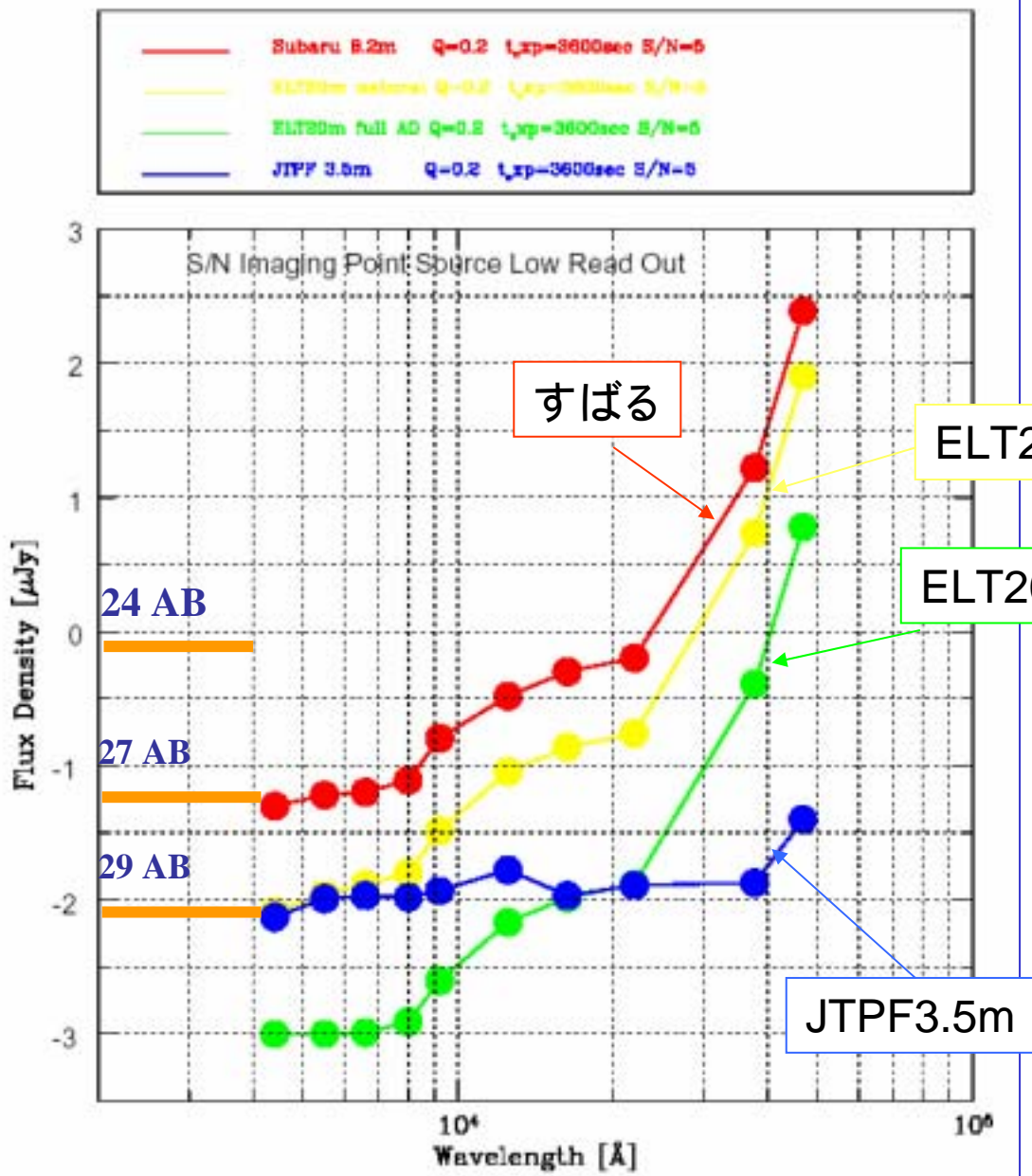


# 天か地か

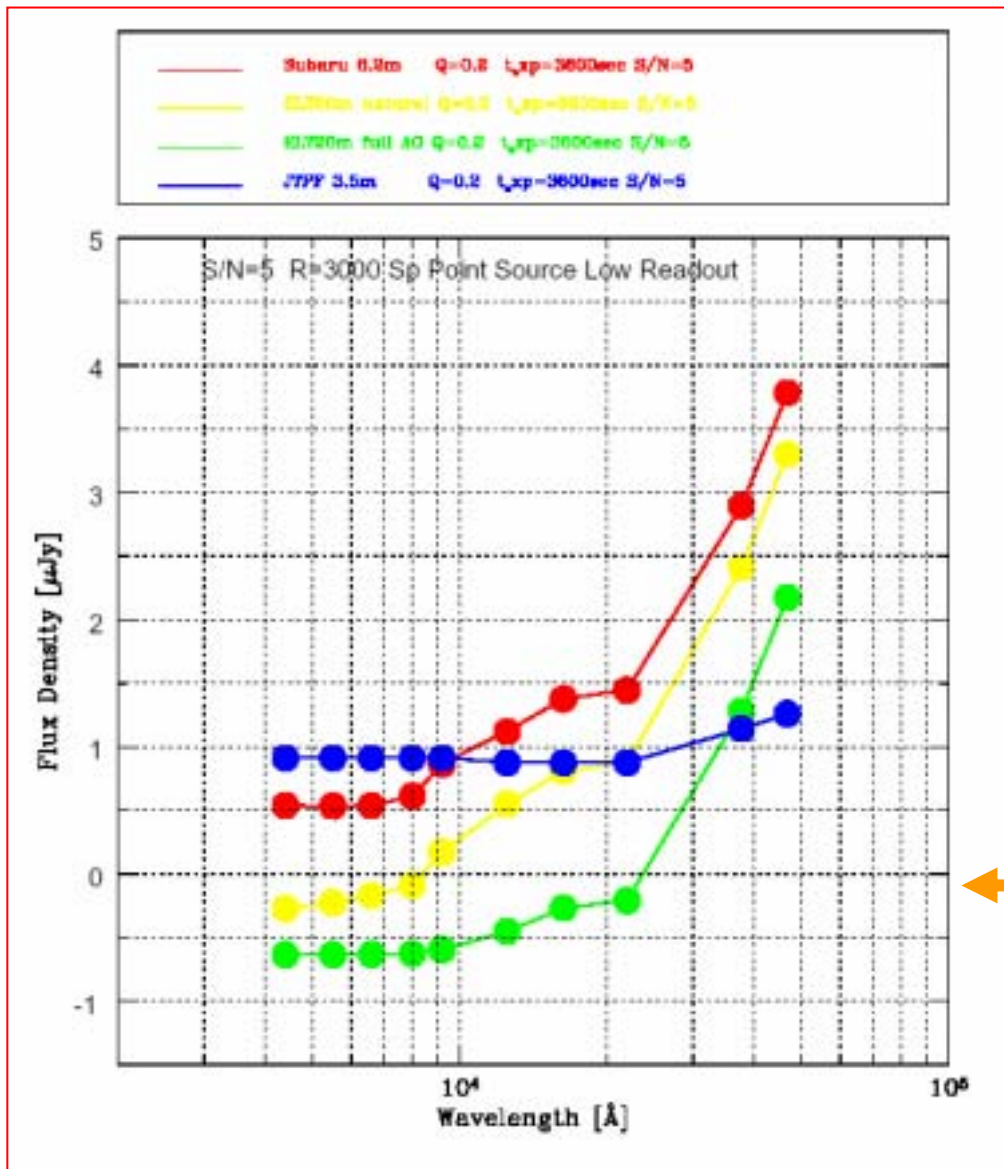
山田亨 (国立天文台) 2003.8.21

# 点源の撮像



点源の撮像  
 1時間積分、S/N=5  
 効率是一定(20%)  
 測光面積は、現実的な  
 星像サイズとピクセル  
 スケールで評価  
 背景光は広帯域平均値  
 地上はMK、  
 宇宙は平均的黄道光

