

# COSMOS 天域における低光度クェーサー探査

愛媛大学大学院理工学研究科  
数理物質科学専攻物理学コース  
修士課程 2年  
池田 浩之

## ・ Abstract

遠方のクェーサー探査は、巨大ブラックホールの誕生・進化の過程を解明する上で、大変重要なアプローチである。代表的なクェーサーの探査としてスロウデジタルスカイサーベイ(SDSS)がある。この探査では赤方偏移  $z \sim 6$  までのクェーサーが多く見つかってきているが、限界等級が浅く低光度のクェーサーは全く見つかっていない。しかしながら、超巨大ブラックホールの進化解明には、低光度から高光度にいたる高赤方偏移クェーサーの光度関数を調べる事が重要である。

そこで本研究では、低光度側の光度関数を作成するために、COSMOS のカタログを用いて、 $z=3.7$  から  $z=5.5$  まで SDSS よりも約 3 等暗い光度までのクェーサーサンプルを構築した。すばる望遠鏡の Suprime-Cam で取得された g, r, i および z バンドの等級情報から g-r vs. r-i の 2 色図を用いて、 $z \sim 4$  のクェーサー候補天体を 31 個選出した。また、r-i vs. i-z の 2 色図より  $z \sim 5$  のクェーサー候補天体を 15 個選出した。これらのサンプルに基づいた光度関数を作成するためには、コンプライトネスとコンタミネーションの補正を行う必要がある。そこで、今回はクェーサーのモデルスペクトルを用いたモンテカルロシミュレーションによってコンプライトネスの計算を行った。またコンタミネーションの評価のため、2010 年 1 月 7 日から 1 月 11 日まで、すばる望遠鏡の FOCAS を利用して候補天体に対して、分光観測を行い、 $z \sim 4$  では 31 天体中 8 天体、 $z \sim 5$  では 15 天体中 0 天体がクェーサーであることが確認された。これらの結果から、コンプライトネスとコンタミネーションの補正を行った  $z \sim 4$  の暗い側の光度関数を導出した。

## ・ Introduction

過去の研究: Fig.1 や Fig.2 は、2dF-SDSS LRG and QSO Survey(2SLAQ)のデータによって得られたクェーサーの光度関数である。Fig.2 を見て分かるように、高光度のクェーサーの個数密度のピークは、 $z \sim 2.5$  である。一方、低光度

では、 $z \sim 1$  である。この結果は、典型的なクエーサーの活動が現在に近づくにつれてだんだん弱くなっていることを示唆している（AGN のダウンサイジング）。

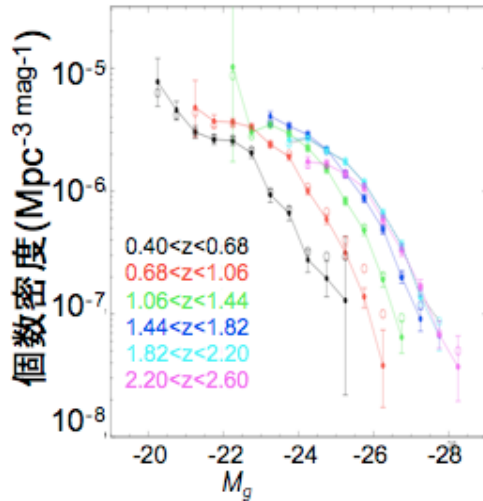


Fig.1 : クエーサー光度関数  
Croom et al. (2009)

