

測地VLBI技術による高精度周波数比較

VLBI Measurements for Precise Frequency Transfer

○ 瀧口 博士^{*1}, 小山 泰弘^{*1}, 市川 隆一^{*1}, 後藤 忠広^{*1},
石井 敦利^{*1,2,3}, Thomas Hobiger^{*1}, 細川 瑞彦^{*1}

^{*1} 情報通信研究機構, ^{*2} 国土地理院, ^{*3} (株) エイ・イー・エス

○ Hiroshi Takiguchi^{*1}, Yasuhiro Koyama^{*1}, Ryuichi Ichikawa^{*1}, Tadahiro Gotoh^{*1},
Atsutoshi Ishii^{*1,2,3}, Thomas Hobiger^{*1}, and Mizuhiko Hosokawa^{*1}

^{*1} National Institute of Information and Communications Technology

^{*2} Geographical Survey Institute, ^{*3} AES Co. Ltd.

1. はじめに

我々は、原子泉型周波数標準器及び光周波数標準器などの高精度周波数標準器を比較可能な、新しい時刻・周波数比較技術の一つとして、測地VLBI技術を提案している [1]. これまで、VLBI による周波数比較能力を検証する目的で、Carrier Phase を用いた GPS 周波数比較技術と相互比較を行ってきた。Wettzell-Onsala 基線に於いて、IVS, IGS のデータを用いた検証では、VLBI の結果は平均化時間 10^3 s 以上で、原子泉型周波数標準器の安定度を上回り、1s の平均化時間を見ると、安定度は 2×10^{-11} (20ps) に達する結果を得た。これらの結果から、測地 VLBI 技術には期待通りの時刻・周波数比較を行える能力がある事を示した [2]. 同様に、鹿島 - 小金井基線で VLBI による周波数比較能力の検証を行い、 10^5 s 以上で、原子泉型周波数標準器の安定度を上回るという結果を得ている [3], [4].

本講演では、更に VLBI 周波数比較の比較能力を検証する為に、鹿島 34m - 鹿島 11m 基線を用いて、VLBI, GPS, DMTD の相互比較実験を行ったので報告する。

2. 実験概要



図1. 使用した Line Stretcher, Orient Microwave 社製.

今回の実験では、VLBI が正しい時刻差を計測しているのかを検証する為に、Line Stretcher (図 1)を用いて、実験中、人為的に時刻差を変化させる事で検証した。その際、DMTD の結果が正しい時刻差を計測しているものとして、VLBI 及び GPS の結果を比較した。

図2に、鹿島局のレイアウトを示す。VLBI は、鹿島 34m、

鹿島 11m アンテナを用い、GPS については、IGS 点 (ksmv) と 34m 庁舎屋上の連続観測点 (ks34) を用いた。基準信号は、VLBI, GPS 共に、鹿島局のメーザー (No.1) を用いた。その際、基準信号は、光ファイバ及び同軸ケーブルで伝送した。DMTD については、鹿島局メーザー室内で、鹿島 34mETR 折り返し 10MHz と、鹿島 11m 庁舎折り返しの 10MHz の比較を行った。Line Stretcher は、メーザーから 11m 庁舎への経路中に 2 本挿入した。詳細を図 3 に示す。

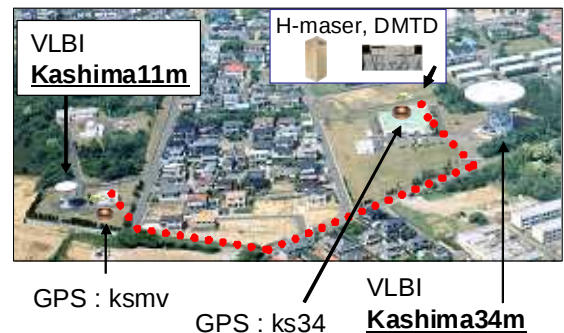


図2. 鹿島局の配置図.

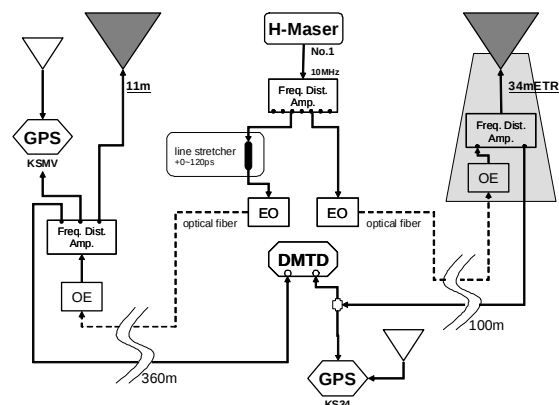


図3. 実験時の基準信号 (10MHz) の経路図. 実線は同軸ケーブル, 破線は光ファイバを表す。

通常、測地 VLBI では、複数の天体を空間的に均一に分布するよう、交互に観測を行う。また、解析時には、clock offset 及び、大気遅延、局座標を推定する。しかしながら、今回の実験では、10 秒毎の時刻差を求める為に、1 つの天体(3C84)のみ追尾する観測を行い、解析でも clock offset のみ推定を行った。VLBI の解析には、Calc/Solve を使用した。また、GPS の解析には、NRC 製の PPP ソフトウェアで、IGS 速報暦と時計を用い、30 秒毎の clock offset を求めた。

