

[OIII]輝線銀河で探る最盛期以前の銀河形成

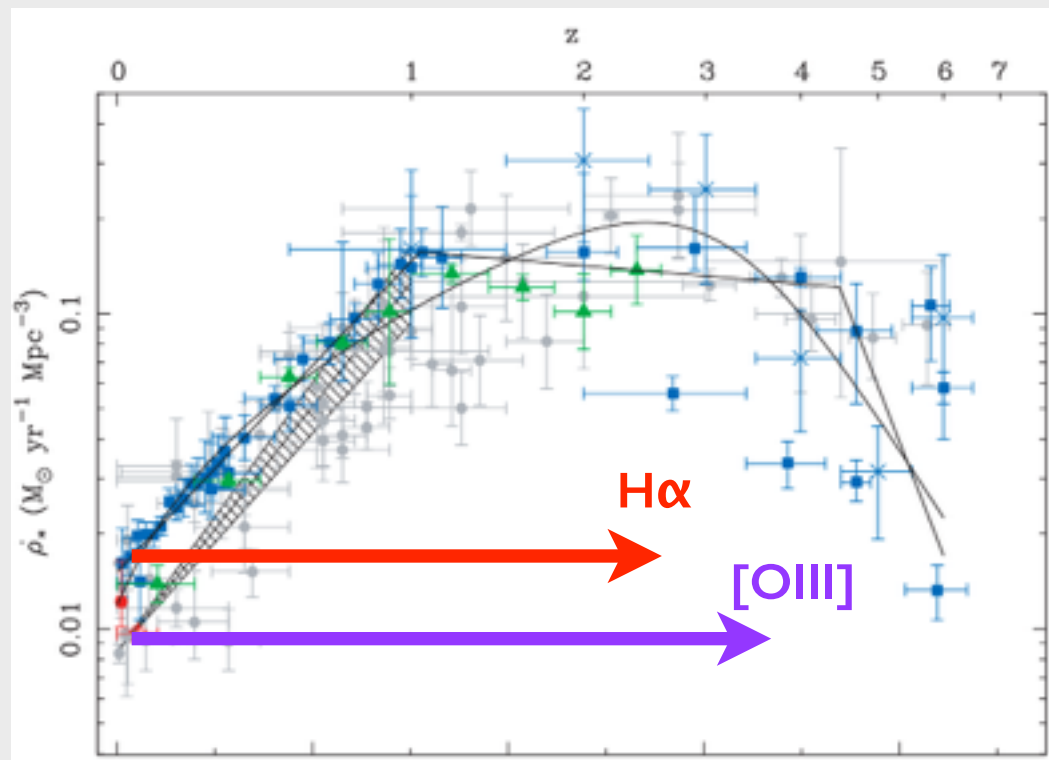
鈴木 智子 (総研大)

児玉忠恭 (国立天文台)、但木謙一 (MPE)、林将央 (国立天文台)、
小山佑世、田中壺、美濃和陽典 (ハワイ観測所)、嶋川里澄、山元萌黄 (総研大)

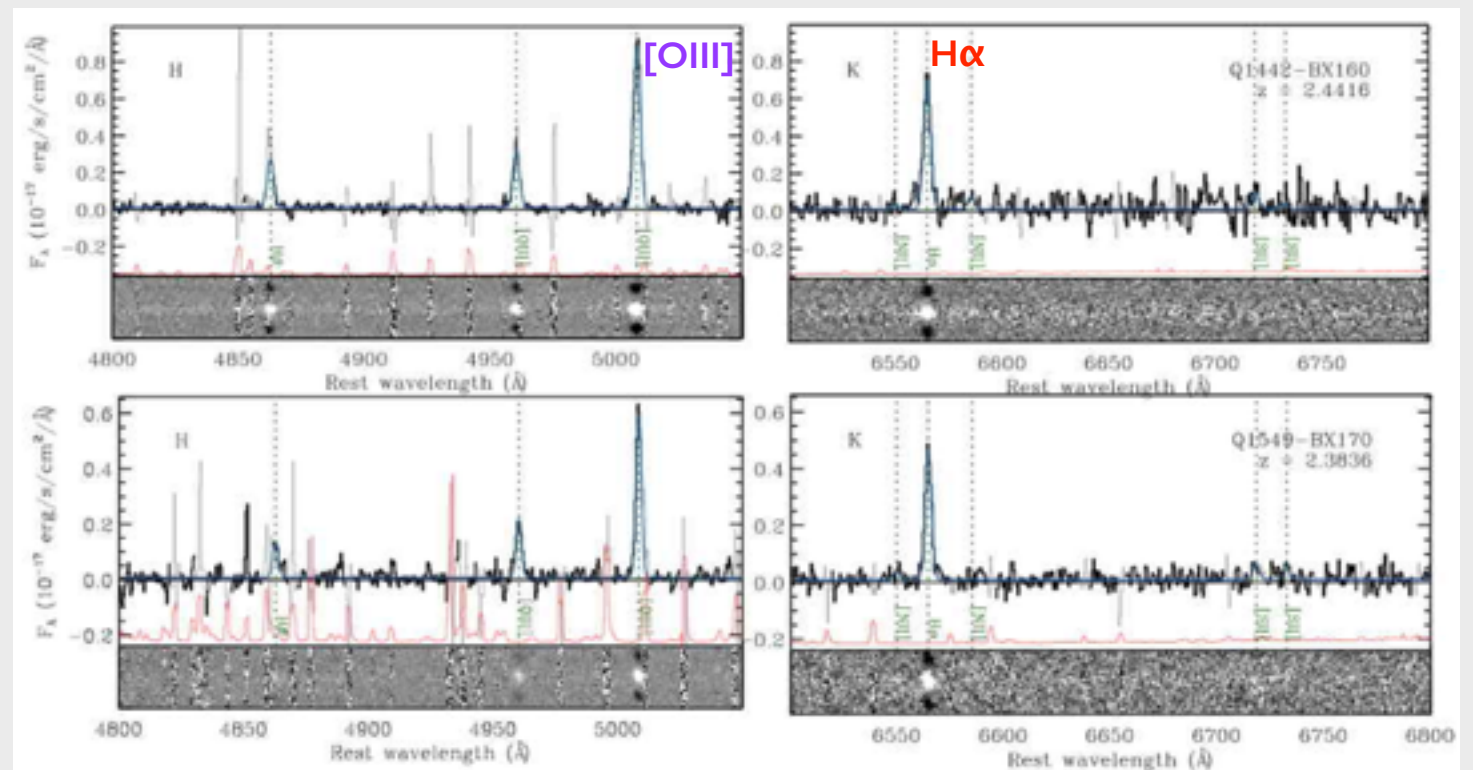
Background

◎ 最盛期以前の銀河形成を探る

- 銀河形成最盛期($1 < z < 3$) をさらに遡る → 最盛期に至る時代の銀河形成を明らかにする
- [OIII]輝線 (5007Å) を指標として用いる ($z \sim 3.7$ まで地上から観測可能)
 - ⇔ H α 輝線は $z \sim 2.5$ までしか到達できない。
- ★ 遠方の星形成銀河は強い[OIII]輝線を示す傾向。
- ★ 紫外線よりはダスト減光の影響を受けにくい。



