2022/05/23 中村友哉

”The spatial distribution of satellites in galaxy clusters”

By Qing Gu et al. 2022, arXiv:2205.06767

【アブスト】MW、M31の衛星銀河が平面上に分布⇔LCDMと不一致 ： “Plane of Satellites Problem”
Millennium simulationを用い銀河団(CL)まで拡張し、 LCDM環境下でのCL衛星銀河の平面上分布の有無を確認し、衛星銀河の3次元空間分布とCLの性質、形成史、大規模構造(LSS)との関係を調べた。その結果、CLの衛星銀河には衛星銀河平面が見られ、MW likeな衛星銀河に比べ非等方的に分布しており、平面の向きとホストハロー、LSSの向きに大きな相関がみられた。また、赤方偏移を遡り降着のシナリオや各zでの空間分布を調べることで、CLの衛星銀河が多くの場合、**単独で降着**していき、集団降着による衛星銀河の平坦化シナリオの説明がつかないことが分かった。

【オリジナリティ】 CL衛星銀河の平面上分布に着目し、空間分布の理由の考察をした点

【ゴール】 CL衛星銀河の空間分布の理由を解明する

【ロジック】

カタログ＞ CL : MS7 Simulation : $M_{vir} \in [1;3] \times 10^{14} M_{\odot}$,衛星銀河: $R < 1\ [Mpc] \cap M_{star} > 10^{9.5} M_{\odot}$, 11個以上 2587サンプル
MWsize : MS II sc7 Simulation : $M_{vir} \in [0.3;3] \times 10^{12} M_{\odot}$,衛星銀河: $R < 0.3\ [Mpc] \cap M_{star} > 10^{6} M_{\odot}$, 11個以上 4405サンプル

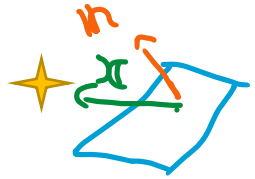


図3 : 上）衛星銀河楕円体の軸比c/aと確率密度関数(PDF) 下）軸比の突出度と累積分布関数(CDF) : 質量上から11個

・MW-classic衛星銀河(11個)の軸比よりも小さい（潰れた）銀河 : MW-like ~5% CL ~3%
・CLがより等方的な分布から外れ、高い非等方性を持つ

軸比 : $R < R_{vir}$の全DM粒子の慣性テンソルの固有値の√で定義
突出度 : $P_{c/a} \equiv 1/p(\leq [c/a]i)$, $p(\leq [c/a]i)$: 等方性な系から[c/a]I以下になる確率

図5 : 上）衛星銀河楕円体の厚さと確率密度関数(PDF) 下）厚さの突出度と累積分布関数(CDF) : 質量上から11個

・MW-classic衛星銀河(11個)の軸比よりも薄い（より平面に近い）銀河 : MW-like ~13.1% CL ~4.7%
・CLがより等方的な分布から外れ、薄い平面を持つ

$P_{h_thick} \equiv 1/p(\leq [h_{thick}]_i)$
厚さ： $h_{thick} = \mathrm{h_{rms}}/\mathrm{R_{vir}}$, $h_{rms} = \sqrt{\Sigma(\vec{n} \cdot \vec{x_i})^2/N}$

図7 : 左）CL衛星銀河面の向きとホストハローの短軸方向の角度差
右）CL衛星銀河面の向きと角運動量方向の相関

図8 : 左）CL衛星銀河面の向きとLSS($2R_{vir} < R < 3R_{vir}$)の角度差
右）ホストハローの短軸方向とLSS($2R_{vir} < R < 3R_{vir}$)の角度差

黒 : CL全サンプル（全体 2587サンプル）
赤 : CLサンプル中で特に薄い平面上に分布 $h_{thick} < 0.1$ (300サンプル)
青 : CLサンプル中で特に厚い平面上に分布 $h_{thick} > 0.23$(300サンプル)

※すべて質量の上から11番目までの衛星銀河しか考慮していない

➡ 衛星銀河面の向きとホストハローの短軸方向に強い相関、LSSと銀河面の向きに緩い相関、ホストハローの短軸と大規模構造に非常に強い相関

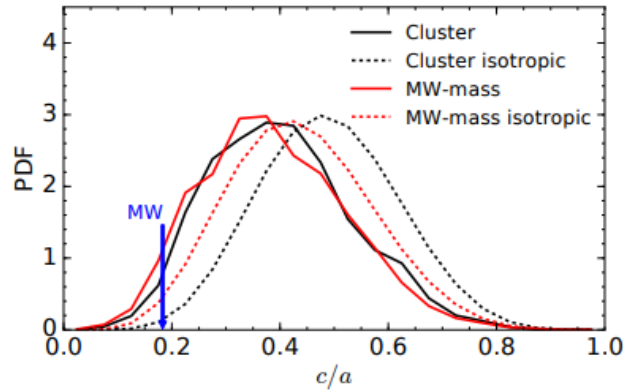
➡ LSSに沿った降着からの衛星銀河平面の非等方性が生じている。銀河面とLSSの見かけの相関は、LSSとDMハローの操艦により生じている可能性がある

