“Does the Milky Way obey spiral galaxy scaling relations?”

Licquia et al. 2016, arXiv:1610.05769

GAゼミ@20161027 豊内 大輔

【アブスト】

系外の円盤銀河は光度(L)、回転速度(V_{rot})、スケール長(R_d)の間に強い相関がある(LVR関係)。ここでは銀河系における最新のL, Vrot, Rdの観測結果を用いて、銀河系がどれだけLVR関係に沿っているかを調べた。その結果、銀河系は同程度の光度、回転速度を持つ銀河に比べ非常にコンパクトであることがわかった。

【ゴール】

銀河系が円盤銀河の中でどれだけ典型的な存在なのか見極める

【オリジナリティ】

銀河系の最新のL, Vrot, Rdの観測結果(裏面Table1)を用い、観測誤差の影響も考慮した仕事

【ロジック】

系外の円盤銀河サンプル:SDSS-DR8＆SFI++カタログ(HIの21cm線の観測)から285天体

図1

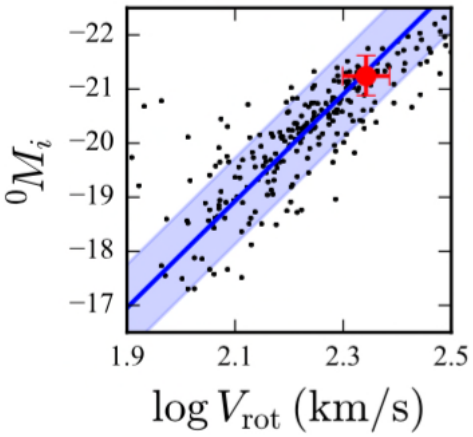


図1:i-band magnitude vs. V_{rot} (いわゆるTully Fisher (TF) 関係)。黒が系外の円盤銀河、赤が銀河系。銀河系はTF関係に対しては銀河系は非常によく合っている。

図2

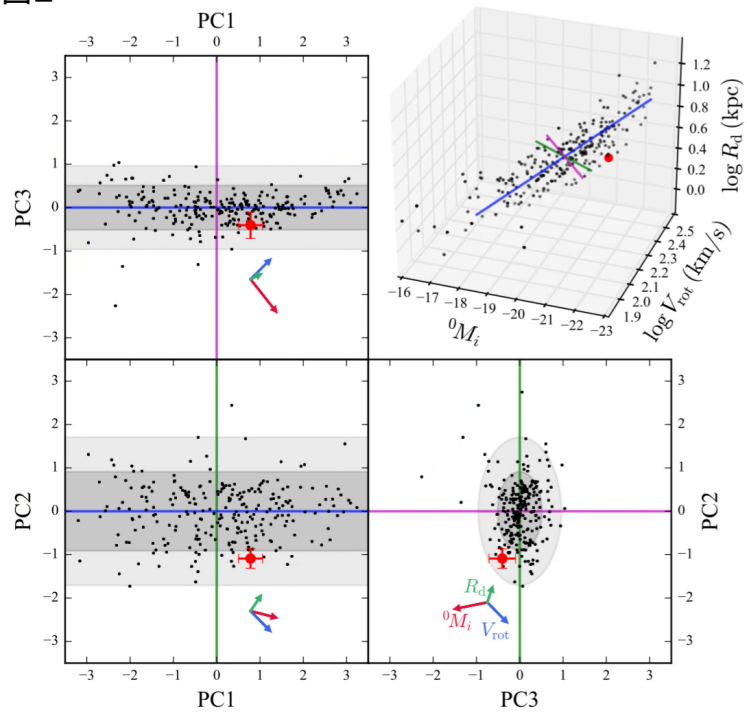


図2: i-band magnitude vs. V_{rot} vs. R_d (LVR関係、右上図)。黒が系外の円盤銀河、赤が銀河系。系外銀河のLVR空間での分布をtriaxialな分布で記述し、Major、Intermediate、minor axisをそれぞれPC1, PC2, PC3とする(裏面Table3)。他の3図はPC1, PC2, PC3 空間での系外銀河と銀河系の分布を示す。グレーの影は1σ、2σを表しており、銀河系がLVR関係から1σ以上、2σ未満外れていることがわかる。($f_{<MW}$ ~ 0.9、裏面Table 3, (5))。また図中の矢印はL, V, Rが増加する向きを表しており、PC2, PC3面上の分布(右下図)から銀河系はサイズが小さい側にずれていることがわかる。ちなみに銀河系をLVR関係に載せるにはサイズをおよそ2倍大きくする必要がある(裏面Table3, (6))。

【著者コメント】

銀河系が非常にコンパクトな円盤銀河であることはシミュレーションと比較すると、(1)衛星銀河の空間分布の中心集中度が大きい。(2)LMC、SMCクラスの衛星銀河を2つ以上有する。という事実と矛盾しない。

【感想】

・M31はLVR関係に従う、典型的な円盤銀河らしい。一方でM31もMWと同様にsmall scale crisisを被るのでそこらへんは銀河のサイズには関係ないといえそう。

