

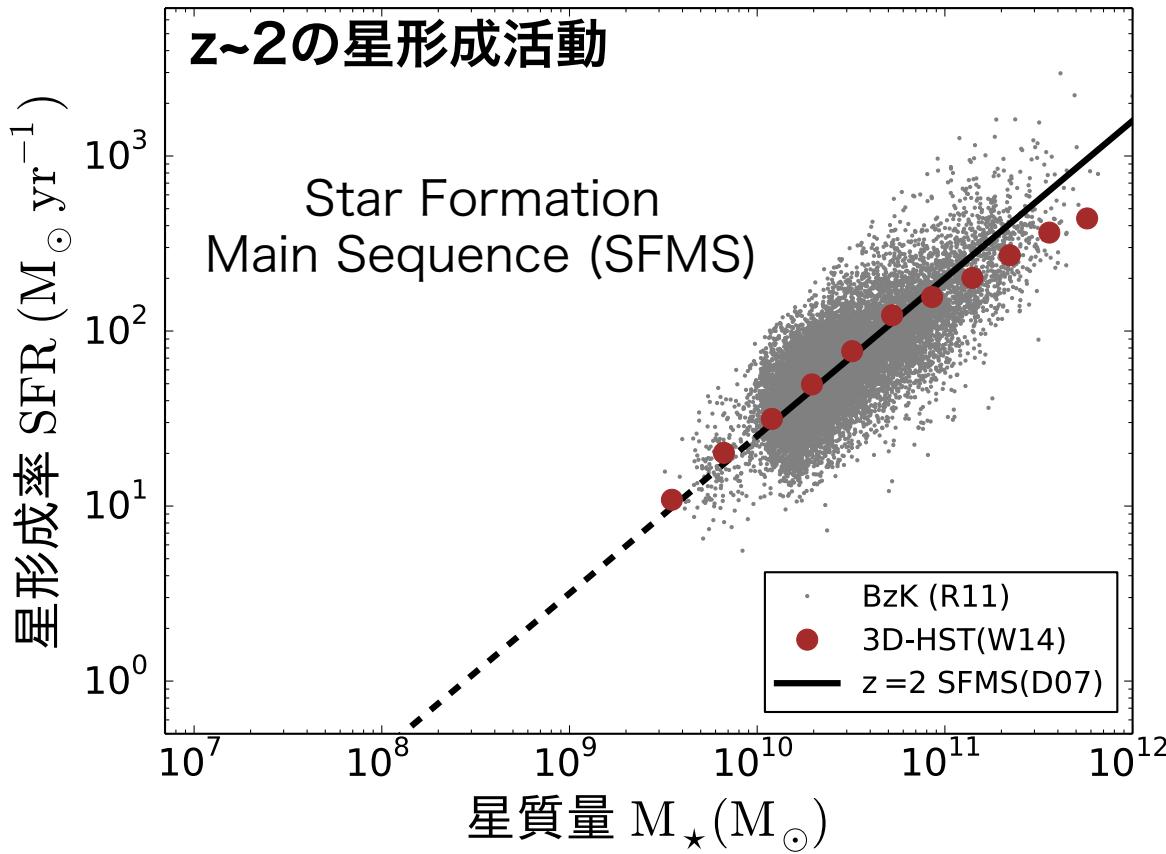
The Star Formation Activity and Its Diversity of Low-Mass Galaxies at Cosmic Noon (Kusakabe+16 in prep)

2016年6月2日 銀河進化研究会@東北大学

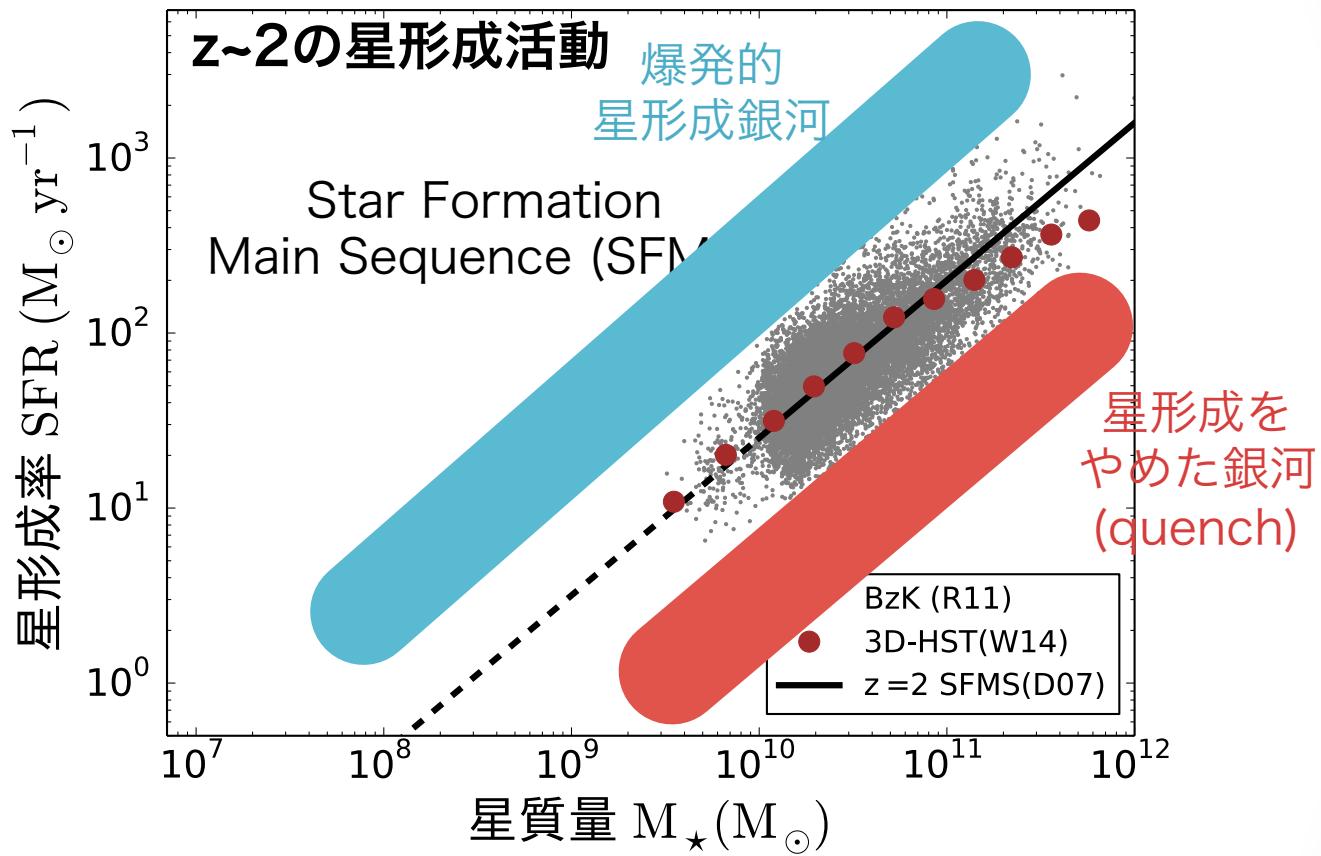
日下部晴香 (東京大学)

