

南天における高赤方偏移($z > 5.7$) クエーサーの探索

研究会

「銀河形成研究の最前線：
『自称』若手研究者のビジョン」
2008年2月13-15日

東京大学 天文センター 博士1年
浅見奈緒子

川良公明, 松岡良樹, 鮫島寛明 @ IoA, UT
大藪進喜 @ ISAS/JAXA
B.A.Peterson @ ANU/RSAA
柳澤 顕史 @ NAOJ

Contents

- Introduction
- Strategy
- Optical&NIR Observations
- Results
- Spectroscopy
- Future work

Contents

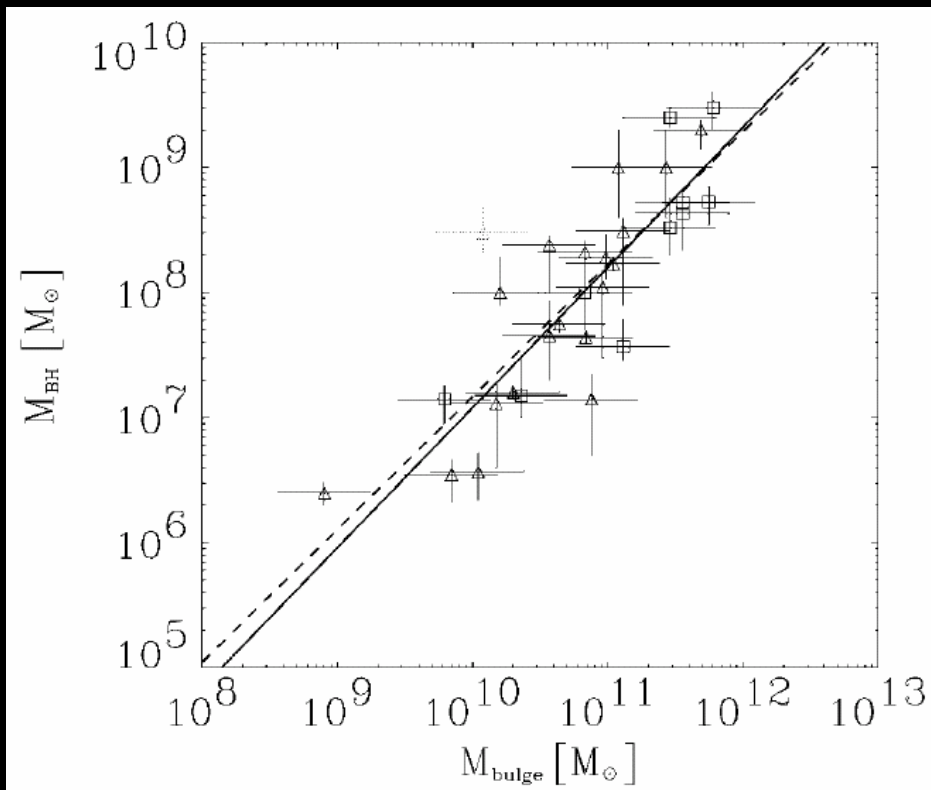
- Introduction
- Strategy
- Optical&NIR Observations
- Results
- Spectroscopy
- Future work

Introduction

- 目指すサイエンス
 - クエーサー形成 ... 銀河形成
 - 高赤方偏移(初期宇宙)での化学進化
 - 宇宙再電離の構造
 - ... など

M(BH)-M(bulge) relation

Direct link of
Quasar formation to galaxy formation



$$M(\text{BH}) \sim M(\text{bulge}) / 1000$$

$M(\text{BH}) \sim 10^{9.5} M(\text{sun})$
discovered at $z > 6$

→

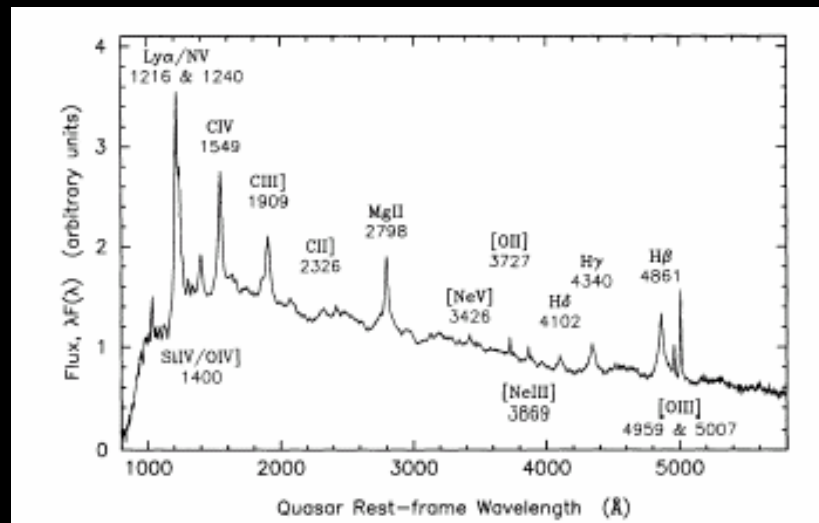
$$M(\text{bulge}) \sim 10^{12.5} M(\text{sun})$$

We can observe
the formation of host galaxy !

