

1m級アンテナを用いた比較基線場検定用 VLBI システムの開発

石井敦利^{1,3,4}、市川隆一¹、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 新世代ワイヤレス研究センター

3：国土地理院 4：(株)エイ・イー・エス

1. はじめに

情報通信研究機構(NICT)と国土地理院は、共同で比較基線場検定用の小型 VLBI システムの開発に着手した。比較基線場とは測量に使用する測距儀、GPS 測量機等の検定をする施設のことであり、そのひとつは国土地理院構内及びその付近にある(図1)。図1のように国土地理院構内には2箇所、つくば市国松には1箇所、土浦市高岡には1kmの直線上に数十~数百m間隔でステンレス製の円柱(ピラー)が設置されている。このピラー上部にGPS アンテナや測距儀を取付けて検定を行う。基線場自体の検定は産総研の特定標準機で校正された測距儀及びGPS 測量機を用いて行われる。しかし、測距儀では見通しが確保できない数 km 以上の直接検定は不可能であり、短距離での検定を受けたGPS 測量機を援用して検定されている。一方、測地 VLBI 技術を用いると GPS 測量と同等もしくは凌駕する精度での距離計測が可能であり、GPS 測量と独立な測定手段で比較基線場の検定(改測)が可能となるのみならず、より高度な測量機器のトレーサビリティが期待できる。



図1 比較基線場

2. 基線場検定用 VLBI システム

2.1 要求仕様、性能

国土地理院の基線場改測要領[1]によると GPS 測量機による改測の較差は、「日間較差の許容範囲は、基線ベクトルの水平成分(n, e)の較差が 10mm、上下成分(u)の較差が 20mm とする。」と規定されている。ここで、 n, e, u は基線ベクトルの起点における南北、東西、上下成分を表す。また、較差は測量機器の設置、取外しの再現性、気象条件の違いも含めたものである。この要求を考慮して、本 VLBI システムでは 10km の距離を 2mm の精度で計測できる精度を目標とする。また、基線場改測要領[1]第 8 条に「基線長が 10km を超える場合は、2 周波型 GPS 測量機を使用する。」とあることと、検定に供する測定機では不要な誤差を排除するという観点から、本 VLBI システムにおいても電離層遅延補正の為、2 周波同時受信型を目指すこととする。さらに本 VLBI システムは、全国数力所の基線場で運用することを想定して 1 ボックス車で運搬できる程度の可搬性も求められる。

2.2 基線場検定の観測形態

基線場検定の観測形態としては次のような方法を想定している。図 2 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、これを基線場検定結果とする。

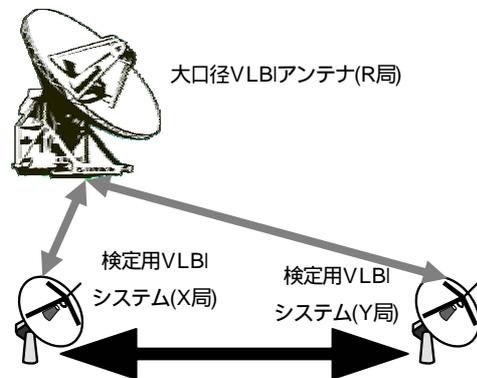


図2 VLBIによる基線場検定の概念

2.3 アンテナ口径、観測周波数帯域の検討

1m 級のアンテナを用いて図 2 のような観測が成り立つのかを検討した。具体的には検定用 VLBI 局と大口径 VLBI アンテナ局との間で VLBI 観測を行った場合の信号対雑音比(SNR)を計算した。観測局のパラメータは表 1 のように仮定した。また、電波天体のフラックス密度と観測周波数帯域等は以下のように仮定した。

電波天体のフラックス密度

S-band、X-band とともに : 1.5Jy

観測周波数帯域、サンプリング周波数(ADS1000 及び K5/VS1 を使用することを想定)

S-band 150MHz/ch×1ch 300Msps(1bit sample)

X-band 512MHz/ch×1ch 1024Msps(1bit sample)

表 1 観測局のパラメータ

	アンテナ口径 (m)	開口効率		システム雑音温度(K)	
		S-band	X-band	S-band	X-band
観測局R(大型局)	32.0	0.60	0.65	80	60
観測局X - 1(小型局)	1.0	0.45	0.50	150	120
観測局X - 2(小型局)	1.5	0.45	0.50	150	120
観測局X - 3(小型局)	2.0	0.45	0.50	150	120

