An early dark matter-dominated phase in the assembly history of Milky Way-mass galaxies suggested by the TNG50 simulation and JWST observations.

GA-seminar 3/28/2024, 岡本桜子

Graaff+2024 arXiv:2403.00907v1

[Abstract] 最近JWSTで観測されたz=6-7の M_*~$10^{8\text{-}9}M_{sun}$ 銀河は、驚くことにR_e~1kpc以内でDMが支配的と思われる。TNG50銀河の中心(<1kpc)の星/ガス/DM質量を調べたところ、バリオン比率は銀河の恒星質量によって大きく変わり、そのM*依存性は0<z<6で一定だった。z=6では低質量のDM-dominated銀河の中心バリオン質量は大部分がガスであり、星質量の約4倍だった。cosmic noonで銀河中心部はバリオンが支配的になり、z=0ではM_*~$10^{10.5}M_{sun}$に成長した。このJWST観測結果は、形成初期の低質量銀河の中心領域がDM-dominatedからバリオンが支配する系へ移行する段階を捉えている可能性がある。

[Goal] 銀河進化を理解する。 **[Originality]** Graaff+2023で示したz~6-7の低質量銀河での高いDM比が、現実的かどうか、シミュレーションを使って調べた。

[Logic] JWST/NIRSpec観測でz~6-7の6つの銀河の電離ガスの運動から力学質量を算出したところ、恒星質量の30倍、バリオン質量の3倍もあった(図1の誤差付き点)。そこでTNG50で作られた銀河のうち、z=6で$M_*>10^7M_{sun}$を選んで各質量を測り、さらに$M_*=10^8$-10^9M_{sun}の381銀河の時間進化を追った。そのうちz=0まで生き残ったのは213銀河。

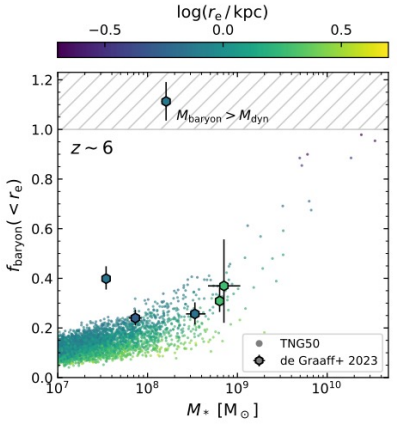


図1. z=6での低質量銀河の f_{baryon}とM_*

図1：TNG50銀河のバリオン比と恒星質量の関係。f_{baryon}のM_*依存性が見られ、またR_eが大きいほどf_{baryon}が低い。観測データの計測値(e.g. projected R_e from emission lines, M_*/M_{gas} inferred from SED/ SFR) とシミュレーションの計測値の違いは注意を要するものの、JWSTの観測値と一致。