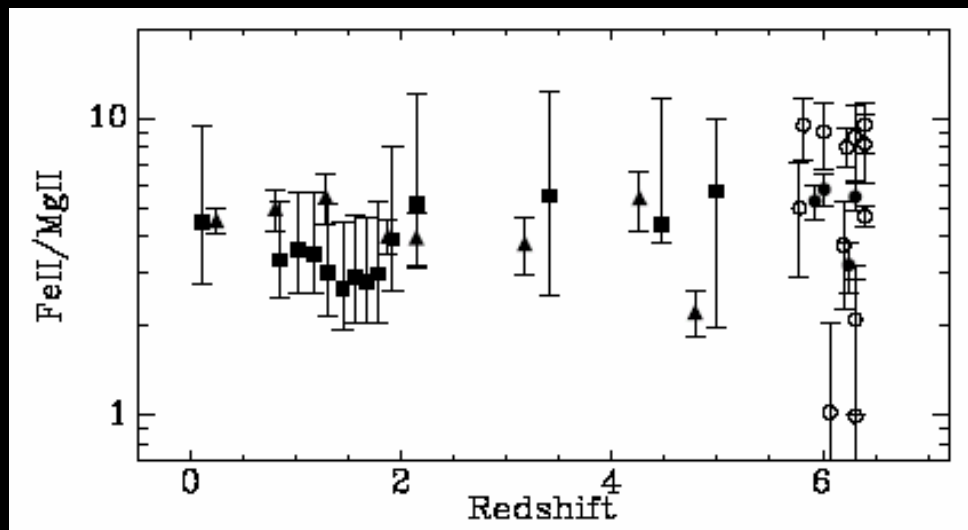
Haring & Rix. 2004

高赤方偏移(初期宇宙)での化学進化

- Mg(元素)
- • • II型超新星
- Fe • • • Ia型超新星

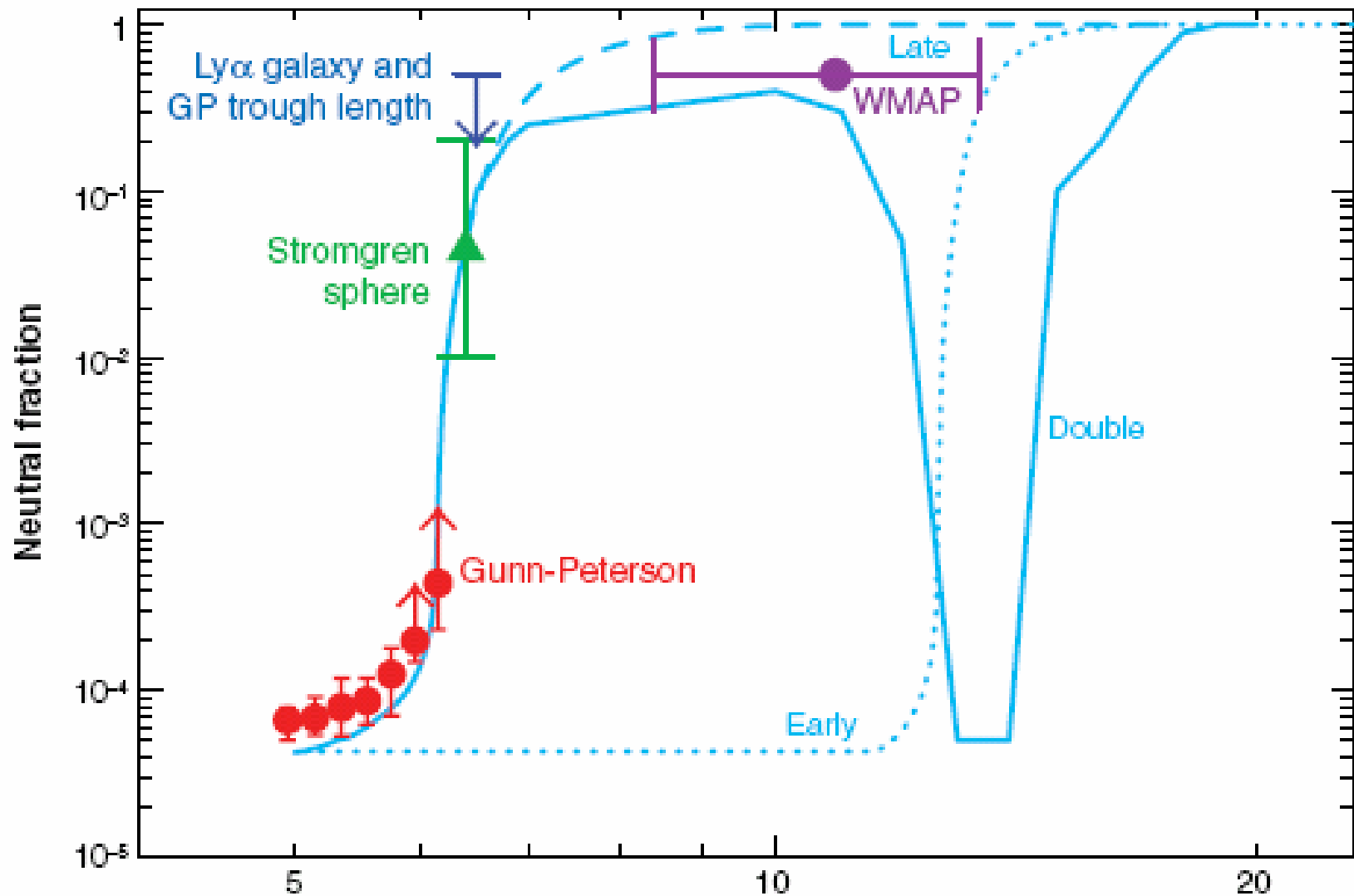


Francis et al. 1991

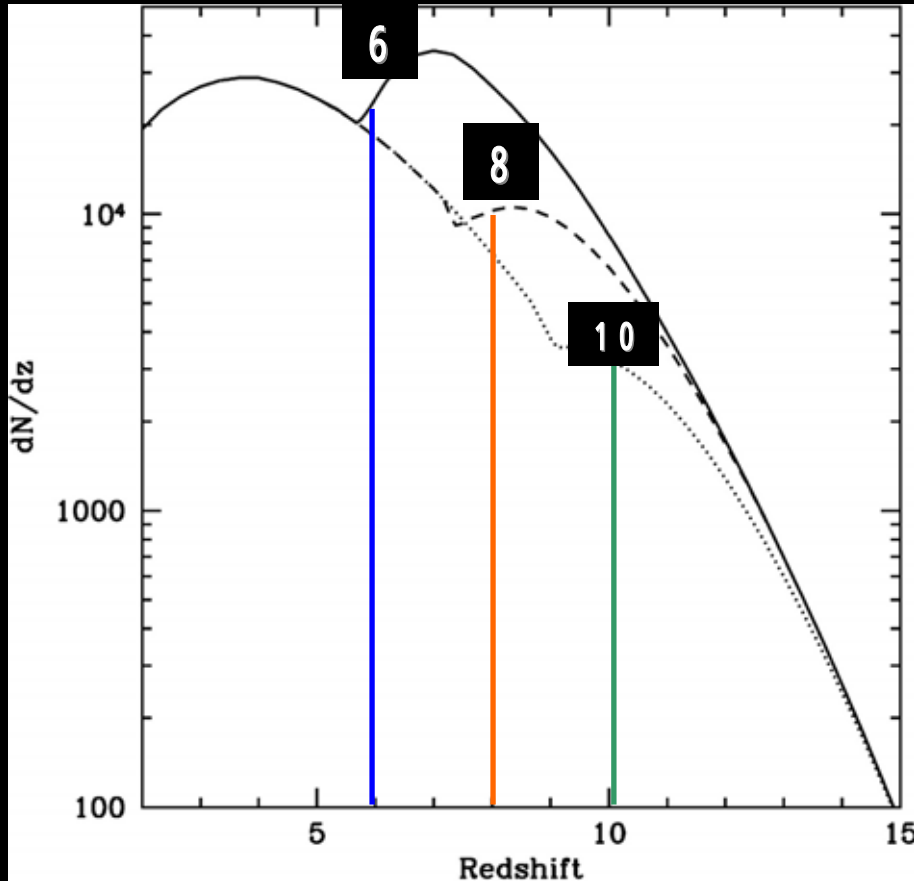


Jiang et al. 2007

宇宙再電離の終了時期



銀河の数



再電離終了に時期によって...

