

# WISHで探る再電離時代のLy $\alpha$ 銀河

嶋作一大  
(東大天文教室)

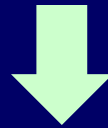
1. Ly $\alpha$  銀河探査のメリット
2. WISH狭帯域フィルターによるLy $\alpha$  銀河探査
3. Hyper Suprime-Cam探査との相乗効果

WISH サイエンスミーティング 2010/3/10 NAOJ

1.

Ly $\alpha$  銀河探査のメリット

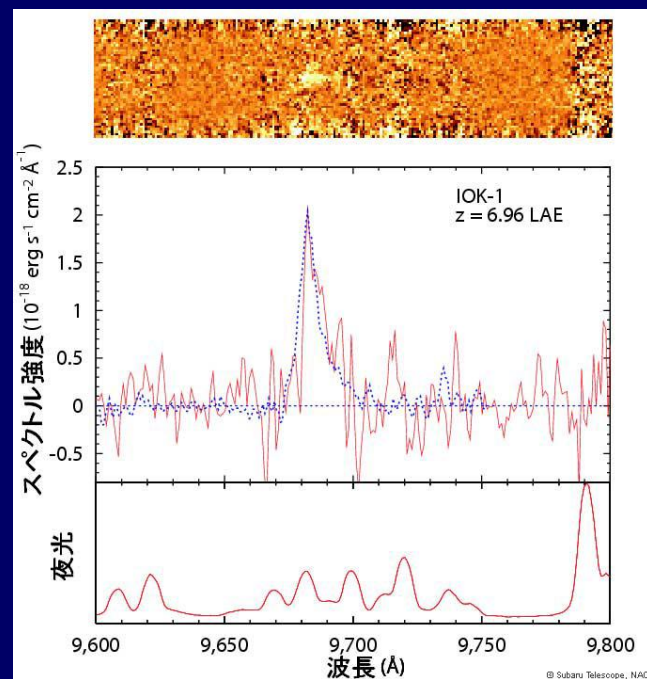
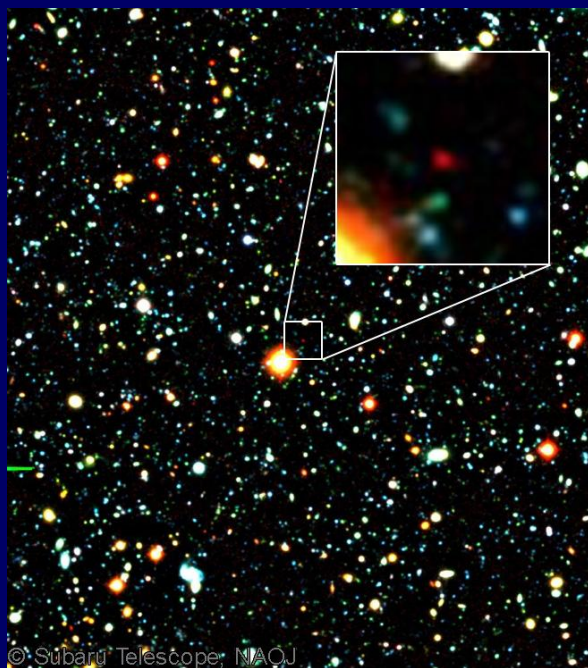
- 分光同定がしやすい
- 空間分布を調べやすい
- 原始的な銀河を見つけやすい



再電離時代の銀河と銀河間物質の研究

# 分光同定がしやすい Ly $\alpha$ 輝線が強いことが保証されている

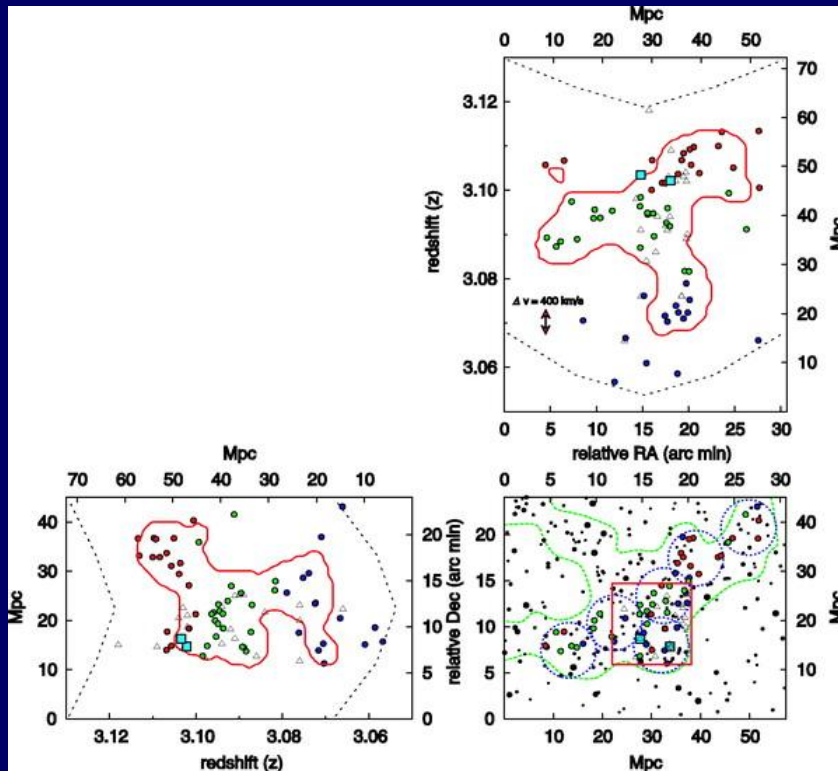
IOK-1 @ $z=6.96$  (Iye et al. 2006)



