Milky Way total Mass derived by Rotation Curve and Globular Cluster kinematics from Gaia EDR3

J. Wang, F. Hammer, Y. Yang arXiv:2111.09324v1 GAゼミ@2021/12/14 佐藤 元太

【アブスト】

MWの総質量や密度分布を、Gaia EDR3の球状星団(GC)分布を基に推測した。また、LMCの質量を大きく設定する(1.5e11Msun)と、MW総質量がより重く見積もられることが分かった。未緩和のサブ構造による影響を考慮してMW総質量を推定しても、その結果は大して変わらない。本研究で見積もられたMW総質量の範囲は狭く、かつ低質量であり、TBTF問題の緩和に繋がる結果であると言える。

【ゴール】MWの総質量・動力学構造を明らかにする。

【オリジナリティ】Gaia EDR3でのGCの固有運動データを使用して、MWの物理量を推定した。

【ロジック】

モデル :MWハローのモデルとして、ZhaoとEinastoの2つを用意した。
それ以外の成分(バルジ・星/ガスディスク)はMcMillan 2017のモデルを使用。
このモデル下で、作用DFのパラメータ値をMCMC法で決定し、そのDFから種々の物理量を計算する。

表2 :見積もられるMWの各成分の質量、および総質量。
他のパラメータ→図4, 5

図14 :本研究の結果を先行研究と比較する。本研究はMW質量を小さく見積もっていることがわかる(consistentではある)。MW質量が小さいことは、too-big-to-fail問題の軽減に繋がる。

図8 :赤で本研究の結果(Zhaoの方)から導かれる回転曲線を示す。
内側の領域(disk領域)でも、外側の領域でも先行研究と合致する結果を得られている(Eilers+19, Vasiliev+21, Eadie+19)。
Cautun+20は矮小衛星銀河の効果を考慮しているためか、遠方領域で本結果よりも回転曲線を大きく見積もることになっている。

図13 :MW内に多くある未緩和のサブ構造が、MW動力学にどのような影響を与えるのかを調べた。FIRE2 Latteシミュレーションの「m12m」モデルの回転曲線(緑線)や垂直方向の力に摂動(観測での不確定性、Hattori+20)を与えて入力値とし、再びMCMC法で力学分布を導出し、回転曲線を再計算した。その結果、サブ構造はMWの特徴に対して、10%程度の変動を齎す程度の影響しかないことが明らかになった。

図12 :LMCの効果を調べた。Erkal+20のGC速度分布に摂動を与えたサンプルの回転曲線を、異なる手法で計算した(赤、青、黒線)。LMC摂動を与える前の回転曲線(緑線)と比較して、遠方(~50kpc)で質量が大きく見積もられることになる。メインの結果にも同じ特徴が見られることから、LMCの効果が本研究には含まれていることが分かる。

【コメント】

・MW質量の見積もり値が小さいとはいえ、TBTF問題にメスを入れられるほどの影響が本当にあるのか？納得しきれていない。

表2

	Zhao	Einasto
$M_{\rm bulge}\ [10^{10}M_{\rm sun}]$	$0.86^{+0.09}_{-0.11}$	$0.85^{+0.09}_{-0.08}$
$M_{\rm thin}\ [10^{10}M_{\rm sun}]$	$3.69^{+0.34}_{-0.37}$	$3.79^{+0.28}_{-0.30}$
$M_{\rm thick}\ [10^{10}M_{\rm sun}]$	$1.05^{+0.53}_{-0.45}$	$1.03^{+0.47}_{-0.39}$
$M_{200}\ [10^{11}M_{\rm sun}]$	$7.84^{+3.08}_{-1.97}$	$5.73^{+0.76}_{-0.58}$