▲ Redshift evolution of SFR density from Hopkins and Beacom 2006



▲ The spectra of the KBSS galaxies from Steidel et al. 2015

Mahalo-Subaru

◎ Mapping H α and Lines of Oxygen with Subaru (PI: T. Kodama)

- Subaru / Suprime-Cam and MOIRCS による挟帯域フィルター撮像観測
- 多様な環境・時代における輝線銀河のサンプルを構築

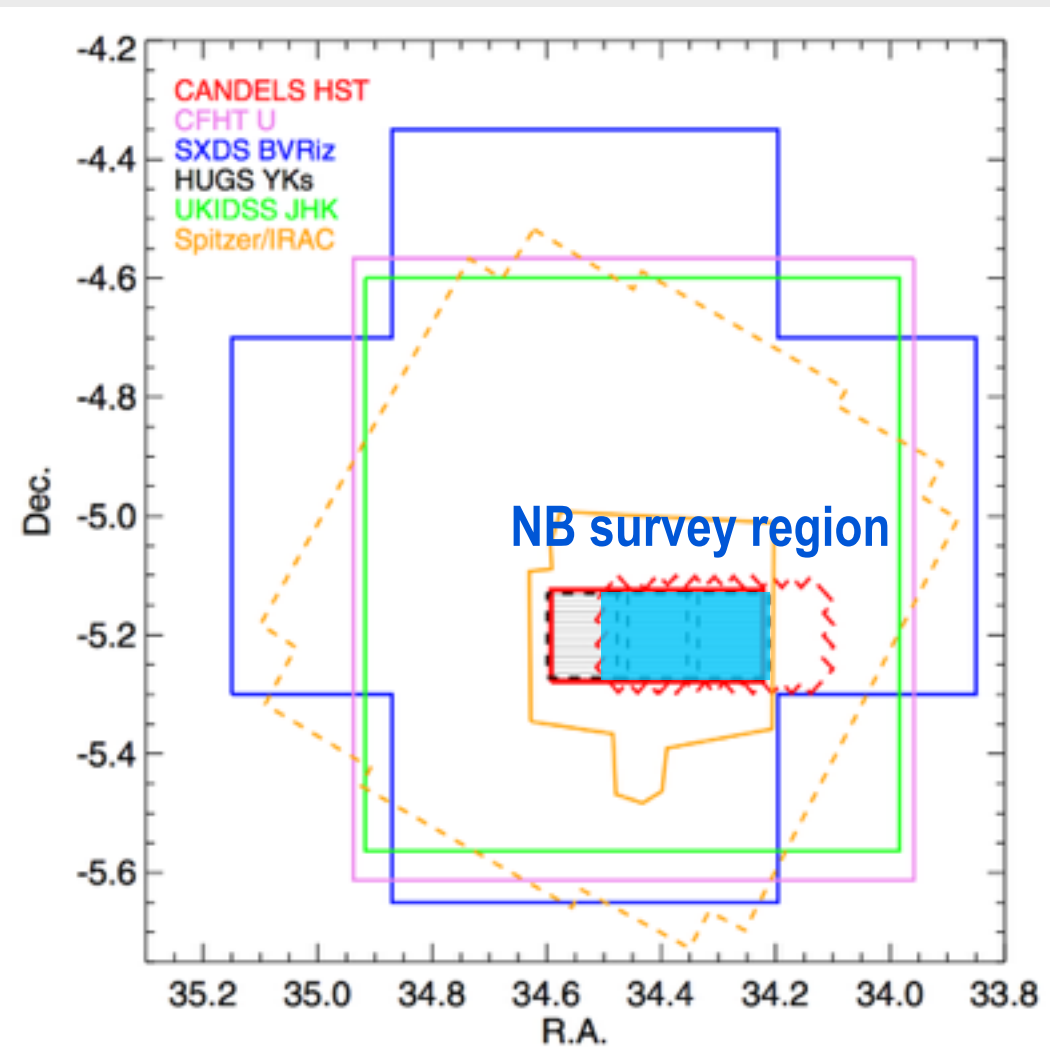
environ- ment	target	z	line	λ (μm)	camera	NB-filter	conti- num	status (as of Oct 2014)
Low- z clusters	CL0024+1652	0.395	H α	0.916	Suprime-Cam	NB912	z'	Kodama+'04
	CL0939+4713	0.407	H α	0.923	Suprime-Cam	NB921	z'	Koyama+'11
	CL0016+1609	0.541	H α	1.011	Suprime-Cam	NB1006	z'	not yet
	RXJ1716.4+6708	0.813	H α	1.190	MOIRCS	NB1190	J	Koyama+'10
			[OII]	0.676	Suprime-Cam	NA671	R	observed
High- z clusters	XCSJ2215-1738	1.457	[OII]	0.916	Suprime-Cam	NB912, NB921	z'	Hayashi+'10, '12
	4C65.22	1.516	H α	1.651	MOIRCS	NB1657	H	Koyama+'14
	CL0332-2742	1.61	[OII]	0.973	Suprime-Cam	NB973	y	observed
	ClGJ0218.3-0510	1.62	[OII]	0.977	Suprime-Cam	NB973	y	Tadaki+'12
Proto- clusters	PKS1138-262	2.156	H α	2.071	MOIRCS	NB2071	K_s	Koyama+'12
	HS1700+64	2.30	H α	2.156	MOIRCS	BrG	K_s	observed
			[OIII]	1.652	MOIRCS	[Fe II]	H	not yet
	4C23.56	2.483	H α	2.286	MOIRCS	CO	K_s	Tanaka+'11
	USS1558-003	2.527	H α	2.315	MOIRCS	NB2315	K_s	Hayashi+'12
	MRC0316-257	3.130	[OII]	2.539	MOIRCS	NB1550	H	not yet
			[OIII]	2.068	MOIRCS	NB2071	K_s	observed
General	GOODS-N	2.19	H α	2.094	MOIRCS	NB2095	K_s	Tadaki+'11
	(70 arcmin ²)		[OII]	1.189	MOIRCS	NB1190	J	observed
	SXDF-CANDELS	2.19	H α	2.094	MOIRCS	NB2095	K	Tadaki+'13
	(92 arcmin ²)	2.53	H α	2.315	MOIRCS	NB2315	K_s	Tadaki+'13
		3.17	[OIII]	2.093	MOIRCS	NB2095	K_s	Suzuki+'14
		3.63	[OIII]	2.317	MOIRCS	NB2315	K_s	Suzuki+'14

