

ABSTRACT

We present early results regarding the morphological and structural properties of galaxies seen with the James Webb Space Telescope at $z > 3$ in the Early Release Observations of SMACS 0723, a galaxy cluster at $z = 0.39$. We investigate, for the first time, the optical morphologies of a significant number of $z > 3$ galaxies with accurate photometric redshifts in this field to determine the form of galaxy structure in the relatively early universe. We use visual morphologies and MORFOMETRYKA measures to perform quantitative morphology measurements, both parametric with light profile fitting (Sérsic indices) and non-parametric (CAS values). Using these, we measure the relative fraction of disk, spheroidal, and peculiar galaxies at $3 < z < 8$. We discover the surprising result that at $z > 1.5$ disk galaxies dominate the overall fraction of morphologies, with a factor of ~ 10 relative higher number of disk galaxies than seen by the Hubble Space Telescope at these redshifts. Our visual morphological estimates of galaxies align closely with their locations in CAS parameter space and their Sérsic indices.

JWSTによる $z>3$ の静止系可視形態

- これまでHST/WFC3により $z<3$ の静止系可視の形態が調べられ、下記のように考えられてきた。
 - $z>2.5$ ではハッブル分類に属さない不規則銀河 (Irregular/Peculiar) が大半で、mergingがその主要因である。
 - ハッブル系列は $z-1$ に出来上がった。
- しかしHSTの空間分解能・感度では $z-3$ の形態を正しく捉えられていないかもしれない。
- JWST/NIRCamのEROデータで $z>3(-8)$ の形態評価を行い、形態進化を議論する。
 - 赤方偏移
 - 既存カタログ (RELICS) から抽出。288天体を形態分類へ。
 - NIRCam F200WをSED fitに加えるとRELICSでは $z>3$ だったものが $z<1$ になる。F160W-F200WでBalmer breakを示さなかったため。 $z<1$ を採用した。
- 形態分類
 - 見た目: 著者3名が静止系可視に相当するバンドの画像で分類
 - 定量分類: MORFOMETRYKA (CAS, Gini/M20, 1D/2D Sérsic fit)

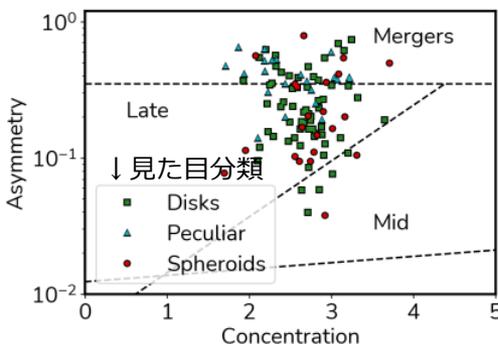


Figure 6. Concentration vs. Asymmetry. The abundance of disks results in their populating the area originally used for selecting late-type galaxies. Decision thresholds shown here are drawn from (Bershady et al. 2000).

→Fig.4: 形態進化
見た目分類でのredshift進化 (※ $z-2$ のみrest-UV)。
High- z ではIrr/Pecが多数というHSTからの予想とは異なり、 $z>2$ でも半数はdisk的。
→形態の確立はより遠方 ($z>6$)。

←Fig.6: $z>3$ での見た目分類 vs C-A

- 見た目のdiskもspheroidも似たような分布で、mergerほどの非対称性は示していない。
- Pecはhigher A (merger寄り)。
- HSTからの予想通り、high-Cな銀河は見られない。(バルジが十分発達していないという事か?)

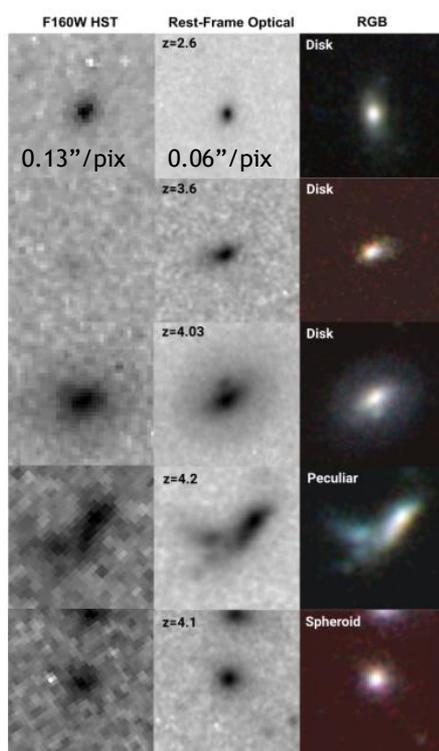


Figure 5. Comparison HST vs JWST images for a select few galaxies within our sample. On the left shows the HST F160W image, whilst the middle panel shows the JWST view at the same orientation. The far right panel shows the color image of this system as seen through the JWST NIRCam F277W, F356W and F444W filters.

