2023/09/07 中村友哉

”Boxy/peanut bulge formation and evolution in presence of thick discs”

By Soumavo Ghosh et al. 2023, arXiv:2308. 16239

Bars and boxy/peanut bulges in thin and thick discs III.

【アブスト】 棒渦巻銀河に存在する bar 内側が垂直に伸びたBoxy/Peanut (b/p)バルジ構造。N体計算を用いて b/p の形成と進化における thick disk の効果を調べた。
その結果、thick diskの質量分率の増加に伴い、b/p 構造の強度が弱く、広範囲に広がり、箱型形状に近づくことが分かった。
また、bar 形成からbuckling instabilityにより b/p 構造形成までの時間間隔が短くなることが判明した。

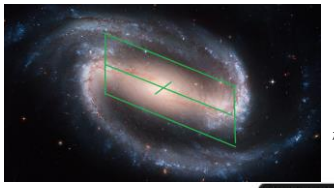
【オリジナリティ】 2成分diskのN体シミュレーションから b/p 構造と thick disk の関係を考えた点

【ゴール】 b/p 構造の形成・進化における thick disk による影響の理解

【ロジックと結果】 星 2成分 (宮本-永井ポテンシャル thin disk + thick disk) + DM 1成分(Plummer球) N体計算(9Gyr)

パラメータ：スケール長 R_d, スケールハイト z_d, 総質量 M_d, thick disk の割合 f_{thick} + 典型スケール R_H, 総質量 M_{dm}

R_{thin}, z_{thin}, z_{thick}, M_d, R_H, M_{dm}を固定し、 R_{thick} ×3, f_{thick} ×6の計18パターン + thin disk のみの1パターン(Table.1)


棒渦巻銀河(NGC1300)


Buckling(座屈) イメージ

Fig.1’ : rthickE0.5モデルの t~9Gyrの星投影密度分布(※)

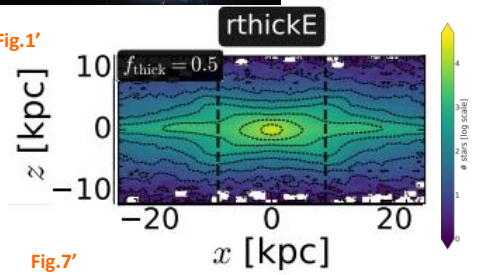
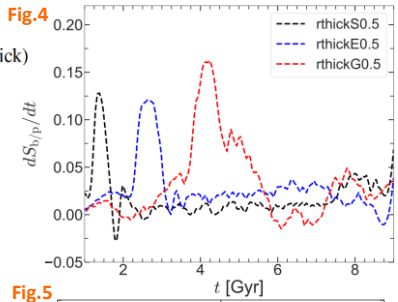
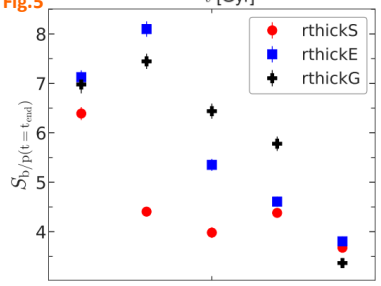


Fig.4 : f_{thick} =0.5モデルの b/p 構造強度 $S_{b/p}$ 時間発展 $S_{b/p}(t) = \max\left(\frac{|\tilde{z}|}{\tilde{z}_{0i}}\right)$ $(i = \text{thin, thick, thin+thick})$



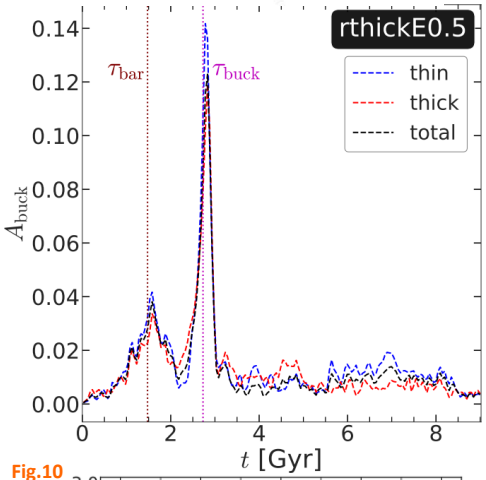
> thick diskが小さいモデルで最も早く、 $dS_{b/p}/dt$ の急激な上昇 + ピークがみられる
-> b/p構造がより早く形成
> $dS_{b/p}/dt \geqq 0$ より$S_{b/p}$ は単調増加傾向

Fig.5 : t = 9Gyr での b/p 構造強度$S_{b/p}$と b/p 構造範囲 $R_{b/p}$ vs thick disk 質量分率 f_{thick}



> thick disk の質量分率に伴い b/p 構造強度 $S_{b/p}$ は減少、b/p 構造範囲 $R_{b/p}$ は増加
-> より弱く広範囲に分布する b/p 構造が形成
> thick disk が大きい場合で$R_{b/p}$ が大きく、b/p 構造がより広範囲に分布している