Solid : $z \sim 6$

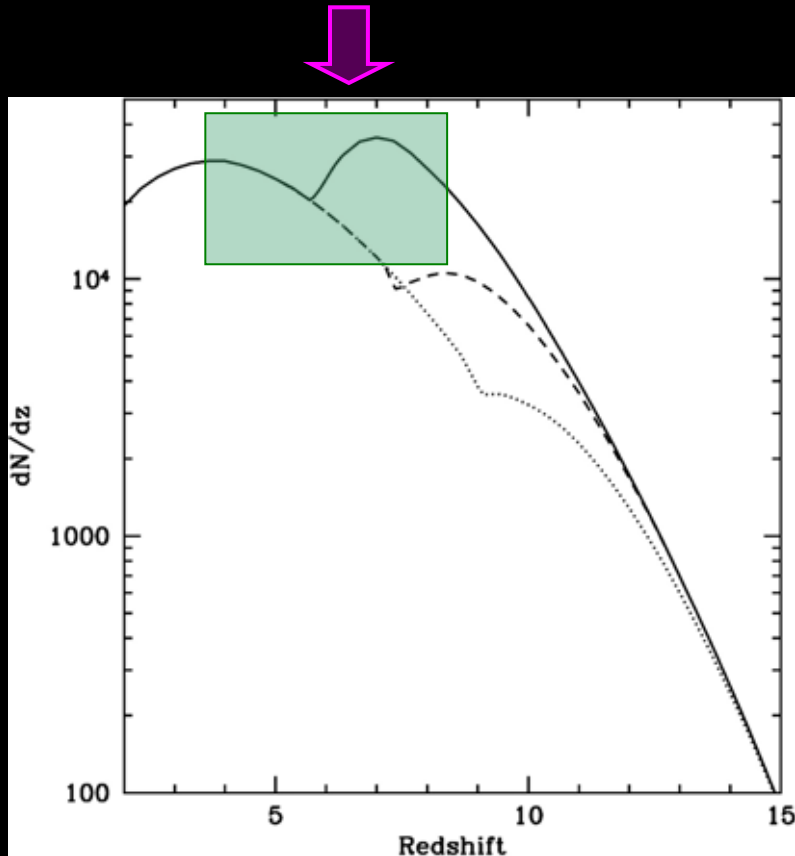
Dash : $z \sim 8$

Dot : $z \sim 10$

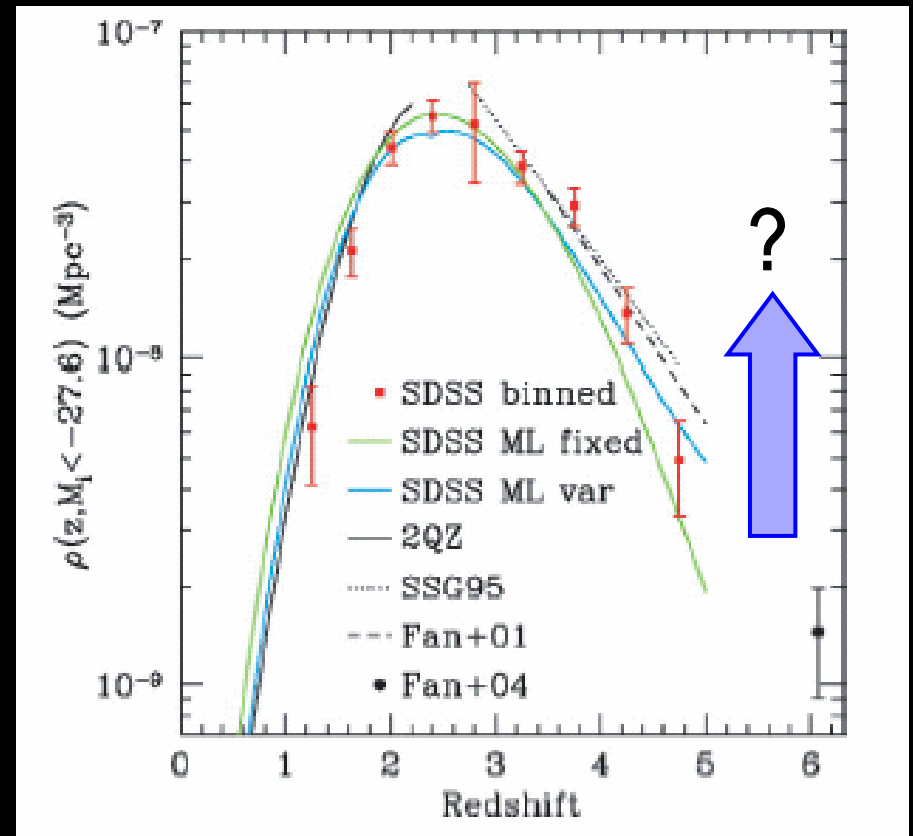
銀河の数は

再電離終了の時期によっている

では、クエーサーは？



Loeb & Barkana (2001)



Reichardt et al. 2006

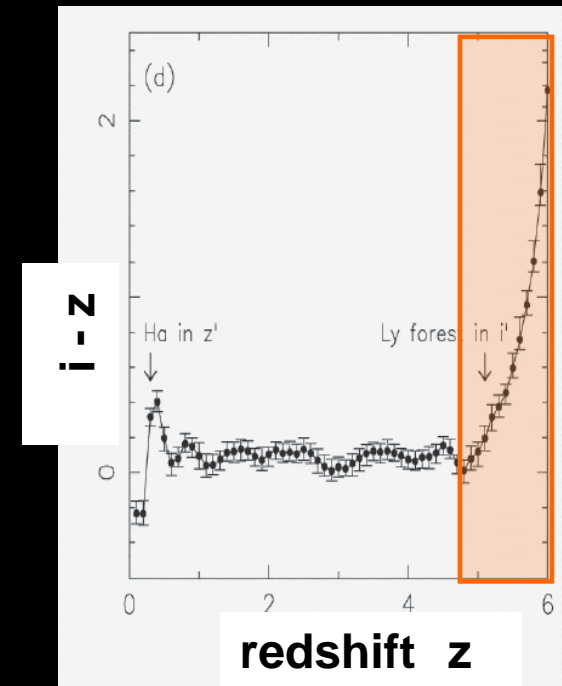
Contents

- Introduction
- **Strategy**
- Optical&NIR Observations
- Results
- Spectroscopy
- Future work