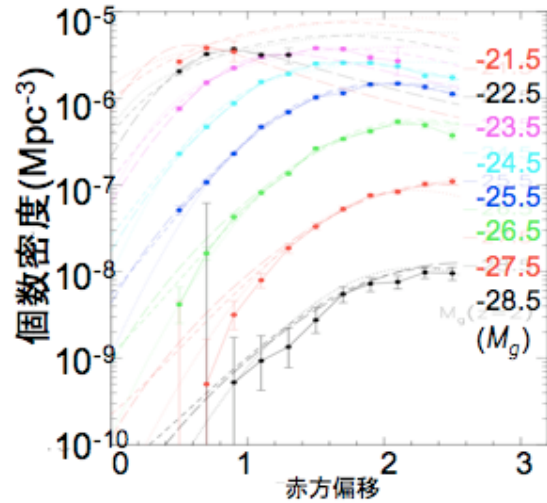


Fig.2 : クエーサー個数密度進化  
Croom et al. (2009)

Fig.3 は、下記の仮定をすることによってモデル計算した結果、得られた光度関数と観測結果を比較した図である。

<仮定>

- ・銀河同士の合体が major merger のときは、cold gas の一部を SMBH に降着させて光る。

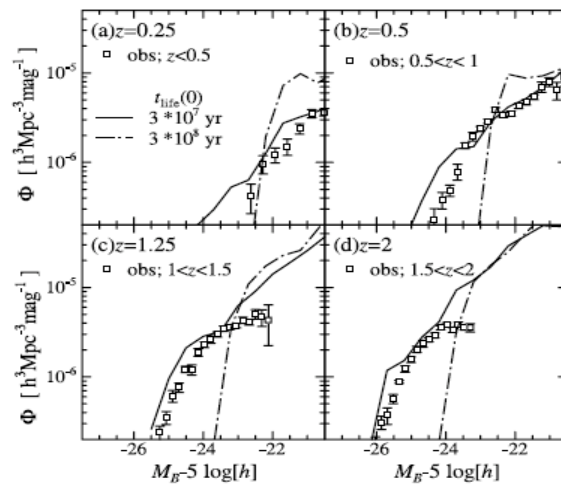


Fig.3 : 観測とモデルとの比較  
Enoki et al. (2003)

このように、観測結果と比較することで、クェーサーの life time に制限を付けることができる。

しかし、高赤方偏移では光度関数の高光度側しか分かっていない(Fig.4)。よって、高赤方偏移ではクェーサーの life time により制限をつけることができない。

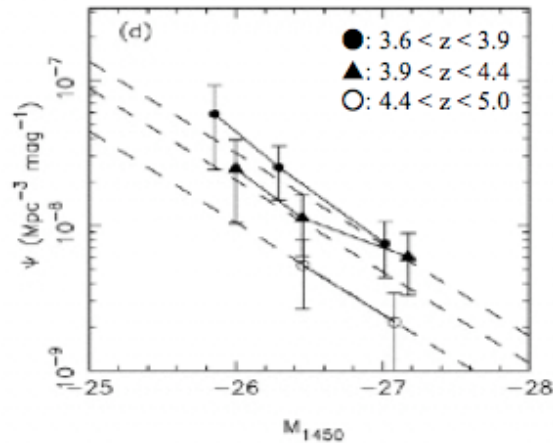


Fig.4 : クェーサー光度関数

Fan et al. (2001)

先ほどあげた例のように、SMBH の進化をさぐるために必要なパラメータを制限するためには高赤方偏移で、低光度のクェーサーサンプルが必要である。

#### ・Data and Sample Selection

##### <Data>

・COSMOS Photo-z Catalog(Subaru Suprime-Cam で得られた g,r,i,z のデータと HST/ACS のデータを使用)

##### <Sample Selection>

- (1)  $22 < i < 24$  のうち、HST 画像で点源である天体 (6310 天体)
- (2) (1)で選出された天体にはクェーサー以外に主に星が含まれていると考えられる。遠方に存在するクェーサーは、視線上の中性水素ガス雲によって Ly $\alpha$  輝線よりも短波長側のスペクトルが吸収を受ける。  
この吸収と g, r, i, z-band Filter を利用して、星と区別し、クェーサー候補を選出 (Fig.5, Fig.6)。
- (3)  $z \sim 4$  のクェーサー候補 31 天体を選出 (Fig.5)。  
 $z \sim 5$  のクェーサー候補 15 天体を選出 (Fig.6)。

