

JVN大口径基線における コヒーレンス時間の調査

元木業人
山口大学

小倉達也、青木貴弘、新沼浩太郎、藤沢健太 (山口大学)
米倉覚則 (茨城大学)、関戸衛、岳藤一宏 (情報通信研究機構)

JVN大口徑基線の現状

JVN大口径基線

- 30m x 5台の高感度サブアレイ
 - 理論上 $3\sigma \sim 1 \text{ mJy}$ の感度を達成可能
- 短基線 10^4 K 、長基線 10^6 K がターゲット

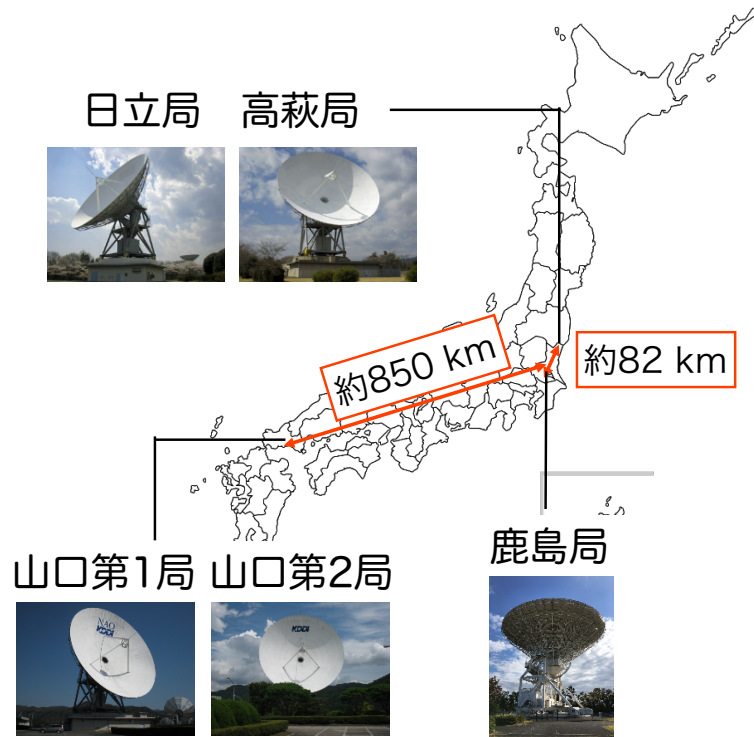


図1: JVNにおける30m級電波望遠鏡の配置

表1: 8 GHz帯における望遠鏡性能

	日立	高萩	山口第一	山口第二	鹿島
直径 [m]	32	32	32	34	34
開口能率 [%]	49	58	65	65(暫定)	70
T_{sys} [K]	20	20	40	150(常温)	40
SEFD [Jy]	140	118	210	700	191

表2: 有効帯域から予想される基線感度(10分積分)

基線	SEFD ₁ [Jy]	SEFD ₂ [Jy]	基線長 [m]	帯域幅 [MHz]	θ [mas]	1σ [mJy]	1σ [K]
日立-鹿島	140	191	82337	456	89	0.25	5.5×10^2
高萩-鹿島	118	191	82459	271	89	0.30	6.5×10^2
日立-山口第1	140	210	872668	451	8.4	0.27	6.3×10^4
高萩-山口第1	118	210	872922	271	8.4	0.32	7.4×10^4
鹿島-山口第1	191	210	851298	483	8.6	0.30	6.7×10^4
日立-山口第2	140	700	872668	451	8.4	0.48	1.2×10^5
高萩-山口第2	118	700	872922	271	8.4	0.57	1.4×10^5
鹿島-山口第2	191	700	851298	483	8.6	0.55	1.3×10^5

* θ は空間分解能(ミリ秒角: mas単位)

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

- 装置の改修などを経て感度測定を実施

表3: VLBI感度測定試験の観測諸元

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

*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

観測ターゲット

- VLBA MJIVEから微弱QSO 31天体
(X帯予想フラックス1 – 100 mJy)
- 予想フラックス1-5,5-10,10-100 mJy
のそれぞれについて10天体程度選
択
- 結果的に25天体はいずれかの基
線で検出 (4天体は茨城県内基線
のみ)

