

Time and Frequency Transfer using the Telecommunication Satellites
for the Long Baseline Interferometry

#瀧口博士¹, 雨谷純¹, 後藤忠広¹, 相田政則¹, 市川隆一¹, 近藤哲朗¹

1: 情報通信研究機構

Hiroshi Takiguchi¹, Jun Amagai¹, Tadahiro Gotoh¹, Masanori Aida¹,

Ryuichi Ichikawa¹, and Tetsuro Kondo¹

1: National Institute of Information and Communications Technology

はじめに

超長基線電波干渉法 (VLBI: Very Long Baseline Interferometry) では, 超遠方にある1つの準星電波源から発せられた電波雑音を, 2地点以上の観測点で独立に同時受信・記録し, 記録データを相関処理する事により, 2つのアンテナに電波が到達する時刻差を高精度で求める. 現在の所, 測地VLBIで使用される8GHz帯の信号を直接記録する事は出来ない為, 受信信号を一度中間周波数 (IF) に周波数変換しなければならない. この為, 各受信信号は周波数変換によってコヒーレンスを失ってはならず, 各観測局の周波数標準は互いに独立でありながらコヒーレントである事が要求される (森川・他 1984). 特に信号強度の弱い電波源を受信する場合は, 長時間に渡り受信信号を積分しなければならない. この積分時間内でランダムな位相雑音は十分に小さくしなければならない. 測地VLBIで用いられる8GHz帯で積分時間最大600秒の場合, 位相のバラツキを 10° 以下にするには周波数安定度は 1×10^{-14} を必要とする. また, 時刻同期誤差を半日で距離に換算して3cm以内の変動に抑えるには 1×10^{-15} を必要とする. この様な条件を満たす高安定の周波数標準器は, 水素メーザ以外にない為, 一般的にVLBI観測局には水素メーザが必要となり, VLBI局新設の足枷となっている.

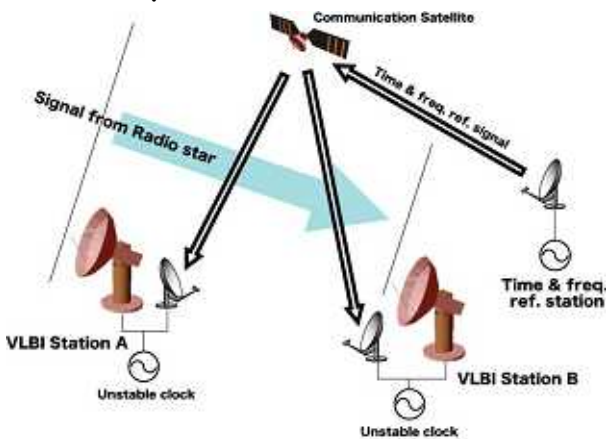


図1 衛星時刻・周波数配信を用いた長基線電波干渉計の概念図

に2台の安価な原子時計+衛星通信アンテナ+衛星使用料が掛かるが, 水素メーザ1台と比べるとかなり安価になると考えられる.

X'talの安定度を図2に示す. 平均化時間10秒で 1×10^{-12} , 40秒で 3×10^{-13} を示し, 40秒程度までの積分時間では, 可干渉性を保つ事が可能である. しかしながら, 長期安定度が良くないので, 衛星時刻・周波数配信技術を用いて位相補償を行う.

水素メーザの価格は約3000万円と決して安くはない為, 他の原子時計を用いて測地VLBIが出来ないか探る研究が行われている (例えば, 石井・他 2008). 本研究では, 約150万円と安価なオシロクオーツクリスタル(以後, X'tal)と衛星時刻・周波数配信技術を組み合わせて測地VLBIを行なおうとするものである. 概念図を図1に示す. 基準信号を静止衛星経由で配信すると共に, 観測局の安価な原子時計との時刻・周波数変化をモニタしておいて, 後の相関処理で (ソフトウェア

