

高感度VLBI観測によるSgr A * 近傍のブラックホールの探査

2015年12月25日(金) VLBI懇談会

山口大学 理工学研究科 物理・情報科学専攻

電磁宇宙物理学研究室 修士1年

木村 靖伊奈

共同研究者: 藤沢健太、新沼浩太郎、米倉覚則



INTRODUCTION



SMBHの形成

SMBH

- Mass: $10^{6-9} M_{\odot}$
- AGNとして数多く観測

形成過程は未解明

形成の問題点

Z~6におけるSMBHの発見

Narayanan & Lupton et al. 2001

➡ ガスの降着のみでは恒星質量BHからの成長は困難
(エディントン限界)

SMBH形成メカニズム

- ① エディントン比~1またはSuper-Eddington降着
- ② 超大質量星からの恒星質量BH以上の質量のBHの形成
- ③ BH同士の合体成長

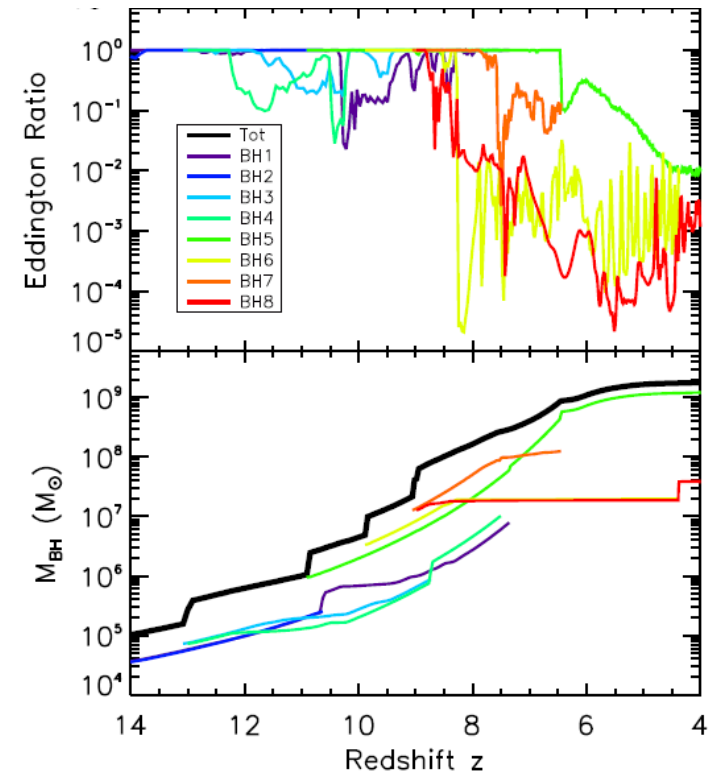
銀河合体とBH

大質量銀河は複数の銀河の合体を通して形成