表4: ターゲット天体

ターゲット天体	予想フラックス密度 [mJy]	RA(J2000)			Dec(J2000)		
		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
MJV22511	6.203	10	21	10.7075	30	52	9.49056
MJV05475	7.555	10	11	34.1947	24	36	48.22825
MJV03071	8.119	8	11	54.9875	25	59	53.9565
MJV06992	8.141	11	24	11.8919	25	55	48.8205
MJV16815	9.704	9	19	23.4204	33	29	30.89124
MJV13634	10.397	7	38	26.3848	29	46	29.1265
MJV07014	11.265	11	25	20.7941	26	37	49.36325
MJV05692	11.709	11	52	1.3068	24	0	49.8815
MJV17476	11.858	10	58	13.9564	19	34	51.54125
MJV17564	13.345	11	52	53.4777	9	36	53.41325
MJV10234	14.060	9	57	33.2467	25	41	30.93025
MJV22504	15.272	10	20	54.7279	30	59	29.58025
MJV11861	18.030	9	57	45.5026	24	56	44.81525
MJV11874	58.099	9	57	33.2467	25	41	30.93025
MJV19758	63.260	11	24	31.5882	23	7	55.9535

最小フラックス天体

- 各基線で検出された最小フラックス天体

基線	基線長 [m]	天体	SNR	S_{ν} [mJy]	S_{ν} [K]
日立-鹿島	82337	MJV05723	8.3	4.6	9.6×10^3
高萩-鹿島	82459	MJV17467	15.0	7.8	1.6×10^4
日立-山口第2	872668	MJV09414	14.2	26.1	4.3×10^6
高萩-山口第2	872922	MJV17564	12.8	22.0	5.2×10^6
鹿島-山口第2	851298	MJV13634	7.5	18.3	4.1×10^6

- 現状で0.5 – 2.0 mJy rms
→短基線で 10^4 K、長基線で 5×10^6 Kをクリア
(山口第二は常温→1.7倍は向上予定)

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クエーサ (PI:Furuya)

→U17339A, U18179A

- JVN17_X_03 浮遊BH (PI:Sukehiro)

→U17332A, U18180A, U18190A

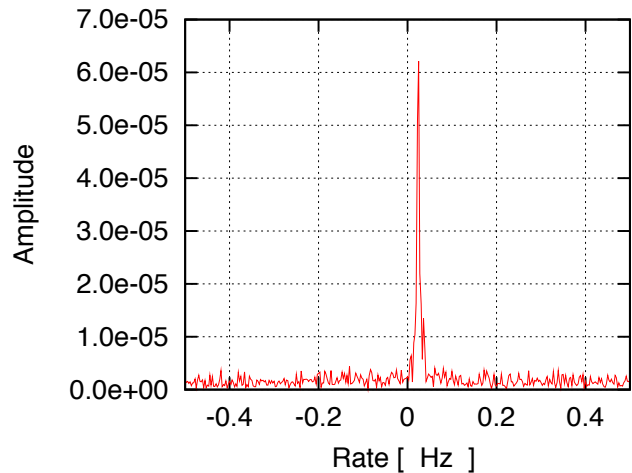
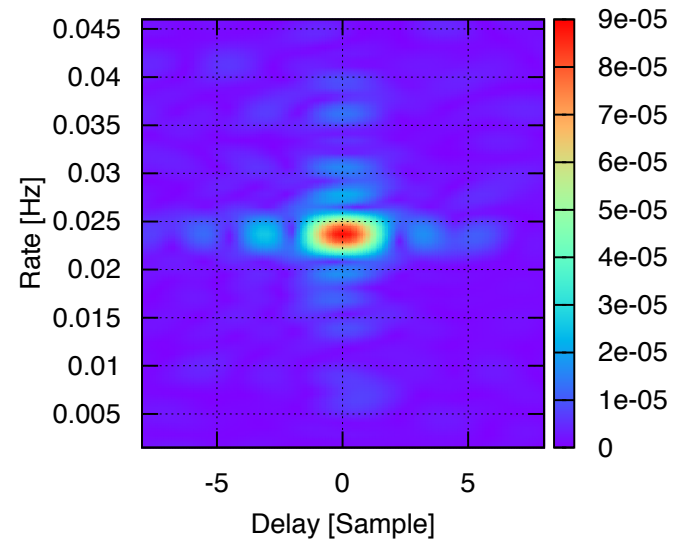
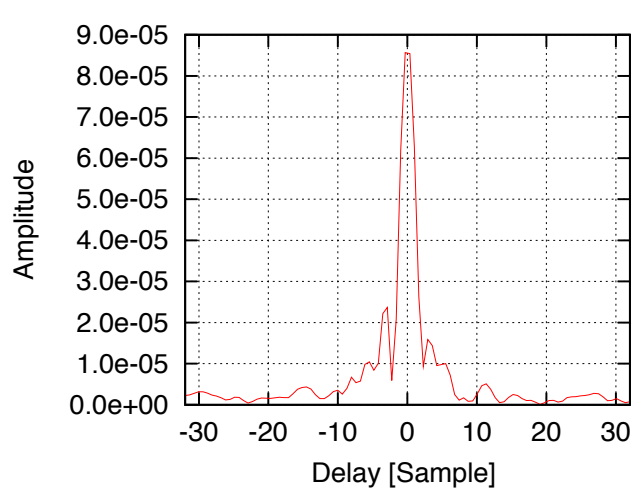
- JVN17_X_01 Fermi未同定天体 (PI:Fujita)

