

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

## --Intercontinental Geodetic VLBI with 2.4m Antenna--

#関戸衛<sup>1</sup>, 岳藤一宏<sup>1</sup>, 氏原秀樹<sup>1</sup>, 近藤哲朗<sup>1,2</sup>, 堤正則<sup>1</sup>, 川合栄治<sup>1</sup>, 宮内結花<sup>1</sup>,  
長谷川新吾<sup>1</sup>, 渡部謙一<sup>3</sup>, 鈴山智也<sup>3</sup>, 小室純一<sup>1</sup>, 寺田健次郎<sup>1</sup>, 難波邦考<sup>1</sup>, 高橋留美<sup>1</sup>,  
岡本慶大<sup>1</sup>, 青木哲郎<sup>1</sup>, 池田貴俊<sup>4</sup>, Perini Federico<sup>5</sup>, Calonico Davide<sup>6</sup>

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. KDDI総合研究所
5. イタリア国立天体物理学研究所/電波天文学研究所
6. イタリア国立計量研究所

Mamoru Sekido<sup>1</sup>, Kazuhiro Takefuji<sup>1</sup>, Hideki Ujihara<sup>1</sup>, Tetsuro Kondo<sup>1,2</sup>, Masanori Tsutsumi<sup>1</sup>,  
Eiji Kawai<sup>1</sup>, Yuka Miyauchi<sup>1</sup>, Shingo Hasegawa<sup>1</sup>, Ken-ichi Watabe<sup>3</sup>, Tomonari Suzuyama<sup>3</sup>,  
Jun-ichi Komuro<sup>1</sup>, Kenjiro Terada<sup>1</sup>, Kunitaka Namba<sup>1</sup>, Rumi Takahashi<sup>1</sup>, Yoshihiro Okamoto<sup>1</sup>,  
Tetsuro Aoki<sup>1</sup>, Takatoshi Ikeda<sup>4</sup>, Perini Federico<sup>5</sup>, Calonico Davide<sup>6</sup>

1. National Institute of Information and Communications Technology, Japan
2. Shanghai Astronomical Observatory, China
3. AIST/National Metrology Institute of Japan
4. KDDI Research, Inc., Japan
5. National Institute for Astrophysics/Institute of Radio Astronomy, Italy
6. Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica, 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と名づけた広帯域VLBIシステムの開発を進めている[1]. GALA-Vは、国際VLBI事業(IVS)の提唱するVGOSの次世代の測地VLBI技術仕様に準拠する広帯域観測を、アンテナの新規建設ではなく既存アンテナの改造で低コストに実現できるように独自開発したシステムである。移設可能な小型アンテナ(口径2.4m)を計測のノードとして、小型アンテナ間での測地と周波数比較を行うことができる。このシステムの特徴は、1)最新のデジタル技術を駆使したRFダイレクトサンプリングにより計測システムの安定性を向上し、2) 3-14GHzの帯域に配置した1GHzの周波数幅の4つのチャンネルを広帯域バンド幅合成[2]により合成して精密な群遅延計測を行うこと。3)電波天体の観測では感度が低い小口径アンテナの弱点を補うため、大型アンテナと同時観測し、点状電波源の閉合遅延がゼロとなる関係を利用して2組の遅延データから小型アンテナ間の遅延量を算出するノード・ハブ方式[3]と呼ぶ方法により測地と、精密周波数比較を可能にする。

2018年まで、産業技術総合研究所に小型アンテナ(MBL1)を設置し、NICT小金井本部の小型アンテナ(MBL2)および、NICT鹿島34mアンテナを使って国内実証実験を行った。2018年夏からは、MBL1をイタリアのINAFメヂチーナ局に設置し、イタリア国立計量研究所(INRiM)のYb光格子時計とNICTのSr光格子時計の比較実験を、8700kmの大陸間基線で開始している。ここでは、特に測地性能に限ってGALA-Vシステムによる2.4m小型アンテナ間のVLBI計測結果を報告する。

