

日本天文学会春季年会 (首都大、2016/3/16)

SWIMS18サーベイ: $1 < z < 5$ の銀河形成史を極める

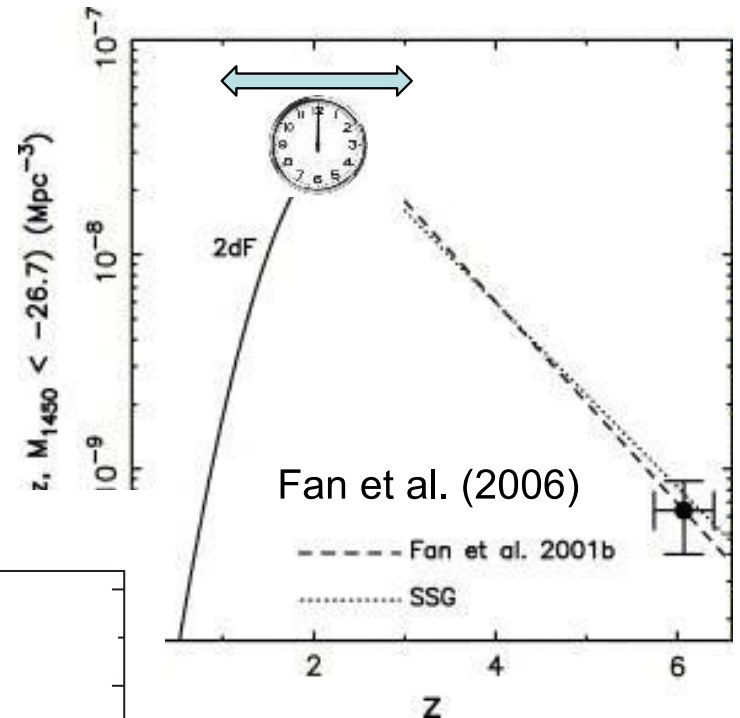
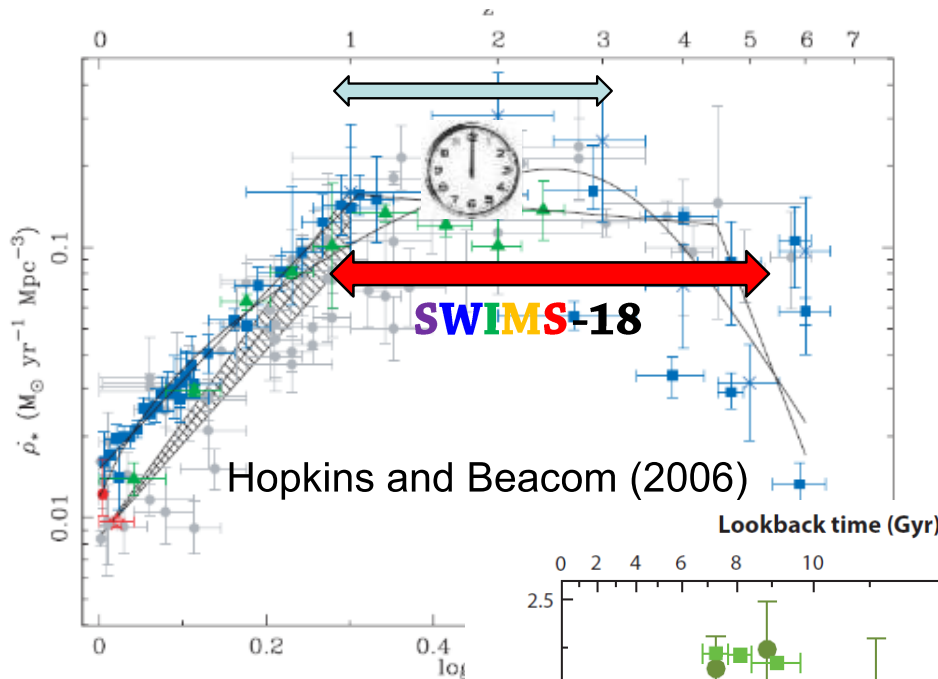


児玉 忠恭 (国立天文台)

利川潤、林将央、小山佑世、田中壺(国立天文台)、嶋川里澄、鈴木智子、山元萌黄(総研大)、但木謙一(MPE)、本原顕太郎、小西真広(東大天文センター)、他
SWIMS/TAOチーム(東大)

A galaxy cluster RXJ0152 at $z=0.83$ (Subaru/Suprime-Cam)

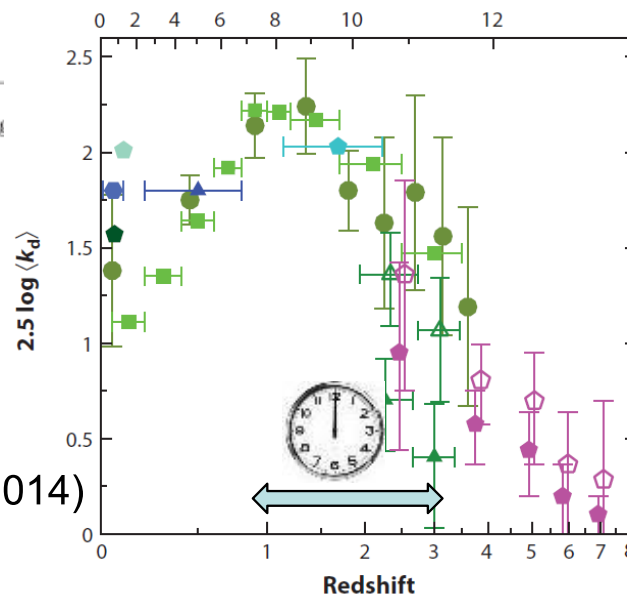
銀河形成の加速期～最盛期では銀河に何が起きているか？



Star formation

BH accretion (AGN/QSO)

Madau & Dickinson (2014)