→大質量銀河には複数のIMBH、SMBHが存在するはず

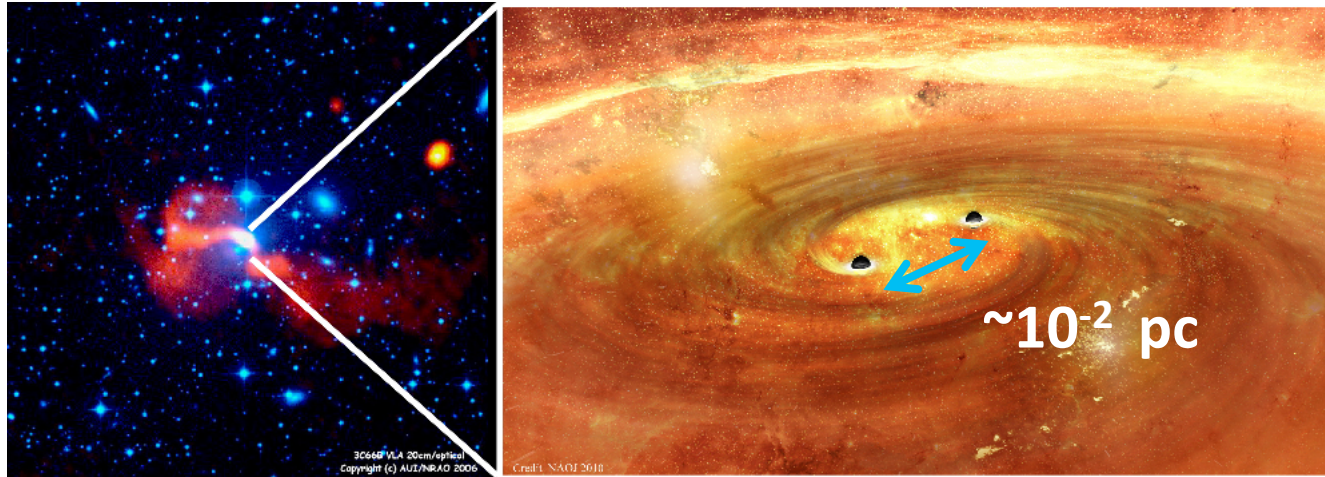
複数のSMBHがある銀河はほとんど
見つかっていない

➡ 中心核と合体？

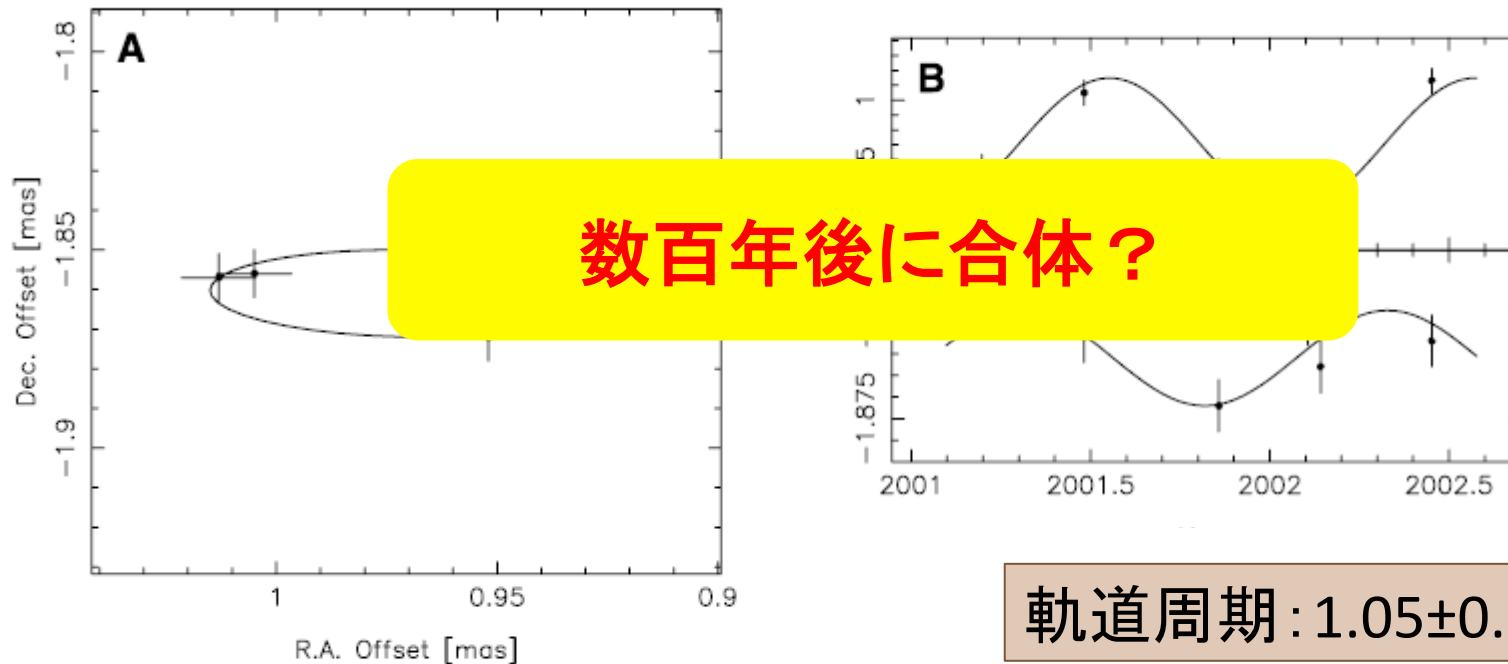
中心に落下→バイナリーを形成
→合体



3C66B



http://alma-intweb.mtk.nao.ac.jp/~iguchi/press_release/images/topsummary2.jpg



研究目的

Sgr A*の近傍にも合体の証拠となる銀河系内BHが浮遊しているのではないか

Sgr A*近傍の浮遊BH発見



銀河中心のコンパクト天体の探査

予想される浮遊BHの特徴

- ・ コンパクト
- ・ スペクトルがフラット
- ・ 短期の強度変動
- ・ 背景AGNとは異なる固有運動

Sgr A*の特徴より

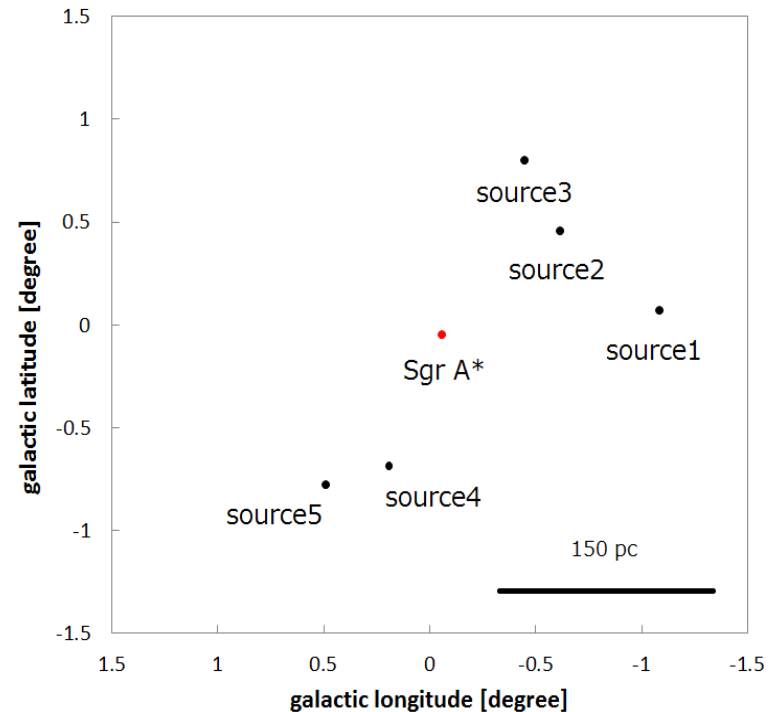
SOURCE SELECTION



