

P-061 JAXA通信用アンテナを使った電波天文観測

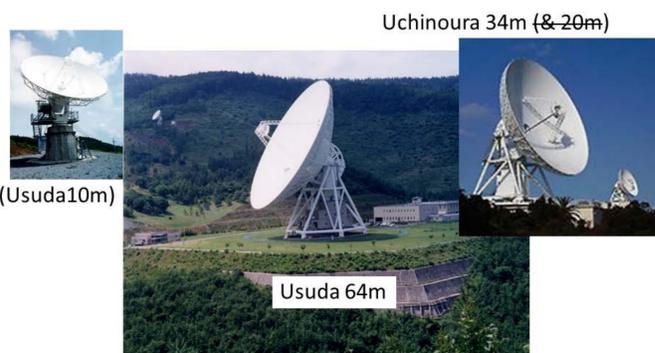
村田 泰宏、坪井 昌人、竹内 央、山本 善一、中島 潔 (JAXA)、上原 顕太、石川 聡一 (東大)、中西 裕之、藏原 昂平、齊田 智恵 (鹿児島大)、土橋 一仁、下井倉 ともみ (東京学芸大)、春日 隆 (法大)、河野 裕介、小山 友明、鈴木 駿策、金口 政弘 (NAOJ)、藤沢 健太 (山口大)、望月 奈々子 (元JAXA)

JAXAは主に深宇宙通信用に、臼田64m, 臼田34mなど、大型のアンテナを運用している。我々は、それらのアンテナを使った電波天文の観測運用および関連の開発を行っているので、ここで紹介する。臼田64mは、世界的にも有数の大きさを持ち、特に、国内で国立天文台が運用している野辺山45m観測では観測できない22 GHz帯より低い周波数の観測に特徴を持つ。特に銀河のガスの運動や分布を解明するのに重要な水素原子の21cm線 (1.4 GHzや、高密度ガスの進化に重要な役割を担うと考えられる酸素の分布を知るうえで重要なOHラジカルの観測が可能である。さらに、3.3 GHzの帯域で観測可能なCHラジカルを使った炭素の状態の観測も注目されてきており、その受信の可能性も検討も始まっている。また、それらの輝線観測だけでなく、1.4, 1.6, 2.2, 5, 6.7, 8.4 GHzの帯域での観測も可能であり、それらの帯域の観測により、電波でのスペクトルや偏波の観測が可能である。とくに、6.7, 8.4 GHzでは国内のVLBI観測局と協力してVLBI観測も行っている。

8 GHzの帯域については、従来運用系の低雑音LNAを使っていたが、LNAの前にある送信系共用およびバックアップ系のための導波管回路等による帯域制限と損失による雑音負荷が天文で高感度観測をするためには無視できず、2013年の時点で使用されていなかったX帯専用ポートに着目して、そこに、我々が製作した受信機 (冷却LNA)を搭載した。その結果、512 MHz以上の広帯域観測と、運用系にくらべてファクター2以上の受信感度の改善を実現することができた。この受信系によって、2015年5月には大学連携の観測も行われVLBI局として機能することも確認されている。

現在、大学の研究グループと協力して観測系の性能の再確認および観測システムの開発を行っており、それに基づいて将来の開発計画も検討している。その一部を以下の通り示す。

天文・科学観測を行っている JAXAのアンテナ



臼田64mの状況

- 追跡している探査機 あかつき, IKAROS, GEOTAIL, はやぶさ-2, PROCYON
- 受信可能帯域 C (4.7-5.0, 6.7 GHz), L (1.4, 1.6 GHz, S (2.2), X (8.4))
- 記録装置 (VLBI, 分光器などで利用。)
 - K5/VSSP 16ch (IP-VLBI for geodesy)
 - K5/VSI + ADS3000+ (possible Mark 5 compatible)
- 現在行われている観測
 - 大学連携VLBI network (JVN), AGNやメーサ
 - Radioastron (2016年に再開予定)
 - Single dish 観測
 - Pulsars, SNR, AGN, Spectrum Lines (HI, OH, CH₃OH etc.)
 - 測地観測