Dust extinction

銀河形成の最盛期はダストに包み隠されている → 近赤外線での観測が不可欠

MAHALO-Subaru

MApping H α and Lines of Oxygen with Subaru



z と環境を網羅し、できるだけ無バイアスな星形成銀河を狭帯域撮像(H α , [OIII])で取り出す。

environ- ment	target	z	line	λ (μm)	camera	NB-filter	conti- num	status (as of Apr 2015)	
$z < 1$ 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	
	RXJ0152.7-1357	0.837	[OII]	0.676	Suprime-Cam	NA671	R	observed	
			[OIII]	0.920	Suprime-Cam	NB921	z'	not yet	
$z \sim 1.5$ 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	
$z > 2$ 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	
$z > 2$ field	SXDF-CANDELS (90 arcmin ²)	2.16	H α	2.071	MOIRCS	NB2071	K_s	observed	
		2.19	H α	2.094	MOIRCS	NB2095	K_s	Tadaki+'13	
		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	
	COSMOS-CANDELS (90 arcmin ²)	2.16	H α	2.071	MOIRCS	NB2071	K_s	partly observed	
		2.19	H α	2.094	MOIRCS	NB2095	K_s	partly observed	
		GOODS-N (70 arcmin ²)	2.19	H α	2.094	MOIRCS	NB2095	K_s	Tadaki+'11
				[OII]	1.189	MOIRCS	NB1190	J	observed

~20 nights for imaging, >15 nights for spectroscopy

Kodama et al. (2013)

銀河形成最盛期の星形成銀河 @SXDF-UDS-CANDELS

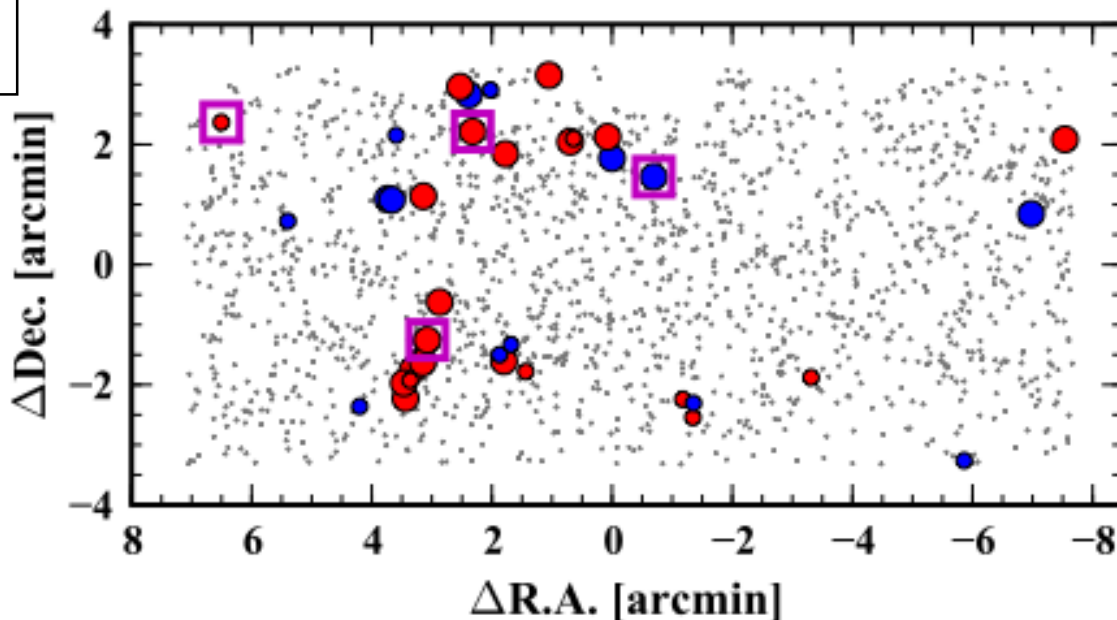
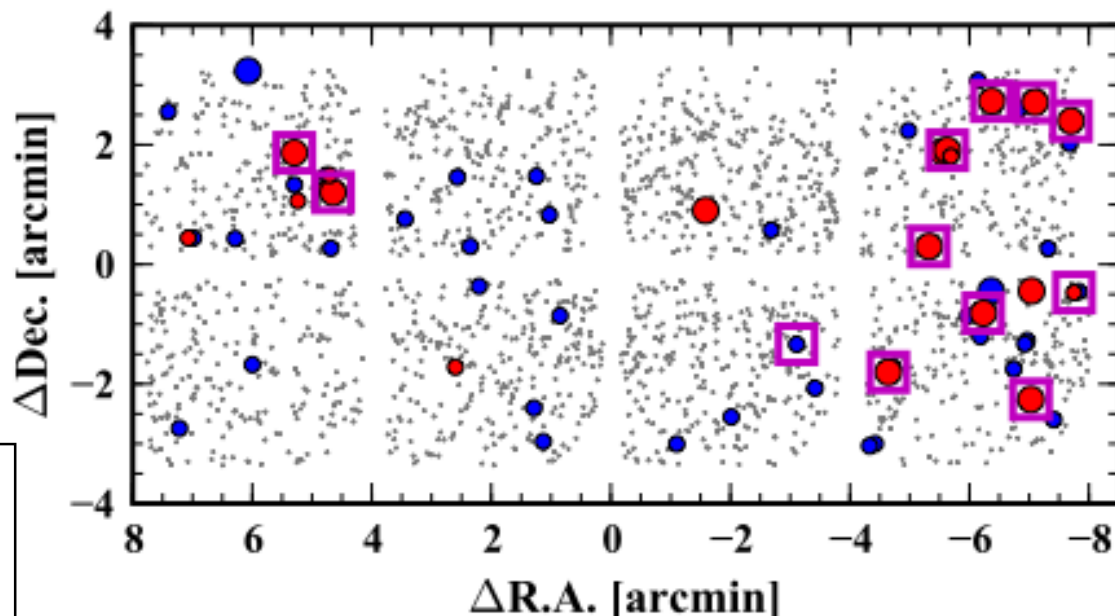
$z=2.2$ H α emitters
(NB2095)

- : blue HAE ($J-K < 1$)
- : red HAE ($J-K > 1$)
- : MIPS sources
(dusty star-bursting galaxies)