使用カタログと選定条件

2LCカタログ Lazio & Cordes (2008)

- GC方向のコンパクト天体
- 直径 2° 内部を探索
- 170天体
- 角分解能 $1''$ at 5 GHz , $2.4''$ at 1.4 GHz



選定条件

- 1.4 / 5 GHzの両方で検出
- 5GHzでのフラックス密度が10mJy以上
- 5GHzでのサイズが0.25秒角以下
- スペクトル指数が-1より大

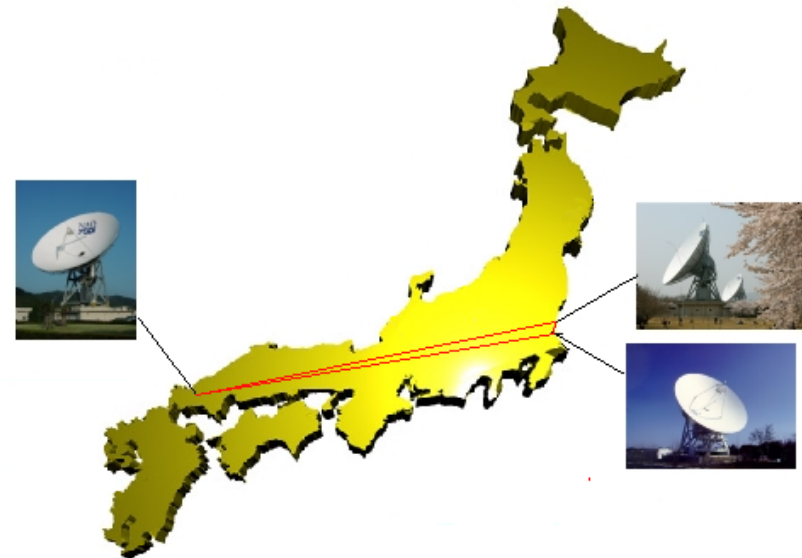
5天体選出

OBSERVATION(1)



Observation parameters

- Date/Time : June 9, 2014
12:30—18:00(UT)
- Frequency: 8.192—8.704 [GHz]
- Bandwidth : 512 [MHz]
- stations : Yamaguchi, Tsukuba,
Hitachi
- Target : 5scan (6 min/scan)



