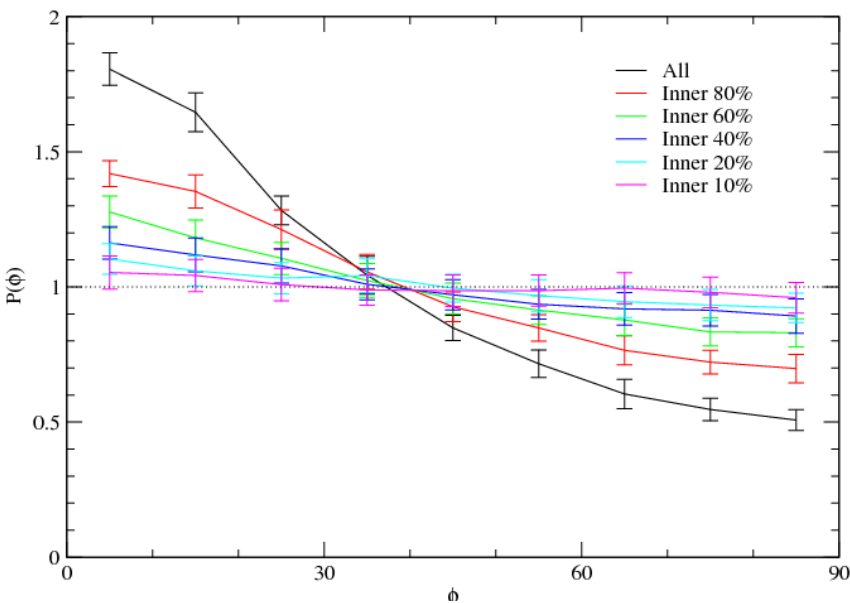
- 中心付近のサブハローだけを用いた場合、外側のハローを用いた場合より相関が弱くなる
- しかし、これでも、観測を説明するためには不十分である
- 中心付近のサブハローと外側のサブハローとでは軸比の分布に違いは見られない

# 中心粒子の選択効果

1.  $q=1$ とする
2.  $\xi$ を計算
3.  $\xi$ の小さい方からある割合だけ粒子を選ぶ
4. 軸比( $q$ )を計算
5. 2.へ戻る

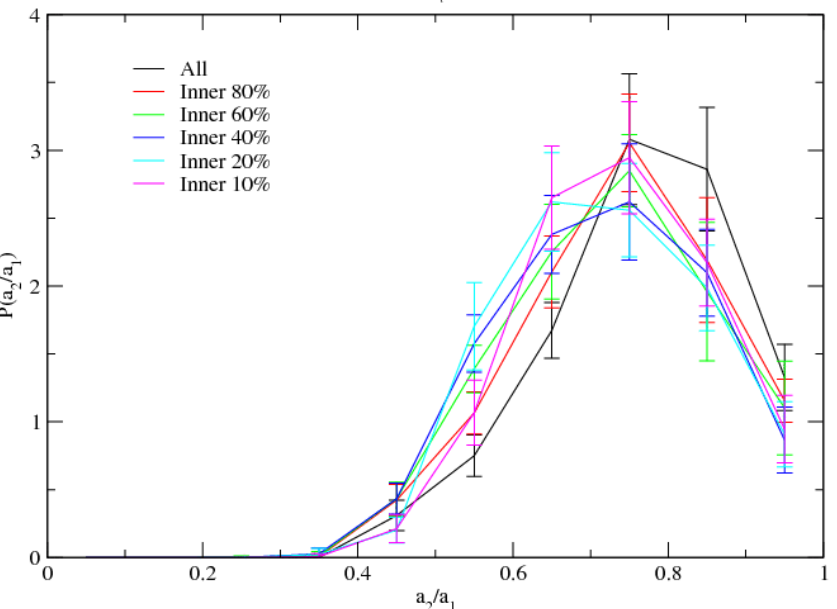
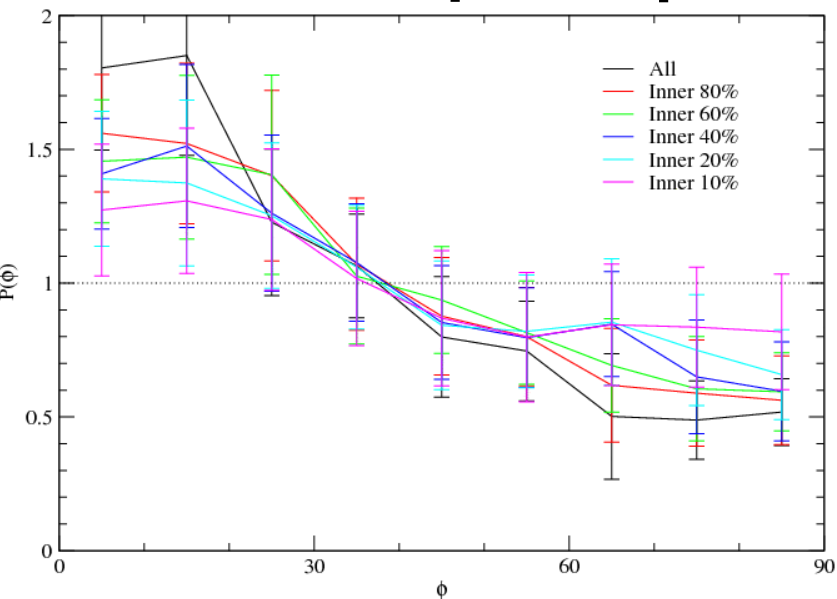
上の操作を繰り返して、中心付近の軸比を決定