嶋作一大, 中島王彦, 後藤亮介, 大内正己, 橋本拓也,
今野彰, 播金優一

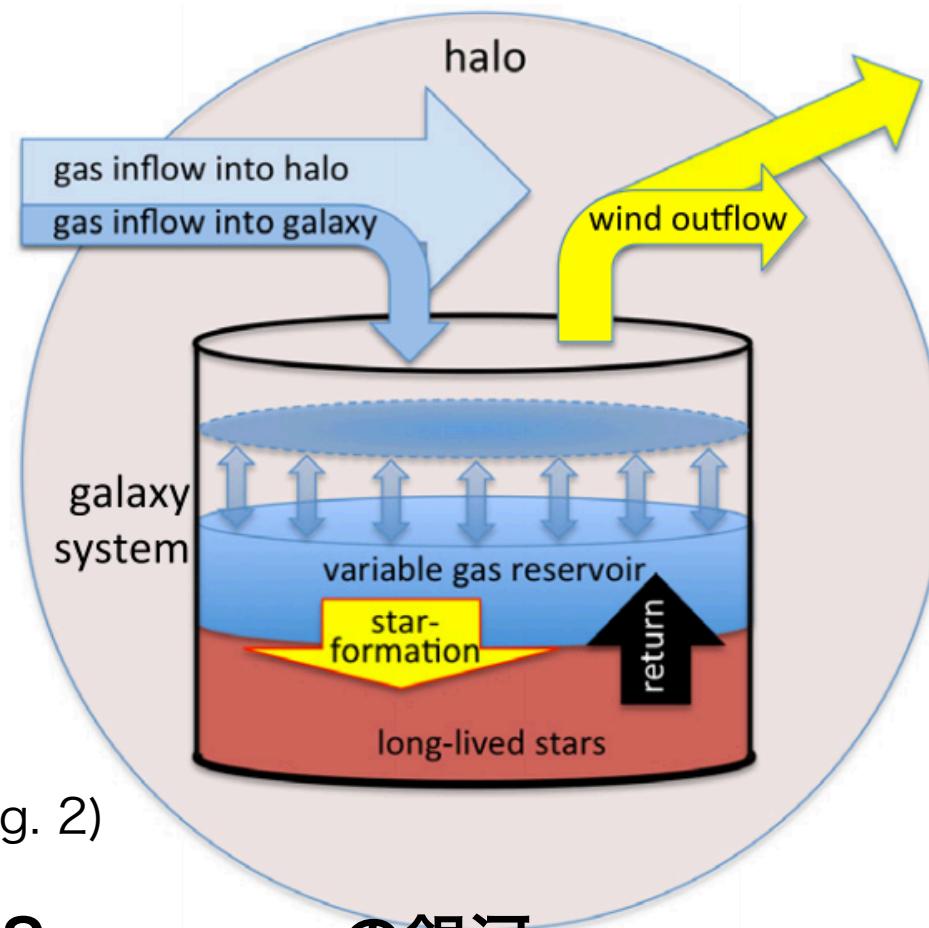
$z \sim 2$ の銀河の星形成活動



多様な星形成活動



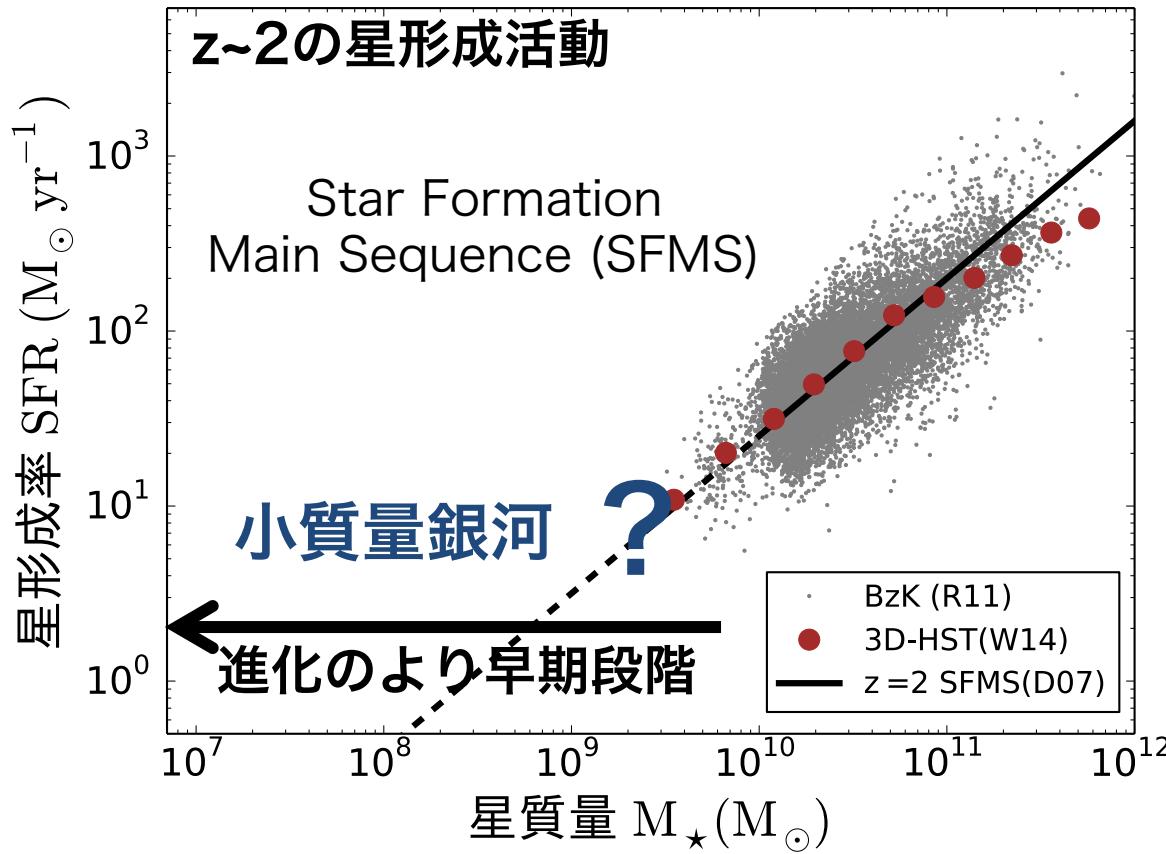
星形成活動の(準)平衡状態



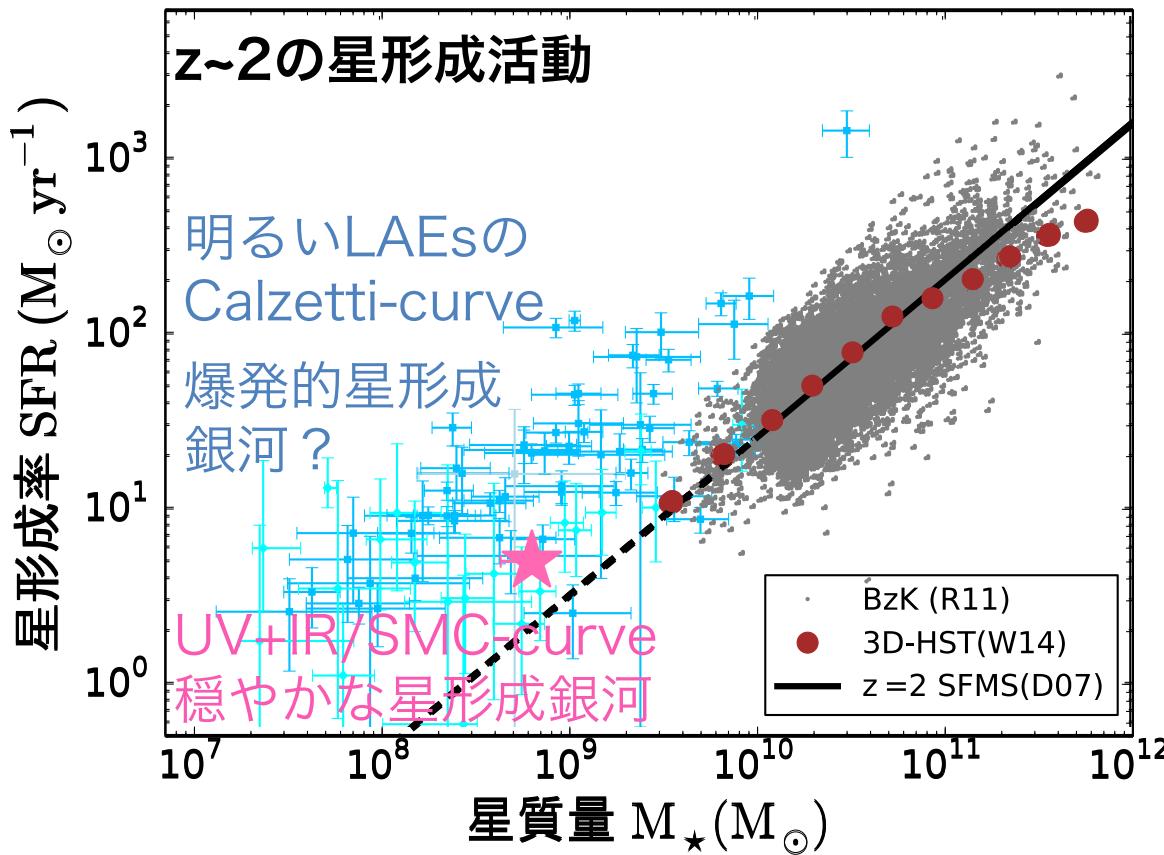
Lilly+13 (Fig. 2)