観測の流れ

NARO530 → source1 →
source2 → source3 →
source4 → source5

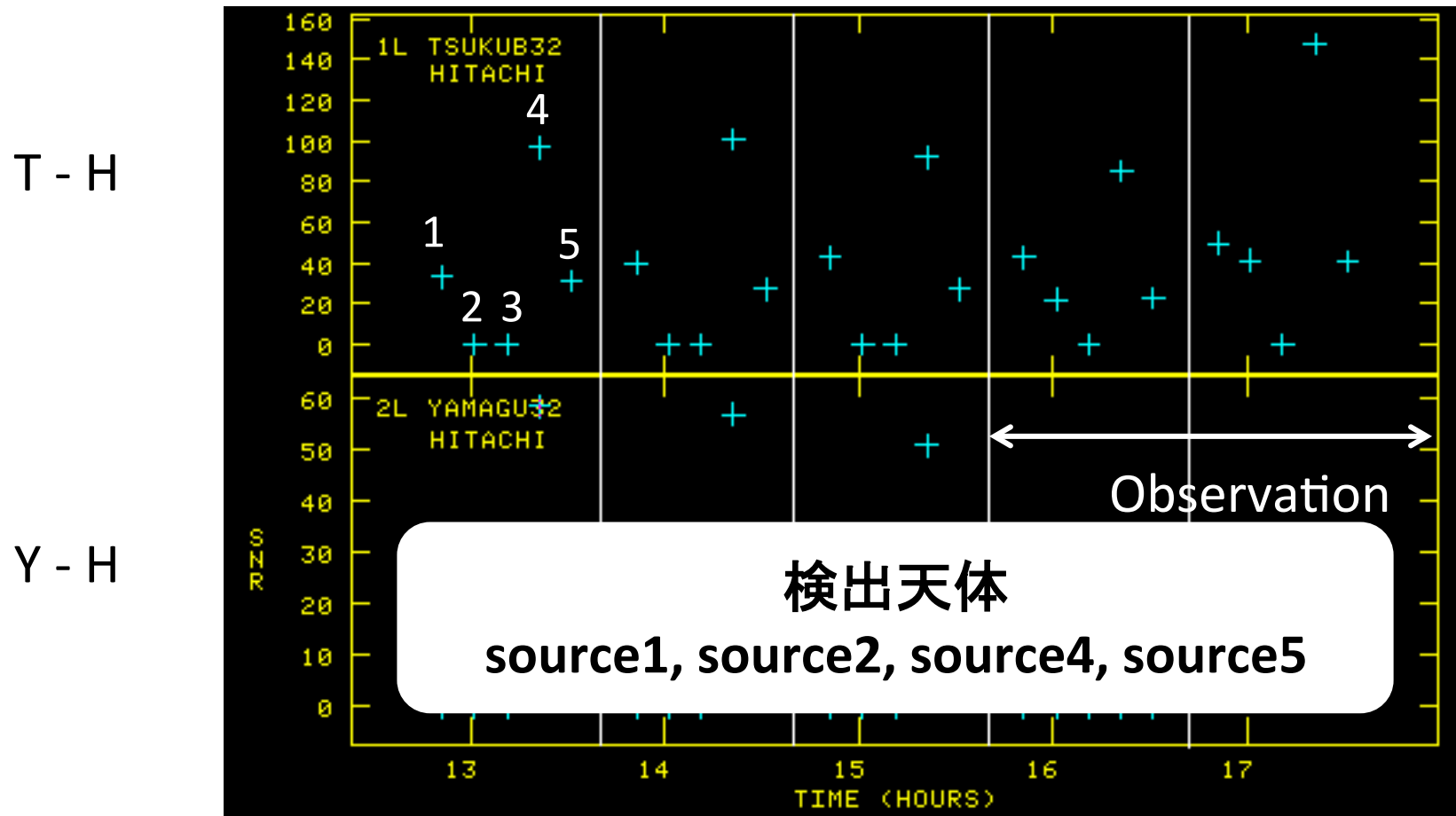
Array performance

baseline	Base length[km]	Angular resolution [mas]
T- H	85	86.3
T-Y	804	9.2
Y- H	873	8.4

