

# WISHでの高赤方偏移 $z > 6$ QSO 探査

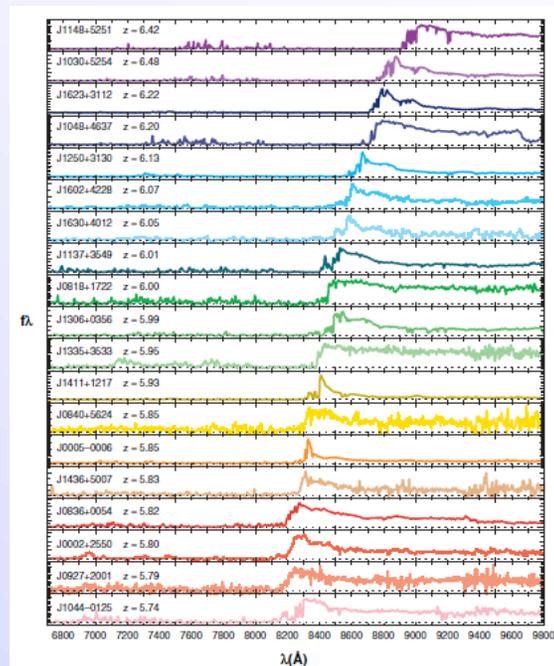
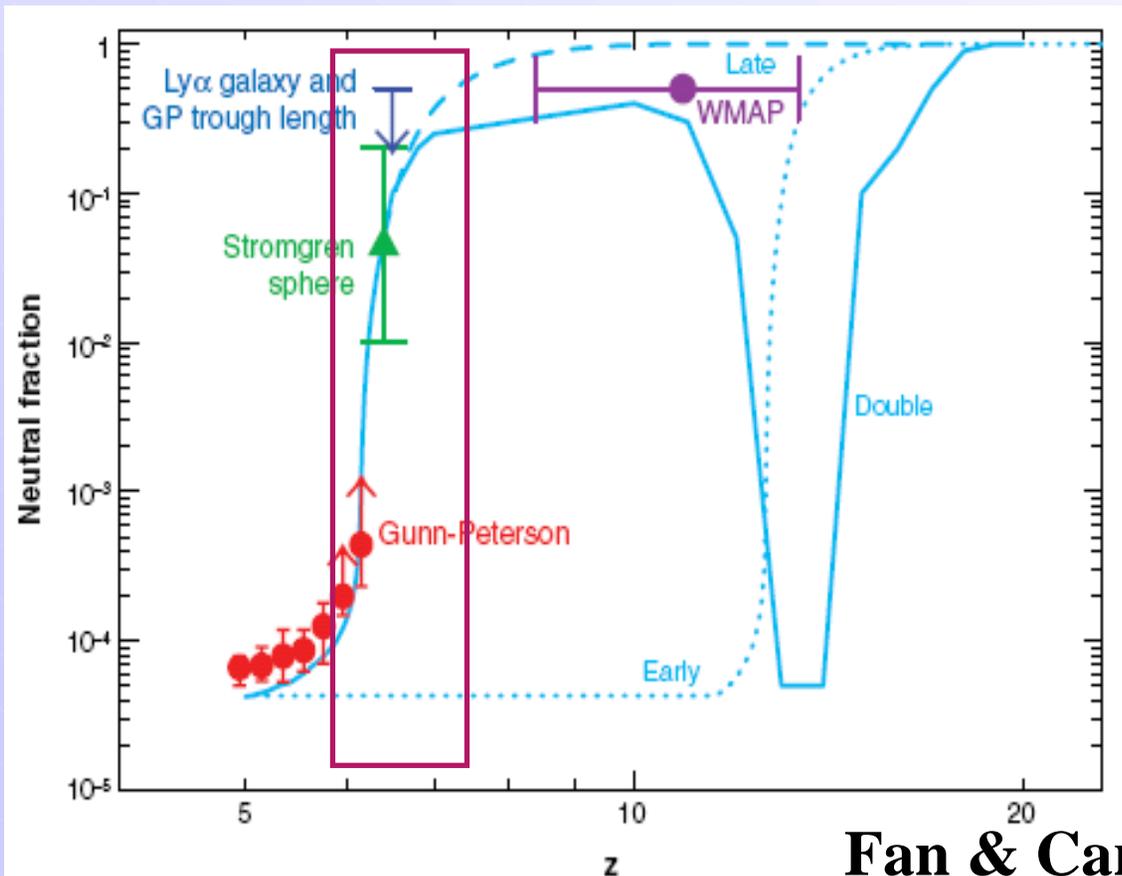
WISH サイエンスワークショップ 2009 @国立天文台  
2009/4/8

