

JVN大規模電波源探査に向けた アレイ性能確認試験2 ～コヒーレンス時間の調査～

小倉達也, 元木業人, 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)
岳藤一宏, 関戸衛 (NICT)

1 研究の目的と今までの進捗

大規模電波源探査に向けて

JVNの将来計画の一環として、[星形成領域][活動銀河核][系内ブラックホール]の3分野において、JVN大口径局少数基線（**日立局 高萩局 鹿島局 山口第一局 山口第二局**）によるC/X-bandでの大規模電波源探査を予定している。本研究の目的は観測に向けたアレイ性能の把握であり昨年度は帯域通過特性の調査及びVLBI試験観測を行なった。帯域通過特性から見積もられるアレイ性能は短基線、長基線でそれぞれ輝度温度 10^4K 、 10^6K の天体を観測できることが期待される。今回はVLBI観測時のコヒーレンス時間の計測を行なったのでその結果を報告する。

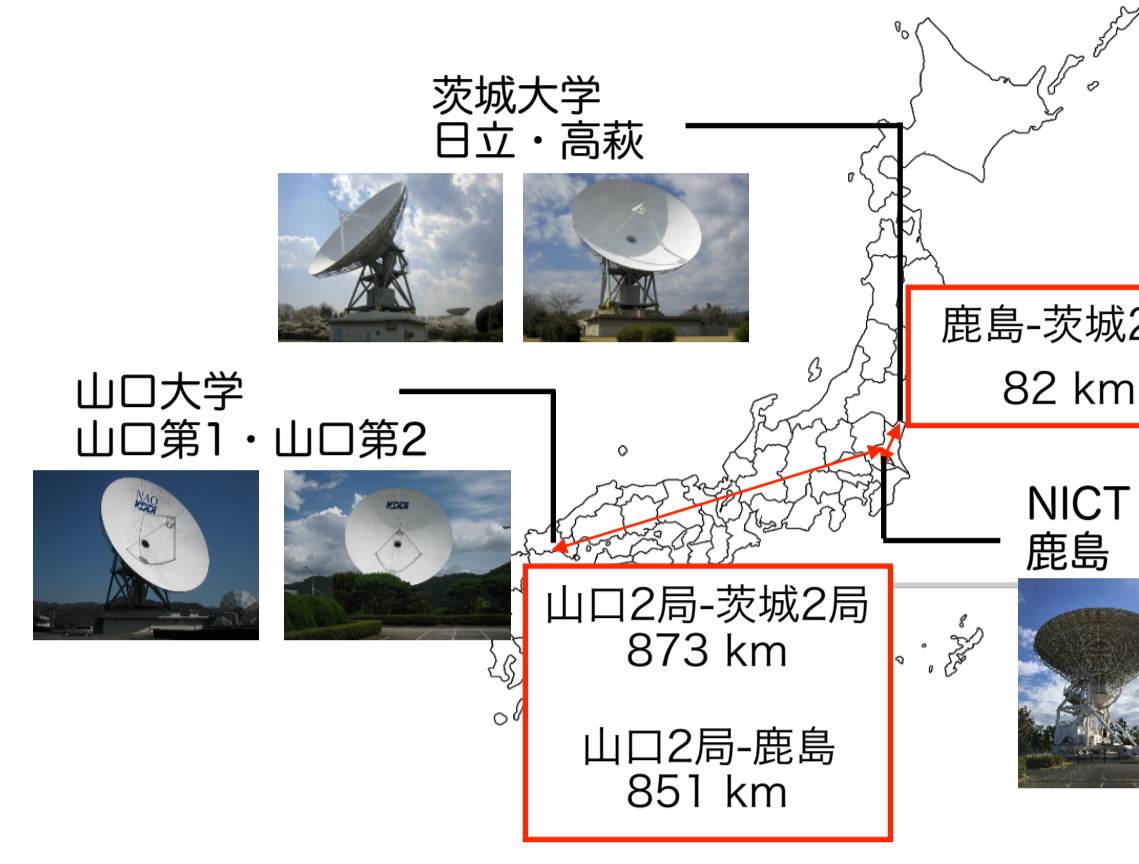


Figure 1 本計画参加局の配置

有効帯域より見積もられる感度はTable 1 の通りである。使用5局のうち4局は大学所有の局である。C/X-bandの性能は微弱電波源探査において十分有効な感度を有していることが予想される。

