

22GHz試験受信機による水沢—山口22GHzVLBI試験観測

藤沢健太

(1) はじめに

山口32m電波望遠鏡の22GHz試験観測は、単体試験(22GHz単体試験060730.doc)、受信試験(22GHz試験受信061005.doc)、ビームパターン測定(22GHzbeam061019.doc)、開口能率測定(22GHz開口能率測定061026.doc)が行われ、十分に観測に使える見込みが得られている。2006年の一連の試験観測の最後として、水沢10mアンテナとともに試験的VLBI観測を行った。そのシステムと観測内容、結果について以下に報告する。

(2) 山口32m用22GHzダウンコンバータ

山口32m用に試験的に製作した22GHzダウンコンバータについて述べる。このダウンコンバータは受信した22GHzの信号を8GHz帯へ周波数変換する。8GHz帯の信号は既存の8GHzダウンコンバータによってベースバンド付近へ周波数変換する。信号系統は2系統あり、将来2偏波を受信した場合にも対応できる設計である。RF入力は 22.5 ± 0.6 GHz、参照信号は10MHz(0dBm)の入力、PLOの出力は14.0GHz、出力は 8.5 ± 0.6 GHzである。ブロック図を図1に、外観を図2に示す。

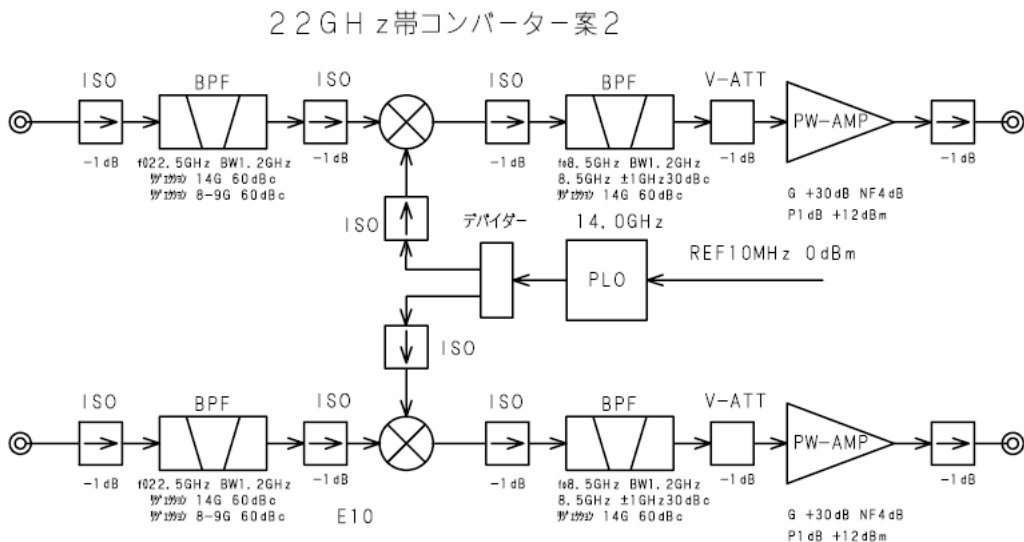


図1. 22GHzダウンコンバータのブロック図

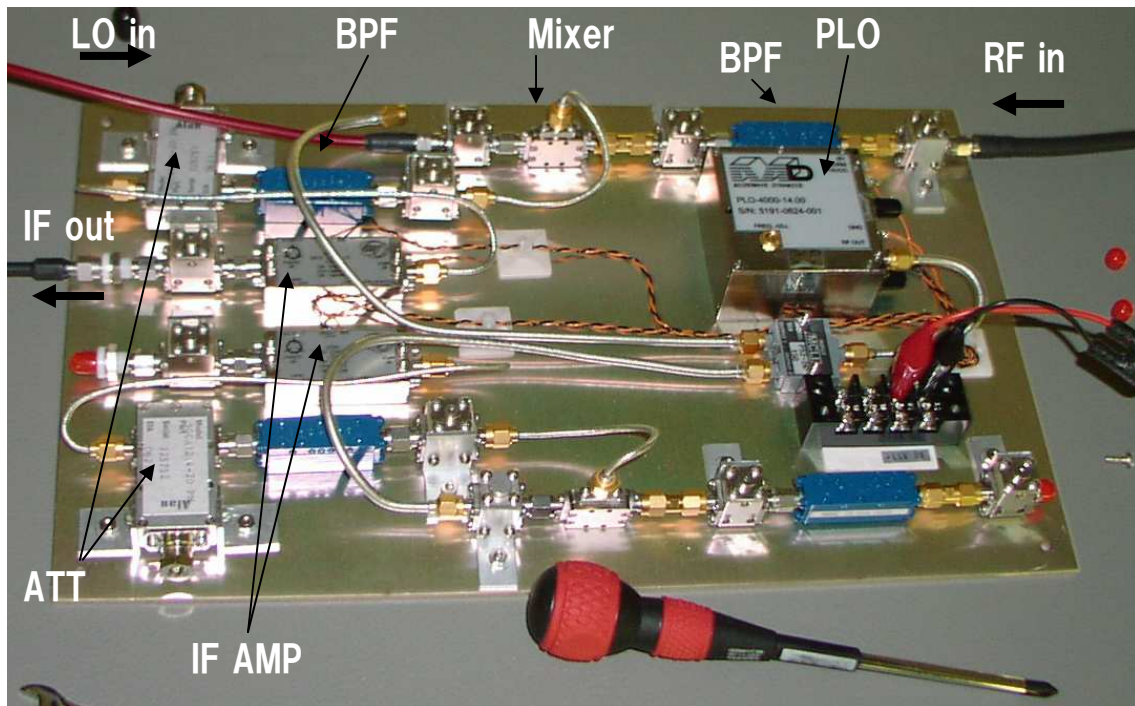


図2. 22 GHz ダウンコンバータの外観図

ただし2系統のうち写真上部の1系統しか使っていない。

またP L Oの信号は外してシンセの出力信号をミキサーに入れている。本文参照。

(3) 22 GHz 試験観測

