

鹿島 34 m アンテナのホログラフィ測定

岳藤 一宏¹ (takefuji@nict.go.jp) 堤 正則¹, 川合 英治¹, 関戸 衛¹

¹ 情報通信研究機構 鹿島宇宙技術センター, 314-8501 茨城県鹿嶋市平井 893-1

概要: 鹿島 34 m アンテナのホログラフィ測定を VLBI 観測手法を利用して実施した。リファレンスアンテナ (以降、MARBLE0 と呼ぶ) は使わなくなった 1.6m の主鏡に、あり合わせのアンプなどを組んだ。これをミスミフレームで組み合わせて立ち上げ式のアンテナを製作した。MARBLE0 を 12GHz 帯の JCSAT 衛星にむけ、34m はジグザク駆動で同時にサンプリングをおこなった。GICO3 で相関処理後、2次元 FFT で処理すると 34 m 主鏡の強度分布や鏡面精度の分布を得ることができた。

1 はじめに

鹿島は太平洋に面しているため、夏場のレジャーには最適であるが、海から来る潮風が金属を劣化させる。このため 34 m アンテナの背面構造体もさびが目立ってきている。来年度、34m の補修工事が予定されており、主鏡パネルの取り外しが一部行われる。その工事中もしくはその後にホログラフィ測定により鏡面調整を行いたい。そこで、鹿島 34m のホログラフィ測定技術を獲得し実際の鏡面測定をおこなう。

2 リファレンスアンテナ MARBLE0 とホログラフィ観測

昨年度、産業技術総合研究所に設置している VLBI 周波数比較用のアンテナ主鏡が 1.6m から 2.4m と大型化した。そこで、取り外した 1.6m 主鏡をホログラフィ測定用途に再利用した。MARBLE0 は 34m 庁舎の屋上にあり、図 1 と図 3 はその外観図と信号経路のダイヤグラムである。34m の信号系は、GALA-V の 3-14GHz の広帯域システムをそのまま利用している。

MARBLE0 はミスミのフレームを組み合わせて立ち上げて製作した。主鏡は片側が固定されている 2 本の柱に搭載されており、人力で図 1 のように持ち上げることができる。また車輪があるため、引っ張り回すことも可能で、使用しないときは 34m 庁舎の屋上のすみに固定されている。MARBLE0 の受信部は汎用的なアンプを組み合わせて使用しており、10-13GHz の衛星を受信することができる。もちろん、衛星によっては 4GHz、7GHz を放射しているものもあるため、アンプを交換することでこれらの帯域をカバーすることもできる。

MARBLE0 で受信された信号は RF 周波数のまま同軸で、下の階の観測室まで引き回されて、ダウンコンバートされる。34m の広帯域系信号も RF 信号のままひきまわされて同時にダウンロードされる。2 つの IF 信号は K5/VSSP32 にて 8bit 量子化され 16Mpsps で記録される。

図 2 ブロードキャスト衛星の JCSAT-3A の信号をスペクトルアナライザで受信したスペクトルである。各矩形の信号は衛星放送の 1ch に相当している。これらの信号のうち、低い周波数の 8MHz がアナログダウンコンバートされて記録される。衛星からの信号は少なくとも 20dB 以上バックグラウンドレベルより高いため、1-2bit 程度の量子化記録であるとダイナミックレンジが足りずに結果が思うように得られない (初期の実験で 1bit で行ったところ、強度分布はそこそこであったが、位相分布がおかしなものになった)。最低でも 4bit 以上が必要である。

特に注意することは、衛星の信号はものすごく強いいため、34m などの大型鏡で受信する際は LNA が飽和/故障しないように 10dB のアッテネータを取り付けた。また、観測スケジュールは 34m を衛星の位置を中心としてジグザクに仰角方向と方位角方向に駆動するように作成した。34 m アンテナは止まらずに方位角方向に駆動し、少し仰角に動いた後にまた方位角逆方向に駆動する。なお、観測の前に十時スキャンをおこない衛星をビーム中心に持って行った (のちのちの補正でセンターになくても修正は可能である)。