東京大学 天文センター D3 浅見奈緒子

# $z \sim 6$ の時代からさらに遠方へ

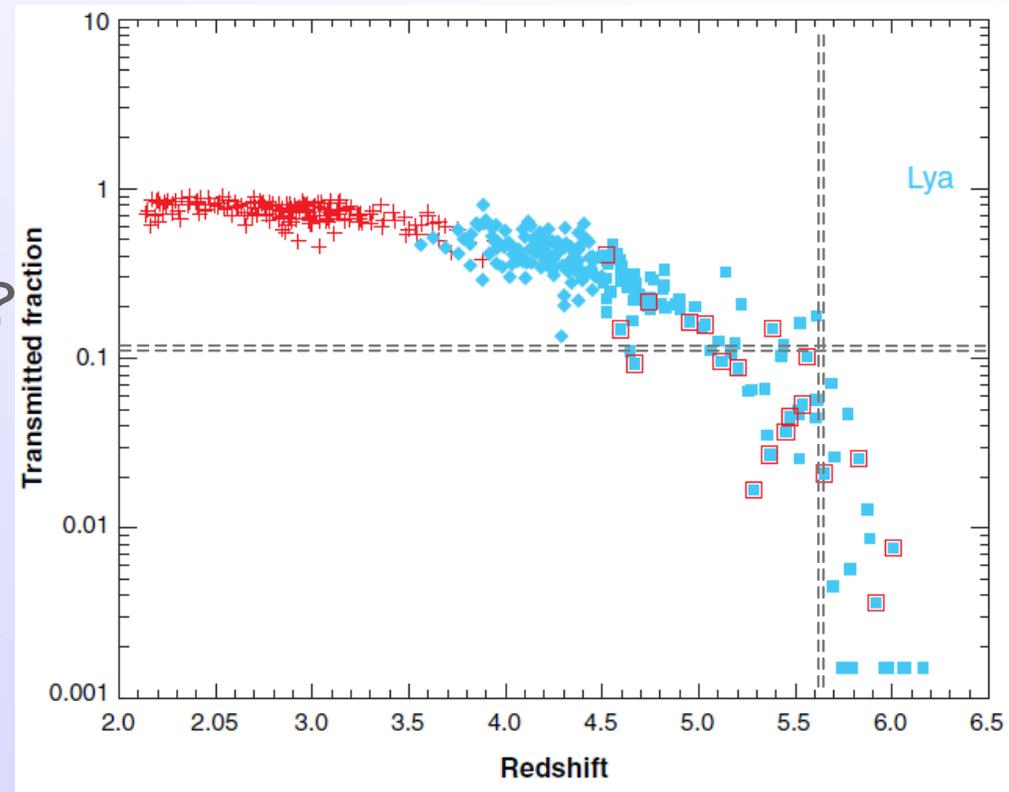
- $z \sim 6$  QSOs の発見数

宇宙再電離の進行状況に完全に因っている

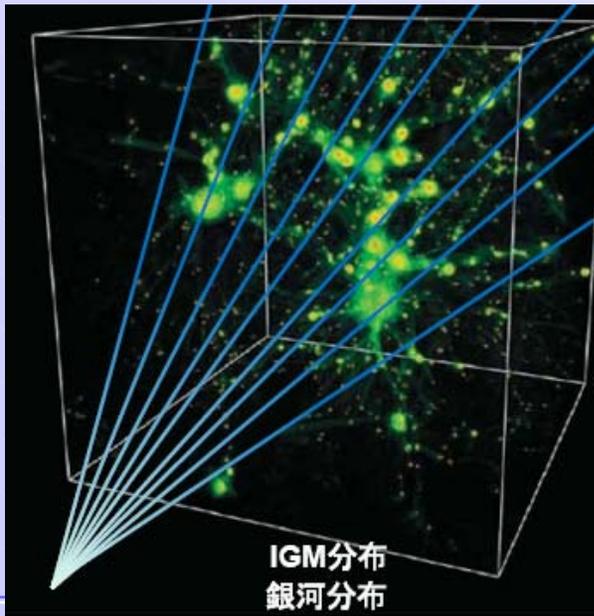


# 宇宙の再電離はいつ、どのように進んだのか？

- 視線方向のばらつき
- $z > 5.7$ から急激に増加
- 今発見されているQSOは吸収が強いものばかり？
- 予想される発見数は？



Fan & Carilli & Keating 2006

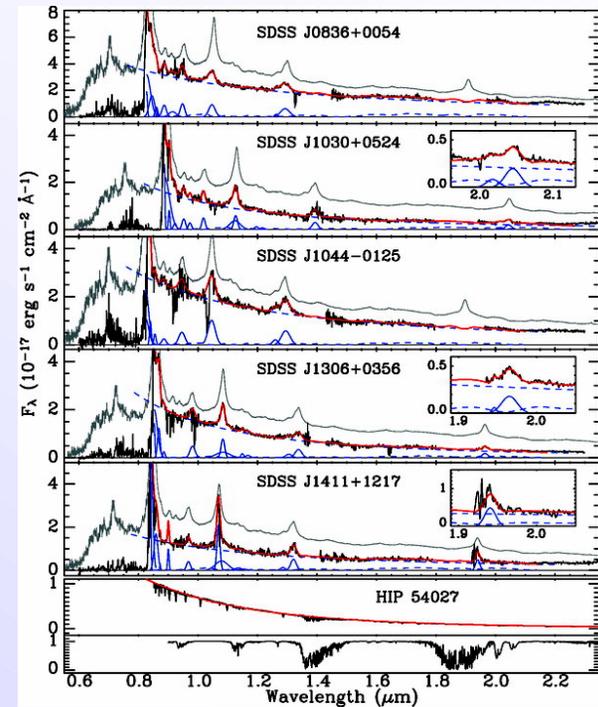
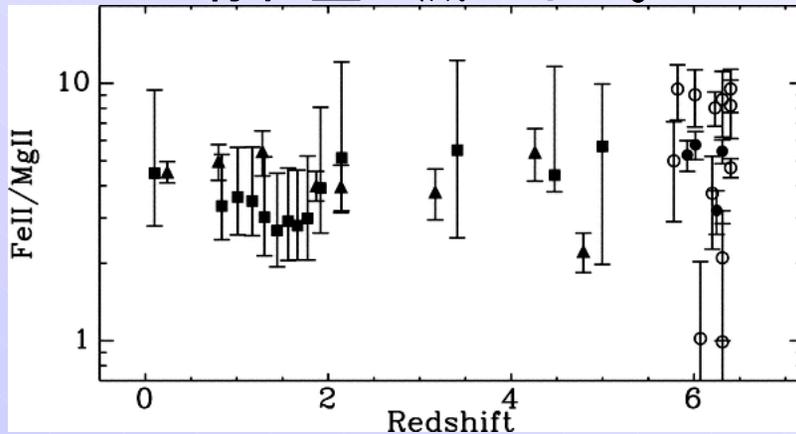


Kashikawa

# high- $z$ $>6$ QSO でのサイエンス

- 宇宙最初の星形成はいつ始まったのか(化学進化)?

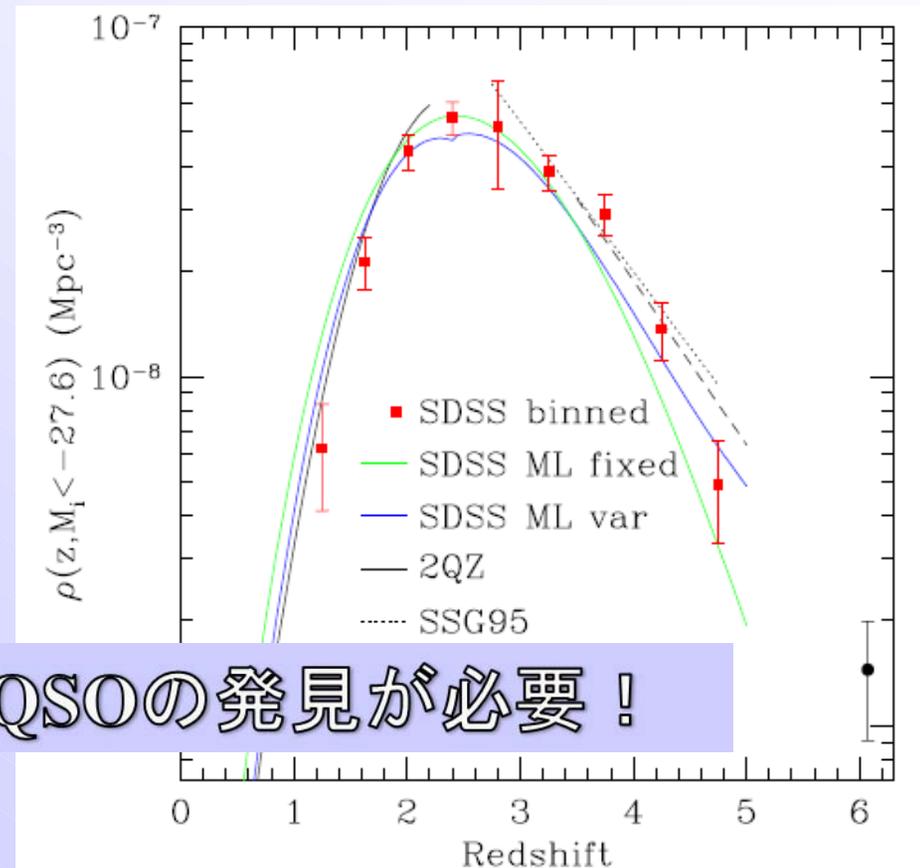
$z > 6$ に達しても、  
Feの存在量は減らない。



$z > 6$  QSO  
重元素汚染はどのようにになっているのか??