Main Sequenceの銀河:
ガスの流入・流出・星形成のつりあい
穏やかな星形成

銀河進化の鍵を握る小質量銀河



LAEsの星形成活動



多様性の議論が不十分

多様な星形成活動の議論が不十分 -星種族とDMHの結びつき-

- ① 星種族パラメーターの多様性 ?
×少ないリンクル数、浅いデータ、不適切な減光曲線
- ② ダークマターハロー(DMH)と結びつけてない

多様な星形成活動の起源を議論するには、
LAEsをsub-sampleに分け、星種族とDMH
の質量を同時に求める必要がある

本研究の概要

ターゲット:z~2のLAEs

- ・成長した銀河のパツ(=進化の鍵)となる小質量銀河
- ・宇宙で最も星形成が活発な時代

多数のsubsampleに分けて、星形成率、星質量、
ダークマターハロー質量を導出

★形成初期の爆発的星形成銀河を発見★

データとサンプル

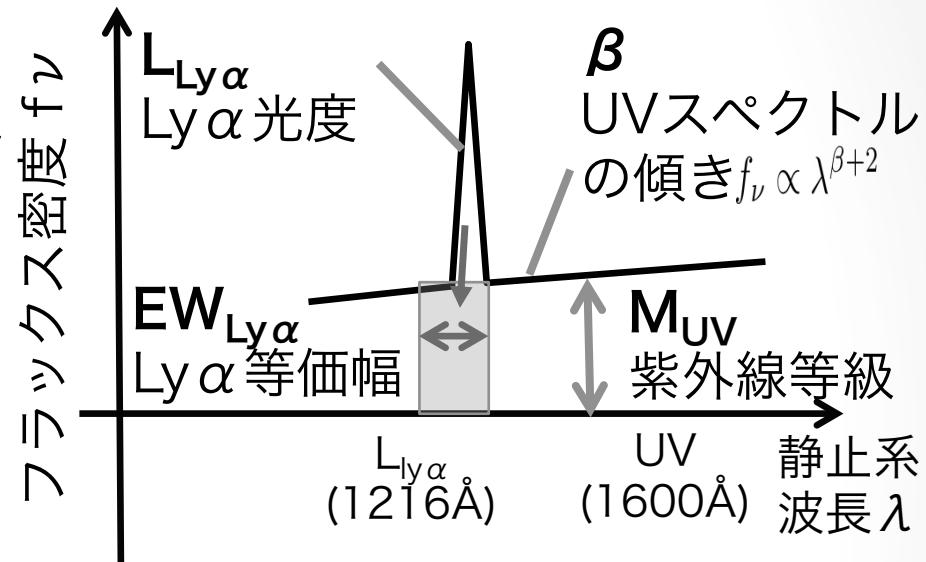
領域	SXDS field
特徴	UV-NIRの深くて広いdata
天体数	611
band (SED fit)	Subaru/Suprime-Cam B, V, R, I, z UKIRT/WFCAM J, H, K Spitzer/IRAC 3.6, 4.5, 5.8, 8.0um
Reference	Nakajima+12 (N=890)

(sample1) Giavalisco+04; Hildebrandt+06; Nonion+09; Grogan+11; Koekemoer+11; Magnelli+11; Lutz+11;
Elbaz+11; Brammer+12; Nakajima+12; Magnelli+13; Skelton+14; Kusakabe+15 (sample2) Lawrence+07;
Furusawa+08; Foucaud+11; Nakajima+12; Ashby+13; SpUDS (PI:Dunlop)

