“Formation of LISA Black Hole Binaries in Merging Dwarf Galaxies: the Imprint of Dark Matter”

Tamfal et al. 2018, arXiv:1806.11112

GAゼミ@20180718 豊内 大輔

【アブスト】

宇宙レーザー干渉計LISA(2034年？)が完成すればIMBH binary (M_{BH} = 10^4-$10^6 M_{sun}$) から放出される重力波も観測できる。ここではN体シミュレーションを用いて矮小銀河同士が合体する過程でIMBHBが形成される様子を調べた。その結果、重力波源になりうるtightなIMBHBが形成されるのは、合体前のDMハローがカスプ構造を持つ必要があることがわかった。

【ゴール】

IMBHB形成過程の解明および矮小銀河DMハロー構造への制限

【オリジナリティ】

IMBHB形成の研究はまだ不十分なので高解像度N体シミュレーションで調べた。

【手法】

流体なしのN体計算(Table 1)。解像度は2通り。資料中は高解像度計算だけ紹介。

初期状態：恒星円盤(M_{star} = 4 x 10^8 M_{sun}), DMハロー(M_{vir} = 2 x 10^{10} M_{sun}), 中心ブラックホール(M_{BH} = 10^5 M_{sun}) からなる矮小銀河2つを合体させる。軌道は固定。**DMハローの内部スロープを3通り試す（図1）。**

【結果】

- 合体前のDMハローがカスプであるほど、合体後の星、DM分布も中心集中度が高い（図2、3）。これは元々カスプだと合体時に潮汐破壊のタイミングが遅れるから。
- DMハローがカスプのときだけ宇宙年齢以内にBH間距離が10 pc以下まで縮む（図4）。いまBHの軌道減衰は主にDMからのdynamical frictionなので、合体後のDM密度が高いカスプの場合の方が軌道減衰のタイムスケールが短くなっている。

【考察】

- 将来的にLISAによるIMBHBからの重力波イベントが観測されるようになれば、その発生頻度からカスプ状のDMハロー構造を保持した矮小銀河の数が議論できるかもしれない。
- ただし、DMハローとの相互作用で落とせるのはせいぜい数10 pcまで。それ以下のスケールでは今回無視したバリオンの効果が必要不可欠。

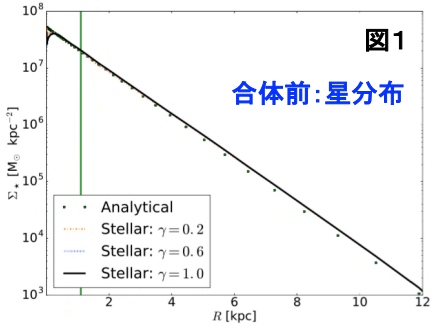
【感想】

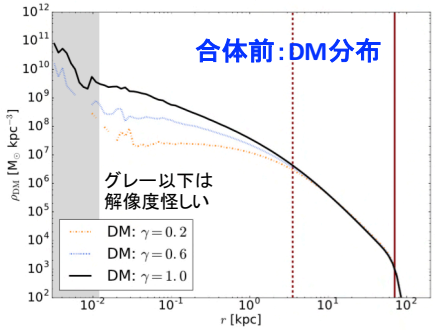
- 重力波以外でなんとか矮小銀河内のIMBHBの存在を調べられないか。ちなみに大きな銀河内のSMBHBの観測例はあるらしい。
- 今回無視したバリオンの存在はかなり重要に思える。DMの構造よりもむしろ、矮小銀河がいつまでガスを持っていたかでbinary形成の可否が決まりそう。
- 重力波天文と銀河考古学が上手く付き合えそうな話題なので面白そう。まだあまりやられてないしチャンス？

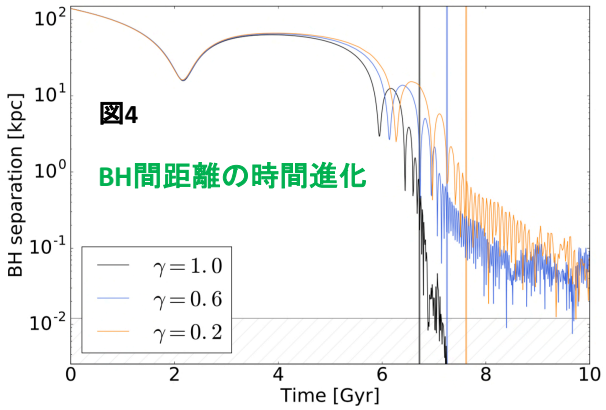
Table 1. Particle specifications

Resolution:	high	low
N_{DM}, $N_\star$, N_{BH}	5×10^7, 10^7, 1	10^6, 5×10^5, 1
m_{DM}, $m_\star$, M_{BH}	400, 40, 10^5	2×10^4, 800, 10^5
ϵ_{DM}, $\epsilon_\star$, ϵ_{BH}	4, 1, 1	326, 109, 109

NOTE—From top to bottom: particle number, mass (in $M_\odot$), and gravitational softening (in pc) of DM, stellar, and BH particles per galaxy.







