The radial variation of the LMC-induced reflex motion of the Milky Way disc observed in the stellar halo

Rashid Yaaqib, Michael S. Petersen, Jorge Peñarrubia (2024) : arXiv : https://arxiv.org/abs/2402.10841

GAゼミ 2024.02.27 鈴木善久

アブスト

銀河系ハローの形成を考える上では大マゼラン雲 (Large Magellanic Cloud, LMC) の影響は無視できない。実際 LMC によって銀河系円盤が平衡位置からずれていることが、力学時間が長い遠方のハロー星を reference として速度場の dipole 成分として検出されてきた。 そこで本研究ではこの reflex motion が銀河中心からの距離にどのように変化するかを観測・理論双方から検証した。その結果、観測データからはハロー星が(i) outer haloで動径方向へ収縮していることが示唆された。一方で、(ii) すべての距離スケールにおいてprogradeしていることが明らかとなった。(i)についてはMW-LMCの相互作用モデルと整合的であり、(ii) は LMC 由来でないと考えられる。LMCの質量や軌道進化を制限する上では更なる改善が必要である。

ゴール

LMCが銀河系ハローに与えた影響を評価すること

オリジナリティ

複数のMW-LMCのモデルを観測結果と比較したこと

ロジック

▶ 使用した観測データ

・BHB + K-giants (SEGUEの測光＋分光データ/Gaia DR3)
※ Sagittarius成分については角運動量空間で除去
→ 20 kpc < r でN_{BHB} = 1445 天体, $N_{K\text{-}giants}$ = 2830 天体
これらを20-50 kpcで10 kpcのbinに分けて解析

▶ MW-LMC interaction モデル (Table.1)

・Idealized model (3種類)
力学的原理を探るための非常に理想的なモデル
・self-consistent model (5種類)
MW-LMCの完全なダイナミクスを捕らえようとするモデル
※各モデル内においても仮定するパラメータ (e.g., 質量比など) は異なる

▶ LMCの影響の定量化 (Petersen & Peñarrubia 2021)

・ガウシアンの尤度を仮定 (6つのパラメータ+３つのハイパーパラメータ)

$$\mathcal{L}(\{D_i, \ell_i, b_i, v_{\mathrm{los},i}, \mu_{\ell,i}, \mu_{b,i}\}_{i=1}^{N_{\mathrm{sample}}} | \mathbf{S}) = \prod_{i=1}^{N_{\mathrm{sample}}} p_{\mathrm{los}}(v_{\mathrm{los}}) p_{\mathrm{pm}}(\mu_\ell, \mu_b);$$

$$\mathbf{S} = (v_{\mathrm{travel}}, \ell_{\mathrm{apex}}, b_{\mathrm{apex}}, \langle v_r \rangle, \langle v_\phi \rangle, \langle v_\theta \rangle, \sigma_{\mathrm{h,los}}, \sigma_{\mathrm{h},\ell}, \sigma_{\mathrm{h,b}})$$

diskの運動 (halo星全体に対して) / haloの速度 (球座標での平均) / 速度分散 (ハイパーパラメータ)

→ diskに対するハロー星の運動からLMCによるハローへの影響を定量化

Table.1

Simulation	Self-Consistent?	$M_{\mathrm{LMC},0}/M_{\mathrm{MW}}$	MW halo profile	MW scale radius (kpc)	LMC halo profile	LMC $(\ell, b)_{r\to\infty}$
GC19	✓	0.115	Hernquist	16.7[a]	Hernquist	$\ell \simeq 90°, b > 0°$
E19 responsive	✓	0.158	NFW	18.5	Hernquist	$\ell \simeq 90°, b < 0°$
PP20 10%	✗	0.1	NFW	14.1	Plummer	$\ell \simeq 90°, b > 0°$
PP20 20%	✗	0.2	NFW	14.1	Plummer	$\ell \simeq 90°, b > 0°$
E20	✗	0.15	NFW[b]	16.0	Hernquist	$\ell \simeq 90°, b \approx 0°$
D22	✓	0.238	NFW	15.0	NFW	$\ell \simeq 90°, b < 0°$
L23	✓	0.158	NFW	12.8	Hernquist	$\ell \simeq 90°, b < 0°$
V24	✓	0.273[c]	NFW	16.5	NFW	$\ell \simeq 0°, b < 0°$[d]

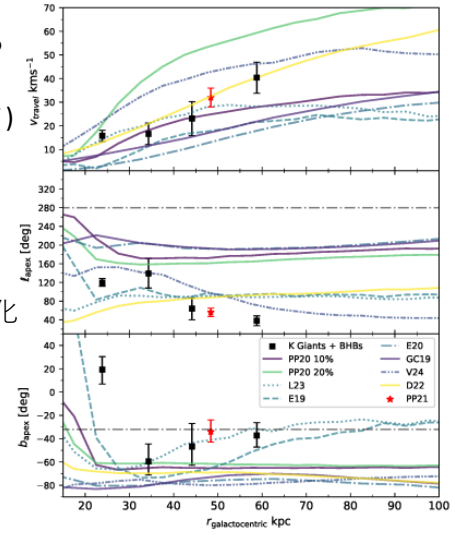


Fig.1

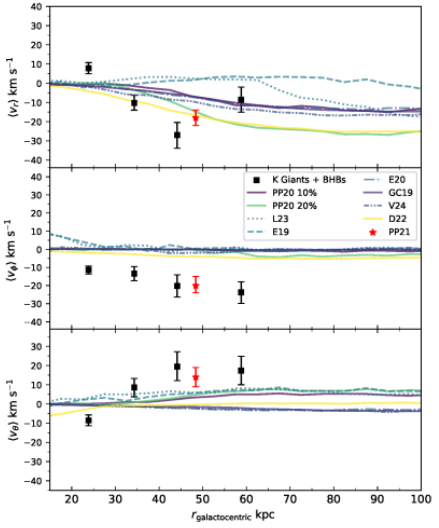


Fig.2

結果と考察

Fig.1 : diskのtravel velocityとapexの方向の（平均的な）距離依存性
・diskの速度は距離と共に増加 / apexは距離と共に現在の位置に漸近
→ LMCの軌道進化史を制限できる可能性

Fig.2 : haloのbulk motionの距離依存性
・$\langle v_r \rangle$は40-50 kpcで-27 km/s (極小)
→ LMCにもともと束縛されていた恒星が堆積しているため
・$\langle v_\phi \rangle$はどの距離スケールでもprograde (diskと同じ方向に回転)

コメント

Sagittariusの軌道も含めた計算 (e.g., Vasiliev et al .2020) では結果はどのように変わるのか。PFSで50 kpc < rのBHBを用いて検証したい。