解析の流れ

星形成活動を反映しそうな
4つのUV物理量でサンプル
をそれぞれ3分割

SXDF 611天体
 $4 \times 3 = 12$
サブサンプル



スタッキング解析

SED fit

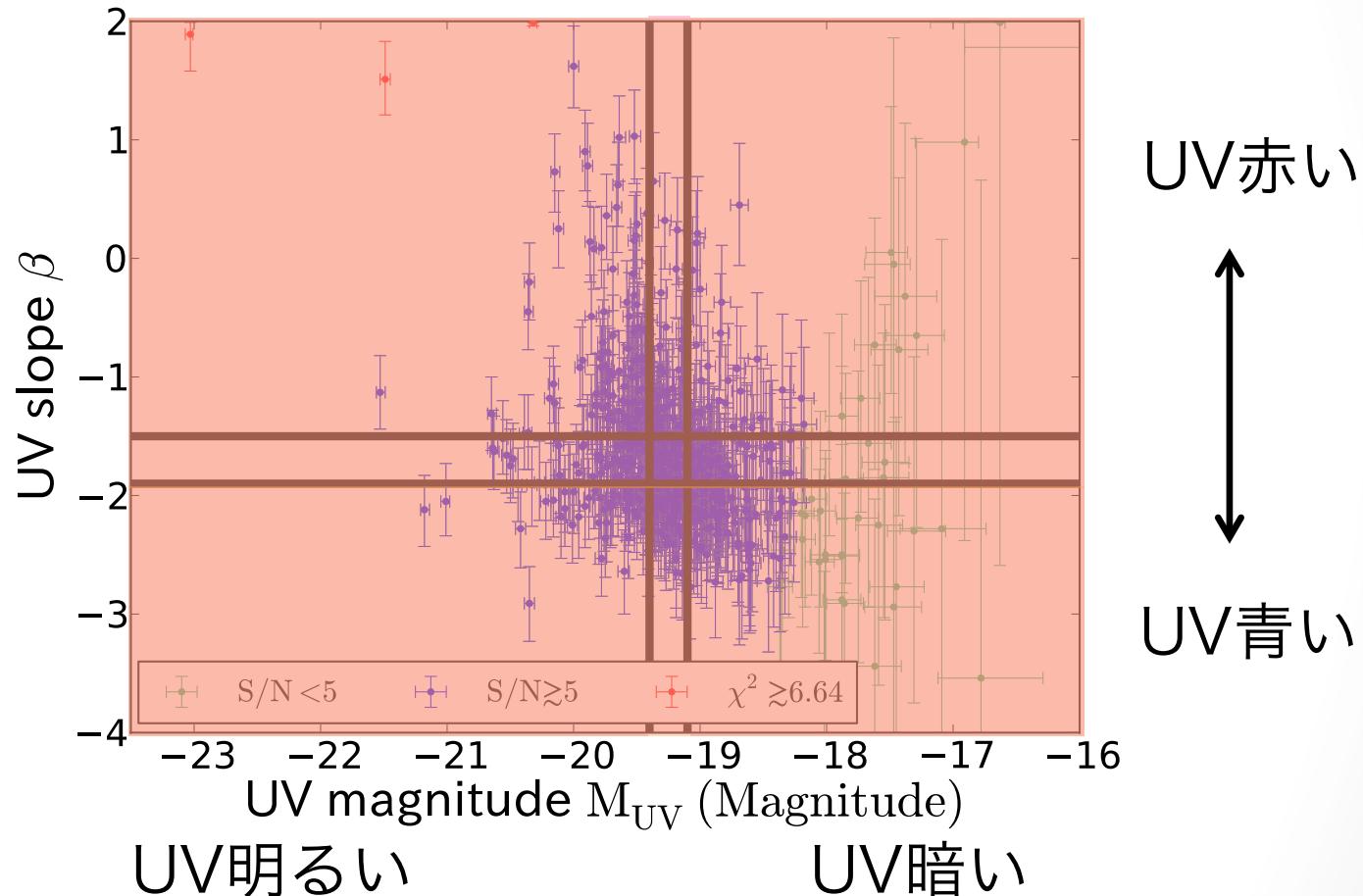
星種族パラメータ

クラスタリング解析

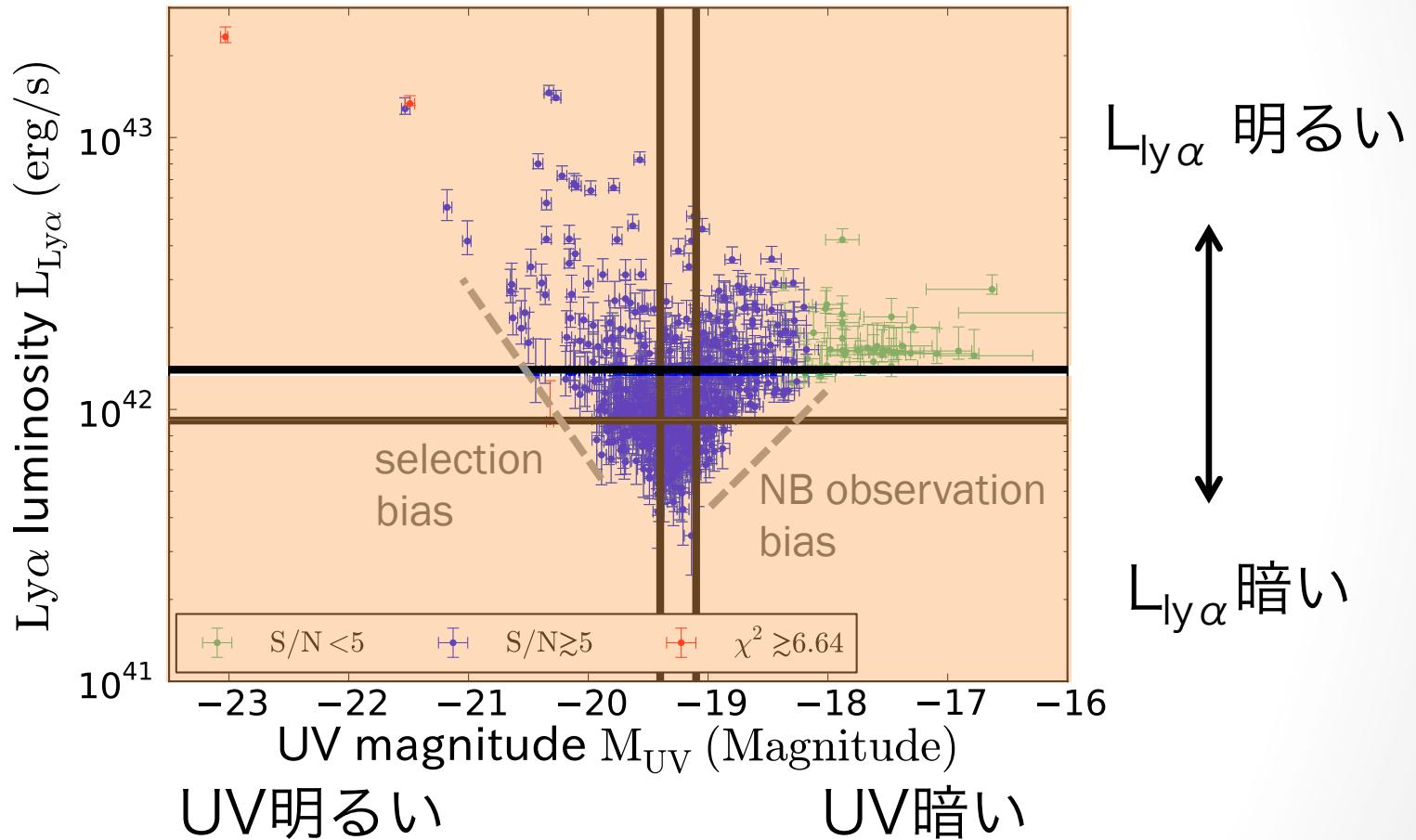
DMH質量

LAEsの分類条件

