

茨城観測局の立ち上げと初期科学成果

米倉 寛則、齋藤 悠、宮本 祐介、杉山 孝一郎、Soon Kang Lou、石井 翔太、佐藤 雄貴、沖本 有、加古 琳一、永瀬 桂、安井 靖堯、百瀬 宗武 (茨城大)、小川 英夫、木村 公洋 (大阪府大)、藤沢 健太 (山口大)、高羽 浩 (岐阜大)、徂徠 和夫 (北大)、中井 直正 (筑波大)、面高 俊宏 (鹿児島大)、亀野 誠二 (鹿児島大⇒国立天文台)、小川 友明、河野 裕介、小林 秀行 (国立天文台)、川口 則幸 (上海天文台)、他大学間連携 VLBI group

経緯

* 茨城大学は、平成21年1月に国立天文台がKDDI株式会社から無償譲渡された直径32mの4、6 GHz帯通信用アンテナ2台を電波望遠鏡(茨城観測局、それぞれのアンテナを「日立アンテナ」、「高萩アンテナ」と呼ぶ)に改造し、これらを用いた観測を行う事を目指して、平成20年度より大学間連携VLBI観測事業に参加した。
 * 観測周波数帯は、6.7 GHz帯(メタノールメーザー)、8 GHz帯(連続波)、および22 GHz帯(水メーザー、連続波、[単一鏡観測でアンモニア、CCS])である。
 * 主として天体の画像を得る目的で行われるVLBI観測にはVERAの参加が必要不可欠であるが、このモードでのVLBI観測は、年間500時間以下程度に過ぎない。残りの時間(2台合計して、年間15,000時間!)は、茨城大学独自の研究に使用できる。
 * このような特徴を活かして、メタノールメーザー源の強度変動モニター観測、Sgr A* 短基線 VLBI フラックスモニターなど、試験的な観測に着手した。

整備状況 (6.7 GHz 帯、8 GHz 帯、22 GHz 帯での VLBI 観測、単一鏡観測が可能)

アンテナ

[日立アンテナ]

- * アンテナ制御ソフト導入済み
- * 指向精度は ~0.4 分角 (3C273 などの電波連続波源を用いたクロスキャンで測定) (12パラメータの補正式を使用)
- * 開口率率は 55~75% (6.7, 8 GHz)、30% (22 GHz、暫定値)

[高萩アンテナ]

- * アンテナ制御ソフト導入済み
- * 指向精度は ~0.6 分角: 更なる調整中(同上)
- * 開口率率は 55~60% (6.7, 8 GHz)、30% (22 GHz、暫定値)

受信機

[6-9 GHz 帯受信機]

- * 両偏波冷却受信機2台の開発が完了

[22 GHz 帯受信機]

- * 両偏波冷却受信機2台の開発が完了

記録システム

- * 磁気テープ記録系 (VSP ターミナル[K4], 16 MHz 帯域 x 2系統) 整備完了 (VLBI)
- * HDD 記録系 (K5/VSSP32, 32 MHz 帯域 x 6系統) 整備完了 (VLBI、単一鏡) (さらに 1 系統整備中)
- * HDD 記録系 (ADS1000+OCTAVIA+OCTADISK, 500 MHz 帯域 x 1系統) 整備完了 (VLBI) (単一鏡用の分光ソフトは未整備)

高萩・日立2素子干渉計

- * 試験システム (K5/VSSP32) を用いた実験に成功
- * H25年度末に本格的な相関器を導入。256 MHz~25.5 GHz の信号をダイレクトにサンプリング可能。4 Gbps x 3 bit x 4 IF (相関器モード)、8 Gbps x 3 bit x 4 IF (DBCC モード) 現在機器調整中。

運用計画

茨城観測局の主な用途は、大学連携 VLBI 観測であるので、少なくとも1台のアンテナは、常時 6-9 GHz 帯の観測を実行できる体制にしておかなければならない。

もう1台については、22 GHz 帯受信機を載せる、あるいは、電波連続波の高感度観測を行う「日立・高萩2素子干渉計観測」を実施するために 6-9 GHz 帯受信機を載せる、などの選択肢が考えられるため、運用計画について調整が必要である。

