“EDGE – Dark matter or astrophysics? Clear prospects to break dark matter heating degeneracies with Hi rotation in faint dwarf galaxies ”

Martin P. Rey et al.　arXiv:2309.00041

GAゼミ 2023/09/13 坂田　晴

【アブスト】

低質量の小さな銀河は、内部のDM密度がcuspyだと予想されている。ここでは、‘Engineering Dwarf Galaxies at the Edge of galaxy formation’（EDGE）プロジェクトの高解像度（3pc）宇宙シミュレーションから得られた、暗い矮小銀河（$10^4 \leqq M_\star \leqq 2\times10^6(M_\odot)$）を研究する。これらの銀河は$z$ = 0で急峻なDM密度プロファイルを持っていることを確認し、一部は観測される銀河に似たHIガスを持つことがわかった。星形成銀河ではHIガスの回転が短命(≦150Myr)だが、静止銀河では長寿命(≧500Myr)で、DMの推論の理想的なターゲットとなる。この安定したガスのディスクは、高角運動量ガス流を駆動する扁平なDMハローの形状に支えられている。

【ゴール】　DMの性質、密度分布の理解　　【オリジナリティ】 HIガスの回転曲線と矮小銀河の星形成に注目している点

【ロジック】

Rey et al.（2022, 表1）で提示された矮小銀河（$10^4 \leqq M_\star \leqq 2\times10^6(M_\odot)$）

特にHIを持つ5つの矮小銀河（$10^5 \leq M_{HI} \leq 10^6 M_\odot$）に焦点

Teyssier 2002のコードを用いて、z=0まで進化

EDGEの模擬銀河群は、$10^9 \leq M_{200} \leq 3\times10^9 M_\odot$のDMハロー内の10個の低質量矮小銀河($M \leq 2\times10^6 M_\odot$)から構成されている

・図1:z = 0での球状平均DM密度プロファイル

【結果】

接線ガス速度$v\phi$,g、円軌道速度$v$circ、等温音速cs、ガス乱流速度σturb, gを計算

・図3:矮小銀河の$v\phi$,g/$v$circおよび$v\phi$,g/σeffの時間進化

→静止銀河(茶)は安定した運動を持っている

・図4:'Halo 600'のt = 13.07 Gyrでのガス速度、表面密度および温度、HI柱密度マップ

・図5:'Halo 624’でのz = 0時点の回転曲線と、ガスの温度と面密度の放射状および垂直プロファイル

→高品質のHI回転曲線を探索する際に、静かな進化を持つ低質量の矮小銀河をターゲットにするべき

・図6:'Halo 624’に対してedge-onに配置されたHI柱密度マップ

→HIディスクと扁平な軸がよく一致している

【コメント】

・図3の2行目と4行目の銀河の違いは?

・図6のような図を他の矮小銀河に対して書くとどのようになるか

表1

Simulation name	M_{200} ($M_\odot$)	$M_\star$(< 1 kpc) ($M_\odot$)	$r_{1/2}$ (pc)	M_{HI}(< 1 kpc) ($M_\odot$)	$r_{HI}(N_{HI} \geq 10^{19}$ cm$^{-2})$ (pc)	$\Delta_{\star-HI}$ (pc)
Halo 600	3.3×10^9	3.5×10^5	167	$2.9^{+3.5}_{-2.8}\times10^5$	482^{+166}_{-482}	140^{+105}_{-32}
GM: delayed mergers	3.2×10^9	3.1×10^5	201	$1.9^{+2.1}_{-1.2}\times10^5$	307^{+112}_{-75}	72^{+34}_{-32}
Halo 605	3.2×10^9	1.6×10^6	206	$3.1^{+1.3}_{-0.57}\times10^5$	456^{+65}_{-55}	87^{+70}_{-45}
Halo 624	2.5×10^9	5.6×10^5	264	$2.1^{+0.66}_{-0.77}\times10^5$	295^{+44}_{-30}	14^{+4}_{-3}
GM: higher final mass	3.7×10^9	1.2×10^6	233	$2.2^{+1.38}_{-0.79}\times10^5$	359^{+33}_{-98}	84^{+13}_{-36}
Halo 1459	1.4×10^9	2.3×10^5	196	<100	–	–
GM: Earlier	1.4×10^9	4.9×10^5	131	<100	–	–
GM: Later	1.4×10^9	1.1×10^5	273	<100	–	–
GM: Latest	1.4×10^9	2.3×10^4	822	<100	–	–
Halo 1445	1.3×10^9	7.2×10^4	164	<100	–	–