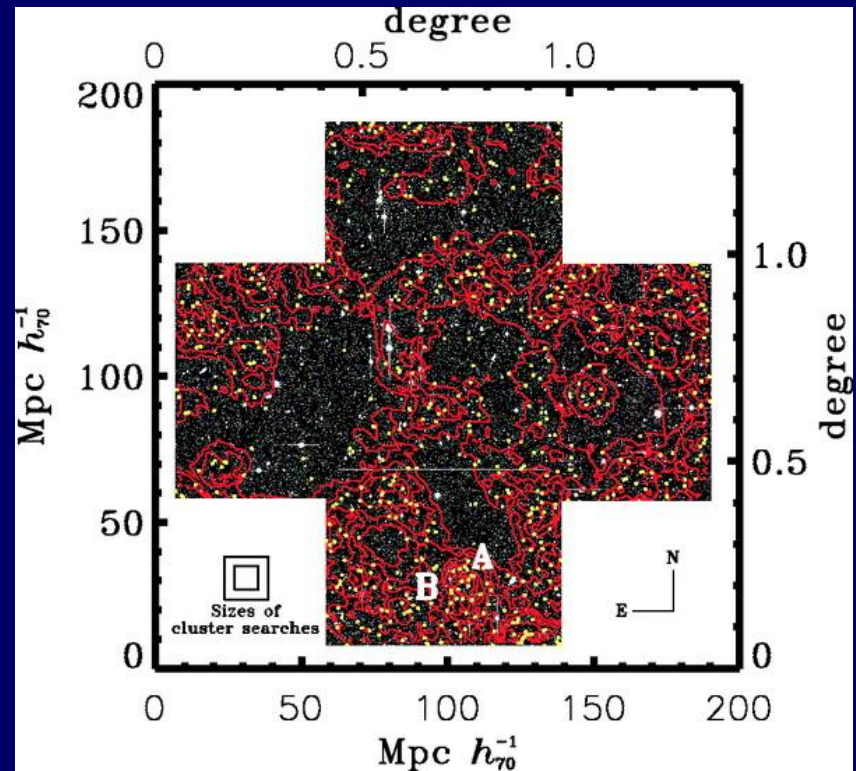
# 空間分布を調べやすい

## サンプルの奥行きが浅いので空間分布がなまらない

$z=3.1$  LAEs の大規模構造  
(Matsuda et al. 2005)



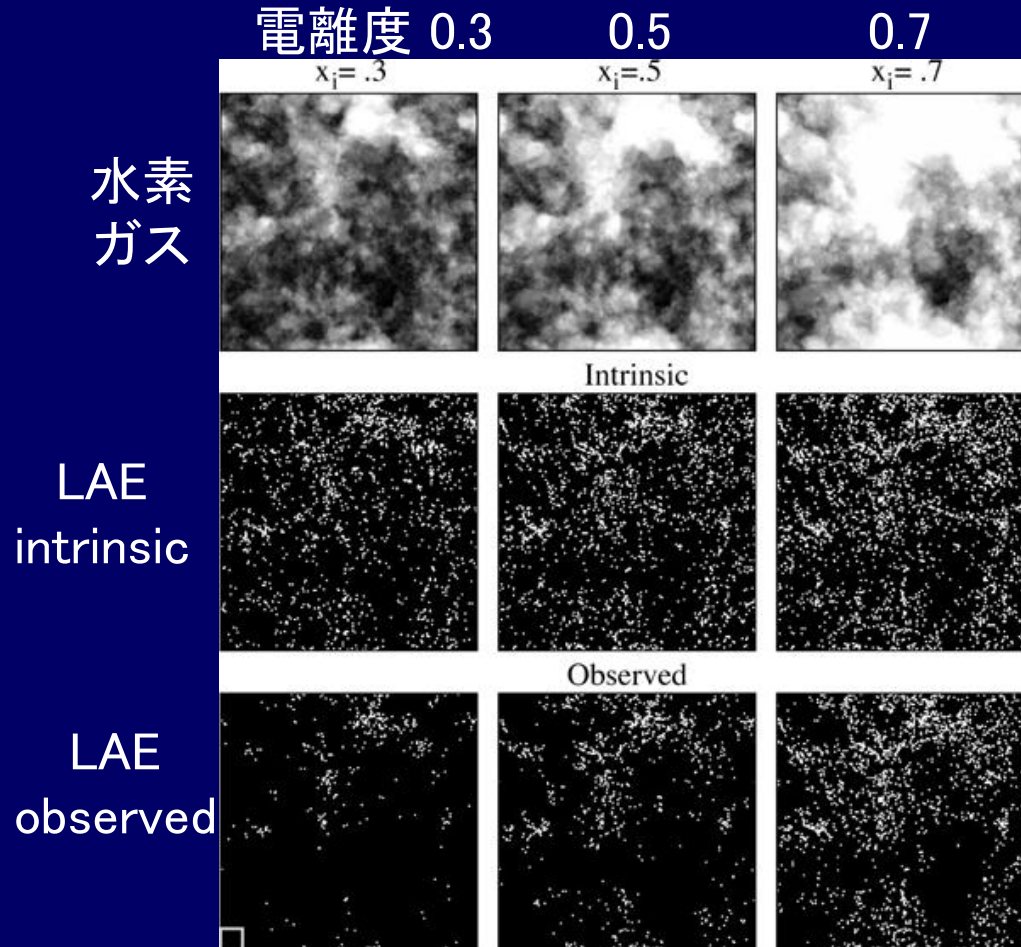
$z=5.7$  LAEs の大規模構造  
(Ouchi et al. 2005)