観測は日程調整および機材の都合により、国立天文台水沢観測センターの10mアンテナとともに行うことになった。観測の目標は22 GHzでVLBI観測を実施し、フリンジを検出することである。そのため観測対象として極めて強力な水メーザ天体と連続波天体を観測することとした。フリンジ検出が目的なので、記録時間はテープ1巻分の1.5時間とした。偏波はLHCPとしたが、山口の偏波が正しいかどうかは定かではない。観測にかかわるパラメータを表1に示す。

観測周波数は次のように設定した。大学VLBI連携観測の8 GHz観測で設定されているRF周波数はCH1: 8400-8416 MHz、CH2: 8432-8448 MHzである。CH1の周波数帯に22 GHzの観測信号(22.227-22.243 GHz)を周波数変換して設定したい。そのためにはLO周波数を13.827 GHzとすればよい。したがって22 GHzダウンコンバータのLO信号を外し、外部ロックしたシンセサイザの出力信号(13.827 GHz、+10 dBm)をLO信号としてミキサーに入力した。なお、22 GHzダウンコンバータのLOをそのまま利用しなかったのは、山口局の大学連携用ビデオコンバータの周波数レンジに入らないからである。周波数変換の概略図を図3に示す。

表 1. 22 GHz 試験観測のパラメータ

項目	内容	特記事項
観測名	U06296	大学連携の一部として扱う
観測日時	2006年296日(10月23日) 07:00:00-08:30:00 UT	テープ1巻分(90分)
観測天体	連続波 NRAO530 水メーザ W49N	3 Jy (?) 30000 Jy (?)
観測周波数	22.227-22.243 GHz	水メーザを含む周波数 2CHとも同じ周波数設定 山口は周波数設定ミス*
偏波	LHCP	山口の偏波は明確でない*
V L B I ターミナル	K-4/V S O P	
スケジュール	W49N 06296070000 1620 NRAO530 06296073100 1500 NRAO530 06296075700 600 W49N 06296081000 1200	

