

1 m級アンテナを用いた基線場検定用 VLBI システムの開発 -序報-

Development of Compact VLBI System with 1-m class Antenna for Validating 10 km Calibration Site -Preliminary Report-

○市川隆一^{*1}、石井敦利^{*1}、瀧口博士^{*1}、久保木裕充^{*1}、中島潤一^{*2}、小山泰弘^{*1}、藤咲淳一^{*3}、高島和宏^{*3}

^{*1}情報通信研究機構 鹿島宇宙技術センター、^{*2}情報通信研究機構、^{*3}国土地理院

Ichikawa R.^{*1}, Ishi A.^{*1}, Takiguchi H.^{*1}, Kuboki H.^{*1}, Nakajima J.^{*2}, Koyama Y.^{*1}, Fujisaku J.^{*3}, and Takashima K.^{*3}

^{*1}Kashima Space Research Center, NICT, ^{*2}NICT, ^{*3}Geographical Survey Institute

1. はじめに

情報通信研究機構(以後 NICT と称する)と国土地理院は、共同で基線場検定用の小型 VLBI システムの開発に着手した。国土地理院は、日本測量協会に委託して測量会社などが使用する測地用 GPS 受信機の検定作業を実施している。しかしながら、この基線場自体の距離測定はレーザー干渉計を用いており、数 km 以上の視通確保が難しいことから、GPS 測量との直接比較は出来ていない。一方、GPS 測量と同等もしくは凌駕する精度での計測が可能な VLBI 技術はこれらの問題を解決する手段として有効と考えられる。本報告では、同 VLBI システム開発の主旨と現状での開発方針について紹介する。

2. GPS 距離比較基線場における VLBI 観測の意義

現在、GPS 測量の検定は距離比較基線場において実施されている。この検定は、GPS 測量機器による測定結果のトレーサビリティを確保する上で不可欠である。同検定では距離 10km で精度 2mm 以下の精度が要求されるが、現状では長距離での視通の問題から、基線場全長での直接比較による GPS 測量検定は実現していない。

一方、VLBI 技術は、GPS 同様に基線場での視通が不要である他、衛星軌道誤差やアンテナ位相中心誤差も考慮する必要がない。さらに、ネットワークによる大容量データ伝送、汎用 PC によるデータ取得、及びソフトウェア相関技術などを駆使した最近の e-VLBI 技術が、以前とは比べものにならないほど簡便かつ低コストの VLBI 観測を実現しつつある。以上の条件から、VLBI 技術による GPS 距離比較基線場検定を目指したシステムの開発を開始した。

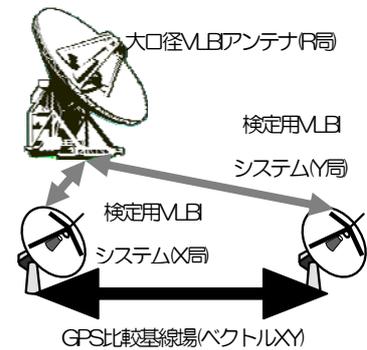


図1 VLBIによる基線場検定概念

3. 想定される基線場検定用 VLBI システムの概念

(1) 観測網

実際の観測形態としては次のような方法を検討中である。まず、図1の概念図に示すように、基線場の両端に 1 m級のアンテナを用いた小型 VLBI システムを配置し、これらと NICT 鹿島 34m アンテナや国土地理院つくばの 32m アンテナなどの大型アンテナを組み合わせた観測網を構成する。基線場の両端の観測局をそれぞれ X 局、Y 局、大型アンテナ局を R 局とし、VLBI 観測により基線ベクトル RX、及び RY を決定する。次に、基線場のベクトル XY を間接的に RX-RY から求め、これを基線場解析結果とする。ここで、アンテナ径を 1 m級としたのは、全国に数カ所設置された基線場への運搬を考慮して、ワゴン車の荷室に収納出来る程度の大きさに抑える必要があるためである。

(2) 観測周波数

次に、電離層補正を行うために 2 周波観測が不可欠である。今のところ従来の観測システムとの整合性から、S 帯(2GHz 帯)、及び X 帯(8GHz 帯)の観測が可能な受信機搭載が有力である。ただ、第3世代携帯電話網による S 帯での周波数干渉が深刻な問題となりつつあることから、K 帯(22GHz 帯)を用いた測地観測の可能性も考

えられるが、十分な電波源カタログが未整備であるため、これは将来的な課題である。

さらに観測帯域幅の問題がある。可搬性の要請からアンテナ口径を1m級としたが、十分な信号対雑音比(SNR)が得られなければ意味がない。そこで、図2に34m口径のアンテナと1m口径のアンテナとの間でVLBI観測を行った場合のSNRを簡単に見積もった結果を示す。図では、測地VLBI観測でしばしば使用する強い電波源の代表格である3C273や3C84など、7つの星についてX帯でのSNRを示した。