# 再電離期の LAEs の空間分布から再電離の進行具合がわかる

## 水素ガスとLAEsの天球分布

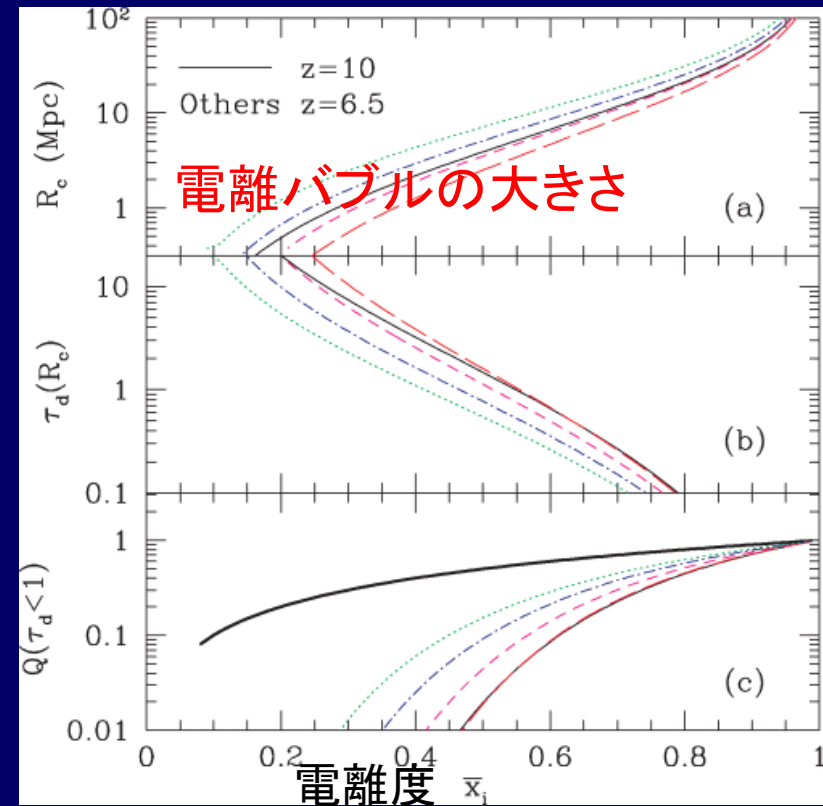
McQuinn et al. 2007



一辺 94Mpc (0.6deg), 奥行き 35Mpc

## 電離バブルの大きさ

Furlanetto et al. 2006



# 原始的な銀河を見つけやすい

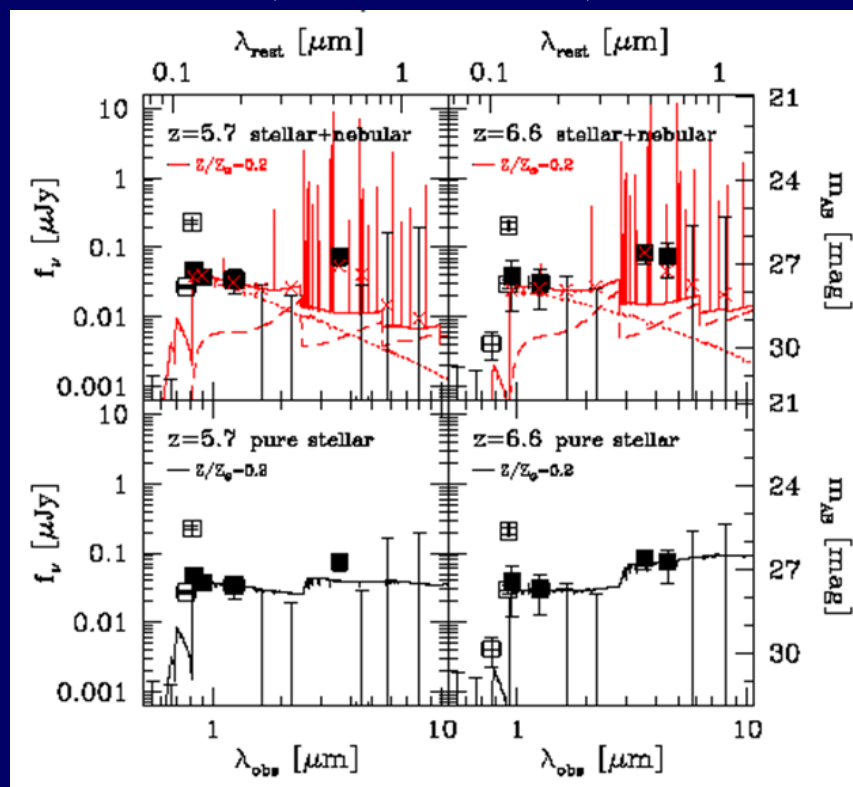
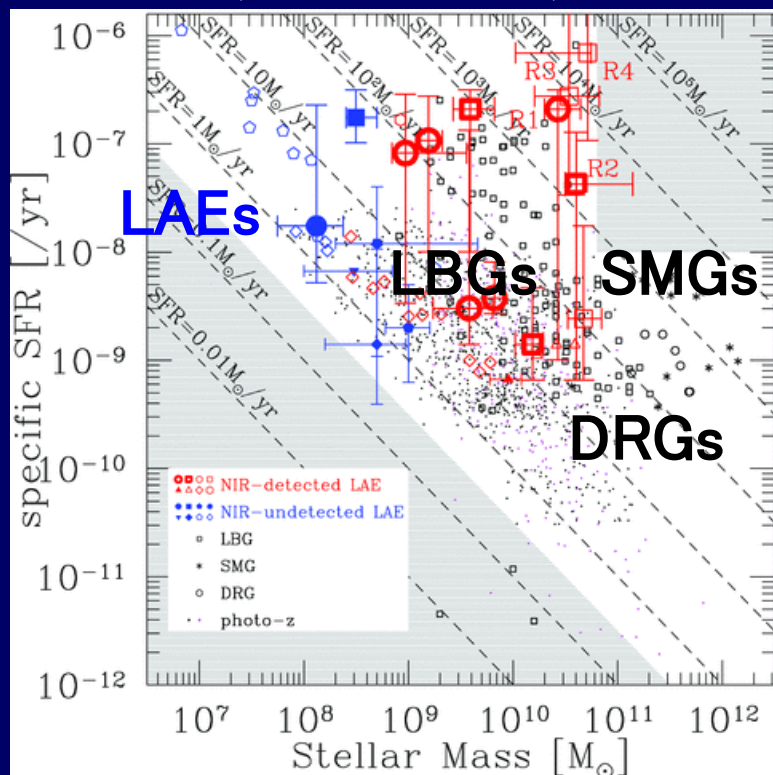
LAEsは低質量で若い傾向がある

LAEsは他の銀河より軽くて若い  
( $z \sim 3$  での比較)

(Ono et al. 2010)

