$$\Delta E_{\rm tot} = \Delta E_{\rm g}/2$$

2018/9/25 水沢VLBI観測所UM

$$\frac{1}{2}\rho v^2 + p = \text{const}$$

$$c_{\text{eff}} = \sqrt{c_s^2 + v_{\text{turb}}^2 + v_{\text{Alfvén}}^2}$$

JVN大口径基線における
 t_{tacc} 工作間の調査



小倉達也、青木貴弘、新沼浩太郎<u></u>藤沢健太(山口大学)^{κ dust} 米倉覚則 (茨城大学)、関戸衛、岳藤一宏 (情報通信研究機構) g^{-1}

$$\tau \propto \nu^{-2.1} T_{-1,35} \int_{0}^{L} N_{0} N_{0} dl$$

JVN大口径基線の現状



形も同一であると予想できるため,暫定的に山口第2局の帯域幅の値を山口第1局のものと 仮定する.開口能率65%,システム雑音温度150K,SEFD700Jyとして検出感度を推定す

少数基線VLBIによる 大規模電波源探査計画

- JVNの30m級アンテナ(山口、日立/高萩、鹿嶋)
 による高感度少数基線VLBI
- AGN、系内コンパクト天体、星形成の3分野にまたがって大規模探査を実施する
 →時間変動モニターも実施
- 5年で数千天体規模のサーベイを行い、
 "JVN電波源カタログ"の作成を目指す

実感度測定試験

局秋-

山口-

・装置の改修などを経て感度測定を実施

観測コード	U17331A
日程	2017年11月27日 14:00-22:00(UT)
参加局	日立局,高萩局,鹿島局,山口第二局
観測周波数	X-band (8192-8704 MHz)
偏波	RHCP
観測モード	広帯域記録 /512 MHz x 1ch (2bit/sample) 2048 Mbps /ディスク記録
フラックスキャリブレータ	OJ287
バンドパスキャリブレータ	DA193
フリンジファインダー	DA193
ゲインキャリブレータ	J0719+3307, J1010+3330, J1007+337, J1218+1105, J1149+2824, J1218+1105

表3: VLBI感度測定試験の観測諸元

*フラックス較正は日立/高萩で得られたOJ287の単一鏡フラックス(2.5 Jy、開口能率未補正)を用いて行った

てノイズレベルを求め

観測ターゲット

て輝度温度に換算すると Table 3.2 のようになった。日立 - 鹿島、高萩 - 鹿島の短基線では~10⁴ K 以

 $T_B = \frac{c^2 S_v}{2kv^2 \Omega}$

Table 3.2:(秋带形想的习惯) 这个家庭 100 mJy)

										M
	基線	SEFD ₁	$SEFD_2$	基線長	帯域幅	θ	1σ	1σ		M
		[Jy] 국	. 相)		-[MHz]	[mas]	[mJy]	harpown		M
	,日立-鹿島, 、、	140	迎	82337	456		10,1		<u>IIIJĀ</u>	M. M
(),	イスレベルを求め 高萩-鹿島	$ 118 \sigma$)それ	それ	127	しるて	1,0天	、体料	度選	M
	日立-山口第1	140 ‡	2 ₁₀	$T_{B} = \frac{-6}{668^{2}}$	$\frac{v}{0}$ 451	8.4	0.27	6.3×10^4	(3.1)	M
て北田		い い い た れ い っ い	、 -10 っかゆる	0720272	□2771 曲	i 自 8 / 自 君	0元 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1		+ 104 V D	M
に 理歴	受屈反に将昇りる		.2 めよう 一個10 mm		口411- 庇	。 。 「 同 利 一 同 利	(-9定6)	ノ応送金術界でい	よ~10 K以 た工(した。	M
<u>/</u> -Щ	山朝司一旦尚秋司山	ᆜ毋ᡟᡟᄔ ݛݛ	□屛Ψ.鹿	島の安堡和	泉でもなっ~ 」	0° & Q.X_	上の神度	温度を持っ		M
贠出 、	できると予想され	话. 紹	宇果的	引に25	5大体	によし	ヽすオ	しかの)基	M. M
で,	今回帯域通過特性	主の測定を		山本い山	净2一味	食事	線行行	百軒日時	「夏夏夏」「「夏夏」」	ht-₩
山口道	第2局と山口第二	問語問	的周波数	夏渓器を	KN KH	stor B		下と神気	観光性の外	の其緯
ーでは	あると予想できる	steb, Of		日第2日の	り帯域幅の)値を由	日第1月	<u>のものと</u>	順であるは	^{シー} M F島のF
5.	→	SEFD ₁ システム雑	SEFD。 筆音温度 1		- 帝攻幅 FD 700 Jv	として	1σ 検出感度	」 を推定する	法国际 的 化 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一	されて
tr	Z	[Jy]		[m]	[MHž]	[mas]	[mJy]	[K]		M
с. ч.	。日立-鹿島	140	191	82337	456	89	0.25	5.5×10^{2}		Tat
	高萩-鹿島	Table83.3:	山均第2	局和195	基線の検出	出感度予	測0.30	6.5×10^{2}	=	M.
	日立-山口第1	140	210	872668	451	8.4	0.27	6.3×10^{4}		綦
	高萩基線第1	SEFD1	SEFD2	基编委	帯域幅	894	0.92	7.4×10^4	ŀ	目立-鹿
	鹿島-山口第1	[J9/]	(JM)	84mb8	[Mstz]	[138,266]	[m3ø]	6 7K 10 ⁴	T F	高萩-廣
		140	700	872668	451	8.4	0.48	1.2×10^5	ŀ	∃立-₩
	нш-ннл 4	140	700	072000	т.J I	0.7	0.70	1.2/10	T	高萩-M