観測局 R はつくば局を想定している。

測地 VLBI で必要とされる SNR は一般的に X-band で 30 以上、S-band で 20 以上といわれている。この計算結果(図 3)によると、口径 1.5m のアンテナと口径 32m のアンテナとの VLBI 観測の場合であれば、数百秒の積分時間でその値が得られることがわかる。

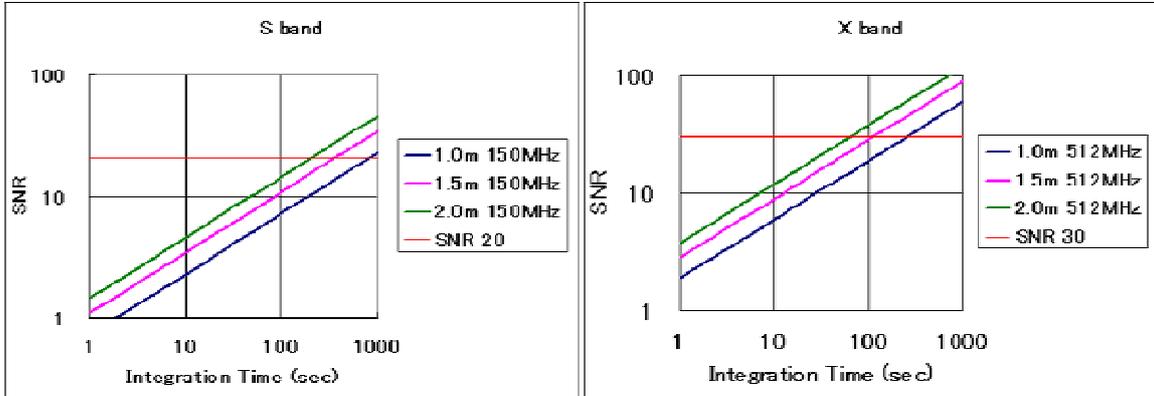


図 3 SNR 計算結果

2.4 試作フロントエンドの設計

本 VLBI システムの給電部、フロントエンドの試作品の設計を行った(図 4)。S-band ~ X-band をカバーする広帯域アンテナで給電し、その後段のダイプレクサで S-band と X-band を分ける設計とした。各コンポーネントの性能から、フロントエンド全体の雑音温度は S-band で 124K、X-band で 131K と試算される。この雑音温度に給電アンテナのロスが含まれていない。この給電部及び試作フロントエンドは、図 5 のように 2.4m アンテナ(CARAVAN2400)の副鏡を取外し、プライムフォーカスに取付ける予定である。給電部はキャビティスパイラルアンテナやリッジホーンアンテナ等から最適なものを調査検討中である。

