

なゆた・NICによる z > 6.5 クェーサーの近赤外観測

斎藤 智樹 (兵庫県立大)、井上 昭雄 (早稲田大)、大山 陽一 (ASIAA)、後藤 友嗣 (NTHU)、Ji-Jia Tang (ASIAA)、田中 吉 (NAOJ)

ABSTRACT

z~6.5 を越える遠方のクェーサーは、宇宙の巨大ブラックホール形成史を直接探ることのできる、強力な手がかりである。実施等級で JHK~20AB 程度の天体を試験的に観測した結果、なゆた望遠鏡 + 近赤外カメラ (NIC) を用いて、現実的な積分時間 (~1.5hrs) で検出可能なことがわかった。同程度の明るさを持つ遠方クェーサーは既に相当数知られており、系統的な観測によって宇宙再電離期のブラックホール形成史・形成メカニズムに強い制限をつけることが期待される。

従来こうした微光天体の観測をしたケースが少ないため、現状では、スカイフレームの生成・フラット補正などに測光精度を低下させる要因がある。これらを改善することで実質的な感度を向上し、NIC による観測的研究の幅を広げることを目指している。試験観測の結果と共に、こうした試みの現状を報告する。

- BACKGROUND -

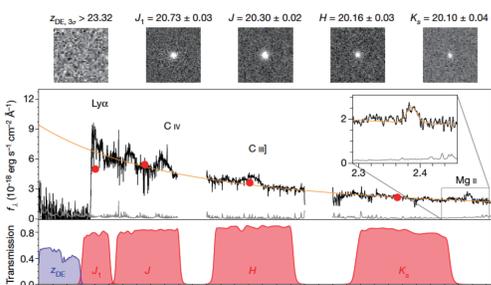
<Why high-z QSOs?>

近年のサーベイ観測により、z~6.5 を越えるようなクェーサーが数多く発見されている (e.g., Willott+2010a,b; Matsuoka+2018a,b,c)。z~6.5 は宇宙年齢 10^8 年程度に相当するため、巨大ブラックホール (BH) 質量を持つ遠方クェーサーは、巨大 BH の形成史・形成機構に大きな制限を与えるプローブである。

こうした遠方クェーサーの中には、近赤外 JHK バンドで 20 等 (AB) 程度のものが存在する (e.g., Mortlock+2011; Wu+2016; Bañados+2018)。1200 積分で J~19 (Vega) の限界等級 (S/N=10) を持つ NIC ならば観測可能な等級レンジである。

<Why NIR?>

z~6.5 を越える天体では、静止系 UV の連続波を観測できる。UV 連続波の傾き α ($f_{\nu} \propto \nu^{\alpha}$) を遠方で系統的に調べた例はない。中には異常に青い天体の存在も知られており (Tang+2019)、分光観測との組み合わせで、非常に高い降着率を持つ天体を同定できる可能性がある。またモニター観測によって、激しい変動を示す天体 (e.g., MacLeod+2016) を、これまでにない遠方で同定できる可能性がある。



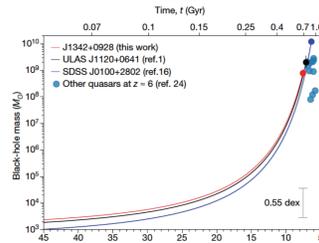
観測天体の一つ、z=7.5 のクェーサー J1342+0928 の画像 (上) と SED (Bañados+2018)

- OBSERVATIONS -

望遠鏡: 2m なゆた望遠鏡
観測装置: 近赤外カメラ (Near Infrared Camera: NIC)
バンド: J, H, Ks (3 色同時撮像)
積分時間: 240 秒 x 10 点ディザー x 2 セット以上
観測天体: J1120+0641 (z=7.1, Mortlock+2011)
J1342+0928 (z=7.5, Bañados+2018)

[観測日・天体・フレーム数]

2019.03.12: J1120+0641 (30)
2019.04.06: J1120+0641 (20)
2019.03.29: J1342+0928 (20)
2019.04.06: J1342+0928 (40)
2019.05.29: J1342+0928 (20)



<- 今回の観測天体を含む z>6 クェーサーの質量降着の計算例 (Bañados+2018)。単純に Eddington 降着率で降着を続けたと仮定すると、z>40 で 10 Mo の種ブラックホールが存在したことになる。

- RESULTS -

観測可能性を探るため、J~20AB の 2 天体を観測し、検出に成功した (S/N~5)。

* 国内の望遠鏡による最遠方記録!