$z \sim 6-7$  のLAEsは非常に若くて  
nebular emission が強い？

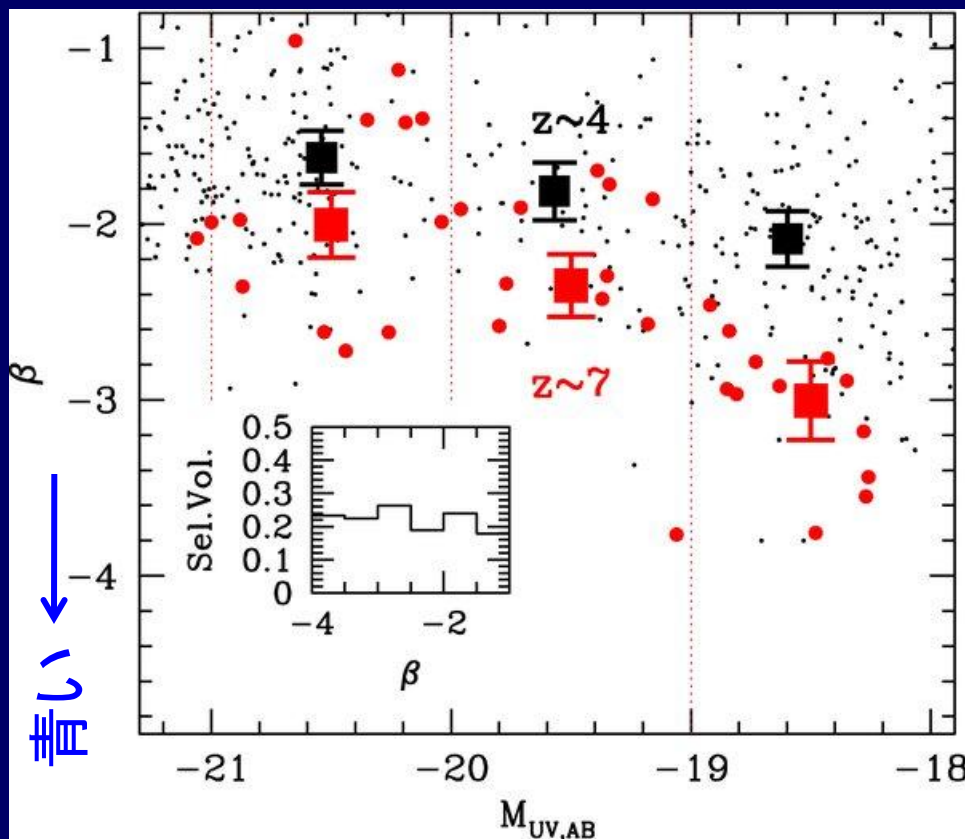
(Ono et al. 2010)



nebular emission あり (赤) のほうがよく合う  
 $M_{\text{star}} \sim 10^7-8 M_{\text{sun}}$ , age  $\sim 10^6 \text{ yr}$

$z \sim 7$  までさかのぼると非常に青い銀河が現れる  
(dropout 銀河の観測結果)  
(Bouwens et al. 2010)

紫外連続スペクトルの傾き

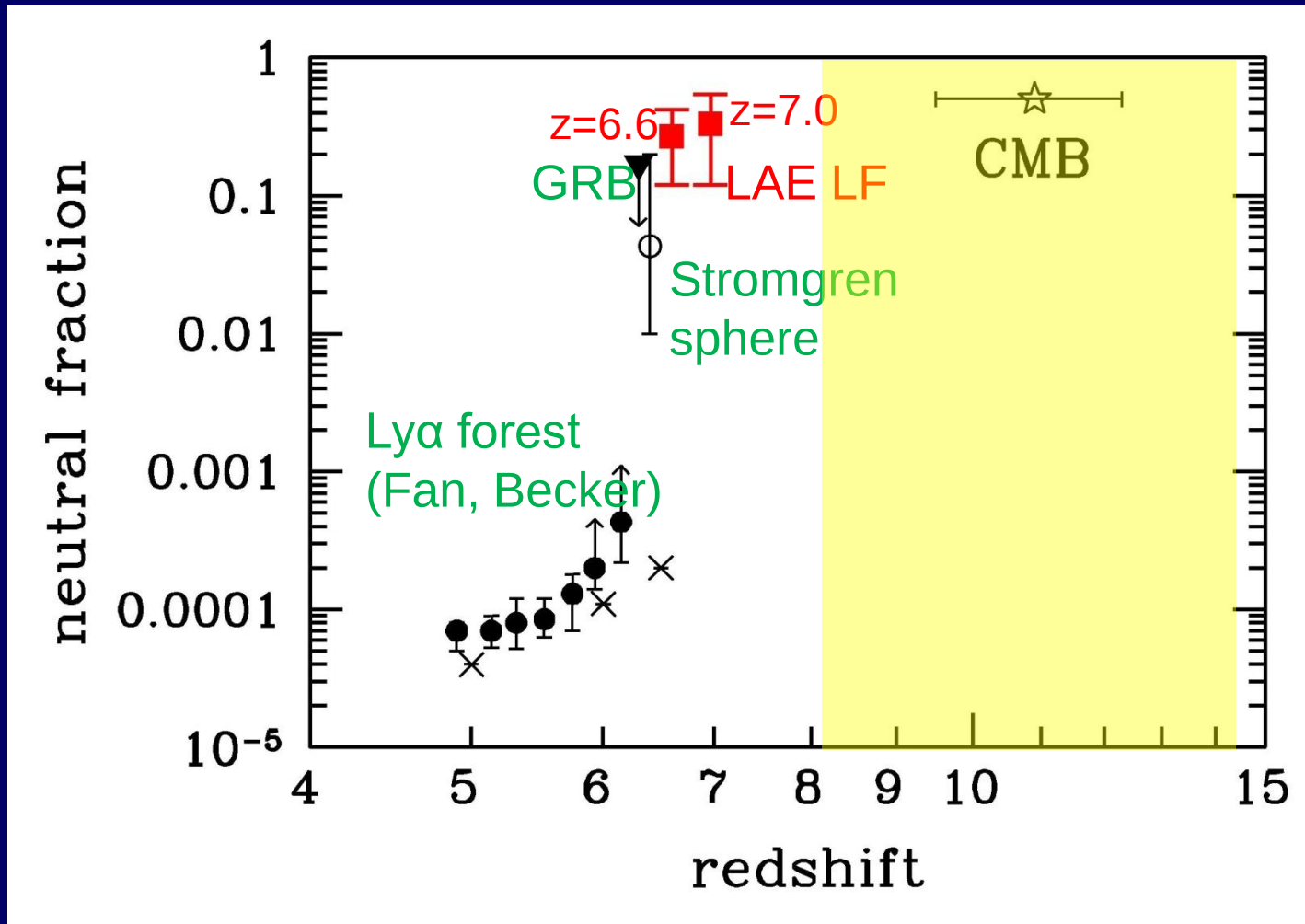


$\beta \sim -3$   
very low metallicity?  
top-hat IMF は nebular  
emission が強くなるので  
かえって赤くなる

2.