Fig.7’ : rthickE0.5モデルの 座屈振幅 A_{buck} の時間変化



τ_{buck}：A_{buck}のピーク(Fig.7)
τ_{bar}： バー形成の開始
(m = 2 のフーリエモーメントの係数> 0.2)

$$A_{\text{buck}} = \left|\frac{\sum_j z_j m_j e^{2i\phi_j}}{\sum_j m_j}\right|, A_m/A_0(R) = \frac{\sum_i m_i e^{im\phi_i}}{\sum_i m_i}$$

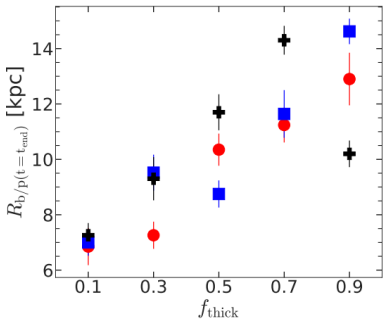
> A_{buck} のピークは thin disk > thick disk -> thin disk のb/p 構造がより強固

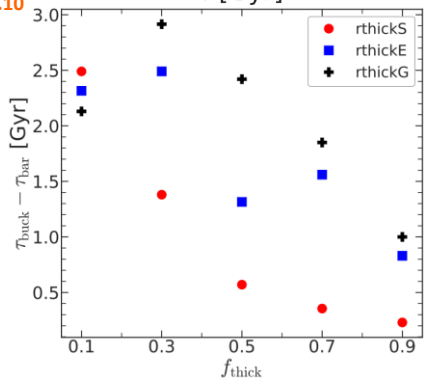
Fig.8 : rthickE0.5モデルの edge-on 面内のz方向 非対称性 $A_\Sigma(x,z)$ の時間変化

> 非対称性 $A_\Sigma(x,z)$は thin disk > thick disk
> 垂直方向の対称性の破れは 内側から回復
(内部領域は座屈不安定性ののち t ~ 5Gyr には回復)

$$A_\Sigma(x,z) = \frac{\Sigma(x,z) - \Sigma(x,-z)}{\Sigma(x,z) + \Sigma(x,-z)}$$

Fig.10 : bar 形成時刻と座屈不安定性開始の時間間隔





> thick disk 質量分率 f_{thick}の増加に伴い、時間間隔が短く
> 同様の質量分率では thick disk が小さいモデルで時間間隔が短く (Fig.4と矛盾しない)

Fig.13 : edge-on 投影面内の thin disk 星の割合 (t = 9Gyr)

> thin disk 星が中央面付近(z ~ 0)で卓越 & 強い X型の形状を作る
> thick disk 質量分率 f_{thick}の増加に伴い、
b/p 構造の形状が “X型(peanut-like)” -> “箱型 (Boxy)” へ変化

【コメント】

- 星質量やスケールハイトが異なる場合（+星要素をさらに増やす場合）にどのような挙動になるのかが気になる。
- また、9Gyrの間に Merger や降着を経験しないことは考えにくいため、それらを加えた挙動を調べることができるとより現実的
- 系の回転に関する議論は特になかったが、diskが回転している場合を考えたほうがいいのではないだろうか…

