Kinematics of the Sagittarius dwarf spheroidal core: a 5D analysis for a 6D methodology with Gaia DR3

GAゼミ@251106 宮﨑凜

by Goldstein, Isabelle S. & Strigari, Louis E. arxiv 2501.11138

[Abstract] Gaia DR3のデータを用いて、視線速度と固有運動の情報を活用し、いて座矮小楕円体銀河(Sgr dSph)の内部領域の力学解析を行った。星までの距離はモデル化し、不確定性が解析に与える影響を調べた。視線速度のみのJeans解析により速度異方性$\beta_a = -2.24 \pm 1.99$を得た。完全な5Dデータを用いることで、dark matterの密度プロファイルのlog slopeと速度異方性の測定値が大幅に改善されると予測される。モデル化した模擬距離データを用いた検証では、異方性誤差が約1桁、半光度半径におけるlog slopeが約0.5桁改善されることが示された。

[goal] いて座dSphの内側領域のdynamicsを評価し、将来の6D dataでの結果を見積もる

[originality] 6Dの情報を用いたJeans解析

[method]

・データ : Gaia DR3、銀河中心より5.7度以内のサンプル抽出→年周視差、$v_{\rm los}$でカット

→固有運動空間で2Gaussian fit(Fig2)→半光度半径以内のサンプルを抽出(中心領域抽出)

→年周視差の外れ値除去→1381member

・距離(5D+1D) : 実際の年周視差精度は不足しているため、

距離は モック(△D = 0.1 kpc と △D = 1 kpc) を生成。

ある星iの距離D_i を$\mathcal{N}(25.95\mathrm{kpc},\ 1.0\mathrm{kpc})$からサンプリング、それを測定値とする。

→ $(\alpha, \delta, \mu_{\alpha*}, \mu_\delta, D, v_{\rm los})$を、測定値を中心、測定誤差を標準偏差とした正規分布から

10000回サンプリング→得られた分布から標準偏差を求め、それを誤差とする。

・手法 : 球対称Jeans modeling

星: Plummer分布、DM : generalized NFW profile

尤度 : Jeans eqから計算した速度分散$\sigma_{\rm los}$, $\sigma_{\rm rad}$, $\sigma_{\rm tan}$ を用いて

unbinned likelihoodを定義 → MultiNest(Nest sampling)によるベイズ推定

[result]

Fig8: 各パラメータの事後分布

視線速度のみ: $(\beta_a,\ \log\mathrm{slope}(\mathrm{R_{HL}})) = (-2.24, 1.62) \pm (1.99, 0.69)$

6D解析: $(\beta_a,\ \log\mathrm{slope}(\mathrm{R_{HL}})) = (-0.73, 0.85) \pm (0.18, 0.15)$ (△D =0.1 kpc),

$(\beta_a,\ \log\mathrm{slope}(\mathrm{R_{HL}})) = (-0.28, 0.74) \pm (0.14, 0.31)$ (△D = 1 kpc),

Fig9: Log slopeの信頼区間

[comment]

元のパラメータ(6つ)の事後分布も見たい。

力学平衡、球対称仮定がどこまで妥当か。

Fig2

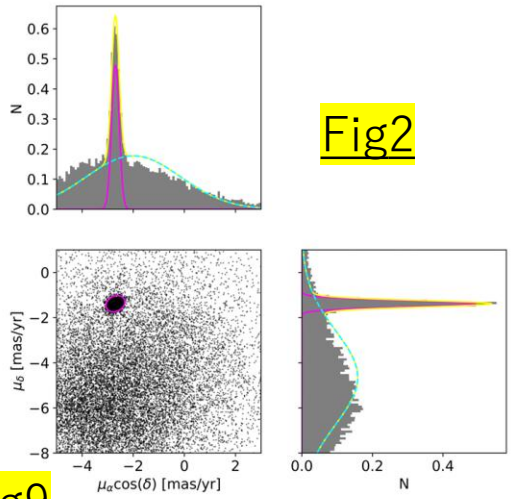
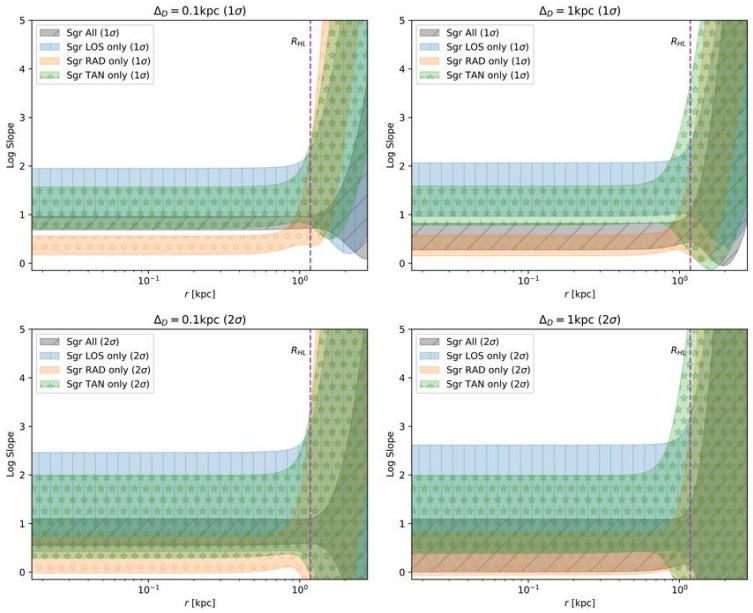


