“The Gravitational Force Field of the Galaxy Measured From the Kinematics of RR Lyrae in Gaia”

Christopher Wegg, Ortwin Gerhard and Marie Bieth

arxiv.org:1806. 09635

GAゼミ@18071I 福島　徹也

【アブスト】

Gaia DR2で得られた15651個のRR Lyraeの固有運動を使って1.5 kpc ~ 20 kpcの範囲の恒星ハローの運動を調べたところ、動径方向に強く非等方な運動をしていることが分かった。ただし、5 kpcより内側では非等方性はわずか($\beta > 2.5$)で50 km/s以下で回転していた。また、これらの運動にJeans equationを適用したところ、この半径内のダークマターの重力ポテンシャルは球に近く平均扁平度$q_\Phi = 1.03\pm0.08$であることが分かった。ダークマターハローの扁平度はq_ρ=1.00±0.09であった。

【ゴール】

銀河系ダークマターハローの形状を解明し、ダークマターの性質に制限を与える。

【オリジナリティ】

星の運動をもとに銀河系ダークマターハローの性質を調べたところ。

【ロジック】

・サンプル

-PanSTARRS1により得られたRR Lyraeを使う。
　purity : 95% completeness : 95% 距離精度 : 3%

-銀河面・streamに近いもの除く

-proper motionはGaia DR2で得られたもの。
　proper motion error : ≲0.25 mas/yr

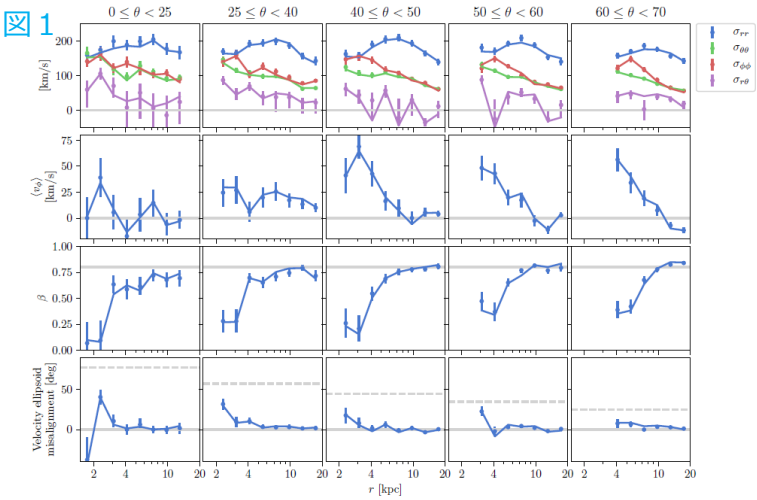
$$\begin{pmatrix} V_c = 238\ \mathrm{km/s} \\ R_\odot = 8.2\ \mathrm{kpc} \\ (U_\odot, V_\odot, W_\odot) = (11.1, 12.24, 7.25) \end{pmatrix}$$

・運動

最尤法を用いて、空間分布＋proper motionの観測値から運動(σ_{rr}, $\sigma_{\theta\theta}$,$\sigma_{\varphi\varphi}$,$\sigma_{r\theta}$,$\langle v_\varphi \rangle$)を求める。
(radial velocityなし⇒仮定：①方位角方向に分散一定②bin内では位置と運動は相関なし)

結果：(i) 速度分散は球状にそろう
　　(ii)radial anisotropy[図1]
　　(iii)10 kpcより外側において~10 km/sの逆回転[図１]：仮定した太陽の回転速度？降着史反映？
　　(iv) 内側でわずかに回転[図１]：降着史反映？barから角運動量獲得？

図１



・ダークマターハローの性質

Jeans equation(式１)により各binにおける力を計算。(図２左)
baryonのポテンシャルをPortail et al.2017のモデルを仮定する。(図２中央)
(made-to-measure method: 銀河内側のデータにfitしたbarred N-boby model)
得られた力場に対しNFW, Einasto, gNFW, pseudo-isothermalのDMハローを仮定してフィッテングした。
結果(表１)：q_ρ～1となりダークマターハローは球状と推定された。
AICはどのハローも変わらず、今回のサンプルではどのハロープロファイルが正しいか判断できなかった。
DMプロファイルはStreamなどの先行研究と一致している。

式1

$$\langle v_r^2\rangle \Delta_{\log r} \log\rho + \Delta_{\log r}\langle v_r^2\rangle + \langle v_r v_\theta\rangle \Delta_\theta \log\rho + \Delta_\theta \langle v_r v_\theta\rangle + \left[2\langle v_r^2\rangle - \langle v_\theta^2\rangle - \langle v_\phi^2\rangle + \langle v_r v_\theta\rangle \cot\theta\right] = -r\langle F_r\rangle\,, \quad (22a)$$

$$\langle v_r v_\theta\rangle \Delta_{\log r} \log\rho + \Delta_{\log r}\langle v_r v_\theta\rangle + \langle v_\theta^2\rangle \Delta_\theta \log\rho + \Delta_\theta \langle v_\theta^2\rangle + \left[3\langle v_r v_\theta\rangle + (\langle v_\theta^2\rangle - \langle v_\phi^2\rangle)\cot\theta\right] = -r\langle F_\theta\rangle\,. \quad (22b)$$

図２

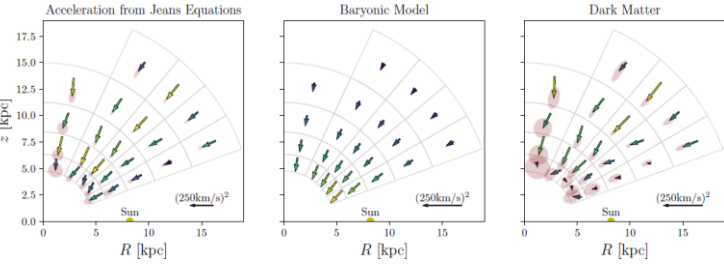


表１

Profile	q_ρ	$V_c(R_0)$ [km s^{-1}]	$\rho_{\rm dm}(R_0)$ [$M_\odot$/pc^3]	Best Fitting Parameters	Max log $\mathcal{L}$	χ^2/DOF	AIC
NFW	0.99 ± 0.08	216.0 ± 3.5	0.0092 ± 0.0009	m_s = 29 kpc	−783.5	0.96	1573.0
Einasto	1.00 ± 0.09	222 ± 6	0.0109 ± 0.0025	m_{-2} = 8.7 kpc, α = 1.4	−782.4	0.94	1572.7
gNFW	0.99 ± 0.09	218 ± 4	0.0091 ± 0.0013	m_s = 1.6 kpc, γ = −3.9	−782.6	0.95	1573.2
PseudoIsothermal	0.99 ± 0.08	217 ± 4	0.0094 ± 0.0012	m_c = 2.7 kpc	−783.2	0.95	1572.4

【筆者コメント・感想】

筆者・ どのプロファイルが正しいか知るためにはバルジの質量等をGaiaで詳細に研究する必要アリ。

・binでならされていることによるのかもしれないが、βにdipがない。