New tools for studying planarity in galaxy satellite systems: Milky Way satellite planes are consistent with ΛCDM

2024/12/05
梨本 真志

E.Uzeirbegovic, G.Martin, S.Kaviraj, et al. (arXiv: 2411.17813v1)

[概要]

MW衛星銀河の平面構造を定量化するために"planarity"という概念を導入する．Gaia EDR3の位置と速度の情報を用いてMW衛星銀河の平面性を測定したところ，衛星銀河の位置は有意に平面的だが速度は断定できないことがわかった．ｼﾐｭﾚｰｼｮﾝ結果は今回測定された位置由来の平面性と矛盾しないが，運動も平面的であることを期待する．

[目的] MW衛星銀河の平面分布の理解　　**[新規性]** planarityという概念の導入

[ロジック]

背　景：

従来は衛星銀河の位置と速度ベクトルの外積から推定される極方向をもとに平面を同定
>> 単一の平面を想定，速度の誤差に敏感，位置と運動を切り離せない

解　析：Gaia EDR3を用いたMW衛星銀河のplanarityの測定

(1) 母銀河を原点として，2つの衛星銀河の位置ベクトルの外積 ($\vec{r} = (x, y, z)$) を計算し平面を同定

(2) 平面を傾斜角 ($\alpha = \arccos(z/r)$) と方位角 ($\beta = \mathrm{sign}(y)\arccos(x/\sqrt{x^2+y^2})$) で表す

(3) 全ての衛星銀河ペアでα，βを測定し2Dヒストグラムを作成

(4) 速度ベクトルについても同様に解析

結　果：

図4：α-β平面における衛星銀河ペア数の分布
　　位置ベクトルによる測定 (左図) では分布に集中があるが速度ベクトル (右図) では見られない

図5：Gini係数の比較
　　速度ベクトルを用いた測定は等方分布を仮定したｼﾐｭﾚｰｼｮﾝと矛盾するとは言えないが
　　位置ベクトルを用いた測定は等方分布と一致しない

図7：星質量 > 10e+5M◉ の衛星銀河を30個以上持つ星質量 > 10e+10M◉ の銀河数進化
　　(by NewHorizon [宇宙論的流体zoom-inシミュレーション])
　　8割程度はMW-likeな平面を持ち，測定法や年代に依らない

図8：Gini係数の時間進化のｼﾐｭﾚｰｼｮﾝ結果 (代表例)
- MW相当の値 (黒破線) を上回る結果がほとんど
- 位置，速度，角運動量は追随しコヒーレント
- 合体イベントに平面性は左右されない
- Gini係数は時間に依らず，当初から平面構造を示す

Gini係数

$$G = \frac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}|x_i - x_j|}{2n^2\bar{x}}$$

[批評]

- 観測誤差では埋まらないgapが位置と速度のGini係数にありそう…
- 図4の分布がそれぞれ直交してるようにも見えるが有意？
- 平面構造の詳細を究明するにはこの解析法は向いてない？

図4

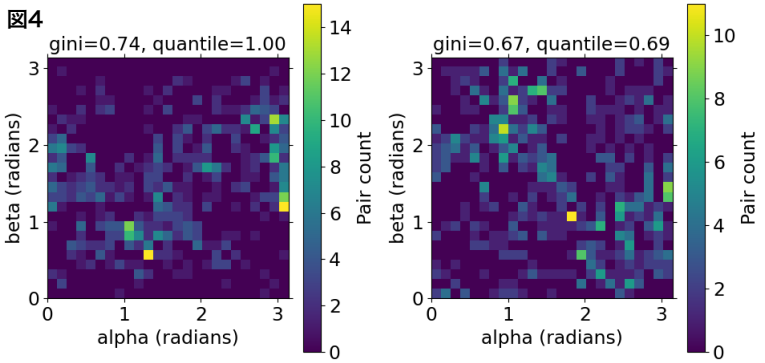


図5

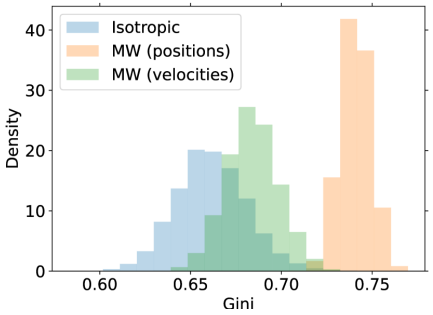


図7

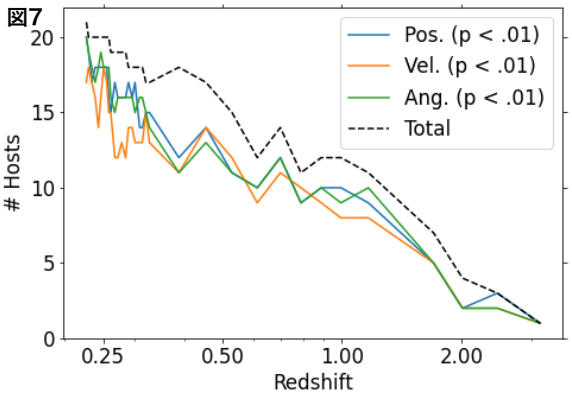


図8

