

山口VLBI用相関器の性能評価

齋藤直斗
藤澤健太 新沼浩太郎(山口大学)

研究背景

現在、VLBI観測を行う際、天文台が所有する相関器を用いての相関処理を行う必要がある。我々は山口大学VLBI用相関器を立ち上げ、大学間でのVLBI観測の相関処理を大学所有の相関器で行うことで、よりスムーズに研究を行うことを目指している。これが完成すると、日本では初となる大学所有のVLBI用相関器となる。

観測概要

試験観測①

目的:相関器の動作確認
観測天体:4C39.25
観測周波数:8,192[MHz]
観測日:2015年10月9日

試験観測②

目的:様々な天体強度を持つ天体の観測による稼働試験
観測概要:銀河中心方向のコンパクト天体のサーベイ
観測周波数:8,192[MHz]
観測日:2015年12月7日

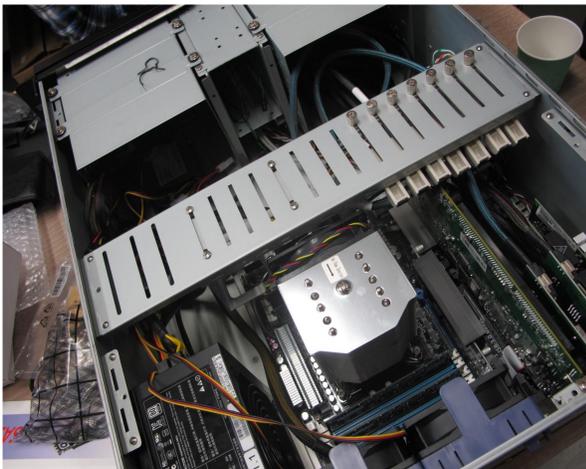


図1.相関器本体の写真

概要

山口VLBI用相関器を立ち上げ、鹿島34m電波望遠鏡、山口32m電波望遠鏡でのVLBI試験観測を行い、山口VLBI用相関器を用いて、相関処理を行う。その相関処理の結果を用いて、相関器の性能を評価する。

表1. 高速VLBI記録装置

パーツ	品名	数量	用途
CPU	Intel Xeon E5-2620v2 (2.1G) LGA2011 BOX	1	演算装置
10Gネットワークカード	INTEL Ethernet Converged N/A X520-SR2	1	ネットワークとコンピュータの通信に用いる。
RAIDカード	Areca ARC-1882ix-24	1	複数のHDDを1個のドライブとして扱うようにする
RAID-BOX	STARDOM SOHOTANK ST8-U5	2	1個のBOXに8個のHDDを格納することができる
3.5インチHDD	HGST OS03667	16	4TBのHDD

表2. 山口、鹿島それぞれの開口能率とTsys(仮定値)

	山口32mアンテナ	鹿島34mアンテナ
開口能率[%]	60	60
システム雑音温度[K]	50	50

性能の評価②

試験観測②での較正天体NRAO530の相関処理を積分時間を変えて行った。フリンジのSNRの評価式

$$SNR = \frac{S_v \sqrt{A_{KSM} A_{YMG}} \sqrt{2\Delta\nu\tau}}{2k\sqrt{T_{sysK} T_{sysY}}}$$

より、積分時間 τ は n 倍することでSNRは理論上 \sqrt{n} 倍になる。このことを用いて、実際に積分時間変え相関処理を行い、SNRがどのように変動するかを求めた。ここではNRAO530の積分時間を1秒、4秒、16秒、30秒、64秒と行い、それぞれのSNRを比較した。この結果より、相関処理による遅延補正が正確に行われているかを評価した。

表4. NRAO530のそれぞれの積分時間における相関処理で得られたSNR

積分時間[sec]	SNR
1	92.3
4	173
16	406
30	592
64	858

また、NRAO530のフラックス密度を4.4[Jy]と仮定し、SNRの理論値を算出した。その結果と相関処理で得られたSNRを横軸を積分時間の平方根、縦軸をSNRとしたグラフで示した。