Line Stretcher による人為的な変化は、手動で数分おきに Line Stretcher を伸縮させる事で行った。

3. 結果

図4に、VLBI, GPS, DMTDそれぞれから求めた時刻差を示す(それぞれのオフセットは取り除いてある)。ステップ状に変化している部分が、Line Stretcher を用いて人為的に時刻差を変化させた所である。

人為的に変化させた部分について、DMTDとGPSは、調和的な場合もみられるが、GPSの結果が逆方向に変化していたり、両者の差が大きい場合も見られる。それに対し、DMTDとVLBIの結果は、変化の方向、大きさ共に良く一致している。図4の拡大したグラフの部分では、GPSとDMTDの差が26ps/85psに対して、VLBIとDMTD

の差は7ps/2psであった。平均して、人為的な変化部分のVLBIとDMTDの差は、10ps以下であった。この結果から、測地VLBIは正しい時刻差を計測可能であると言える。

その他の部分については、GPSとDMTDの結果は調和的である。VLBIとDMTDの結果は、短期間では50ps以下で調和的であるが、長期間で見ると、大気遅延を推定していない影響から、大きな差が生じる結果となった。

講演では、上記実験結果の詳細と共に、新しく購入した可変長同軸管(図5)を用いた実験について報告する予定である。



図5. 可変長同軸管. 日本高周波(株)社製.

参考文献

- [1] 小山・他, 日本地球惑星科学連合大会要旨, D106-002, 2007.
- [2] Takiguchi et al, IVS NICT-TDC News, No.29, 23-27, 2008.
- [3] Takiguchi et al, IVS NICT-TDC News, No.30, 2009. (in press)
- [4] Takiguchi et al, Highlights of Astronomy, 15, 2009. (submitted)

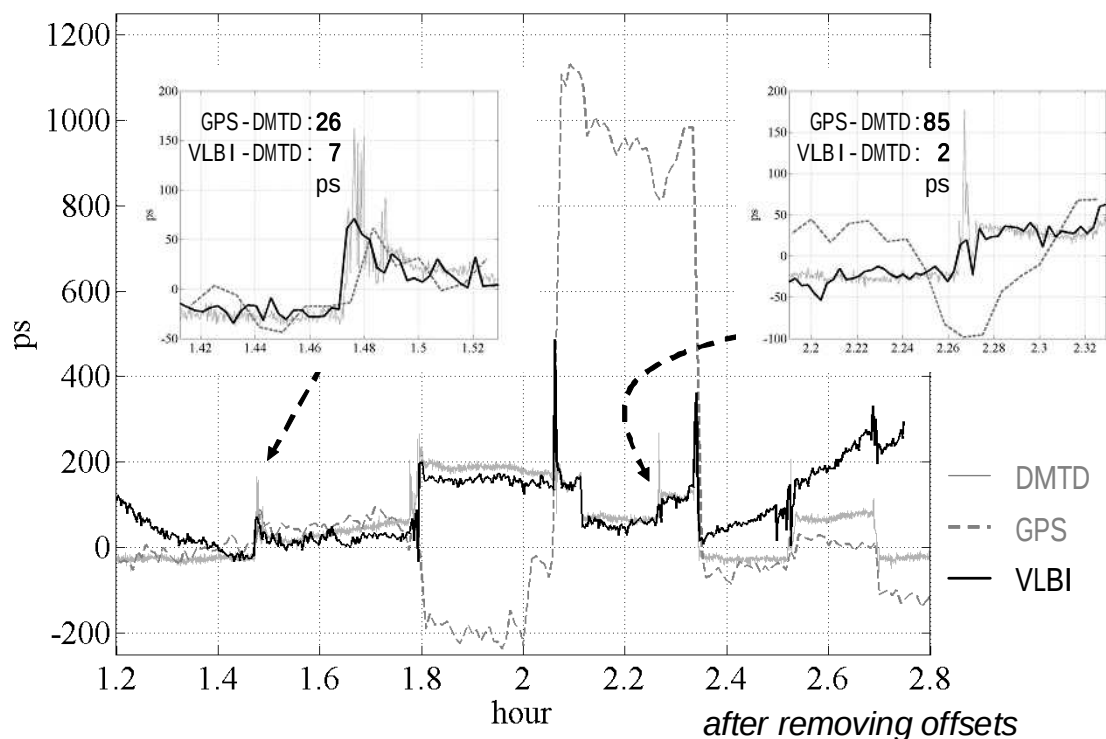


図4. VLBI, GPS, DMTDそれぞれから求めた時刻差(オフセットは取り除いてある)。Line Stretcher を用いて人為的に時刻差を変化させている。人為的な変化部分は、VLBI(黒色実線)とDMTD(灰色実線)の結果は調和的であるが、GPS(灰色破線)の結果は、DMTDの結果と逆方向の変化を示す部分が見られる。