Strategy

カラーセレクション

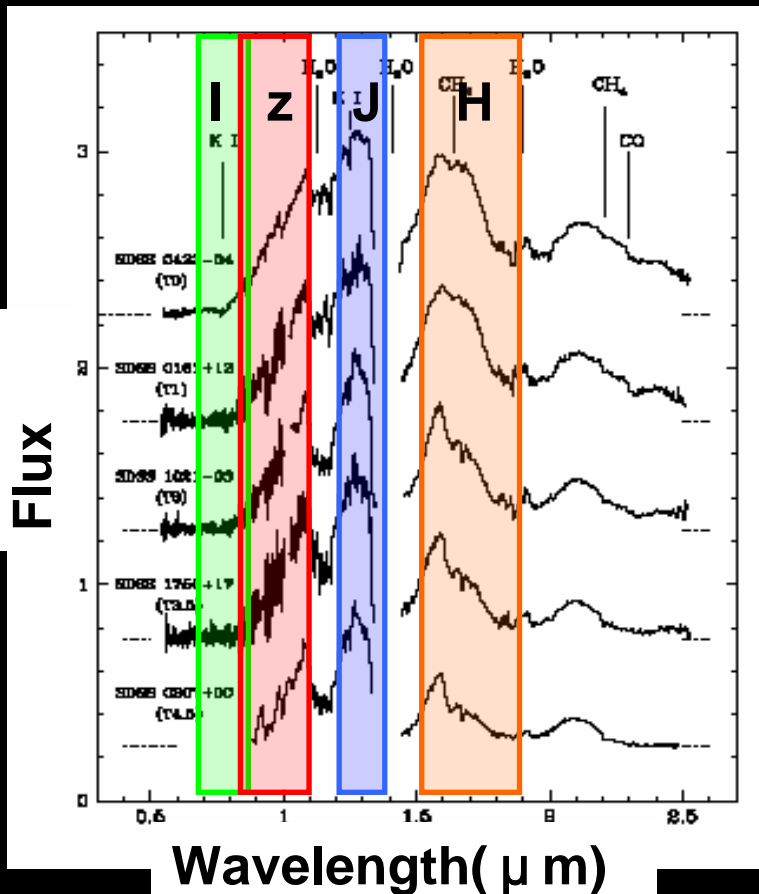
- IGM中のHIによる吸収を利用.
 - Ly よりも短い波長で吸収.
 - その吸収がどのfilterに入るのか
 - $z > 6$ クエーサーに最適化.
- 可視の 2 filter(l, z)で観測
 - l -dropout objectsを pick up!
 l filterにフラックスがない



(Fan et al. 1999)

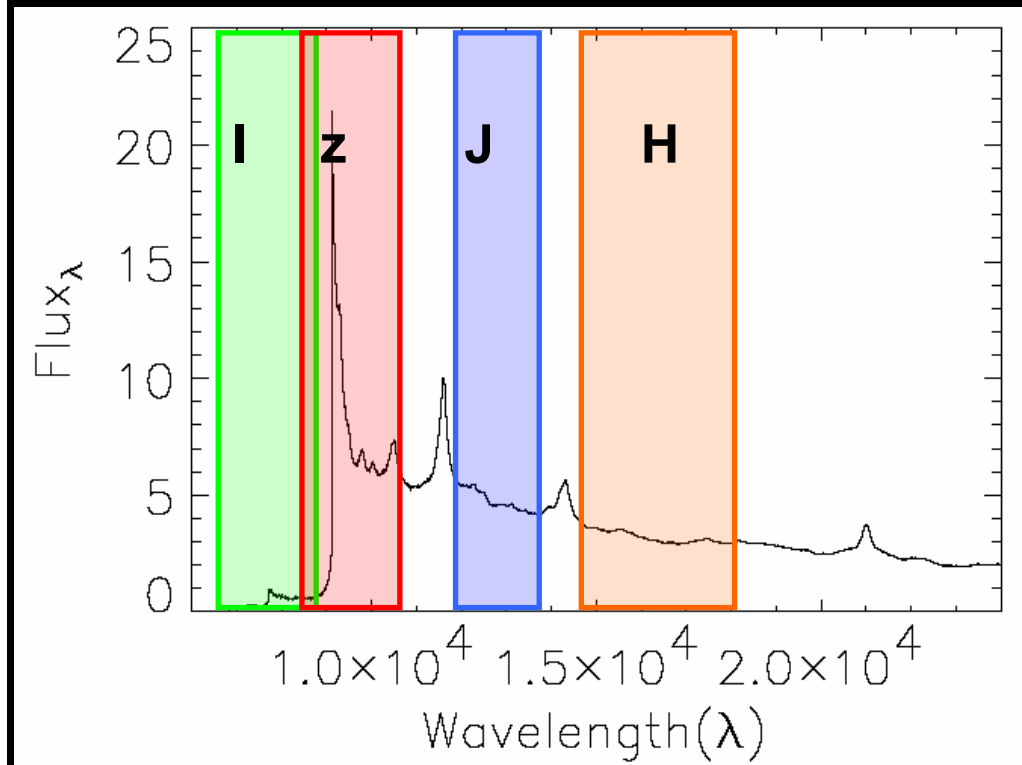
Strategy カラーセレクション

- 近赤外測光：クエーサーのz-Jのカラーは
dwarf よりも青い



Wavelength(μm)

(Geballe et al. 2002)



SDSS $z > 5.8$ quasar survey

6600 平方度中

総天体数 ... 180,000,000

$i \sim 21.3$ mag, $z \sim 20.5$ mag (AB)