$z=2.5$ H α emitters
(NB2315)

強いクラスタリングがみられる。
→ “*cosmic variance*” 問題！

Tadaki et al. (2013a)



SWIMS-18

科研費基盤A(兎玉, H24-28)

銀河形成の加速期～最盛期($1 < z < 5$)に特化した究極の撮像サーベイ
1平方度の広域、18フィルターの超多色撮像

- **Medium-band (9枚)** のphot-z探査による、 $1 < z < 5$ における、**准星質量リミットサンプル**(特に受動的銀河)の構築とその進化の研究。 $\Delta z / (1+z) \sim 0.01$
- **Narrow-band (6枚)** のH α & [OIII]輝線探査による、 $z=0.9, 1.5, 2.3, 3.3$ における、**准星形成率リミットサンプル**の構築とその進化の研究。低質量側に延長。AGNの寄与も明らかに。

→ 銀河の質量集積、星形成、BH成長の歴史を、
「無バイアス」かつ「統計的」に明らかにする！

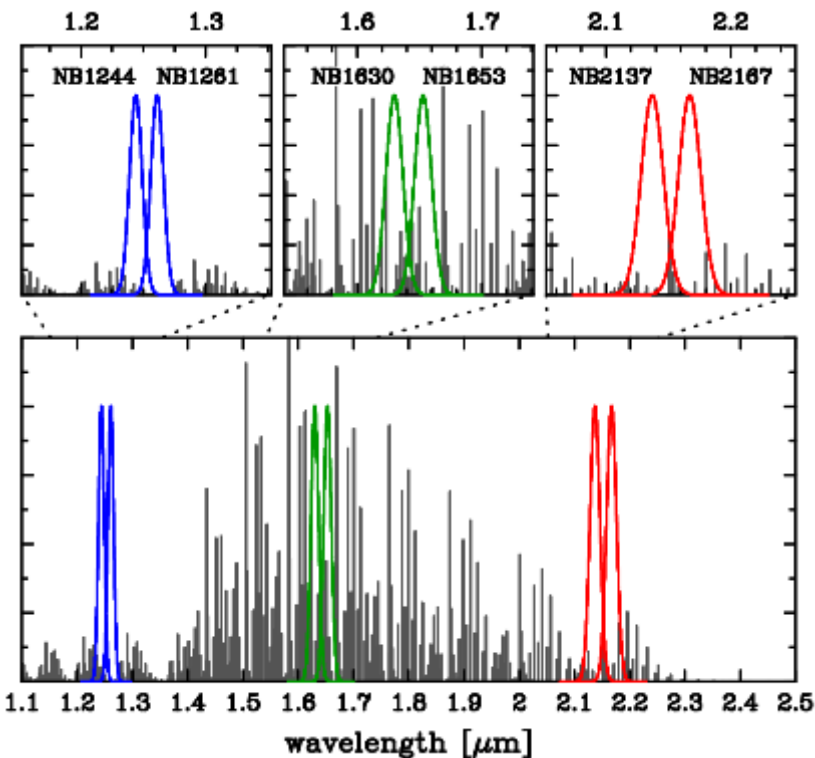
数密度が低い、(1)遠方大質量銀河、(2)無バイアス選択な銀河団環境、
(3)AOに適した明るい星形成銀河(かつ明るい星が近くにいる)、
等においても統計的サンプルが得られる。

ALMAやTMTを使った銀河解剖学にも格好のサンプルを提供する。

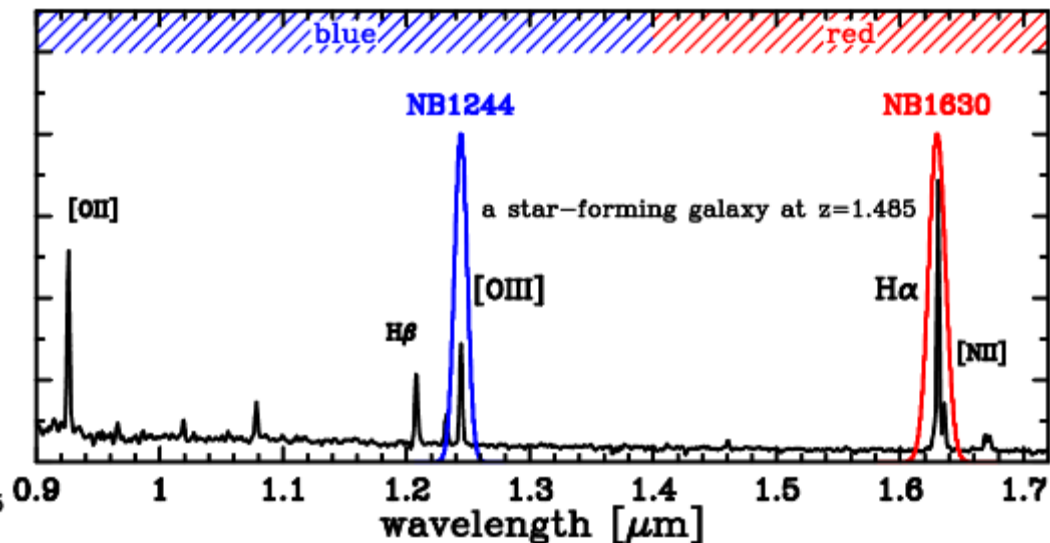
SWIMS-18 狭帯域フィルター(NB)

0.9<z<3.3(4.8) の准星形成率リミットサンプルの構築

NB filters	λ_c (μm)	FWHM (μm)	$z(\text{H}\alpha)$	$z([\text{OIII}])$	$z(\text{H}\beta)$	$z([\text{OII}])$	HSC filter pairs	Cluster targets
			6563Å	5007Å	4861Å	3727Å		
NB1244	1.244	0.012	0.895	1.484	1.559	2.337	NB921 (H β @z=0.895)	CL1604+4304(z=0.895)
NB1261	1.261	0.012	0.922	1.519	1.595	2.384	NB718 ([OII]@z=0.926)	CL1604+4321(z=0.920)
NB1630	1.630	0.016	1.484	2.256	2.354	3.374	NB926 ([OII]@z=1.485)	HS1700+64 (z=2.30)
NB1653	1.653	0.016	1.519	2.302	2.401	3.436	NB395 (Ly α @z=2.25)	J0932+0925 (z=2.25)
NB2137	2.137	0.021	2.256	3.268	3.396	4.734	NB515 (Ly α @z=3.23)	HS1700+64 (z=2.30)
NB2167	2.167	0.021	2.302	3.328	3.458	4.814	NB527 (Ly α @z=3.32)	J1541+2702 (z=3.33)