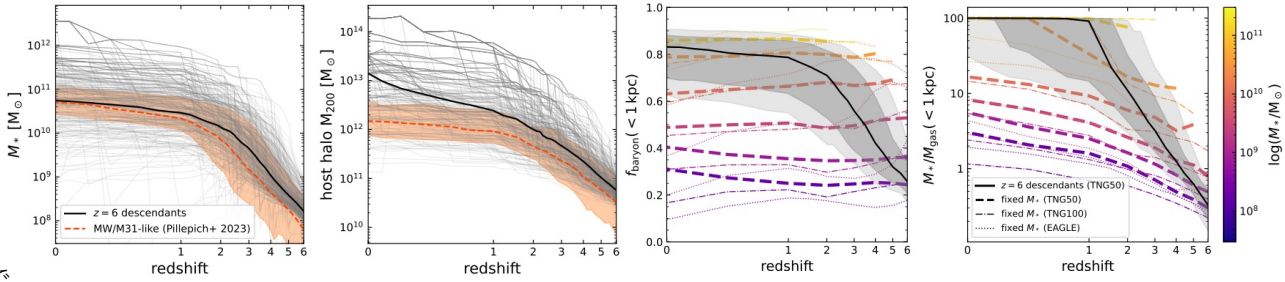


図2. TNG50の低質量銀河の星質量、ハロー質量、バリオン比、星-ガス質量比率の時間進化

図2：(左と中央左) TNG50銀河の質量進化。z=6で低質量だった銀河は、z=2でM_*~$10^{10}M_{sun}$、z=0では銀河系と同程度の星質量に成長した。一方ハロー質量は$10^{13}M_{sun}$と銀河系より大きくなった。赤破線はTNG50銀河のうち、z=0で恒星質量と形態と環境が銀河系とM31に似たものを選んだ場合。(中央右と右) f_{baryon}と星/ガス比の時間進化。色つき破線は星質量別で重いほどバリオンが支配的だが、同じ恒星質量では f_{baryon}は時間進化していない。銀河平均(黒実線)ではf_{baryon}は星質量の急成長と共に急速に増大する。星-ガス質量比は、z=6ではJWSTの結果(~0.1)と概ね一致。その後急速に増大してz<2ではM_{gas}(<1kpc)=0になる。(おそらくAGN feedbackで吹き飛ばしてしまった?)

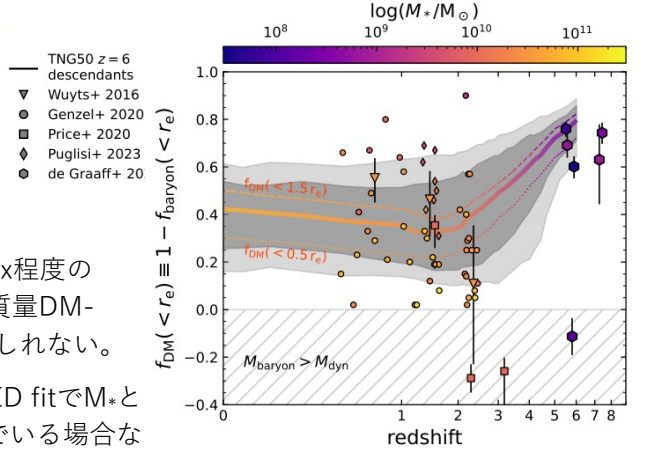
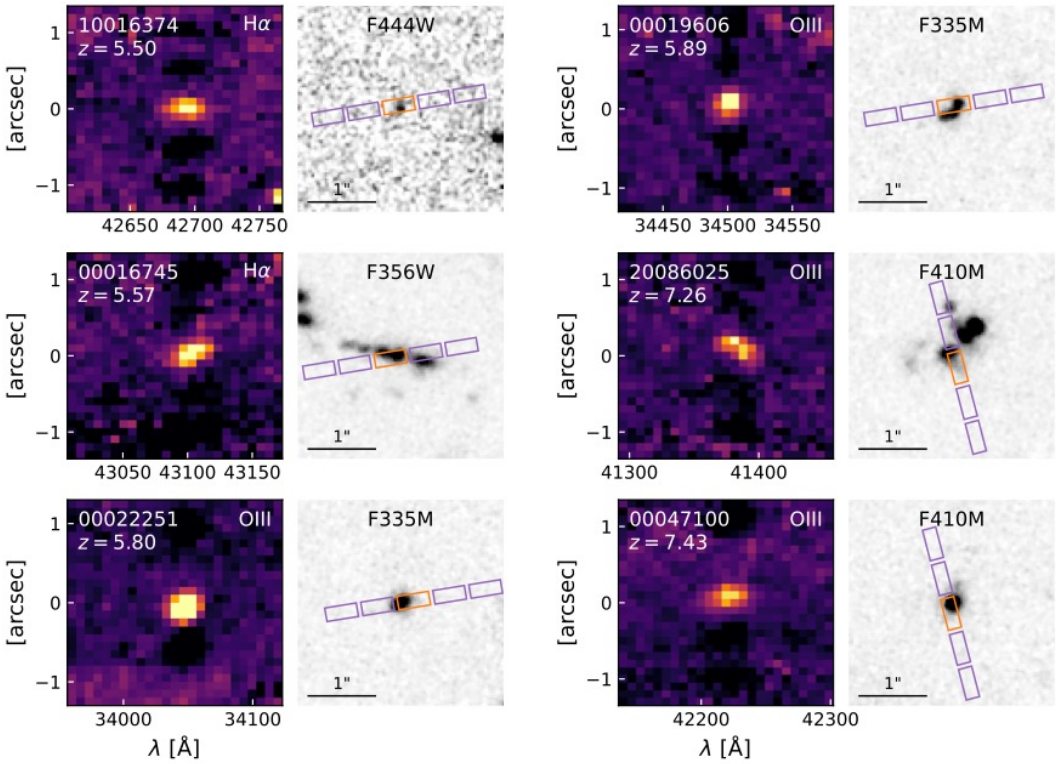