# QSOのnumber density

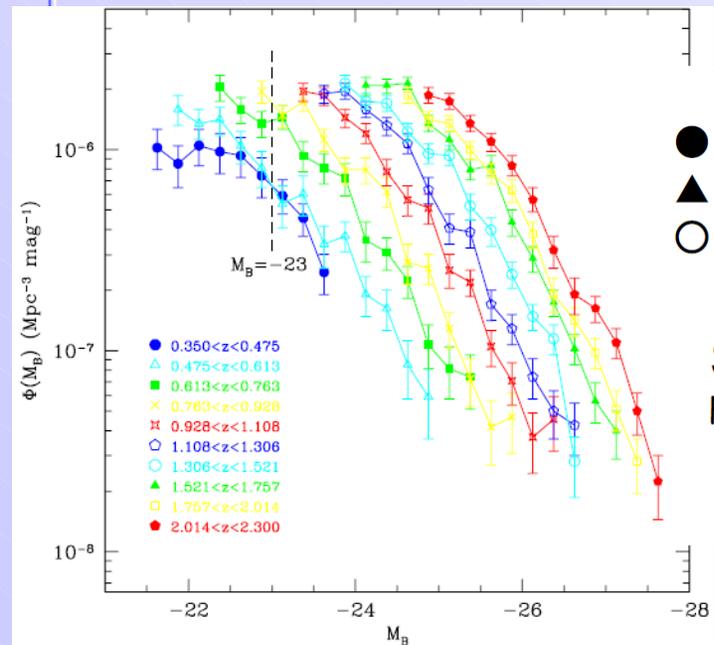
- High- $z$  で数密度は劇的に減少
  - 明るいものしか見つかっていない→正確な評価はできない
- QSOはいつなくなるのか？
  - $z > 6$ の時代に $M_{\text{BH}} \sim 10^{8-9} M_{\text{sun}}$
  - 1Gyr以内に形成出来るのか？
  - $z \sim 10-20$ に明るいQSOは存在するのか？
- モデルとの比較が必要



さまざまなタイプのQSOの発見が必要！

# QSOの光度関数の進化

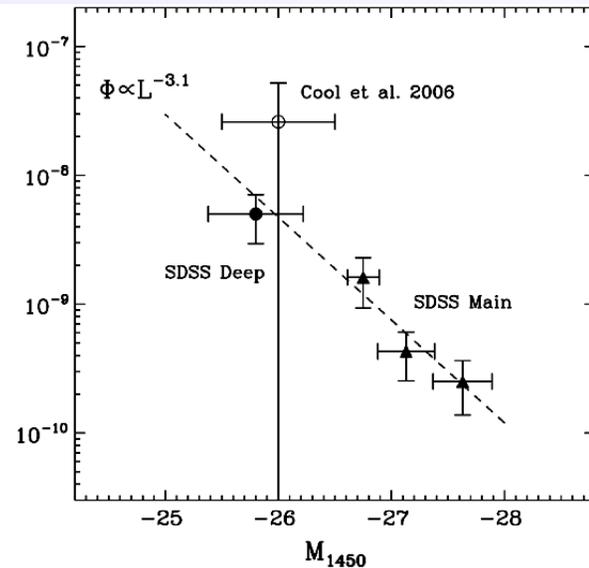
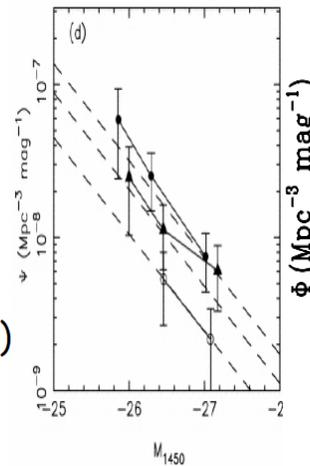
- QSOのlifetime
- QSOからのUV background
- $z \sim 6$  で電離するには...faint end slopeが重要！