*本文に記述

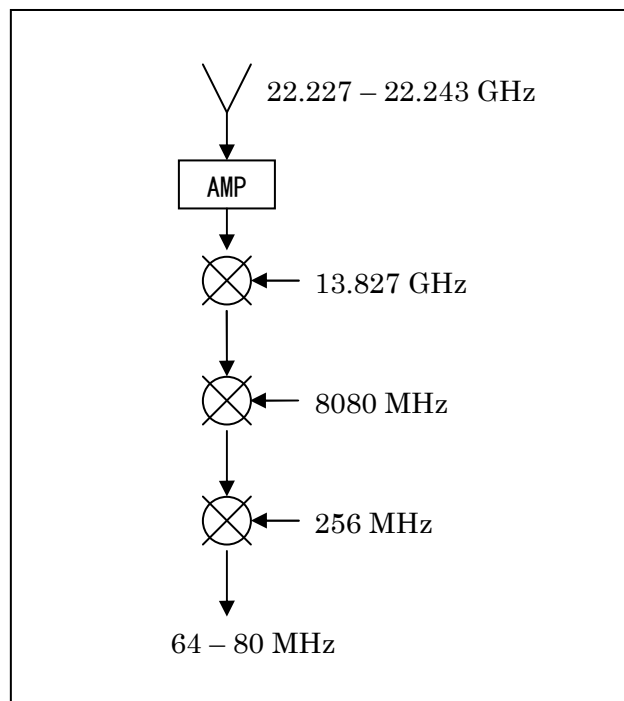


図 3. 周波数変換の模式図

観測前にW49Nの水メーザスペクトルをスペアナで確認しようとし、シンセで発生させている13.827 GHzの周波数を1 MHz変化させるなどの操作をした。その際、設定周波数を1 MHz低く間違えたまま、つまりLO=13.826 MHzで観測を行ってしまった。したがって山口局の受信周波数帯は22.226–22.242 GHzである。W49Nの水メーザスペクトルは約4 dBの信号として確認できた。観測当日のシステム雑音温度は吸収量を含めて約500 Kである。

(4) 結果と考察

三鷹相関局のFX相関器によって処理が行われた。山口局の1 MHz周波数オフセットを除去した後、フリッジサーチを試みた。その結果、W49Nの水メーザはフリッジを検出した。しかし連続波天体(NRAO512)は検出できなかった。山口局の水素メーザは観測の時点で約3 ps/sという大きな周波数レートを示していたので、特にレート方向にもサーチを行ったが、やはり検出できなかった。フリッジサーチの範囲は以下のとおりである。clock オフセット: ±1 sec、±1 tss-ID、±15 μ sec、rate オフセット: ±300、3 psec/sec。

W49Nの水メーザ観測時のデータについて、図4に自己相関スペクトル、図5に検出されたフリッジを示す。山口局の自己相関スペクトルは1 MHzの周波数ずれを解消したあとのスペクトルである。

