

山口 32m 電波望遠鏡における高感度 VLBI 観測システム

「OCTAVE」の整備と性能評価

木村 篤志、藤澤 健太、新沼 浩太郎、杉山 孝一郎、山口 大輝、宮村 太基 (山口大学)
小山 友明、河野 裕介、水野 翔太、金口 政弘 (国立天文台)

概要

現在、山口 32 m 電波望遠鏡用に、高感度 VLBI 観測システム「OCTAVE (Optical Connected Array for VLBI Exploration)」の導入を進めている。OCTAVE を導入することで、VLBI 観測の高感度化、位相補償観測などの精度の向上、位相補償観測可能な天体数の増加などが期待され、さらにリアルタイム相関処理も可能となる。2011 年 11 月にシステムに必要な機器を設置し、機器の動作試験を行った。そして 2011 年 12 月に VERA 水沢局と山口局基線での試験観測を行い、山口局 22GHz 帯低雑音受信機における初めてのフリッジ検出に成功した。

1 研究背景

VLBI 観測の感度は、システム雑音温度、電波望遠鏡の口径、帯域幅によって決まる。システム雑音温度は低雑音受信機で大部分が決まり、電波望遠鏡の大口径化には技術的な限界がある。残る観測帯域の広帯域化は従来の VLBI 観測においても、比較的容易に実現可能であり、A/D 変換機も広帯域化に対応できていた。しかし、最大のネックであったのが VLBI 観測データを記録する記録系の問題であった。VLBI ではデジタル信号を磁気テープなどの媒体に記録する必要があるため、記録速度によって帯域が制限されてしまう。そのため従来の VLBI 観測システムのままで帯域幅を上げた VLBI 観測を行うことは困難であった。高感度 VLBI 観測システムの一つである光結合 VLBI を利用すると、リアルタイムで観測データの相関処理を行うことも可能である。この手法を用いれば、従来の VLBI 観測のネックであった記録系をパスして相関結果を得ることが可能である。

現状の OCTAVE システムで扱うことのできるデータ量は 2 Gbps/ch となる。従来の記録装置である DIR-1000 の記録速度が 128 Mbps であるため、OCTAVE システムは従来に比べ 16 倍以上の記録速度を誇る。記録速度の向上により、観測可能な帯域幅は増加し、結果的に VLBI の高感度化が可能となる。

VLBI 観測システムの高感度化により、微弱天体の観測が可能となり、従来の VLBI 観測と比べて観測可能な天体数の増加が期待される。これによりターゲット天体の、より近傍に参照電波源を見つけることが可能になり、位相補償観測などの精度の向上が期待できる。また、位相補償観測可能な天体数の増加も期待される。そして OCTAVE システムの確立により実時間処理が可能になるため、天体の突発的現象などへの即時対応も可能となる。

現在、高感度 VLBI 観測可能な局は、つくば、鹿島、岐阜である。この観測網に山口局が参加すれば、基線長が最大約 850 km (山口-鹿島基線)にまで広がり、口径 32 m という大口径の電波望遠鏡を用いた VLBI

観測網が完成する。このことは、今後、高感度 VLBI 観測を行う上できわめて有意義なことである。それを実現するためには、山口 32 m 観測室内に OCTAVE システムを導入し、動作試験及び試験観測を行い、性能評価を行う必要がある。

2 動作試験

2.1 TVG(Test Vector Generator)信号伝送試験

2011 年 11 月 10 日に山口局の光回線の導通（リンク）作業を行い、SINET4 への接続を確認した後、OCTAVIA からの TVG 信号を三鷹へ伝送し、信号が正しく送受信されているかを確認した。当初は 4 Gbps 信号で数分のエラーが出たが、数日後、三鷹へ 6 Gbps 信号における 14 時間エラーフリーを確認した。当初のエラーの原因として、OCTAVE に電源を入れたばかりで機器が安定するのに時間がかかったことが考えられる。

2.2 22GHz 帯低雑音受信機を用いた観測信号の光伝送試験

2011 年 11 月 10 日に OCTAVE を用いた山口局の観測信号（2 Gbps、観測帯域幅 512 MHz）を相関局（三鷹・国立天文台）に光伝送し、観測信号が正常に伝送できるか試験観測を行った。観測天体には強い電波源である W49N を選択した。