- :  $3.6 < z < 3.9$
- ▲:  $3.9 < z < 4.4$
- :  $4.4 < z < 5.0$

**SDSS**  
Fan et al. (2001)

**Fan et al. 2001**

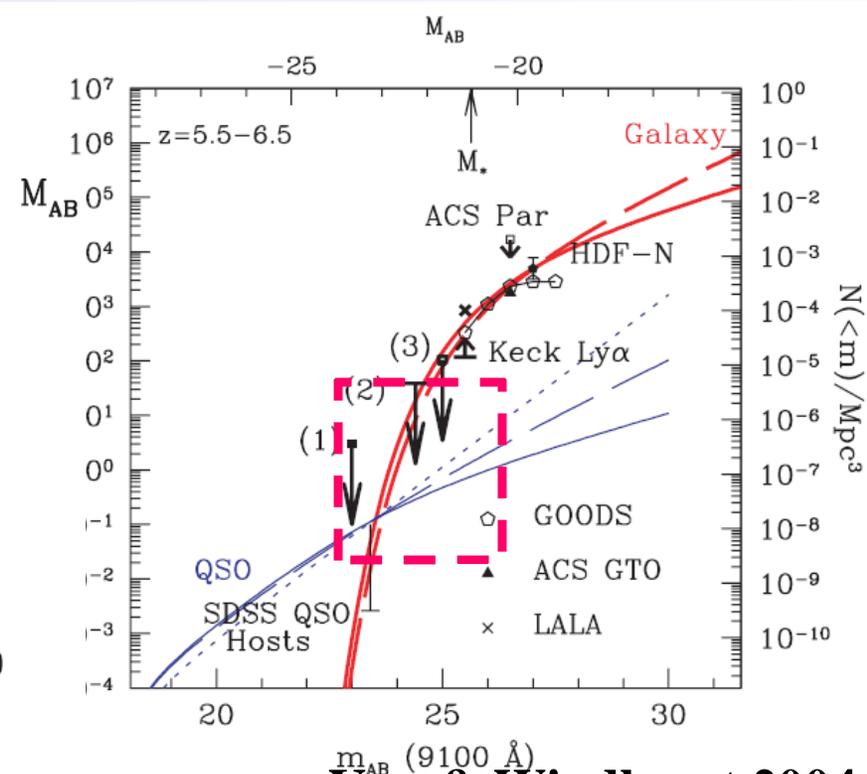
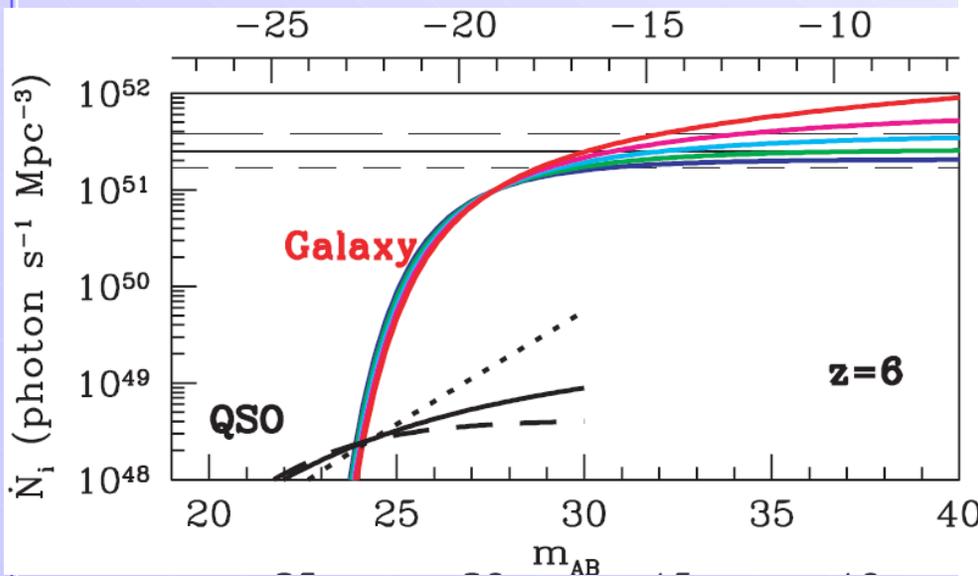


**Jiang et al. 2008**

# QSOが再電離に与えた影響は？

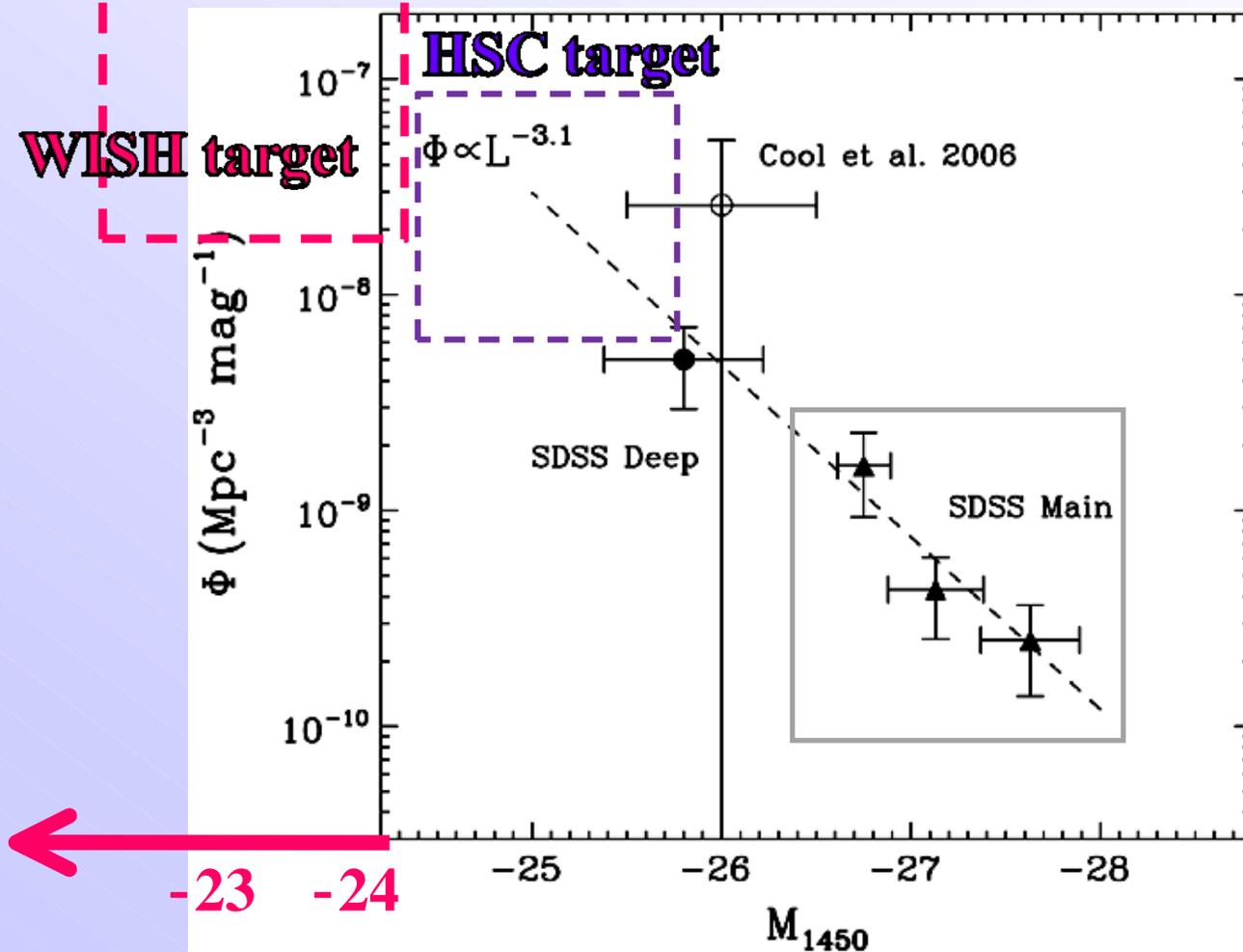
- 明るいQSO sampleでは足りない
- LFのfaint end ( $M^* < -23$ )のslope次第
  - Bright end slope  $\beta$
  - Faint end slope  $\alpha$

$$\Phi(M_{1450}, z) = \frac{\Phi(M_{1450}^*)}{10^{0.4(\alpha+1)(M_{1450}-M_{1450}^*)} + 10^{0.4(\beta+1)(M_{1450}-M_{1450}^*)}}$$