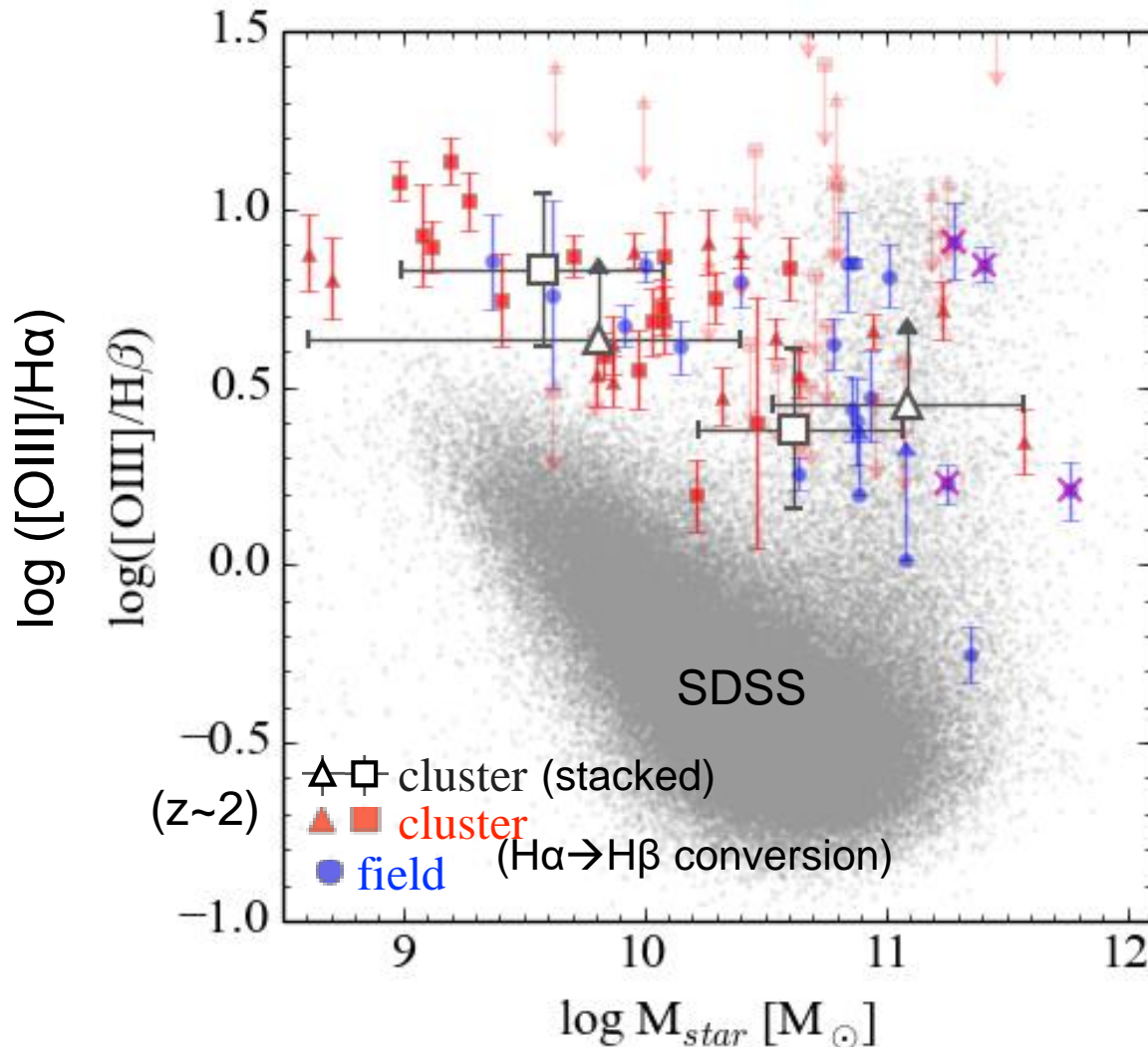


4つのペアNBFs → 両輝線銀河 ([OIII] & H α)
赤方偏移の同定および電離状態(輝線比)の測定



[OIII]/H α 輝線比 \rightarrow 星形成領域の電離・励起状態

SWIMS-18 では撮像観測のみで、 $z=1.5, 2.3$ において測定できる！



High- z > Low- z

遠方の星形成銀河は、高いsSFRと低い重元素量が原因で、高い電離状態になっていると考えられる。(Kewley et al. 2013)