→U17340A

○GICO3による解析パスもある程度整備終了

FRINGEサーチ始めました

- 銀河中心浮遊BH候補探査の検出例



```
Epoch      : 2017/332 05:46:30
Station-1  : HITACH32
Station-2  : YAMAGU34
Source     : SOURCE10
Length     : 360.000000[sec]
Sampling   : 1024000000[sps]
Frequency  : +8192.000000[MHz]
Peak Amp   : 0.008849[%]
Peak Phs   : 119.804378[deg]
Delay      : +0.023438[sp]
Rate       : +23.761453[mHz]
SNR        : 59.470814
```

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

方法

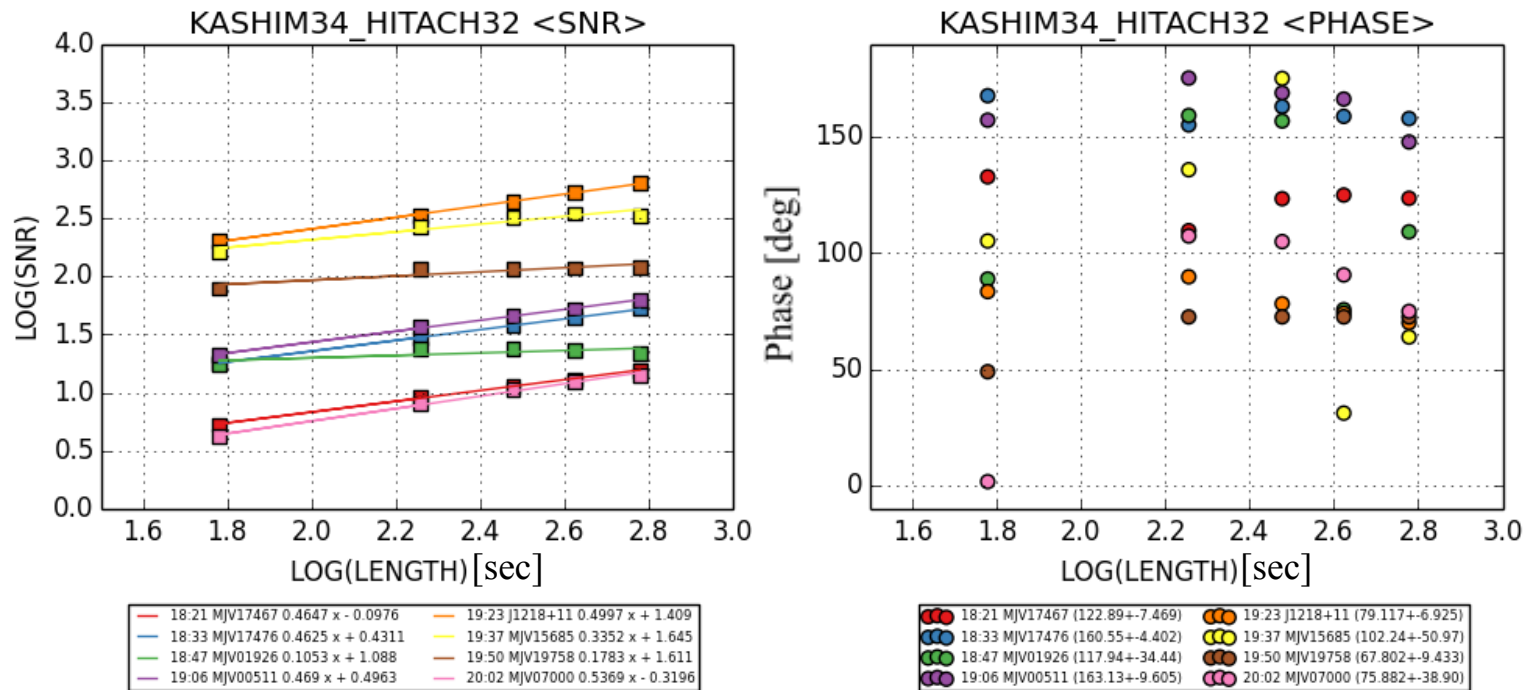
- 感度測定試験で検出された25天体のスキャンデータを利用
- 積分時間を1, 3, 5, 7, 10分と変えてSNRを調査