# 点源の分光



ピクセルスケールは撮像の場合と同じ。

R=3000 で、波長分解能単位の S/N を評価

~  $10^{-18}$  erg/s/cm<sup>2</sup>  
@ 1 μm



地上の背景ノイズは夜光の影響をとっていない  
Broad-band での平均的なもの

# 銀河形成・構造形成からの興味

1.  $z=20$  付近で宇宙を最初に再電離し始めた天体は検出可能か？
2.  $z=6$  付近で宇宙の電離状態にすすめた、あるいは再々電離した天体は何か？  
それらを検出できるか？
3.  $6 < z < 20$  に再中性化された宇宙は本当にあるのか？
  - 中性時代の水素ガスを通して輝線銀河は検出できるのか？
  - 再電離時、再中性化時、再々(?)電離時などで形成される天体に違いはあるのか？

@ z=10-20

# 宇宙を最初に再電離し始めた天体は検出可能か？

## Pop III galaxies @ z ~13

$10^7$ - $10^{10} M_{\text{sun}}$  のハローにおける星形成に付随する、大質量星の紫外線

$$L = 1 \times 10^7 (c_{\text{H2}}^*/0.002) (M/10^6 M_{\text{sun}}) L_{\text{sun}}$$

$$L = 1 \times 10^{10} (c_{\text{HI}}^*/0.002) (M/2 \times 10^7 M_{\text{sun}}) L_{\text{sun}}$$

予測の一例: Cen et al. (2003)