Table 1 帯域通過特性から予想されるアレイ性能

基線	角度分解能 θ [mas]	有効帯域比率 [%]	ノイズレベル (1 σ) [mJy]	[K]
日立-鹿島	89	89	0.25	5.5×10^2
高萩-鹿島	89	53	0.30	6.5×10^2
日立-山口第2	8.4	88	0.48	1.2×10^5
高萩-山口第2	8.4	53	0.57	1.4×10^5
鹿島-山口第2	8.6	94	0.55	1.3×10^5

*SEFD[Jy] 日立:140 高萩:118 鹿島:191 山口第2(常温):700 で算出
*帯域幅は有効帯域比率100%で512 MHz

2 調査概要

実感度測定のためのVLBI試験観測

2017年度に本計画使用局の実感度測定を目的としてVLBI観測を行った。スキャン天体は1.4GHzでのフラックス密度が既知の電波源（mJAVE20から選出）から8.4GHzにおけるフラックス密度を予想し1 - 100 mJyのうちおおよそ均一になるように31天体選出した。積分時間10分でのノイズレベル(1 σ)のフラックス密度はTable 2の通りである。

観測コード	U17331A
日程	2017/11/27 14:00 - 20:00(UT)
観測周波数	X-band (8192 - 8704 MHz)
参加局	日立 (20K), 高萩 (20K), 山口第2 (常温), 鹿島 (40K) ※山口第1は機器不調のため不参加

Table 2 ノイズレベル(1 σ)

	鹿島-日立	鹿島-高萩	鹿島-山口	山口-日立	山口-高萩
ΔS [mJy]	0.60	0.57	2.0	1.8	2.6

コヒーレンス時間について

- 干渉計観測ではスキャン時間を長く取るほど、大気、周波数標準、信号伝送系などに起因する位相の揺らぎによりコヒーレンスが低下する。VLBI観測でコヒーレンスが保たれている場合、式(1)の関係になる。

$$\text{SNR} \propto \Delta t^{0.5} \quad (1)$$

VLBI試験観測によるコヒーレンス時間調査

- U17331Aではスキャン時間を10分と長めに取っている。今回は観測データを元にコヒーレンスの低下によるSNRの減少が生じていないかを確認する。積分時間が1, 3, 5, 7, 10分のときのSNRをプロットし式(1)に従っているか確認する。積分時間1分でSNR>7 σ であるターゲットを使用した。（フラックスキャリブレーション除く）

3 結果

積分時間を変化させた時のSNRの振る舞い

各基線の観測データを1, 3, 5, 7, 10分と積分時間を変化させて相関処理を行った。相関処理にはソフトウェア相関器GICO3を用いて行った。処理結果をlog(積分時間)-log(SNR)でプロット、式(1)でフィットしコヒーレンス時間が維持されていると判断できるものを選出した。結果の例をFigure 2を示す。

以下の2点を満たしたものをコヒーレンス時間が維持されていると判断する

- フィッティングの指数 α の誤差(1 σ)を $\Delta\alpha$ として
- α が $\pm 3\Delta\alpha$ 内で0.5に一致する
- $\alpha/\Delta\alpha > 3$

コヒーレンスが維持されているものはTable 3の個数分布になった。今回の結果では積分時間10分のとき検出数に対して最低でも79%はコヒーレンスが維持されていることがわかる。また、山口を含む基線で検出数が少ないのは観測当時受信機が常温であったためである。（現在は冷却済み）