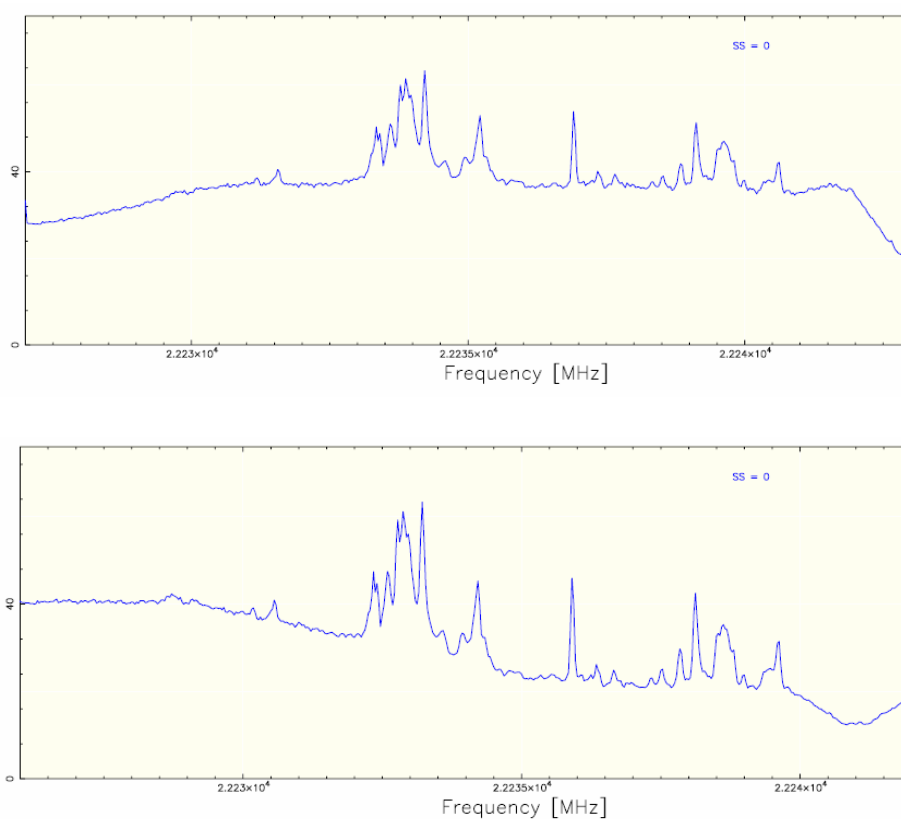


図4. 自己相関スペクトル (上: 水沢10m、下: 山口32m)

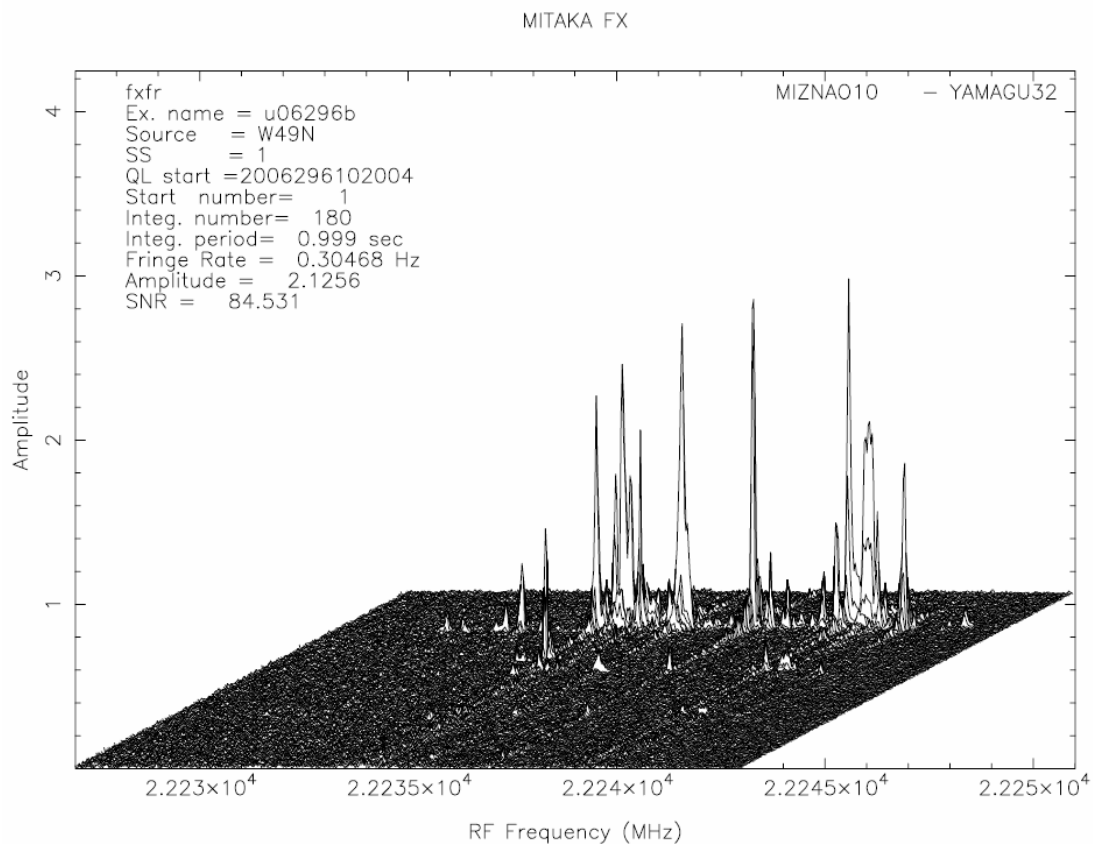


図5. W49Nの2.2GHz水メーザフリンジ（山口32m初の2.2GHzフリンジ）
フリンジの出現位置が奥の方（レートずれ）となっているのは、山口の水素メーザのドリフトが大きいため。

