

An ancient massive quiescent galaxy found in a gas-rich $z \sim 3$ group

BORIS S. KALITA,¹ EMANUELE DADDI,¹ CHIARA D'EUGENIO,¹ FRANCESCO VALENTINO,^{2,3} R. MICHAEL RICH,⁴
CARLOS GÓMEZ-GUIJARRO,¹ ROSEMARY T. COOGAN,⁵ IVAN DELVECCHIO,⁶ DAVID ELBAZ,¹ JAMES D. NEILL,⁷
ANNAGRAZIA PUGLISI,⁸ AND VERONICA STRAZZULLO^{9,6,10}

¹CEA, Irfu, DAp, AIM, Université Paris-Saclay, Université de Paris, CNRS, F-91191 Gif-sur-Yvette, France

Massive ($M_* > 1e11 M_{\odot}$) Quiescent Galaxy

- セミアナモデルでは $z > 3$ につくるのは難しい
 - 観測的には $z=3-4$ に結構見つっている。ただし、
 - 大部分はPost-starburst (SB後 <1Gyr)
 - 大部分はフィールド銀河。環境効果はよくわかっていない。
 - 何が星形成を止めるのか
 - Merger driven SB
 - AGN feedback
 - Gas strangulation
 - Halo quenching
 - Morphological quenching
 - [RO-1001@z=2.91](#)
 - Galaxy A,B,C
 - $M_* > 1e11 M_{\odot}$
 - $SFR = 1250 M_{\odot}/yr$
 - LyAフィラメントの交差点にいる
 - Galaxy D
 - Sérsic $n=2.0$
 - $R_e = 0.14'' = 1.1 kpc$
 - Photo- $z = 2.9 \pm 0.1$ / $SFR < 4 M_{\odot}/yr$
 - ALMA 870 μm で不検出 $\Rightarrow SFR < 13 M_{\odot}/yr$
 - $M_* = 1e11 M_{\odot}$
 - $t_{50} = 1.6 \pm 0.4$ Gyr ($z_{form} \sim 8$)
- $\Rightarrow$ Massive ($M_* > 1e11 M_{\odot}$) Quiescent Galaxy

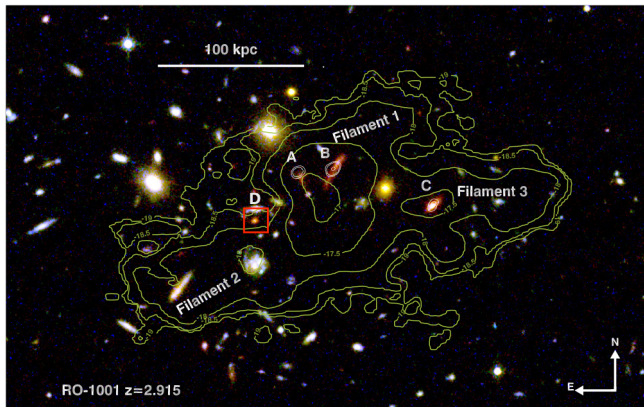


Figure 1. The core of RO-1001 as seen in HST/WFC3 (F606W, F125W, F160W). The green contours denote the Ly α nebula

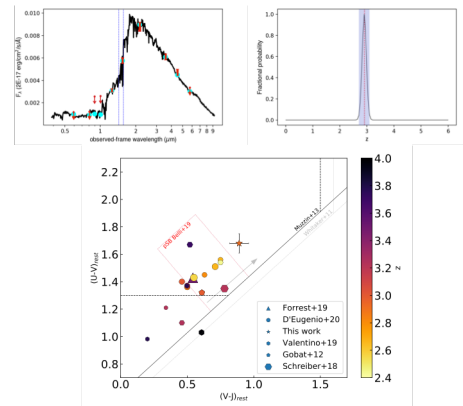


Figure 3. (Top-left) The best-fit SED template using the available photometry for Galaxy-D. The red line shows the observed photometry while the cyan points mark the expected values from the SED. The blue shaded-line mark the location of the Balmer and 4000 Å breaks. (Top-right) The probability distribution function for the photometric redshift of Galaxy-D. The red dashed line marks the spectroscopic redshift of RO-1001 while the blue shaded region marks the 90% confidence region of the photometric redshift for Galaxy-D. (Bottom) The UVJ color space of high- z QGs ($z > 2.5$) adapted from D'Eugenio et al. (2020a). The grey arrow shows the expected color evolution with increasing age. Galaxy-D is marked with a star, clearly outside the PSB region specified in Belli et al. (2019). The marker sizes are proportional to the stellar mass.

