

# 山口干渉計で迫る、 $z > 5.6$ の Quasar の大規模フリンジ検出試験

山口大学 M1 鶴田大樹 共同研究者：古谷庸介、鈴木美文、新沼浩太郎、藤沢健太

## 研究背景

クエーサーをはじめとする活動銀河核 (Active Galactic Nuclei ; AGN)とは銀河中心のコンパクトな領域から高エネルギーなAGNジェットというプラズマ噴出流を放射している天体であり、超大質量ブラックホール (SMBH: Super Massive Black Hole)、降着円盤、AGN ジェットで構成されている。高赤方偏移クエーサーは宇宙再電離やSMBHの形成、母銀河とSMBHの共進化を理解するうえで重要な役割を担っているとされ[1-3]、宇宙年齢10億年以前に存在する  $z > 5.6$  のクエーサーは 可視光サーベイ観測により計287天体発見されている。しかし、これらの天体の電波での検出は非常に少なく、これまでにVLBI (Very Long Baseline Interferometry) 検出がされた  $z > 5.6$  の高赤方偏移クエーサーは4天体のみである。この4天体の先行研究から以下の特徴があることがわかっている [4-7]。

- ① ~100 pcの非常にコンパクトな電波構造 (図1)
- ② 1.6GHz - 5GHzにおいてスティーブなスペクトル (スペクトル指数:  $\alpha < -0.5$ )

この特徴が真に高赤方偏移クエーサーにおける統計的特徴であるかは、 $z > 5.6$  のクエーサーのVLBIイメージのサンプル数を増やすことで解決できると考えられている[5]。

本研究の目的は、 $z > 5.6$  高赤方偏移クエーサーの電波ジェットの電波光度、構造、スペクトルの解明である。そのためには、可視光で検出された  $z > 5.6$  の高赤方偏移クエーサーに対して高感度なVLBIによるイメージング観測を行い、VLBIイメージのサンプル数を増やす必要がある。本研究ではその第一段階として、可視光で検出されている  $z > 5.6$  のクエーサーの電波での検出のため、山口干渉計 (Yamaguchi Interferometer ; YI) での大規模フリンジ検出観測を行っている。

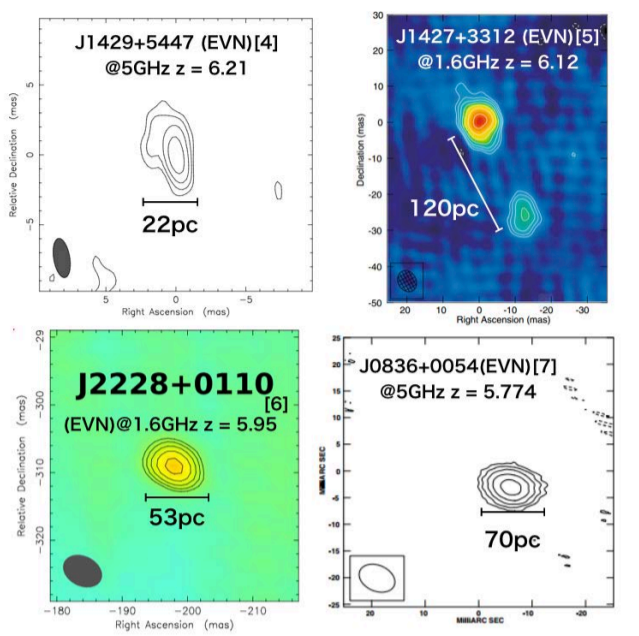


図1 VLBIで得られた  $z > 5.6$  のクエーサーの電波画像

## 選出天体

可視光で検出されている  $z > 5.6$  の高赤方偏移クエーサーは287天体存在する。本研究では北半球 (山口) では観測できない赤緯が-40度以下の14天体と重複天体を6天体を除いた計267天体について観測を行う。これらの観測天体は表1で示している17のカタログから267天体選出した[8-25]。現在は267天体中24天体についての観測を完了している。

Reference Number	Reference Number	Reference Number	Reference Number
PSO	85	DES	2
SHELLQs	59	VHS	2
SDSS	42	VDES	1
CFHQS	20	RD	1
DELS	18	IMS	1
VIK	12	VIMO	1
ULAS	10	ELAIS	1
HSC	8	NDWFS	1
ATLAS	3		