SXDF-CANDELS: H α emitter @ $z=2.19, 2.53$ / [OIII] emitter @ $z=3.17, 3.62$

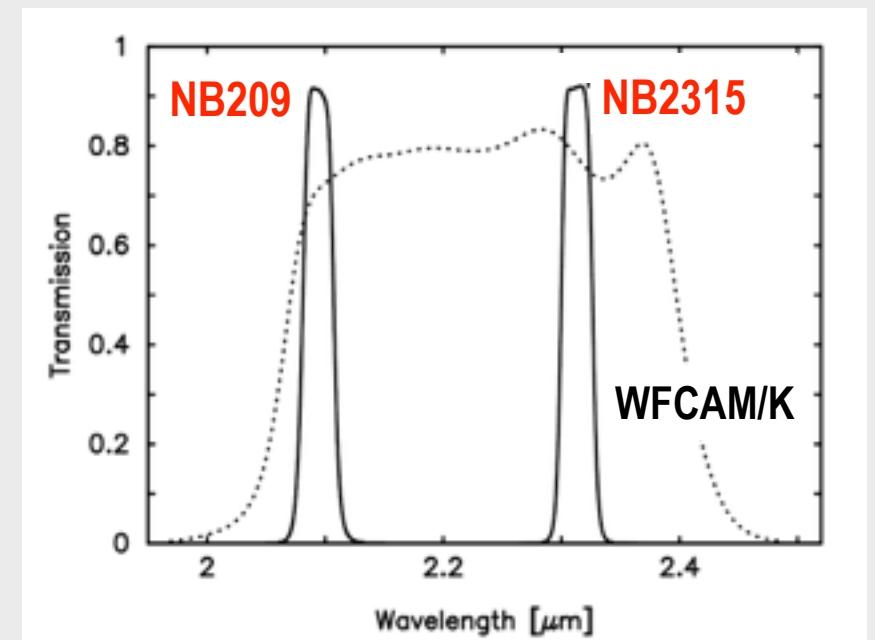
Emitter Survey in the SXDF-UDS-CANDELS field

Tadaki et al. 2013

- Survey area : $\sim 90 \text{ arcmin}^2$ (For each NB filter)
- H α @ $z=2.19, 2.53$ / [OIII] @ $z=3.17, 3.62$



Galametz et al. 2013

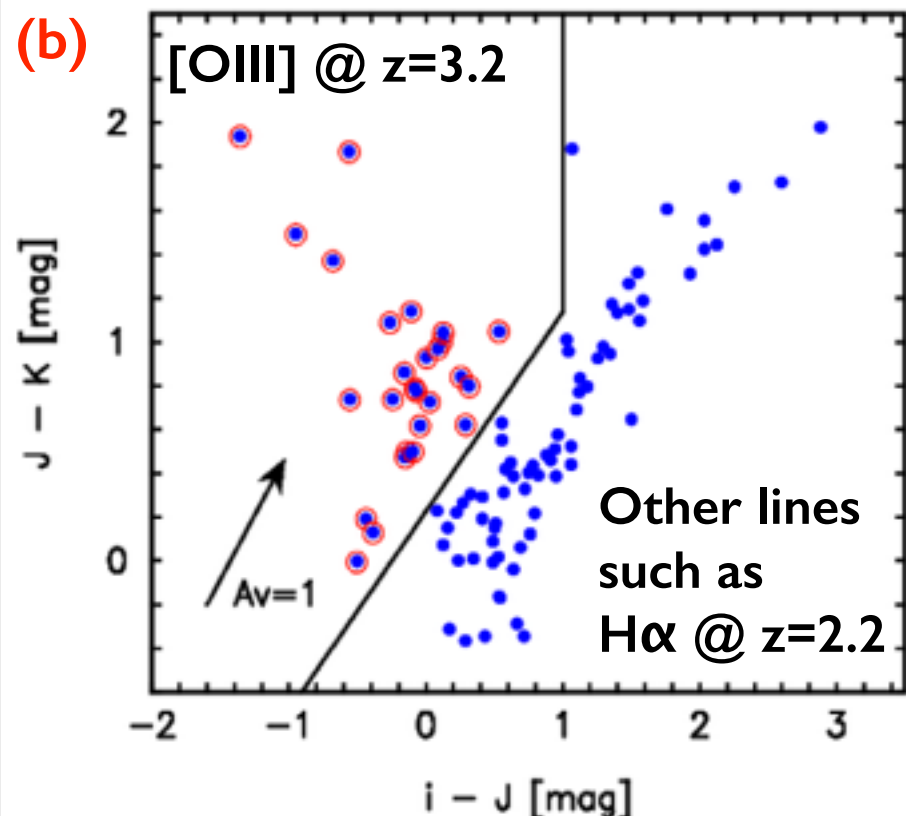
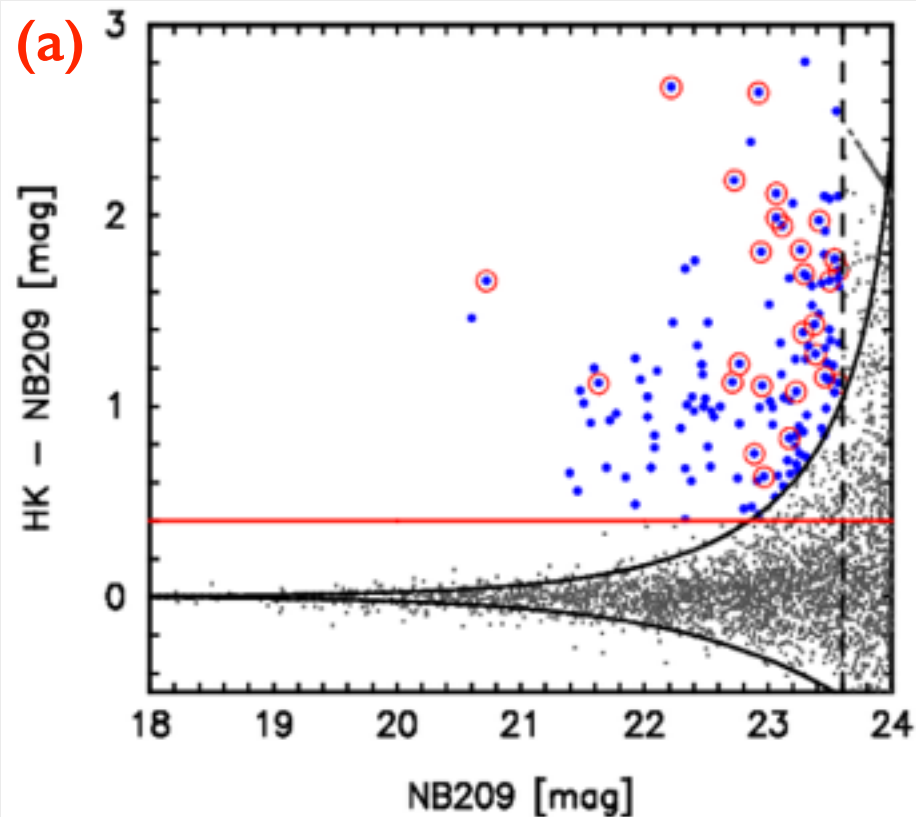