$$S = 1.45 (L/10^9 L_{\text{sun}}) [\text{n Jy}]$$

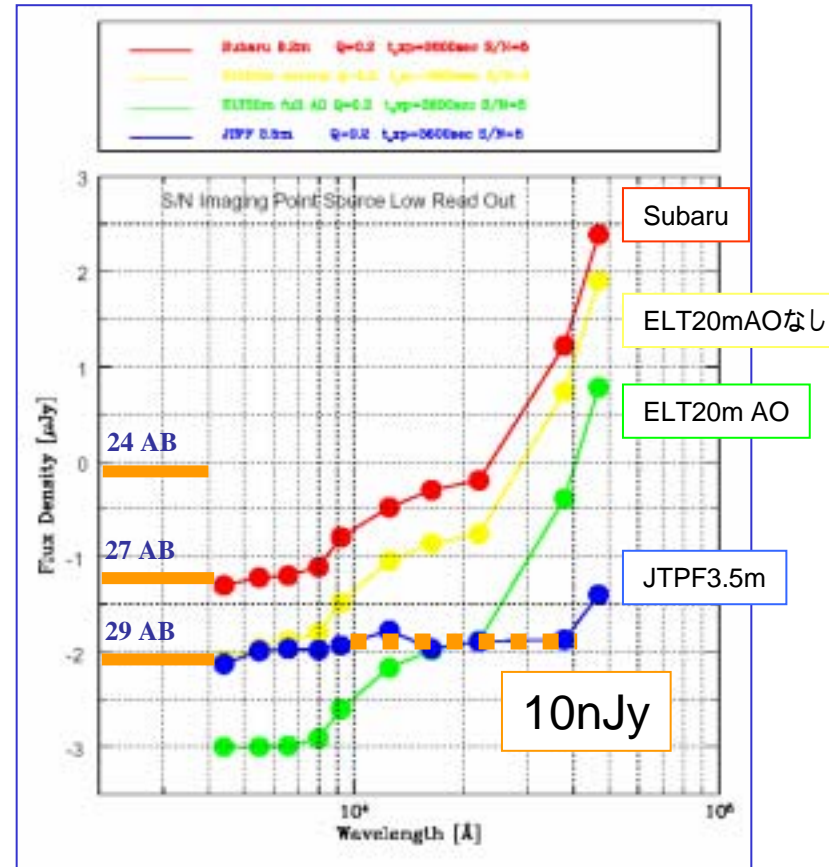
波長 1-5  $\mu\text{m}$  で、1-10 nJy

## Pop III Hyper Novae @ z~13

$$\Sigma_{\text{HN}} = 1.3 \times 10^{16} \frac{\Delta t_{\text{HN}}(1+z)}{t_{\text{H}}} \frac{1}{4\pi \times 1.2 \times 10^7 \text{ arcmin}^2} \approx 2.3 \text{ arcmin}^{-2}, \quad (24)$$

$$L(\text{HN}) \sim 10^{10} L_{\text{sun}}$$