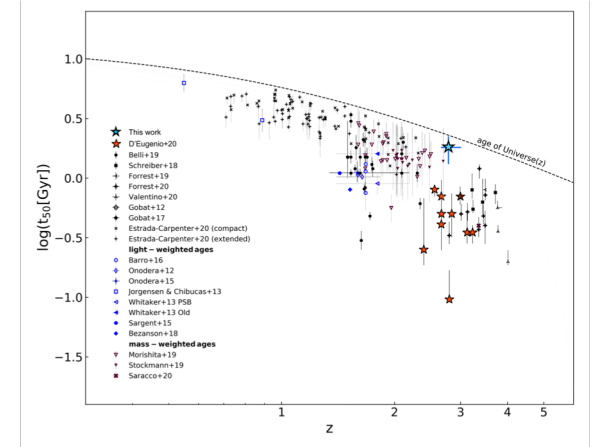
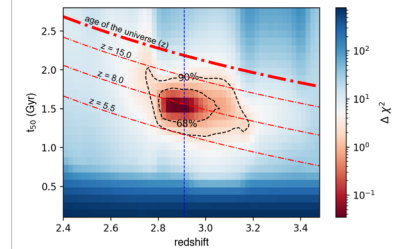


Figure 5. The stellar population age (t_{50}) vs redshift distribution for $\log(M_*/M_{\odot}) > 10.5$ QGs adapted from D'Eugenio et al.

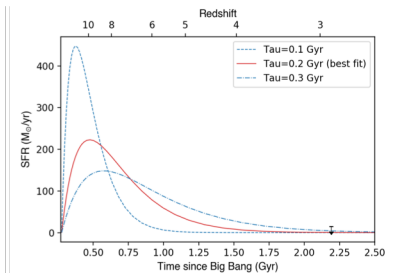


Figure 4. (Left) The variation of $\Delta\chi^2$ in the stellar population age (t_{50}) vs redshift space. The dot-dash lines demarcate the

- $T_{50} = 1.6 \text{ Gyr} \Rightarrow$ PSBではなくて、より古くて、赤外でより暗いので見つけない
- 時間を投入したサーベイでDB / Dn4000などを分光で調べる必要あり
 - Age > 1Gyr : DB/Dn4000 < 1
 - 最近見つっているHi-z PSBは DB/Dn4000 ~ 1.5 (Balmer breakが強い)
- 進化トレイル
 - 星形成のタイムスケールが短い+コンパクト $\Rightarrow$ mergerでガスが中心に落ち込んで一気に星形成?
 - $Z=6$ で $5e10 M_{\odot}$ の星が既にできていた $\Rightarrow z=6$ のMFから予想される個数の10%くらいに対応する $\Rightarrow z=6$ の $5e10 M_{\odot}$ の星形成銀河の10%がこのようなQGになる?
- 環境: Cold accretionがあるにもかかわらず星形成が止まっている。
 - Cosmological starvationやgas strangulationで止まったわけではない。
 - AGN feedback? でも1Gyrもの間星形成を止められるのか?
 - Morphological quenching?
 - では、星形成を続けているGalaxy A-Cとの違いはなんなのか? 単純に星形成を始めたタイミング?
- フィールドのPSBにくらべて1Gyrくらい古い。
 - 近傍でもfieldとclusterで楕円銀河の年齢が1Gyrくらい違う
 - 高密度環境では星形成のが早くすすむ。
 - 星形成がなんらかの環境効果で止まったわけではない、という上記とも整合している