図8

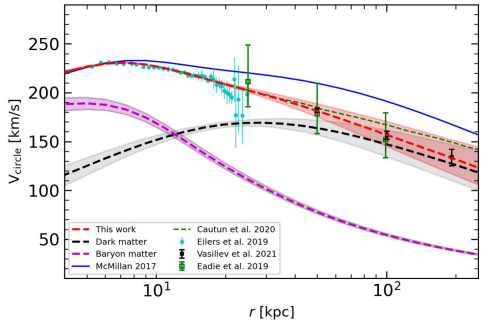


図12

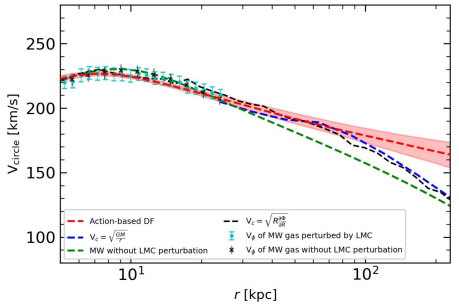


図13

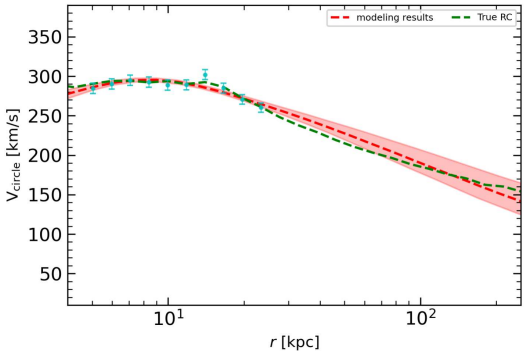


図14

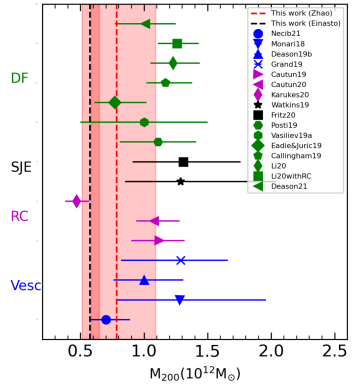
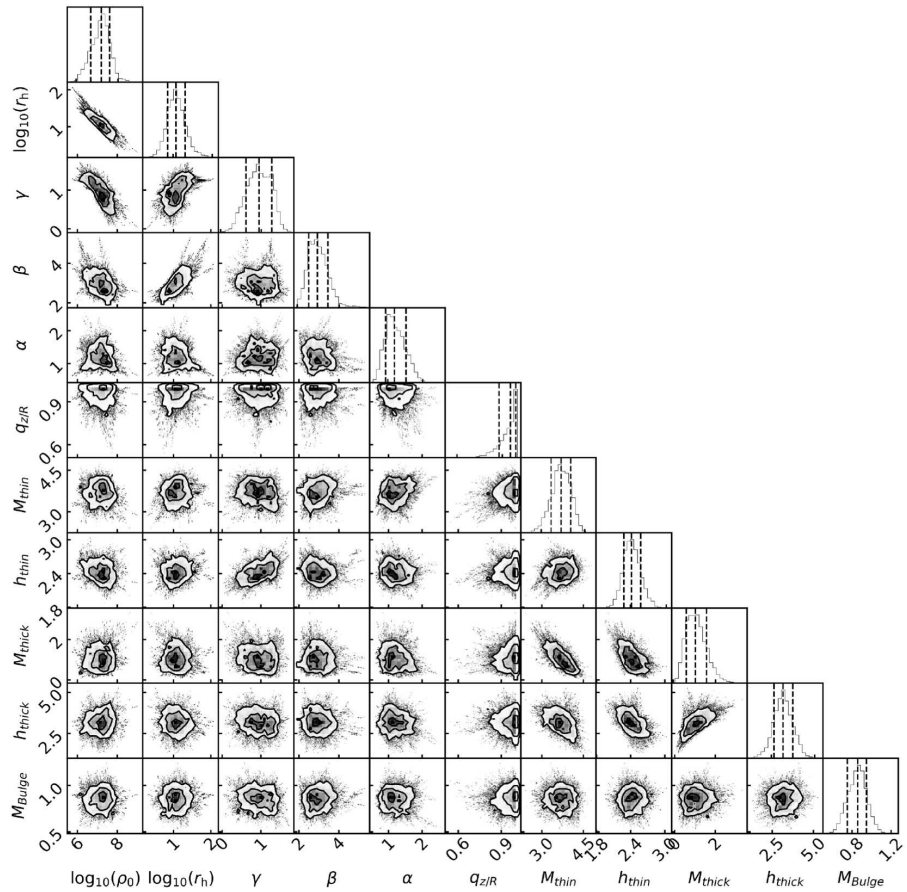


