

高精度周波数比較を目的とした連続 VLBI 実験

Continuous VLBI Experiment 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

*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 and Thomas Hobiger*1

*1 National Institute of Information and Communications Technology

*2 Geographical Survey Institute, *3 AES Co. Ltd.

1. はじめに

原子泉型周波数標準器及び光周波数標準器の開発が、情報通信研究機構(NICT)を含む世界各国の研究機関で進められている。このような高精度の周波数標準器を比較する場合、現在の主な時刻・周波数比較技術である衛星双方向時刻比較(TWSTFT)や Carrier Phase を用いた GPS 時刻比較では、長い平均化時間が必要であり、また、比較精度も十分では無い事から、より高精度の新しい時刻・周波数比較技術の開発が望まれている。

小山・他(2007)及び瀧口・他(2007)において、我々は新しい時刻・周波数比較技術の一つとして、測地 VLBI 技術を提案し、鹿島-小金井基線で VLBI と GPS の並行観測を行う事で、VLBI の優位性を示してきた。瀧口・他(2008)では、更に IVS と IGS のデータを用い、Onsala-Wettzell 基線で、VLBI による周波数比較と Carrier Phase を用いた GPS 周波数比較とを比較した。図1は、アラン分散を示しているが、VLBI のクロックオフセット推定精度 20ps が実証され、平均化時間 10^3 秒以上では、VLBI の方が安定となり、測地 VLBI 技術に周波数比較のポテンシャルが期待通りある事を示した。

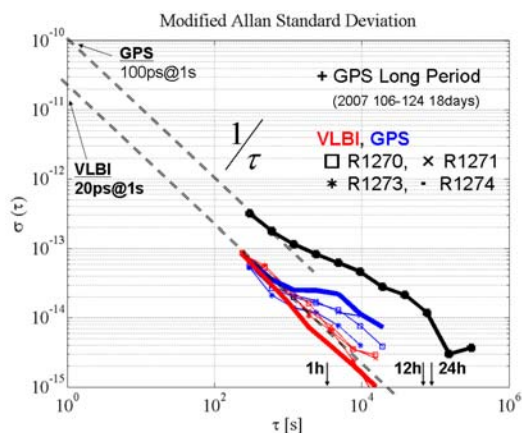


図1. IVS 及び IGS データを用いた VLBI 周波数比較と GPS(CP) 周波数比較結果から求めたアラン分散。

図2に、原子泉型周波数標準器と光周波数標準器、TWSTFT のアラン分散と共に、これまで得られている鹿

島-小金井基線(以後、Kb-Kg), Onsala-Wettzell 基線(以後、On-Wz)における VLBI 周波数比較のアラン分散を示す。On-Wz では、平均化時間 10^3 秒以上で原子泉型周波数標準器の安定度を上まわすが、Kb-Kg では、いつ原子泉型周波数標準器の安定度を上まわるかデータが無い。また、On-Wz は、ほぼ $1/\tau$ (時刻比較の位相ノイズ) の直線にのっているのに対し、Kb-Kg では、周期的なノイズ(おそらく温度変化)により安定度が低下しており、この先どの様に安定度が変化するか不明である。元々測地・電波天文用のアンテナであり、時刻比較に最適化されている訳ではない。今後、更に VLBI による時刻・周波数比較の研究を進める場合、Kb-Kg での実験は不可欠である。このノイズ源を特定し、時刻比較にも適した改善をしていく必要がある。

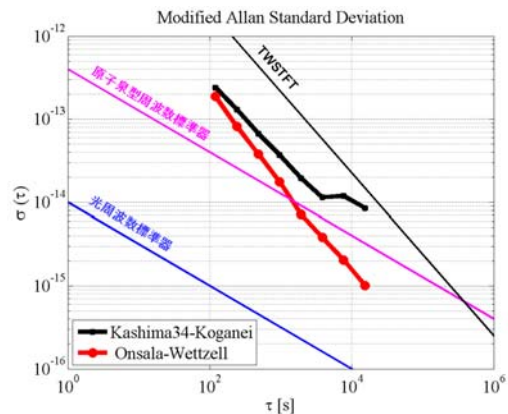


図2. Kb-Kg 基線及び On-Wz 基線での VLBI 周波数比較結果から求められたアラン分散。

これらの事から、本講演では 1)平均化時間 10^4 秒以上の安定度を示す 2)Kb-Kg での、周期的ノイズの原因を見つけ、温度変化によるなら、どの部分かを特定し、今後の改善策を考慮する目的で、Kb-Kg で1週間以上の連続 VLBI 実験を行ったので報告する。

また、今回は GPS と共に、DMTD (Dual Mixer Time Difference) 法による周波数比較も並行して行ったので、これらとの比較結果についても報告する。

2. 実験概要

Koganei

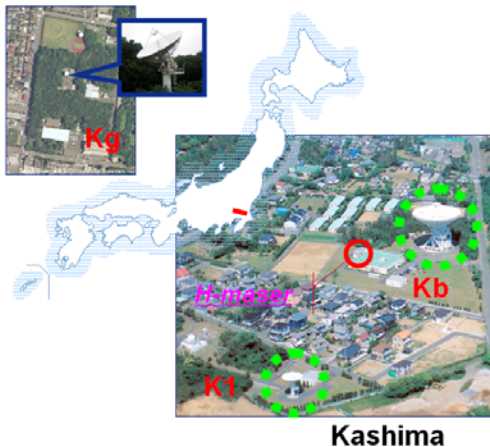


図3. 鹿島局, 小金井局の配置図.