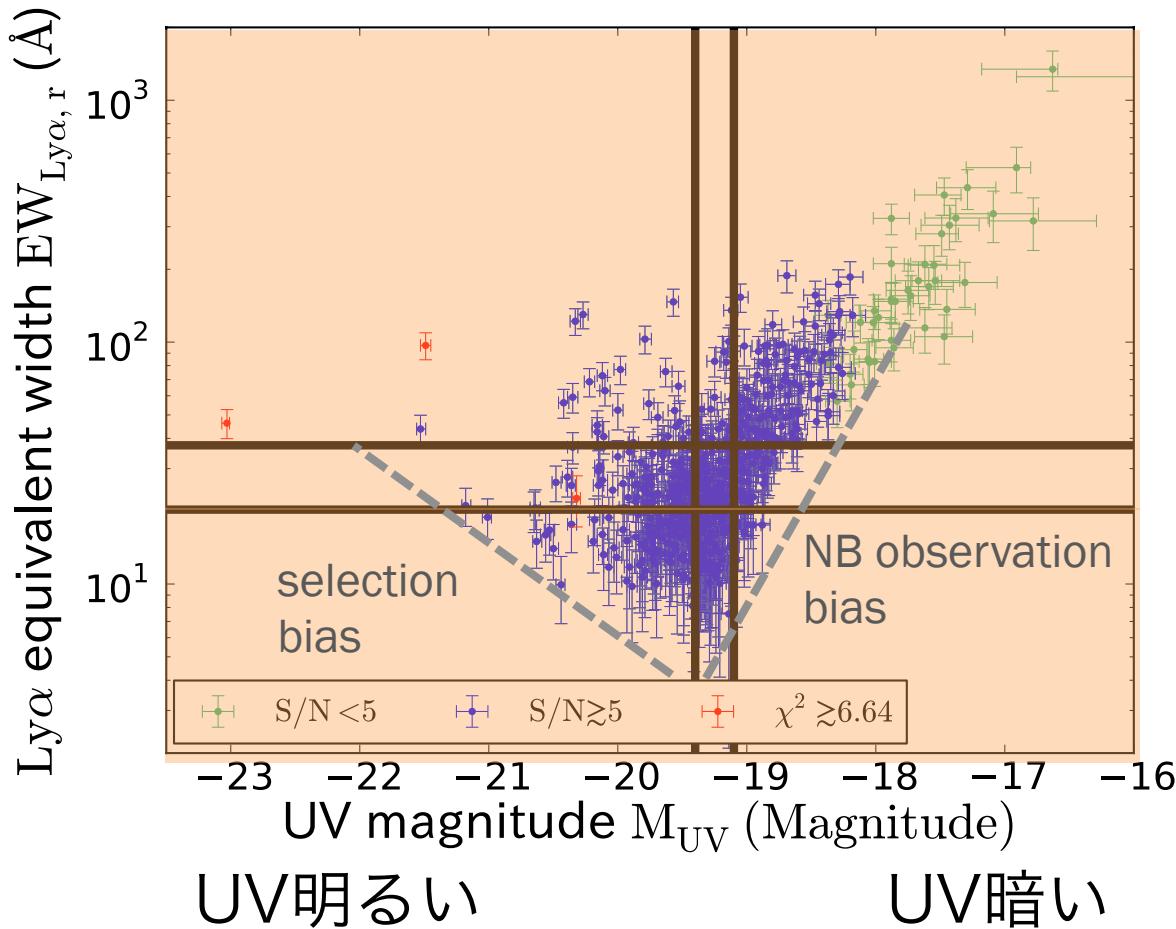
紫外物理量に応じて~200 LAEs × 3サブサンプルに分ける



LAEsの分類条件

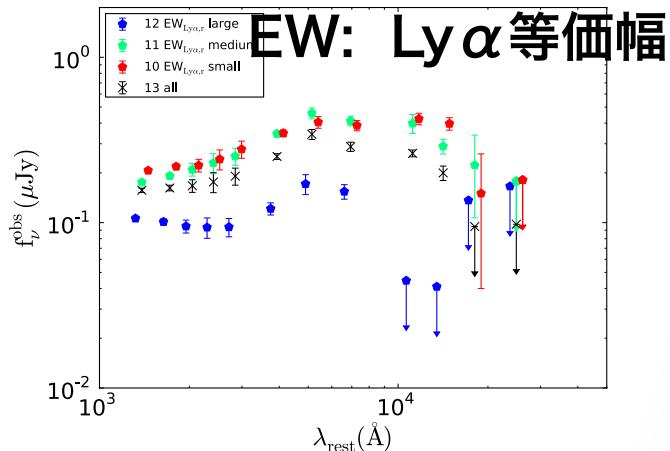
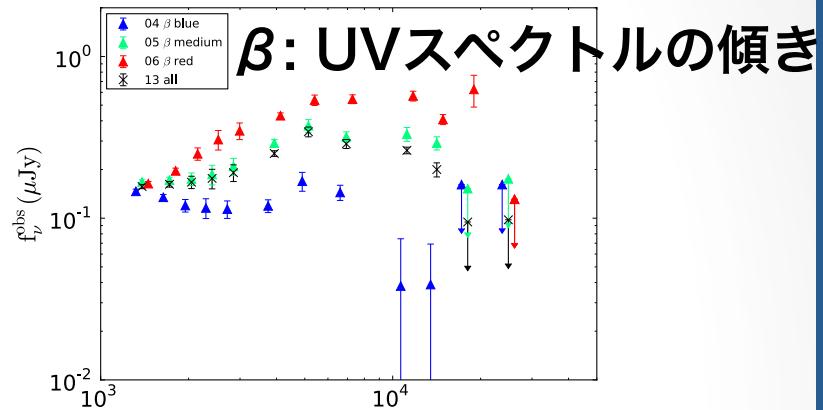
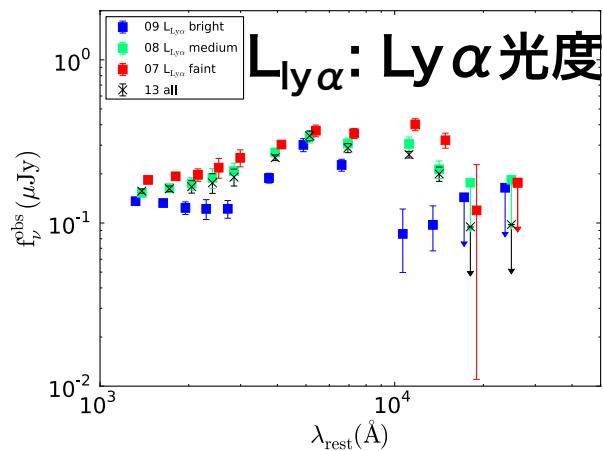
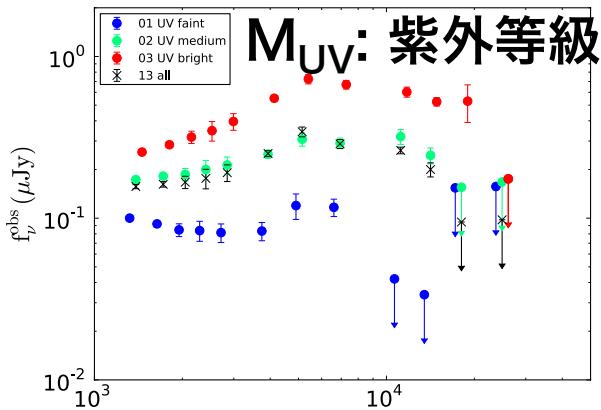