表1 使用した可視光カタログと選出した天体数

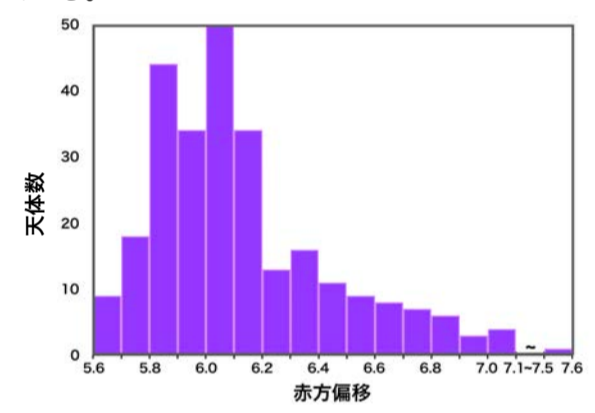


図2 赤方偏移ごと観測天体数

## 観測概要

以下に本観測の1エポック目である19221Zの観測概要を示す。

- 日時：2019 8/9 00:00-05:00 (UT)
- 周波数：6600 - 7112 MHz
- 観測時間：600s (1天体あたり)
- 観測局：山口32m、山口34m
- Tsys：47K(32m)、41K(34m)
- 観測天体数：24天体
- 相関器：GICO3 (山口大学)
- 角度分解能：1'.4
- 検出条件：SNR > 5
- 検出感度 (600s)：0.36 mJy (1  $\sigma$ )
- フラックスキャリブレーター：3C 286 [26]

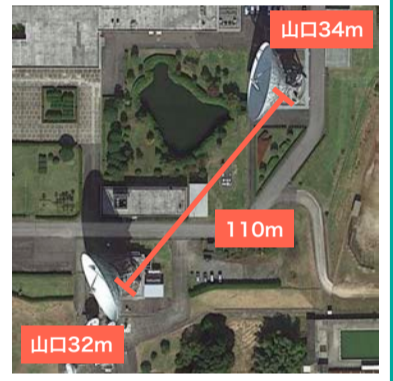


図3 観測に使用した山口干渉計

## 観測結果

本観測では24天体中5天体が検出された(検出率は21%)。

図4に検出天体のフリンジ、図5に赤方偏移ごとの検出、非検出天体数、表2に検出天体の赤方偏移、SNR、天体のフラックス密度 (開口率補正なし) を示す。検出天体のフラックス密度はフラックスキャリブレーターである3C 286との相対振幅の比を用いて求めた。

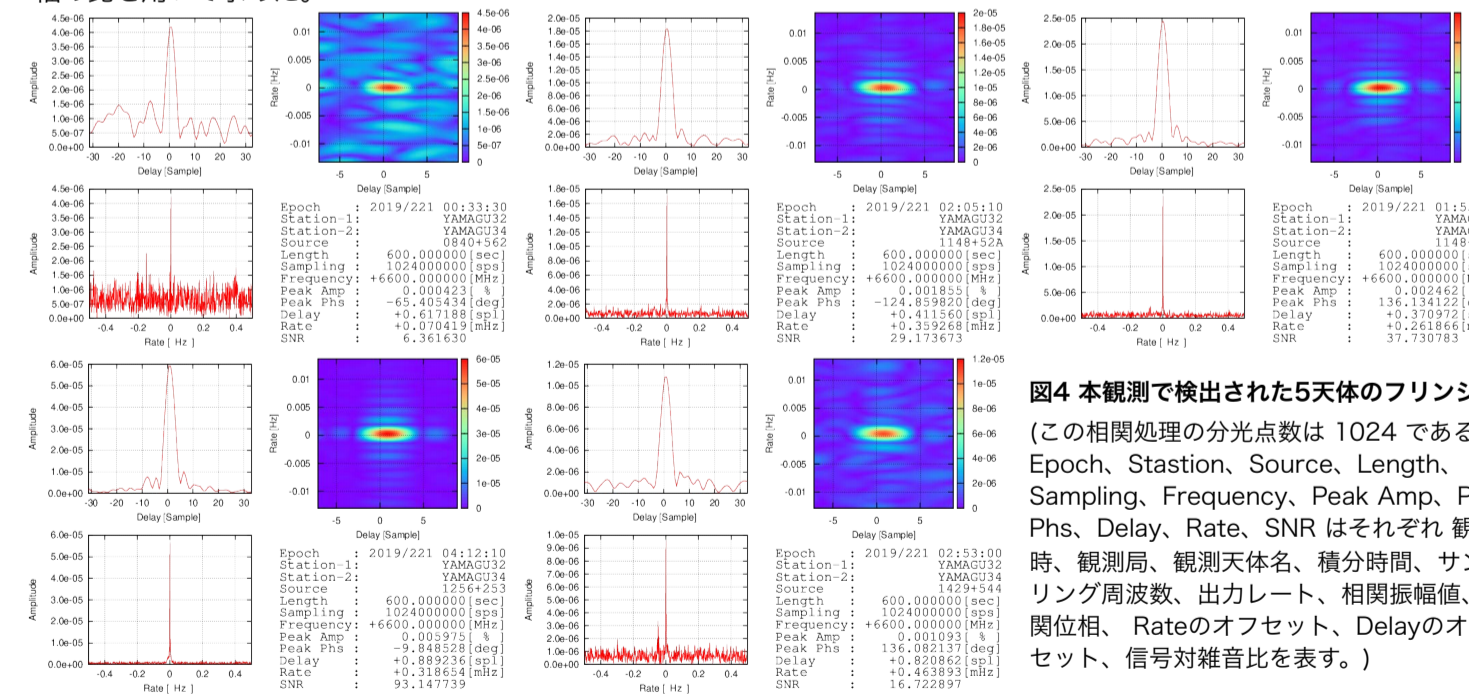


図4 本観測で検出された5天体のフリンジ (この相関処理の分光点数は 1024 である。Epoch、Stasion、Source、Length、Sampling、Frequency、Peak Amp、Peak Phs、Delay、Rate、SNR はそれぞれ 観測日時、観測局、観測天体名、積分時間、サンプリング周波数、出力レート、相関振幅値、相関位相、Rateのオフセット、Delayのオフセット、信号対雑音比を表す。)