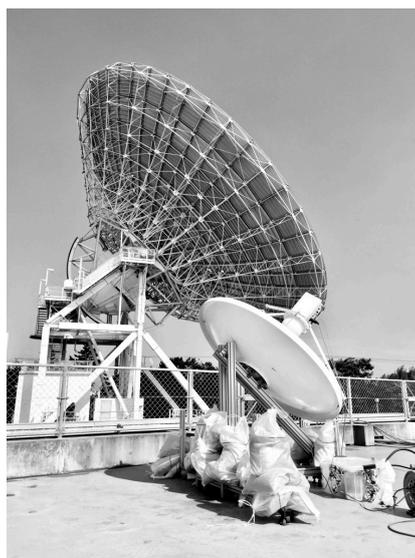


Figure 1: 鹿島 34 m と MARBLE0

12.25GHz の衛星信号と 34m の大きさからビームサイズは 0.042 度であり、スケジュールは 1.4 度 × 1.4 度をカバーするようにした。この 1.4 度はアンテナビームの 34 倍であり、空間分解能が 1m に相当する。一回の観測はおおよそ 1.5 時間である。

観測後、ソフトウェア相関器 GICO3 で処理と 2 次元 FFT などの処理をおこなう。一連の処理を書き出すと次の五項目となる。

- A. 8bit データの相関処理をおこなう (gico3 は 4,8 ビットに対応するよう修正した)
- B. 10ms ステップで 34m と MARBLE0 基線のフリンジサーチする
- C. 相関処理結果とアンテナログを突き合わせて、通常 0.05 度おきの格子状にマッピングする (仰角依存性もここで補正する)
- D. ピーク値がセンターに来るようにした後に 2 次元 FFT をおこない、強度分布と (大まかな) 位相分布をえる
- E. 位相分布について、位相オフセットとチルト成分が残るため、最小自乗法でこれらを推定して残差を計算する