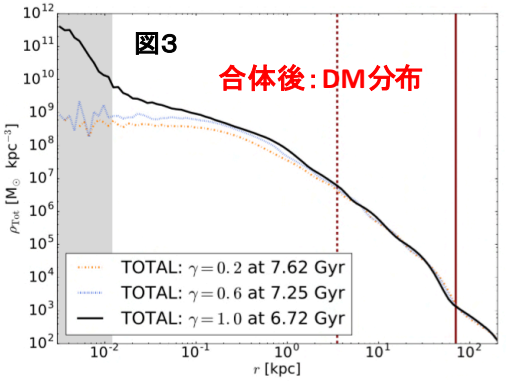


図2：合体後の星分布

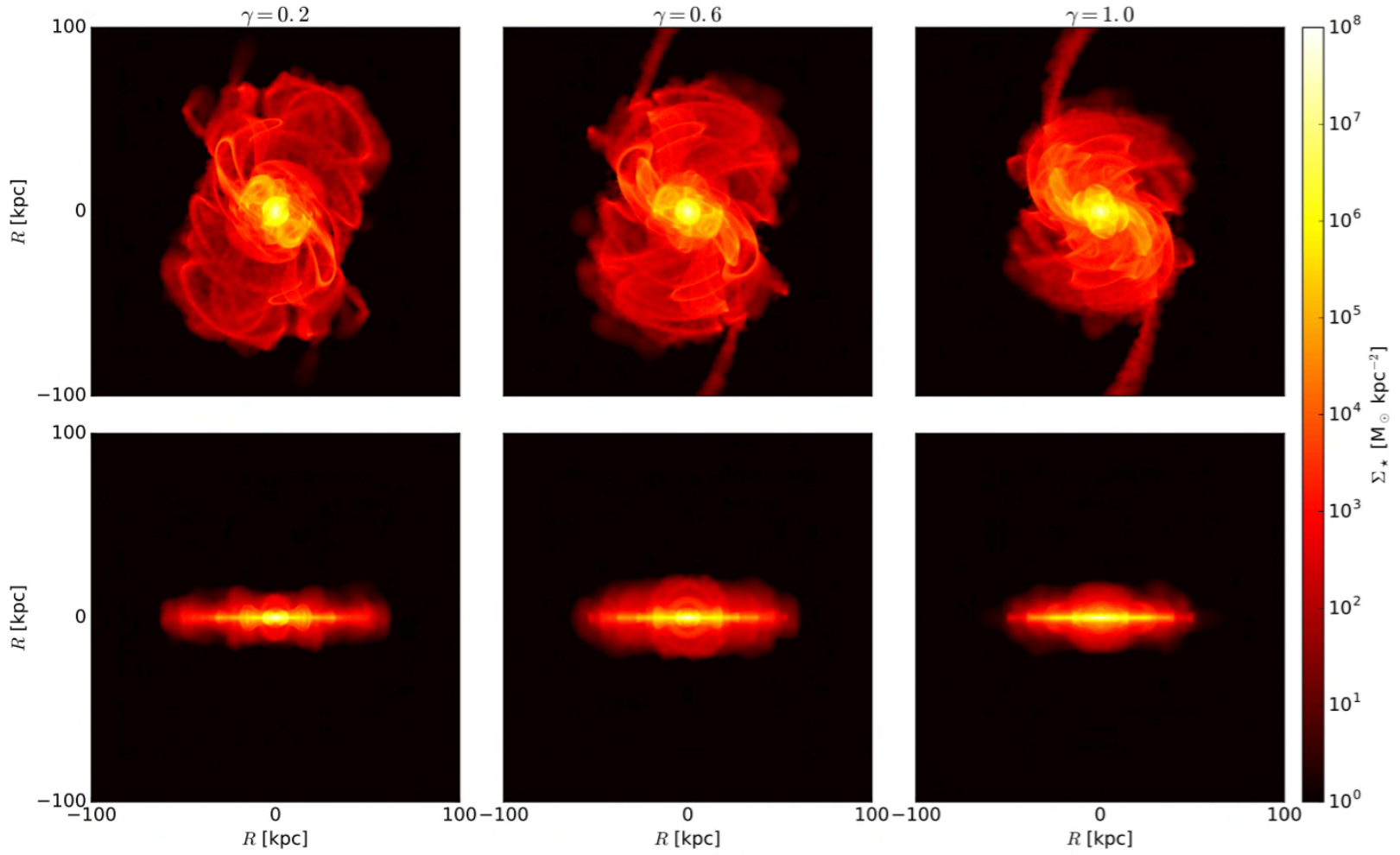


Figure 2. Stellar surface-density maps (face-on – upper panels; and edge-on – lower panels) of the three high-resolution mergers, shown at $\tau_{\rm Rem}$: $\gamma = 0.2$ (7.62 Gyr; left-hand panels), 0.6 (7.25 Gyr; middle), and 1.0 (6.72 Gyr; right-hand).