$$S \sim 0.014 \mu\text{Jy} @ z=13.2$$



@ z=6

## 星形成による紫外線で宇宙を電離する場合

$$\dot{\rho}_{\text{SFR}} \approx 0.013 f_{\text{esc}}^{-1} \left( \frac{1+z}{6} \right)^3 \left( \frac{\Omega_b h_{50}^2}{0.08} \right)^2 C_{30} M_{\odot} \text{ yr}^{-1} \text{ Mpc}^{-3}, \quad (1)$$

(Madau et al. 1999, Ferguson et al. 2002)

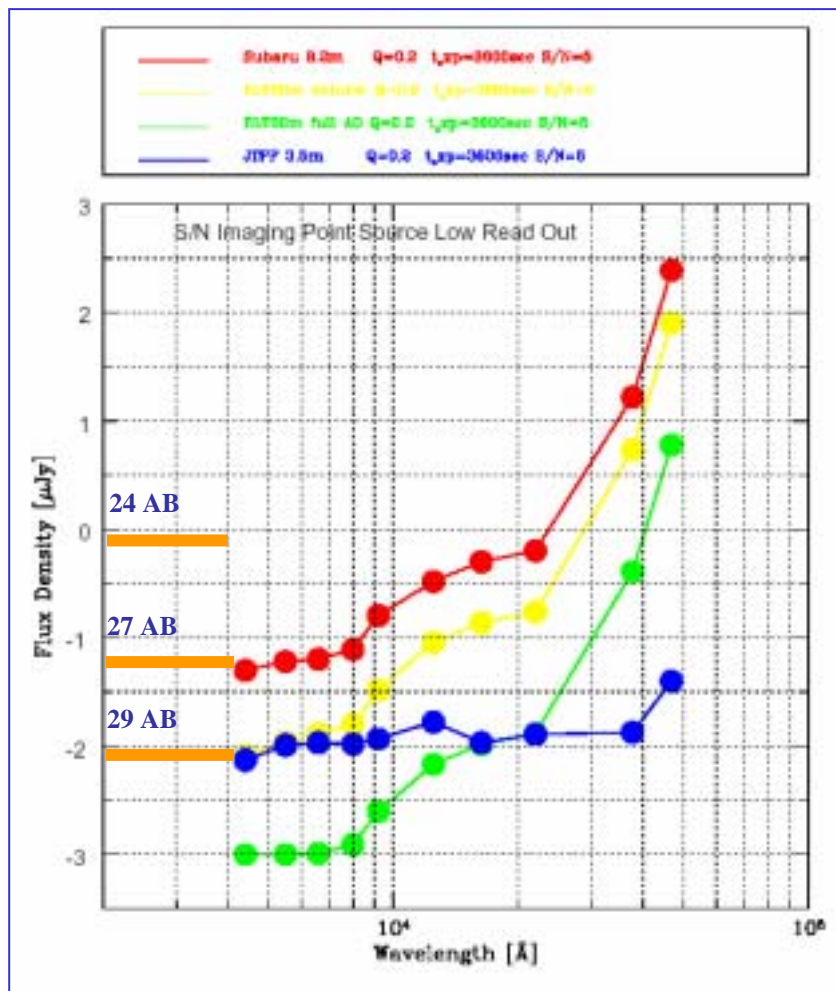
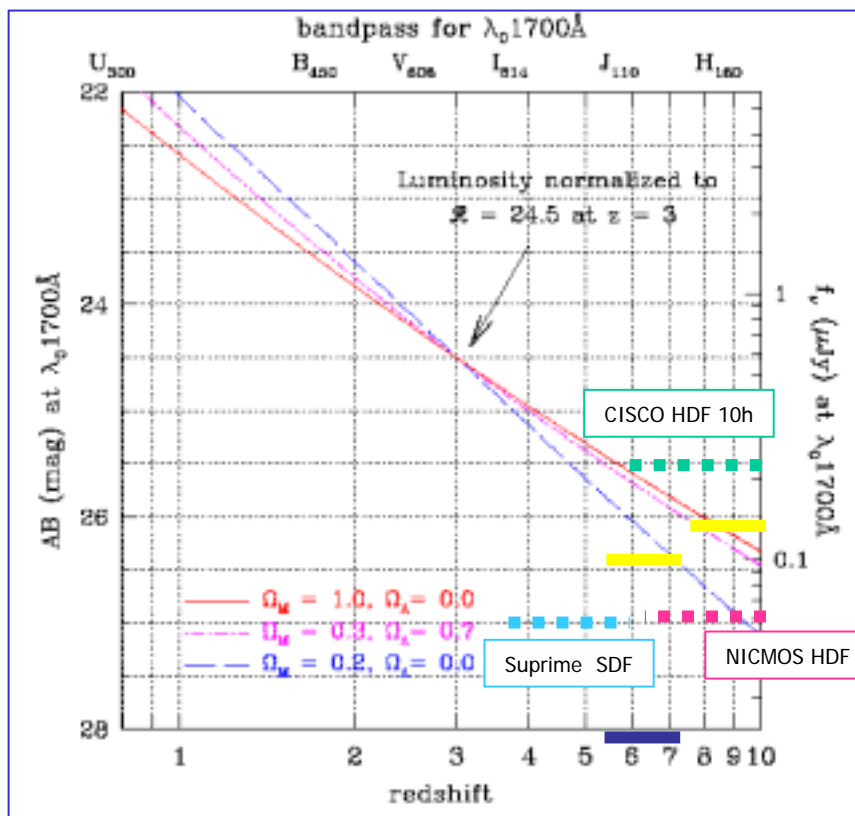