W49Nのフリンジは検出できたが、NRAO512のフリンジは検出できなかった。自己相関スペクトルによれば山口局のほうがやや感度がよいと考えられ、本来であればNRAO512を検出する十分な感度があるはずである。しかし三鷹相関局のレポートでも、W49NのフリンジにしてはS/Nが良くない、とのコメントがあった。NRAO512が検出できなかった理由として

- ・ ポインティングのずれ
- ・ 偏波の間違い
- ・ 山口局のLO不安定性（Hメーザ、シンセ）

などが考えられる。今回の観測ではシステム感度の校正および調査が不十分のため、これ以上の確認はできなかった。

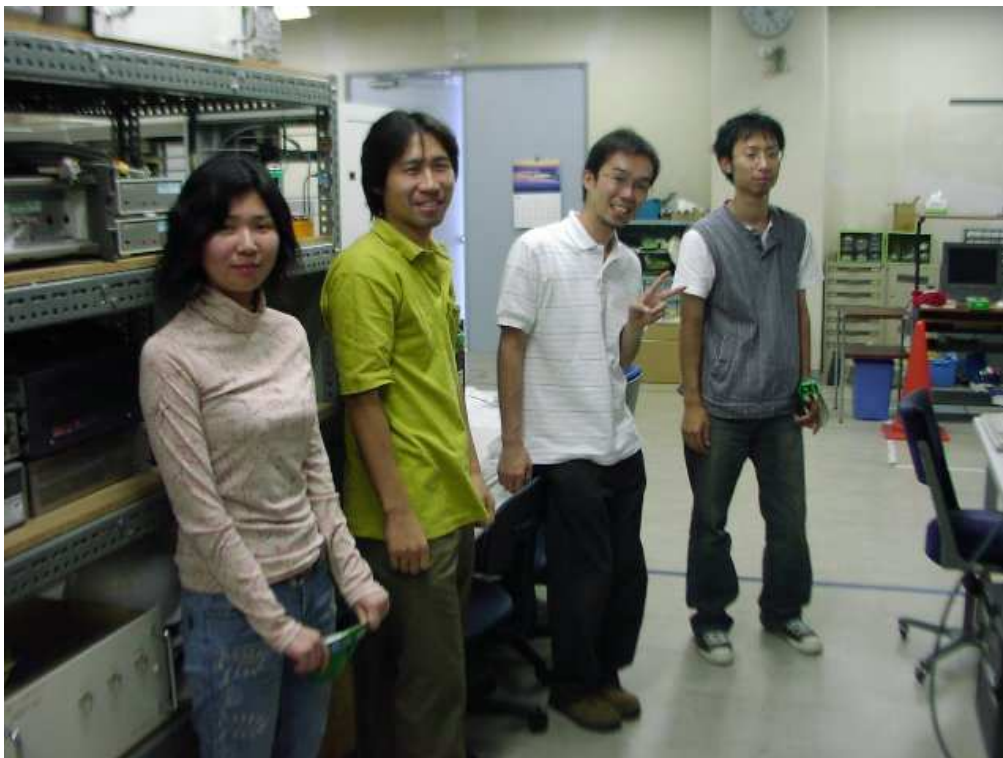
(5) 今後の計画

連続波天体のフリッジが検出できなかったという課題は残されているが、22GHzのVLBI観測に成功したことの意義は大きい。これから約2年をかけて22GHz観測システムの本格的な整備を行い、科学的な研究に利用することを目指している。そのための課題として

1. システム雑音温度が予想外に高かった問題の解決
 - ー 給電部損失の測定と改造が必要である。
 2. 開口能率の正確な測定
 - ー 給電部の特性が良くわかったシステムで、精度よく測定することが必要。
 3. ポインティングのシステム改善と調整
 - ー ビーム幅が2分角以下と小さいため、追尾ソフトウェアから改造が必要。
 4. 位相安定度の測定
 5. 連続波天体のフリッジ検出
- などがある。これらの課題を実施・問題解決してゆくことが必要である。並行して、22GHzの冷却・低雑音受信機の開発を進めることが必要である。

(以上)

補遺. 試験観測当日の写真



観測参加者（藤沢を含めて5名）



3.2mの隣で建設中のTV受信用アンテナ。
マルチビーム方式のため、独特な形をしている。色も肌色で独特である。