

広帯域アンテナの開発 Development of Wideband Antennas

#氏原秀樹¹, 岳藤一宏¹, 関戸衛¹

1: 情報通信研究機構

Hideki Ujihara¹, Kazuhiro Takefuji¹, Mamoru Sekido¹

1: National Institute of Information and Communications Technology (NICT)

1.はじめに

情報通信研究機構(NICT)時空標準研究室ではVLBIによる遠隔地間の原子時計の比較(Time and Frequency Transfer: 以下はT&F実験と略)のため、Gala-Vと名付けた広帯域VLBIシステムを開発した[1]。これはVGOSと同様に、従来のS/X帯による測地VLBIに比べて受信周波数が大幅に広いフィードを使用して10倍以上に有効帯域幅を拡大することで連続波に対する感度を向上し、遅延決定精度の向上を狙ったものである。アンテナが受信可能な周波数はアンテナ周辺の無線周波数での干渉(RFI)状況を測定の上で3.2-14.4GHzとし、その中から記録データ量を削減しつつ有効帯域幅を確保するため1GHz幅で4chをサンプラで取得する構成である[2]。主局となる鹿島34mアンテナで集光力を稼ぎ、2.4mの小型可搬局MARBLE相互間での遅延決定を行う。これらのアンテナにはNINJAフィードと名付けられた広帯域フィードが搭載された[3]。このNINJAフィードは3.2-14.4GHzで直線2偏波の受信が可能でありVGOS局とのVLBI観測も可能であるが、VGOSで使われている広帯域フィードと異なりカセグレン光学系のような狭いビーム幅のフィードを要求する光学系にも適応可能である。すなわち新たにVGOSアンテナを建設することなく、従来の大型電波望遠鏡のフィードとアンプを変えるだけで広帯域化が可能であるのが利点である。この我々の広帯域アンテナシステムは日本という孤立した島国で独自の進化を遂げたという意味を込めて「ガラパゴスVLBI」、略してGala-Vと称している。

2.小型可搬局MARBLEおよび鹿島34mアンテナの改修

MARBLEは、かつて距離基準のために開発されたVLBIアンテナである[4]。当初の口径は1号機が1.6m、2号機が1.5mであり、パラボラの主焦点に市販のクワッドリッジタイプの広帯域フィードを搭載していた。しかし可搬性を重視して口径を絞り、加えてフィードのビーム幅が光学系と合わないため、新たに開発した周波数に対するビーム幅の変動が少ない広帯域フィードであるNINJAフィードへの交換と光学系を2.4mのカセグレンに変更し、感度向上とともに2機の仕様を同一化する改修を2015-2016年度にかけて行った。2号機はNICT小金井本部の2号館屋上に据え置かれているが、1号機は2017年度に産業総合研究所(NMIJ)つくばに移設してT&F実験や測地観測などを行い、現在は国際基線でのT&F実証実験のためにイタリアのメディシナ電波観測所に移設されている(関戸ほかの講演参照)。

鹿島34mアンテナについてはイグアナフィードと名付けたマルチモードホーンによる広帯域フィードを開発し、2013年末から6.5-15GHzで観測に使用している[5]が、2015年からはNINJAフィードを使用して3.2-14.4GHzに受信可能帯域を拡張した。鹿島34mアンテナはMARBLEより要求されるビーム幅が狭いが、MARBLE用のフィードの基本構造をもとに設計を変更して鹿島34mアンテナ用として使用している。

このフィードはレンズ付きホーンアンテナであるが、NINJAの名が示すようにパラボラの主焦点のようなビーム幅の広いフィードを要求する光学系にも調整可能である。しかし、VGOSやSKAなど既に十分に最適化が図られた広帯域フィードが示す70-80%近い開口能率には達しておらず現状では20-40%に過ぎないが、VLBI観測用としては十分に実用的である。

3.まとめと今後

これまで述べた広帯域アンテナの開発状況についての講演を行うが、可能であればイタリアとの国際実験の結果に連れてでも触れる予定である。アンテナの感度向上は観測可能な天体数の増加や積分時間の短縮をもたらすので、今後も継続して開口能率などの性能向上を図っていきたい。カセグレン光学系に適合する独自の広帯域フィードを世界に先駆けて開発し観測に使用しているが、現状では初段アンプは常温であり、受信機雑音温度は150-200K程度となっている。将来は冷却して受信機雑音を下げ、さらに感度を向上させたいと考えている。また、開発した広帯域フィードはVLBI観測の誤差要因となる大気中の水蒸気量の観測や気象予報など他分野への応用も検討中である(市川ほかの講演参照)。

4.参考文献

- [1] 関戸 衛ほか(2018): 広帯域VLBIシステムの開発と測地・周波数比較実験の報告,
測地学会誌, 第63巻, 3号(2018) , pp.157-169
- [2] 岳藤 一宏(2012): Gala-Vへの道, 2012年度VLBI懇談会シンポジウム
- [3] 氏原 秀樹(2015): 広帯域フィードの開発, 2015年度VLBI懇談会シンポジウム
- [4] 滝口 博士ほか(2009): 小型アンテナ同士の基線に於ける新しいVLBI基線測位法の検証
2009/5/20 日本地球惑星科学連合2009年大会 D107-005
- [5] Ujihara, H., (2017): Development of Wideband Feed for Kashima 34mAntenna,
Radio Sci., 52, doi: 10.1002/2016RS006071.