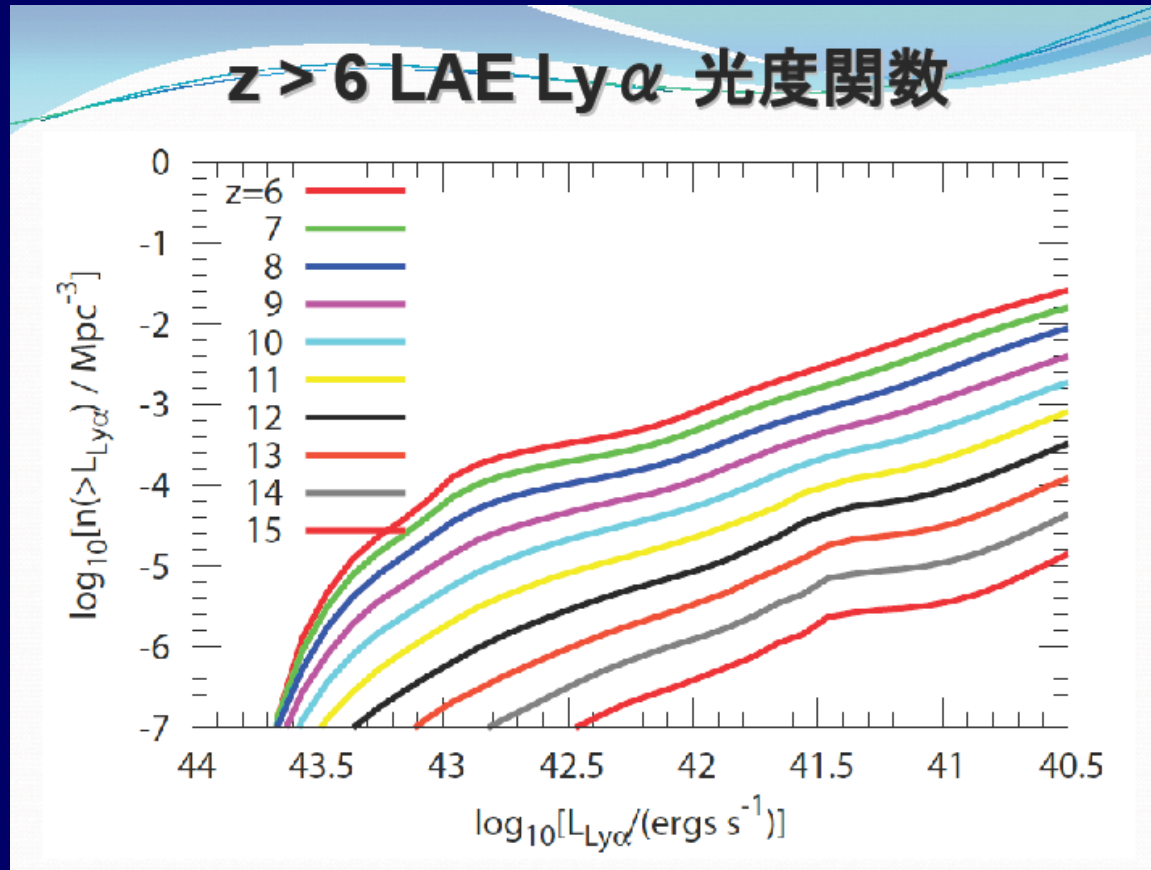
WISH狭帯域フィルターによるLy $\alpha$  銀河探査

狭帯域フィルターを 1 枚だけ使えるとして  
ターゲットは  $z=10$  前後 (再電離が進行中の時代)



# LAEs の光度関数の予想

(小林正和 WISH WS 2009/4)



遠方ほど減少

$z=10$  では  $1\text{E}-4$  個/ $\text{Mpc}^3$  ( $L > 1\text{E}+42$  erg/s)