上で)補正する. この方法では, 水素メーザ1台の代わり

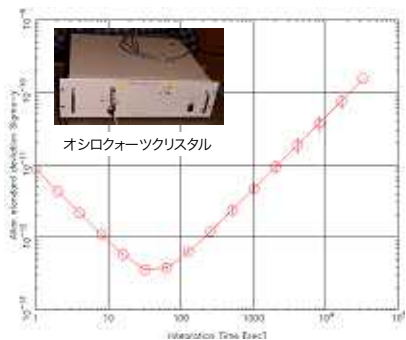


図2: オシロクオーツクリスタルの周波数安定度

位相補償を伴う相関処理

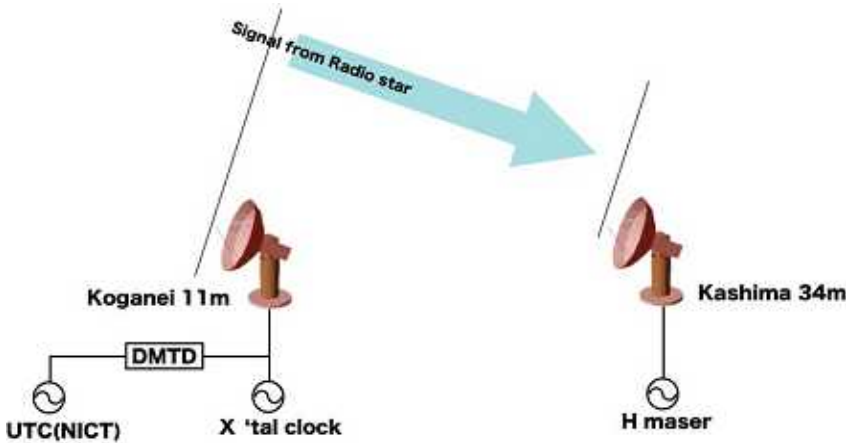


図3 : 今回の実験の構成図. 小金井11mでX'talを周波数標準として用い, UTC(NICT)との時刻差をDMTDでモニタする.

今回, 位相補償を伴う相関処理が可能であるか確認するため, 図3に示すような衛星を用いない設定で, 実験を行なった結果を報告する. 実験は, 2010年5月11日04:00UTから24時間, 鹿島34m-小金井11m基線で行った. 図4aに示す様に, 24時間の実験では, UTC(NICT)とX'talの時刻差は, 約 $300\mu\text{s}$ にもなる. この時刻差を2次式で近似し, 取り除いたものが図4bである. 2次成分までの補正で, 残差が $1/100$ 以下になった.

UTC(NICT)とX'talの間の周波数ドリフトは極めて安定であると言える. 求めた2次のパラメータとK5/VSSP相関処理ソフトウェアを用いて相関処理を行ったところ, 24時間の実験の始めと終わりでフリッジを確認することが出来た. この事は, 何らかの方法でX'talと水素メーザ間の時刻差をモニタしておけば, 特別なソフトを用いる事無く, VLBIのルーチンソフトを使って測地VLBIが可能である事を示す.

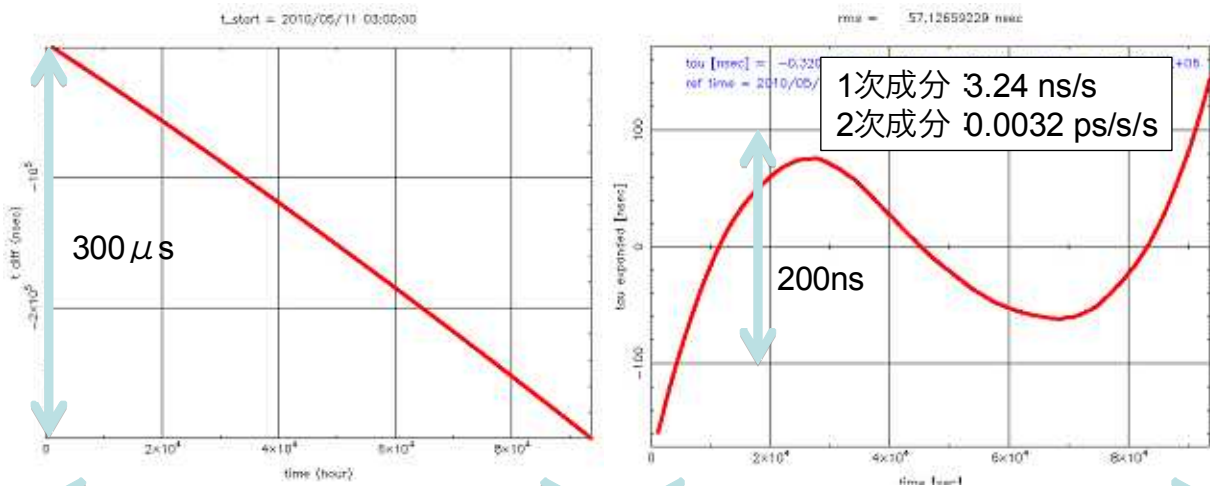


図4 : a) 左 X'talとUTC(NICT)間の時刻差. b) 右 a)を2次式で近似し, 2次成分を取り除いたもの.

今後の課題

今回は, 衛星を用いず, 測地解も出していない. 今後は, 同様な設定で測地解を求め 時刻補償を伴う基線解析, 測位精度の確認を行うとともに, 静止衛星を用いて時刻差をモニタする実験を行う予定である.

本研究は科研費 (1241043) の助成を受けたものである.

森川, 太田, 木内, 『1-7 水素メーザ原子標準』, 電波研究所季報, Vol.30, 特1, pp.99-107, 1984.

Ishii, A., et al., Evaluation of a laser-pumped Cs gas-cell frequency standard on geodetic VLBI, J. Geod. Soc. Japan, 54, 4, 259-268, 2008.