図4



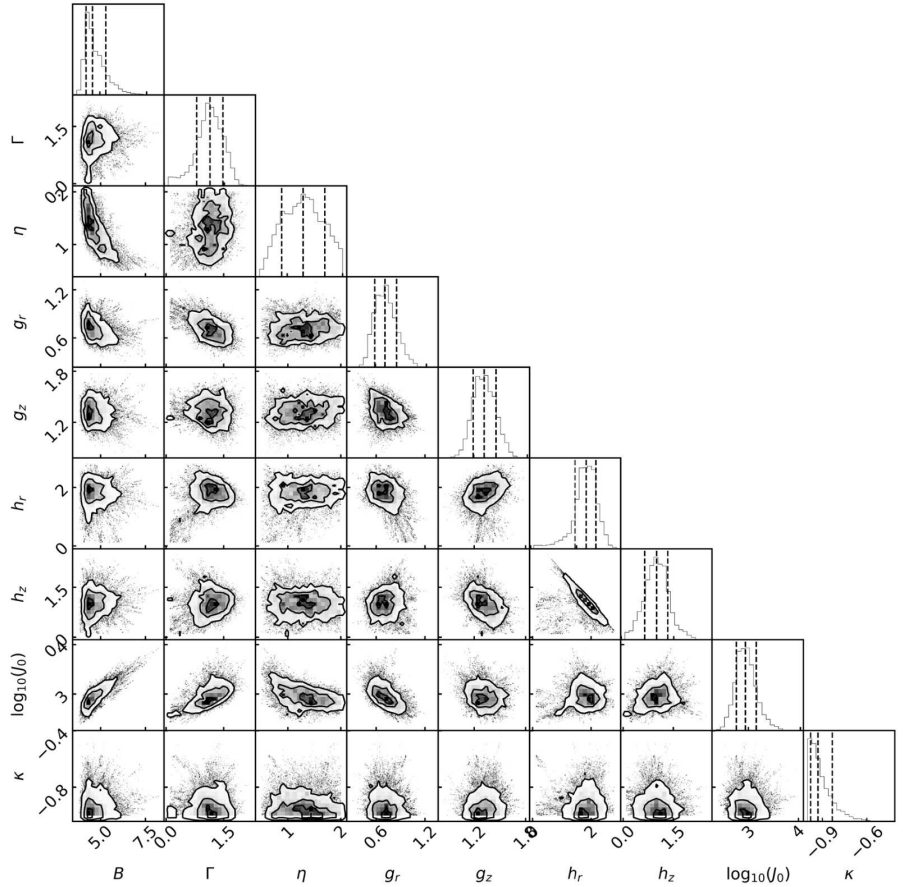
Zhao's profile

$$\rho(r) = \rho_0 \left(\frac{r}{r_h}\right)^{-\gamma} \left[1 + \left(\frac{r}{r_h}\right)^{\alpha}\right]^{(\gamma-\beta)/\alpha}$$

cf. Einasto profile

$$\rho(r) = \rho_0 \exp\left[-\left(\frac{r}{r_h}\right)^{-\beta}\right]$$

図5



GC's DF

$$f(\boldsymbol{J}) = \frac{M}{(2\pi J_0)^3}\left[1 + \left(\frac{J_0}{h(\boldsymbol{J})}\right)^{\eta}\right]^{\Gamma/\eta}\left[1 + \left(\frac{g(\boldsymbol{J})}{J_0}\right)^{\eta}\right]^{-\mathrm{B}/\eta}\left(1 + \tanh\frac{\kappa J_\phi}{J_r + J_z + |J_\phi|}\right)$$

where

$$g(\boldsymbol{J}) = g_r J_r + g_z J_z + (3 - g_r - g_z)|J_\phi|$$
$$h(\boldsymbol{J}) = h_r J_r + h_z J_z + (3 - h_r - h_z)|J_\phi|$$