

VLBI application for Frequency Transfer and Development of GALA-V System (IX)

--Installation of Broadband Antenna to Medicina in Italy --

#関戸衛¹, 岳藤一宏¹, 氏原秀樹¹, 近藤哲朗^{1,2}, 堤正則¹, 宮内結花¹, 川合栄治¹,
長谷川新吾¹, 渡部謙一³, 鈴山智也³, 栗原忍⁴, 若杉貴浩⁴, 上芝晴香⁴, 梅井迪子⁴,
石垣真史⁴, 小室純一¹, 寺田健次郎¹, 難波邦考¹, 高橋留美¹, 岡本慶大¹,
青木哲郎¹, 池田貴俊⁵, Perini Federico⁶

1. 情報通信研究機構, 2. 上海天文台
3. 産業技術総合研究所 計量標準総合センター、
4. 国土交通省 国土地理院 5. KDDI総合研究所
6. イタリア国立天体物理学研究機構/電波天文学研究所

Mamoru Sekido¹, Kazuhiro Takefuji¹, Hideki Ujihara¹, Tetsuro Kondo^{1,2}, Masanori Tsutsumi¹,
Yuka Miyauchi¹, Eiji1 Kawai¹, Shingo Hasegawa¹, Ken-ichi Watabe³, Tomonari Suzuyama³,
Shinobu Kurihara⁴, Takahiro Wakasugi⁴, Haruka Ueshiba⁴, Yuzuko Umei⁴, Masashi Ishigaki⁴,
Jun-ichi Komuro¹, Kenjiro Terada¹, Kunitaka Namba¹, Rumi Takahashi¹, Yoshihiro Okamoto¹,
Tetsuro Aoki¹, Takatoshi Ikeda⁵, Perini Federico⁶

1. National Institute of Information and Communications Technology, Japan
2. Shanghai Astronomical Observatory, China
3. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, National Metrology Institute of Japan
4. Geospatial Information Authority of Japan
5. KDDI Research, Inc., Japan
6. National Institute for Astrophysics/Institute of Radio Astronomy, Italy

背景とこれまでの進捗

NICT は、VLBIを遠隔周波数比較技術の一つと位置づけ、GALA-Vと名づけた新しい広帯域VLBIシステムの開発を進めている。このシステムは、国際VLBI事業(IVS)の推進するVGOSと同様に広い観測周波数帯域(3-14GHz)を持ち、広帯域観測により遅延計測精度向上を実現する。広帯域小型VLBI局を周波数比較対象となる原子時計の基準周波数に接続し、大型VLBI局と共同観測により小型アンテナのVLBI観測を成立させて、小型VLBI局間の周波数比較と測地VLBIを実現する。広帯域小型VLBIアンテナ間の遅延計測精度は、11mペアのアンテナで従来の500MHz帯域幅のVLBI観測を行った場合より精度の高い計測が可能であることを既に確認している。このVLBIシステムを、国内の時間・周波数の標準機関であるNICT小金井と産業技術総合研究所(NMIJ)つくばに2016年より設置し、システムの改良と検証を進めてきた。

2017年の周波数比較実験結果

産総研—NICT間の周波数比較キャンペーン観測を2017年4-7月、2017年12月-2018年1月の期間に実施した。VLBIと同時に行ったGPS観測によるUTC(NICT)-UTC(NMIJ)の計測を比較し、その差分のアーラン標準偏差を図1に示す。広帯域VLBIの場合、比較的強い電波天体を1秒間観測するだけで1ピコ秒

精度の計測が可能であるが、複数の観測から大気やクロック等の推定を行う最終的なVLBI観測の解は、大気遅延量の不定性に支配され、大気の状態のよい冬場で100秒間隔で $1.e-13$ の標準偏差となっている(GPSとVLBI両方の誤差を含む)。この国内試験観測の結果は3日程度のインターバルがあれば、周波数精度が 16 乗台の周波数精度の計測が可能であることを示している。

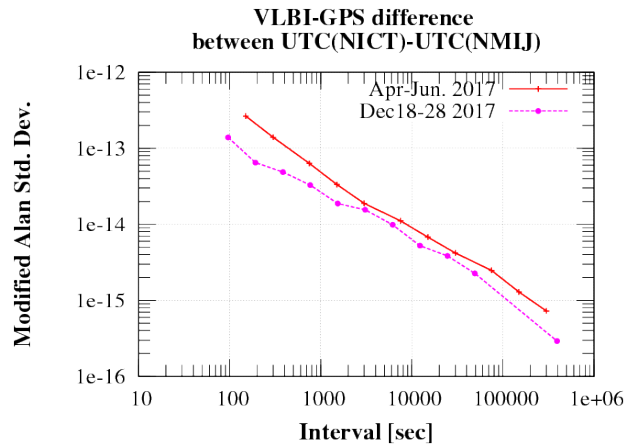


図 1: 小型広帯域 VLBI による UTC(NICT)-UTC(NMIJ)の測定値と GPS による測定結果の差分のアラン標準偏差。

イタリアへの小型VLBI局の設置

我々はVLBIによる国際的な光周波数標準の比較実験を、イタリア国立計量研究所 (INRIM) -NICT 間で実施する計画を進めている。 INAFのMedicinaVLBI観測所はNICT鹿島と同様に測地VLBI観測局として長い歴史があり、VLBI観測に精通している。更にINRIMから光ファイバーを通した高安定な周波数リンクがあり、Medicina-NICT小金井間のVLBIリンクが実現すれば、INRIMのYb光格子時計とNICTのSr光格子時計の周波数比較が可能である(図2)。2018年7月末にINAFのMedicinaVLBI観測所に産総研から撤収した小型アンテナを移送・設置し(図3)、国土地理院石岡局とのフリンジテスト観測を実施して動作を確認した。Medicina局は日本のJGN, APAN, 米国Internet2, ヨーロッパのGEANTといった研究ネットワークを通して10Gbpsの回線で繋がっており、Medicina-鹿島間で約4Gbpsのデータ伝送速度を確認している。このため大容量のVLBI観測データを迅速に鹿島に伝送・相関処理して結果を得ることができる環境がある。講演では、国内の評価観測結果と移設について報告する。

謝辞

研究開発用ネットワークテストベッドJGN, NICT情報通信システム室とINAFの Giuseppe Maccaferri 氏の支援と尽力によりNICT, INAF双方でセキュリティを維持しつつ、Medicina-Kashima間の高速ネットワーク環境が実現している。フリンジテストでは広帯域観測の相手局として国土地理院石岡局に全面的な協力を頂いた。多くの方々のご協力に感謝の意を表したい。

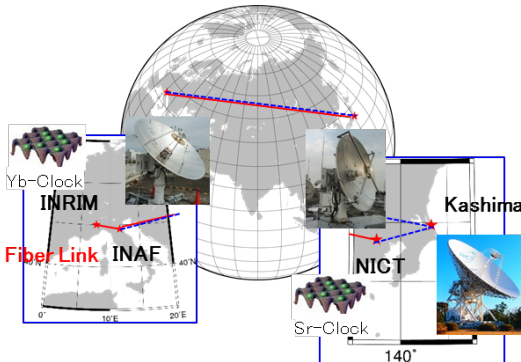


図 2: イタリア INRIM と INAF の Medicina 局はファイバにより高安定な周波数リンクがあり、Medicina-小金井 (NICT) の VLBI 観測により INRIM-NICT 間の周波数比較が可能である。



図 3: Medicina 局に設置した 2.4m の広帯域 VLBI 局。日本からリモート運用が可能。