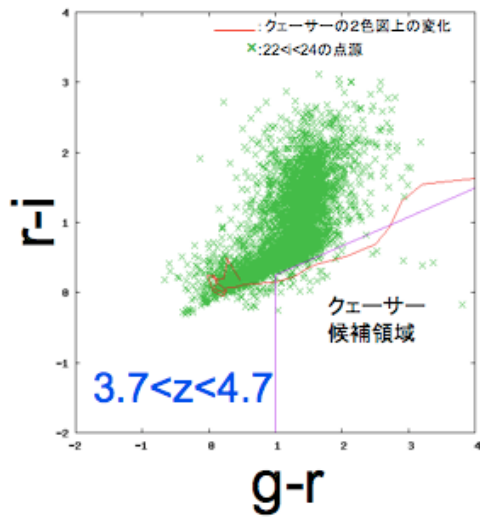


Fig.5 : 2 色図(gri 図)

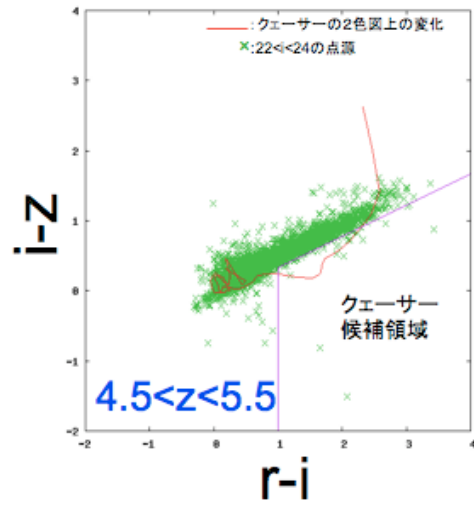


Fig.6 : 2 色図(riz 図)

### ・Completeness

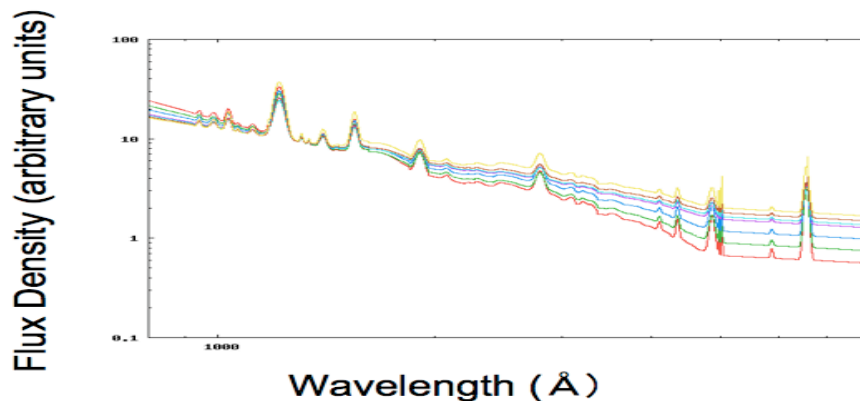
<光度関数をより正確に求めるために>

- ・クエーサーの個性と Photometric error の効果によりクエーサーをどの程度とりこぼすのかを model spectra を用いてシミュレーションし、等級と赤方偏移の関数として求める (Completeness)。

<model spectra>

- ・クエーサーの特徴的な連続光のべき指数  $\alpha_\nu$ 、 $\text{Ly}\alpha$  の等価幅 EW がそれらの平均値を中心とした Gauss 分布と同様な分布をしていると仮定してモンテカルロシミュレーションにより、1000 個のスペクトルを生成。

$$\langle \alpha_\nu \rangle = 0.5, \quad \sigma_{\alpha_\nu} = 0.3 \quad \langle \text{EW}(\text{Ly}\alpha) \rangle = 90\text{\AA}, \quad \sigma_{\text{EW}} = 20\text{\AA}$$