# $z > 6$ targets

- 暗いQSOsから明るいQSOsまで



Jiang et al. 2008

# 成長期のQSO?

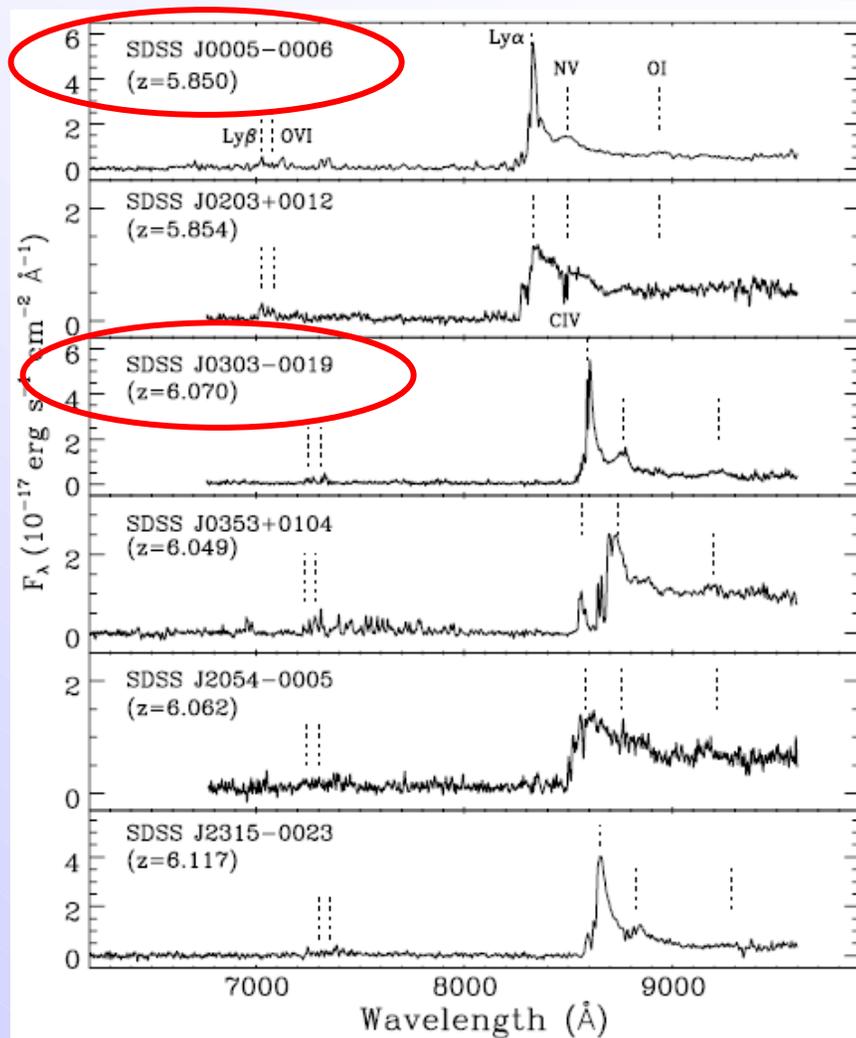
## SDSS deep surveyで発見した暗いQSO $z < 21$ mag

- 今まででは  $19 < z < 20$  magの  
明るいものばかり発見

$\text{Ly}\alpha$  FWHM  $\sim 1500$  km/s  
(BL  $\rightarrow$  NL)

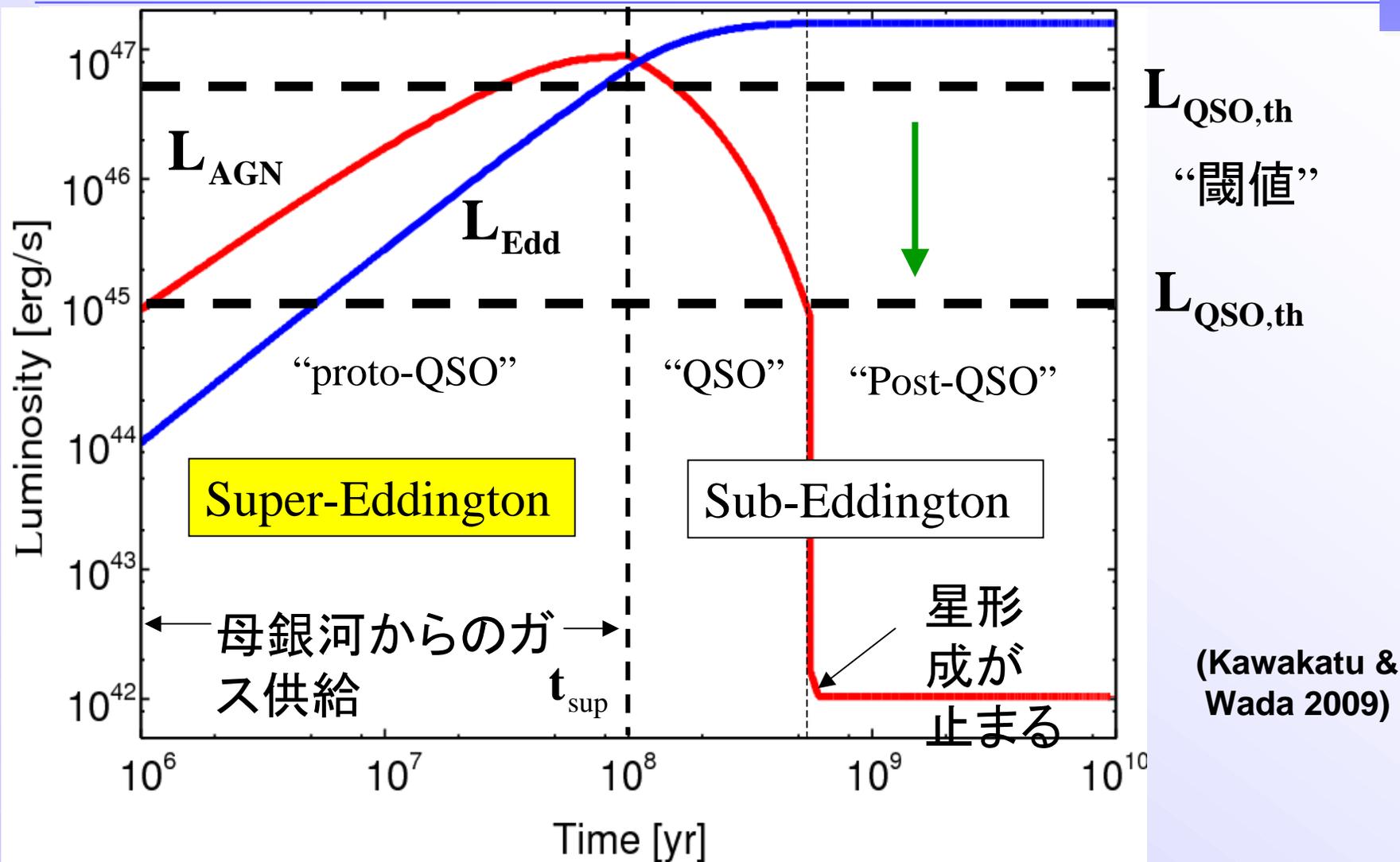
$$M_{\text{BH}} \sim 10^8 M$$
$$L/L_{\text{Edd}} \sim 1$$

- どんなphaseにいるQSO?
  - これから明るいQSOに成長?
  - ただのスケールダウン??