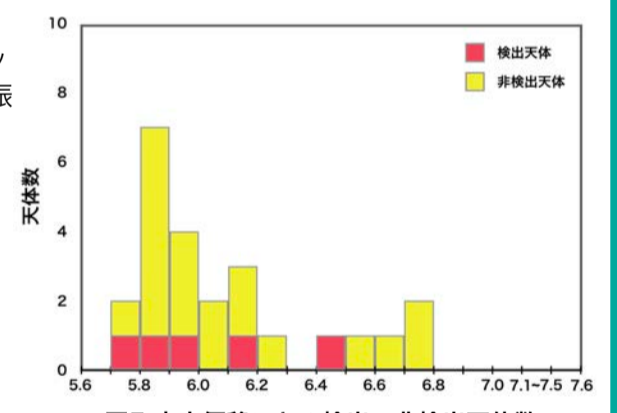


図5 赤方偏移ごとの検出、非検出天体数

Name	$z$	SNR	Flux (mJy)	Reference
J0840+5624	5.84	6.4	4.94	SDSS
J1148+5251	6.42	37.7	28.73	SDSS
J1148+5253	5.70	29.2	21.64	RD
J1429+5447	6.18	16.7	12.75	CFHQS
J1256+2532	5.91	93.1	69.72	PSO

表2 検出された5天体の情報

## 今後の展望

- ① 本観測に続き、残りの243天体に対してYIを用いて可視光で検出された  $z > 5.6$  の高赤方偏移クエーサーに対して、電波での検出観測を行う。我々は今年度中にこれらの天体を12回の5時間観測で完了させることを目標としている。
- ② JVN (Japanese VLBI Network) における高感度な基線が高赤方偏移クエーサーのAGNジェットが検出可能である。そのため、①で検出された天体に対して、ミリ秒角スケールの角度分解能を持つ山口局と茨城局の高感度な1基線を用いたVLBIでの検出観測を行う。
- ③ ②で検出された高輝度の天体を高感度、高角度分解能なEAVN (East Asia VLBI Network)等の観測網によってイメージング観測を実施し、高赤方偏移クエーサーのAGNジェットのVLBIイメージを作成する。
- ④ ③で得たVLBIイメージと先行研究の4天体を比較することによって、高赤方偏移クエーサーのAGNジェットの電波構造、光度、スペクトルの普的的理解につなげる。

参考文献：[1] Banados E., et al. 2018, Nat. 553, 473 [2] Shen, Y., et al. 2008, ApJ, 680, 169 [3] Venemans, B.P. 2016, ApJ, 816, 37[4] Frey, S., et al. 2011, A&A, 53, L5 [5] Frey, S., et al. 2008b, A&A, 484, L39 [6] Cao, H.-M., et al. 2014, A&A, 563, A11 [7] Frey, S., et al. 2005, A&A, 436, L13 [8] Banados, E. et al. 2016 ApJ, 227, 11 [9] Matsuoka, Y., et al. 2016, ApJ, 828, 26 [10] Matsuoka, Y., et al. 2018a, PASJ, 70, S35 [11] Matsuoka, Y., et al. 2018b, ApJS, 237, 5 [12] Wang, F., et al. 2017, ApJ, 839, 27 [13] Wang, F., et al. 2018, ApJ, 869, L9 [14] Wang, F., et al. 2018a, ArXiv e-prints: 1810.11926 [15] Reed S. L., et al., 2017, MNRAS, 468, 4702 [16] Reed, S. L. et al. 2019, MNRAS, 487, 1874 [17] Mazzucchelli C., et al., 2017, ApJ, 849, 91 [18] Yang, J., et al. 2018, arXiv:1811.11915 [19] Decarli R., et al., 2018, ApJ, 854, 97 [20] Fan, X., et al. 2019, ApJ, 870, L11 [21] Banados E., et al. 2018, Nature, 553, 473 [22] Banados, E. et al. 2018, ApJ, 861, L14 [23] Koptelova, E., et al. 2017, Scientific Reports, 7, 41617 [24] Pons, E., et al. 2019, MNRAS, 484, 5142 [25] Chehade, B., et al. 2018, MNRAS, 478, 1649 [26] NRAO : https://science.nrao.edu/facilities/vla/docs/manuals/oss/performance/frdscalc