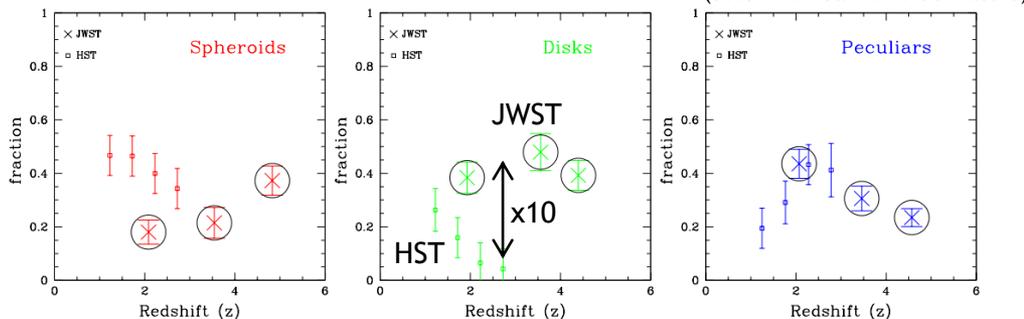


Figure 4. Plots showing the morphological evolution of the galaxies found in the SMACS 0723 field up to $z = 6$. These show the fraction of the total number of galaxies, within a given redshift bin, which has the given type as determined by visual morphologies. We also include the morphological evolution which has been derived from HST observations of the CANDELS fields in Mortlock et al. (2013). Circled markers denote the JWST observations at higher redshifts.

- ◆ 銀河の形態は、HSTから予想してきたよりも初期に形成されていたのかもしれない。
- ◆ (形態を破壊しうるmergingはspheroidにのみ働き、diskはdiskであり続けてきた?)

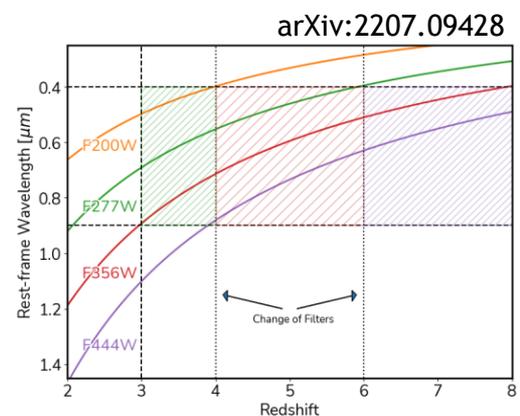
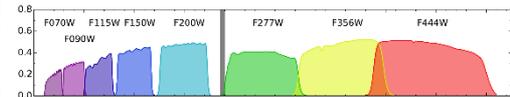


Figure 2. Rest-frame wavelength at a given redshift for the F200W, F277W, F356W, and F444W filters. The hatched regions show the areas where NIRCam filters probe the optical rest-frame for $z > 3$, with the color corresponding to the respective optimal filter for the redshift range. To follow galaxies' optical rest-frames we use F277W for $3 < z < 4$, F356W for $4 < z < 6$, and F444W for $6 < z < 8$.

Filter	z	$\langle \text{Rest-}\lambda \rangle$	class (sph)	$\sigma(\text{sph})$	class (disk)	$\sigma(\text{disk})$	class (pec)	$\sigma(\text{pec})$
F090W	1.5-3.0	0.36-0.22 μm	0.18	0.02	0.38	0.10	0.43	0.12
F227W	3.0-4.0	0.69-0.55 μm	0.21	0.08	0.48	0.05	0.31	0.03
F356W	4.0-6.0	0.71-0.50 μm	0.37	0.01	0.40	0.02	0.23	0.03

↑ Fig.2, Tab.1: 形態分類に使うバンド
Rest-optと謳いながらも $z<3$ はrest-UV相当。
なぜF200Wを使わない?
また何故か $z>6$ の結果は使われていない。



(JWST/NIRCamのWide Filters)