表4: ターゲット天体

ーゲット天体	予想フラックス密度]	RA(J20	000)		Dec(J2000)		
	[mJy]	Hour	Min	Sec	Deg	Min	Sec	
MJV03003	1.128	7	34	38.5393	29	37	58.21225	
MJV05723	1.146	11	51	28.7563	24	29	54.1965	
MJV00094	1.202	7	47	17.1601	25	45	57.4055	
MJV01926	1.218	11	2	42.6889	27	57	33.6175	
MJV04451	1.529	11	56	57.6127	16	41	25.6195	
MJV03098	1.607	8	14	37.222	25	28	6.75425	
MJV05509	1.757	10	15	11.2373	24	48	25.02225	
MJV17085	1.858	7	43	53.338	39	55	28.2925	
MJV07000	3.390	11	25	27.3264	25	51	15.99825	
MJV15685	5.075	11	22	39.8638	18	4	47.8655	
MJV22138	5.348	9	52	22.5873	35	8	3.0755	
MJV17467	5.457	10	56	30.8557	19	41	36.55225	
MJV00511	5.582	10	25	32.9996	13	13	18.27125	
MJV23472	5.735	8	54	14.6197	28	24	7.22336	
MJV05534	5.787	10	15	24.9486	24	57	19.7095	
MJV09414	6.070	7	43	10.0421	31	17	12.47325	
M(#225A 5	フラ、6.203ス 変産	が展川	v02112	070250255	日1307	*縮2直	温白056鱼	