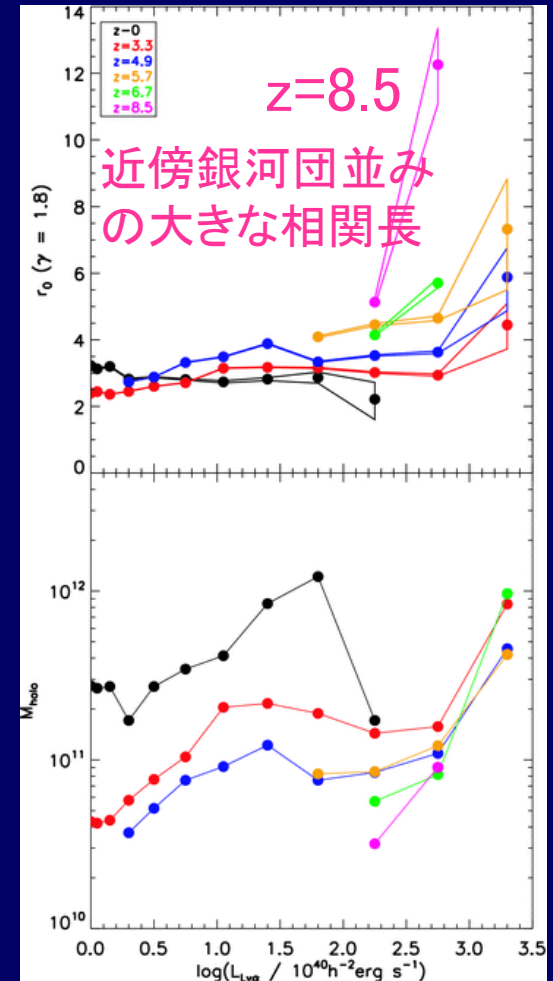
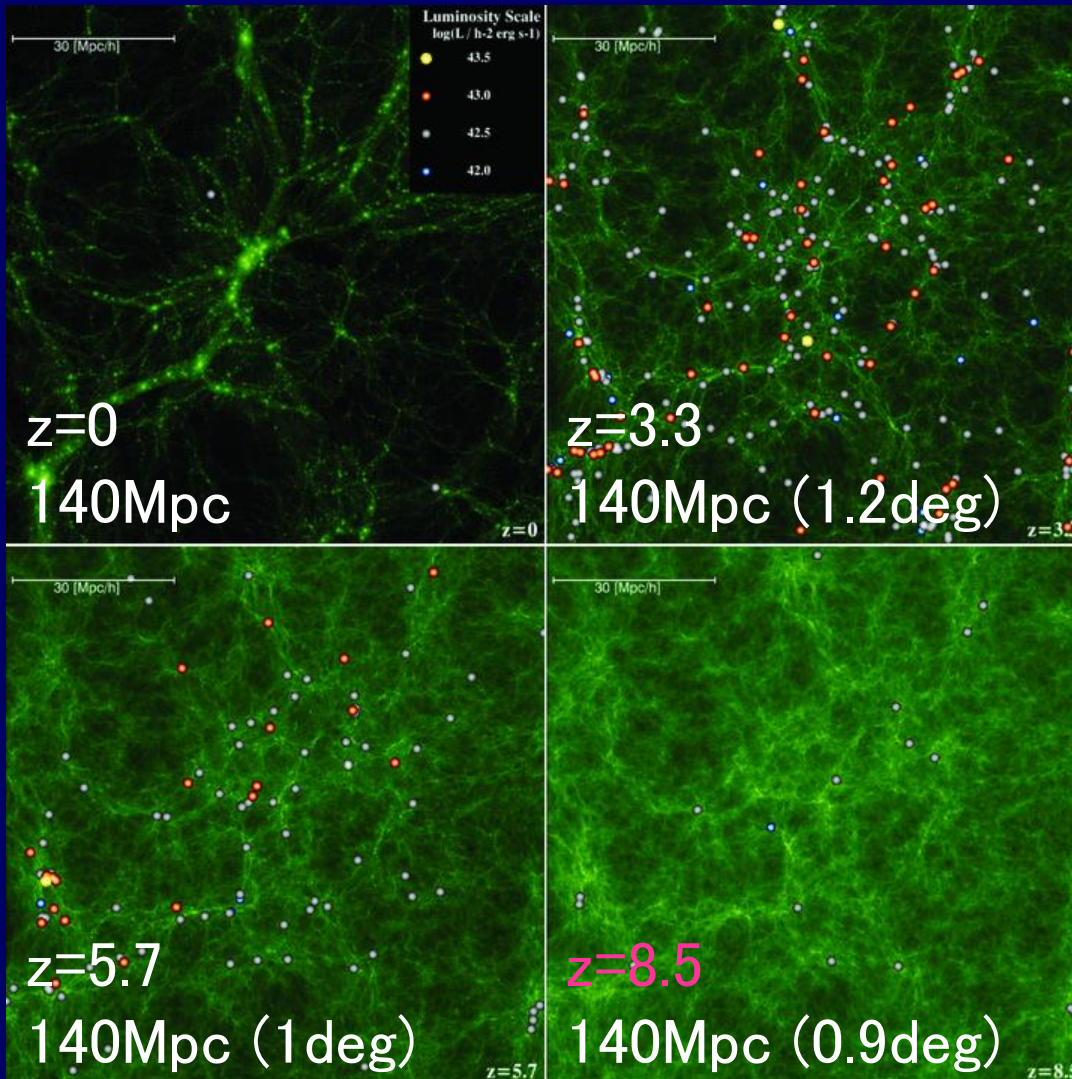
# LAEs の天球分布の予想

Orsi et al. 2009, MNRAS, 391, 1589

SAM, GALFORM

$z=10$  で再電離

IGM 吸収は無視



$z \sim 10$  の探査では  $\gg 1$  平方度が必要

# 再電離期の LAEs の空間分布から再電離の進行具合がわかる

## 水素ガスとLAEsの天球分布

McQuinn et al. 2007

電離度 0.3

0.5

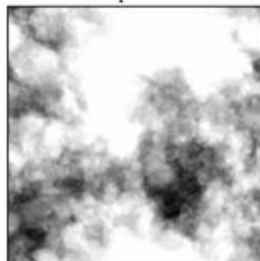
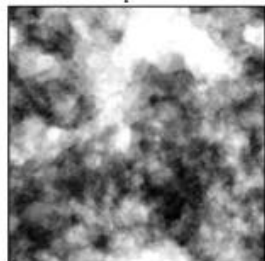
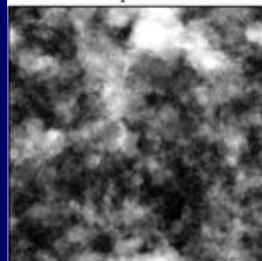
0.7

$x_i = .3$

$x_i = .5$

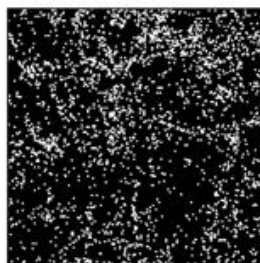
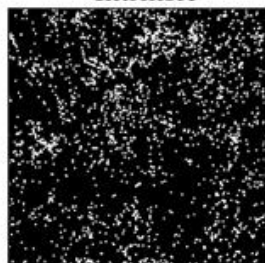
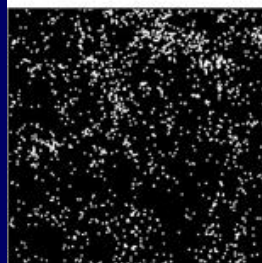
$x_i = .7$