LAEsの分類条件



$EW_{Ly\alpha,r}$
大きい
↓
 $EW_{Ly\alpha,r}$
小さい

スタック後のスペクトル



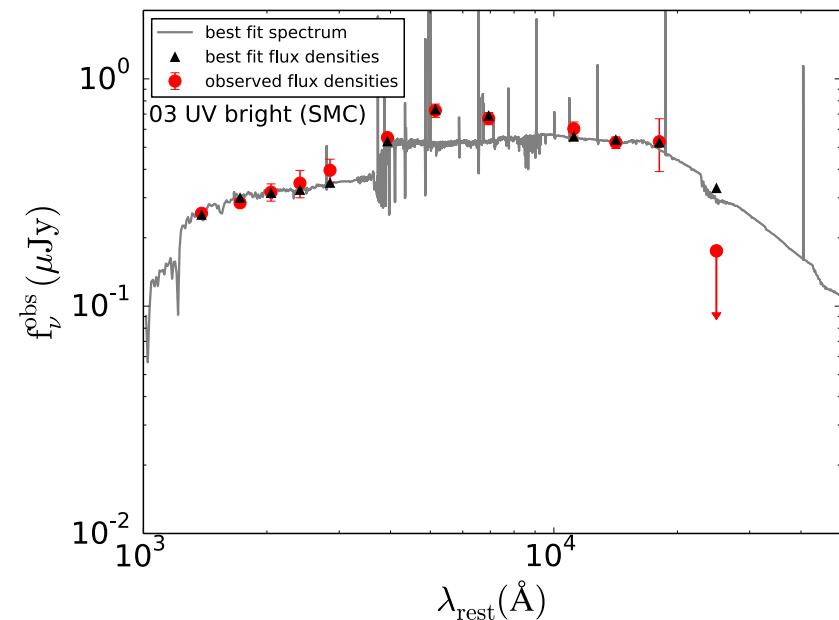
M_{UV} 暗い、 β 青い、輝線が強い

M_{UV} 明るい、 β 赤い、輝線が弱い

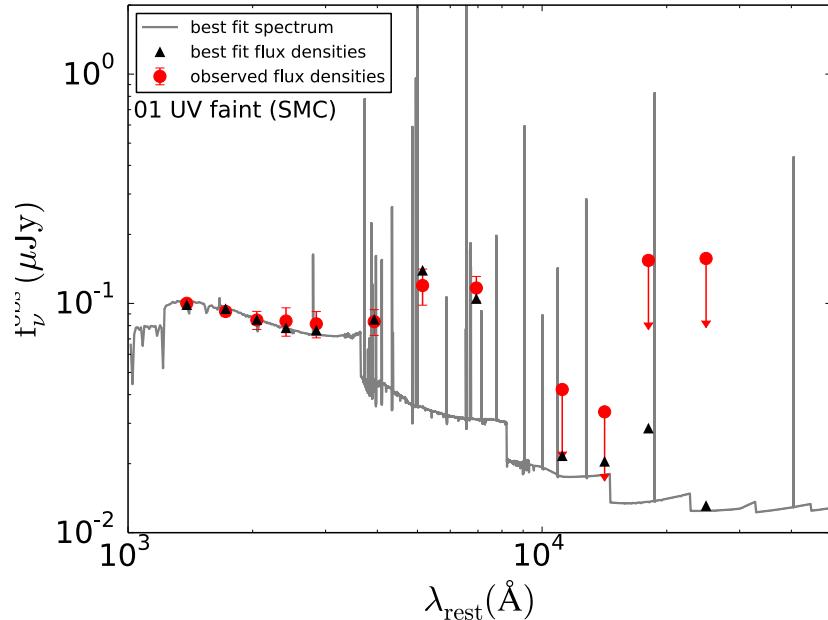
各物理量のmedium

サブサンプルのSED fit

UV 明るい

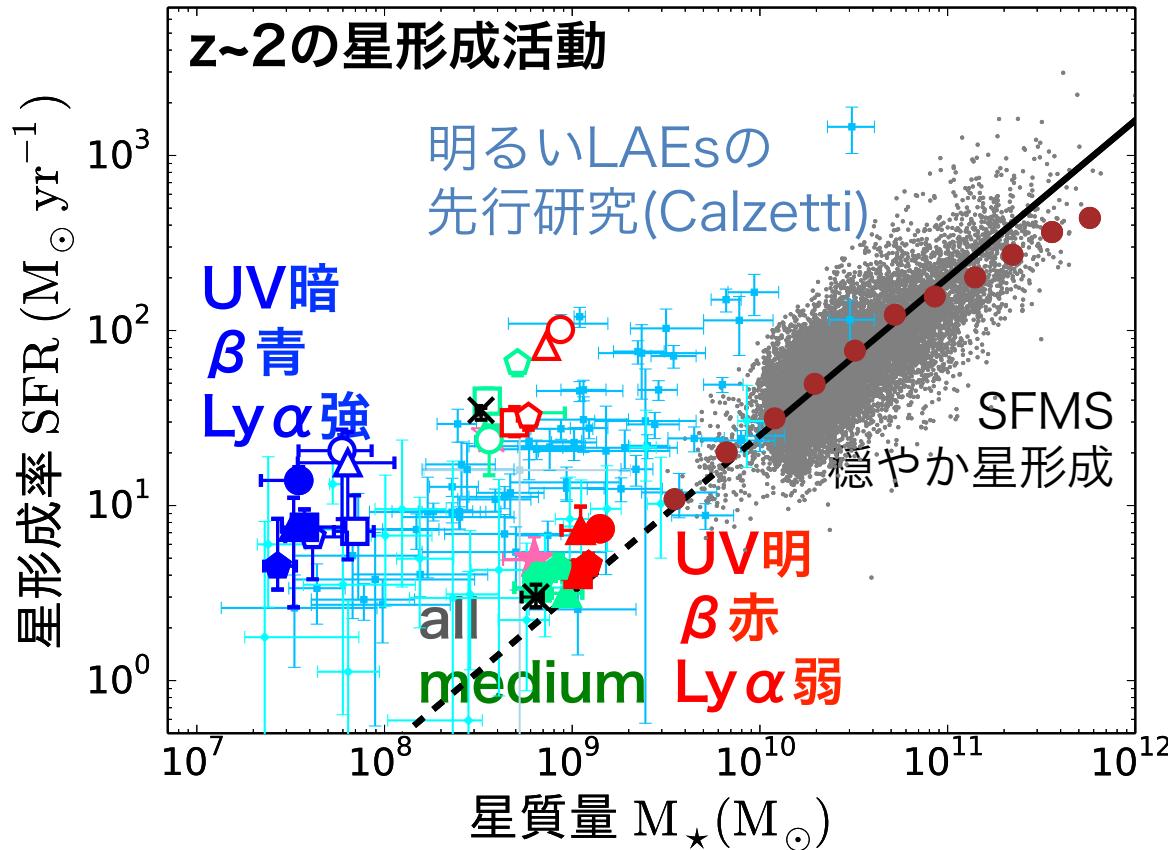


UV 暗い



- BC03+emission
- Salpeter IMF
- constant SFH
- SMC-curve (Calzetti-curve)

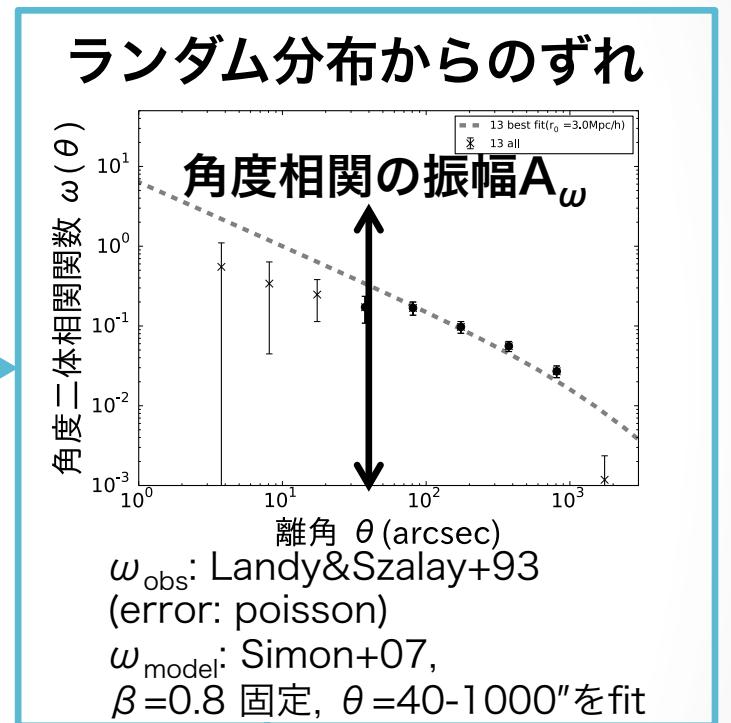
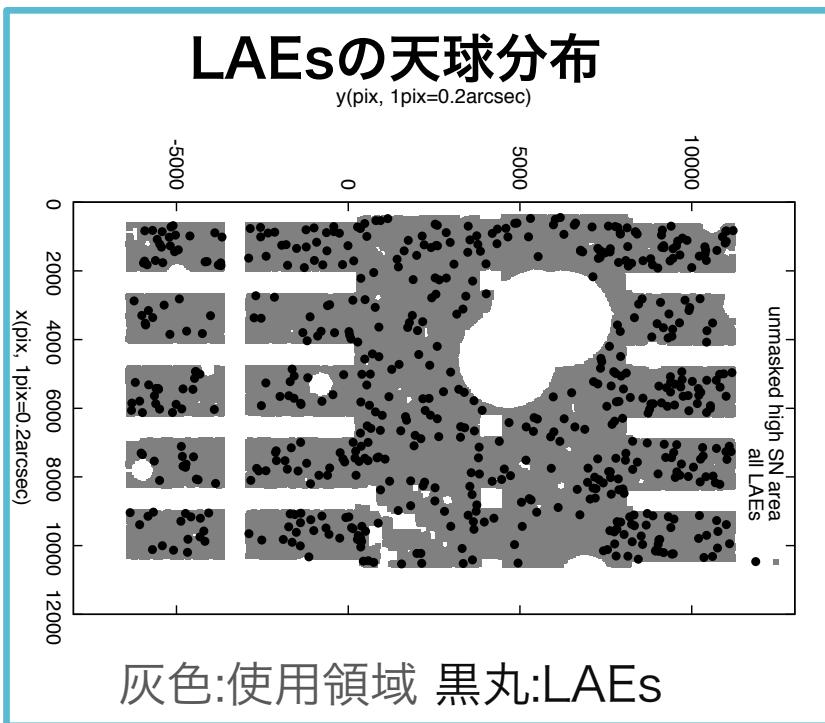
LAEsの星形成活動の多様性