三鷹の光結合用 FX 相関器によって山口局のデータの自己相関処理を行い、512-1024MHz 帯での帯域特性を確認した。電波望遠鏡を W49N に向けたところ、帯域の 256MHz（22.227GHz）付近にかなり強い水メーザーのスペクトルを確認した。この結果から山口局の電波望遠鏡で観測データが正常に三鷹へ伝送されていることを確認した。そして相関局の DFU を介して、メーザーを見ることが可能な帯域である 16 MHz を切り出し、詳細に確認した結果、LHCP、RHCP とともに同程度の強度で W49N のスペクトルを確認した。これにより山口局の高感度 VLBI 観測システムの準備が完了した。

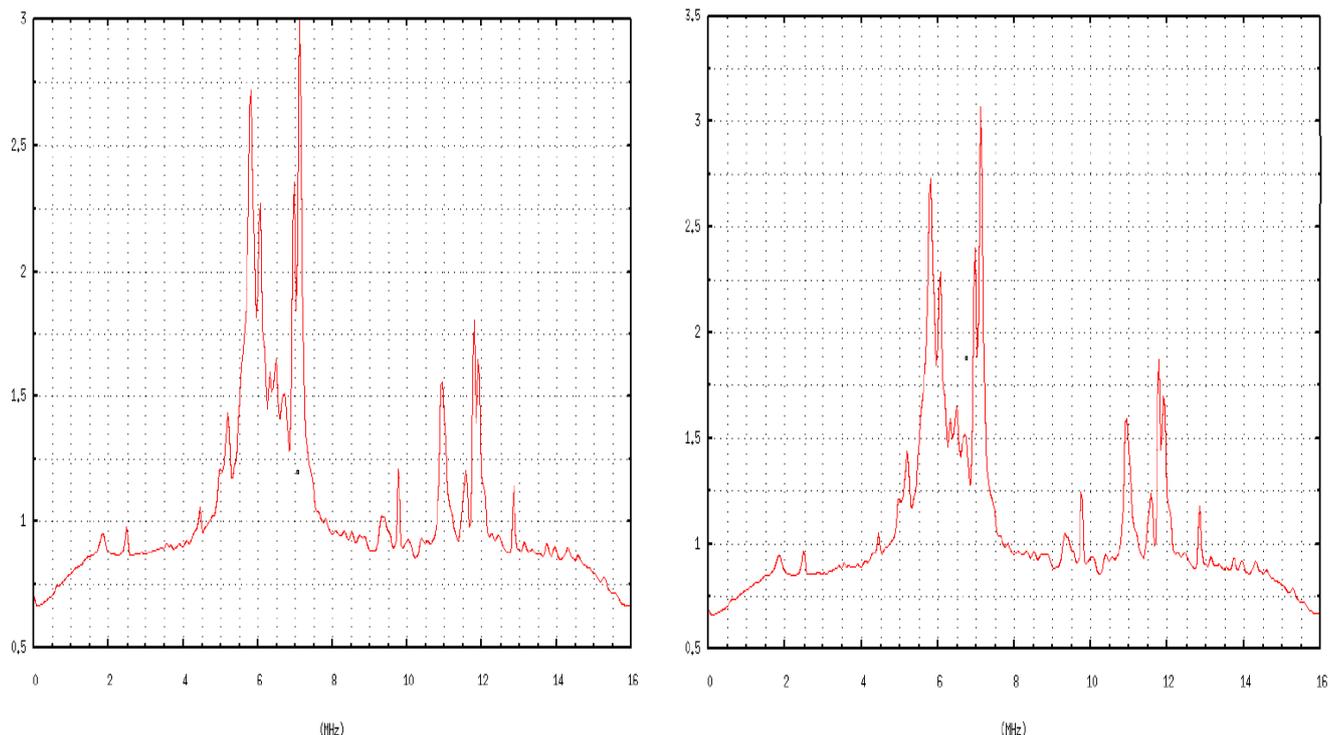


図1 W49N 水メーザーのスペクトル。縦軸が強度、横軸が帯域幅[MHz]である。左：LHCP 右：RHCP

3 試験観測・結果

2011年12月18日に高感度VLBI観測（山口、水沢）のフリンジ検出試験を行った。受信機は22GHz帯低雑音受信機を用いており、観測天体は強い電波源である3C454.3を選択した。山口局は、観測で得られる信号をSinet4経由で三鷹に伝送し、三鷹で記録し、VERA水沢局は記録したデータを三鷹相関局にftp転送し、両者の観測データの相関処理を行った結果、山口局22GHz帯低雑音受信機における初のフリンジ検出に成功した。