Jiang et al. 2008

# クエーサー光度の時間進化

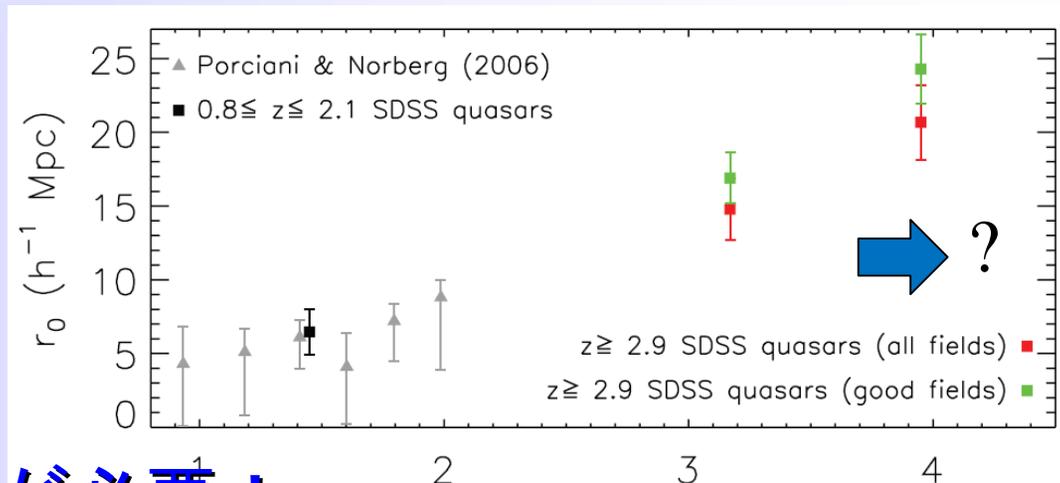


暗いQSO探査:異なる進化段階 “特にBH成長段階”を調べることが可能!

# QSO clustering

- high-z QSOs are strongly clustered (Shen et al. 2007)  
⇒  $M_{\text{DM}} \sim 10^{12-13} M_{\text{sun}}$  ? @z~6
- Overdensity @z~6: あるものとなないもの (e.g., Kim et al. 2008)
  - QSO host : not massive ?
  - QSOs suppress dwarf galaxy formation ?
- QSOによる違い?

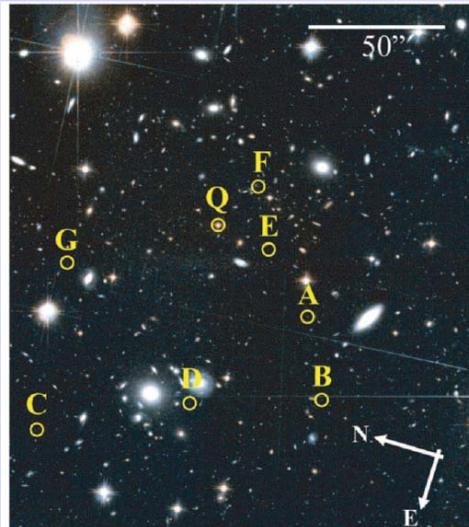
- よりhigh-zになれば?