Fig.8

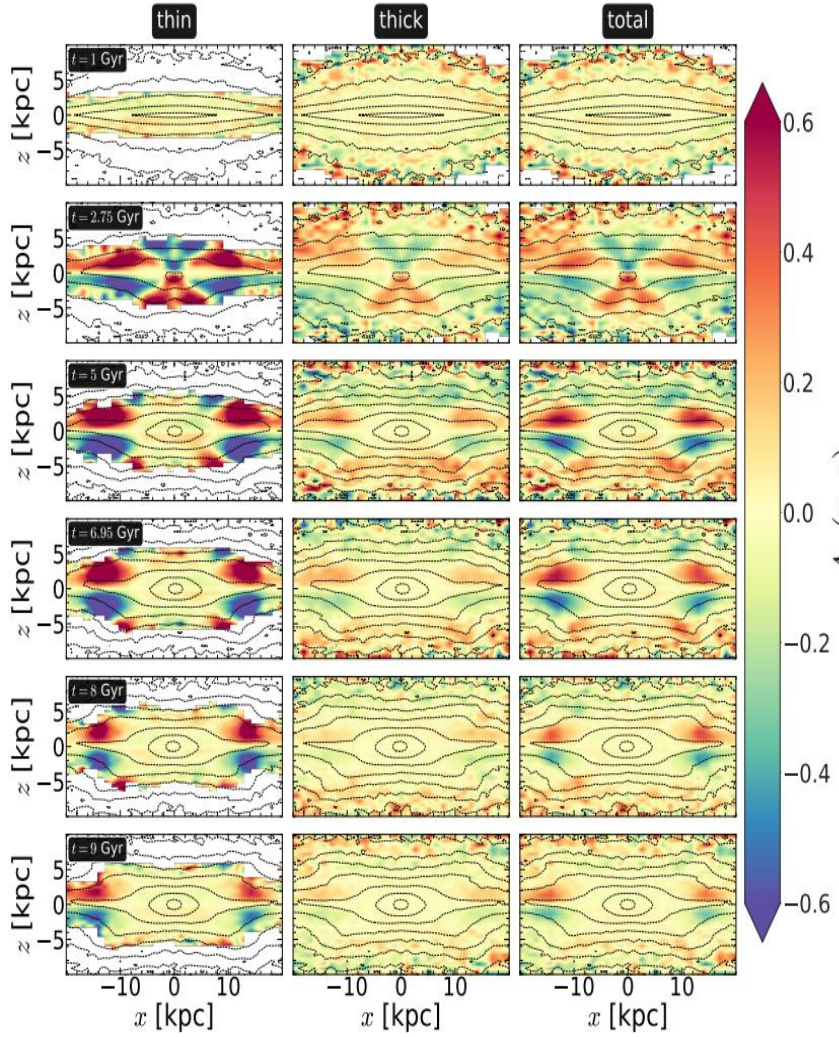
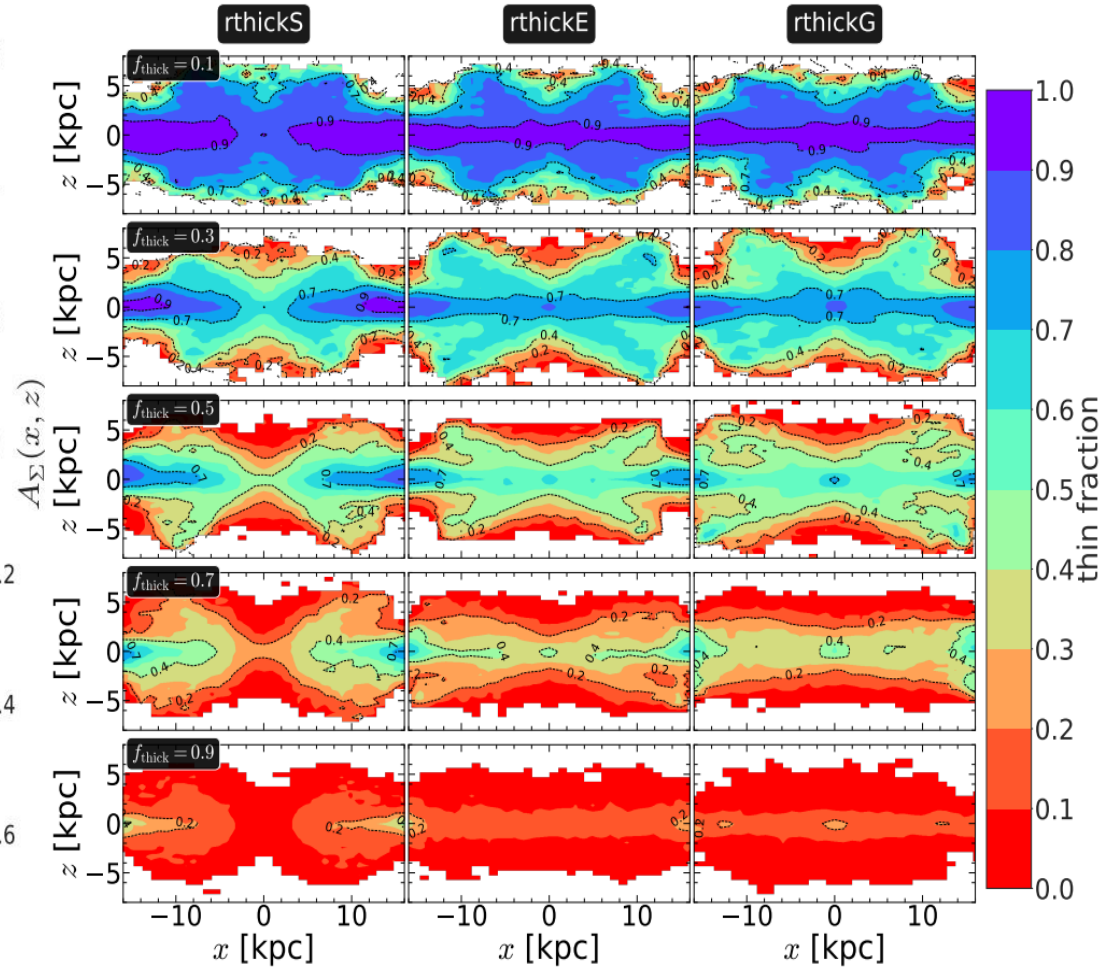


Fig.13



$\tau_{buck} \sim 2.7\ Gyr$ – 座屈不安定性メインピーク（Fig.7’）
$\tau_{bar} \sim 1.4\ Gyr$ - barの形成
t ~ 6.85 Gyr - 2度目座屈不安定性（Fig.7’の小ピーク）

