

VERA 測地 VLBI 観測システムの更新と展望

Renewal of the VERA Geodetic VLBI Observation System, and the view of performance

寺家孝明, 田村良明, 小山友明, 河野裕介

T. Jike, Y. Tamura, T. Oyama, Y. Kono

国立天文台水沢 VLBI 観測所

Mizusawa VLBI Observatory, NAOJ

VERA が行う測地 VLBI は VERA ネットワークの形状を監視するための K 帯を用いた観測とネットワークを地球規準座標系に接続するための S/X 帯を用いた観測がある。S/X 帯を用いた観測は IVS への参加を主な形態としているが、VERA の S/X 帯システムの仕様は CDP 時代のシステムに準拠しており、現在主に行われている IVS 観測の仕様に適合していない。これから先の IVS セッションへの参加可能性を担保するためには、現在の IVS セッションの仕様に合わせる事が不可欠になる。また、この先の観測周波数帯の広帯域化に向けて、VERA の将来的な観測システムに合わせ、且つ VGOS への対応も見据えた機器への更新を計画した。

国際測地 VLBI 観測への参加は、水沢局の国際座標系への接続のために行われる。水沢は 2011 年東北地方太平洋沖地震の余効変動の影響を受けている。その余効変動による局位置の変位は指数関数的減衰で表すことが出来るが、減衰指数関数の時定数が観測期間の伸長と共に伸びる。この原因はマンツルの粘性緩和とされるが、このために予測が出来ていない。従って水沢局の位置を国際地球規準系に接続するためには、継続的な国際観測への参加と局位置の推定が必要である。



写真 1 OCTAD (超高速 AD 変換装置/DBBC)

最大サンプリングレート 8192Mbps, 量子化ビット数: 2bit,

10GbE 入出力: 10GbE-LR, 10GbE チャンネル数: 1ch, 10GbE

アプリケーションレイヤプロトコル: VDIF

S/X 帯観測システムの改修要綱は、X 帯の観測帯域を 1GHz 幅 (8-9GHz) にすること、記録を 8MHz 幅-16ch とすることである。また、従来の狭帯域での観測も行うことが出来る事が条件である。サンプラーは OCTAD (写真 1) を使い、8MHz-16ch-1bit に対応した。記録は VSREC による HDD を使い、形式は V-DIF フォーマットである。将来的には X 帯と S 帯は共に RF 帯でダイレクトサンプリングする方法に変更する予定である。

OCTAD を VERA が採用する場合の利点は、広帯域化による連続波源のフリッジ検出感を向上させる事、そして広帯域を同時に受信することで電波源の電波輻射部分の周波数特性を調べる事などがある。

測地 VLBI 観測でも OCTAD を用いることになるが、その場合の利点については広帯域

化による感度向上と遅延時間誤差の縮小が挙げられる。測地 VLBI で基線解析後に残される残差には、白色雑音誤差以外にも、大気伝搬遅延推定誤差や電波源の位置・構造効果が残されていると考えられる。

電波源の構造効果は干渉縞が UV 面上を日周回転する際に干渉縞内に入ってくる電波輻射体の不規則な構造が遅延時間に与える影響である。K 帯での VLBI 観測電波源の構造効果は、Charlot, 他(2010) [1]によってカタログ化されており、構造効果の大きさに応じて 4 クラス(structure index)に分けられている。この中で構造効果が当報告の調査期間中(2002年5月~2005年3月)に常に index=1 または 2 :

structure index=1, 0 ピコ秒 $\leq \tau_{\text{median}} < 3$ ピコ秒

structure index=2, 3 ピコ秒 $\leq \tau_{\text{median}} < 10$ ピコ秒

τ_{median} : UV 面上の基線の変化に対する構造効果遅延補正の中央値

に収まっている電波源を観測した場合、遅延時間誤差が 6 ピコ秒以内に収まる最小 SNR でFRINGEを検出するかどうか、その可否についてシミュレーションを行った。以上の条件に合致して計算に用いた総電波源数は 238 個である。

サンプリングレートは現在の VERA で行われている 1Gbps から OCTAD が可能な最大レートである 8Gbps までの 4 段階とした。全計算での共通設定は、遅延時間決定精度を 5 ピコ秒、最大積分時間を 120 秒、各電波源の仰角が 5 度以上~最大仰角の範囲、VERA の各 4 局(水沢, 入来, 小笠原, 石垣島)から同時に観測可能であること、としている。結果、表 1 に示される様に、8Gbps の記録で、測地観測に使われる電波源の確保の目途が立つことが判明した。

記録モード/ サンプリングレート	最小 SNR	観測可能天体数 (EL=6deg / all)	最小 SNR でFRINGEが検出される 最小中心 FLUX 密度(Jy)
256MHzBW-2bit/1Gbps	280	0/4	4.54
512MHzBW-2bit/2Gbps	170	9/21	2.02
1024MHzBW-2bit/4Gbps	65	44/79	0.78
2048MHzBW-2bit/8Gbps	45	170/219	0.25

表 1 記録レート(帯域幅)の変化に対する観測可能天体数の差

Reference

- [1] P. Charlot, et.al: The celestial reference frame at 24 and 43GHz. II .Imaging, Astronomical Journal, 139:1713-1770, 2010 May, doi:10.1088/0004-6256/139/5/1713