より深く、広い探査が必要！

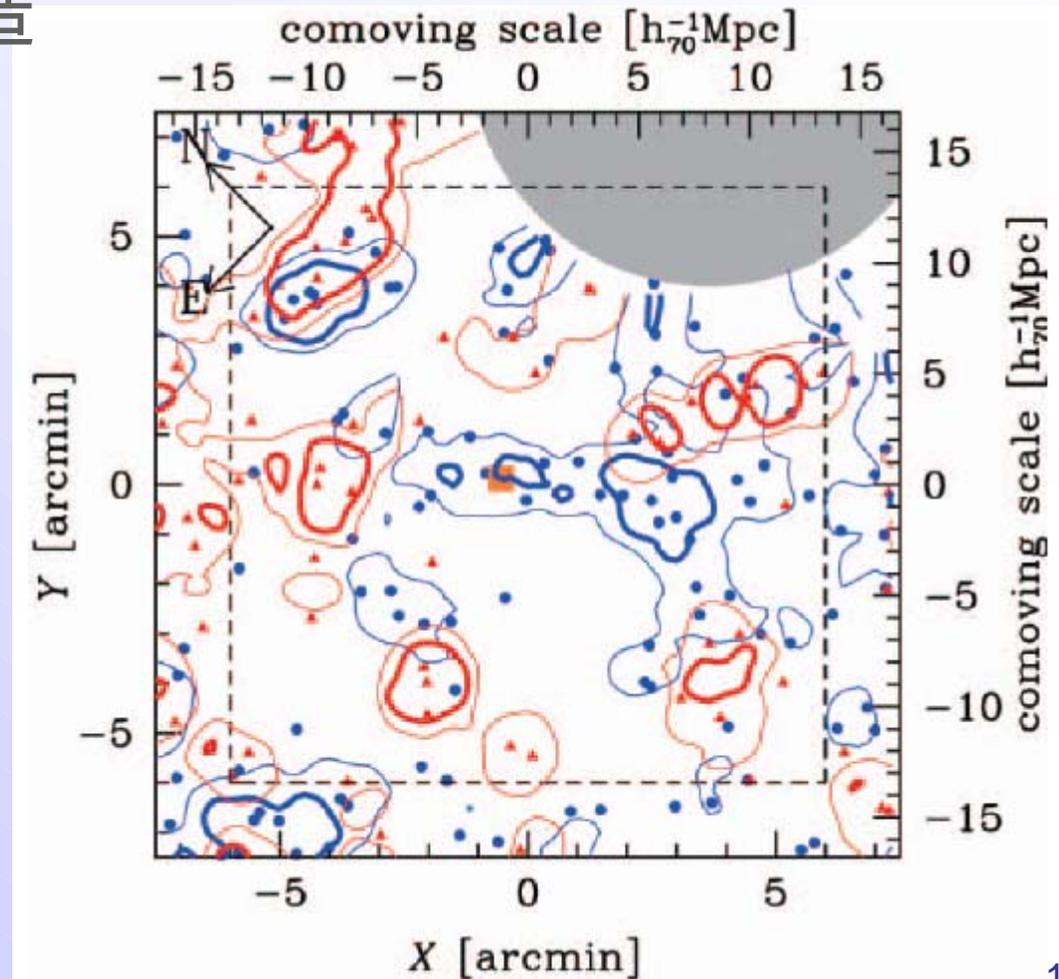
# QSO環境

- QSOの存在する環境は？
- LBGのフィラメント構造
- LAEのvoid



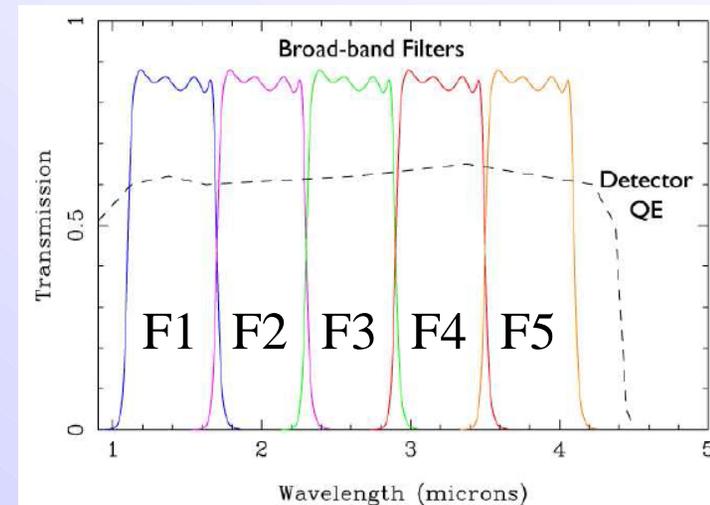
Zheng et al. 2006

Kashikawa et al. 2007



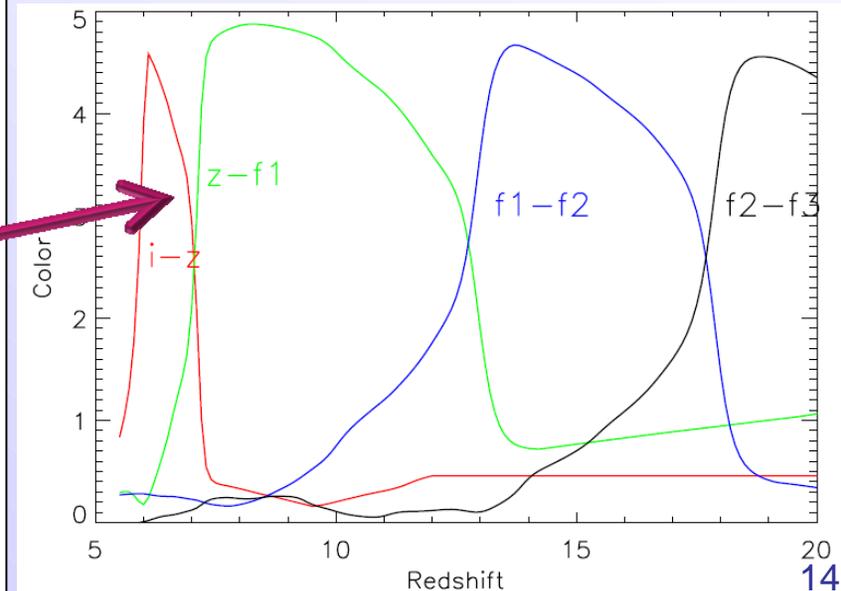
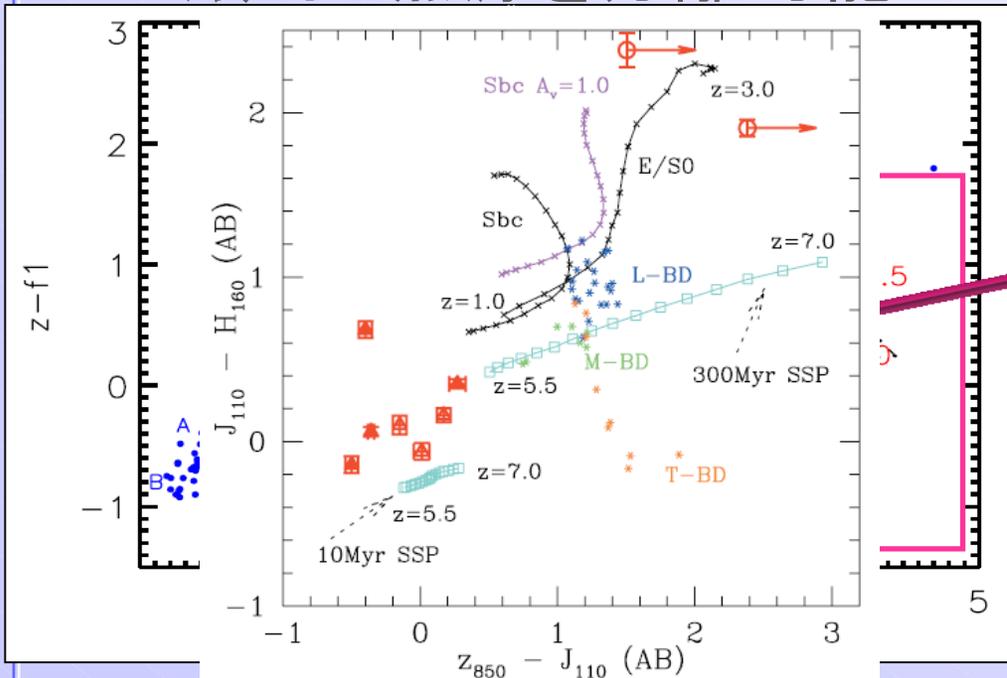
# 現在の survey plan

- Ultra-Deep Survey (UDS)
  - F1(20h-28.7), F2(20h-28.6), F3(10h-28.2)
  - 340視野---102deg<sup>2</sup>
- Multi-Band Survey (MBS)
  - F4(10h-28.0), F5(10h-27.7)
  - 100視野---30deg<sup>2</sup>
- Ultra-Wide Survey (UWS)
  - 3 band 30min-25AB
  - 1000deg<sup>2</sup>



# 手法

- 3色のfilterで分離
  - ex. i-z vs z-f1
  - ex. z-f1 vs f1-f2
  - Compact galaxies (z=1-3) ---> 分解能 0.17" @ 1um
  - 銀河と点源を分離可能！



# 発見数の見積もり

## ◎ QSO at $z > 6$ (UWS)

$z \sim 6$  QSO LF より

( $M_{1450} < -26$  mag での光度関数)