i -dropouts ($i-z > 2.2$ & $z < 20.2$) ... 499

M/L dwarf ... 318

T dwarf ... 39

BAL quasar ... 1

Quasar ($z > 5.7$) ... 19

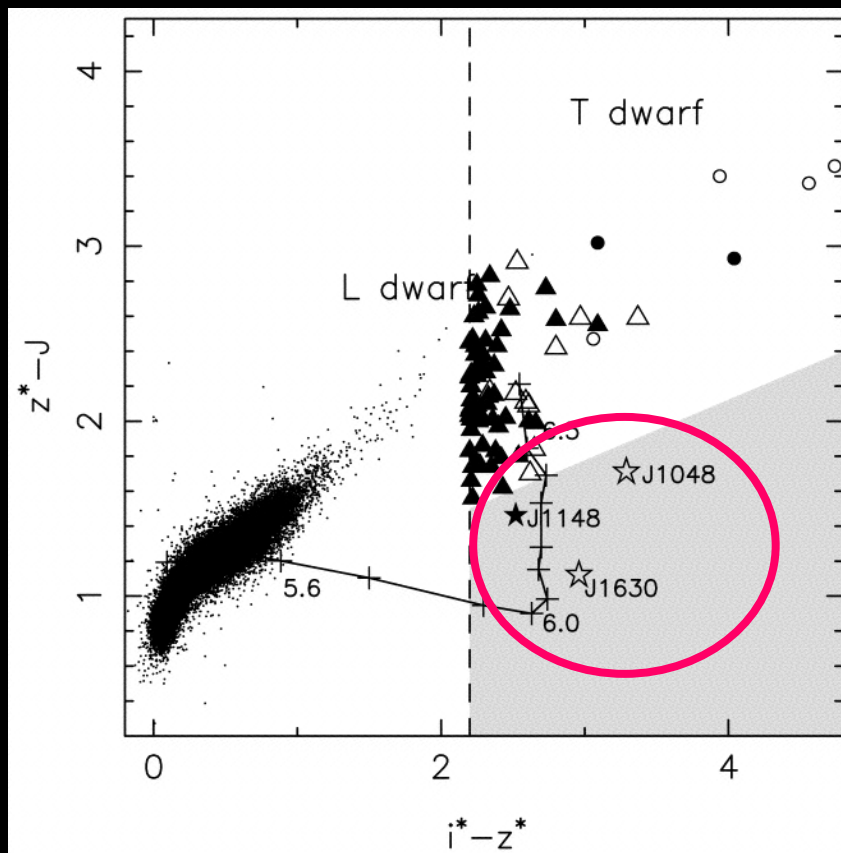
Quasar ($z > 6$) ... 9

False detection (cosmic ray) ... 122

95% dwarfs、5% quasar

$z-J < 1.5 - 2.4$

ほぼ dwarf を除去



(Fan et al. 2003)

Other detections of high- z quasars

CFHQS (Canada-France High- z Quasar Survey)

400平方度中

4 quasars at $z \sim 6$ (6.04, 6.12, 6.13, 6.43)

そしてこの中にまだいるはず...

detect rate > 1 quasar/ 100 square degrees

$i \sim 24.5$ mag, $z \sim 22.5$ mag (AB)

(Willott et al.2007)

I/z/J/H photometric survey for finding $z \sim 7$ quasars

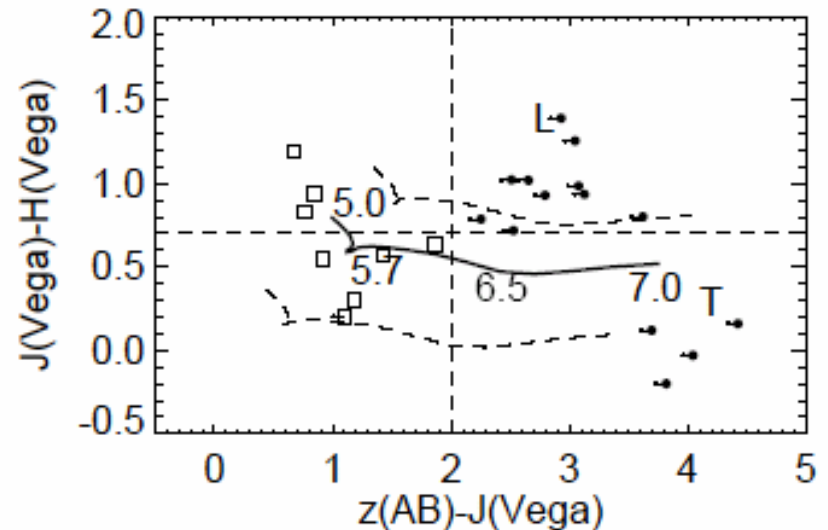
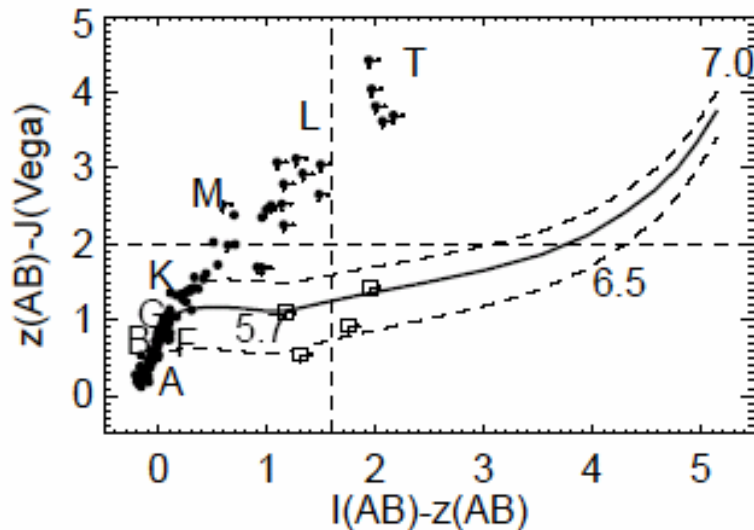
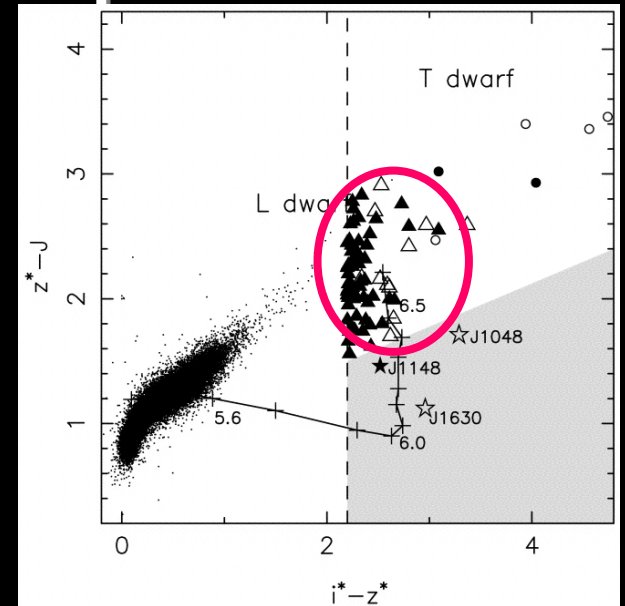
I-dropouts ($I-z > 1.6$)の選択
J/H color のフォローアップ

SDSS では $z > 6.5$ クエーサーを落としてしまう

SDSS ... $z < 6.5$

Our survey ... $z < 7$ possible

我々は $z = 6.5 - 7$ クエーサーと
混合してしまう dwarf を除去できる



Contents

- Introduction
- Strategy
- Optical&NIR Observations
- Results
- Spectroscopy
- Future work