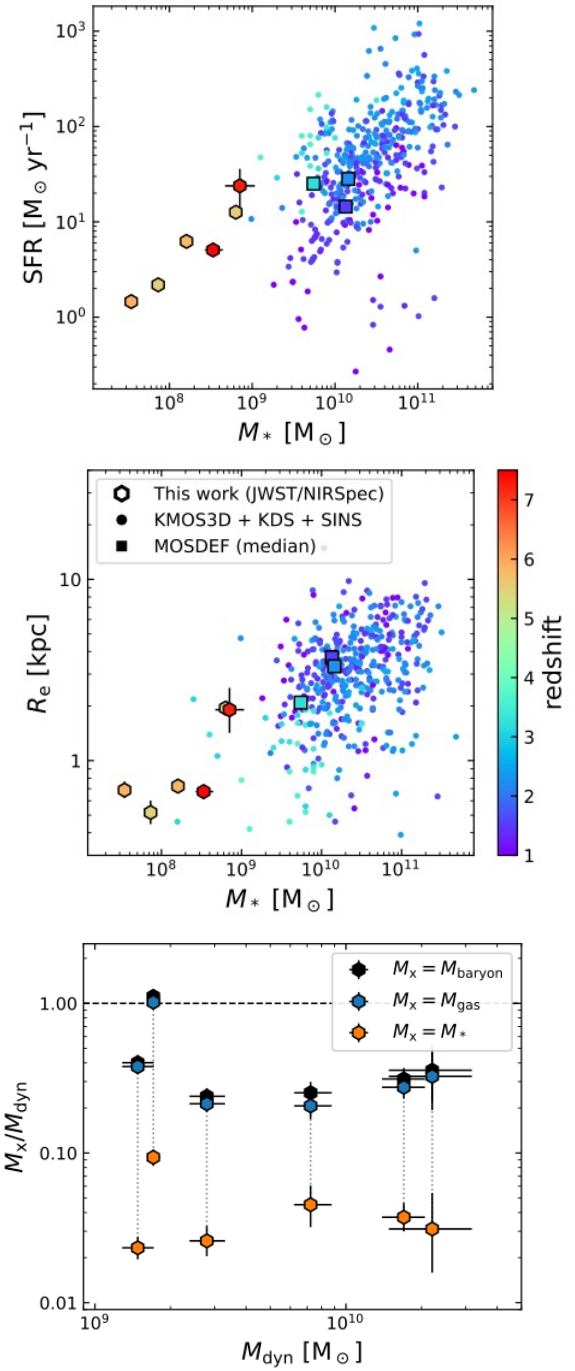
図3. DM比率の時間進化

図3：DM比率(=1- f_{baryon})の時間進化。TNG50銀河は半質量半径、観測は半光度半径以内なので、0.3dex程度の違いがあるが、z=6でもz=2付近でも概ね観測と一致。図2のf_{baryon}のM*依存性を考慮すると、z=6の低質量DM-dominated銀河とz=2のmassive baryon-dominated銀河は、同じ銀河(の別の進化段階)を見ているかもしれない。

[Comment] 筆者も述べているが、2D輝線からM_{dyn}(warm rotating thin diskを仮定してmodeling)、SED fitでM_*とSFR(からM_{gas})を算出しているため(次ページ)、high-zでK-S則が成り立たなかったり、outflowを含んでいる場合など過大/過小評価している可能性がありそう。面分光で空間分解するしかない？

Graaff+2023 arXiv:2308.09742v2 (accepted to A&A)