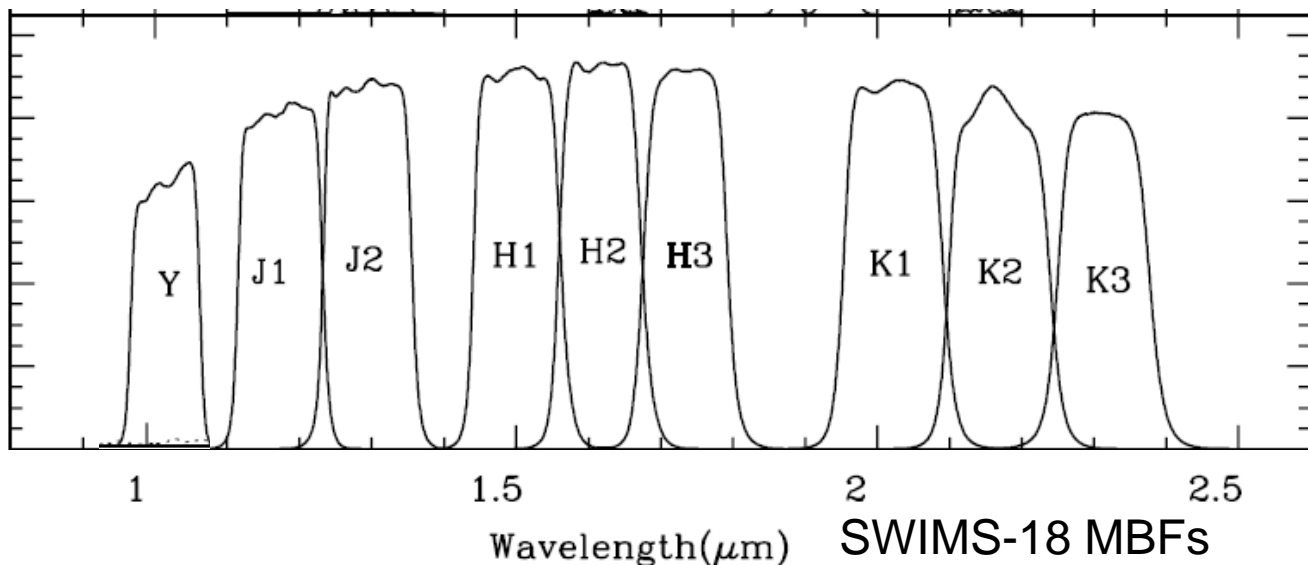
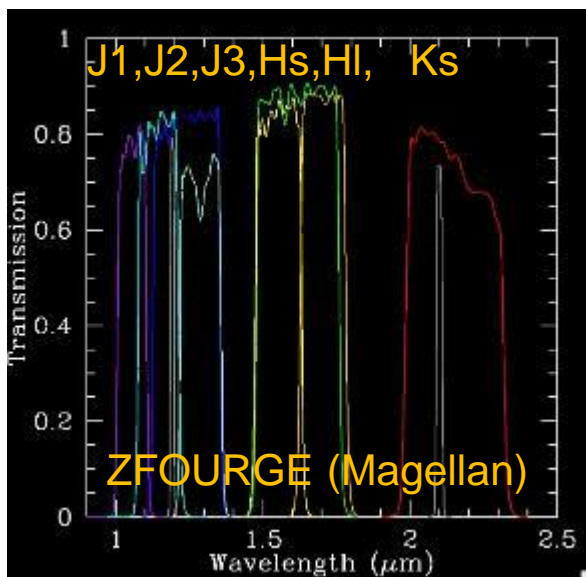
SWIMS-18 中間帯域フィルター(MB)

1<z<5 の准星質量リミットサンプルの構築

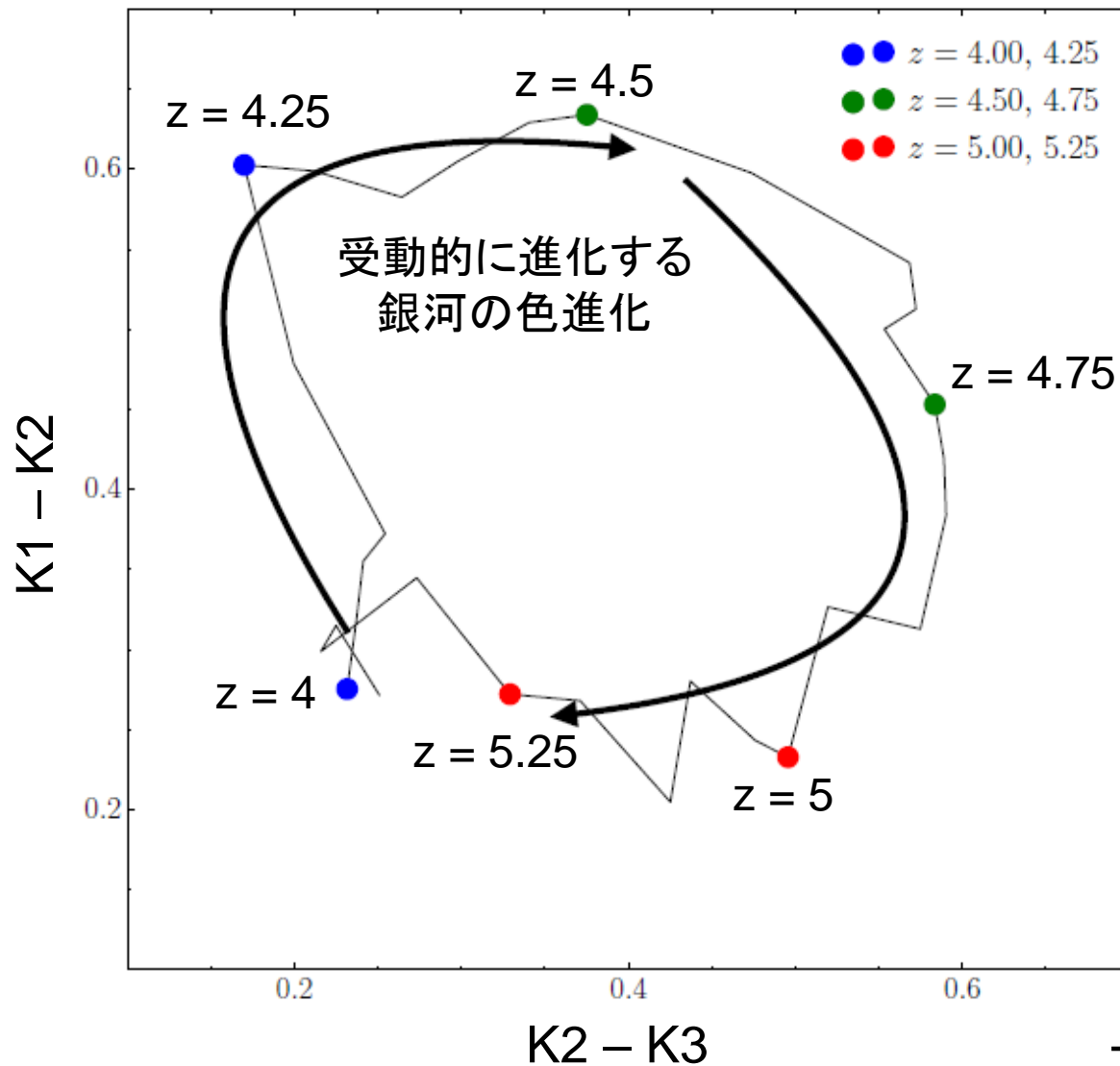
MB filters	λ_c	FWHM (μm)	z_s (Bal.Lim.)	z_s (D4000)	BB filters	λ	λ_c (μm)	FWHM (μm)
	(μm)		3645Å	4000Å		(μm)		
Y	1.05	0.10	1.74	1.50	J	1.17–1.33	1.25	0.16
J1	1.17	0.12	2.05	1.78	H	1.48–1.78	1.63	0.30
J2	1.29	0.12	2.37	2.08	K _s	1.99–2.30	2.15	0.30
H1	1.50	0.12	2.95	2.60				
H2	1.62	0.12	3.28	2.90				
H3	1.74	0.12	3.61	3.20				
K1	2.03	0.14	4.38	3.90				
K2	2.17	0.14	4.76	4.25				
K3	2.31	0.14	5.14	4.60				