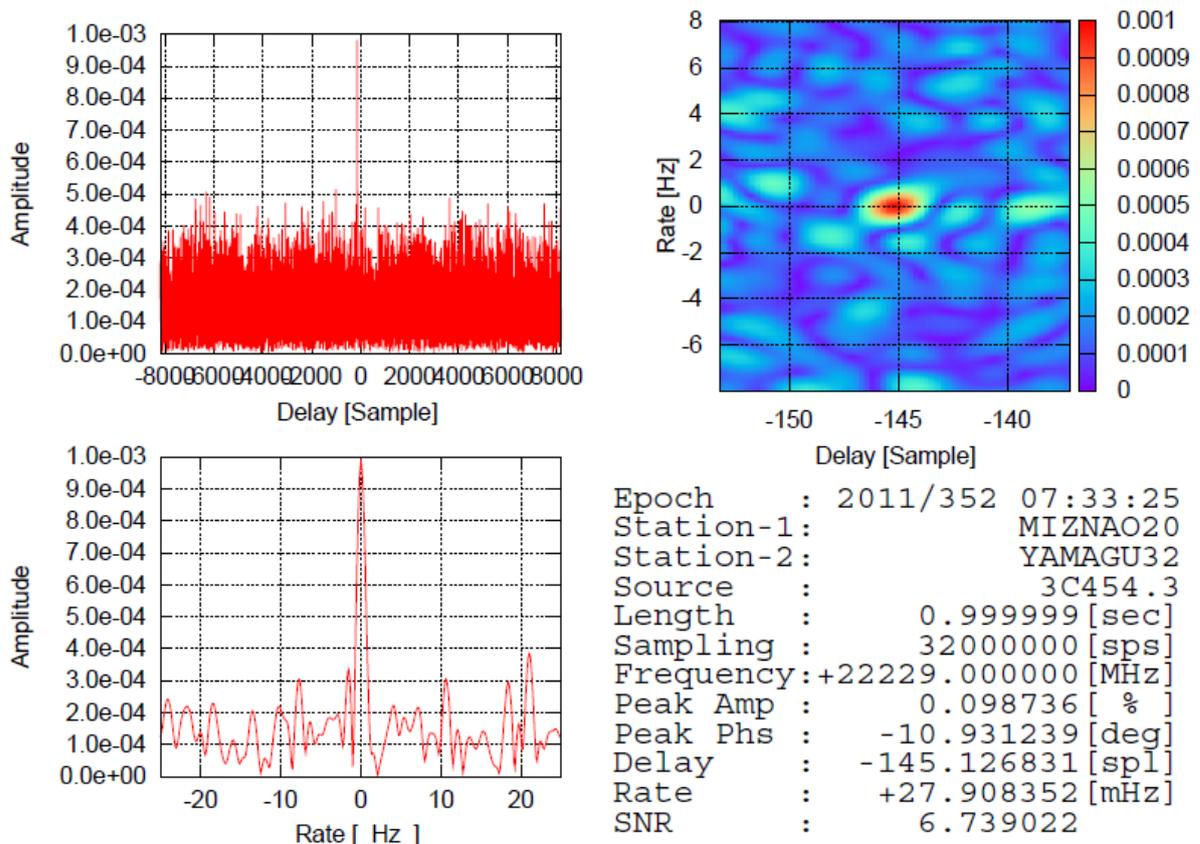


図2：山口-VERA水沢基線における3C454.3フリンジ検出試験結果。図中の左上のグラフは横軸にDelay[sample]、縦軸に強度をとったグラフで、左下のグラフは横軸をRate[Hz]、縦軸に強度をとったグラフである。左上下段のグラフから、横軸をDelay[sample]、縦軸をRate[Hz]にとり、強度をカラーでマップに示したものが右上の図である。相関処理は、積分時間 $\tau=1$ [sec]、受信周波数帯域 $\Delta\nu=16$ MHzで行われた。図中の右下には相関結果の各パラメータをまとめたものを示している。

4 今後の展望

2011年12月20日に山口とVERA全局でフリンジ検出試験を行っており、相関処理を待っている状況である。相関処理が終わり次第、その解析及び考察を行っていく。