運用体制

アンテナ制御、記録システム制御は、国立天文台のネットワークに接続できる場所からならば世界中のどこからでも可能である(*)。

強度校正装置は遠隔操作できないため(物理的に設置が難しい)、強度校正用のデータ(いわゆる常温黒体)を取得するためには現地に行く必要がある。ただし、受信機が非常に安定しているため数日に1回程度の測定でも十分な精度が得られる。

(*)ただし、データ転送レートが非常に遅い(3 MB/s)ため、画面を飛ばすような作業は極力避けなければならない。

観測局全体	平成21年度	平成22年度	平成23年度	平成24年度	平成25年度	平成26年度
インフラ整備	電源、空調整備(8-10月)					
時刻系整備		水メーザー整備(4月)				
VLBI記録系整備		記録装置設置(4月)				
日立アンテナ	2009	2010	2011	2012	2013	2014
給電部整備	整備(2009年度)					
アンテナ制御系整備		ソフト導入(11月)		性能評価完了(3月)	更なる改良(6月)	
6-9 GHz 受信機整備		常温(11月) 6G冷却(2月)	6-9G冷却(8月)			
22 GHz 受信機整備			常温(2月)			
6-9GHz VLBI		6G試験(6月) 6G観測(8月)	8G観測(11月)	調査運用開始(10月)		本観測開始
22 GHz VLBI						
6 GHz 単一鏡分光観測					6G調査運用開始(4月)	本観測開始
22 GHz 単一鏡分光観測						本観測開始
高萩アンテナ	2009	2010	2011	2012	2013	2014
給電部整備	整備(2009年度)					
アンテナ制御系整備		ソフト導入(7月)		改修	調整	
6-9GHz 受信機整備		常温(7月)	冷却(12月)			
22 GHz 受信機整備			常温(11月)	冷却RX開発開始	冷却RX調整	冷却RX搭載試験(12月)
6-9GHz VLBI						本観測開始
22 GHz VLBI						本観測開始
6 GHz 単一鏡分光観測						本観測開始
22 GHz 単一鏡分光観測						本観測開始
VLBI (HDD記録)					記録開始(6月)	本観測開始
2素子干渉計	2009	2010	2011	2012	2013	2014
2素子干渉計				試験(3月)	観測(6月)	観測(12月) 観測(12月)

東日本大震災による運用停止

震災復旧工事による運用停止

モニター故障による運用停止

(①などは、下記図番に対応)

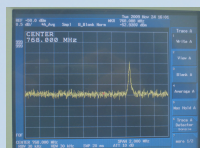


図1. 日立アンテナファーストライト (2009年11月24日)。6.7 GHz 帯常温受信機およびスペアナを用いた。全天で一番明るいメタノールメーザー源 G9.62 を追尾しながら測定。

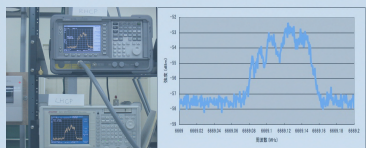


図2. 6.7 GHz 帯冷却受信機を搭載した日立アンテナにて得られたメタノールメーザー源 W3 IRS5 のスペクトル (2010年2月)。(左)アンテナで得られたスペクトル(上)RHCP、(下)LHCP、(右)分光計 K5/VSSP32 で得られたスペクトル。

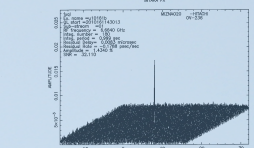


図3. 日立アンテナのファーストフリンジ (2010年6月10日)。日立アンテナ、VERA 水沢 20 m、入来 20 m の3局が参加し、6.7 GHz 帯 LHCP にて、連続波源 OV-236およびメタノールメーザー源 G9.62 の観測を行った。ともにフリンジが検出された。図は日立-水沢基線における OV-236 のフリンジ。