, ´	今回帝或通道特性	生の測定		XIII		日本書	整まれて		这百 番型	答れた-74(#225月·	ち、フラ・6.2037	ス密度が展/	1021t.0	10次075日	130て輝	宇温唐056 極筆	急すると Table 4 4
Пź	第2局と山口第	1 贈品 间2	略周波曼	愛摸品を		SECT	らう、尚居	下も謝慕	記述性の	外の其線(205475)	ックス変産新	10 mJy 19	下の生体	84.1947	蔵産が	$= 1^{48,22825}$	その輝度温度は
で	あると孟想でき	<u>320, 0</u>		口第2局	の帯域幅の)値を由	日第1月		目前である	とう ^全 MJV03071 と 鹿島の短基線で	$\sim 10^2 \text{mJy}_{11}$	∃்_ப்ப	高薪」	54.9875	25/2 59	⁷ 53.9565~, の長其線で	$\sim 10^5 \text{ mJy のオー}$
		SEFD ₁ システム	SEFD ₂ 維音温度		- 帯域幅 EFD 700 Jv	として	1σ 検出感度]σ [□] を推定する	·注册 同秋	Hされ M	9.704	а <u>л</u> нанд, 9	19 2	# 1.89 19 23.4204	33 29	30.89124	10 mjy •3-4
tr	Z	[Jy]		[m]	[MHz]	[mas]	[mJy]	[K]		MJV13634	10.397	7	38 2	26.3848	29 46	29.1265	
9	。日立-鹿島	140	191	82337	456	89	0.25	5.5×10^{2}		TABYe 4.4	各基線検出失	体のうちつ	ラシッグ	297密度	が最小る)天体。6325	
	高萩-鹿島	Table83.3	:山均第2	2 局移4395	基線の検問	出感度予	·測0.30	6.5×10^{2}		MJV05692	11.709	11	52	1.3068 13.9564	24 0	49.8815	=
*	日立-山口第1	140	210	872668	451	8.4	0.27	6.3×10^{4}		基線17564	基線長3[94]	天体	52 SN	$S_{4777}S$, [mJy] ₆	\$314[\$2]	_
	高萩基線 第1	SEFD1	SEFD2	棘線長	帯域幅	804	0182	7.4×10^4		日立-跑島0234	823B47060	MJV097	2357 8	3 3 .2467	2 51 41	43 4 .980 P0 3	
	鹿島-山口第1	[J9v]	DM	84mb8		[198a665]	[m3]	$67K10^4$		高萩-鹿島 ²⁵⁰⁴	82459^{272}	$MJV1^{10}_{7}4$	67^{20}_{57} 15	54,7279 0.0 45,5026	1.8 59	$3^{29.58025}_{.8} \times 10^{3}_{.44}$	
		140	700	872668	451	<u><u> </u></u>	0.48	$\frac{0.17\times10^{5}}{1.2\times10^{5}}$		日立-山口觞2	872668999	MJV0994	14_{57}^{57} 14	33.2467	$\frac{24}{2}$ $\frac{30}{41}$	$2_{30.9301929}^{-1.01929}$	
	山上-山口为 2	140	700	072000	+JI	0.4	0.40	1.2~10	-Po. I >>1	高萩-山田第∞	872 922 60	MJV1175	6424 12	8 .1 8 5882	9 39 7	2.54.95310 ⁶	

で、今直幕域通過特性の測定を行なりてい872941口第21局を含め基線 野寒和光をはの向あ2 フラ1298ス密度が最小のものをを用いて輝度温度に換算す 山口第塵鳥-山口第第1局は同一の間被数愛換器を用いることからり、前局とも見或通過 クス密度が10mJy以下の天体に対し感度を有しており、その

ーであると予想できるため、暫定的に山口第2局の帯域幅の値を山口第<u>1</u> 線で密度を輝度温度に換算すると Table 45 のようにたる ため 長生線 で ~ HC mJy, 日立-山口, 高秋-山口, 古口-鹿 高め 長生線 で ~ HC か変換器を用いていることから、両局とも帯域通過特性の外形も同一であると予想 る.開口能率 65 %,システム雑音温度 150 K, SEFD 700 Jy として検出感度 ダーで実際を執出され会社の口策2日の豊富値の値を山口第1日のものと同値であると仮定している になる

8.4 0.27 6.3×10 ⁴ 教教17564 圣称环头头	$43 \qquad \qquad \land \uparrow \uparrow \qquad 52 \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ $
届 \$P1 01@2 7.41x104 日立-胞島0234 82334700	60 MJV0372357 833.2467 251 41 434.930P0 ³
古井 MY 22504 0192 7.4×10 古井 MY 22504 01452	72 $19_{167}20_{15}47279_{30}59_{28}580753$
2] [1846] [0130] 6.7K10 ⁴ 同秋-鹿島 82439 MJV11861 18.0 ⁷	$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$
日立-山口第2 872668	$_{99}$ MJV09414 ₅₇ 14, 2_{2467} $_{12}$ $_{41}$ 2_{30} $_{30}$ $_{30}$ $_{10}$ $_{10}$
8.4 0.48 1.2×10 ⁵ 前井 小田橋の 070000	$(0 \mathbf{MIN} I = (A = A = 1 = 0 = 0 = 0 = 0 = 0 = 0 = 0 = 0 = 0$
コキ 谷谷 甘始からるい、オ新けのから武広マッパキー 	60 MJ V 11456424 12.80882 939 7 2.34 x 4.0°

