Spatial and orbital planes of the Milky Way satellites: unusual but consistent with ΛCDM

2022/11/10

Khanh Pham, Andrey Kravtsov & Viraj Manwadkar (arXiv:2209.02714)

梨本 真志

[Abst.] MWサイズのハローについてN体計算して衛星銀河の空間分布と軌道極の関係を調べた．その結果，衛星銀河の異方分布は動径分布に敏感であり，数値計算による人工的なハロー破壊や銀河円盤による破壊の影響を受けていることを確認した．MWの衛星銀河系の異方性分布における異常性は2-3σであり統計的にはΛCDMとも矛盾しないことがわかった．この研究は最近の研究結果とも概ね一致する．

[Goal] Science Goal: ΛCDMの検証，Paper Goal: 衛星銀河の空間分布の解明

[Originality] 高解像度の数値計算．銀河円盤の影響を考慮した解析

[Logic]

背景： MWや幾つかの近傍銀河では，衛星銀河の平面偏在・ｺﾋｰﾚﾝﾄ回転の兆候を示す．
このような異方性のevent rateのｼﾐｭﾚｰｼｮﾝによる推定値は多岐にわたっており，
衛星銀河の異方性がΛCDMと矛盾するかどうかconsensusが得られていない．

計算： ELVIS…24個の孤立ハローと12個の伴ハローをzoom-in sim. (低解像度)
Caterpillar…32個のMW-like ﾊﾛｰを3つの解像度でそれぞれ計算 (高解像度)
GRUMPY…銀河進化モデル（衛星銀河の特徴をよく再現可）
FIRE-2…銀河円盤の潮汐力によるｻﾌﾞﾊﾛｰ破壊の生存確率を推定
>> 5万回MCを走らせて生き残った衛星銀河を解析

結果：

・異方性を定量化する物理量

$$\Delta_{\rm rms}(k) \equiv \sqrt{\sum_{i=1}^{k} (\hat{\rm n}\cdot {\rm x}_i)^2/k}\ , \quad \Delta_{\rm sph}(k) \equiv \sqrt{\sum_{i=1}^{k} \arccos^2(\langle {\rm n}\rangle \cdot {\rm n}_i)/k}$$

$\hat{\rm n}$：planeの法線ﾍﾞｸﾄﾙ
${\rm n}_i$：軌道極ﾍﾞｸﾄﾙ

・planeからのズレの標準偏差と中心銀河からの距離の中央値の分布（図3）
（ﾋｽﾄｸﾞﾗﾑ：11個の衛星銀河を無作為に抽出，丸印：明るい上位11個の衛星銀河）
>> 円盤の影響を考慮する (しない) と~1% (~10%) はMWより顕著なplane構造あり

・軌道極のズレの標準偏差とplaneからのズレの標準偏差の分布（図4）
>> 円盤による潮汐力の寄与の有無に関わらず，MWの軌道極の偏りは~2-3σの範囲

・軌道極のズレの標準偏差の衛星銀河数依存性（図5）
>> CaterpillarにはMWを再現するようなMW-like ﾊﾛｰが存在する
>> 系によって潮汐力は衛星銀河の異方性を強めたり弱めたりする

議論：先行研究との比較

・Pawlowsk & Kroupa 20：LCDMで再現不可 with Illustris TNG 100-1
>> 解像度不足で数値計算上でﾊﾛｰ破壊が起きているのでは (ELVISで同様の傾向有)

・Sawala+22：本研究と同様の結果を示す (潮汐破壊は未考慮)
>> MW-likeな衛星系の異方性のevent rateを過大評価してしまってはいそう

[Comments]

・MW衛星銀河の異方性は珍しいけどΛCDMの範囲内という結論でぼちぼち収束か？
>> MWの異方性はたまたまなのか必然なのかは謎のまま．

・近傍銀河で観測例があるが，event rateを観測から推定可？理論と矛盾しない？

図3

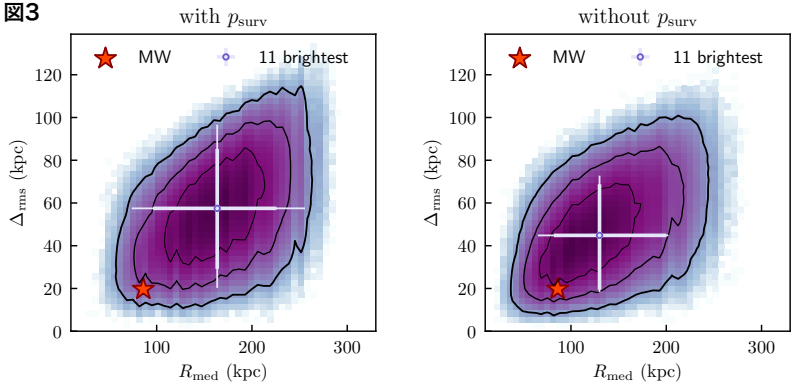


図4

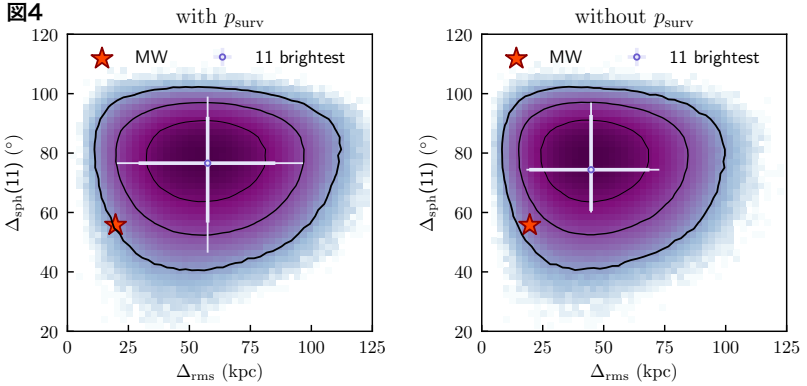


図5