図11 : 上）z=0で恒星質量が大きい衛星銀河11個の降着時のグループ数 確率密度関数(PDF) 下）Fig11(上)で考えた衛星銀河の降着時の赤方偏移Z_a

・薄い平面と厚い平面で同様な分布 ⟶ 平面の分厚さと降着時間に相関はない
・CL衛星銀河の大半が9,10グループで降着 ⟶ 大半の衛星銀河が1個ずつ降着⇔集団降着による平坦化シナリオは正しくなさそうである

【コメント】 - 今回考えている銀河団の衛星銀河 $M_{star} > 10^{9.5} M_{\odot}$は相当大きい銀河（MWの1/10ぐらいの恒星質量）であるが、 LCDM環境下で問題が起きるような小スケールに入るのであろうか？；もし入らないのであればこのアプローチはLCDMの問題とは無関係になってしまうのでは
- 質量の大きいものから11個のサブハローを衛星銀河と定義して議論しているが、MWのClassic dwarfと比較するならいい近似になっているのであろうか
- MWがMWlikeな銀河の中でも割と非等方性が強く潰れて薄い衛星銀河面を持つでM31はもっと潰れているようである。意外とLGはユニバーサルではないのかも…

図3



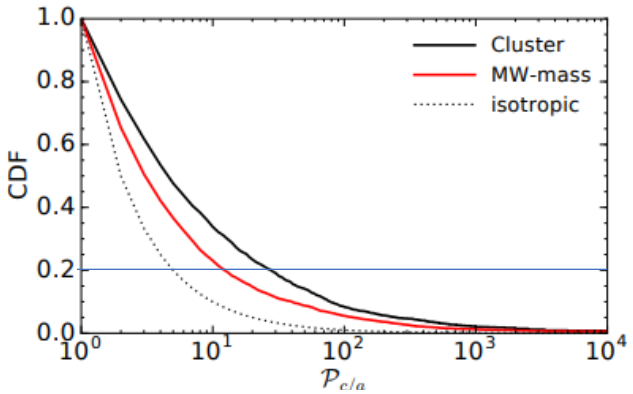
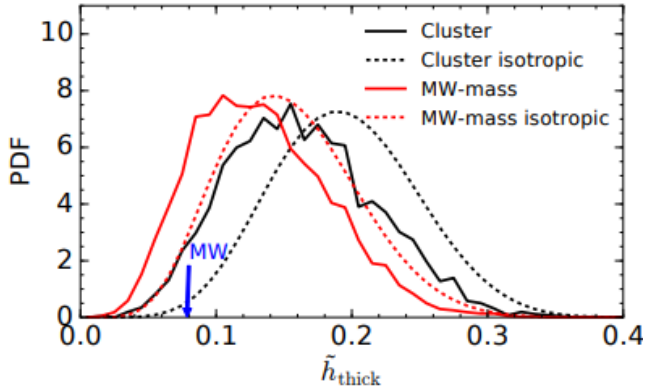