z = 3 における Lyman Break 銀河の星形成率密度 (reddening uncorrected) の約 1.3 倍 (Ferguson et al. 2002)

Z ~ 6 以前で中性化されていた、あるいは中性度が高かったとすると、Z ~ 6 付近で再(再々)電離するには、z ~ 3 で観測されているのと同じ程度の星形成が必要。

# Imaging 紫外線連続光をとらえる

Z=3 L\* Lyman Break 銀河の見かけの光度 (Dickinson 2000)



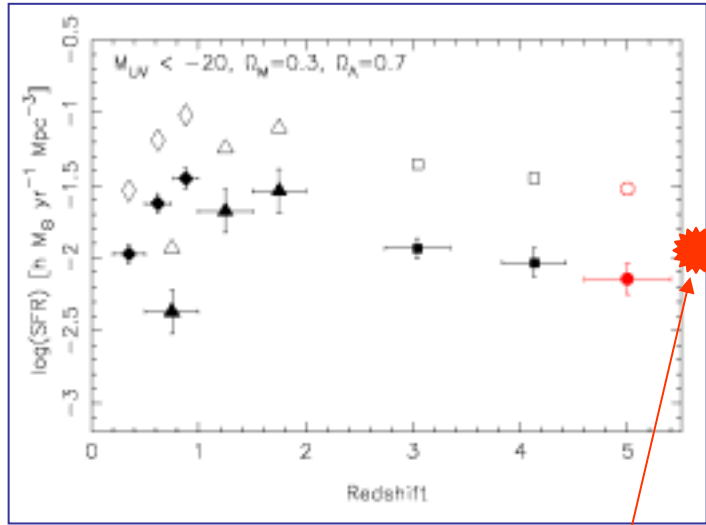
ELT20m no AO

JTPF low readout point source

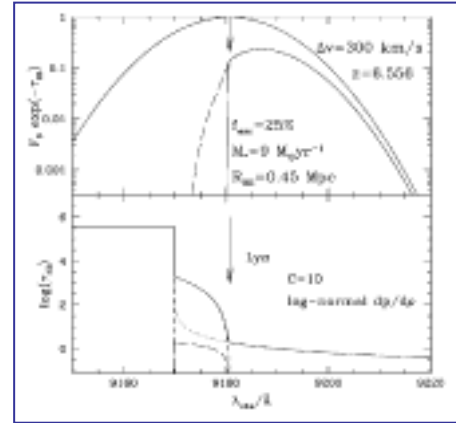
# Z=6.6 – 20 までの星形成銀河の探査

中性ガスの中の Ly 輝線天体の検出可能性

Iwata et al. 2003 @ z=5



Z=6 で宇宙を(再々)電離するのに必要な星形成密度



Haiman et al. 2002

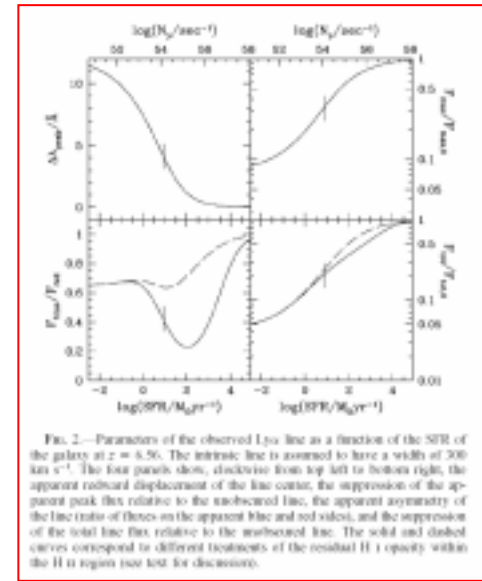
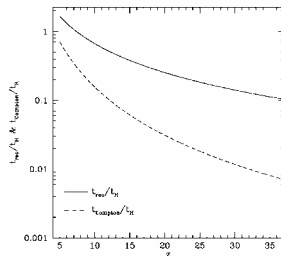
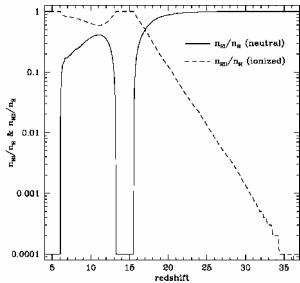


Fig. 2.— Parameters of the observed Ly $\alpha$  line as a function of the SFR of the galaxy at  $z = 6.56$ . The intrinsic line is assumed to have a width of  $300 \text{ km s}^{-1}$ . The four panels show, clockwise from top left to bottom right, the apparent redward displacement of the line center, the suppression of the apparent peak flux relative to the unobscured line, the apparent asymmetry of the line (ratio of fluxes on the apparent blue and red sides), and the suppression of the total line flux relative to the unobscured line. The solid and dashed curves correspond to different treatments of the residual H I opacity within the H II region (see text for discussion).

1M<sub>sun</sub>/yr 10% に減光  
100 M<sub>sun</sub>/yr 35% に減光

宇宙は2回(以上)再電離された? Cen 2003



z>6 で中性(度が大きな)宇宙に埋もれた輝線天体の探査は現実的か?

