

THE EVOLUTION OF THE FRACTIONS OF QUIESCENT AND STAR-FORMING GALAXIES AS A FUNCTION OF STELLAR MASS SINCE $Z=3$: INCREASING IMPORTANCE OF MASSIVE, DUSTY STAR-FORMING GALAXIES IN THE EARLY UNIVERSE

NICHOLAS S. MARTIS^{1*}, DANILO MARCHESINI¹, GABRIEL B. BRAMMER², ADAM MUZZIN³, MARLIN FRANX⁴, IVO LABBÉ⁴, IVELINA G. MOMCHEVA², ROSALIND E. SKELTON⁵, MAURO STEFANON⁴, PIETER G. VAN DOKKUM⁶, KATHERINE E. WHITAKER^{7†}

ABSTRACT

Using the UltraVISTA DR1 and 3D-HST catalogs, we construct a stellar-mass-complete sample, unique for its combination of surveyed volume and depth, to study the evolution of the fractions of quiescent galaxies, moderately unobscured star-forming galaxies, and dusty star-forming galaxies as a function of stellar mass over the redshift interval $0.2 < z < 3.0$. We show that the role of dusty star-forming galaxies within the overall galaxy population becomes more important with increasing stellar mass, and grows rapidly with increasing redshift. Specifically, dusty star-forming galaxies dominate the galaxy population with $\log(M_{\text{star}}/M_{\odot}) \gtrsim 10.3$ at $z \gtrsim 2$. The ratio of dusty and non-dusty star-forming galaxies as a function of stellar mass changes little with redshift. Dusty star-forming galaxies dominate the star-forming population at $\log(M_{\text{star}}/M_{\odot}) \gtrsim 10.0 - 10.5$, being a factor of $\sim 3-5$ more common, while unobscured star-forming galaxies dominate at $\log(M_{\text{star}}/M_{\odot}) \lesssim 10$. At $\log(M_{\text{star}}/M_{\odot}) > 10.5$, red galaxies dominate the galaxy population at all redshift $z < 3$, either because they are quiescent (at late times) or dusty star-forming (in the early universe).

Keywords: galaxies: evolution

❖ Introduction

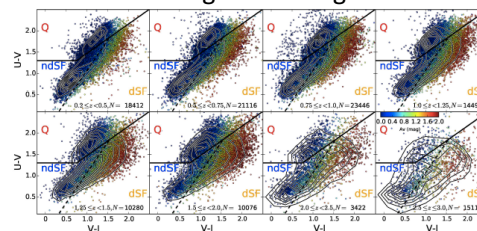
- quiescent銀河の割合 (quiescent fraction)は宇宙年齢の増加とともに急激に上昇する(e.g., Muzzin et al. 2013b)
- 最新の銀河進化モデルは観測されるSMFとよく合う(e.g., Guo et al. 2011)が、ある赤方偏移、星質量でのquiescent fractionを再現するのは難しい
 - 星形成とquenchingには多くのバリオン相互作用が関係している
- quiescent fractionを星質量の関数として詳細に調べることは、feedbackのプロセスやそれによるquenchingのタイムスケールについて理解する上で重要
- 近傍の大質量銀河のprogenitorであると考えられるdusty star-forming (dSF) 銀河が占める割合がどのように時間変化するかを知ることも重要

❖ Sample

- Ultra VISTA DR1 Ks-selected catalog と 3D-HST WFC3-selected catalogがオーバーラップした領域(COSMOS fieldの一部)の銀河102,758個
 - 90% completeness limit はそれぞれ Ks = 23.4, H_{F160W} = 25.1
 - $0.2 < z < 3$ (photo-zはEAZYによるSED fitting)
 - $9 < \log(M_{\text{star}}/M_{\odot}) < 11.5$ (FASTを用いて算出)
- UVJ diagramを用いて銀河をquiescent, dSF, ndSFに分類
- ダストによる減光量は2つの方法で計算
 1. FASTによるSED fitting (ageとdust obscurationの縮退(SFH)に依存)
 2. EAZYによるSED fittingでのdusty templateの寄与から推定
 どちらを用いても結果は変わらなかった

❖ Result

Fig 1. UVJ diagram



- 近傍ほど quiescent と ndSF の bimodality が顕著
- 遠方に行くにつれて dSF 銀河の数が多くなり、quiescent 銀河の数は少なくなる

Fig 2. 各銀河種族のfractionの時間進化

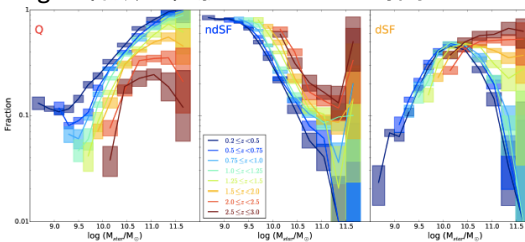
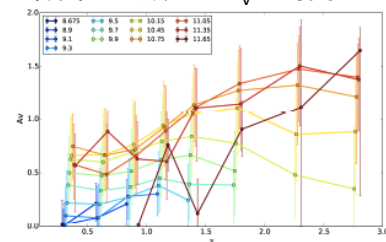


Fig 4. 各質量の銀河のA_Vの時間進化



- quiescent : 高質量の銀河で急速に増加。低質量側はenvironmental effect
- ndSF : 低質量銀河のほとんどを占める。ndSFのfractionが>50%となる質量は時間とともに小さくなる
- dSF : zが大きいほどfractionが増加し、z>2では全銀河の50-60%を占める

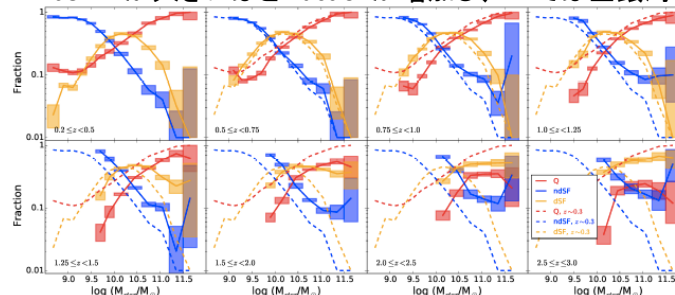


Fig 3. 各銀河種族のfractionを重ねた図

- high-mass end (> 10.5)は常にred galaxyが多数を占めている
- 高質量側(> 10-10.5)では常にdSFがndSFよりも大きなfractionを持つ
- A_Vの進化を見ると、高質量SF銀河のダスト減光はhigh-zほど大きい
 - ただしdSFとndSFの個数比はzによってあまり変わらない
- metal richな銀河ほどダスト減光が強いと仮定してMaiolino et al. (2008)のmass-metallicity relationを考えると高質量銀河ほどA_Vは大きい
- しかし、観測されたtrendはmass-metallicity relationの進化とinconsistent
- Maiolino et al. (2008)のmass-metallicity relationはUV-selected Lyman break 銀河から導かれたものなので、z<3の半数近くのSF銀河(dSF銀河)を見落としている可能性があり、inconsistenceの原因となっている可能性がある