

国内 VLBI 観測シミュレーションの試行

Attempt to simulate for domestic VLBI observation

高島和宏 国土地理院

Kazuhiro Takashima Geospatial Information Authority of Japan

はじめに

国土地理院は国家の位置基準を管理する機関として、超長基線測量(VLBI)や電子基準点測量(GPS)等により、我が国の測地基準系を維持管理している。

本研究では、世界測地系における日本の測地基準系の歪みを監視する手法を構築することを目的とし、VLBI観測とGEONET観測を時系列的に統合する解析技術の開発を行い、これをシミュレーション技術により評価した上で、国際VLBI事業(IVS)において取りまとめられた新しいVLBI観測仕様に対応する国内VLBI観測の技術指針をとりまとめることを目標としている。今回、評価に用いる予定のVLBI観測シミュレーターを用いたシミュレーションの試行を行ったので、報告する。

VLBI観測シミュレーションの概要

VLBI観測シミュレーターは、観測する準星の組み合わせと、その電波を受信するパラボラアンテナ及びデータ記録する機器の設定など、多様な観測条件の下に作成された「観測スケジュール」に従って、複数観測局間で得られる遅延時間を擬似的に算出するものである。遅延時間の算出にあたっては、潮汐、地球姿勢、対流圏遅延、時計誤差や白色雑音等をモデルや乱数により生成し、それらを加味して実際の観測データに近い遅延時間となるように設計されている。実際の観測においては、所有するパラボラアンテナや信号処理装置の仕様に制限があるため、設定できる観測条件にあまり自由度がないが、シミュレーションにおいては、そのような制約がないことから、考えうる全ての条件設定の組み合わせ数は膨大となってしまう。そこで、今回の試行においては、実際に国内VLBI観測が行われた観測スケジュールをベースとして、現実的な観測条件の組み合わせに絞り込んで実施した。また、シミュレーターにより生成された擬似観測データを用いて、基線解析を実施し、解析結果についても簡易的な評価を行った。

VLBIシミュレーターの整備

VLBIシミュレーターの整備において、新手法や国内VLBI観測局への拡張対応が容易であることを条件として、最適なソフトウェアの選定を行い、オーストリア国ウィーン工科大学が開発したVLBI解析ソフトウェア「VieVS」に組み込まれている「Vie_SIM」モジュールを用いることとした(図1)。本シミュレーターは、国土地理院の通常業務で用いているVLBIデータベース形式「MarkIII」ではなく、「NGSカードファイル」と呼ばれる形式のデータを入出力に用いており、既存の国内VLBI観測ファイルをシミュレーション観測データと同一条件で「VieVS」により解析可能とするため、この形式に変換する仕組みを構築した。



図1 VLBI解析ソフトウェア「VieVS」

Matlab ベースで作られており、GUIによる解析が可能

VLBIシミュレーションの試行【実観測との比較】

整備したシミュレーターは、既にIVS(国際VLBI事業)におけるVLBI2010仕様の策定の際に使用されており、国際VLBI観測網においては、その性能の高さについては良く知られている。しかしながら、国内VLBI観測網のような小スケールの観測網における適用例がないことから、その性能確認を行うため、2009年5月21日に国内VLBI観測網(図2)において実施された観測データ「JD0905」をCalc/Solveによって解析された通常処理の結果と、同一条件でVieVSにより生成したシミュレーションによる結果を比較した。観測局位置等のパラメータ推定後の遅延時間残差のWRMSは、通常処理の1.62cmに対し、シミュレーションが1.68cm(図3)とほぼ一致した。シミュレーション全体の手順を実観測の手順と共に比較して、図4にチャートで示す。



図2 JD0905 国内VLBI観測網

国土地理院 VLBI観測局 国立天文台 VERA観測局

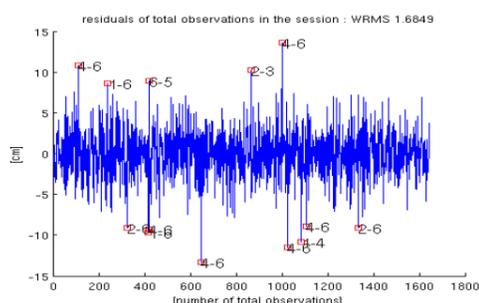


図3 JD0905観測セッションを再現したシミュレーション結果

横軸：各観測(obs : source×baseline) 縦軸：遅延時間の残差(cm換算)