SEDフィットによるPhot-z とダスト
吸収(A_v)の精度が大幅に向上

K1,K2,K3 フィルターにより、
3.5<z<5 銀河を初めてサンプル可能



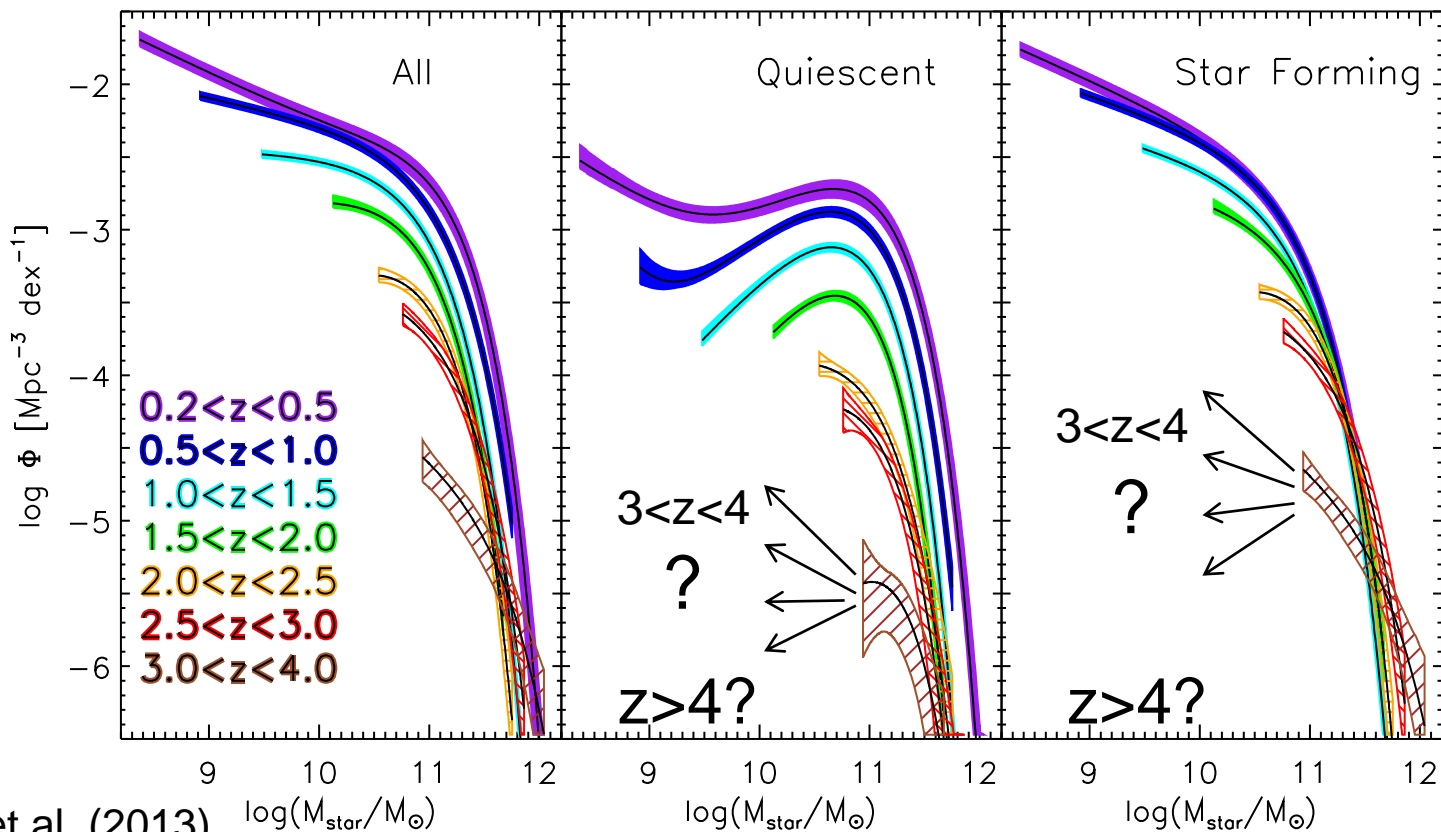
K1, K2, K3 フィルターによる、 $4 < z < 5$ のバルマーブレイク銀河の選択



星質量の集積過程を $z \sim 5$ まで遡る

ULTRA-VISTA (COSMOS)

