“Micro galaxies as a falsifiable prediction of LCDM cosmology”　Errani et al. 2023 arXiv:2311.14798

GAゼミ@20231221 林航平

【アブスト】

ΛCDM理論の予言によればダークマターハローの中心密度分布はカスプ構造を持っている。この構造内に形成される矮小銀河は、ホスト銀河から受けるより強い潮汐破壊にも打ち勝ち”micro galaxy”として現在も生き残っていると考えられる。N体シミュレーションから得られた経験則的潮汐進化モデルを用いて、micro galaxyの動力学的進化を調べると、その進化過程は初期状態の恒星分布(core or cusp)に強く依存することがわかった。このモデルを用いて銀河系にある球状星団（やUFD）がmicro galaxyかどうかを調べたが、それを決めるには精度の良い速度分散データが必要である。

【ゴール】

小スケール構造におけるΛCDM理論の検証

【オリジナリティ】

ΛCDM理論で予言されるmicro galaxyの動力学的進化を調べ、銀河系にある球状星団と比較した。

【ロジック】

◆ Tidal evolution model

- Errani & Navarro (2021)：static host halo potential

  DM：NFW + exponential truncation

$$\rho(r) = \rho_{\rm NFW}(r) \times \exp(-r/r_{\rm cut})/(1 + r_s r_{\rm cut})^{0.3}$$

  Star：Energy distribution given subhalo potential

$$\frac{dN_*}{d\mathcal{E}} = \mathcal{E}^{\alpha_*} \exp[-(\mathcal{E}/\mathcal{E}_s)^{\beta_*}] \text{ if } 0 \le \mathcal{E} < 1 \qquad \mathcal{E} = 1 - E/\Phi_0$$

図１：M(r_max)の潮汐進化。青線はN体計算、濃色ほど高解像度。
黒実線が潮汐進化モデル。N体計算では解像度の限界でartificialにサブハローが破壊されてしまう問題がある。

