

VLBI と地球大気の同時観測に向けた広帯域アンテナの開発

#氏原 秀樹¹⁾, 野坂 秀之¹⁾, 今井 裕²⁾, 米倉 覚則³⁾, 三澤 浩昭⁴⁾, 市川 隆一⁵⁾

(¹⁾ 立命館大, (²⁾ 鹿児島大学, (³⁾ 茨城大学, (⁴⁾ 東北大学, (⁵⁾ 情報通信研究機構

Development of Wideband Antennas for Simultaneous VLBI and Atmosphere Observation.

#Hideki Ujihara¹⁾, Hideyuki Nosaka¹⁾, Hiroshi Imai²⁾, Yoshinori Yonekura³⁾, Hiroaki Misawa⁴⁾, Ryuichi Ichikawa⁵⁾

(¹Ritsumeikan University, (²Kagoshima University, (³Ibaraki University, (⁴Tohoku University, (⁵National Institute of Information and Communications Technology

Novel 16 - 64 GHz wideband feed and receiver system has been developed. This feed was arranged from the design for 3.2 - 16 GHz feed developed for NICT Kashima 34 m antenna. This wideband observation system enables simultaneous VLBI and water vapor observation in the atmosphere that causes phase fluctuation in VLBI observations. The water vapor emission is measured with oxygen and water drops in cloud simultaneously through the VLBI session in the same direction, thus the system will offer better correction of phase fluctuation than conventional water vapor radiometer. From August 2024, the system was set on Nobeyama 45 m antenna of National Astronomical Observatory and being tested. In March 2025, simultaneous K and Q band VLBI and water vapor observation was carried out. Also, 0.9 m dishes were prepared for portable systems. Because of dish, both systems have quite sharp beam width for measurement of water vapor compared to conventional system. Also correction will be easier for overlapped spectrum of water vapor, drops in cloud and oxygen emission by the wideband system.

Wideband feed and receiver system with on-board signal generator simplifies multiple feeds and receivers for individual feed and receiver with narrow bandwidth. That enables compact measurement system suitable for satellite applications and fit any radio telescopes on the ground because of easy adjustment of feed beam width. This VLBI experiment approved phase stability of the developed system. SNR of the system is worse than ordinal astronomical receivers but enough for test because only bright radio sources are used. Wideband system should suppress incoming spurious signals and RFI with filters or other technique for preventing saturation. Further development will be done better SNR and resolution, also for 80 -190 GHz band. These works are supported by JSPS KAKENHI Grant Numbers 21H04524 and 23H00221. These result and development will be shown in the presentation.

NICT 鹿島 34m アンテナ向けに開発した 3.2-16GHz の広帯域フィードをもとに 16-64GHz の広帯域フィードと受信機を開発し、国立天文台の野辺山 45m アンテナに搭載して試験を行なっている。これは VLBI 観測と同時に地球大気中の 22GHz 帯の水蒸気だけでなくスペクトラムが重なり合う雲中の水滴、50GHz 帯の酸素の放射も同時に測定し、水蒸気に起因する VLBI 観測の位相誤差を精度良く補正することを目指すものである。もちろん水蒸気分布のみの高分解能観測も可能で、そのための 0.9m 可搬型アンテナも製作した。

45m アンテナには 2024 年 8 月に受信機を搭載し、試験と調整ののち、野辺山観測所の水素メーザが復旧した 2025 年 3 月に K/Q バンド同時の VLBI 観測と同時の大気観測を行なった。水メーザを観測する K バンド (22GHz 帯) の相手局は茨城大の高萩 32m アンテナ、SiO メーザを観測する Q バンド (43GHz 帯) の相手局は国立天文台 VERA20m アンテナである。

これらの開発と試験結果を報告する。

現状の受信機は常温のため雑音温度が高く、指向性調整の容易化のため 45m のビーム伝送系の仕様よりフィードのビームを絞ったため開口率が悪く、そのため電波天文用受信機としての感度は悪いが、当面の試験には明るい天体しか使わないので十分である。その反面、どの機関の電波望遠鏡でも試験できるよう小型の SG(Signal Generator) をダウンコンバータに搭載し、フィードのビーム幅は構成の変更で容易に調整できる構造としてある。これらは科研費 (21H04524,23H00221) の支援を受けている。

試験の結果、開発した広帯域受信機は K/Q 両バンドともに VLBI 観測に十分な安定度を有することが確認できた。ただし、広帯域ゆえに SG の高調波の漏れ込みや周辺環境からの RFI(Radio Frequency Interference) を抑圧する必要がある。本システムは従来は観測対象ごとに個別のフィードと受信機を要していた多周波受信機を広帯域フィードで 1 つにまとめたものである。今後は開口率や感度とともに受信機の改良も続け、高精度の水蒸気観測を目指してデータ取得系も整備していきたい。このシステムを高周波化し、地上と宇宙から 80-190GHz での水蒸気や酸素の観測を可能としたい。