Multi-wavelength Data

CFHT/MegaCam	U
Subaru/Suprime-Cam	BVRiz
VLT/HAWK-I	YKs
UKIRT/WFCAM	JHK
Spitzer/IRAC	3.6, 4.5, 5.8, 8.0 μm
Spitzer/MIPS	24 μm

+ High resolution images of HST

How to select [OIII] emission line galaxies at $z > 3$



(a) Select NB excess galaxies

: Color-magnitude diagram

(b) Redshift separation by BB colors

: Color-color diagram

→ 4000Å break を捉えることで分離

→ 34 [OIII] emitter candidates

★ AGN contribution ??

– X線カタログ (XMM-Newton)

→ 無し : 明るい unobscured AGNはなし

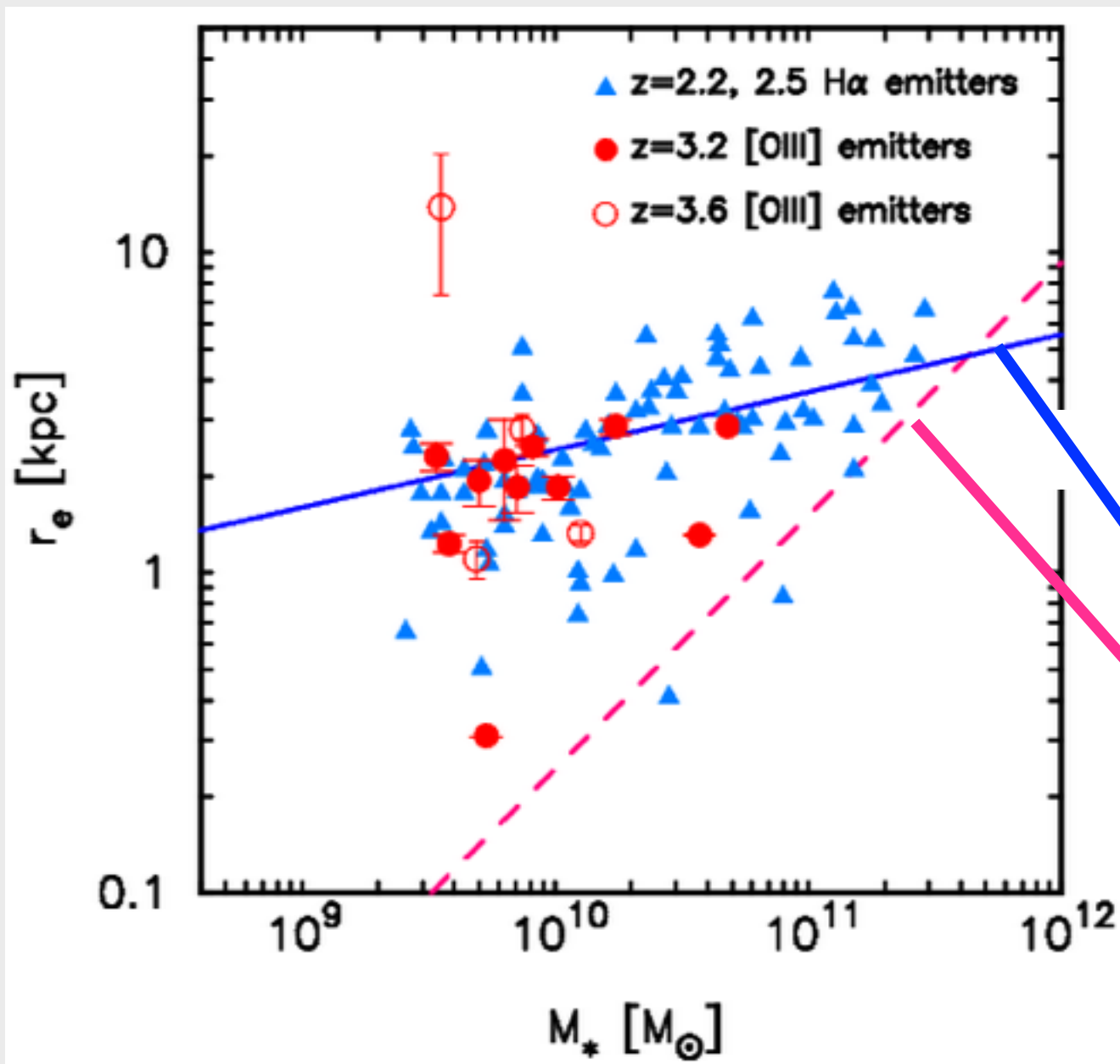
– Spitzer/MIPS (24 μ m)

→ 3天体 : warm dust around AGN
or dusty starburst ???

Stellar mass - Size relation :

Two emitter samples at different epochs

[OIII] emitters @ $z=3.2, 3.6$
and H α emitter @ $z=2.2, 2.5$ in SXDF



・サイズ：

HSTの画像から半光度半径の見積もり
(H-band image for [OIII] emitters,
J-band image for H α emitters)