- 宇宙再電離期の天体の観測的研究に道筋をつけた。
- JHK~20AB クラスの微光天体を検出できることを示した。

ただし ...

- 4800 秒の積分で J~20AB が S/N~5-10: 経験則からの見積もりよりも低い
 - 測光精度はよくて 10% 程度: クェーサーの色を求めるには要改善
 - ディザリングパターンの挙動不審: 適切なスカイ引きのためには要改善
- ==> これらを解決する必要あり。

[測光精度の評価]

2 天体・計 5 セットのデータについて、視野内で最も明るい 2MASS 点源に対する相対測光を行った。J1120、J1342 の参照星はそれぞれ 14.77 等および 14.02 等 (共に Vega)。

2MASS 点源を用いた QSO の相対測光 (PRELIMINARY)

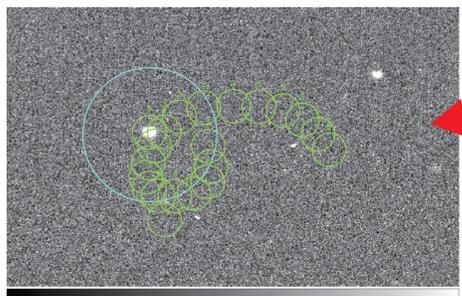
天体名 - 日付	J			H			K					
	$m_{5\sigma}$	m_{QSO}	m_2	m_3	$m_{5\sigma}$	m_{QSO}	m_2	m_3	$m_{5\sigma}$	m_{QSO}	m_2	m_3
J1120-190312	20.38	19.79	15.12	—	19.89	19.16	14.70	—	19.92	17.97	14.66	—
J1120-190406	19.93	19.63	15.12	—	19.74	19.01	14.69	—	17.45	17.15	13.48	—
J1342-190312	20.19	18.89	14.93	16.59	19.09	18.58	14.19	16.09	18.85	18.29	14.00	15.86
J1342-190406	21.14	19.43	15.67	17.28	20.00	18.32	14.20	16.03	18.45	18.33	14.00	16.05
J1342-190529	19.27	19.08	14.94	16.69	18.70	18.41	14.22	16.01	18.03	N/A	13.99	16.17

$m_{5\sigma}$: 5 σ 限界等級, m_{QSO} : QSO の等級, m_2 & m_3 : 視野内 2 個目 & 3 個目の 2MASS 点源の等級 (Vega)

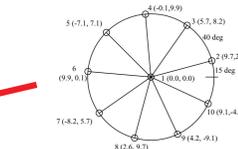
同一天体の測光値は $\pm 10\%$ 程度のばらつきを見せる。検出器上の位置による依存性が残っている可能性あり (多葉田修論, 2018, 兵庫県立大)。“ubercalibration” による精度向上が有効。

[ディザリングパターン]

通常、n 点ディザーの場合には中心 1 点、円周上 (n-1) 点である。しかし点数を増やすと不規則なパターンになる。



視野を活かす & 良好なスカイ画像を得るには、最適化の必要あり。



解決できれば ...

- JHK~20AB の遠方クェーサーの色を系統的にモニターする非常にユニークなデータベースが構築できる。
- 系外惑星トランジット観測など、高い測光精度が必要な観測ターゲットを拡大できる。
- いわゆる「星なし分子雲」など、深い原始星探査にも道が開ける。

==> 纏まった時間を投入できる中小望遠鏡のサイエンスに大きく貢献