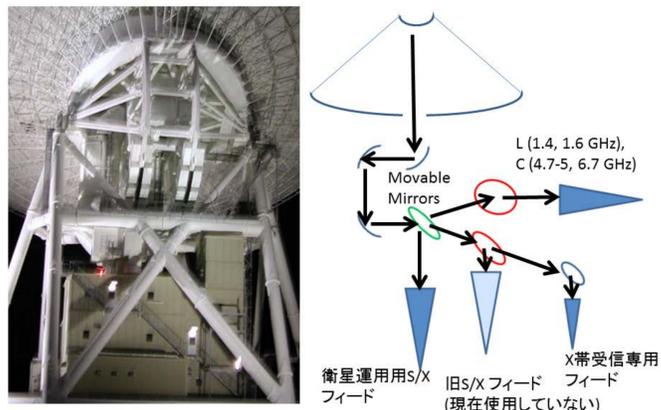


現在臼田で行われているVLBI装置を使った観測

VLBI観測用に整備された観測信号伝送系および、記録装置 (バックエンド) を利用し、電磁波を波として記録できるため、超高分散分光観測 (R>1,000,000) 等、下記に示すような様々な観測が可能

観測方法 (大項目)	研究テーマ	備考
地上VLBI天文観測	活動銀河核、星形成領域などの高解像度観測	大学連携VLBI観測 (天文台および各大学との共同VLBI観測網) に参加。
スペースVLBI観測	ロシアRadioastron計画への参加によるスペースVLBI観測	
臼田 単独での天文観測	パルサー観測の観測、分子、中性水素スペクトル観測等 1~8 GHz帯、連続波観測	
太陽系天体の電波科学観測	探査機からの送信機を利用した天体の大気観測	
軌道決定VLBI観測	VLBIによる深宇宙探査機軌道決定	軌道決定への応用
局位置決定測地VLBI観測	(局位置の維持、)	深宇宙探査機追跡、VLBI観測に必要

臼田64mのビーム伝送系



新X-band受信機 (LNA)

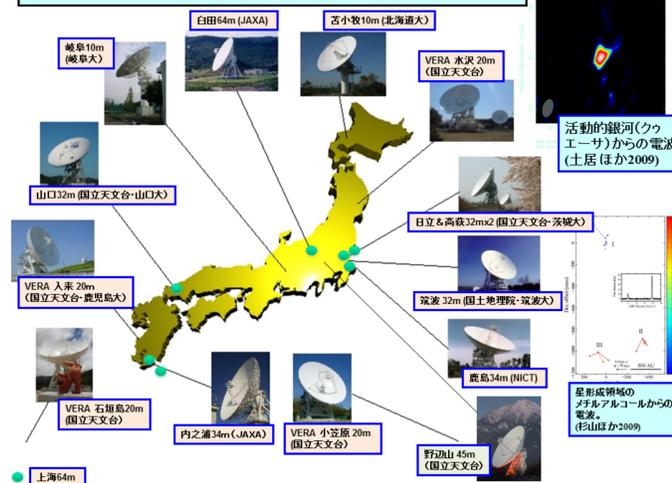
#6のX帯受信ポートに取付。従来の運用系受信系に対して、広帯域、低雑音化が実現したことにより、連続波に関する感度が4倍向上した。

高分解能のVLBI感度

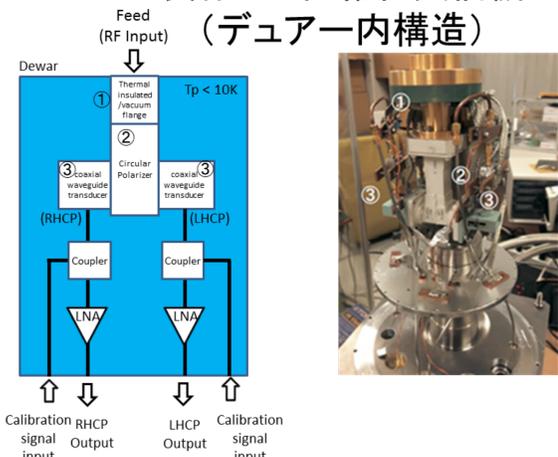
相手局	フラックス感度 (mJy)	輝度温度感度 (K)	プリング間隔 ~ 分解能 (ミリ秒角)
茨城32m	1.0	10,000	25
上海65m	0.6	210,000	6