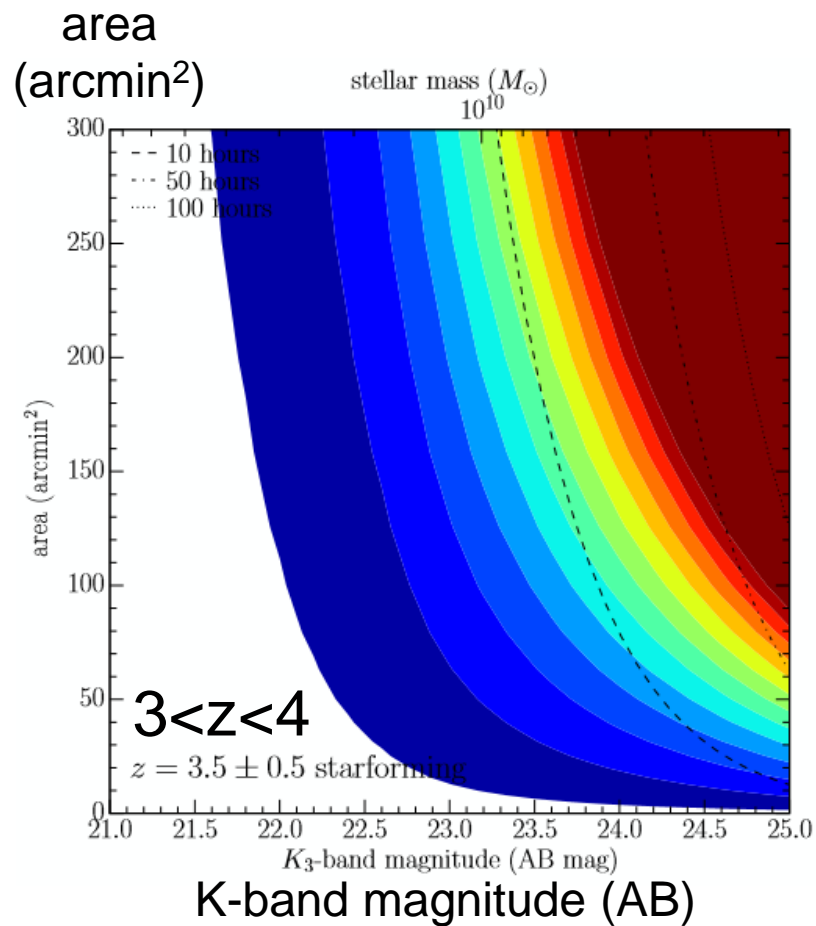
100K galaxies over a 1.62 deg² field down to $K_s=23.4$ (AB)



$z < 4$ での暗い側は？ そもそも $z > 4$ ではどうなっているか???

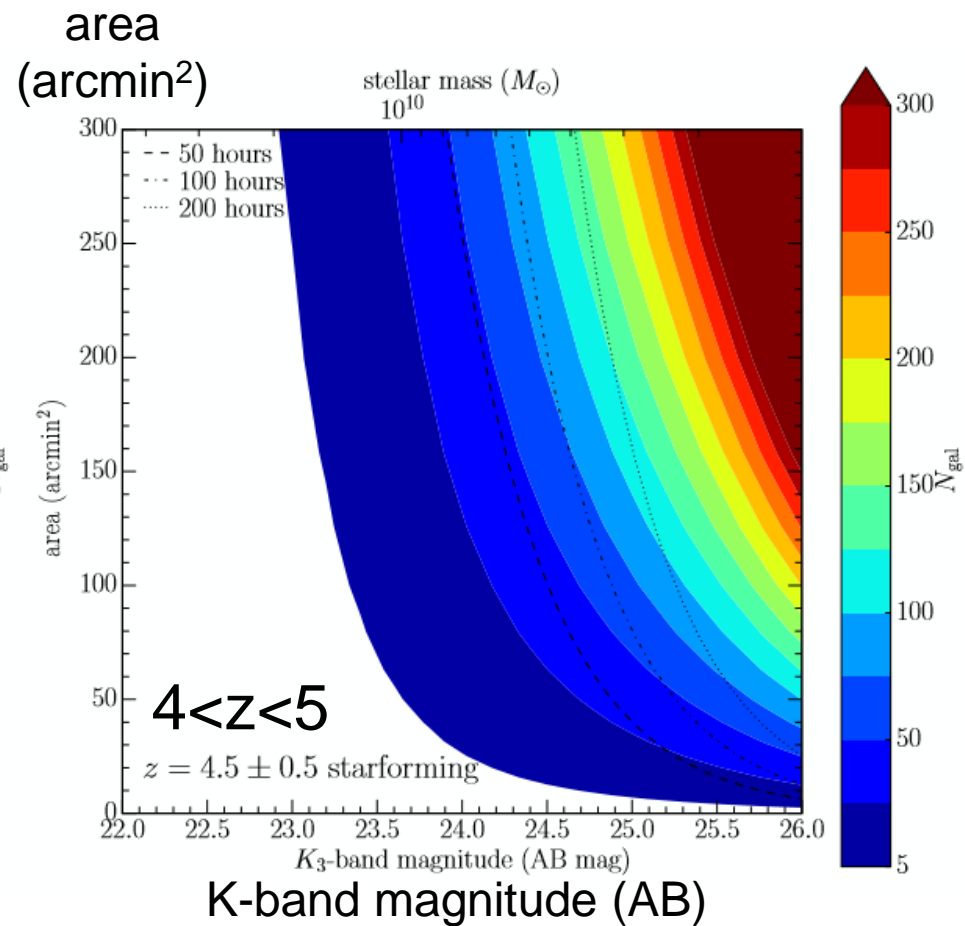
星形成銀河 (SFGs) の検出期待個数

Based on the semi-analytic model by Henriques et al. (2015)