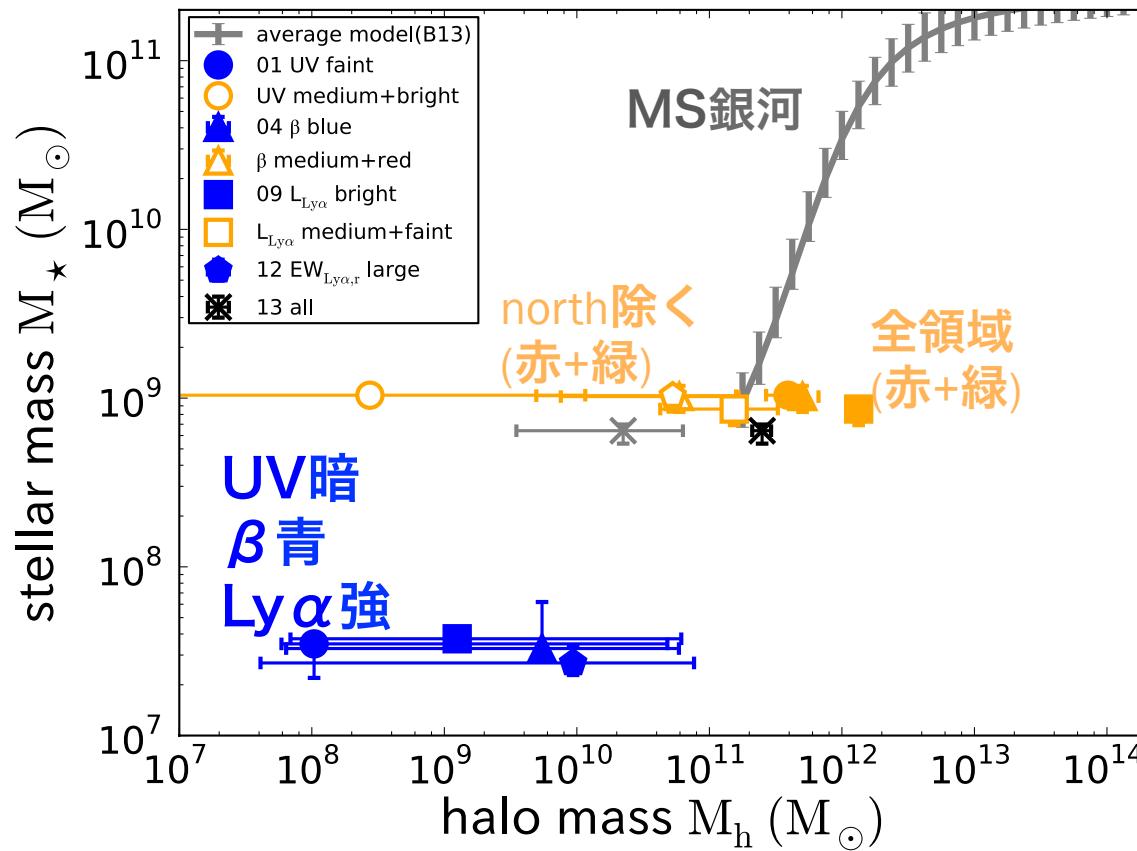
- 2/3はSFMSの外挿にのる、 穏やかな星形成銀河
- SFMSは $10^9 M_{\odot}$ まで続いている
- 1/3は $\sim 10^7 M_{\odot}$ という低質量で爆発的星形成

ダークマターハロー(DMH)質量

重いDMHの銀河ほど強く群れている

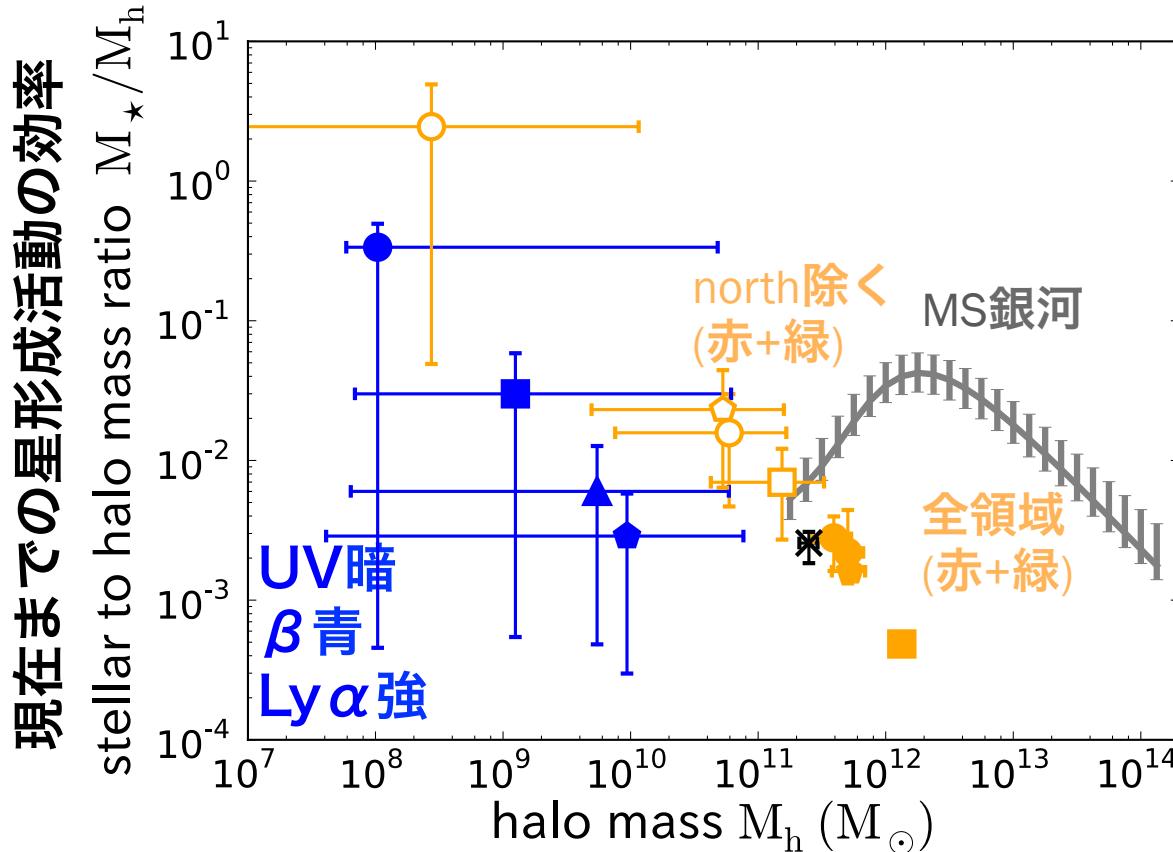


LAEsのダークマター halo 質量 M_h



- 二極化して幅広く分布している可能性
- 青色サンプルは、 M_h が非常に軽い可能性

現在までの星形成活動の効率(SHMR= M_*/M_h)