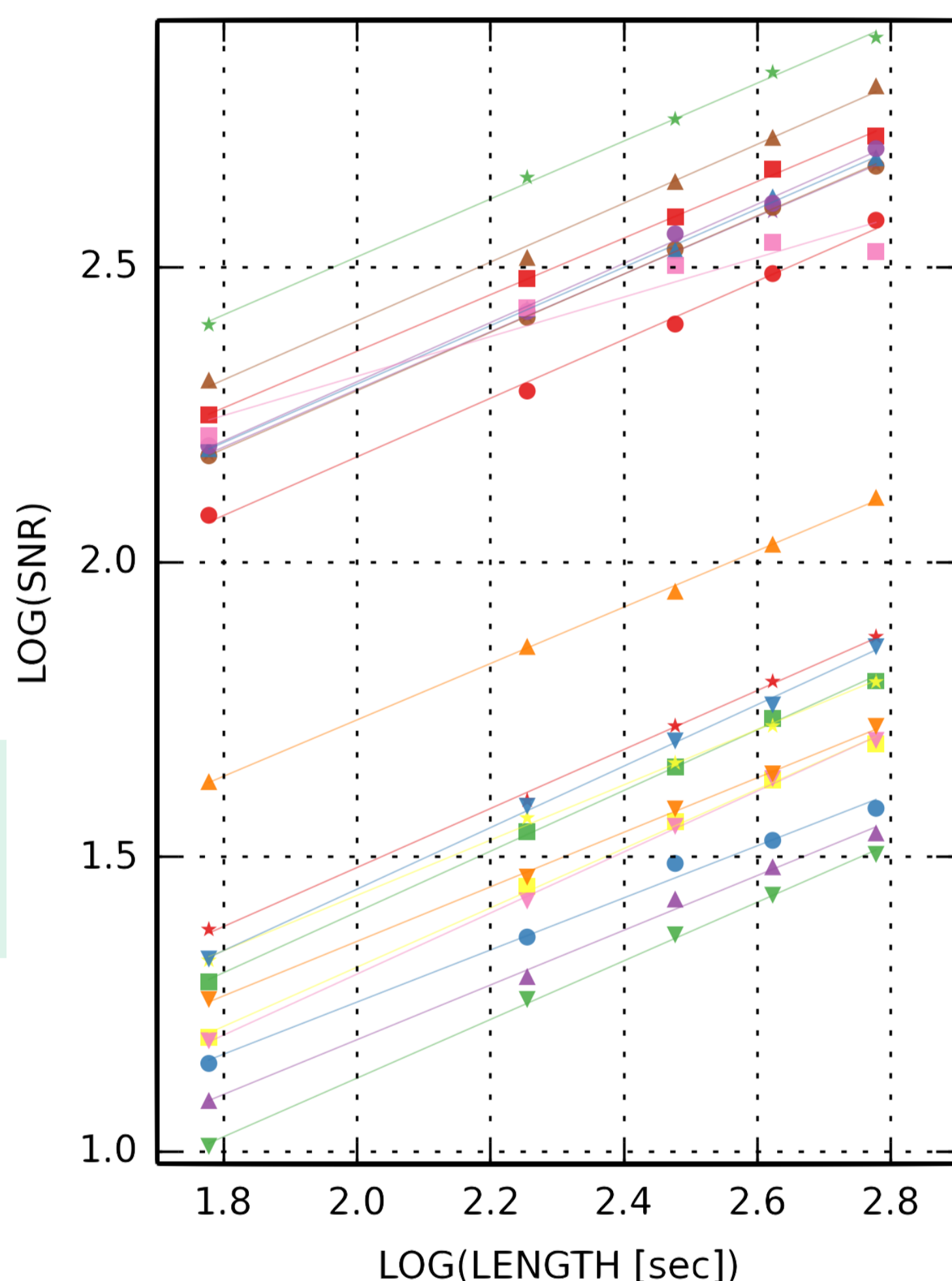


Figure 2 コヒーレンスが維持されている天体における積分時間とSNRの関係(鹿島-日立)

Table 3 積分時間とSNRの関係(鹿島-日立)

基線	A:検出数(1分・7 σ)	B:コヒーレンスが維持されている天体	B/A [%]
鹿島-日立	23	20	87
鹿島-高萩	19	18	95
鹿島-山口	10	9	90
山口-日立	12	12	100
山口-高萩	14	11	79

