“Plan β: Core or Cusp?” Richardson et al. 2013, arXiv:1311.1522 GAゼミ@20131115 林 航平

【アブスト】
矮小銀河ダークハローの中心部の密度分布がカスプかコアかという問題は未だ解決されていないが、その大きな理由の1つとしてダークハロー密度プロファイルと恒星系の速度非等方性が縮退していることがあげられる。この縮退を解くために、星の三次元分布と視線速度を用いた新たな手法を考案した。この手法は特にanisotropyが強いとより効果的になることがわかった。また、矮小銀河の星(RR Lyrae)の距離決定精度からこの手法のフィジビリティを議論し、Sagittarius (Sgr) dSphであれば現在の観測精度で可能であり、Ursa Minor, Draco, Fornaxも精度が改善すれば可能となる。

【ゴール】
dSphのダークマター分布の解明

【オリジナリティ】
3次元分布を用いることでDM密度プロファイルと速度非等方性の縮退を解く手法を考案した。

【ロジック】
視線方向をz軸とおき、その軸と星の位置ベクトルとの間の角を θ とすると視線速度分散は

$$\sigma_z^2(r,\theta) = \sigma_r^2(\cos^2\theta + (1-\beta)\sin^2\theta)$$

となり、θ を積分することで、

$$\sigma_z^2(r) = \left(1 - \frac{2\beta}{3}\right)\sigma_r^2 \quad (※)$$

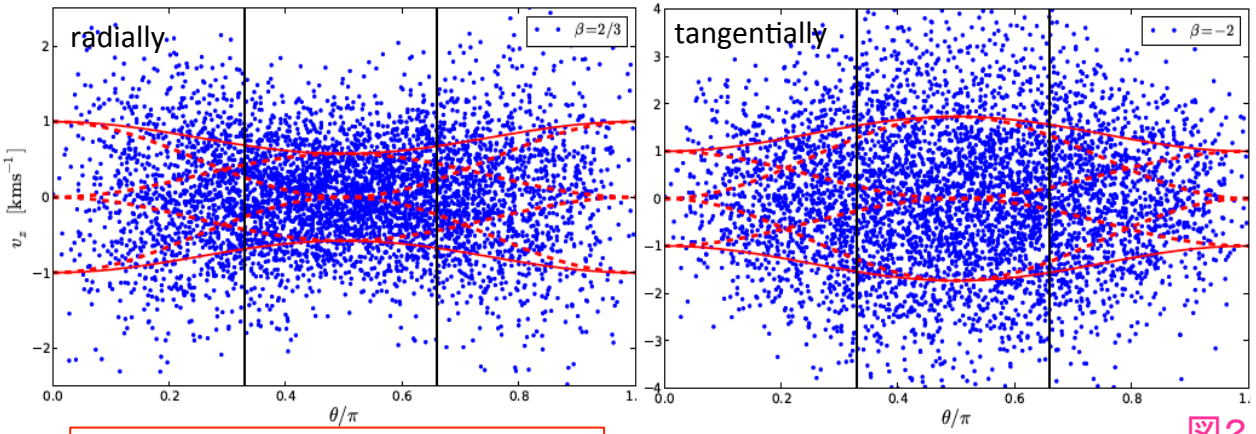
を得られる。これとcos^2 θ のウエイトをかけたもの

$$\overline{\sigma_z^2\cos^2\theta} = \int \frac{d\Omega}{4\pi}(\sigma_r^2\cos^4\theta + \sigma_\theta^2\sin^2\theta\cos^2\theta) = \frac{1}{3}\left(1 - \frac{2\beta}{5}\right)\sigma_r^2.$$

との比をとることで β を観測値から求めることが出来る。

$$\widehat{\beta}_1 = \frac{3}{2} - \frac{1}{5\omega - 1}, \quad \omega \equiv \frac{\langle v_z^2\cos^2\theta\rangle}{\langle v_z^2\rangle}$$

図1



[図1] θ に対する視線速度分布。赤実線は式(※)、赤点線は σ_r と σ_θ の寄与。速度非等方性の違いで分布に顕著な違いがみられる。

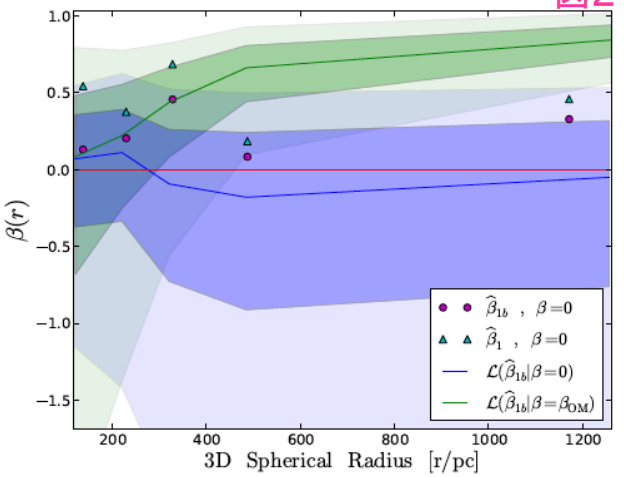
[図2] 矮小銀河の2つのmock dataを用意。
- Model1: NFW, β =0, Model2: core, Osipkov-Merritt
- 星密度分布やDMhaloのスケール長さは同じで観測エラーとして(δ Vz, δ z)=(3km/s, 100pc)を与える。

このdataから各々500天体をサンプリングし、β を算出。データから得られた β とモデルからのそれとのlikelihood (青: β =0, 緑: Osipkov-Merritt) を計算している。

半径が大きいところでanisotropyの違いが顕著にあらわれ、ベータに制限を与えることができる。

[フィジビリティ] 距離精度として δ d/d<1%が必要(Sgr=0.7%, UM=0.3, Draco=0.2, Fornax=0.1)。
星の表面速度と温度からRR lyraeのluminosityを求めるBaade-Wesselink (BW) method であれば0.7%の精度で求めることができSagittarius dSphで可能な範囲に入る。

図2



データ点は β =0時の、星の空間分布が視線方向に球対称からズレているバイアス(丸)とバイアスを考慮してないもの(△)を示している。

【感想(気がついたこと)】
・強いanisotropyを持つ系ではないと縮退を解くことができないのが問題。
・mock dataはGAIA challenge (http://astrowiki.ph.surrey.ac.uk/dokuwiki/)からDL可能。