

広帯域アンテナの開発

氏原秀樹、岳藤一宏、関戸衛(NICT時空標準研究室・鹿島)

0.はじめに

原子時計を遠隔地間で比較するには衛星双方向通信、光ファイバやVLBIなど種々の方法があり、それぞれでコストやメリットデメリットが異なる。VLBIでは衛星通信の回線使用量がかからず、ファイバで結べない遠距離でも相互比較可能であり、原理的には惑星間でも比較可能である。

それはさておき比較精度は感度に依存し、感度はアンテナ(実効)口径と受信帯域幅、積分時間、システム雑音に依存するので、精度向上のためにまずは帯域幅を広げようということでGala-Vプロジェクトは始まった。

1.鹿島34mアンテナ

2013年末にカセグレンアンテナでは世界初となる広帯域フィードを搭載し、6.5-15GHzにおいて開口能率30-50%で使用可能となった。続いて2015年夏にはNINJAフィードと名付けられた3.2-14.4GHzで受信可能な広帯域フィードを搭載したが、これに使用している市販の同軸導波管変換器(WRD350D36)の仕様により受信帯域は13GHz程度までである。この問題を解消し、かつ、直線2偏波受信とするためにOMTを開発し2016年春に搭載したが、将来的な低周波数側への拡張を目論んだ設計だったため2GHz帯のRFIを十分に抑圧しきれていなかった。2017年度は新たなNINJAフィードとともに改良型OMTの搭載を予定している。

2.MARBLE2号機(NICT小金井)

NICT小金井本部2号館屋上に設置されたMARBLEの改修を行った。旧光学系は1.5mのパラボラ直焦点であり、フィードには市販のQRFAを使用している。これを2.4mのカセグレン光学系に変更し、NINJAフィードを搭載して性能向上を図った。改良型OMTと同じ内径の導波管変換器を試作室で製作してWRD350同軸導波管変換器につけたところ雑音の低下が確認できた。この結果を踏まえて現在は試作室で製作した改良型OMTの試作機を装着している。

旧光学系に対して感度は4倍以上改善したが、そのうちの口径の拡大の寄与分が2倍、残りは大雑把に10GHz以下は主に前述の雑音低下、10GHz以上は主にフィードの能率向上と見られる。

3.MARBLE1号機(産総研つくば)

こちらは口径が1.6mであることを除いて基本的に小金井と同様の設計である。2017年3月に小金井と同様の改修を予定しており、結果は次号で報告したい…早く知りたい方は6月に鹿島で開催予定のTDCシンポジウムへお越しください。

4.まとめと今後

大きなトラブルもなく3局ともに広帯域化され、広帯域VLBI観測を開始できた。今後は2偏波化や受信機の冷却、フィードの開口能率の向上などの高感度化に向けて整備を行っていきたい。

受信帯域幅が広いと帯域内の様々なRFIによる混変調が雑音温度を押し上げているのではないかと懸念があり、低損失なフィルタが開発できれば検証したいと考えている。

アンテナの性能データは紙面の都合もあり割愛するが、少しずつ改善されているので最新の状況は直接、問い合わせて頂きたい。



改修後のMARBLE2号機（小金井） ↑



改修後のMARBLE1号機（つくば） →

小金井局ではミスミの40mm角アルミフレームで副鏡を釣っているが、つくば局ではCFRPパイプとし、次回の改修時に小金井も同様の構造になる。フィードが副鏡に近いので、シミュレーションや京大METLABでのシールドルームでの近傍界測定から得た遠方界パターンと実際の副鏡への照射パターンにはズレがあるが、これによる性能劣化を副鏡やフィードの距離を変えることで低減することを狙い最初の改修では調整代を大きく取れる構造としたためである。その反面CFRPパイプより重量が増しているが、交換により軽量化されたうちの数kgは副鏡とフィードの微調整機構に回される予定である。架台との結合部から上のアンテナの総重量は60kg程度であり、旧光学系から倍増している。平置きで運搬すると大きなトラックが必要になるので、右図のように斜め45度で固定できる台座を作り荷台に搭載した。エレベータを通れないので小金井、つくばともに屋上へは台座ごとクレーンで吊り上げている。