RESULT

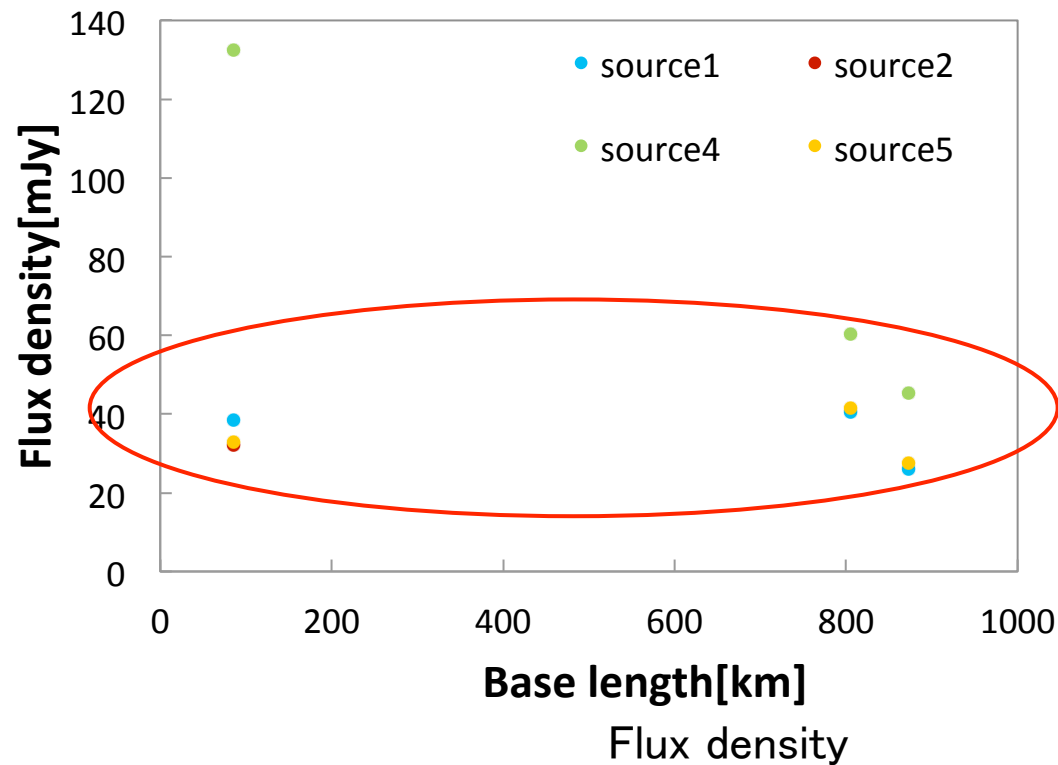


Detection sources



Sources SNR

Flux density of detection sources



	source1	source2	source4	source5
Baseline	[mJy]	[mJy]	[mJy]	[mJy]
T - H	38.5	32.2	133	33.0
T - Y	40.5	...	60.3	41.6
Y - H	26.1	...	45.4	27.4

DISCUSSION



天体サイズ推定

ガウス型輝度分布天体と仮定

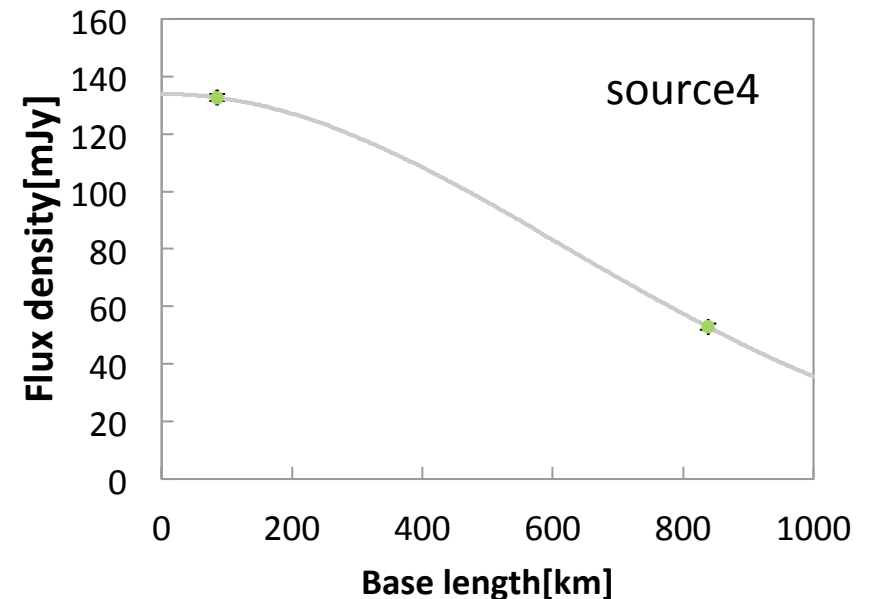
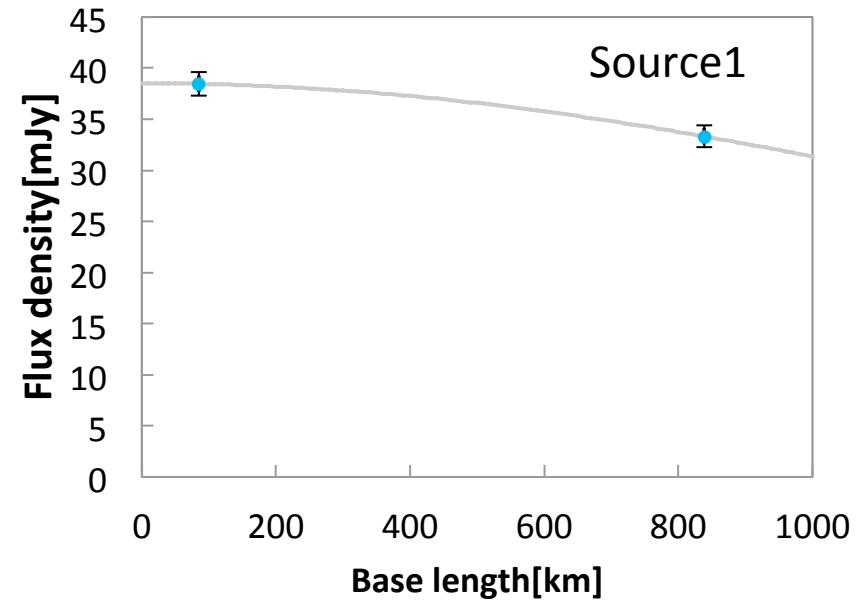
$$S(D) = \int_0^{\theta_0} B(\theta) \exp(-2\pi i D / \lambda \theta) d\theta$$

