

「VLBI2010」対応アンテナの建設

国土交通省 国土地理院
測地部宇宙測地課 福崎順洋

1. はじめに

昨年度の第3次補正予算で、次世代 VLBI 観測規格である「VLBI2010」に対応する観測施設の建設が認められた。この観測施設は、「VLBI2010」の仕様と完全対応するべく、発注作業が済んでいる。

特に、技術的な新しさは、広帯域受信である。具体的には、2G~14GHz の帯域幅を連続的に受信する。そのための困難さは、

- 1) 放射ビームパターンが周波数依存性の少ないフィード
- 2) そのフィードの放射ビームパターンに合致する反射鏡型アンテナの光学系の設計

である。

そこで、今回、新しいタイプのアンテナの開発を行った。本報告では、新アンテナの基本設計と設計上見積もられた受信性能（開口効率）について紹介する。

2. 「VLBI2010」基本仕様の概要

「VLBI2010」の基本仕様を、従来システムと比して、表1に示す。

特に、従来型に比べて、「広帯域受信」及び「高速駆動速度」が特徴である。

表1 VLBI2010 基本仕様概要（従来システムとの比較）

項目	VLBI2010 システム	従来システム
アンテナ口径	12m 以上	20m~30m 級
受信周波数	広帯域受信 (2G~14GHz)	狭帯域受信 (2GHz 帯&8GHz 帯)
偏波受信方式	両直線偏波	右旋円偏波
冷却・非冷却	冷却	非冷却
駆動速度	Az : 12° /秒以上 El : 3.5° /秒以上	Az : ~ 1° /秒以上 El : ~ 1° /秒以上
データ転送	リアルタイム高速ネット ワーク利用	・ハードディスクを輸送 ・一部、ネットワーク利用

3. 観測施設の構成

新しい観測施設は、以下の装置で構成される。

- 1) アンテナ装置
- 2) フロントエンド装置
- 3) 周波数変換装置
- 4) 信号処理・記録装置
- 5) 精密周波数標準装置（水素メーザー）

4. アンテナ装置

広帯域受信を達成するため、一次放射器（フィード）として、後述するフロントエンド装置の Eleven feed の搭載を仮定して、アンテナの光学系の設計が行われた。基本的な諸元は以下のようである。

- ・口径：13.2m
- ・受信周波数：2G~14GHz
- ・開口効率：50%以上
- ・システム雑音温度：後述の受信器雑音温度も含め、40K 以下（大気の寄与を除く）

5. フロントエンド装置

本観測装置の特徴である広帯域受信を達成するため、スウェーデンの Chalmers 工科大学で開発された Eleven feed を採用した。Eleven feed は、2G~14GHz の広帯域に渡って、ほぼ同じ利得（11dB）及び放射ビームパターンを有しており、VLBI2010 対応アンテナには最適なフィードである。また、米国カルフォルニア工科大学 (Caltech) でも、Quadruple-Ridged Flared Horn (QRFH) と呼ばれる広帯域フィードを開発しており、今回、併せて導入する。

いずれのフィードにおいても、受信器雑音温度 30K 以下を達成するべく、フィード及び低雑音増幅器が冷却デュワー内に収められ極低温（20K 以下）に冷却される。

アンテナ光学系の設計は、まず、Eleven feed に最適化するように行われた。そして、QRFH については、Eleven feed に最適化されて設計されたアンテナ光学系に最適になるように設計・製造された。

6. アンテナ光学系と見込まれる受信性能

アンテナ光学系の設計は Eleven feed に最適化して行われたが、Eleven feed の放射ビームパターンが広い（約 130° ）ということもあり、グレゴリアン型的一种である Ring Focus タイプが採用された。図 1 に、アンテナ光学系の概念図を示す。この Ring Focus タイプのアンテナの特徴として、一次放射器からの放射の中心（すなわち電界強度が強い部分）が主反射鏡の外に当たることになり、最終的な放射電界強度を一様にできるということがある。結果、高い開口効率が期待できる。