Fig9



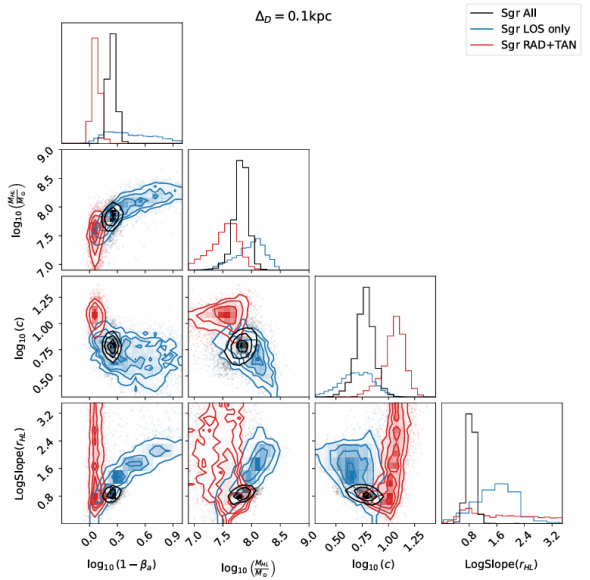
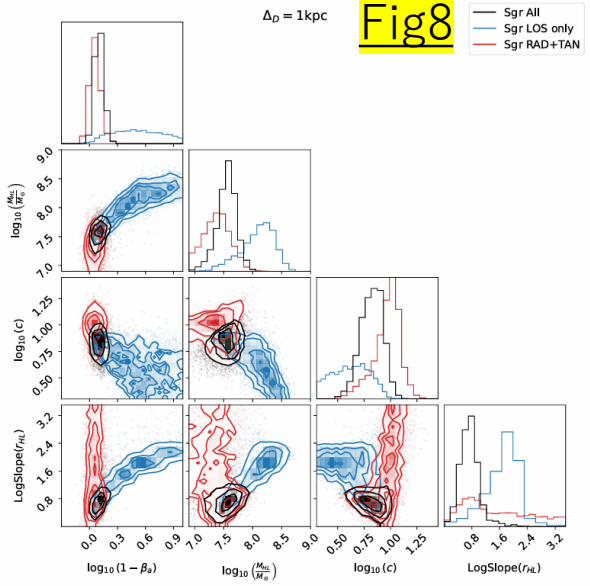


Fig8



- 参考

・DMの密度profile

$$\rho(r) = \rho_s \left(\frac{r}{r_s}\right)^{-\gamma} \left[1 + \left(\frac{r}{r_s}\right)^{\alpha}\right]^{\frac{\gamma-\beta}{\alpha}}$$

・尤度

$$\mathcal{L}_{\rm comp} = \prod_{i=1}^{N} \frac{\exp\left[-\frac{1}{2}\left(u_{{\rm comp},i} - \langle u\rangle_{\rm comp}\right)^2\right]}{\sqrt{2\pi}\sqrt{\Delta^2_{{\rm comp},i} + \sigma^2_{\rm comp}(R_i|\rho_s, r_s, \alpha, \beta, \gamma, \beta_a)}}, \qquad {\rm comp} = {\rm los, rad, tan}$$

・推定パラメータ

Concentration: $c = r_{200}/r_s$ (r_{200} はハローの半径、平均密度が宇宙の物質密度の200倍となる半径)

Mass: $M_{200} = \int_0^{r_{200}} 4\pi r^2 \rho(r) dr$

Log slope: $-\frac{d\ln\rho(r)}{d\ln r} = \gamma - \frac{(\gamma-\beta)(r/r_s)^{\alpha}}{1+(r/r_s)^{\alpha}}$ (cuspy profileではr→0で1、core profileではr→0で0)

Velocity anisotropy: β_a

の4つ → Fig8