$AB < 25$  mag @ 1000 deg<sup>2</sup>

◎  $z \sim 6$  → ~ 1000 - 10000 QSOs

◎  $z \sim 7$  → ~ 100 - 1000 QSOs

◎  $z \sim 8$  → ~ 100 QSOs

分光はWFMOS、TMT などで行う

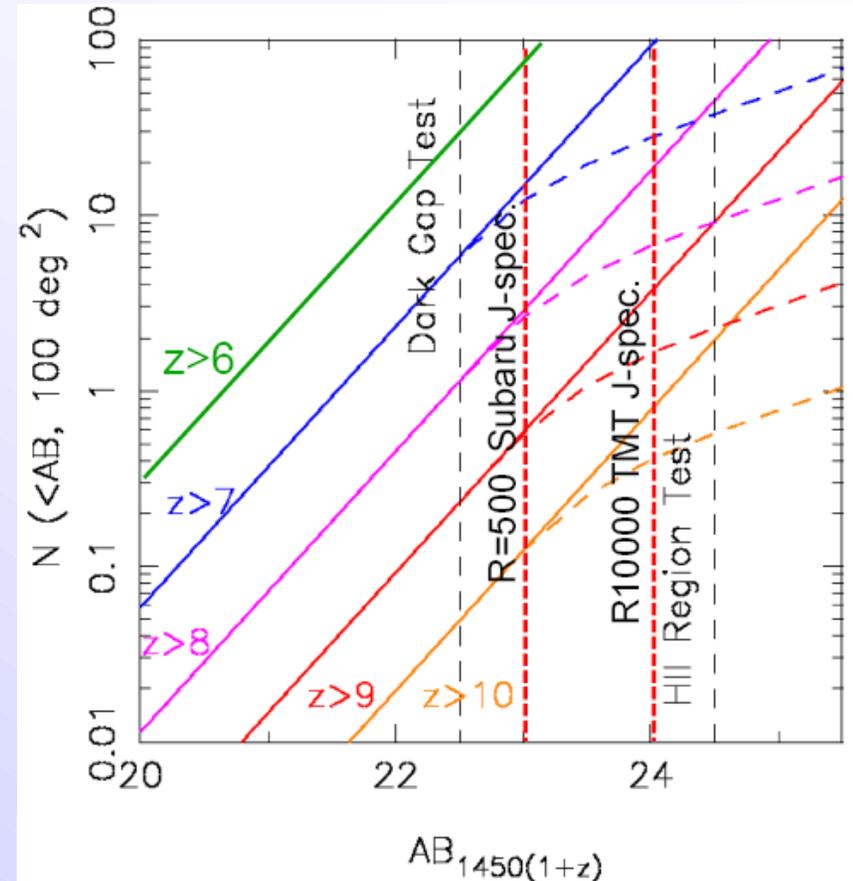
→ **統計的な議論へ**

◎  $z \sim 9$  → 10 ~

◎  $z \sim 10$  → 1 ~

◎  $z > 10$  → ...

◎  $z > 20$  → ...



**Kashikawa**

# 発見数の見積もり

## ◎ QSO at $z > 6$ (UDS)

AB < 27-28mag @ 100 deg<sup>2</sup>

← 対応する可視のimageが必要

◎  $z \sim 6$  → ~ 10000 - QSOs

◎  $z \sim 7$  → ~ 100 - 1000 QSOs

◎  $z \sim 8$  → ~ 100 QSOs 分光はWFMOS、TMT などで行う

◎  $z \sim 9$  → 10 ~

◎  $z \sim 10$  → 1 ~

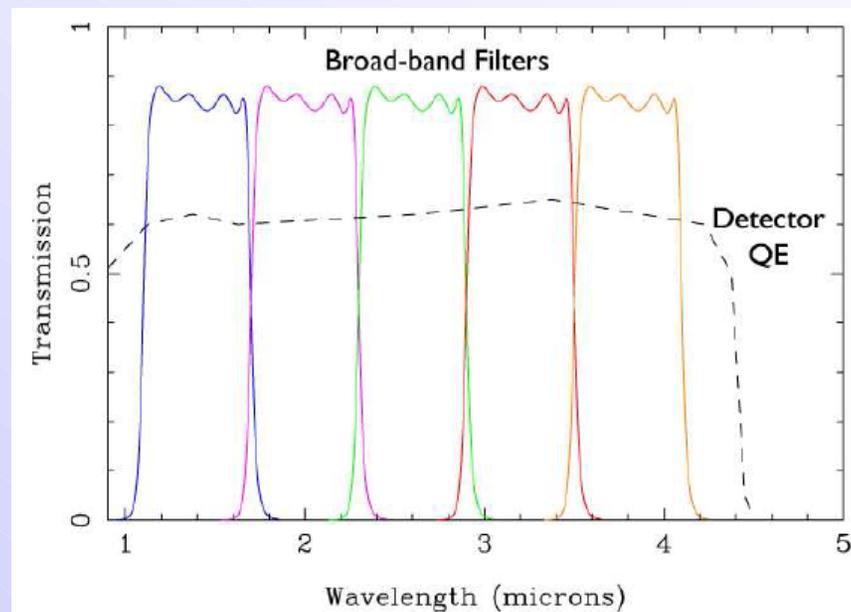
◎  $z > 10$  → ...

	$g_1$	$r_1$	$i_1$	$z_1$	$y_1$	$i_2$	$z_2$	$y_2$
$T_{exp}$ [min]	15	15	15	15	15	60	120	120
depth[AB]	26.5	26.2	25.8	24.7	23.4	26.6	25.9	24.6
lunar phase	d	d	d	d/g	d/g	d	d/g	d/g
seeing[arcsec] <sup>(a)</sup>	1.0	1.0	0.7	1.0	1.0	0.7	1.0	1.0
area[deg <sup>2</sup> ]	1000	1000	1000	2000	1000	50	50	50

# WISHで狙えるredshift、しかし ～WISHへの提案～

- $z \sim 6-30$
- しかし...  $z > 10$  を超えると発見期待値が非常に小さい
- バンド幅が広すぎて、情報がなまされてしまう

- Survey領域の選択
- Narrow band filter
- Slit-less 分光
- →輝線の情報！



# Summary

- High-z QSO 探査の重要性
  - $z \sim 6,7$  の faint QSO sampleを増やす
  - $z > 8$  QSOは一体どこでなくなるのか？
  - $z > 8$  QSO(SMBH)は最初の1Gyr以内に、どのように形成、成長しているのか？
- 再電離に及ぼした影響は？
  - LF の faint end が重要な鍵を握る！
- QSOはどのような環境に形成、存在するのか？
- 母銀河
- Filter set (NB)、slit-less & より深く、より広く