$$S(D) = S_0 \exp\left(-\left(D/D_0\right)^2\right)$$

$$\theta_0 = \lambda / \pi D_0$$

$$\text{FWMH} = 2\sqrt{\ln 2} \theta_0$$

	source1	source4
Short baseline[mJy]	38.5	133
Long baseline[mJy]	33.3	52.8
D_0 [km]	2203	869
FWMH[mas]	1.77	4.49



輝度温度推定

ガウス型輝度分布

$$B(\theta) = B_0 e^{-(\theta^2 / \theta_0^2)}$$

$$T_B = c^2 / 2k_B \nu^2 B_0$$

一様輝度分布

$$T_B = c^2 / 2k_B S / \nu^2 \Omega$$

source1 [K]

source4 [K]

source2 [K]

source5 [K]

2.1×10^8

1.2×10^8

8.5×10^4

7.6×10^6

Observation (1) summary

GC方向のコンパクト電波源5天体をVLBIで探査
→4天体を検出(1天体は既知の系外天体)

3天体

- コンパクト(masスケール)
- 高輝度($> \sim 10^5 K$)

非熱的放射
(シンクロトロン放射)
系内BH? 背景AGN?

距離の推定が必要

OBSERVATION(2)



Proper motion

予想される浮遊BHの特徴

- コンパクト
- スペクトルがフラット
- 短期の強度変動
- 背景AGNと異なる固有運動



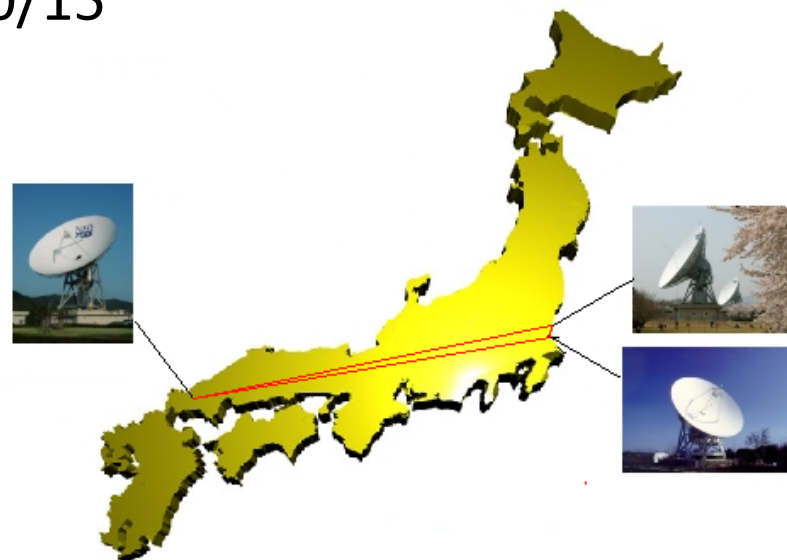
Observation (1)での条件

距離の推定

固有運動の測定

Observation parameters

- 4 epoch : 2015/6/17, 7/20, 8/20, 10/15
- Time : 6hr/epoch
- Frequency : 8.192 — 8.704 [GHz]
- Bandwidth : 512 [MHz]
- stations : Yamaguchi, Tsukuba, Hitachi