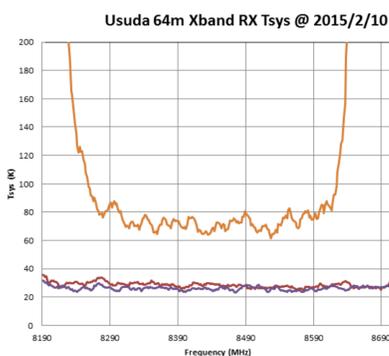
日本のVLBIネットワーク (大学連携VLBI) 高感度VLBI



製作した低雑音受信機 (デュアー内構造)



受信専用ポートと新受信系の性能

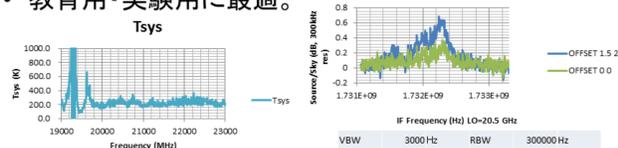


- 送信系等が無いために、低雑音化、広帯域化が可能。
- アンテナ効率も惑星状星雲 NGC7027 を使って測定し、45 ± 5%
- Tsys については、新受信系は、R (黒体) / Sky法で、運用系はRを置けないので、山にビームを当てて測定

臼田10mアンテナの状況

現状:

- 常温の22 GHz RXを搭載し、性能確認中
- Tsys ~ 200~300 K, H2O maser from Orion KL, W49Nからの信号を受信。
- 分光計 (~VLBIバックエンド) を取り付け予定。
- 気球VLBIの地上局の可能性を検討中
- 教育用・実験用に最適。



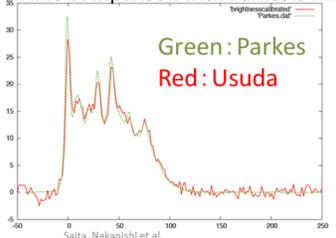
Measurement of Capability of L-band observation

月、M87の観測と液体窒素を利用してL帯の性能を測定し、以下の通りの性能が得られた。

Tsys (1.4 GHz) ~ 96 +/- 5 K (LHCP, 1415-1425 MHz)
 Tsys (1.6 GHz) ~ 85 +/- 1 K (LHCP, 1600-1750 MHz)
 η (1.4 GHz) ~ 34%, η (1.6 GHz) ~ 46%

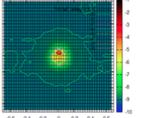
HIのパークス64m (豪州) との比較から同様のスペクトルが得られている。

HI line comparison with Parkes 64m



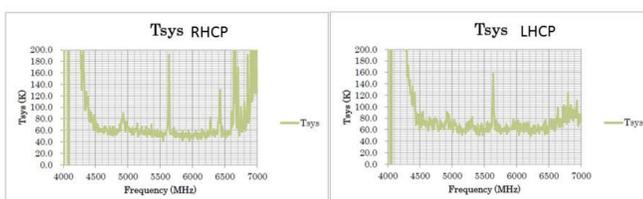
ビームパターン測定

Kurahara et al.



1.4, 1.6 GHzともに、 λ/D radian サイドローレベル < -15 dB

C-bandとS-bandのTsys測定



Tsys (4.7-5.1 GHz) ~ 70 K
 Tsys (6.7 GHz) ~ 80 K
 Tsys (2.2-2.3 GHz) ~ 75 K

将来のアップグレードの検討

- 中性水素やOHラジカルの観測には強力なアンテナである。また、低周波で観測しやすいパルサー、超新星残骸、活動銀河の観測にとっても重要である。
- これらの観測は現在国際的に検討が行われているSKAでも重要な観測対象であり、国内最大のアンテナである臼田64mで観測できることの意義は大きい。
- アンテナの口径は世界屈指であるが、Tsysが現在の世界標準に比較して高い。一方、X帯はTopレベルの性能がでていることから、LNAより前の部分をできるだけ冷却し、付加雑音を減らすことが重要であることがわかった。
- 現在、Cバンド、Lバンドにおいて低雑音化が実現できるかの検討を進めている。
- また、OH同様CHラジカルについてもその重要性が提唱されており、CHの3.3 GHzの受信の可能性も検討している。
- 10mアンテナについても、実験・教育用に利用できる方向で利用していく予定である。