福の値を山口第1局のものと国線のあるよフラックス密度を輝度温度に換算すると Table 4.5 のようになる.なお,山口第2局と山) Jy として検出感度を推定する1と局に中・3の周波数変換器を用いていることから,両局とも帯域通過特性の外形も同一であると予想

• 各基線で検出された最小マラックス 本

検出感度予測

Table 4.5: 各基線の 1σのフラックス密度と輝度温度

畐	θ	1σ	1σ		基線	基線長 [m]		SNR_1	S_{ν} [mJy]	S_{ν} [K]	Ξ
<u>z]</u>	[mas]	[mJy]	[K]	日立 庫目	ション 中市 日本	<u> </u>	$\frac{[MHZ]}{MW}$		$-\frac{1}{16}$	9.6×10^3	-
	8.4	0.48	1.2×10^{5}		マ日 <u>リ</u> - 屁局	023382337	1014360372.89	010.25	4.0).0 X 10	
	8.4	0.57	1.4×10^{5}	局秋-毘昂	哥 尚秋-毘島	824592459	MJW174679	159.04	7.8	$1.6 \ge 10^4$	
	8.6	0.55	1.3×10 ⁵	日立-山口	コ第2-山口	第2872668 872668 第2872922	M_{271}^{451} $M_{8.4}^{8.4}$	$14.2^{0.83}_{0.77}$	26.1	4.3 x 10 ⁶	
				高萩-山口	コ窟谷山口	第729 <u>22</u> 第229 <u>85</u> 1298	MJ48317564.6	$12_{1}_{1}_{1}_{2}_{1}$	22.0	5.2 x 10 ⁶	
				鹿島-山□]第2	851298	MJV13634	7.5	18.3	4.1 x 10 ⁶	

高萩-山口第2

日立-山口第2

0.57

0.55

0.77

1.1

3.4にて予測した感度と今回の VLBI 観測によって得られた感度の比較を Table 4.6 に示す。日立-鹿島,高 現成、短辺のからや空での実神で度が予測ですS上の値を示していることがわかる。山口第2局を 含む基線については、帯域幅、開口能率、システム雑音温度に暫定的な値を用いているため、追調査が必要 で 短基線で104 K、長基線で5x10⁶Kをクリア

	· · · · · · ·	て常			「おり」と	予定)
基線	予測感度	実測感度	予測感度	実測感度	予測感度/実測感度	- •
	1σ [mJy]	1σ [mJy]	$1\sigma[K]$	$1\sigma[K]$	[%]	
日立-鹿島	0.25	0.25	5.5×10^{2}	5.2×10^{2}	100	-
高萩-鹿島	0.30	0.24	6.5×10^{2}	5.1×10^{2}	120	
日立-山口第2	0.48	0.83	1.2×10^{5}	2.0×10^{5}	58	

 1.4×10^{5}

 1.3×10^{5}

 1.9×10^{5}

 2.5×10^{5}

74

50

科学観測の近況

○探査/モニター観測を複数実施(~50時間)

- ・ JVN17_X_02 High-zクェーサ (PI:Furuya) →U17339A, U18179A
- JVN17_X_03 浮遊BH (PI:Sukehiro) →U17332A, U18180A, U18190A
- JVN17_X_01 Fermi未同定天体 (PI:Fujita) →U17340A

○GICO3による解析パスもある程度整備終了

フリンジサーチ始めました

銀河中心浮遊BH候補探査の検出例



コヒーレンス時間の調査

さらなる感度向上へ

- ・ 当初予定の~0.3 mJy rmsは未達成
 → a few mJyをメインターゲットにするにはまだ不足
- ・感度ロスの原因は複数考えられる 帯域通過特性の影響 クロックの安定度 ポインティングズレ

...etc

• まずはコヒーレンス時間のチェックを実施

、レベルを求め

 $T_B = \frac{c^2 S_v}{2kv^2 \Omega}$

|度に換算すると Table 3.2 のようになった.日立 - 鹿島,高萩 - 鹿島の短基線では ~ 10⁴ K 以 第1・高萩-山口第1・山口第1-鹿島の長基線 上の輝度温度を持った天体を8σ