位相補償観測

Reference source

- J1744-31
- J1748-29

Array performance

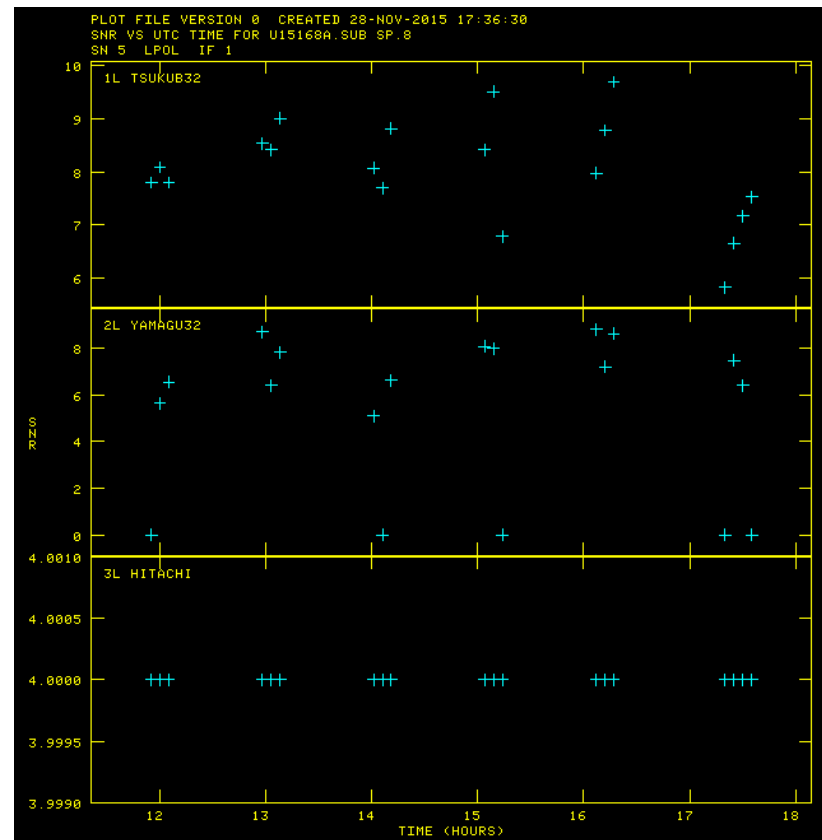
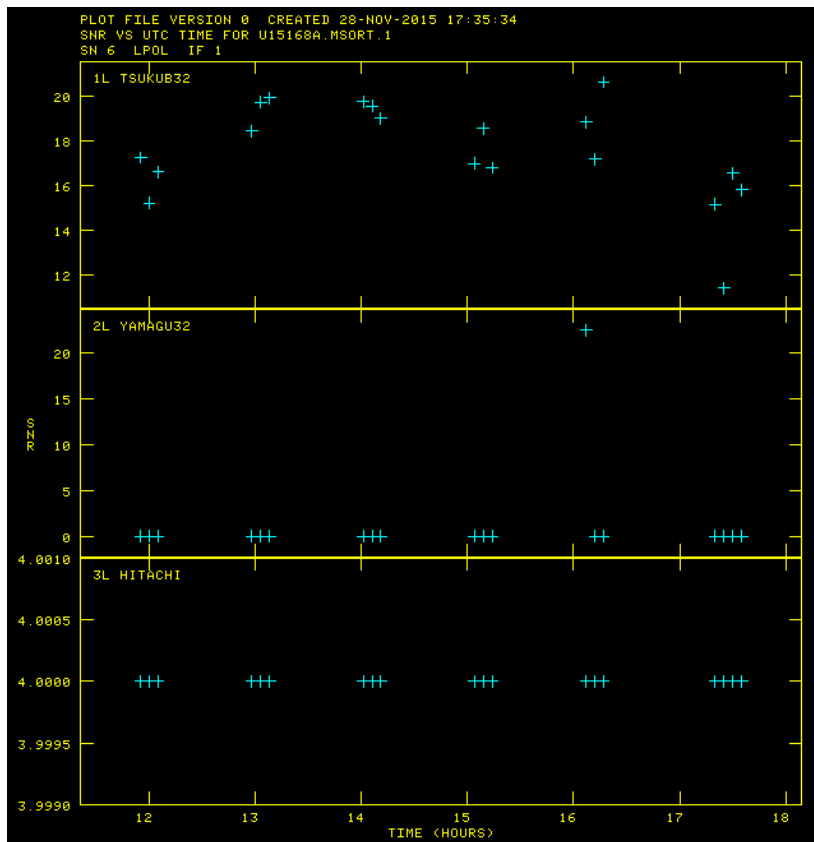
baseline	Base length[km]	Angular resolution [mas]
T- H	85	86.3
T- Y	804	9.2
Y- H	873	8.4

