

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

-Error Evaluation and Prospect of Node-Hub Style VLBI

#関戸衛¹, 岳藤一宏², 氏原秀樹¹, 近藤哲朗^{1,3}, Nils Nemitz¹, Monia Negusini⁴, 堤正則¹,
川合栄治¹, 蜂須英和¹, Marco Pizzocaro⁵, Cecilia Clivati⁵, Federico Perini⁴,
Giuseppe Maccaferri⁴, Roberto Ricci⁴, Mauro Roma⁴, Claudio Bortolotti⁴,
Giampaolo Zacchiroli⁴, Juri Roda⁴, 難波邦考¹, 高橋留美¹, 岡本慶大¹, 小室純一¹,
市川隆一¹, Julia Leute⁶, Gerard Petit⁶, Davide Calonico⁵, 井戸哲也¹

1: 情報通信研究機構 2. 宇宙航空研究開発機構 3. 上海天文台

4. イタリア国立天体物理学研究所 5. イタリア国立計量研究所 6. 国際度量衡局

Mamoru Sekido¹, Kazuhiro Takefuji², Hideki Ujihara¹, Tetsuro Kondo^{1,3}, Nils Nemitz¹,
Monia Negusini⁴, Masanori Tsutsumi¹, Eiji Kawai¹, Hidekazu Hachisu¹, Marco Pizzocaro⁵,
Cecilia Clivati⁵, Federico Perini⁴, Giuseppe Maccaferri⁴, Roberto Ricci⁴, Mauro Roma⁴,
Claudio Bortolotti⁴, Giampaolo Zacchiroli⁴, Juri Roda⁴, Kunitaka Namba¹, Rumi Takahashi¹,
Yoshihiro Okamoto¹, Jun'ichi Komuro¹, Ryuichi Ichikawa¹, Julia Leute⁶, Gerard Petit⁶,
Davide Calonico⁵, Tetsuya Ido¹

1: National Institute of Information and Communications Technology, Japan;

2: Japan Aerospace Exploration Agency, Japan; 3: Shanghai Astronomical Observatory, China;

4: Istituto Nazionale di Astrofisica/ Istituto di Radioastronomia, Italy;

5: Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica, Italy; 6: Bureau International des Poids et Mesures, France;

背景とこれまでの成果

NICTは、VLBIを遠隔周波数比較技術の一つと位置づけ、GALA-Vと名づけた広帯域VLBIシステムの開発を進めてきた[1]. 移設可能な小型アンテナ(口径2.4 m)を計測のノードとし、高感度の大型アンテナを含めたネットワーク観測を実施し、閉合遅延を利用して、小型アンテナ間のVLBI観測を実現する「Node-Hub方式(NHS)」のVLBI観測を提案し、これを使ってイタリアINRiMとNICTの光格子時計の周波数比を16桁の精度で計測することに成功した[2]. この方式により2.4 mアンテナを設置したMedicina(イタリア)と小金井(約8800 km)の基線長を計測した結果は、IVS観測のR1,R4セッション(S/X)の基線長再現性と同等であった(図1).

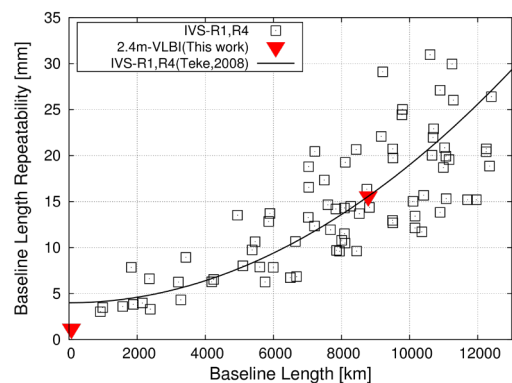


図1 IVS-R1, R4 セッションと広帯域 VLBI による 2.4 m アンテナ対の基線長再現性. 実線は Take, *et al.*(2008)の回帰曲線.

誤差要因の評価

広帯域VLBIシステムとNHS-VLBIを使った日伊VLBI実験の誤差要因を評価すると、天体の構造の影響が大きな誤差要因であることがわかる(表1)。これは、広い周波数帯域(3-14 GHz)のそれぞれの周波数で、天体電波源の構造、重心位置が周波数に依存して変化する可能性があるためである。また、直径2.4 mの小型アンテナであっても、34 mアンテナと組み合わせた観測では、受信感度は誤差要因として小さいことも注目に値する。電離層遅延に関しては、およそ10倍の広帯域化により群遅延推定値との相関係数[ps/TEC]が観測(S/X-band)に比べて1桁小さくなり、電離層遅延の誤差はそれほど大きくは改善しない点は意外に感じられるかもしれない。大気遅延量は数値気象モデル(ECMWF)に基づく異方性も考慮した大気モデルVMF3を使うことで比較的小さく抑えられる。

表 1 広帯域 VLBI システムを使った NHS 方式の VLBI(2.4 m, 34 m アンテナ)を使った日伊基線(8800km)の誤差要因の評価.

誤差要因	遅延誤差[ps]
感度 (SNR)	6-7
装置	11
電離層	2-17
大気	8
天体構造	20-30
Total	27-40

天体構造の影響とNode-Hub方式のVLBIの利点

大陸間基線では、天体の構造に起因する誤差要因が大きな誤差要因となり、その影響は、基線長に対して非線形である。一方、NHS方式のVLBIでは、大型アンテナ(R)に対してNodeとなるアンテナ(A,B)間の遅延量をRA, RBの遅延量の線形結合から計算する。このため、NHS方式のVLBIにおいて大型アンテナを長いAB基線の間地点に配置するとHNS方式によって得られAB基線の遅延量は単純にAB基線を観測した場合のよりも天体構造の影響を小さくできる可能性がある。NHS方式の線形演算で生じる遅延量の誤差伝搬は、広帯域VLBIの高い群遅延計測精度のおかげで十分小さい。大型アンテナの影響(重力変形やケーブル遅延変動など)を相殺できることに加えて、天体構造の影響も小さくできる可能性があるNHS方式のVLBI観測は、VGOS時代の新しいVLBI解析方法として有望である。

参考文献

- [1] 関戸衛, ほか(2018):広帯域VLBIシステムの開発と測地・周波数比較実験の報告, 測地学会誌 Vol.63,No.3,pp157-169.
- [2] Pizicaarro,M., M.Sekido, K.Takefuji, et al.(2020):Intercontinental comparison of optical atomic clocks via very long baseline interferometry, Nat. Phys., in printing.
- [3]Sekido,M., (2020): A broadband VLBI system using transportable stations for geodesy and metrology. --An alternative approach to the VGOS concept--, J.Geod., Submitted.