> 300個 / 100時間

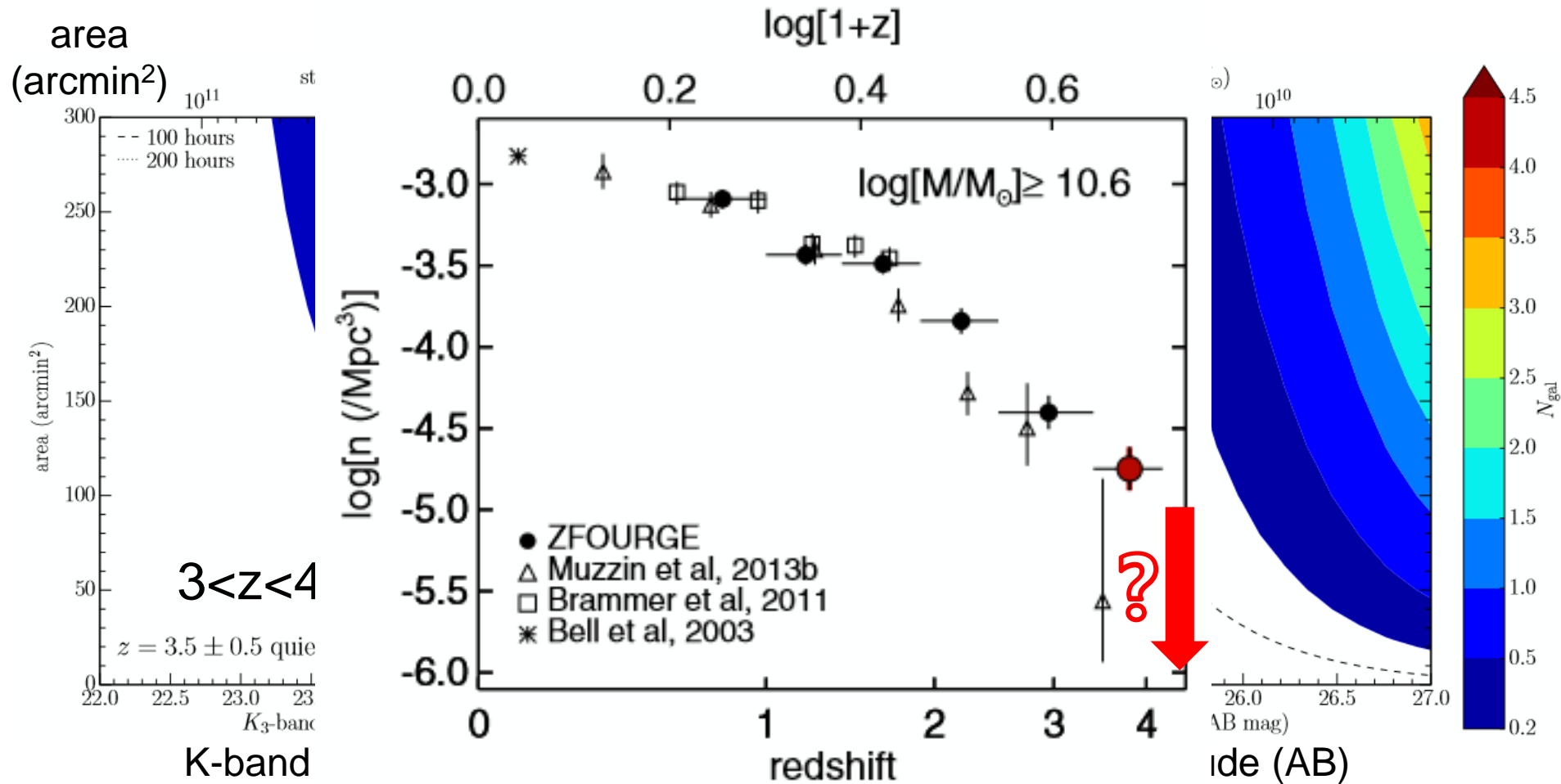
Toshikawa et al.



100個 / 100時間

受動的に進化する銀河 (QGs) の検出期待個数

Based on the semi-analytic model by Henriques et al. (2015)



~6個/100時間

Toshikawa et al.

< 1個/100時間

SWIMS-18 撮像サーベイのデザイン

survey layer	area (sq. deg.)	# of pointings	observing time (Subaru)	observing time (TAO)	total time for TAO
SWIMS-18-Wide	1	100	25hrs/FoV	40hrs/FoV	4,000 hrs
SWIMS-18-Deep	0.1	10	125hrs/FoV	200hrs/FoV	2,000 hrs

SFR-limit sample (HAEs) : $7.5 \times 10^5 \text{ Mpc}^3$ at each redshift

SFR-limit (M_{\odot}/yr)	expected # of HAEs	
$10(z=1.5), 30(z=2.5)$	$8000(z=1.5), 4000(z=2.5)$	(SWIMS-18-Wide)

M^* -limit sample: $1.2 \times 10^7 \text{ Mpc}^3$ ($\Delta z=1$)

M_* -limit (M_{\odot})	expected # / ($\Delta z=1$)	
$10^{10}(z=1.5), 10^{11}(z=3)$	$3000(z=3), 300(z=4)$	(SWIMS-18-Wide)

→ TAOのおよそ1.5年間分の観測時間を投入すればよい。

Subaru搭載時(2017-2018)にはこの数%規模を
パイロットサーベイとして実行したい

SW/MS Spectroscopy

- 銀河形成最盛期における巨大な分光サーベイ
SWIMS-18による銀河サンプル($1 < z < 3.7$)および、HSCによる銀河、銀河団サンプル($0.4 < z < 1.7$)。
c.f.) PFS to $z \sim 0.9-1.5$ → SWIMS to $z \sim 2.5-3.7$
- 赤と青の2チャンネル同時分光による輝線比の精密測定。
e.g.) J ([OII]), H ([OIII], $H\beta$) および K ($H\alpha$, [NII], [SII]) at $z \sim 2-2.5$
(O32, R23, $H\alpha/H\beta$, etc...), スリットロスの問題がない!

まとめ

- **SWIMS-18** は超多色の近赤外撮像サーベイで、銀河形成の最盛期を跨ぐ ($1 < z < 5$)、1平方度規模の無バイアスサーベイを行う。
- 中間帯域フィルターによる准星質量限界の銀河と狭帯域フィルターによる准星形成率限界の銀河の統計的サンプルを構築する。
- Kバンド帯中間帯域フィルターによる $4 < z < 5$ のバルマー・ブレイク銀河と、ペア狭帯域フィルターによる $z=1.5$ と 2.3 の両輝線銀河 ($H\alpha$ & $[OIII]$) のサンプルが極めてユニーク！
- 銀河の質量集積史と星形成史を明らかにし、かつ銀河解剖学 (AO+NB, ALMA, TMT) へターゲットを供給する！