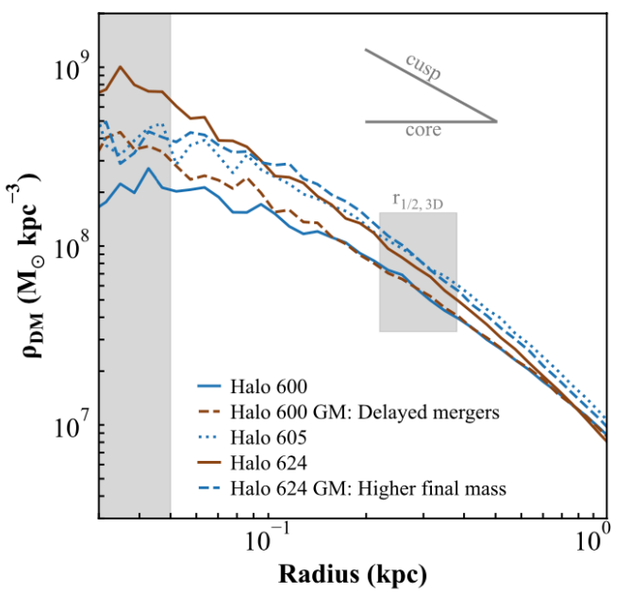


図1

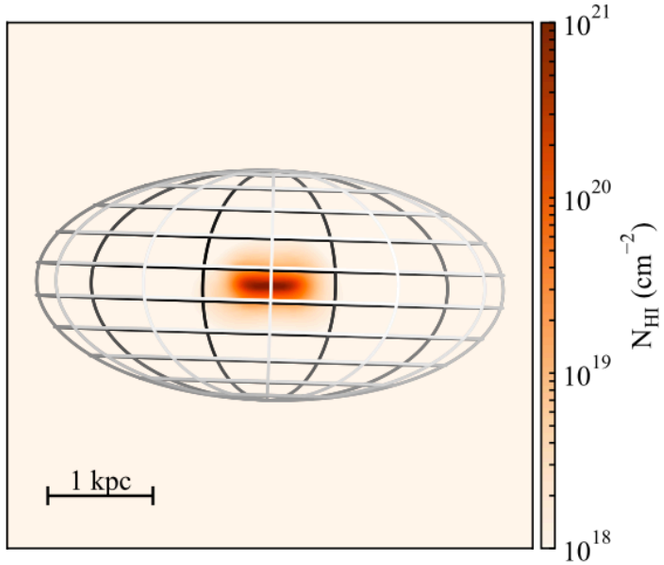


図6

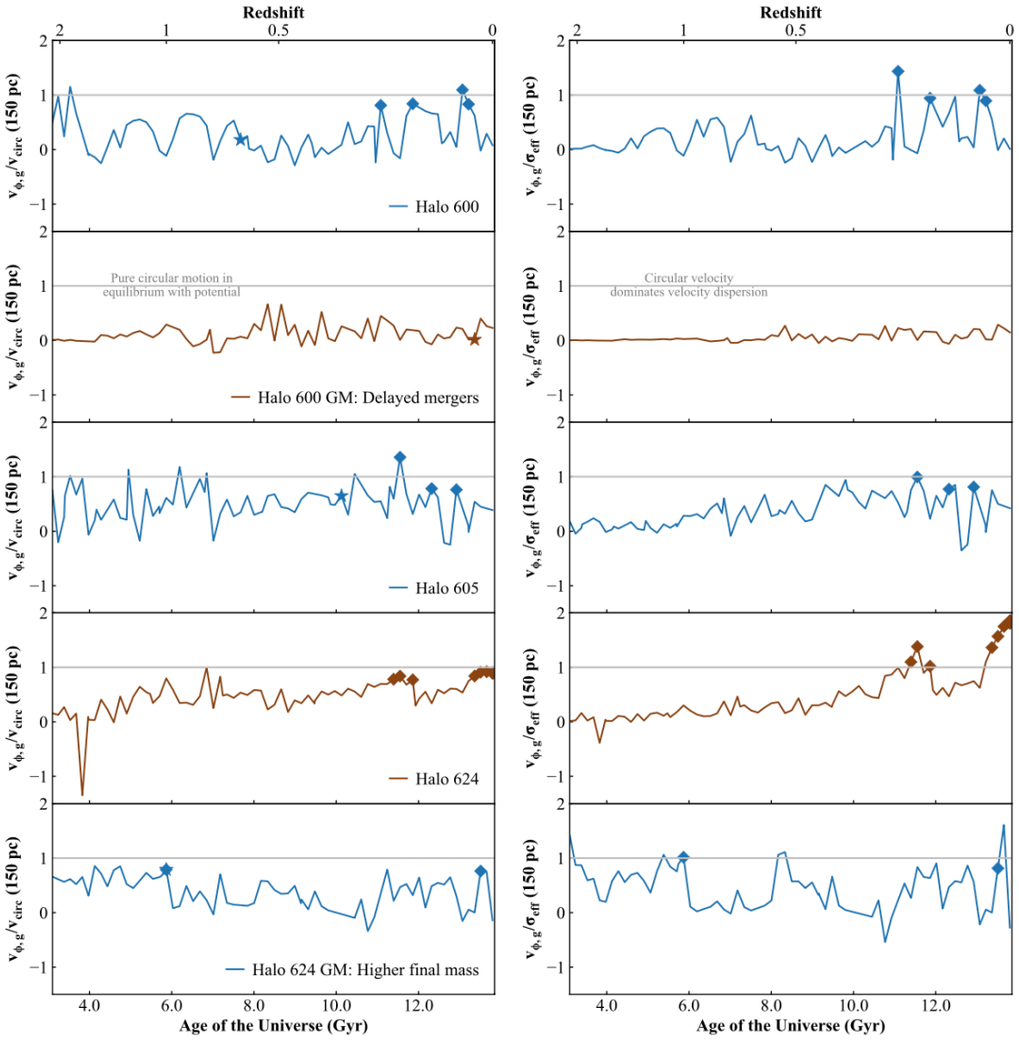

Redshift
2
1
0.5
0
$v_{\phi,g}/v_{circ}$ (150 pc)
$v_{\phi,g}/\sigma_{eff}$ (150 pc)
Halo 600
Pure circular motion in equilibrium with potential
Circular velocity dominates velocity dispersion
Halo 600 GM: Delayed mergers
Halo 605
Halo 624
Halo 624 GM: Higher final mass
4.0
6.0
8.0
10.0
12.0
Age of the Universe (Gyr)