Photometric survey

I/z CCD survey

UK Schmidt 望遠鏡 with IoA camera

...15 夜 200 平方度

• SSO 40inch 望遠鏡 with WFI

...132 夜 860 平方度

深さ I (AB) ~ 21.5等, z (AB) ~ 20.7等

SDSSよりも 0.5等 暗い i-dropouts

総サーベイ領域 1000 平方度 から

600 個のi-dropouts

J/H photometry of i-dropouts

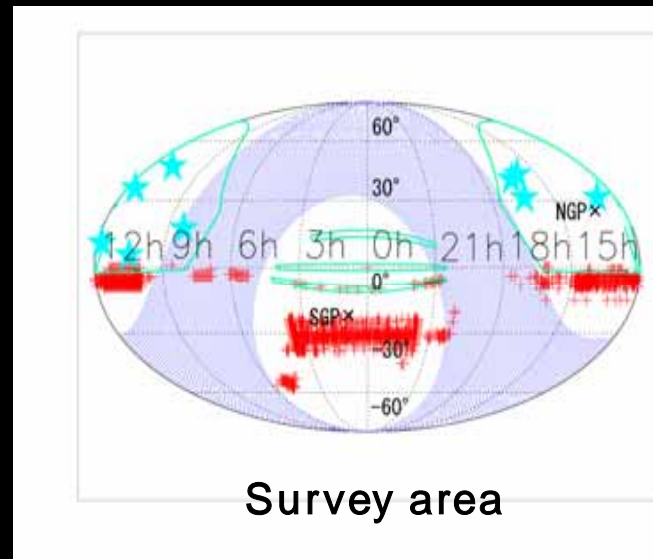
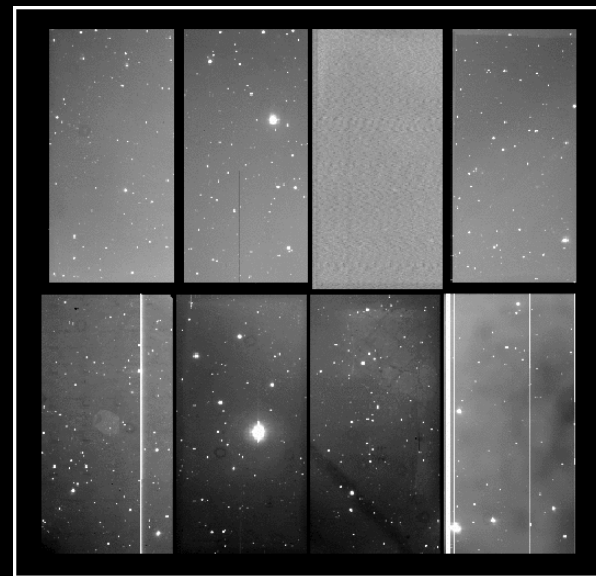
SSO 2.3m 望遠鏡 CASPIR ...72 夜 ... 120 observed

IRSF 1.4m 望遠鏡 SIRIUS ...56 夜 ...201 observed

OAO 1.8m 望遠鏡 ISLE ... 7 夜 ... 7 observed

J (Vega) ~ 19-20等 程度の深さ

... in progress

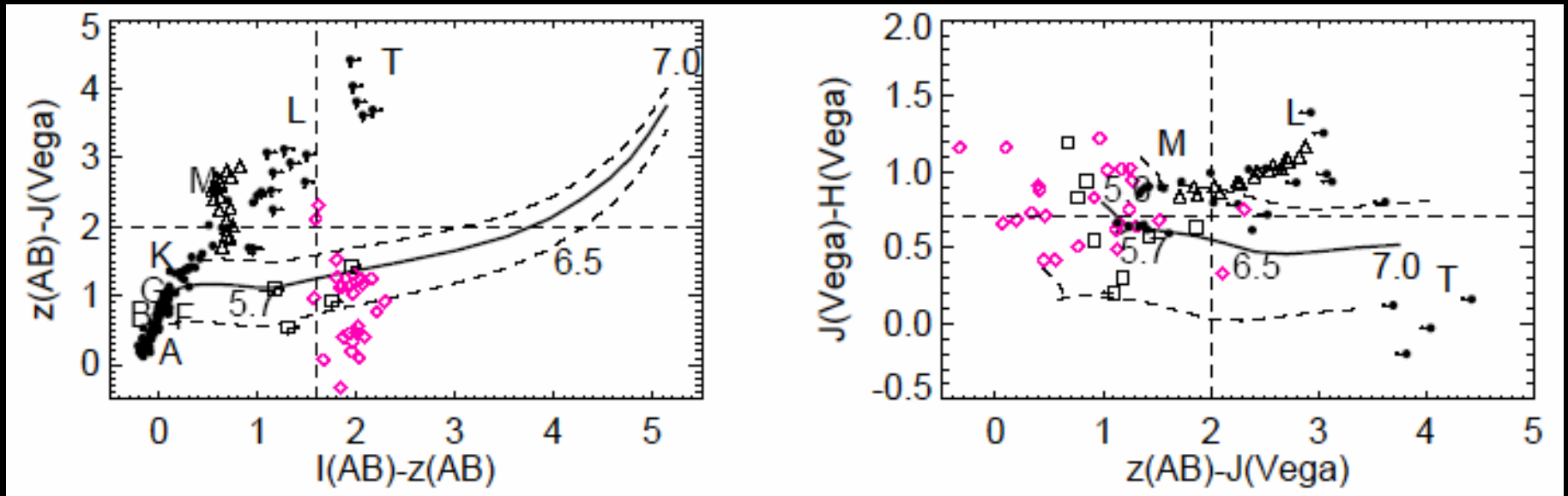


Contents

- Introduction
- Strategy
- Optical&NIR Observations
- **Results**
- Spectroscopy
- Future work