- ・生成したスペクトルと観測 (SDSS DR3 を使用) の color evolution が一致していることを確認した (Fig.8)。

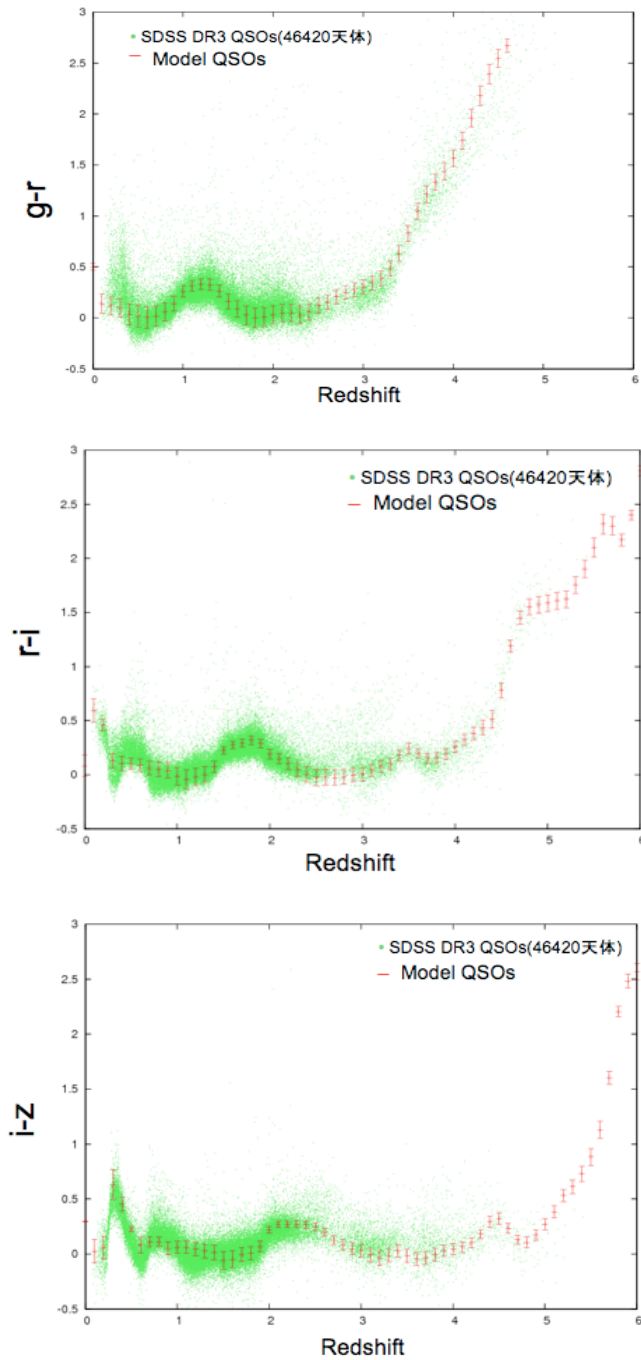


Fig.8 :  $g-r$ 、 $r-i$ 、 $i-z$  の color evolution

- 生成したモデルスペクトルから、Completeness の計算を行った。その結果が Fig.9 である。色の違いが明るさの違いを表している。

## < Completenessの計算結果 >

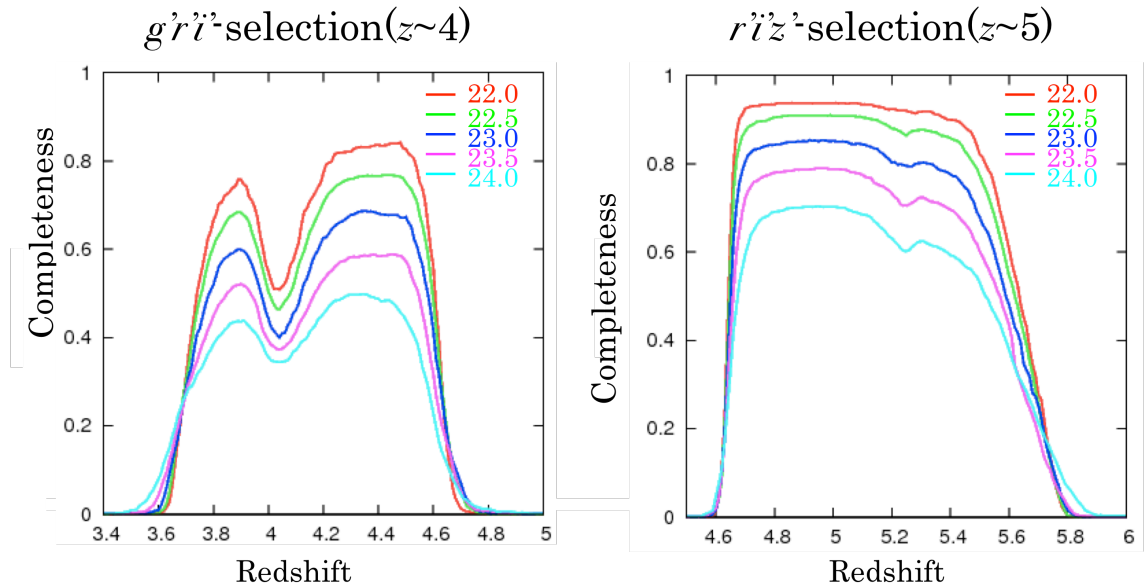


Fig.9 : Completeness

### ・Contamination

2色図によって選出したクェーサーの候補天体が本当にクェーサーなのかを確かめるために2010年1月にすばる望遠鏡のFOCASを使用して、分光観測を行った。その結果、 $z \sim 4$ では8天体のクェーサースペクトルを得る事に成功した。 $z \sim 5$ では残念ながらクェーサーのスペクトルを得る事はできなかった。

### ・QSO Luminosity Function

$z \sim 4$ では、クェーサーのスペクトルを得る事ができたので、実際にクェーサーの光度関数の導出を行った。その結果がFig.10である。過去の研究結果と比較すると、低光度側で個数密度が約一桁ほど低い結果となった。また、クェーサーの個数密度のredshift進化を調べてみた(Fig.11)。すると、我々の結果は $z \sim 4$ でも低光度のAGNの個数密度は減少しており、低赤方偏移でみられたAGNのダウンサイジングとconsistentな結果が得られた。