Mass-Size relation from 3D-HST
CANDELS sample with photometric
+ spectroscopic redshifts

late-type galaxies @ $z \sim 2.75$

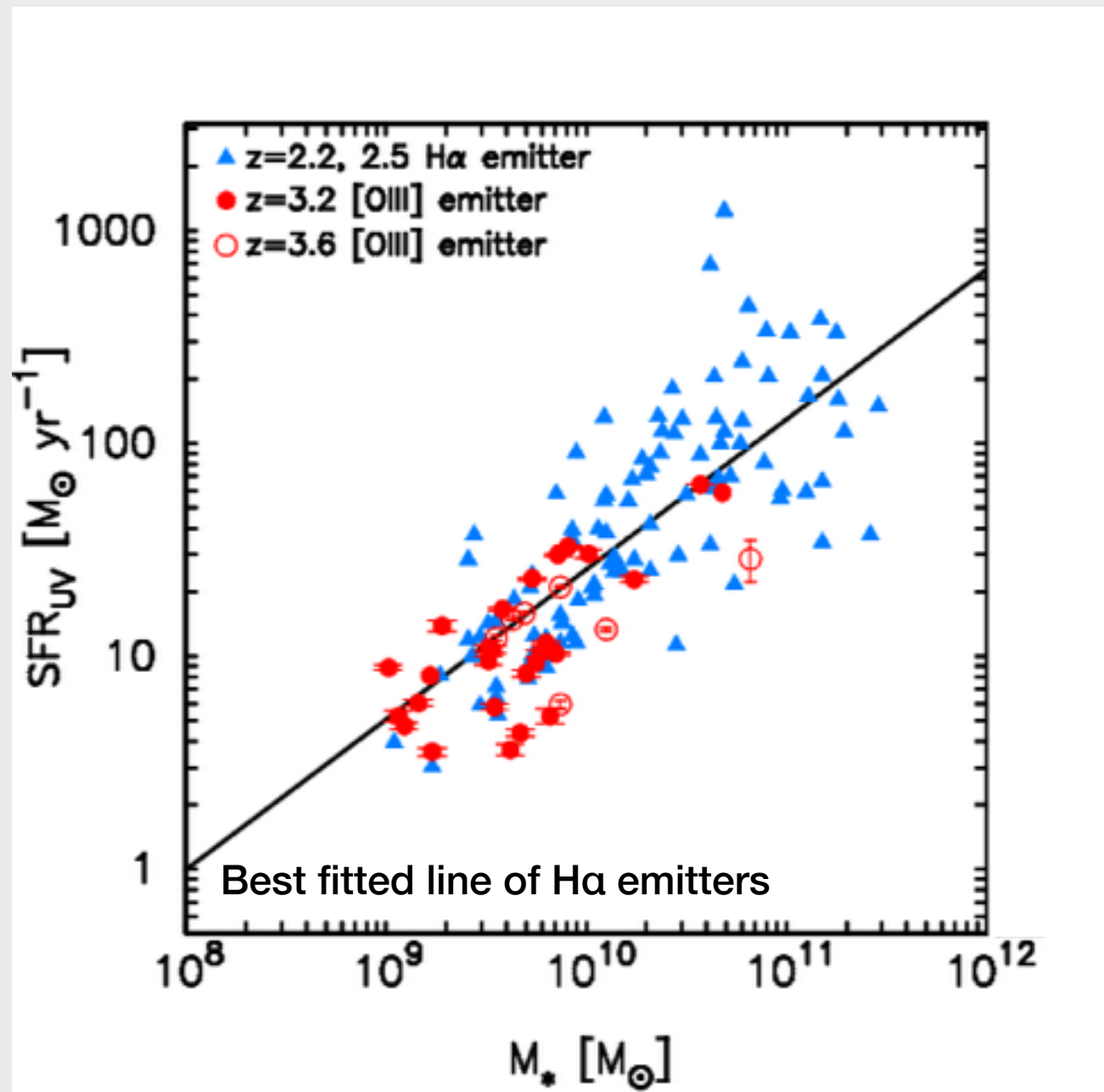
early-type galaxies @ $z \sim 2.75$

(van der Wel et al. 2014)

Stellar mass - SFR relation :

Two emitter samples at different epochs

[OIII] emitters @ $z=3.2, 3.6$
and **H α emitter @ $z=2.2, 2.5$** in SXDF



◎ 星形成銀河の “Main sequence”

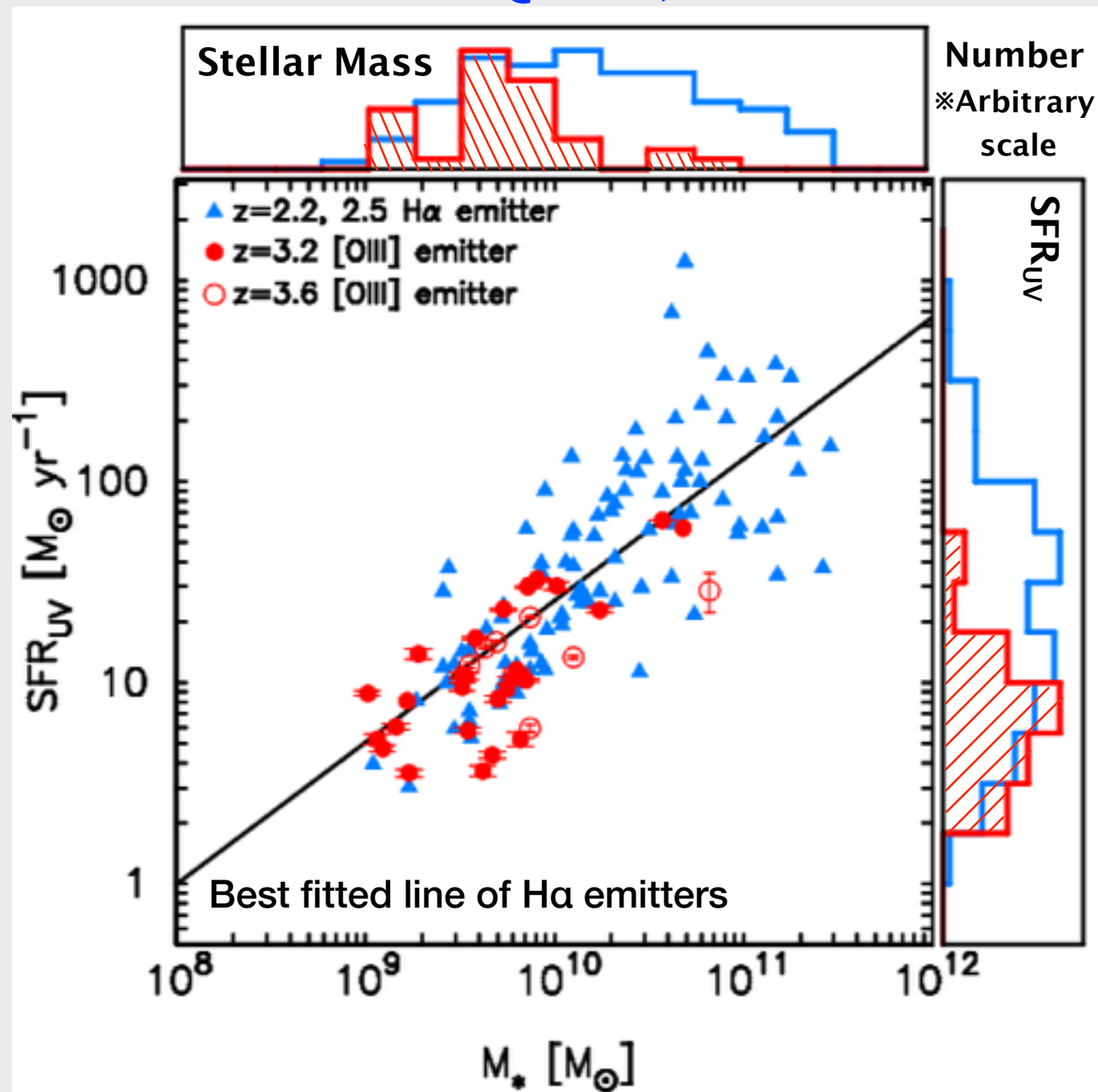
- ・ 星質量 : SED fitting から
- ・ 星形成率 :
 - 紫外線光度から見積もる
 - SED fittingの結果をもとにダスト減光を補正

$$\text{SFR (M}_{\odot}\text{yr}^{-1}) = \frac{L(1600\text{\AA})}{8 \times 10^{27} \text{ (erg s}^{-1}\text{Hz}^{-1})}$$