Spectroscopic Identification

近赤外観測の解析を終えた90個のI - dropouts から
26個の分光候補

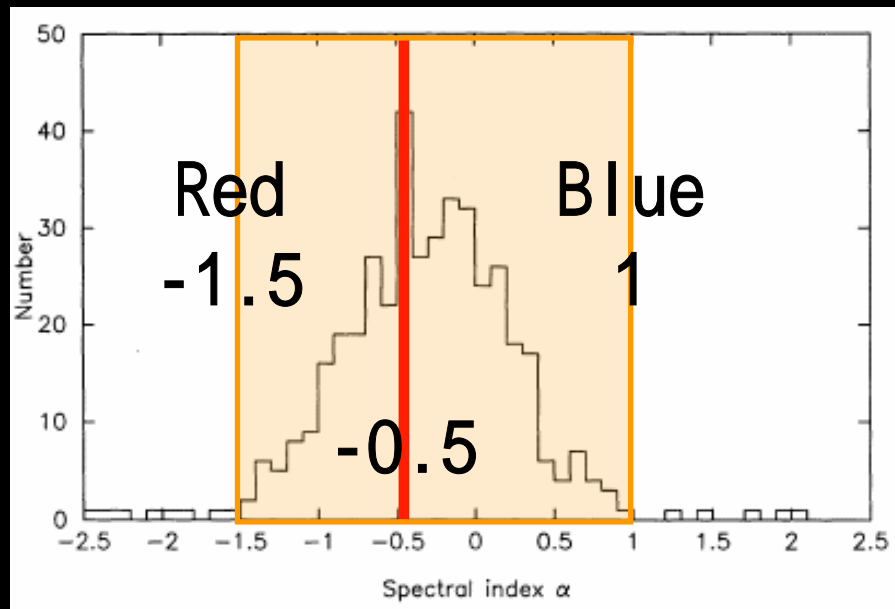
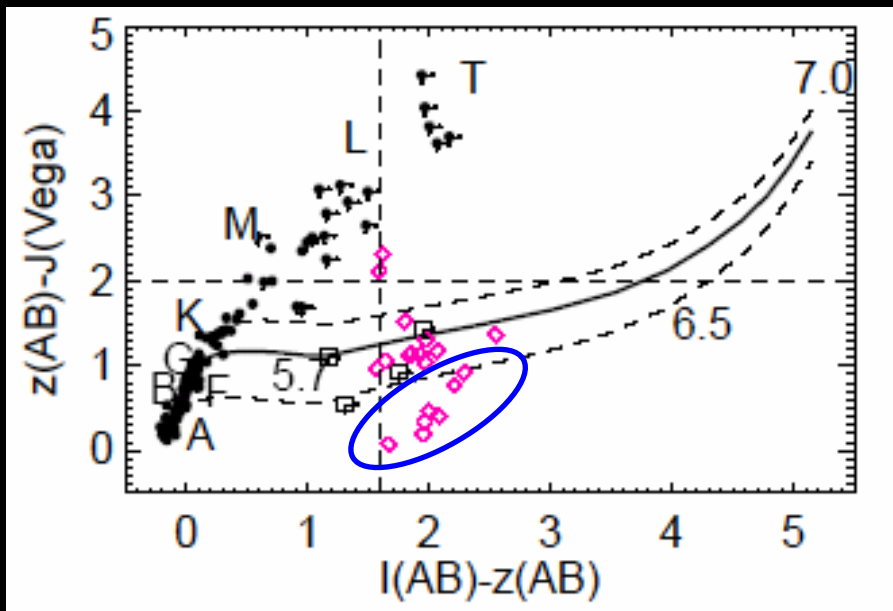


これらの天体を分光同定！！
CTIO 4m, Gemini

proposal提出

すばる、VLT、CTIO 4m (08A期)

Many blue quasar candidates?



Quasar (SDSS)	Redshift	Slope _{uv} (α_v) ^a
J0836+0054	5.810 ± 0.003^c	$-0.62^{+0.06}_{-0.06}$
J1030+0524	6.309 ± 0.009	$0.46^{+0.18}_{-0.25}$
J1044-0125	5.778 ± 0.005^d	$-0.27^{+0.09}_{-0.10}$
J1306+0356	6.016 ± 0.005	$0.50^{+0.12}_{-0.14}$
J1411+1217	5.927 ± 0.004	$-0.21^{+0.16}_{-0.19}$
J1623+3112	6.247 ± 0.005	...

典型的なクエーサー f

spectral index ~ -0.5

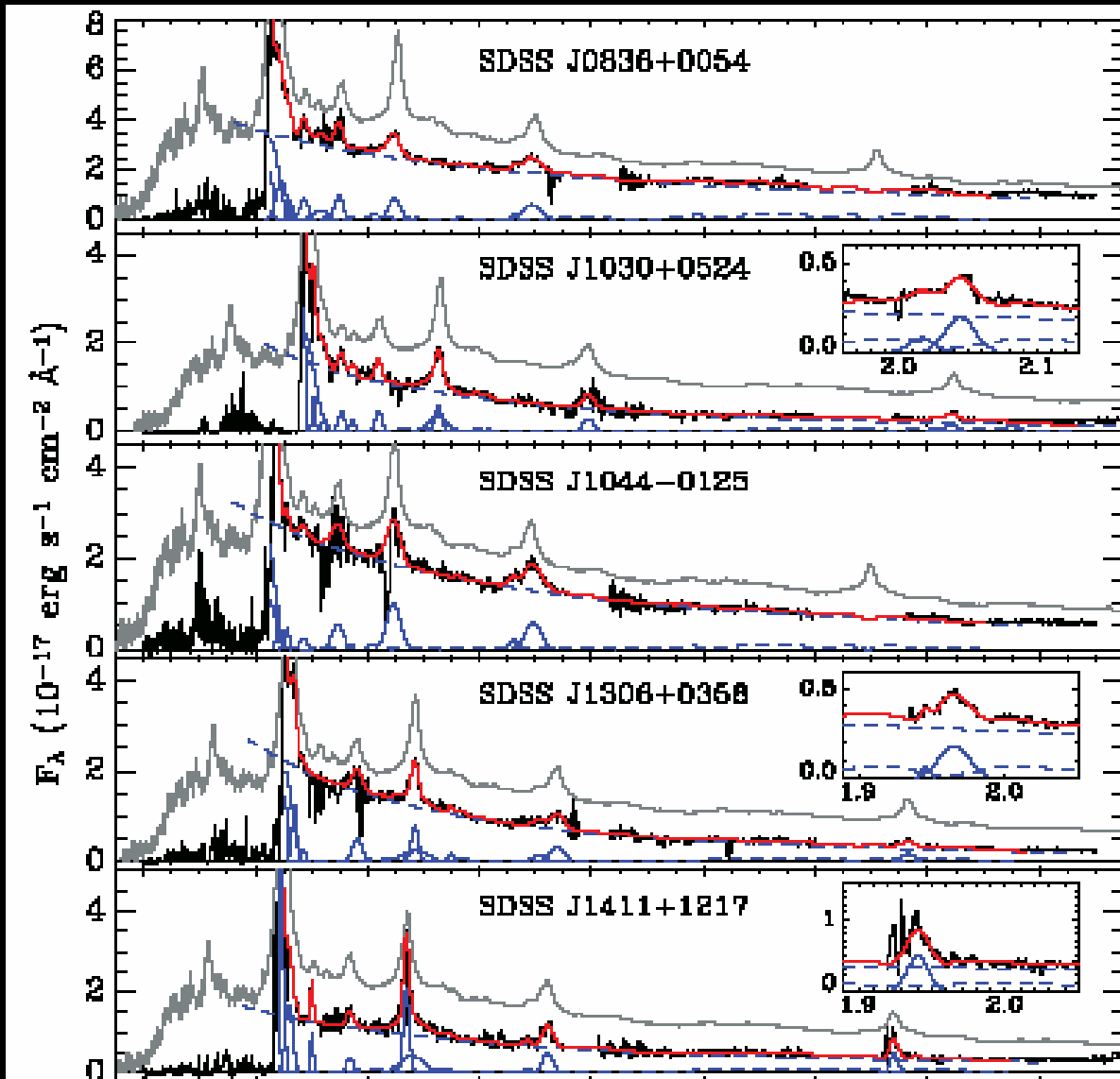
の範囲は

$-1.5 < \alpha < 1.0$

しかし、

$z \sim 6$ のクエーサーは青い?