・普通の銀河と形成過程において大きな違いがありそう。例えば非常に高面密度の円盤が出来るから、星形成史やradial migrationの起き方が変わりうる。

・銀河系のThick diskがThin diskよりコンパクトなことと関係があるのかも。

Table 1
Global Properties of the Milky Way

Property	Mean±1σ	Units	Description
$V_{\rm rot}$	220 ± 22	km s^{-1}	Rotational velocity of the disk
$R_{\rm d}$	$2.71^{+0.22}_{-0.20}$	kpc	Photometric disk scale length
$M_\star$	$5.67^{+1.53}_{-1.11} \times 10^{10}$	$M_\odot$	Total stellar mass
$M_{\rm HI}$	$5.55 \pm 1.74 \times 10^{9}$	$M_\odot$	Neutral hydrogen gas mass
$M_{\rm bar}$	$6.45^{+1.54}_{-1.14} \times 10^{10}$	$M_\odot$	Baryonic mass ($= M_\star + 1.4 M_{\rm HI}$)
${}^0M_u$	$-19.15^{+0.55}_{-0.47}$	mag	SDSS u-band absolute magnitude
${}^0M_g$	$-20.33^{+0.42}_{-0.43}$	mag	SDSS g-band absolute magnitude
${}^0M_r$	$-20.97^{+0.37}_{-0.40}$	mag	SDSS r-band absolute magnitude
${}^0M_i$	$-21.24^{+0.37}_{-0.38}$	mag	SDSS i-band absolute magnitude
${}^0M_z$	$-21.53^{+0.36}_{-0.39}$	mag	SDSS z-band absolute magnitude
${}^0M_U$	$-20.00^{+0.59}_{-0.47}$	mag	Johnson U-band absolute magnitude
${}^0M_B$	$-20.05^{+0.41}_{-0.45}$	mag	Johnson B-band absolute magnitude
${}^0M_V$	$-20.71^{+0.39}_{-0.40}$	mag	Johnson V-band absolute magnitude
${}^0M_R$	$-21.23^{+0.39}_{-0.39}$	mag	Cousins R-band absolute magnitude
${}^0M_I$	$-21.81^{+0.38}_{-0.38}$	mag	Cousins I-band absolute magnitude

Table 3
Consistency of the Milky Way with LVR Relations

$\log L$ proxy (1)	Sample $\vec{\mu}$ (2)	Sample $\vec{\sigma}$ (3)	PC1 eigenvector (4)	$f_{<\rm MW}$ (5)	Predicted MW $R_{\rm d}$ (6)
Spiral galaxies with $40° < i < 75°$ – Sample size: 285					
${}^0M_u$	$(-17.963, 2.219, 0.547)$	$(1.106, 0.144, 0.205)$	$(-0.592, 0.583, 0.556)$	$0.88^{+0.07}_{-0.13}$	$4.75^{+1.98}_{-1.51}$
${}^0M_g$	$(-19.242, 2.219, 0.547)$	$(1.064, 0.144, 0.205)$	$(-0.610, 0.572, 0.548)$	$0.90^{+0.06}_{-0.13}$	$4.97^{+1.92}_{-1.54}$
${}^0M_r$	$(-19.825, 2.219, 0.547)$	$(1.139, 0.144, 0.205)$	$(-0.612, 0.575, 0.543)$	$0.90^{+0.06}_{-0.11}$	$4.99^{+1.90}_{-1.53}$
${}^0M_i$	$(-20.106, 2.219, 0.547)$	$(1.179, 0.144, 0.205)$	$(-0.613, 0.577, 0.540)$	$0.89^{+0.07}_{-0.12}$	$4.92^{+1.82}_{-1.53}$
${}^0M_z$	$(-20.299, 2.219, 0.547)$	$(1.314, 0.144, 0.205)$	$(-0.610, 0.586, 0.533)$	$0.84^{+0.08}_{-0.12}$	$4.62^{+1.81}_{-1.49}$
$\log M_\star$	$(10.262, 2.219, 0.547)$	$(0.634, 0.144, 0.205)$	$(0.612, 0.589, 0.528)$	$0.82^{+0.07}_{-0.11}$	$4.53^{+1.67}_{-1.47}$
$\log M_{\rm bar}$	$(10.520, 2.219, 0.547)$	$(0.450, 0.144, 0.205)$	$(0.615, 0.570, 0.545)$	$0.84^{+0.08}_{-0.13}$	$4.42^{+1.39}_{-1.25}$

Sample μ：サンプル銀河のL, V, Rの平均
Sample σ：PC1, PC2, PC3 軸に対するサンプル銀河の標準偏差
PC1 eigenvector：PC1 軸の向き（L, V, R空間における単位ベクトル）
$f_{<\rm MW}$：MWよりもPC1 軸からの楕円距離が小さいサンプル銀河の割合
→ $f_{<\rm MW}$ ~ 0.9は銀河系がLVR関係から外れた１０％側に存在することを意味する。
Predicted MW Rd : LVR関係から期待されるMWと同じ光度、回転速度を持つ銀河の銀河サイズ
→ Rd ~ 4.5 kpcは銀河系が同じ光度、回転速度を持つ銀河の半分くらいの大きさしかないことを表す。