ターゲット天体 予想フラックス密度 RA(J2000) 定試験で検 度測 ると予想される. [mJy] Hour Min Sec 411 10 2000 MJV05723 1.146 11 51 28.7563 Table 3.2: 使用可 1.218 MJV01926 11 2 42.6889 基線 SEFD 524 MJV03098 1.607 8 14 37.222 mas [Jy] [MNz] [mJy] 1.757 MJV05509 10 15 11.2373 1-2-鹿島 初秋-鹿島 140 1 050 111117006 $\begin{array}{c} 191 \\ 210 \end{array} \begin{array}{c} 8245 \underset{\mathcal{S}}{\otimes} S_{\mathcal{V}} \\ 8 \overline{72} \overline{6} \overline{6} \overline{8} \overline{8}^2 \Omega \end{array} \begin{array}{c} 271 \\ 451 \end{array}$ 118 89 0.30 6.5×10^{2} MJV07000 3.390 11 25 27.3264 5.075 MJV15685 11 22 39.8638 (3.1)8.4 0.27 6.3×10^4 1立-山口第1 140 MJV22138 5.348 9 52 22.5873 藤挝換節町ると ThBle 3.2 CL うぼな924. 日21- 鹿島8. 高萩 -0鹿島の短琴線では~104 K 以 MJV17467 5.457 10 56 30.8557 5.582 MJV00511 10 25 32.9996 掲−↓「馬蕛・山口第♀1・山口第Ⅰ♀-鹿島の長墜線で483~ 10° & 6以上の輝度温度を持った天体を 8σ MJV23472 5.735 8 54 14.6197 ると予想される MJV05534 5.787 10 15 24.9486 MJV09414 6.070 10.0421 7 43 同帯域通過特性の測定を行なっていない山口第2局を含む基線について暫定的に %203ス密度が最小の4 のफफ 用 100 て 輝度 温度 100 使算 すると Table 4.4 7月秋225月た 両局ちも帯衰通過特性の外 「「鹿島の長其線で SEFD. 皇の短其線で 日廿二 能率 65 %. システム雑 [Jy] 夏るで実際破損にされている15 9.704 MJV13634 10.397 1 去 曲自 140 基線検出矢体のうち TABLE 4.4.

1立-庇局	140	191	02337	- 30		0.25	J.JX10-	-
高萩-鹿島	Table83.3:	山均類2		基礎の検出	出感度予	測0.30	6.5×10^{2}	
立-山口第1	140	210		451	8.4	0.27	6.3×10^4	_
「萩基織第1	SEFD ₁	SEFD ₂	樁鐪匳	帯域幅	8 9 4	01.92	7.4×104	-
毛島-山口第1	1991	[2]](d)	8 51112 198	[M\$]]	[18:36]	[0 ; 3 Ø]	6. 1́Ķ] 0⁴	_
1立-山口箆?	140	700	872668	451	84	0.48	1.2×10^{5}	-

高萩-山口第2 **9**39 872**922**60 MJV1756424 12.85882 7 2.54.95106 **雨穂城通邁特性の測定を行なりてい8起994」口第21局を含め基線に5万** 短編の近第2 家12%のス密度が最小のものを応用いて輝度温度に換算するとTal 1局12月-その輝度液 ス密度が 10 mJy 以下の天体に対し感度を有しており、

MJV05692

MJV17476

基線17564

日立-鹿島0234

高萩-麗島2504 MJV11861

日立-山口第2

11.709

11.858 基線長3[94]

 $824_{18.030}^{15}$

87266899

万法

表4: ターゲット天体

Dec(J2000)

29

57

28

48

51

4

8

41

13

24

57

17

Sec

54.1965

33.6175

6.75425

25.02225

15.99825

47.8655

3.0755

36.55225

18.27125

7.22336

19.7095

12.47325

を有じており, 59 53.9565

30.89124

29.1265

49.8815

S14 K

 $3^{29.58025}_{.8 \times 10^3}_{44.81525}$

230,330200

パの天報6325

その輝度温度は

~ 10⁵ mJv のオー

Deg Min

24

27

25

24

25

18

35

19

13

28

24

31

33

29

24

1.8 24

2<u>1</u>52

56

52

MJV0941457 14322467

天体

1.3068

 $1540^{7279}_{45.5026}$

 $_{52}$ SNR₄₇₇₇S_v [mJy]₆

らと予想できるため,暫定的に山口第2局の帯域幅の値を山口第1局の 星線で~~105 mJy C]能率 65 %,システム雑音温度 150 K,SEFD 700 Jy として検出感度を推定す 変換器を用いていることから, ガニで 宝欧)