at $z \sim 6$ quasars



Contents

- Introduction
- Strategy
- Optical&NIR Observations
- Results
- Spectroscopy
- Future work

Spectroscopy

- CTIO 4m @ Chile

觀測日：7/4,5,6 (悪天候) (2007)

9/20,21,22 (悪天候)(2007)

装置：RCSP



- Gemini South @ Chile

觀測日：2/14,2/19,3/9,3/18 (2007)

装置：可視 GMOS (0.6-1.0 μm)

近赤外 GNIRS (0.9-2.5 μm)

積分時間：可視 3.5時間 (400秒 \times 32)

近赤外 4時間 (450秒 \times 32)

分解能：可視 \sim 1900

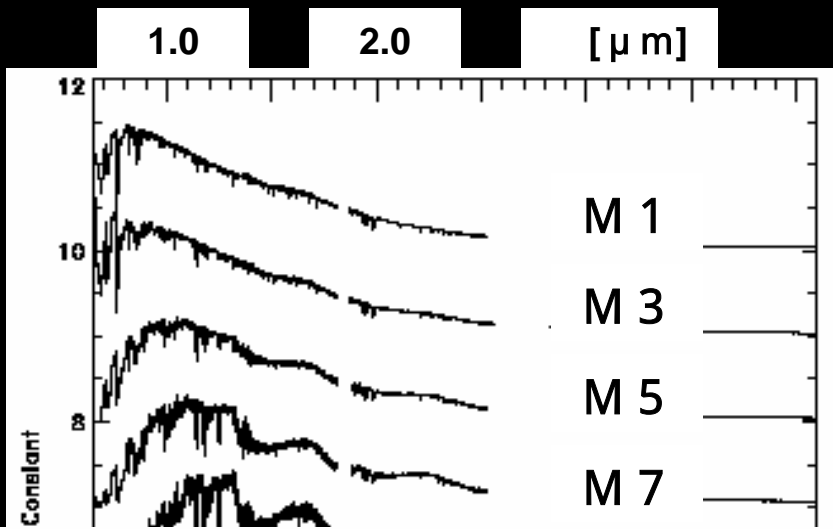
近赤外 \sim 1700



CTIO 4m での分光

- 現在解析中 (2007 Sep分)
- 観測できた4天体のうち…
 - 3天体 M/L dwarf ?
 - 1天体 積分時間足りず

Early-type M dwarf

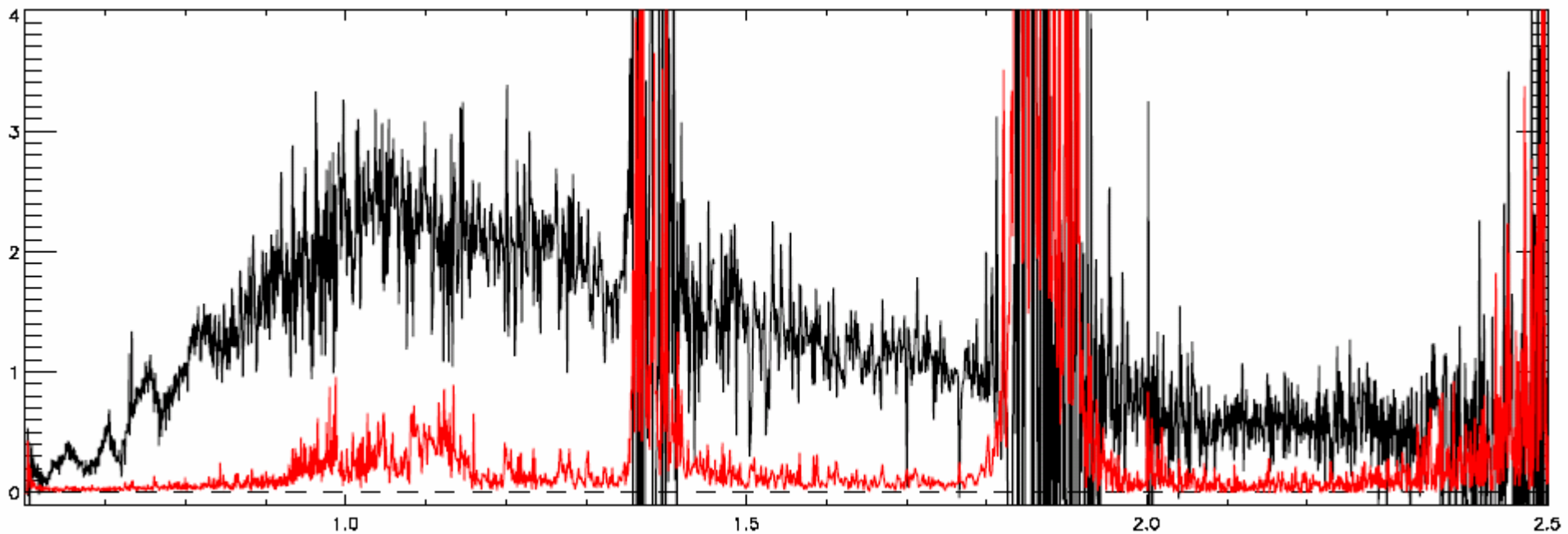


- 分子(TiO , VO , FeH など)の吸収線
- Na , Fe などの吸収線

(Cushing, Rayner & Vacca 2005)

要検討!!

除去できているはずのM dwarfがなぜ?



Contents

- Introduction
- Strategy
- Optical&NIR Observations
- Results
- Spectroscopy
- Future work

Future work

- 分光を進める.
- 今まで使用しなかった K のデータを利用.
効果的な M/L/T dwarf 除去.
- **なぜ M dwarf が混入してしまっているのか.**
- 分光観測の解析
- $z \sim 6$ クエーサーの空間密度分布の決定.
- $z \sim 6$ クエーサーの luminosity function の形状.
- 我々の手法の評価
- あかり、ALMA