相関処理で決定される群遅延の精度は有効帯域幅の逆数とSNRに比例する。図からは、有効帯域幅256MHzで少なくとも1分以上の積分時間を確保すれば、有効な群遅延を得る目安であるSNR10以上が得られることがわかる。さらに、ギガビットサンプリング技術により512MHzの帯域幅でのデータ取得を行うことで、SNRを約1.4倍向上させることも可能である。ただし、図で例示したような電波源強度が強くと、測地観測に適したコンパクトな星は数が極めて限られるため、天球上のあらゆる方向を満遍なくアンテナが向くような観測スケジュールの構築が重要となる。

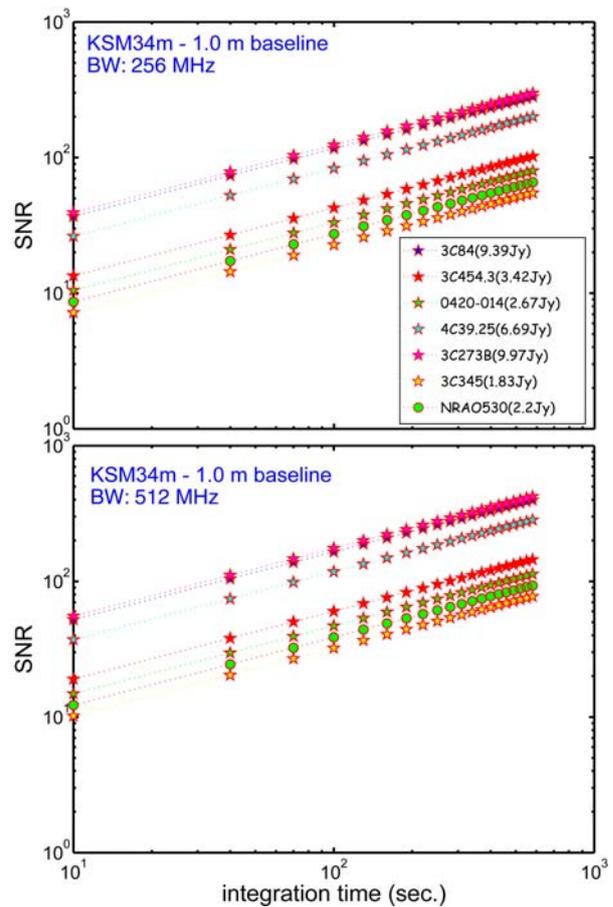


図2 34m-1m基線で期待される信号対雑音比

(3) 給電部

今回開発を開始したVLBIアンテナでは、給電部の設計もシステムの小型化をはかる上で重要である。技術的な要請としては、先に述べた①2周波受信、②広帯域、を実現しつつ十分なアンテナ利得を稼ぐ必要がある。具体的な一つの可能性として、図3に示すように、副鏡形状をX帯に最適化し、その誘電体基盤上に周波数選択膜(FSS: Frequency Selective Surfaces)と呼ばれる特殊な金属膜を貼り付けたカセグレンアンテナを製作する方法がある。FSSは、特定の周波数の電波は透過させ、その他の周波数の電波を反射するという特性を持つ。副鏡裏にはS帯給電部を置き、FSSを通過してくるS帯電波を受信し、X帯電波については副鏡による反射波を主鏡側の給電部で受けることになる。その他のアイデアとしては、S/X帯の信号を同時に受信可能な広帯域のホーンアンテナを一次放射器として用いることも検討中である。

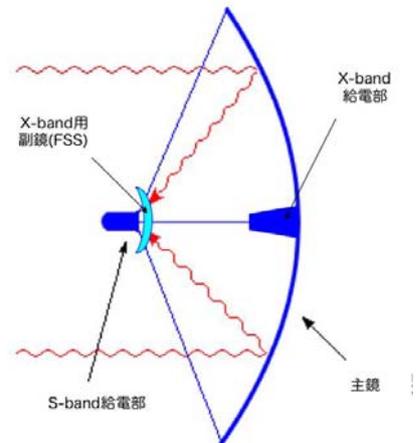


図3 FSSによる副鏡を用いたアンテナの例

4. 今後の開発方針

今年度から開始した基線場検定用VLBIシステム開発では、まずは要求される測地精度を達成できるだけの遅延決定精度が得られるかを評価することを目標に置き、これによりアンテナの仕様固めを行いたいと考えている。具体的には、今後ホーンアンテナやスパイラルアンテナなど、S/X帯で使用可能な給電部のビーム特性や利得をサーベイ、試作品による電波暗室での試験などを行いつつ開発を進める予定である。その他、既に鹿島に設置されている24mVLBIアンテナをテストベッドとして、アンテナ制御系試験、軸校正手法の確立、ギガビット測地の可能性などを行い、1m級アンテナ開発にフィードバックさせて行きたいと考えている。