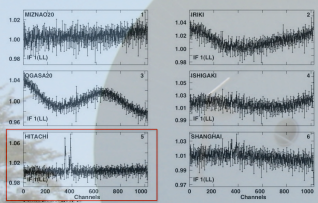


図4. 初の VLBI 科学観測 (2010年8月28-30日「6.7 GHz メタノールメーザー源の VLBI イメージング」)におけるトータルパワースペクトル。(左)上から順に、VERA 水沢 20 m、VERA 小笠原 20 m、日立。(右)上から順に、VERA 入来 20 m、VERA 石塚 20 m、上海 25 m。低雑音受信機を搭載した大口徑アンテナである日立アンテナの感度は、他に比べて格段に良い事が分かる。

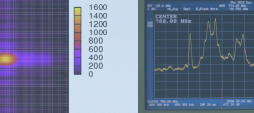


図5. 広帯域記録システム(帯域 500 MHz)を用いた初フリンジ (2012年11月27日)。8 GHz 帯の観測で、参加アンテナは、日立 32 m とつくば 32 m。天体は連続波源 1741-038。

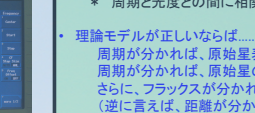


図6. 22 GHz 帯冷却受信機ファーストライト (2012年12月6日)。高萩アンテナに搭載。水メーザー源 W49N を追尾しながら、スペアナで測定。

6.7 GHz メタノールメーザー源の単一鏡モニター観測

- 目的: 大質量星の形成過程の解明
 - 6.7 GHz メタノールメーザーは、大質量星形成領域においてのみ検出
 - これまでに、900 天体程度が検出 (Gaswell+10, Green+10 など)
 - 強度が周期的に変動する天体がある
 - 現在までの検出例は、12 天体 (Goedhart+04, 07 など) (7 天体は正弦曲線の、5 天体は突発的)
 - 周期変動を説明可能なモデルとして、大質量原始星の脈動不安定性に起因する理論が提唱された (Inayoshi+13)
 - 周期と質量降着率との間に相関あり (理論モデル: Inayoshi+13)
 - 周期と光度との間に相関あり (理論モデル: Inayoshi+13)

- 理論モデルが正しいならば.....
 - 周期が分かれば、原始星表面の質量降着率が分かる
 - 周期が分かれば、原始星の光度が分かる
 - さらに、フラックスが分かれば、距離が分かる (逆に言えば、距離が分かれば、フラックスが分かる)

- より多くの周期変動天体を検出し、観測的に理論モデルの検証を行う

- ターゲット選定
 - 赤緯 ± 30 度に位置する 433 天体
 - 他天体と同一ビーム内に入る 49 天体については、個別観測を行わない
 - 384 天体を選定

- 第1期観測
 - 2012年12月30日から2014年01月10日まで、毎日観測 (VLBI観測、メンテナンスなどにより、観測しない日もある)
 - 384天体を9つにグループ分け
 - 各天体を9日に1回程度の頻度で観測

- 第2期観測
 - 2014年05月07日から、毎日観測

詳細は、杉山ポスター参照

アンテナ性能

	6.7, 8 GHz	22 GHz
開口率	55% ~ 75% [@20°] [@80°]	~ 30% (暫定値)
Tsys (天頂、大気込み)	25 K (晴) 30 K (雨)	50 K (冬) 70~100 K (初夏)
ビームサイズ (arcmin)	4.6 (6.7 GHz) 3.8 (8.4 GHz)	1.6
SEFD (Jy)	130~160	570~1150

	日立	高萩
最大駆動角速度	0.3 deg/s	0.1 deg/s (11周/1時間)
AZ 駆動範囲	± 200°	± 175°
(運用角度範囲)	(2 - 358°)	(115 - 349°)
EL 駆動範囲	0 - 92°	0 - 92°
(運用角度範囲)	(5 - 88°)	(5 - 88°)
直径	32 m	32 m
運用可能最大風速	33 m/s	33 m/s
設計最大風速	60 m/s	60 m/s
製造年月	1983 Oct.	1992 Sep.
メーカー	三菱電機	三菱電機