水素  
ガス



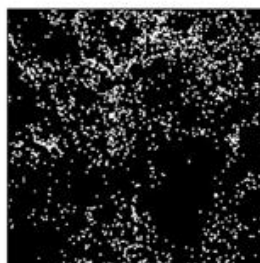
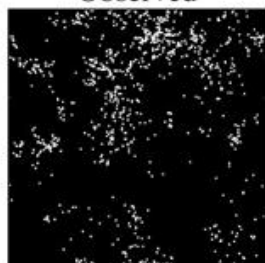
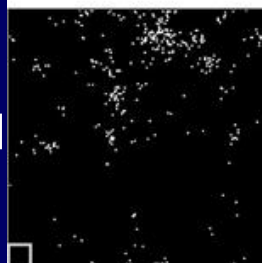
Intrinsic

LAE  
intrinsic



Observed

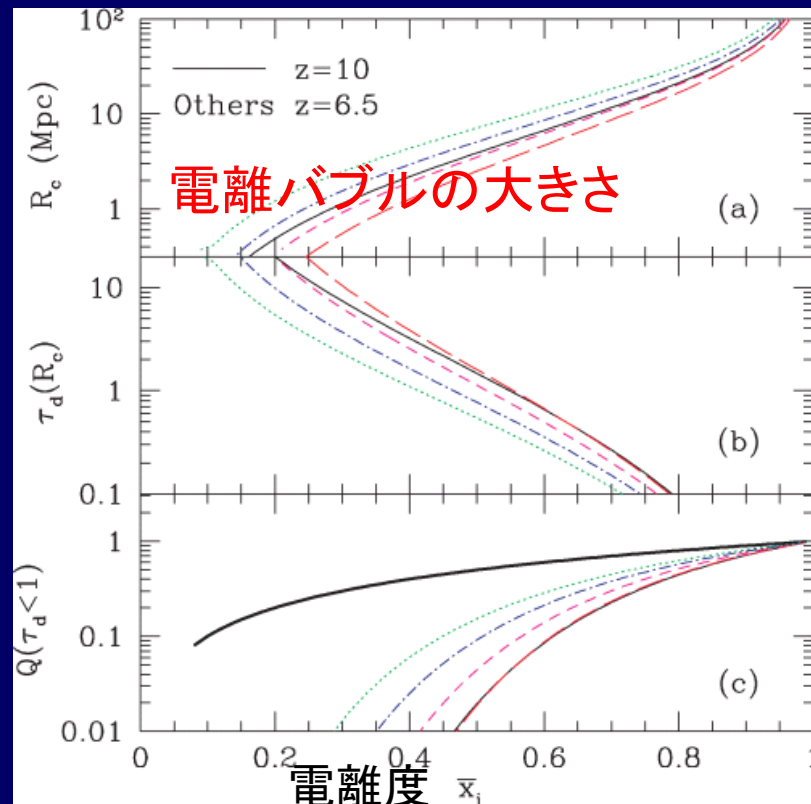
LAE  
observed



一辺 94Mpc (0.6deg), 奥行き 35Mpc

## 電離バブルの大きさ

Furlanetto et al. 2006



バブルのマッピングには  
>>1平方度の探査が必要

# WISH狭帯域フィルター探査のパラメータ

Ultra Deep Survey に便乗

$z=10$  (1.3 $\mu$ m, FWHM=200Å)

NB=27 mag  $f(\text{Ly}\alpha) = 1\text{E}-18 \text{ erg/s/cm}^2$

$L(\text{Ly}\alpha) = 1\text{E}+42 \text{ erg/s}$

50平方度 ( $5\text{E}+7 \text{ Mpc}^3$ )

発見個数  $\sim 1000$  個

50hr/FoV  $\Rightarrow$  600d (50% overhead を含む)

これらのパラメータは一例、要検討

Narrowband Enhanced WISH: **NEWISH**

# 小林予想

小林正和 WISH WS 2009/4/8

## ~まとめ~

- 100 deg<sup>2</sup> を 27 mag まで掃けば...

LBG: ~ 160,000 個 ( $z \sim 7-8$ )、~ 60,000 個 ( $z \sim 8-11$ )、  
~ 1,000 個 ( $z \sim 11-14$ )

LAE: ~ 4,000 個 ( $z \sim 8$ )、~ 700 個 ( $z \sim 10$ )、  
~ 80 個 ( $z \sim 12$ )

↑ Ly $\alpha$  の IGM 吸収が  $z=5.7$  と同じ場合

- IMF、ダスト減光曲線の不定性もあるが、これらによってこの評価より少なくなることは多分ない
- LAE @  $z > 8$  の実際の検出数がこれより少なければ、再電離の効果と考えられる

3.