# 中心粒子の選択効果



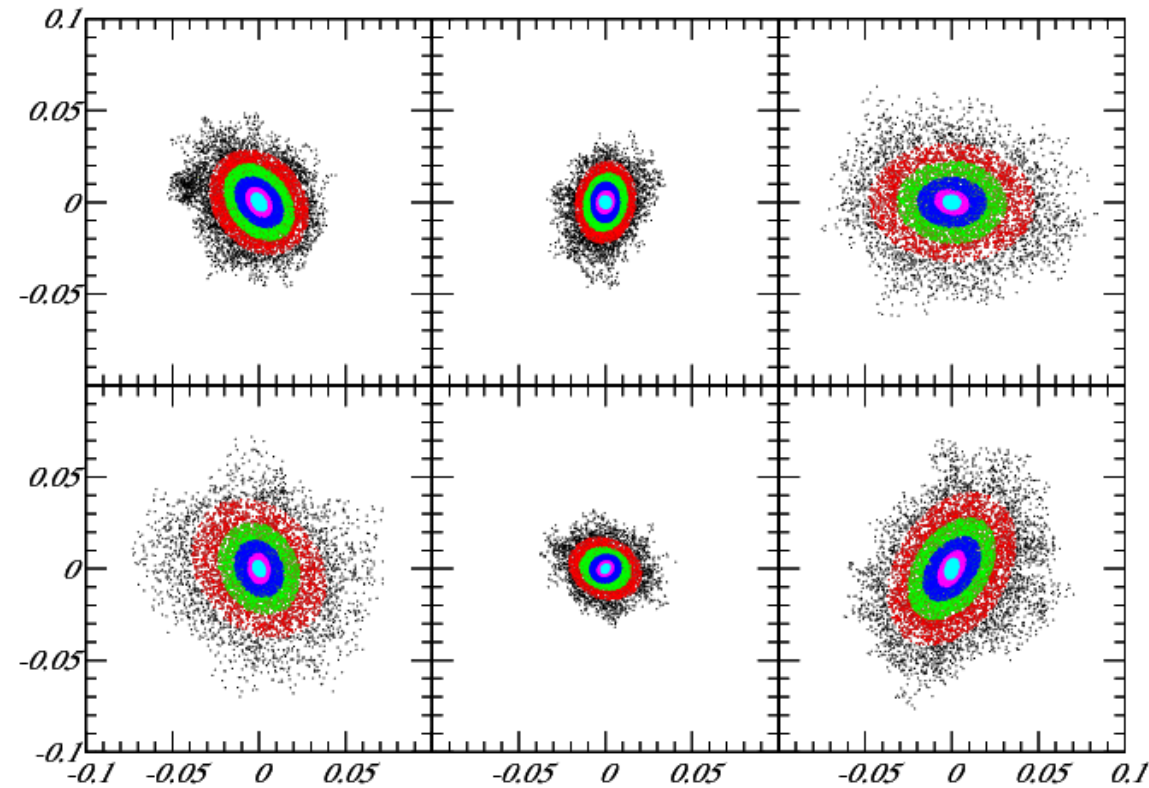
- サブハローの中心からの比率を小さくするほど、相関は弱くなる
- しかし、中心10%の場合、軸比計算に使っている粒子数が最小で10
- 選択する割合を小さくすると、軸比の分布が小さい方へ広がる
- 何か、数値的な誤差を感じさせる

# 中心粒子の選択効果II



- $10^{12} < M/M_{\odot} < 10^{13}$ のサブハローだけを用いて再計算
- 相関の傾向は変わらない
- 選択粒子の比率を変えても、軸比の分布は大きく変わらない

# 粒子の分布



- 粒子の分布を見ても、中心の軸が外側の軸と異なるものが存在することがわかる
- サブハローの三次元分布が三軸不等楕円体である効果もある

# まとめ

- $\Lambda$ CDMシミュレーション中の銀河群から銀河団のサブハローの向きと、サブハローから中心方向との間の角度の相関を調べた
- シミュレーションでみつかった相関は、観測された相関より強い
- 親ハローの中心付近にあるサブハローだけを用いて相関を計算すると、相関は弱くなるが、それでも観測された相関より強い
  - 中心付近にいるサブハローの多くは一度は近心点を通過していると期待されるが、近心点を通過する際、潮汐力の影響を受け落下方向に伸びていた形が歪められるため、相関が弱まったと考えられる

# まとめ(つづき)

- サブハローの中心付近の粒子だけを使い長軸を計算すると、観測された相関に近い相関が得られるようになる
  - 中心付近の粒子は、外側の粒子と違い、潮汐力の影響を受けにくいので、相関が弱くなるものと考えられる