

村田 泰宏(JAXA)、藏原 昂平、中西 裕之(鹿児島大)、米倉 克英、領木 萌子、福岡 大誉、大西 徹、長谷川 豊(JAXA)、ほか、深宇宙探査用地上局プロジェクト(JAXA)

臼田64mアンテナには、現在探査機運用で使われているS/X帯共用送受信ポート（＃4鏡下フィード）と、主に電波天文目的で利用されている2つの受信専用ポートである、X帯受信ポート(＃6鏡下フィード)および、L/C帯受信ポート(＃7鏡フィード)が使用されている。探査機運用では運用が成立すればよく、きびしい性能要求がなかったためにそれほど精力的な計測は行われてこなかった。しかし、１）64mアンテナで現在使用されている電波天文で使われている受信系について現状の性能を把握し、どの部分を改良していくべきかの検討を行う。２）現在建設中の54mアンテナ（GREAT)のインテグレーション試験時に行われる測定を想定して、64mアンテナを使った測定のシミュレーションを行っておく。の2つの目的から、性能測定を行う必要があり、臼田64mのアンテナの性能測定を行っている。これらの測定結果は、現在64mアンテナの運用においても性能改善にフィードバックされることが期待される。測定した性能は、アンテナ利得、システム雑音温度、指向追尾精度である。さらに、電波天文系のシステムでは、ラスタースキャンによるビームパターンの計測も行った。測定した結果、暫定的な値が得られている。しかし、測定時間が十分とれていないため、測定の再現性（もしくは性能の時間変化）の確認はまだとれていない。運用系の指向精度については、再現性を見るために8月と11月に測定を行ったが、その間で結果が違っており、時間変化がある可能性が出てきている。今後時間をかけて、時間変動についても抑えていく必要がある。

臼田64m現状

- 「あかつき」、はやぶさ2
IKAROS, GEOTAILの追跡
- 観測可能帯域:C(4.7-5.0, 6.7 GHz),
L(1.4, 1.6 GHz帯 S(2.2), X(8.4))
- バックエンド
 - K5-VC+K5/VSSP 8ch (IP-VLBI, line観測)
 - VSOP-FC-K5/VSSP32
 - K5/VS1 + ADS3000+ (軌道決定、広帯域観測、測地)
- 現在の観測実績
 - JVN観測参加(重力波候補天体、FRB候補天体)
 - Radioastron
 - パルサー観測
 - 「あかつき」からの電波を利用した太陽系天体の大気の観測
 - 測地観測

測定方法の概要

基本的にアンテナから局舎まで送られてきた信号レベルを測定する。伝送された信号については、10分程度以上では利得は変動するが、線形性は保証されるとする。

Tsys測定: フィードの前に温度が測定された吸収体を置きそれを温度基準参照するのがベストであるが、それが可能なフィードは、＃6 フィードのみである。それ以外のフィードについては、近傍の山およびノイズソースを2次基準として放射率や、注入温度を推定して基準とする。また、SecZ法を使って、推定する。
指向精度、アンテナ効率: 位置、および強度のよくわかっている電波天体を使う。
ビームパターンなど: 強度が強く、構造の小さい電波天体を使い、ラスタスキャンでデータを取得する。

運用系#4鏡 ポートの指向精度測定

64mアンテナや現在建設中の54mアンテナは、アンテナの指向誤差に方位角（Az）、仰角（El）依存性があることを想定し、それをリアルタイムで補正する、器差補正パラメータを設定することができる。

指向誤差のAz、El依存性を確認するために、8/10-20にかけて、集中的にデータ取得を行った。その中から、

- 日射の影響によるアンテナのゆがみの影響を受けないと考えられる夜間のデータ
- 風の影響が少ないと想定できる最大瞬間風速が3m/s以下の環境で得られたデータ

の条件に合うデータを示したものが、これらのデータである。明らかに指向誤差にAz, El依存性があることがわかる。

なお、このデータから指向精度を評価すると、9.1 mdeg rms程度となる。

この時のデータを使って、最適な器差補正パラメータを設定した場合に得られる指向誤差については、右側（緑枠）のような分布になり、大きなAz, El依存性は消えており、ばらつきも1.3 mdeg rms程度に抑えられることもわかった。さらに再現性を見るため、求めなおしたパラメータを試験的に設定し、11月に指向補正の測定を行ったが、その結果の指向誤差の結果は、6.3 mdeg rms 程度のなり、現状のもよりは若干良いものの、あまり大きな改善が見られなかった。

ここで、可能性として考えられるのが、最適な器差補正パラメータについては、時間変化している可能性があり、もうすこし頻度を上げてその変動の理由を検討する必要があると考えている。

臼田64mのビーム伝送系

天文観測系ポートの測定結果

受信専用系の測定結果、状況

鹿児島大グループを中心に計測頻度を上げて測定できていないため、再現性の確認がまだ。未測定の部分もあり、今後時間が必要。指向精度の測定で時間変化も見えており、複数の測定が重要である。

| BAND | Frequency (GHz) | Tsys (K) | Antenna Efficiency(%) | Dual Pol. | Notes |
|--------|-----------------|----------|-----------------------|-----------|-------------------------|
| L(1.4) | 1.40 - 1.45 | ~96 | 32 | ○ | HI |
| L(1.6) | 1.60 - 1.75 | ~85 | 53 | ○ | OH |
| S(2.2) | 2.2 - 2.3 | ~75 | 測定予定 | × | |
| C(5) | 4.7 - 5.1 | ~70 | 測定予定 | ○ | OH, H ₂ CO |
| C(6.7) | 6.5 - 6.7 | ~80 | 測定予定 | × | CH ₃ OH, JVN |
| X(8.4) | 8.2-8.7 | ~30 | ~53 | ○ | JVN |

測定に使用した系 臼田64m block diagram(VLBI (Openloop)system)

ビームパターン測定の例（C-band）

ちなみにこれがその時に使った天体のAz, Elの分布である

まとめと今後

今回、2つの目的でアンテナの計測を行ってきた。64mアンテナは国内では最大の口径を持つアンテナである。しかし、システム雑音温度に関しては、X帯に関しては、もともと受信専用ポートをもっていたために、冷却受信機を製作したことによりトップレベルの性能のアンテナであると考えられる。しかし、ほかの帯域に関しては、特に給電部の冷却ができないため、世界トップレベルの数倍悪く、今後成果を上げて行くには能力不足であることが、わかった。しかし、国内に研究のアイデアを即座に実行に移すことができる観測装置を持っていることは、今後いかに早く研究を実現に移すことが研究の成否にかかるような観測では非常に重要である。今後、冷却、広帯域をキーワードとしてシステム雑音などの改善をおこなうことにより、より有るな観測装置になることが期待される。

一方、今まで64mに関して今まで性能に関する性能評価がほとんど行われていなかったために、今回確認された時間変化などの減少についてもまだ理解されておらず、また、現在建設している54mアンテナに関しても同様のことが発生する可能性が考えられる。今後は運用の空き時間の使用を積極的に進め、測定の信頼性や時間的変動に関するについてもできるだけ早く確認し、それを、再来年に迫っている54mのインテグレーション試験にも反映させていきたいと考えている。

This document is provided by JAXA