図２：恒星系のエネルギー分布。ここでは星密度分布がカスプとコアで場合分け。

図１

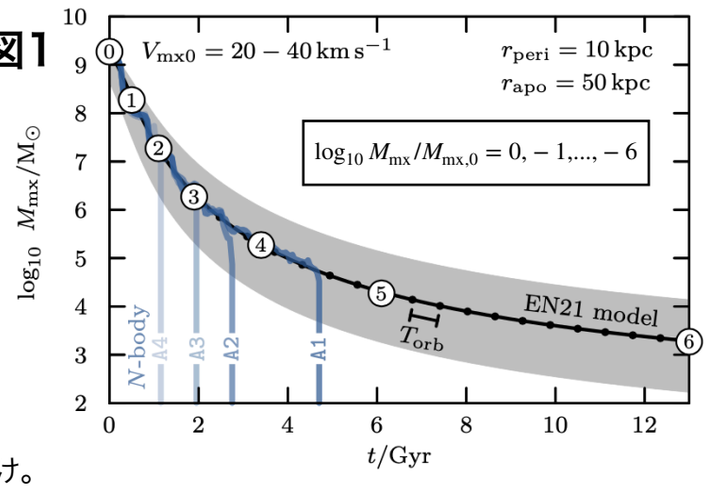


図２

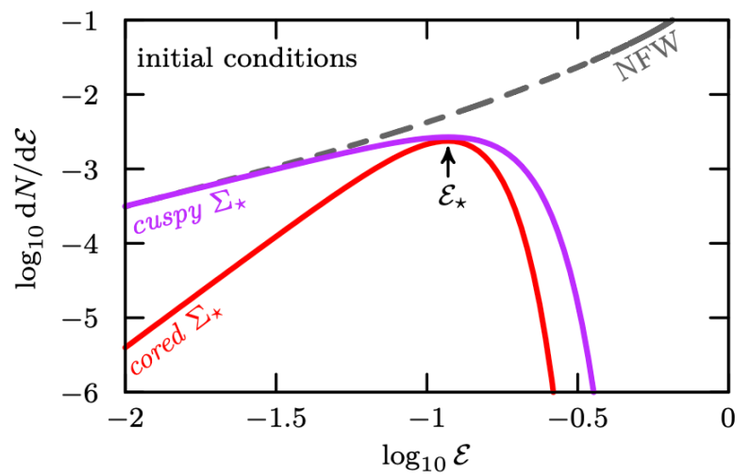


図３

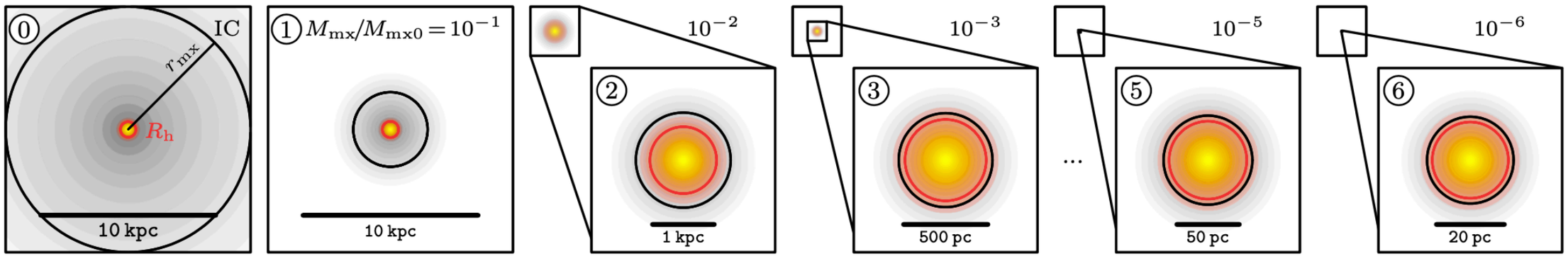


図３：DMハロー及び恒星系の潮汐進化。灰色とオレンジのコントアがそれぞれDMハローと恒星系に対応。潮汐進化モデルによると、⑤のようなmicro galaxyの存在を予言する。
この銀河は、$M_{\rm DM} \sim 10^4 M_\odot$, $L_* \sim 10 L_\odot$程度。

図４：異なる星分布による潮汐進化。上図が面密度、下図が速度分散。赤がコア、マゼンタがカスプの場合を示す。コア状の星分布だと潮汐効果で星も引き剥がされて密度が急激に低下する。一方カスプ状だと密度が高い状態を維持している。これは束縛エネルギーが高い粒子が多いためである。速度分散はDMハローの質量欠損に応じて低下していく。

図５：潮汐進化モデルを銀河系の球状星団や矮小銀河の観測量と比較したもの。球状星団かUFDか同定できない領域にmicro galaxyがいるかどうかを調べる。
左図：カスプ状星分布の潮汐進化モデルは、球状星団とUFDの間を通る。→micro galaxyかどうか判断するのは難しい。
右図：カスプもコアも同様の潮汐進化を辿る。黄色の×印はunindintifiedが自己重力系だった場合の速度分散を示す。青の枠線内にあればmicro galaxyの可能性アリ。
実際に調べるには、O(0.1-1) km/sの精度で速度分散を（binaryの影響を含めて）測定する必要がある。