Stellar mass - SFR relation :

Different distributions on the main sequence

[OIII] emitters @ $z=3.2, 3.6$
and H α emitter @ $z=2.2, 2.5$ in SXDF



[OIII] emitters at $z > 3$
: H α emitters と比較して

低星質量側
低星形成率側 に偏って分布



ふたつの解釈

- $z=3.2$ から2.2にかけての銀河の進化
- 異なる輝線を指標としていること
による選択効果

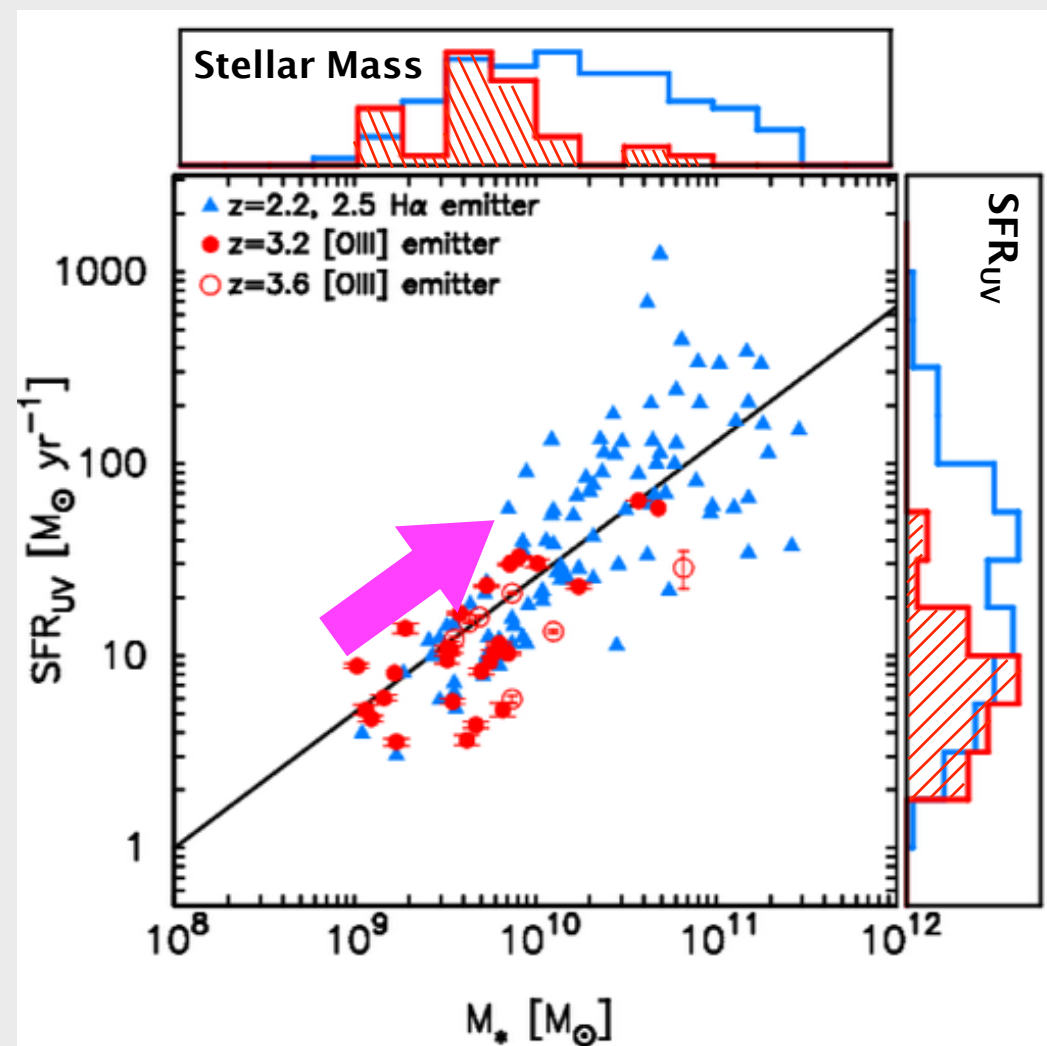
Evolution of galaxies from $z=3.2, 3.6$ to $z=2.2, 2.5$

◎ 星質量の分布が銀河の進化を反映していると仮定

星形成主系列の位置はふたつの時代でほぼ差が見られない。

： $z=3.2$ から 2.2 にかけて銀河は同じsequenceに沿って進化すると考える。

→ この期間に銀河はどう成長するのか??