VLBIシミュレーションの試行【観測条件の変更】

観測条件(周波数帯域、SN比等)を変えた様々な組合せについて、シミュレーションを実施した。その際、計算機資源や研究期間の制約の範囲内で可能と思われる、584組に絞込みを行い、擬似的な観測データをシミュレーターにより生成した。生成された擬似観測データのうち、なるべく条件が異なる104セッションについて、基線解析を実施した。

シミュレーション結果の一例として、様々な観測条件の組合せのうち、周波数帯域と最小積分時間を変えて行った遅延時間の残差を図5及び表1に示す。

周波数帯域を広くした場合、受信感度が向上し、閾値となるSN比を確保するために必要となる積分時間が減り、その結果として、総観測数が増加していることが分かる。

最小積分時間を30秒から15秒に変更した場合、いくつかの電波強度の強いソースに関しては、積分時間を短縮することが可能となり、その結果として、若干の総観測数が増加していることが分かる。

この観測条件の範囲内では、総観測数の増加に伴い、残差のWRMSが小さくなっていると考えられる。その他の観測条件設定においても、理論通りのほぼ妥当な基線解析結果が得られた。

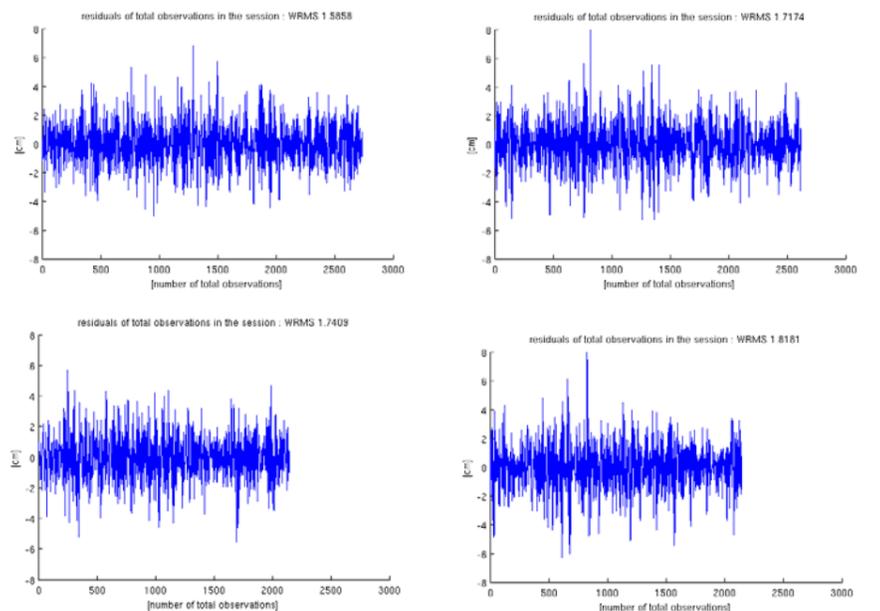


図5 観測条件を変えた場合の遅延時間残差

各チャンネルの周波数帯域幅・最小積分時間

左上 8MHzBW・15sec 右上 8MHzBW・30sec

左下 4MHzBW・15sec 右下 4MHzBW・30sec

表1 観測条件と遅延時間残差/総観測数

BW \ min-scan	15 sec	30 sec
8 MHz	WRMS 1.5858 cm 2709 obs	WRMS 1.7174 cm 2595 obs
4 MHz	WRMS 1.7409 cm 2124 obs	WRMS 1.8181 cm 2108 obs

まとめ

今回の試行結果から、本シミュレーターは、国土地理院が実施している国内VLBI観測網に適用できることが確認できた。今後、本シミュレーターを、VLBI・GPS統合解析技術の開発に利用していく予定である。なお、今回のシミュレーション試行では、実観測をベースとして実施したが、観測条件として、仮想観測局の設置や受信機性能を変更することも容易にできるため、将来の機器更新や新観測局の設置などを実施する際の強力な評価ツールとなることも期待できる。

謝辞

VLBI解析ソフトウェア「VieVS」を提供していただいたウィーン工科大学先端測地学グループに感謝いたします。