コヒーレンス時間が維持されていない天体

- コヒーレンスが維持されている条件を満たさなかったものの結果を各基線ごとにFigure 3に示す。*山口-日立は該当なし

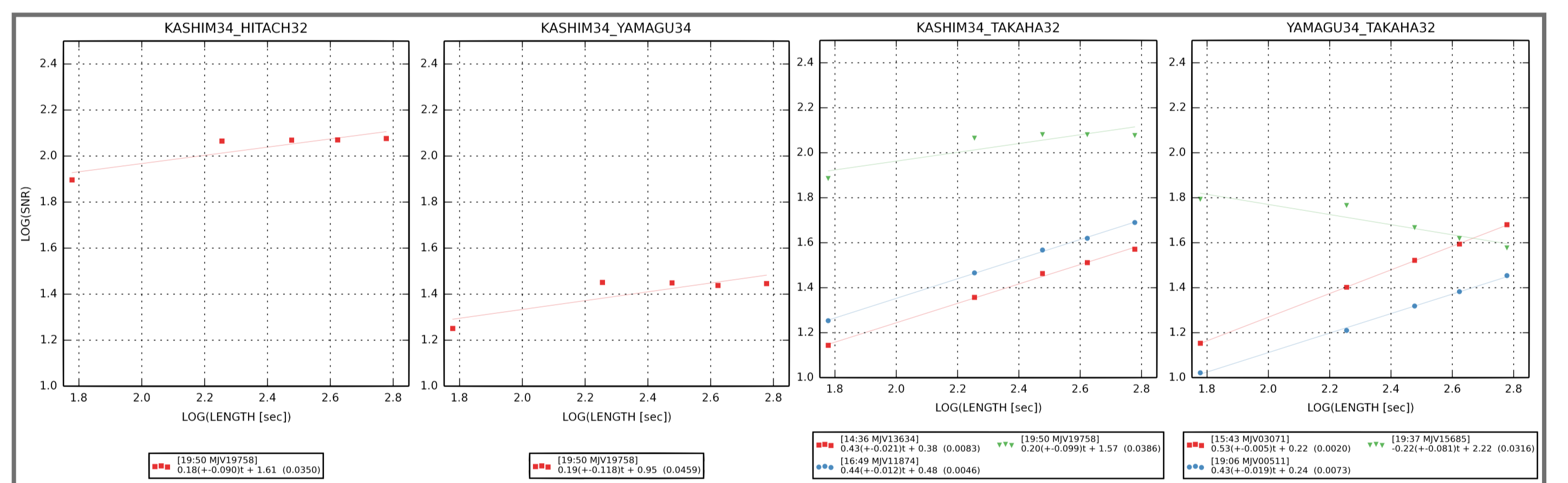


Figure 3 コヒーレンスが維持されていない天体における積分時間とSNRの関係

コヒーレンスが維持されていないと思われる天体の特徴

- 鹿島を含む基線に共通してSNRが増加しないものが見られる。
該当天体 MJV19758 : 鹿島-日立, 鹿島-山口, 鹿島-高萩
コヒーレンスが保たれていた日立-山口, 山口-高萩ではフラックス密度がそれぞれ166, 163mJyで観測されていたのに対して鹿島-日立, 鹿島-高萩, 山口-鹿島ではそれぞれ71.5, 67.9, 72.5mJyであり基線長によらず鹿島を含む基線で明らかにフラックス密度が低い結果となった。
- 高萩を含む基線では時間とともにSNRは増加しているが α が $\pm 3\Delta\alpha$ 内で0.5に一致しないものが4天体ある。
該当天体 MJV13634, MJV11874 : 鹿島-高萩, MJV03071, MJV00511:山口-高萩
これらの天体については位相回転によりコヒーレンスが低下した可能性が考えられる。
- SNRが時間とともに減少しているものがある。
該当天体 MJV15685 : 山口-高萩
鹿島-日立, 鹿島-高萩では検出されておりそのフラックス密度は201, 212 mJyであった。しかし長基線である山口-日立, 山口-鹿島では検出されていないことから山口-高萩ではノイズを誤検出した可能性が考えられる。

位相の時間変化の調査について (進行中)

- コヒーレンスは位相の揺らぎによって低下するため、1, 2.に当てはまる天体に関してもスキャン中に位相回転を起こしている可能性が考えられる。このことを確認するため該当天体に対して1分ごとに分割して相関処理を行い位相の時間変化について調査を行っている。これについては茨城-山口研究会 (2019/1/15,1/16) にて発表する予定である。

4 まとめと今後の展望

コヒーレンス時間調査まとめ

JVN大規模電波源探査の使用局4局を用いてコヒーレンスタイムの調査を行った。積分時間10分の間で検出数に対して最低でも79%はコヒーレンスは維持されていることがわかった。しかし各基線にて数天体ほどSNRが低下しているものが見られた。位相の時間変化の調査については現在進行中であり次回の発表の機会に紹介する予定である。

今後の予定

- 試験観測から現在までの間、高萩/鹿島両局の周波数変換機にさらに改良が加えられた。また、今回の試験においてスキャン時間が10分の場合コヒーレンスを維持できることが示唆された。よって今後は、今回不参加であった山口第1局を含め、10分以上のスキャン時間で再度VLBI感度測定を行うことで最終的なアレイ性能を確認するとともに、より長いスキャン時間でのコヒーレンス時間の測定を行う予定である。