図 3 に, 鹿島局, 小金井局のレイアウトを示す. VLBI は, 鹿島 34m(Kb), 鹿島 11m(K1), 小金井 11m(Kg)の 3 アンテナを用い, 8 月 1 日(Kg のみ 8 月 4 日)から 8 月 12 日までの期間, 連続実験を行った. GPS については, 各 VLBI アンテナ近傍の IGS 点(ksmv, kgni)と 34m 庁舎屋上の連続観測点(ks34)を用いた. DMTD については, Kb-K1 基線をターゲットに, 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.

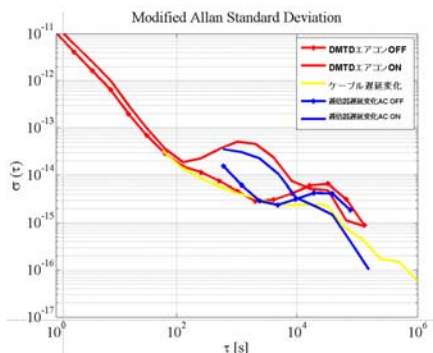


図4. 11m 庁舎内のエアコン ON, OFF 時の DMTD と温度変化から見積もった通倍器・分配器遅延, および気温変化から見積もったリファレンス信号伝送ケーブル遅延変化から計算したアラン分散.

Kb-K1 基線については, 気温変化に伴う, リファレンス信号伝送ケーブルの遅延変化, 11m 庁舎内の通倍器及び分配器の遅延変化が安定度に大きく影響する事が分かっている(図4). 真夏の実験の為, エアコンを OFF にする事は出来なかったが, 通倍器・分配器の温度変化が小さくなるよう配慮した. 11m 庁舎の室温, 通倍器・分配器, 外気温, 地中温度のモニタリングも行った.

3. 結果

現時点での Kb-k1 基線の結果を示す(図 5). また, 温

度変化を図 6 に示す. VLBI, GPS, DMTD, 室温共に変化の傾向が良く一致している(温度変化と GPS, DMTD の変化は負の相関となる). 8 月 3 日(216)に, 11m 庁舎のエアコン設定温度を変更した. スパイク状の変化は無くなったが, 短周期の変動は残った.

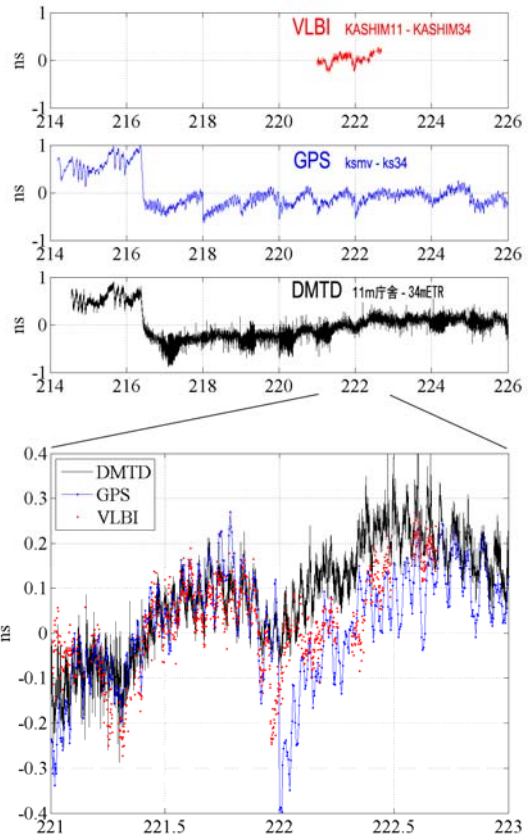


図5. VLBI, GPS(CP), DMTD の周波数比較結果.

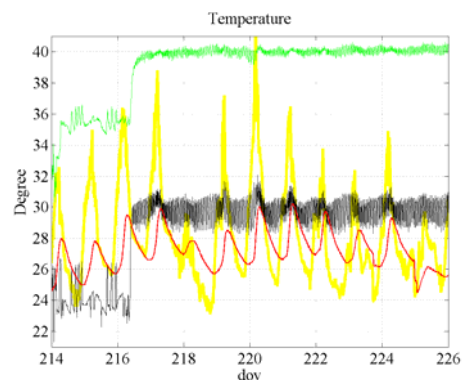


図6. 11m 庁舎の室温, 通倍器・分配器温度, 外気温, 地中温度の変化.

講演では, VLBI の結果との比較と共に, VLBI 周波数比較の長期安定度について報告する.

参考文献

- 小山・他, 日本地球惑星科学連合大会要旨, D106-002, 2007.
- 瀧口・他, 日本測地学会講演会要旨, 80, 2007.
- 瀧口・他, 日本地球惑星科学連合大会要旨, D106-004, 2008.