星形成銀河、AGN であれば現実的



# Ly 輝線の探査

$z > 6.6$  へ

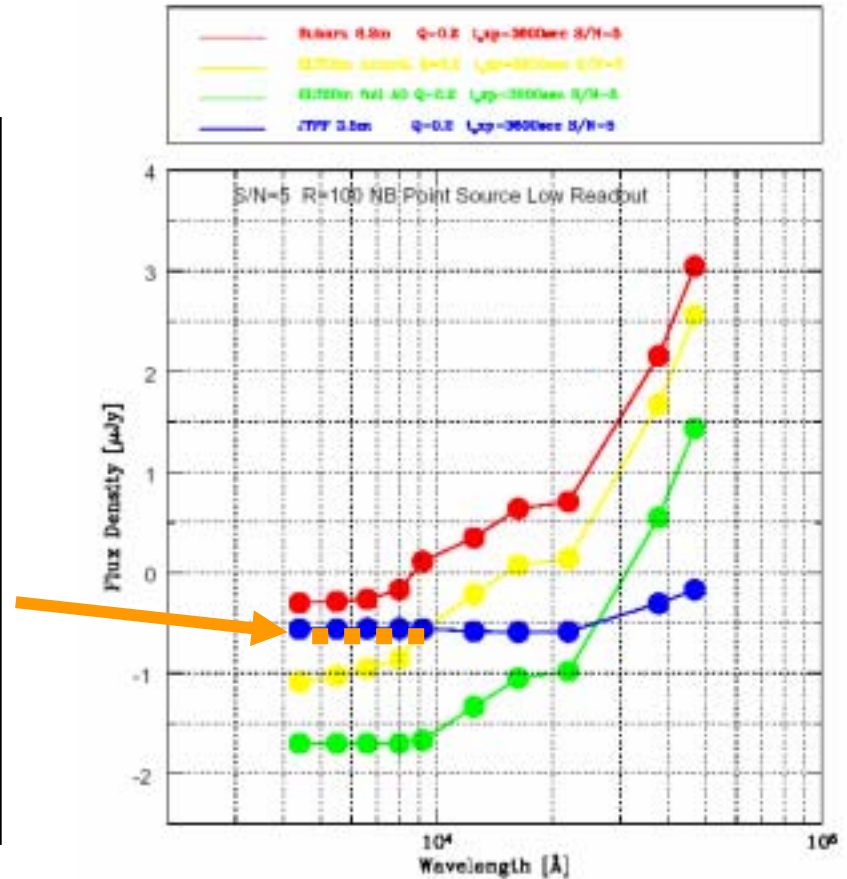
これまでのすばるによる Ly 探査

	$m_{\text{lim}}(\text{AB})$
NB497 ( $z=3.1$ ) 7h	26.2 (s/n=5)
IA574 ( $z=3.7$ ) 1h	25.2 (s/n=5)
NB711 ( $z=4.9$ ) 2.7h	24.5 (s/n=5)
	2.4h 25.5
NB816 ( $z=5.7$ ) 10h	25.5
NB921 ( $z=6.6$ ) 5h*	25.2
	$\sim 1 \times 10^{-17} \text{ erg/s/cm}^2$

平均数密度

たとえば、 $z=6.6$  では、  
0.05-0.1 個 / 平方分角

強いクラスタリング有り



地上の背景ノイズは夜光の影響をとっていない  
Broad-band での平均的なもの

# 地球の重力の井戸に魂をとらわれた人々

「この種の探査は、JWST で必ず行われるよ。」

1. より多くの天体を観測する
  2. 3分角以上の広視野をとれば JWST と相補的
  3. JWST よりも可視・近赤側で高感度を目指す
  4. 1世代すすんだ検出器を用いる (area, read-out noise)
  5. バンドの選び方に工夫をする
  6. JWST よりも良い星像が、点源の検出に効く可能性がある
- 
99. JWST が先にあがれば、JWST の結果をふまえた戦略をたてられる  
(JWST は HST と違い寿命がある)
  100. JWST が何を目指そうが、我々もすばるから続く  
王道を歩むのである。  
それが、次のスペース大口径につながる