9 結果

・ 鹿島-日立基線の例



基本的にはSNRが時間のルートで増加
 →一部傾きがフラットなものが見られた

國度予	測			
			- 18:21 MJV17467 0.4647 x - 0.0976 - 19:23 J1218+11 0.4997 x + 1.409 - 18:33 MJV17476 0.4625 x + 0.4311 - 19:37 MJV15685 0.3352 x + 1.645 0 0 19:23 MJV17476 (160.55+-4.402) 0 19:37 MJV15685 (102.24+-50)	25) .97)
θ	1σ	1σ	- 18:47 MJV01926 0.1053 x + 1.088 - 19:50 MJV19758 0.1783 x + 1.611 - 19:06 MJV00511 0.469 x + 0.4963 - 20:02 MJV07000 0.5369 x - 0.3196 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	.33) .90)
[mas]	[mJy]	[K]	ΨΗ - · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
8.4	0.48	1.2×10^{5}		
8.4	0.57	1.4×10^{5}		
8.6	0.55	1•3×1 公	基線の状況をまとめると	

(SNR∝*t^α*, 位相の標準偏差Δφ)

基線	検出数 (7σ)	平均α	$\Delta \phi$ (deg)	0.4<α<0.6の天体数
山口一高萩	22	0.48	14	19
山口一鹿島	20	0.50	25	15
日立一鹿島	28	0.48	9	22
高萩一 <mark>鹿</mark> 島	24	0.49	17	24
山口一日立		相	関処理中	

• 8割のスキャンでコヒーレンスが10分保てている模様 →残り2割はSNが積分時間に対して増加しない

SNRに異常があったスキャン一覧

天体名	山口 - 高萩	山口 - 鹿島	鹿島 – 高萩	鹿島 - 日立
MJV13634	0.40 (14)	0.23 (8)	0.43 (37)	0.44 (38)
MJV09414	0.44 (17)	0.28 (8)	0.54 (33)	0.49 (32)
MJV16815	-	-	-	0.37 (9)
MJV11874	0.50 (15)	0.34 (9)	0.443 (49)	0.52 (50)
MJV1926	-	-	-	0.10 (22)
MJV15685	-0.22 (40)	-	0.40 (372)	0.33 (336)
MJV19758	0.46 (90)	0.20 (28)	0.19 (120)	0.18 (120)
MJV05273	-	-	-	0.27 (8)
MJV17564	0.36 (13)	0.34 (9)	0.44 (37)	0.46 (35)

SNR∝t^α,とした際の指数α、カッコ内はSNR

・ 微弱天体が多いがSNの高い天体も含まれている

山口一日立

相関処理中

SNR 異常の 特徴

(1)全体的に微弱天体(7 - 10σ)が多い(6/9天体)
(2)山口 - 鹿島、日立 - 鹿島基線に顕著(9/9天体)
(3)同じ天体でも基線によってはα~0.5
(4)山口 - 鹿島は微弱天体(7 - 10σ)が多い(4/5天体)
(5)日立 - 鹿島は構造を持った天体が多い(4/5天体) →他基線で未検出or SN低下

○低いSNRによるノイズの影響

ク記録

【度を測

○ ポインティングやクロックの揺らぎ等局べースの誤差
 ○ 広がった天体構造に依存する何らかの誤差

, J1218+1105

まとめ

- JVN大口径基線におけるX帯でのコヒーレンス時間の 調査をおこなった
- 25天体10分スキャンx4基線の8割でコヒーレンスが10 分程度保たれていることが確認された
- 残り2割は積分時間に対してSNRの増加が鈍いものが 見られた
- 低SNRの天体についてはノイズの影響が、高SNRの天体についてはクロックやポインティングなど局ベースの誤差が影響している可能性が考えられる