図 5



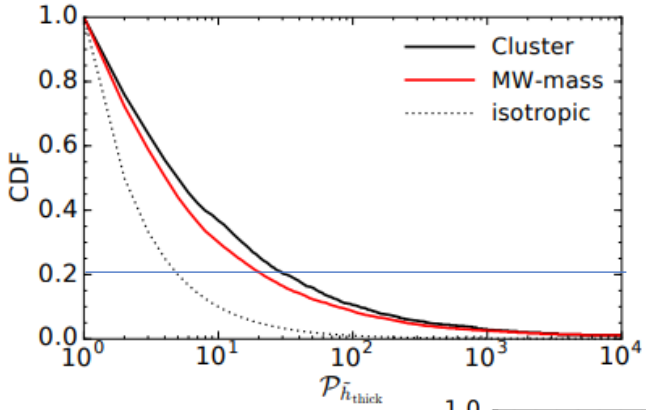
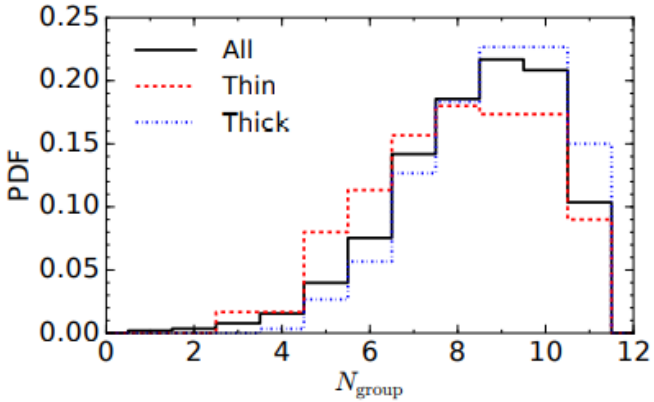
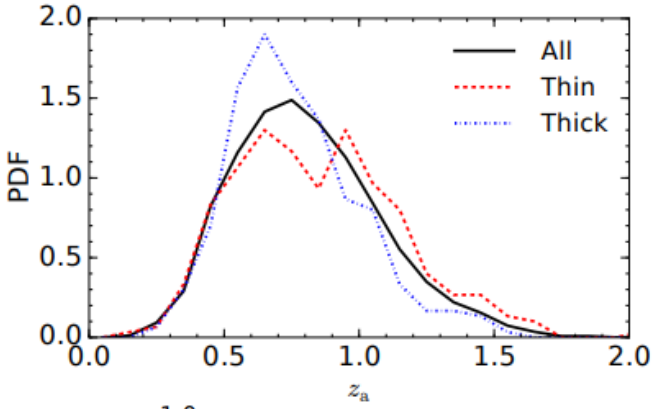
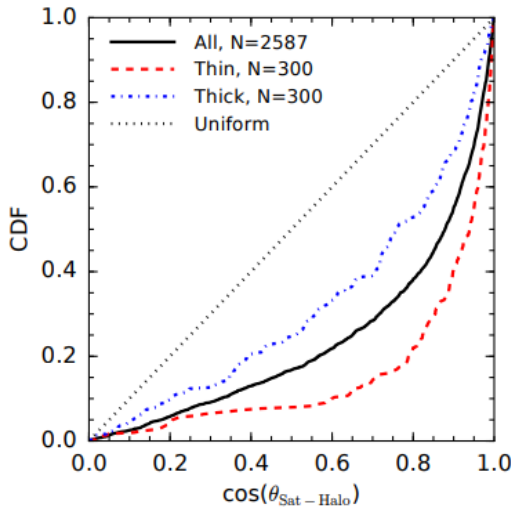


図11







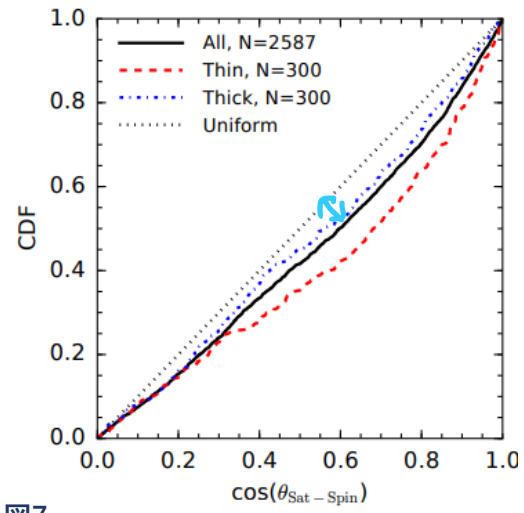
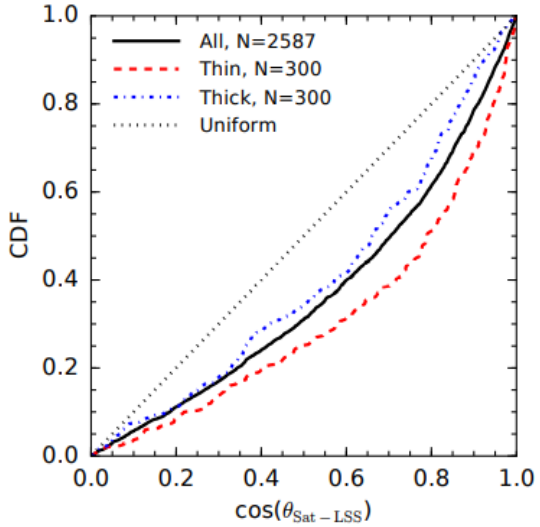


図7



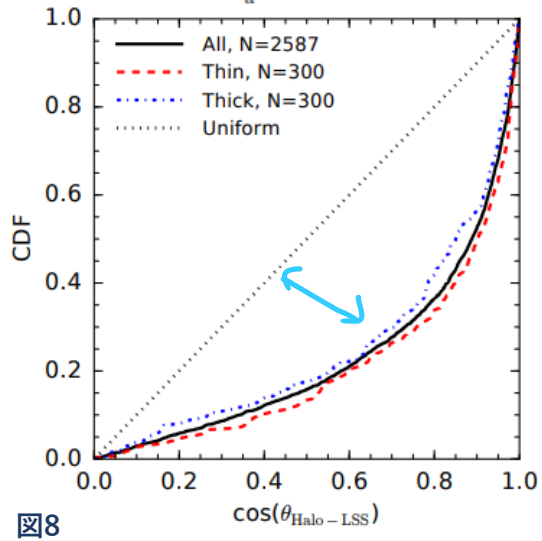


図8