

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

--Baseline Analysis with Broadband Delay --

#関戸衛¹, 岳藤一宏¹, 氏原秀樹¹, 近藤哲朗¹, 宮内結花¹, 堤正則¹, 川合栄治¹,
長谷川新吾¹, 瀧口博士¹, 市川隆一¹, 花土ゆう子¹, 小山泰弘¹, 渡部謙一², 鈴山智也²,
川畑亮二³, 石本正芳³, 若杉貴浩³, 梅井迪子³, 豊田友夫³, 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¹

1. 情報通信研究機構
2. 産業技術総合研究所 計量標準総合センター 周波数システム研究室、
3. 国土地理院

Mamoru Sekido¹, Kazuhiro Takefuji¹, Hideki Ujihara¹, Tetsuro Kondo¹, Yuka Miyauchi¹,
Masanori Tsutsumi¹, Eiji I Kawai¹, Shingo Hasegawa¹, Hiroshi Takiguchi¹, Ryuichi Ichikawa¹,
Yuko Hanado¹, Yasuhiro Koyama¹, Ken-ichi Watabe², Tomonari Suzuyama²,
Ryoji Kawabata³, Masayoshi Ishimoto³, Takahiro Wakasugi³, Yuzuko Umei³, Tomoo Toyoda³,
Jun-ichi Komuro¹, Kenjiro Terada¹, Kunitaka Namba¹, Rumi Tkahashi¹, Yoshihiro Okamoto¹,
Tetsuro Aoki¹, Takatoshi Ikeda¹

1. National Institute of Information and Communications Technology
2. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, National Metrology Institute of Japan
3. Geospatial Information Authority of Japan

これまでの進捗

NICT は、遠隔周波数比較技術の一つとして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と共通の観測周波数帯域を持ち、広帯域観測により、観測感度と遅延計測高精の向上を実現するものである。既存の鹿島34mアンテナ(以下Kas34)を広帯域可能にするためのフィードを自主開発し、広帯域観測可能な小型アンテナ(MARBLE1:1.6m, MARBLE2:1.5m)をそれぞれ産総研つくば(以下MBL1)とNICT小金井(以下MBL2)に設置して、UTC(NICT)-UTC(NMIJ)の比較実験を行ってきた。さらに2015年には、小金井のMARBLE2の主鏡口径を2.4mに変更し観測性能を向上させている。

この発表では、2016年からKas34-MBL1-MBL2のネットワークで実施している広帯域VLBI観測の結果について報告する。また国土地理院石岡のVGOS局との観測結果についても報告する。

データ取得と観測

GALA-Vシステムは、ダイレクトサンプリング方式[1,2]により、RF信号を周波数変換することなく直接A/D変換し、デジタルフィルタによって所望の周波数帯域幅1GHzを取り出し、記録する。

Kas34-MBL1-MBL2の観測では、中心周波数5900MHz, 7100MHz, 8700MHz, 10600MHzの4つの1GHz幅の帯域の観測を行い、それぞれの単バンドでの遅延計測と、4つのバンドを合成したバンド幅合

成による遅延計測結果をそれぞれNASA/GSFCのCALC/SOLVE解析ソフトウェアによって基線解析を行った。

表1に観測日と観測時間を示す。これらは、周波数比較のための実験であるため通常の測地実験(24時間)より長い時間の観測を行っている。小型のアンテナであっても2ps以下の高い精度で遅延の計測ができていますが、基線解析の遅延残差分布を正規分布となるよう誤差の重みを修正すると、(χ^2 /自由度 \rightarrow 1)付加的な誤差として20psec程度を加えなければならない。これは、大気の遅延に起因するものであると考えられる。

図1は鹿島34m-石岡13mの基線で強い電波源である3C273Bの観測を行ったデータである。1秒ごとに計測された遅延量の時系列プロット(a)とそのアラン標準偏差(b)から、(1)1秒の観測で1ピコ秒を切る精度の遅延計測が実現していること、(2)200秒程度の時間で10 psec程度の変動があることがわかる。これは短期的な大気の遅延変動によるものと思われる。この時系列のアラン分散が、Kolmogorovの乱流が風によって流れているモデル[3,4]でほぼ説明できることがこれを裏付けている。今後、短時間で多くの観測が可能なVGOS局との共同観測により、解析誤差が低減するかどうか、確認実験を進めたい。

表1 Kas34-MBL1-MBL2 観測日

観測日	観測時間
26 Jan. 2016	46 hours
12 Feb. 2016	47 hours
28 Feb. 2016	49 hours
16 May 2016	31 hours
24 Jun 2016	49 hours
10 Jul. 2016	48 hours

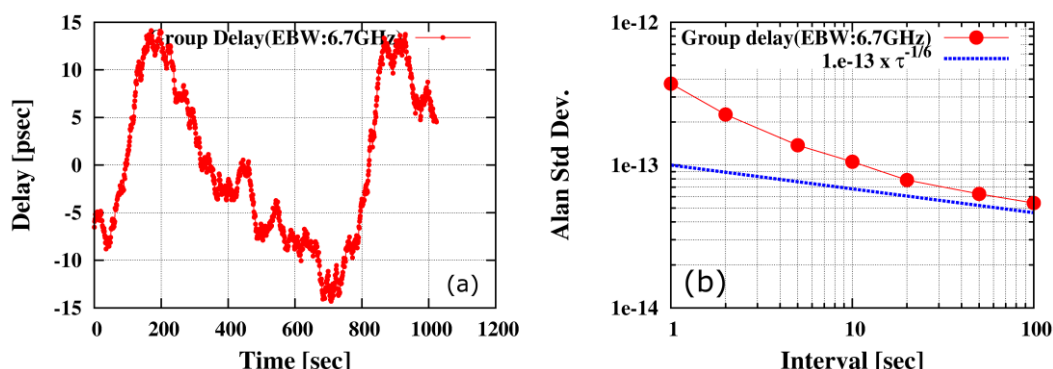


図1.(a)広帯域 VLBI 観測(Kas34-Ishioka)によって得られた群遅延の時系列(2次関数までのゆっくりとした変動は、多項式で除いてある)。(b)時系列データのアラン分散青い直線は $1.e-13/\tau^{1/6}$ を示す。

参考文献

- [1]関戸衛、ほか、「VLBI 周波数比較への応用とGALA-V システムの開発(VI)」、日本測地学会第124回講演会 予稿集、2015.
- [2] K. TAKEFUJI, et al., "High-order Sampling Techniques of Aliased Signals for Very Long Baseline Interferometry", Publ. Astron.Soc. Pacific, Vol.124, pp.1105-1112, 2012.
- [3] Thompson.R, J. Moran, and G. Swenson, "Interferometry and Synthesis in Radio Astronomy", Krieger Pub. Com. 1994.
- [4]Armstrong, J.W., and R.A.Shramek, "Observations of Tropospheric Phase Scintillations at 5GHz on Vartical Paths", Radio Sci., Vol 17, pp.1579-1586, 1982.