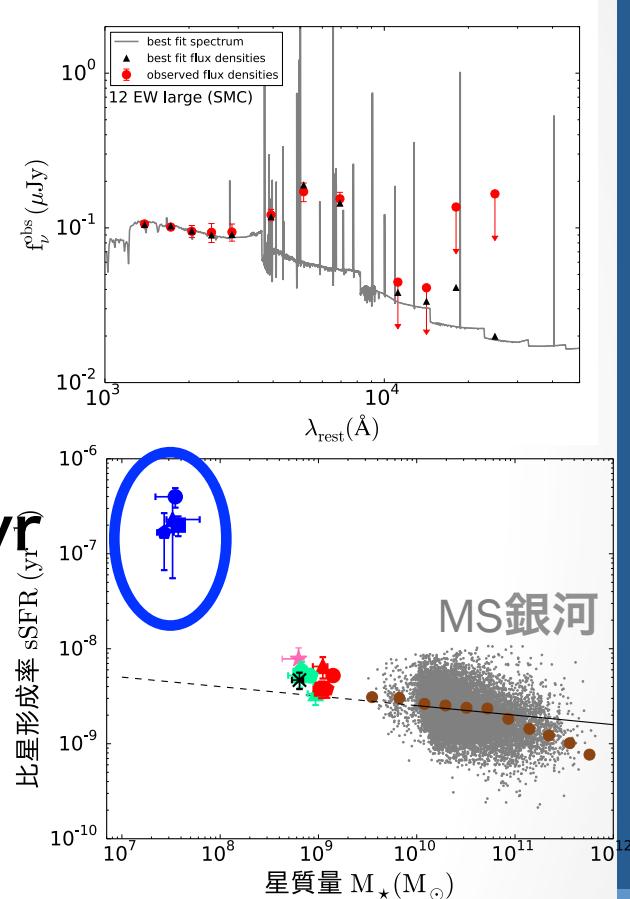
- 青サンプルの M_*/M_h が非常に高い可能性
ガスの変換効率 $BCE = SFR/\text{ガスの降着率} > 1$?
- M_h 小 \rightarrow SHMR, BCE 大 or M_h 大 \rightarrow f_{gas} 大

青色サンプルはどんな銀河か？

UVが暗い、 β 青い、Ly α 強いLAEs

- Nebular emissionが卓越
 - 星質量が非常に小さい: $10^7 M_\odot$
 - 年齢が非常に若い: 数Myr
 - 星形成が爆発的: 比星形成率 $> 10^{-7} / \text{yr}$
 - DMH質量が非常に軽い: $< 10^{10} M_\odot$?
 - ガス変換の効率(BCE)が高い: > 1 ?
- 星形成活動が平衡状態にない

形成初期の爆発的星形成銀河
個数密度~ $6 \times 10^{-4} / \text{Mpc}^3$



青色サンプルの星形成メカニズム

①星形成率 > ガス降着率を実現し得るシナリオ

(a) 銀河の中にたまっていたガスが一気に星に化けた

(b) 偶然銀河にガスが一気に降ってきて星に化けた(銀河合体)

ガスが非常に豊富 (どこかにガスが蓄えられていた)

②非常に高い星形成効率が必要となること

$$M_h \lesssim 10^{10} M_\odot \rightarrow \text{ガス質量} \lesssim 10^9 M_\odot$$

$$\text{星形成効率: SFE} = \text{星形成率}/\text{ガス質量} \gtrsim 10^{-8} \text{yr}^{-1}$$

少なくとも、

IRで明るい爆発的星形成銀河

銀河内のdense cloud並みの高さ

本研究のまとめ

LAEsを用いた $z \sim 2$ の小質量銀河の星形成活動

- ・ 星形成活動は多様
- ・ 約2/3はSFMSにのる穏やかな星形成銀河
- ・ 約1/3は形成初期の爆発的星形成銀河: 青色サンプル

高いガス変換効率、高い星形成効率

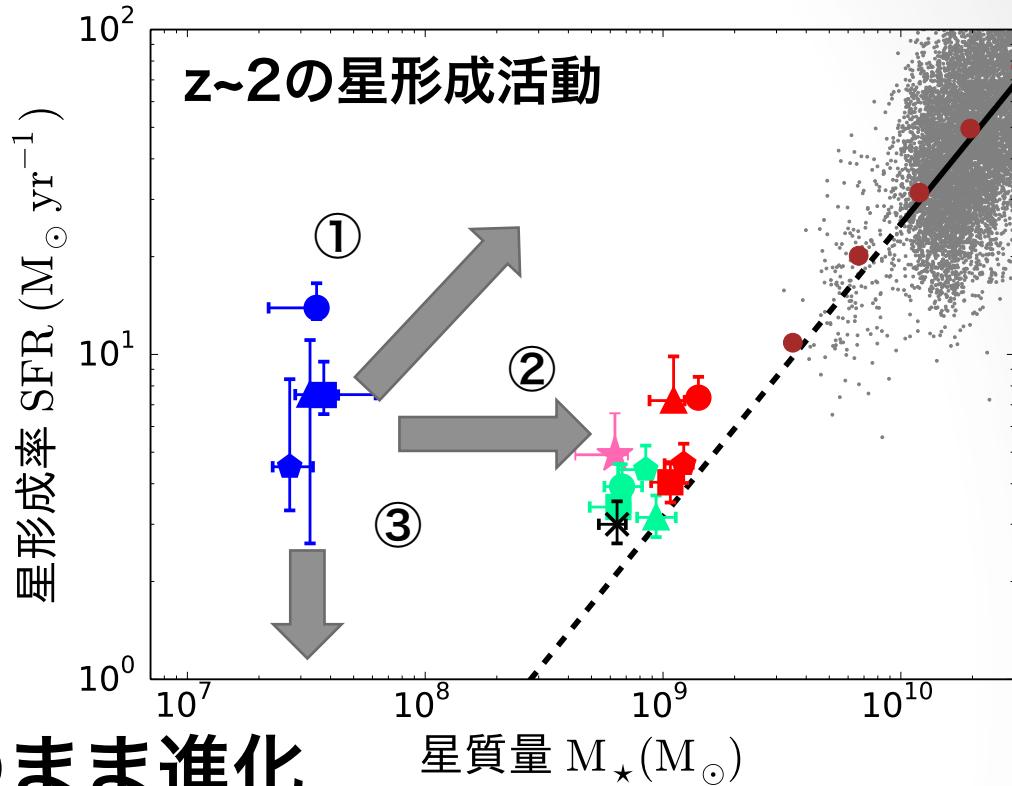
本研究で初めて発見 (~200天体)

Subaru/ HSCで統計を改善、詳しい研究が可能!

→超遠方銀河のヒント

→銀河形成理論のテスト

ISGsの進化



×①爆発的星形成のまま進化

- ・ガスの供給が追いつかない
- ・進化経路上に十分な数にLAEが見つからない

×②星形成率一定で進化しMSに融合

- ・進化経路上に十分な数のLAEが見つからない
- ・ダークハローの成長が追いつかない

○③星形成率が急降下

- ・高いガス変換の効率と合う

物理量