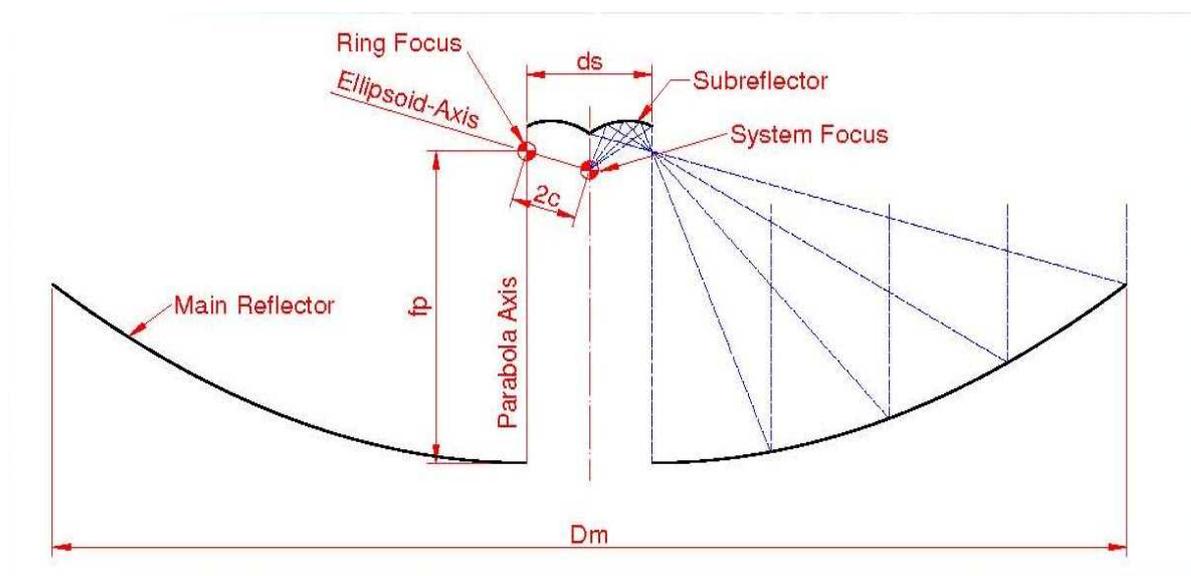


図 1 新アンテナの光学系

次に、アンテナ光学系のパラメータ及び各フィードの放射ビームパターンより、アンテナ開口効

率を見積もることができる。Eleven feed の場合 (Chalmers 工科大学) 及び QRFH の場合 (Caltech) の開口効率を、図 2 及び図 3 に示す。いずれの場合も、目標としている 2G~14GHz 帯において、開口効率 50%以上を達成している。

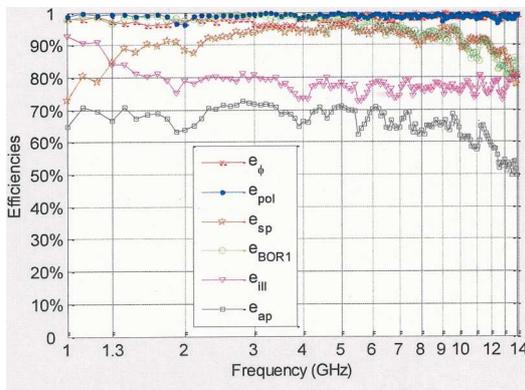


図 2 推定される開口効率 (Eleven feed の場合)

Physical Optics Calculation of Efficiency of QRFH-60 Feed in Ring Focus Reflector
Calculation by W. Imbriale, Oct 24, 2012

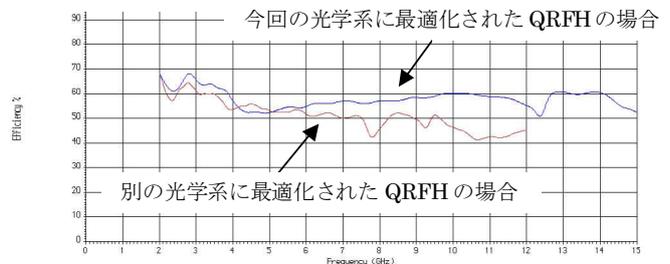


図 3 推定される開口効率 (QRFH の場合)

7. その他の装置及び特記事項

アンテナ装置、フロントエンド装置以外に、周波数変換装置、信号処理・記録装置及び精密周波数標準装置 (水素メーザー) も設置される。すべての装置を組み合わせることにより、「VLBI2010」で規定する仕様が満たされる予定である。

また、光ファイバケーブルを敷設する予定であり、リアルタイムでのデータ伝送が可能である。当初の伝送速度は、10Gbps である。

加えて、GNSS 連続観測局も同じ敷地内に設置される。この観測局は、将来、国際 GNSS 事業 (International GNSS Service : IGS) のネットワーク点として登録される予定である。

8. 新観測局の候補地

観測局の候補地は、茨城県石岡市内である。国土地理院からは直線距離で 17km 程であり、自動車ですら 45 分程の距離である。

この候補地は、

- 1) 地盤が強固である (地下数 m に岩盤)
- 2) 人工電波の混信が少ない (つくばに比べて、非常に弱い)

ため、測地 VLBI 観測局として理想的な場所である。

9. まとめ

国土地理院では、新しい VLBI 観測局を建設するプロジェクトを開始した。特に、広帯域受信 (2G~14GHz) を達成するため、新しいタイプのアンテナを開発した。開口効率の見積もりでは、2つのフィードのどちらでも、当該周波数範囲において 50%を超えると見込まれる。現在、アンテナ装置外 5 件の発注契約が済んで、各装置の製作が進められている。アンテナ装置完成後、平成 26 年度からの試験観測開始を予定している。