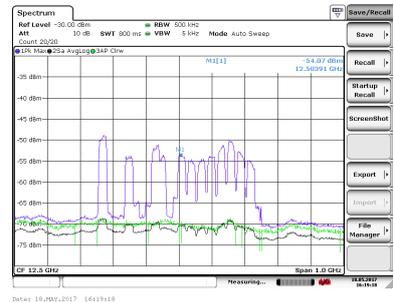


Figure 2: 衛星信号 @ MARBLE0

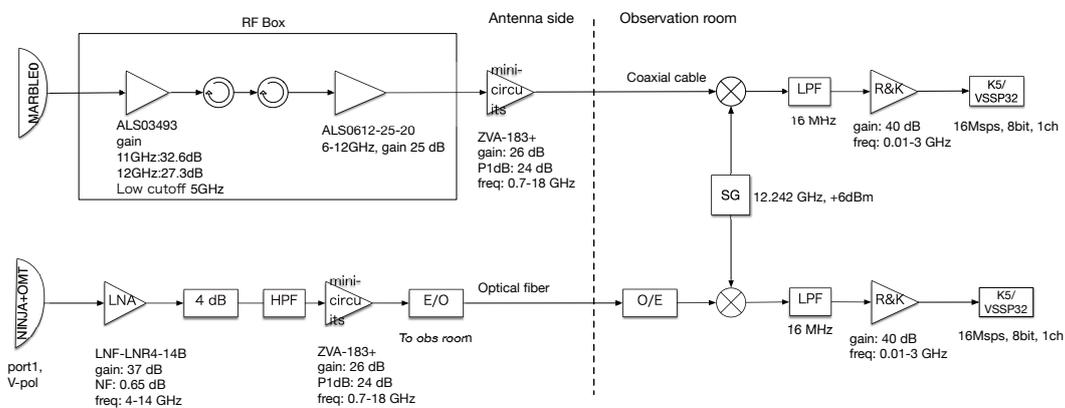


Figure 3: 鹿島 34 m と MARBLE0 の信号経路ダイヤグラム

3 ホログラフィ測定結果

図 4 と図 5 は 34m アンテナのジグザク駆動に沿って相関強度とフリンジ位相を仰角と方位角についてプロットしたものである。

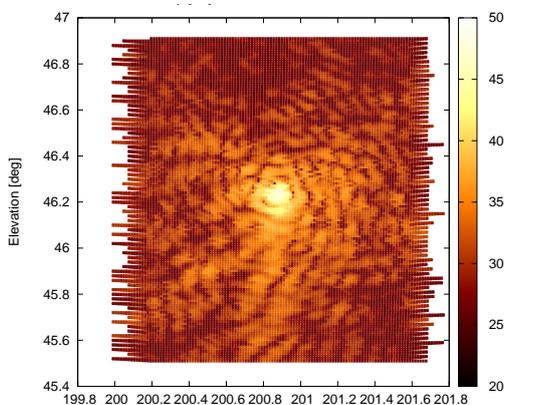


Figure 4: ジグザク駆動後の相関強度

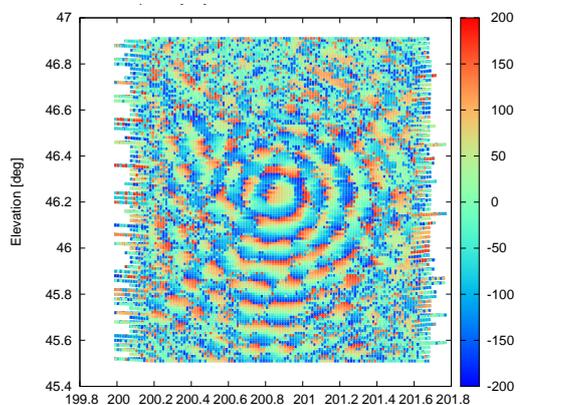


Figure 5: ジグザク駆動後のフリンジ位相

図 6 と 7 は 2 次元 FFT 後の鹿島 34 m の強度分布と鏡面精度図（最小自乗法で位相オフセットとチルト成分は除去済み）である。今年度数回ホログラフィ観測を実施している。例えば、図 6 の実験の際、主鏡に電波吸収体を設置しており、それが垂直-7m、水平に+5m の位置に黒い点として確認できる。結果として、34m の下部（アンテナを倒したときに地面に近い方）と、図で言うところのアンテナ右方向（主鏡のハッチがある方向）に鏡面の荒い部分が見える。実際、アンテナの下部のパネルを調整したところ、鏡面が改善したことも確認できた。来年度に鏡面の調整作業を行い結果の報告を行いたい。

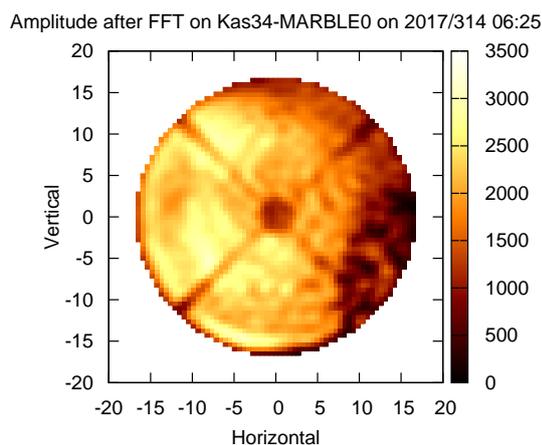


Figure 6: Obtained illumination pattern of the Kashima 34 meter telescope

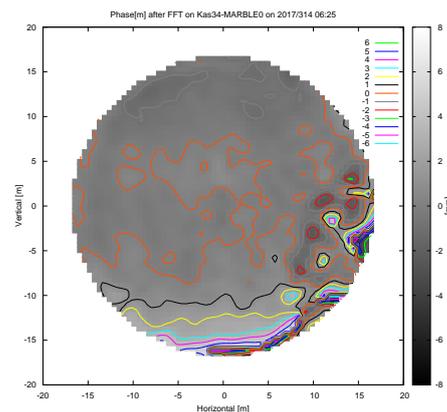


Figure 7: Obtained mirror distribution of the Kashima 34 meter telescope

4 Summary

鹿島 34m の鏡面精度を得る目的で衛星からの信号を用いたホログラフィ観測を実施した。MARBLE0 アンテナはアンテナ、フロントエンドバックエンドともにあり合わせのパーツを組み合わせて製作した。VLBI バックエンドを用いて、衛星信号の記録と相関処理を行い 2 次元 FFT を施すと、34m の強度分布や鏡面のデコボコを把握することができた。

Acknowledgement

NICT 沖縄センターの雨谷純さんには技術的アドバイスをいただきました。また、野辺山宇宙電波観測所の御子柴廣さんと半田一幸さんには野辺山 45m のホログラフィ測定についてご教授いただきました。ここに感謝申し上げます。