ID	λ (Å)	flux $\times 10^{19}$ (erg s^{-1} Å^{-1})	dx (pitch)[a]	dy (pitch)[a]	r_e (arcsec)	n	q	PA (deg)
JADES-NS-00016745	$43104.8^{+0.7}_{-0.7}$	51^{+4}_{-4}	$-0.30^{+0.04}_{-0.04}$	$0.014^{+0.019}_{-0.018}$	$0.32^{+0.03}_{-0.03}$	$1.41^{+0.14}_{-0.13}$	$0.27^{+0.03}_{-0.03}$	67^{+3}_{-3}
JADES-NS-00019606	$34505.7^{+0.3}_{-0.4}$	30^{+2}_{-2}	$0.34^{+0.03}_{-0.03}$	$0.025^{+0.013}_{-0.013}$	$0.117^{+0.013}_{-0.011}$	$0.25^{+0.08}_{-0.04}$	$0.29^{+0.06}_{-0.06}$	130^{+4}_{-4}
JADES-NS-00022251	$34051.6^{+0.4}_{-0.4}$	77^{+4}_{-4}	$0.05^{+0.05}_{-0.05}$	$-0.329^{+0.010}_{-0.011}$	$0.122^{+0.006}_{-0.006}$	$0.65^{+0.09}_{-0.08}$	$0.46^{+0.08}_{-0.08}$	105^{+4}_{-4}
JADES-NS-00047100[b]	$42228.1^{+0.8}_{-0.7}$	44^{+3}_{-3}	$0.24^{+0.04}_{-0.04}$	$0.203^{+0.014}_{-0.014}$	$0.130^{+0.011}_{-0.010}$	$2.0^{+0.7}_{-0.7}$	$0.65^{+0.11}_{-0.12}$	65^{+7}_{-8}
JADES-NS-10016374	$42697.5^{+0.5}_{-0.5}$	$16.9^{+1.1}_{-1.0}$	$0.05^{+0.04}_{-0.04}$	$0.004^{+0.008}_{-0.008}$	$0.084^{+0.013}_{-0.012}$	$1.4^{+0.6}_{-0.5}$	$0.21^{+0.08}_{-0.08}$	130^{+6}_{-6}
JADES-NS-20086025	$41381.8^{+1.2}_{-1.1}$	55^{+14}_{-11}	$0.03^{+0.05}_{-0.08}$	$0.41^{+0.03}_{-0.03}$	$0.36^{+0.14}_{-0.10}$	$4.8^{+0.8}_{-1.1}$	$0.27^{+0.14}_{-0.10}$	97^{+7}_{-7}

ID	z	r_t/r_e	v_a (km s^{-1})	σ_0 (km s^{-1})	$v(r_e)$ (km s^{-1})	$v(r_e)/\sigma_0$	$\log(M_{dyn}/M_\odot)$
JADES-NS-00016745	$5.56616^{+0.00010}_{-0.00011}$	$0.7^{+0.2}_{-0.3}$	173^{+43}_{-47}	55^{+2}_{-2}	105^{+13}_{-13}	$1.9^{+0.3}_{-0.2}$	$10.23^{+0.08}_{-0.08}$
JADES-NS-00019606	$5.88979^{+0.00007}_{-0.00008}$	$0.6^{+0.3}_{-0.4}$	0^{+10}_{-11}	$39.1^{+1.8}_{-1.8}$	5^{+5}_{-3}	$0.13^{+0.14}_{-0.09}$	$9.17^{+0.06}_{-0.06}$
JADES-NS-00022251	$5.79912^{+0.00007}_{-0.0007}$	$0.75^{+0.18}_{-0.26}$	37^{+9}_{-9}	$39.0^{+1.0}_{-1.0}$	23^{+4}_{-4}	$0.58^{+0.11}_{-0.11}$	$9.23^{+0.03}_{-0.03}$
JADES-NS-00047100	$7.43173^{+0.00015}_{-0.00014}$	$0.5^{+0.3}_{-0.3}$	132^{+46}_{-36}	71^{+4}_{-4}	91^{+21}_{-16}	$1.3^{+0.3}_{-0.3}$	$9.85^{+0.07}_{-0.07}$
JADES-NS-10016374	$5.50411^{+0.00007}_{-0.00007}$	$0.6^{+0.3}_{-0.4}$	-23^{+14a}_{-15}	62^{+2}_{-2}	16^{+10}_{-9}	$0.26^{+0.16}_{-0.14}$	$9.45^{+0.07}_{-0.07}$
JADES-NS-20086025	$7.2627^{+0.0002}_{-0.0002}$	$0.15^{+0.10}_{-0.06}$	-174^{+22a}_{-26}	25^{+6}_{-8}	155^{+19}_{-17}	$6.0^{+2.9}_{-1.4}$	$10.31^{+0.20}_{-0.19}$