Hyper Suprime-Cam 探査との相乗効果

# HSC による 2 つの深探査 (案)

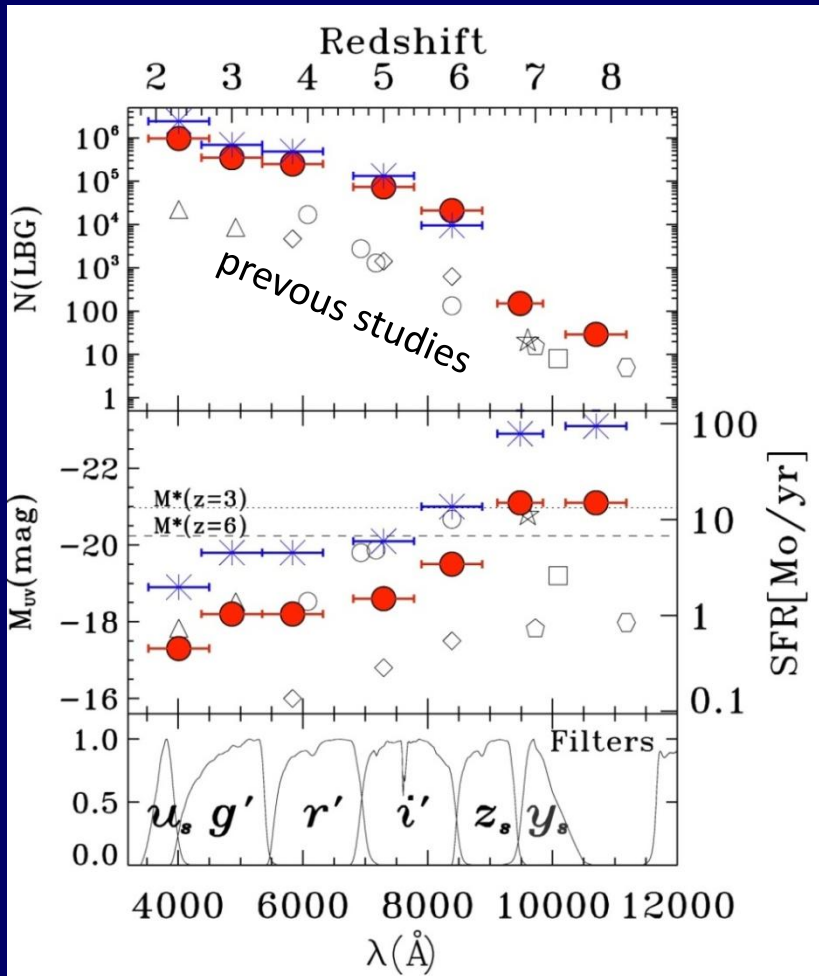
| Deep                         | Ultra Deep                            |
|------------------------------|---------------------------------------|
| 40 deg <sup>2</sup>          | 4 deg <sup>2</sup>                    |
| u, g, r, i, z, y             | u, g, r, i, z, y                      |
| NB387, 816, 921              | NB387, 526, 717, 816, 921, 101(or973) |
| 2-3 hr/pix/band              | 20-30 hr/pix/band                     |
| 80 nights                    | 70 nights                             |
| 0.3Gpc <sup>3</sup> /Δz=1    | 0.03Gpc <sup>3</sup> /Δz=1            |
| 0.03Gpc <sup>3</sup> /Δz=0.1 | 0.003Gpc <sup>3</sup> /Δz=0.1         |

Sky areas should have deep NIR data

# Expected Numbers (blue:Deep, red:Ultra Deep)

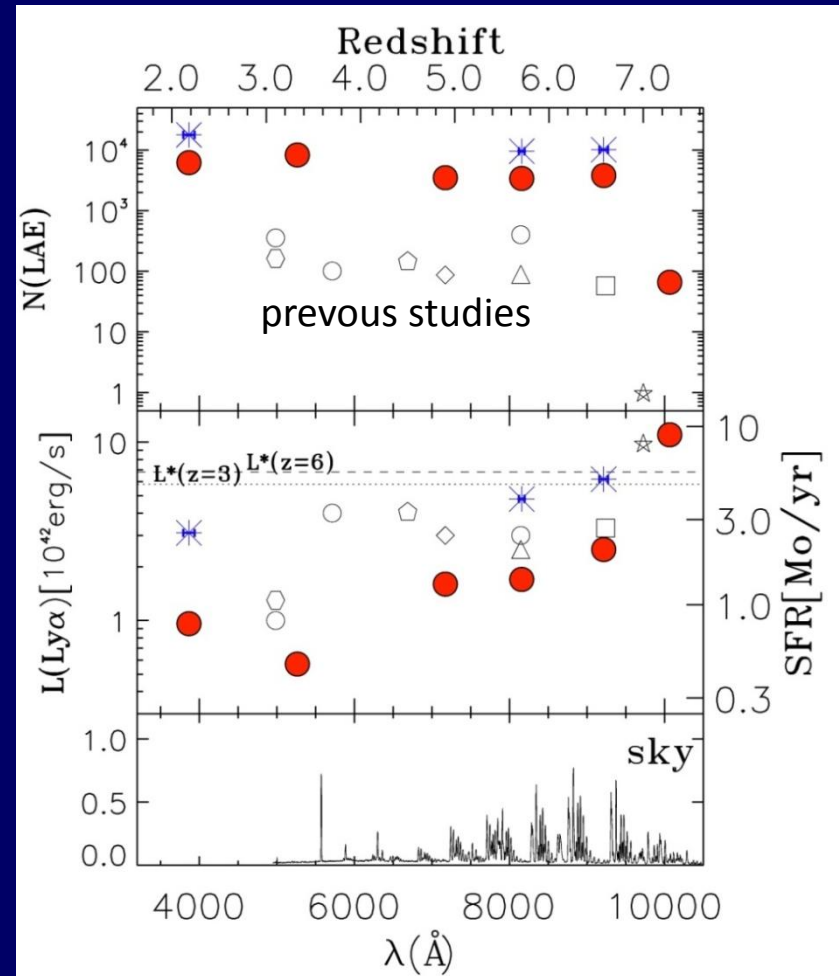
(by M. Ouchi)

## LBGs



10K – 1M objects up to  $z=6$  (DS, UDS)  
 100 objects at  $z>6$  (UDS)

## LAEs



10K objects up to  $z=6.5$  (DS, UDS)  
 100 objects at  $z>7$  (UDS)

## LBGs

|            | DS     | UDS    |
|------------|--------|--------|
| $z \sim 2$ | $2E+6$ | $1E+6$ |
| $z \sim 3$ | $1E+6$ | $4E+5$ |
| $z \sim 4$ | $5E+5$ | $3E+5$ |
| $z \sim 5$ | $1E+5$ | $7E+4$ |
| $z \sim 6$ | $1E+4$ | $2E+4$ |
| $z \sim 7$ |        | 100    |
| $z \sim 8$ |        | 30     |

## LAEs

|              | DS     | UDS    |
|--------------|--------|--------|
| $z \sim 2.2$ | $2E+4$ | $6E+3$ |
| $z \sim 3.3$ |        | $8E+3$ |
| $z \sim 4.9$ |        | $3E+3$ |
| $z \sim 5.7$ | $1E+4$ | $3E+3$ |
| $z \sim 6.5$ | $1E+4$ | $4E+3$ |
| $z \sim 7.0$ |        | 70     |