- Main sequence

$$\text{SFR} = 129(M_*/10^{11}M_\odot)^{0.705}$$

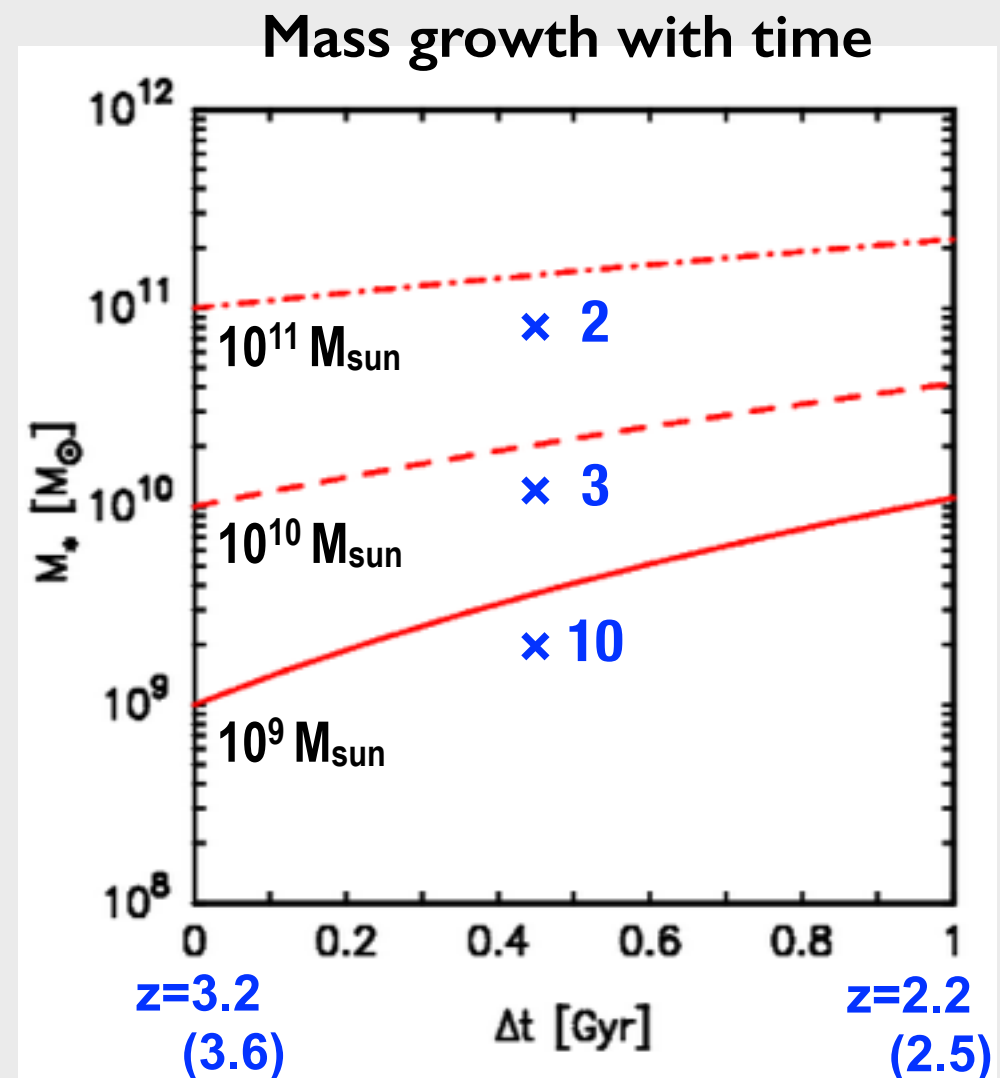
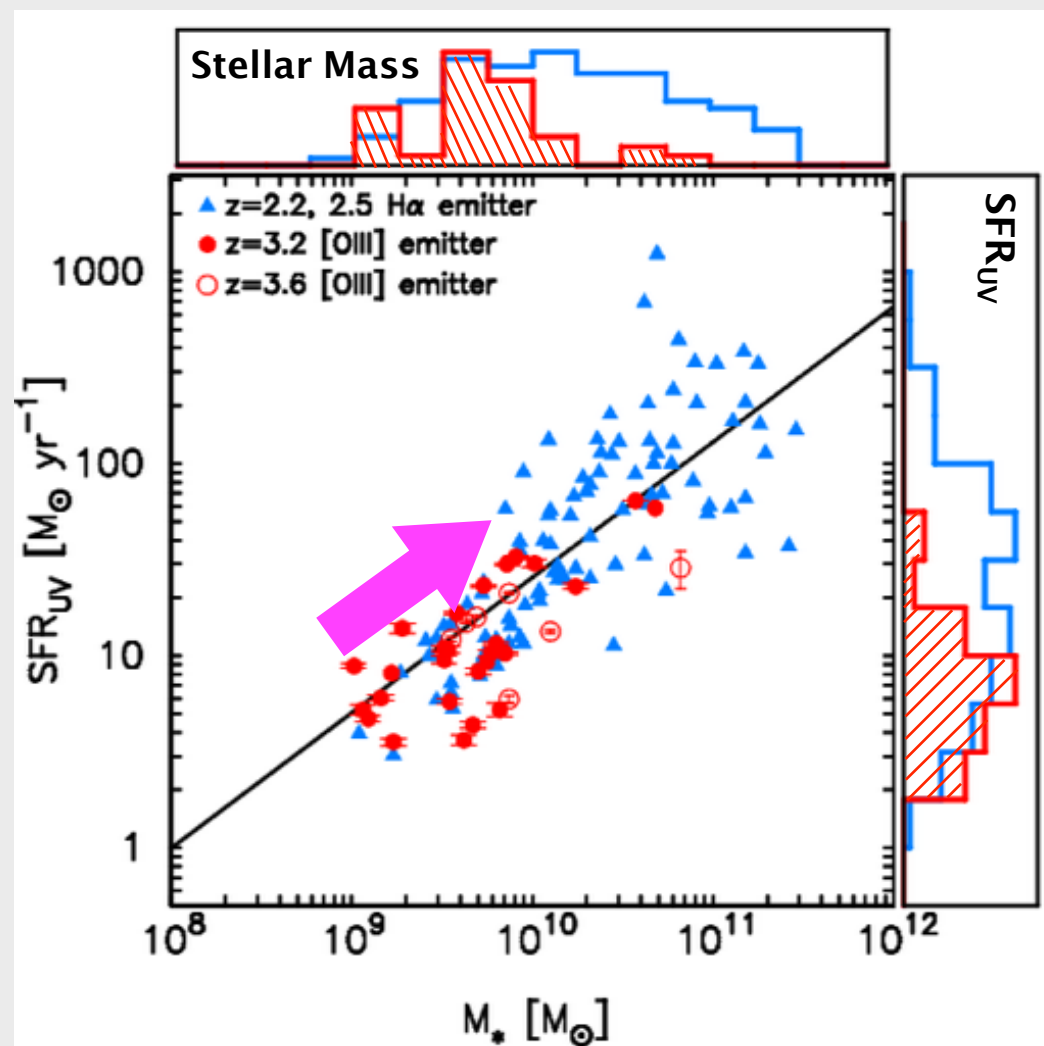
- Mass growth with time

$$dM_*/dt = (1 - R) \times \text{SFR}$$

※ R: return mass fraction

Accelerated galaxy growth toward the peak epoch

- 星質量が非常に大きく成長する
: $z=3.2$ から $z=2.2$ の 1 Gyr の間に星質量が2-10倍も増加。
- この仮定の下だと、星形成率も同じく増加。
→ $z > 3$ から $z \sim 2$ にかけて銀河の星形成活動は加速度的に活発になる。



Or selection effects ??