図3

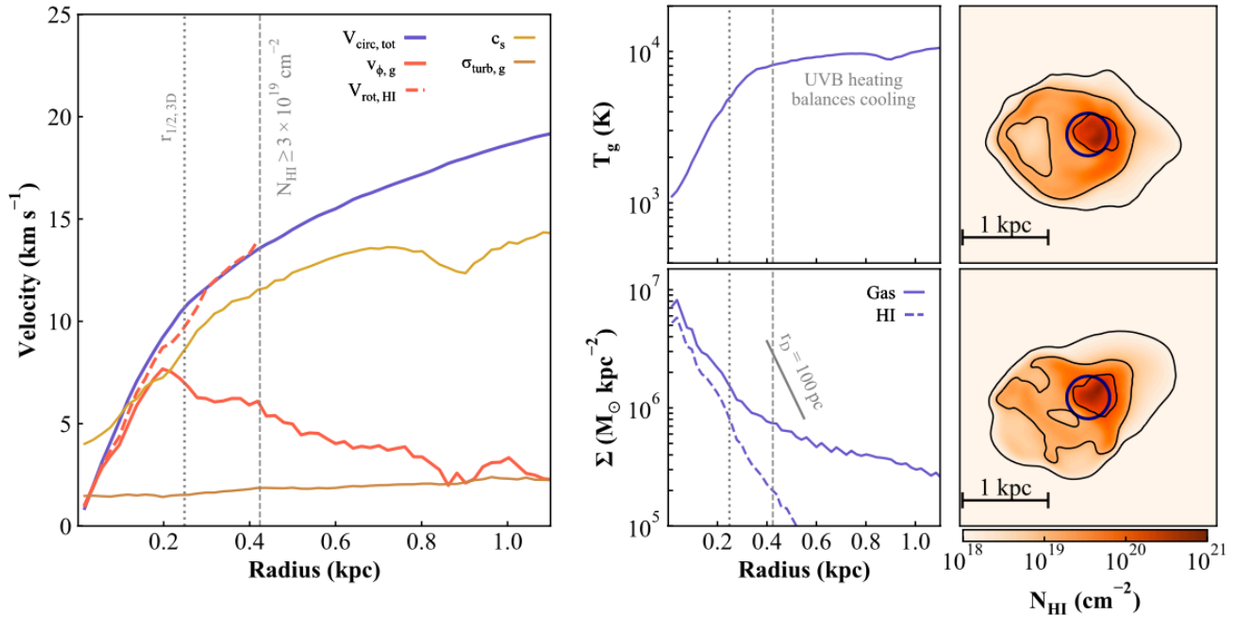

Velocity (km s^{-1})
Radius (kpc)
$V_{circ, tot}$
$V_{\phi, g}$
$V_{rot, HI}$
c_s
$\sigma_{turb, g}$
$r_{1/2, 3D}$
$N_{HI} \geq 3 \times 10^{19}$ cm^{-2}
T_g (K)
UVB heating balances cooling
Σ ($M_\odot$ kpc^{-2})
Gas
HI
$r_D = 100$ pc
1 kpc
N_{HI} (cm^{-2})

図4

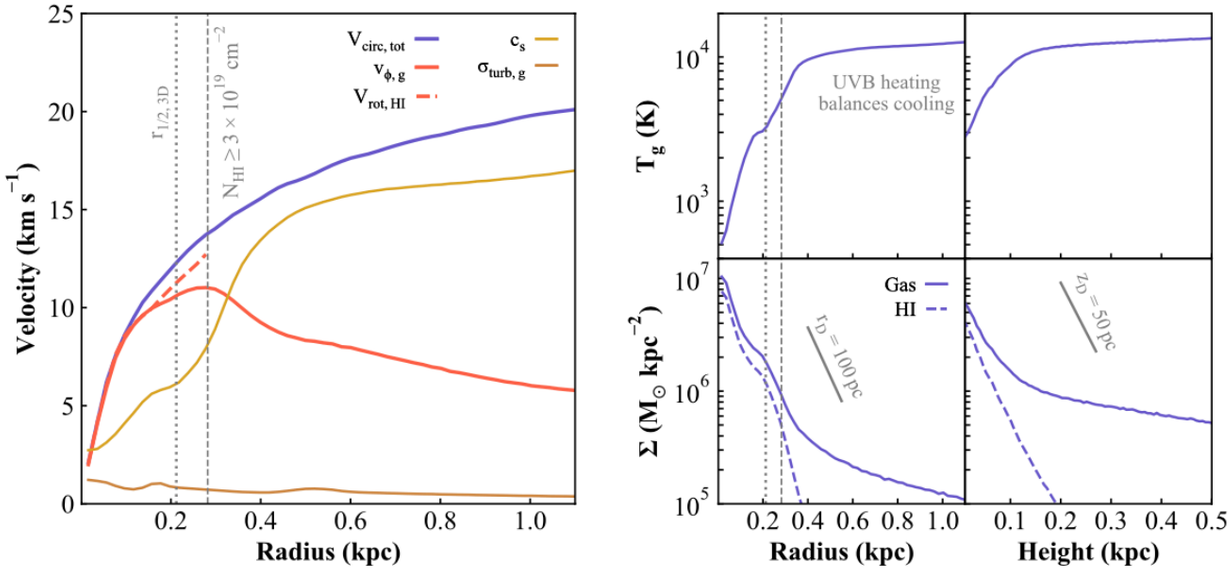

Velocity (km s^{-1})
Radius (kpc)
$V_{circ, tot}$
$V_{\phi, g}$
$V_{rot, HI}$
c_s
$\sigma_{turb, g}$
$r_{1/2, 3D}$
$N_{HI} \geq 3 \times 10^{19}$ cm^{-2}
T_g (K)
UVB heating balances cooling
Σ ($M_\odot$ kpc^{-2})
Gas
HI
$r_D = 100$ pc
$z_D = 50$ pc
Height (kpc)

図5