【コメント＆感想】

- 潮汐進化モデルがどこまで信頼できるモデルなのか。
- もし存在するとしたら、他の手法で見つけることはできないか？

図4

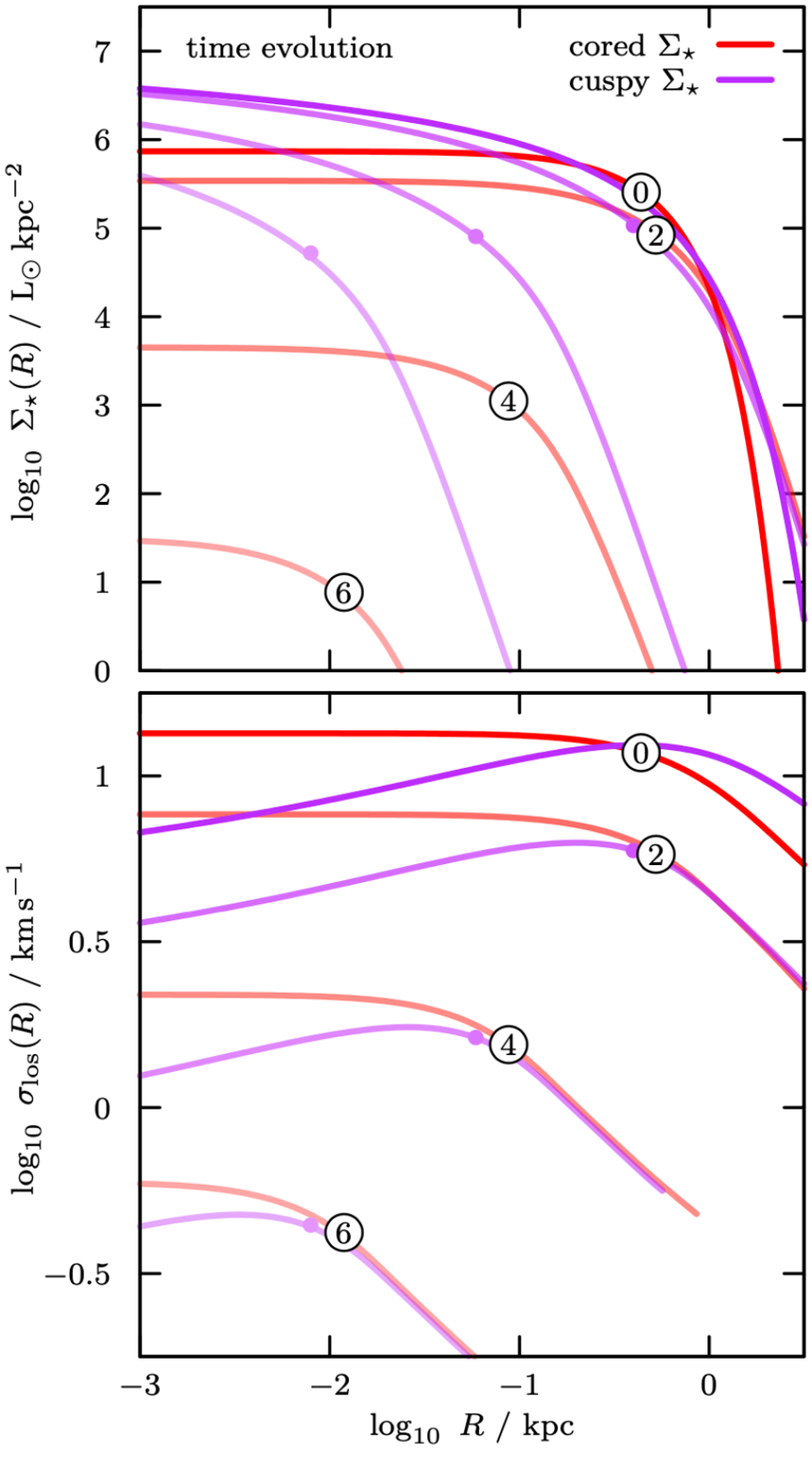
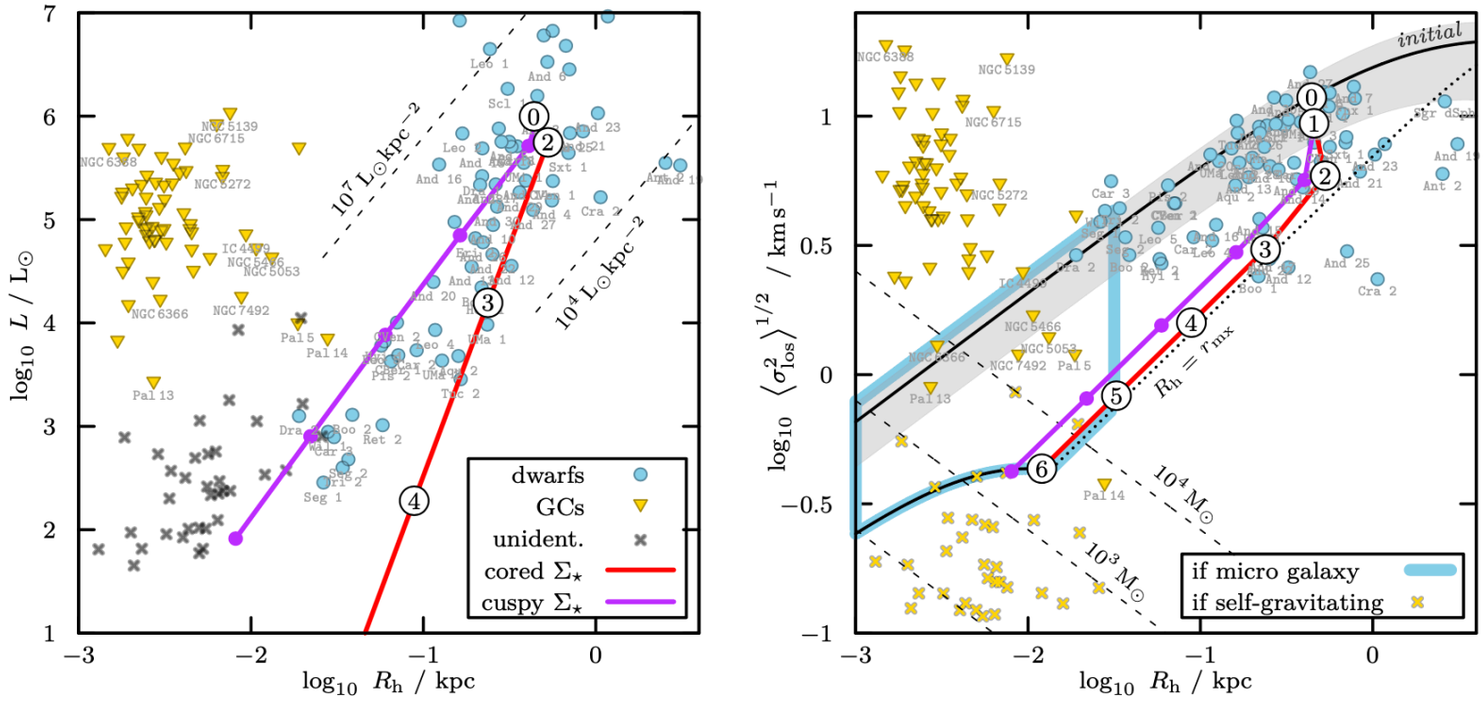


図5



(a) Half-light radius $R_{\rm h}$ and luminosity L

(b) Half-light radius $R_{\rm h}$ and velocity dispersion $\langle\sigma^2_{\rm los}\rangle^{1/2}$ (Eq. 10)