

測地 VLBI 技術による高精度時刻比較

VLBI Measurements for Time and Frequency Transfer

瀧口 博士 [1]; 小山 泰弘 [1]; 市川 隆一 [1]; 後藤 忠広 [2]; 石井 敦利 [3]; ホビガー トーマス [1]; 細川 瑞彦 [4]

Hiroshi Takiguchi[1]; Yasuhiro Koyama[1]; Ryuichi Ichikawa[1]; Tadahiro Gotoh[2]; Atsutoshi Ishii[3]; Thomas Hobiger[1]; Mizuhiko Hosokawa[4]

[1] 情報通信研究機構鹿島; [2] 情報通信研究機構; [3] 情報通信研究機構鹿島
; [4] 通信総研

[1] KSRC,NICT; [2] NICT; [3] KSRC,NICT; [4] CRL

<http://www2.nict.go.jp/w/w114/stsi/index.html>

現在の原子泉型周波数標準器は、数日の平均化時間で 10^{-15} の精度を持つ。更に、開発中の光周波数標準器は、数日の平均化時間で 10^{-16} から 10^{-17} レベルの精度を実現するポテンシャルを持っている。一方、衛星双方向時刻比較や Carrier Phase を用いた GPS 時刻比較の精度は 1 秒で 10^{-10} 、1 日で 10^{-15} レベルである。このレベルの時刻比較精度では、上記高精度の周波数標準器を比較する場合、長い平均化時間を必要とし、また、次世代の周波数標準器を比較するには十分な精度では無い為、より高精度の時刻比較技術の開発が望まれている。

VLBI や SLR, GPS と呼ばれる宇宙測地技術は、高安定な基準信号を用いた精密時刻計測を行っている。VLBI の場合、遙か彼方の天体から放射される電波を、複数のアンテナで受信し、その到達時間の差 (遅延時間) を精密に計測している。解析では、観測される遅延時間を、各種物理パラメータと、局の位置、速度、大気遅延と共に、基準局に対する観測局のクロックオフセットを未知パラメータとして、最小二乗法を用いて最適解を得る。この時、推定されるクロックオフセットの推定精度は、国際 VLBI 事業 (IVS) が実施する定常的な測地 VLBI 実験の場合で 20ps 程度が得られており、GPS や衛星双方向時刻比較に比べ高精度の時刻比較の手段として期待できる。

本研究では、VLBI 技術を用いた時刻比較のポテンシャルを確かめる為に、鹿島 - 小金井基線を用いて、Carrier Phase を用いた GPS 時刻比較法と比較した。VLBI 実験は、24 時間セッションを 2 回、3 日連続、7 日連続の実験をそれぞれ 1 回行った。GPS は、VLBI と同じ基準信号を用いて VLBI アンテナ付近で連続観測を行った。通常の測地 VLBI 解析を行い、鹿島局を基準とした小金井局のクロックオフセットを求めた。推定誤差の平均は 30ps であった。VLBI と GPS の時刻比較結果は調和的であり、およそ ± 500 ps 内で一致した。安定度については、VLBI 時刻比較の方が GPS 時刻比較よりも安定な傾向が見られる結果となった。また、オンサラ - ウェツェル基線についても、同様の比較を行った。データは、IVS によって行われた R1 実験 (R1270, R1271, R1273, R1274) と、その期間の IGS 局 (ONSA と WTZR) のデータを使用した。両局共に、VLBI, GPS に供給される基準信号は同じである。解析の結果、鹿島 - 小金井基線の場合と同様に、同基線、同期間のデータでは VLBI 時刻比較の方が GPS 時刻比較よりも安定となる結果となった。共通して、VLBI の安定度は $1/\sqrt{t}$ の傾きに近く、GPS の方は VLBI よりやや鈍い傾きを示す。講演では、開発中の小型 VLBI を用いた時刻比較の可能性と共に、2 月末に予定している 5 回目の比較実験の結果についても報告する予定である。