RESULT(中間報告)



J1749-28(source 5) SNR

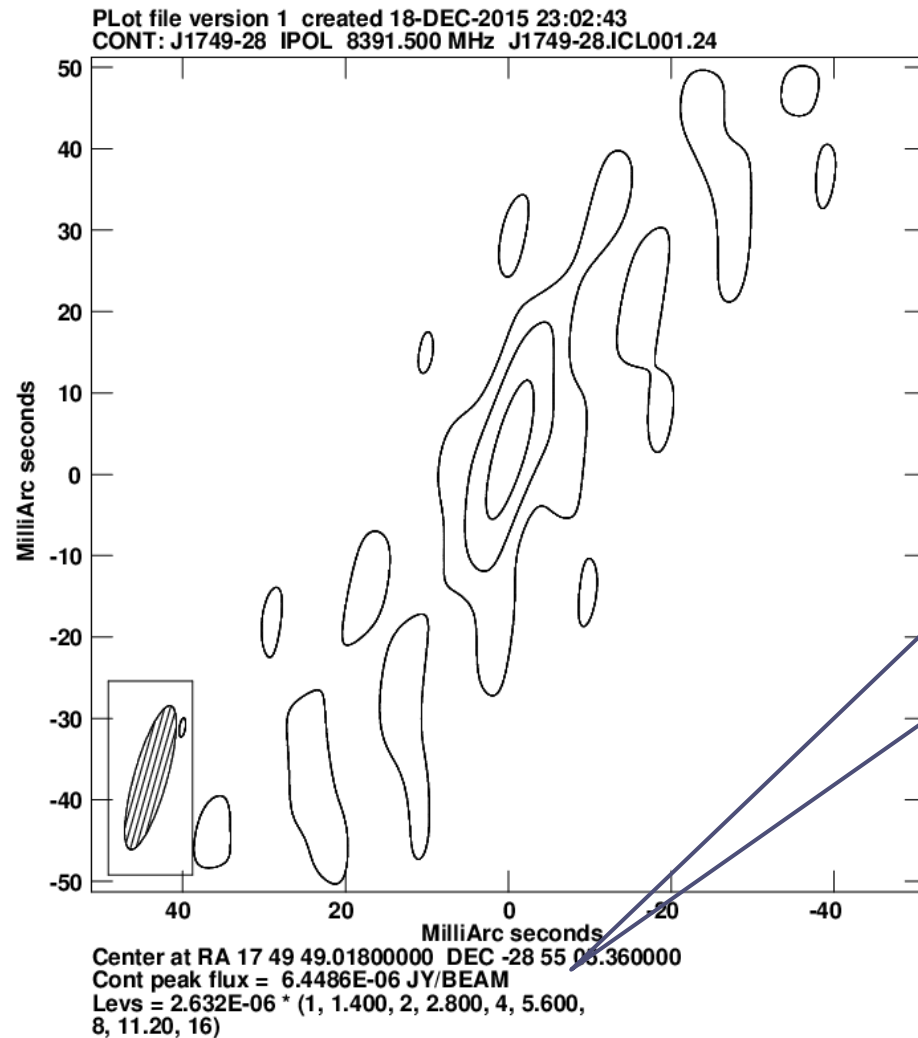
感度向上のため周波数方向に積分



Before (512MHz-512ch)

After(512MHz-10ch)

J1749-28(source 5) image



Flux calibrator

NRAO530 flux density
4.4 [Jy]

Center at RA 17 49 49.0180000 DEC -28 55 05.360000
Cont peak flux = 6.4486E-06 JY/BEAM
Levs = 2.632E-06 * (1, 1.400, 2, 2.800, 4, 5.600, 8, 11.20, 16)



J1749-28 flux density
16.1 [mJy]

SUMMARY & PROSPECT



Summary

- SMBHは形成過程が未解明→ BH同士の合体?
- Sgr A* の近傍の合体成長の証拠となるような浮遊BHを探索
- GC方向のコンパクトで高輝度な天体を高感度VLBIで検出(5天体中4天体、1天体は既知の系外天体)
- 検出天体(3天体)の固有運動の測定による距離推定

Prospect

- JVN固有運動観測の解析
- VERAで固有運動測定(source2のみ)
- 広範囲でのコンパクト電波源サーベイ