## 2.4mアンテナ間の測地VLBI観測

直径2.4mの小型アンテナ (MBL1:A, MBL2:B)と鹿島34mアンテナ (O)の3局2基線(OA,OB)の観測データから、小型アンテナAB基線の遅延量を求め、これを基線解析 (calc/solve)している。産総研 (A)ー小金井(B)の2.4mアンテナ間(70km)の基線長計測結果は、一次トレンドを除いたWRMS (Weighted Root Mean Square) で1mmであった(図1)。イタリアのメヂチーナ局に小型アンテナを移設し、2018年10月より行ったVLBI観測のデータで得られる基線長を図2に示す。一次トレンドを除くVLBI結果のWRMSは1.4cm程度であり、GNSSのPPP解析(NRCan CSRS-PPP) で得られた基線長とも整合的である。大気の遅延校正には、VMF3を使用している。1980年から行われてきた可搬型小型VLBIの開発研究の中で、2.4mアンテナ間のVLBI観測が大陸間距離で実現したのはこれがはじめてである。

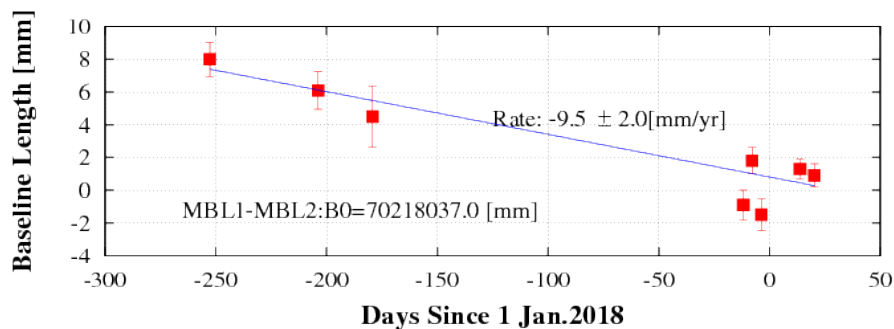


図1 産総研(つくば)とNICT(小金井)の2.4m小型アンテナ間の測地VLBIによる基線長計測結果。直線傾斜を除いたWRMSは約1mm。

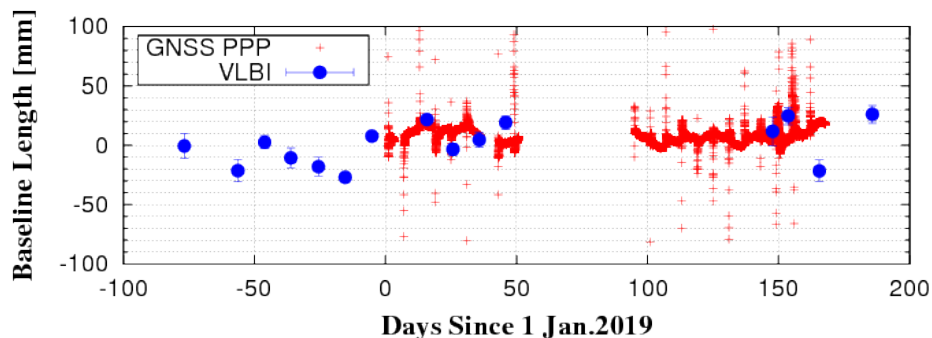


図2 INAF(メヂチーナ)とNICT(小金井)の2.4m小型アンテナ間のVLBI計測結果(●)とGNSS観測によるメヂチーナ・小金井間の基線長(NRCan CSRS-PPP解析)結果(+).

## 謝辞

VLBIの解析ソフトウェアはNASA/GSFCのCalc/Solveを使用した。GNSS解析は、Natural Resource Canadaの解析システムにより解析を行った。広帯域VLBIによる観測データはJGN, APAN, TransPAC, Internet2, GEANT, GARRの高速研究ネットワークを通してイタリアおよび小金井から鹿島に伝送し相関処理を行った。

## 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] Kondo, T., and K. Takefuji (2016), An algorithm of wideband bandwidth synthesis for geodetic VLBI, Radio Sci., 51, doi:10.1002/2016RS006070.
- [3] M.Sekido(2017):'Node-Hub' Style VLBI with Broadband System, IVS NICT-TDC News, No.37, pp.22-25.