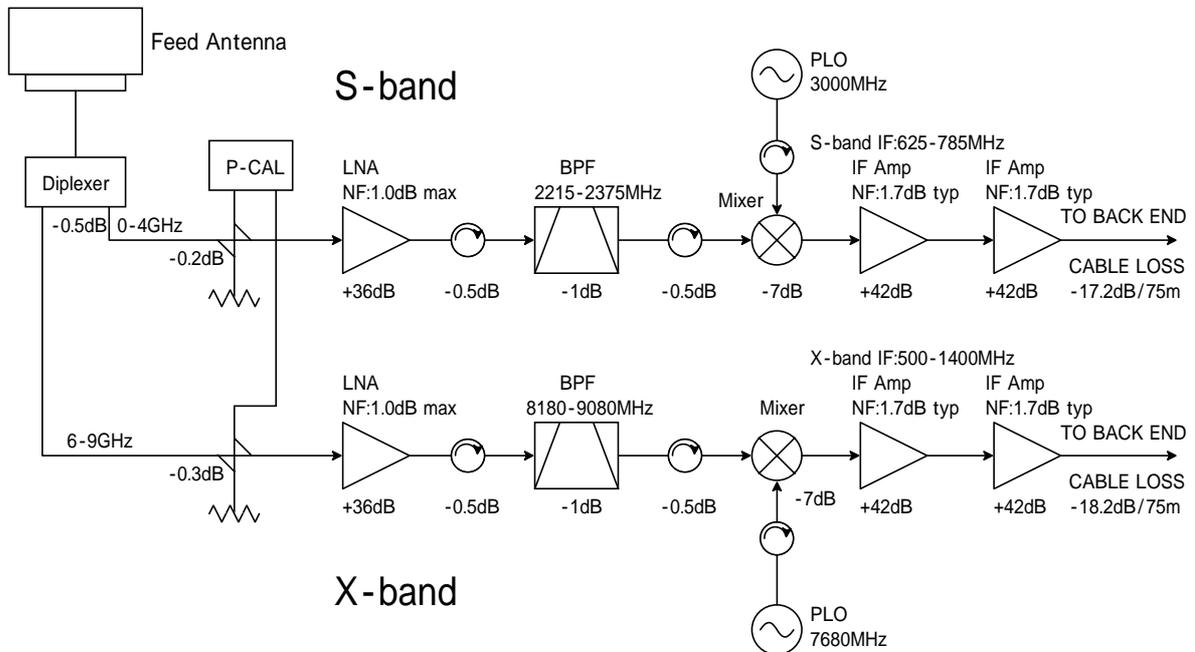


図 4 試作フロントエンドブロック図

3. まとめ

比較基線場の検定を目的とした口径1mクラスのアンテナを用いたVLBIシステムの開発を開始した。そのシステムのSNRを計算し、現在利用可能なバックエンド系と口径1.5m程度のアンテナを用いても、測地VLBI観測で必要とされるSNRを得られることを示した。また、給電部、フロントエンドは試作品の設計を開始している。今後は試作品を使用した性能評価試験を通して、さらに詳細な仕様固めと設計を進めて行く予定である。

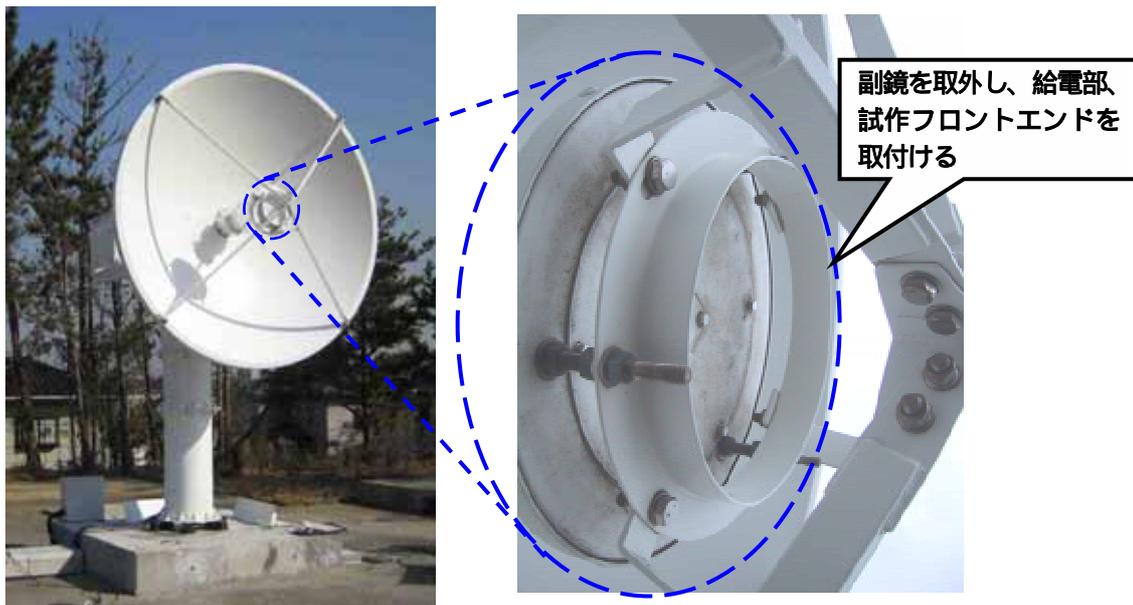


図5 2.4m アンテナ(CARAVAN2400)改造案

参考文献

- [1] 国土地理院測地部, 基線場改測要領, 国地測二発第18号