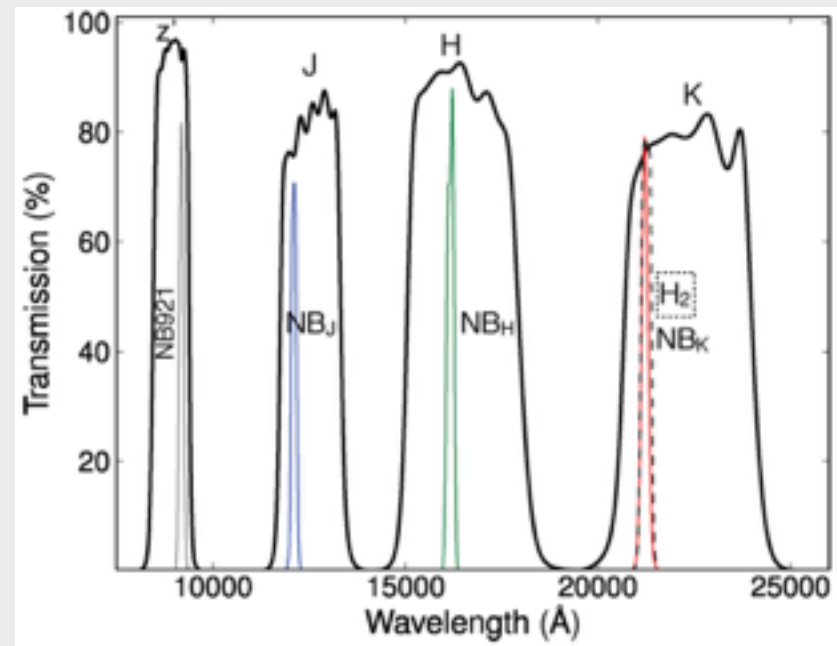
◎ [OIII]輝線を指標として用いることによる影響

: HiZELS (NB survey) sampleを用いて現在検証中。

▼ Pair NB filter at H- and K-band

- NB at K-band : H α @ $z=2.23$

- NB at H-band : [OIII] @ $z=2.23$

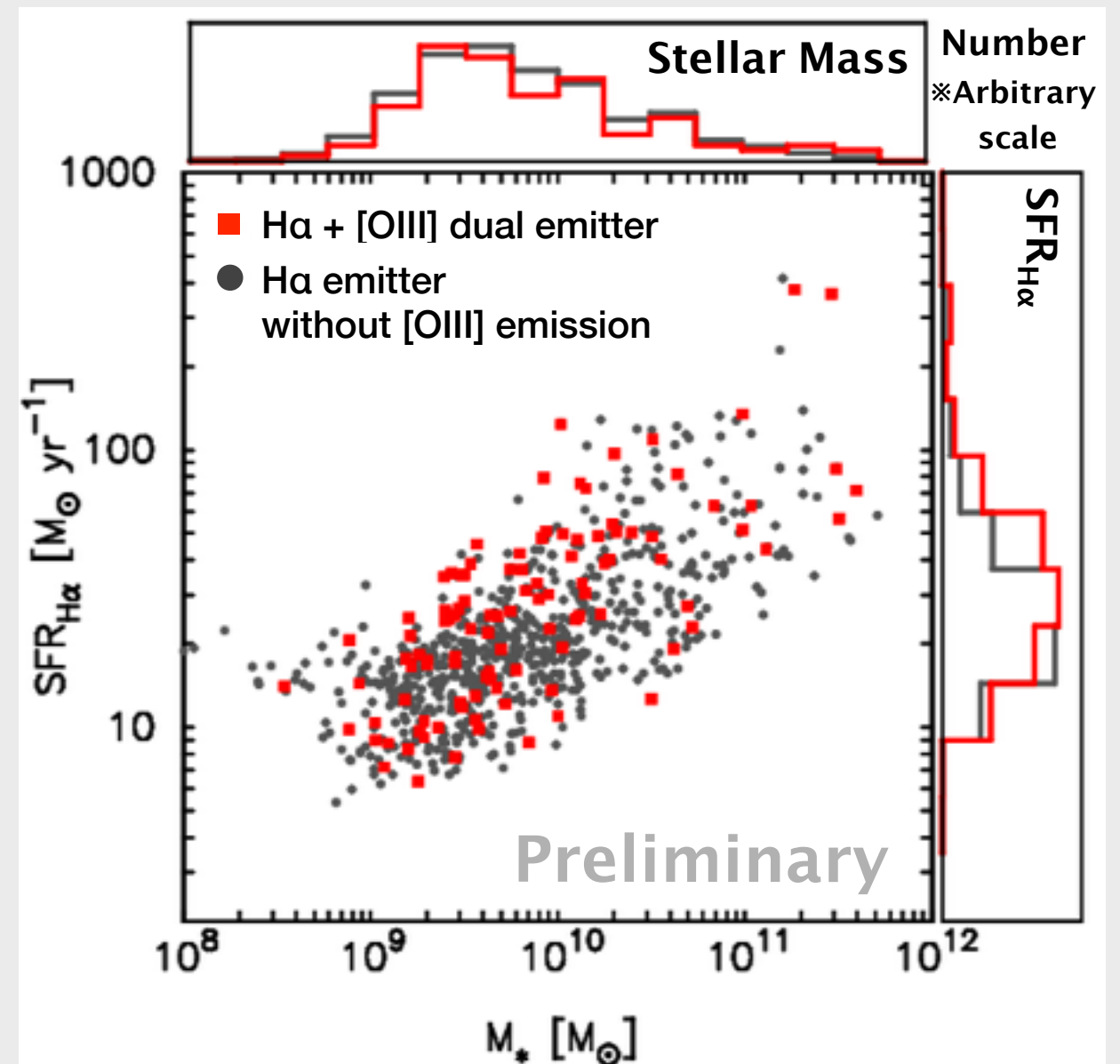


(e.g. Sobral et al. 2013, 2014)

★ [OIII]が強い H α emitters

: H α emittersと比較してsystematicな違いは見られない。

HiZELS sample at $z=2.23$



Summary

一般フィールドSXDFにおいて[OIII]輝線を指標として $z > 3$ の銀河サンプルを構築。
それらの大局的な物理量を調べ、 $z \sim 2$ の星形成銀河と比較した。

- ◎ $z > 3$ の[OIII] emitters は 同程度の質量を持つ $z \sim 2$ のH α emitters と同程度のサイズを示す。(同じ星質量-サイズ関係にのる)
 - ◎ 星形成主系列の”位置”はふたつの異なる時代の銀河サンプル間でほぼ同じだが、 $z > 3$ の[OIII] emitters は低星質量側に偏って分布している。
 - ◎ 同じsequenceに沿って $z = 3.2, 3.6$ から $z = 2.2, 2.5$ まで銀河が進化すると考えたとき、
1 Gyr の間に銀河の星質量は大きく増加する。
 - ◎ Selection effectの定量的な評価が今後の課題。
-

おわり