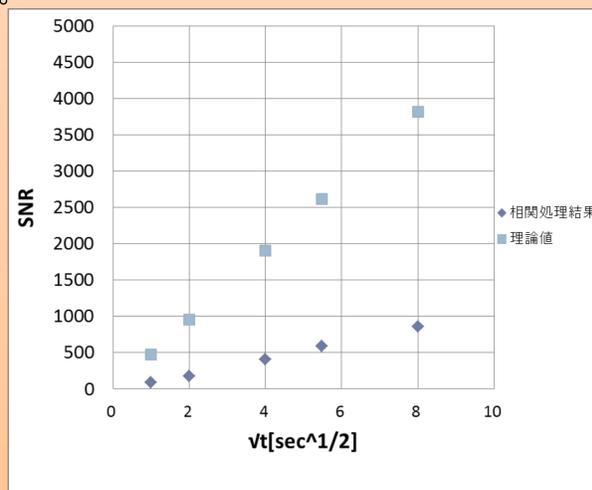


図4. 積分時間の平方根とSNRの関係。相関処理結果と理論値を比較する。

積分時間を延ばした場合、理論通りにSNRの値は増加した。ただし、実際に得られた結果は天体カタログの測定値を用いたの1/5ほどの値となった。

性能の評価①

試験観測①の鹿島局の相関器による相関処理と山口局の相関器による相関処理を比較し、山口局の相関処理自体に問題がないことを検証した。

結果

今回4C39.25の積分時間を4[sec]にし、それぞれの相関器で相関処理を行い以下の結果となった。

表3. 鹿島、山口それぞれの相関処理結果

	鹿島VLBI用相関器	山口VLBI用相関器
積分時間[sec]	3.999996	4.000000
強度 [%]	0.686913	0.691015
位相 [deg]	10.398437	47.059900
Delay[spl]	-0.501999	+0.017502
Rate[Hz]	-25.310540	0.404358
SNR	412.108990	423.221365

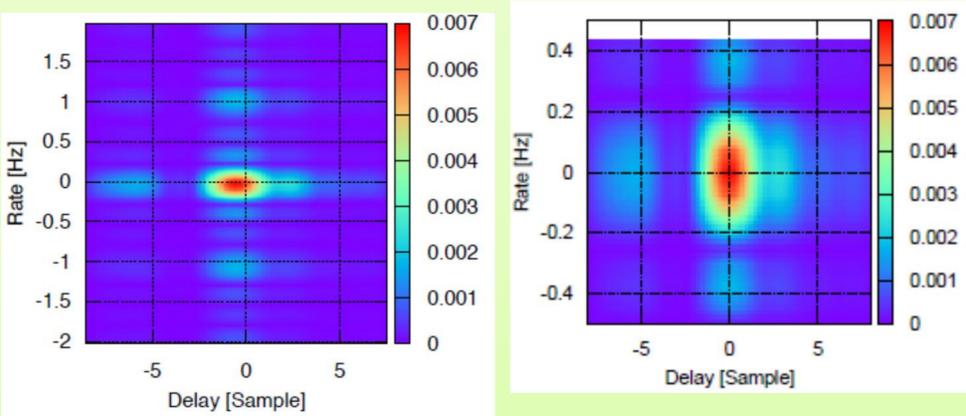


図2. 4C39.25の鹿島局、山口局それぞれの相関処理結果

それぞれ位相, Delay, Rateの値は相関器によって違いが生じた。しかし、SNRの値は実績のある鹿島のVLBI用相関器の結果と3%の差で一致した。

今後の展望

- 今回の結果より、山口大学VLBI用相関器はSNRは実績のある鹿島VLBI用相関の値と3%の差で一致した。位相, Delay, Rateの値はパラメータファイルを一致させ、再度検討する。SNRが理論値と一致しないことに関しては、バンドパス補正等を考慮して、研究を進めていく。
- 現在、試験観測②のターゲット天体の相関処理を現在進めている。山口VLBI用相関器の完成により、日本初となる大学が所有するVLBI用相関器が誕生し、大学主導でVLBI観測を実施する準備が整った。今後はこの相関器を使用し、さらなるブラックホールなどのコンパクト天体の研究をますます推し進めていくことが可能となるだろう。