表4: ターゲット天体

ターゲット天体	予想フラックス密度 [mJy]	RA(J2000)			Dec(J2000)		
		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
MJV08094	1.202	7	47	17.1601	25	45	57.4055
MJV01926	1.218	11	2	42.6889	27	57	33.6175
MJV04431	1.329	11	36	57.6127	16	41	23.6193
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	29	55	28.2025
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
MJV22511	6.203	10	21	10.7075	30	52	9.49056
MJV05475	7.555	10	11	34.1947	24	36	48.22825
MJV03071	8.119	8	11	54.9875	25	59	53.9565
MJV06992	8.141	11	24	11.8919	25	55	48.8205
MJV16815	9.704	9	19	23.4204	33	29	30.89124
MJV13634	10.397	7	38	26.3848	29	46	29.1265
MJV07014	11.265	11	25	20.7941	26	37	49.36325
MJV05692	11.709	11	52	1.3068	24	0	49.8815
MJV17476	11.858	10	58	13.9564	19	34	51.54125
MJV17564	13.345	11	52	53.4777	9	36	53.41325
MJV10224	14.060	9	57	33.2467	25	41	30.93025
MJV22504	15.272	10	20	54.7279	30	59	29.58025
MJV11861	18.030	9	57	45.5026	24	56	44.81525
MJV11874	58.099	9	57	33.2467	25	41	30.93025
MJV19758	63.260	11	24	31.5882	23	7	55.9535

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

結果(Preliminary)

- 各基線の状況をまとめると
($\text{SNR} \propto t^\alpha$, 位相の標準偏差 $\Delta\phi$)

基線	検出数 (7σ)	平均 α	$\Delta\phi$ (deg)	$0.4 < \alpha < 0.6$ の天体数
山口-高萩	22	0.48	14	19
山口-鹿島	20	0.50	25	15
日立-鹿島	28	0.48	9	22
高萩-鹿島	24	0.49	17	24
山口-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 $\propto t^\alpha$, 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

SNR異常の特徴

- (1) 全体的に微弱天体($7 - 10\sigma$)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 $\alpha \sim 0.5$
- (4) 山口 - 鹿島は微弱天体($7 - 10\sigma$)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
- ポインティングやクロックの揺らぎ等局ベースの誤差
- 広がった天体構造に依存する何らかの誤差

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