

Abstract

遠方にあるクェーサーを探索していくことは、超巨大ブラックホールがいつ誕生し、どのように進化したかが分かるだけでなく、宇宙自身の進化を知る上で現在も大変重要な観測的なアプローチとなっている。代表的な遠方のクェーサー探索として、スローンデジタルスカイサーベイ(SDSS)がある。この探索では赤方偏移 $z \sim 6$ あたりまでのクェーサーが多く見つかった。しかし、限界等級が浅く低光度のクェーサーは全く得られていない。そのサンプルが得られなければ、超巨大ブラックホールがいつ誕生し、どのように進化したかを解明することができない。

そこで本研究では、超巨大ブラックホールの進化を探るために有効な観測量である光度関数を作成することにした。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、SDSSより深い限界等級で $z \sim 6$ あたりまでの低光度クェーサーのサンプルを得た。

すばる望遠鏡のフィルターであるg, r, i, zを利用した結果、 $z \sim 4$ のクェーサー候補天体が31天体、 $z \sim 5$ では15天体見つかった。また、光度関数をより正確に作成するために、Completenessの計算を行った。本研究会では、これらの結果について発表する。

§1.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、典型的なクェ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)。

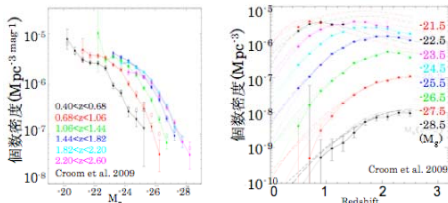


Fig1.クェーサー光度関数($z < 2.6$) Fig2.クェーサー個数密度の変化

このように光度関数の形がよくわかっていれば、SMBHの進化について議論することができる。

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.3)。

SMBHの進化をさぐるために必要なParameter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。

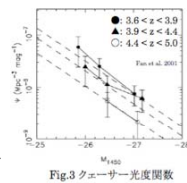


Fig.3 クェーサー光度関数

§2.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>

- 22 < i < 24のうち、HST画像で点源である天体
- (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。g,r,i,z-Band Filterを利用して、2色図を作成し、星と区別する条件をもうけた。

<g-r vs r-iの場合>

- $g-r > 1.0$ (g-rで赤い、Fig.5参照)
- $r-i < 0.42(g-r) - 0.22$ (星の系列から 3σ 以上離れている条件)

上の条件を見たす天体は55天体
 ・さらにu-bandで検出されている天体に対して、
 $u-g > 2.0$ (u-gで十分赤い、Fig.9参照)を満たす天体をクェーサー候補とした。➡ $z \sim 4$ で31天体選出

<r-i vs i-zの場合>

- $r-i > 1.0$ (r-iで赤い、Fig.6参照)
- $i-z < 0.45(r-i) - 0.24$ (星の系列から 3σ 以上離れている条件)

上の条件を満たす天体は25天体
 ・さらにg-bandで検出されている天体に対して、
 $g-r > 2.0$ (g-rで十分赤い、Fig.10参照)を満たす天体をクェーサー候補とした。➡ $z \sim 5$ で15天体選出

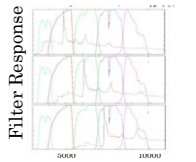


Fig.4: $z=3, 4, 5$ のクェーサースペクトルとFilter Response

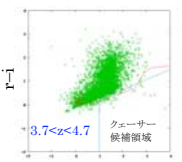


Fig.5: 2色図(gri図)

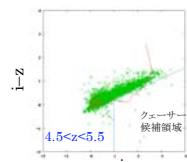


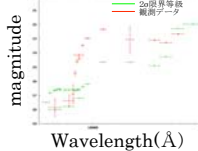
Fig.6: 2色図(riZ図)

※クェーサーの2色図上の変化を計算する際に、Vanden berk et al. (2001)のcomposite spectraを使用した。

§3.Quasar Sample

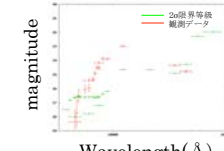
・§2で説明したSelectionの妥当性を議論するために、クェーサー候補天体のSEDと、2色図上で候補領域に入るが、 $g-r < 2.0$ である天体のSEDを比べてみた。(u,g,r,i,z,J,K,IRAC1,2,3,4,1A Filterのデータを使用)

<クェーサー候補天体のSEDの一例>

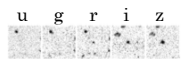


Wavelength(Å)

<2色図上で候補領域に入り、 $g-r < 2.0$ の天体のSEDの一例>



Wavelength(Å)



<クェーサー候補天体の画像>

$g-r > 2.0$ という条件をもうけることにより、クェーサーではみられないSEDの形をした天体を除くことができる。

§4.Completeness

<光度関数をより正確に求めるために>

§2で説明したSelectionで、クェーサーの個性とPhotometric Errorの效果によりクェ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>

- ・クェーサーの特徴的な連続光のベキ指数 α_{ν} 、Ly α 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(Fig.7)。
- ・輝線強度比は、Ly α 輝線との輝線強度比が一定であると仮定。また、Host Galaxyの效果は、今回のようなHigh Redshiftではほとんど効いてこないもので、あまり考慮していない。
- ・(Fan et al. (1999), Vanden berk et al. (2001)参照) $\alpha_{\nu} > 0.5$, $\sigma_{\alpha_{\nu}} = 0.3$, $EW(Ly\alpha) > 90 \text{ \AA}$, $\sigma_{EW} = 20 \text{ \AA}$
- ・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)。

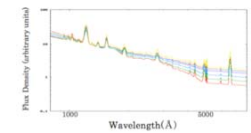


Fig.7: model spectra(一部)

また、このmodel spectraを利用してFig.9, 10を作成し、Sample Selectionの際に使用した。

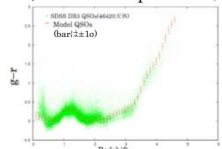


Fig.8: modelと観測の比較

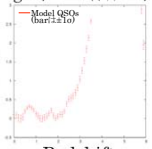


Fig.9: u-gの変化

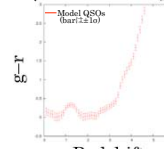


Fig.10: g-rの変化

<Completenessの計算方法>

- ・ $i=22.0, 22.5, 23.0, 23.5, 24.0$ とおいたときのg,r,zでの等級を上model spectraを用いて計算する。
- ・計算した値の等級で、各bandごとのfitsに点源を重ならないように埋め込む。
- ・そのあと、capak et al. (2007)のsmothing kernelを利用して、psf-matchさせたfitsを作成する。
- ・psf-matchさせたfitsをSExtractorで測光を行い、g-r,r-i,i-zの値を計算する。
- ・計算したg-r, r-i, i-zの値を2色図上にプロットし、Completenessの計算を行う。

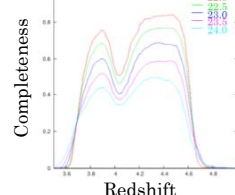


Fig.11: Completeness(gri図)

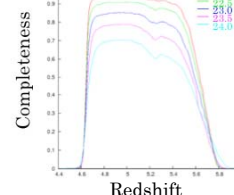


Fig.12: Completeness(riZ図)

<今後の予定>

- ・Completenessを考慮にいれた光度関数を作成する。
- ・Contaminationを議論するために、1/7(木)から1/11(月)の5日間を利用して、FOCASで分光観測を行う。
- ・ContaminationとCompletenessを考慮にいれた光度関数を作成する。
- ・作成した光度関数からSMBHの進化modelに対して制限するために議論する。