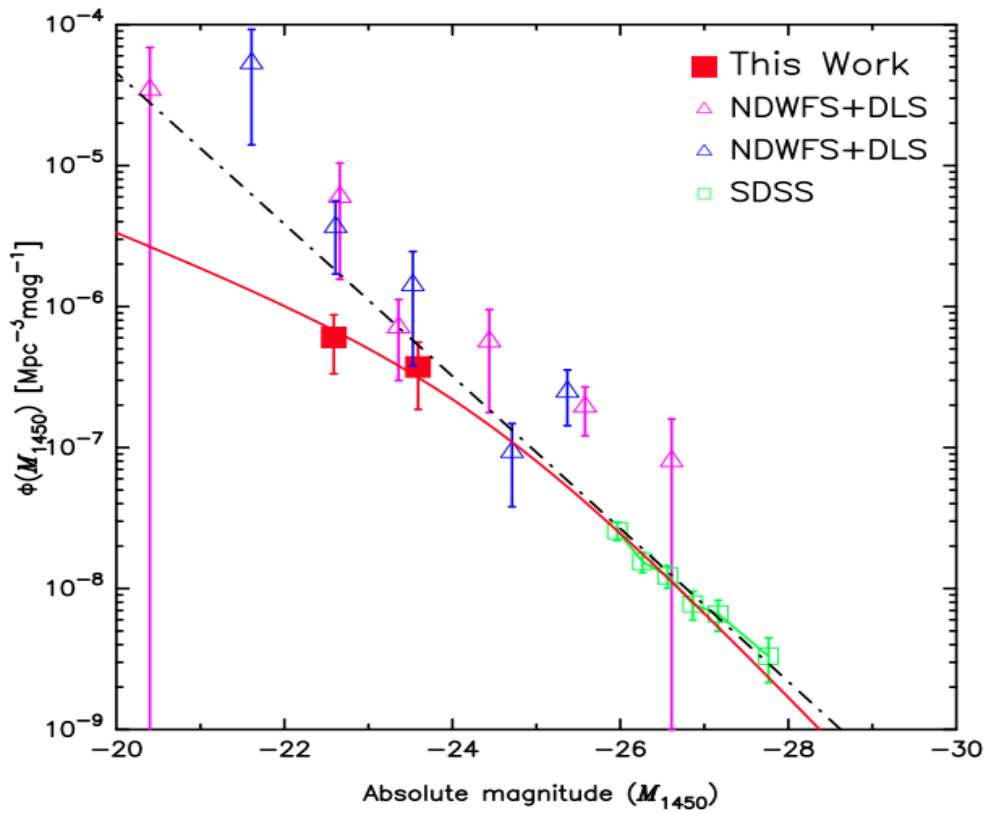


Fig.10 : クェーサー光度関数 ( $z \sim 4$ )

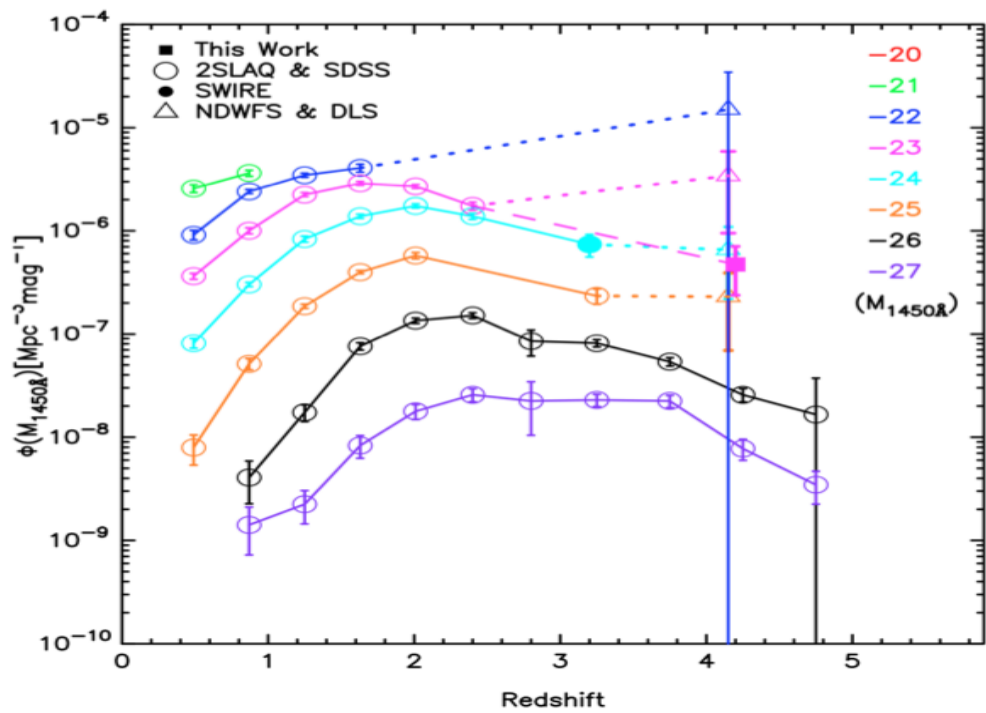


Fig.11 : クェーサー個数密度の変化