

太陽・惑星電波観測用広帯域フィードシステムの開発

#桑山 陽次¹⁾, 三澤 浩昭¹⁾, 土屋 史紀¹⁾, 北元²⁾, 氏原 秀樹³⁾

¹⁾ 東北大・理・惑星プラズマ大気研究センター, ²⁾ 東北工業大学, ³⁾ 立命館大学

Development of a wideband feed system for the solar and planetary radio telescope in Tohoku University

#Yoji Kuwayama¹⁾, Hiroaki Misawa¹⁾, Fuminori Tsuchiya¹⁾, Hajime Kita²⁾, Hideki Ujihara³⁾

¹⁾ Planetary Plasma and Atmospheric Research Center, Graduate School of Science, Tohoku University, ²⁾ Tohoku Institute of Technology, ³⁾ Ritsumeikan University

Planetary Plasma and Atmospheric Research Center, Tohoku University has been operating the Iitate Planetary Radio Telescope (IPRT) with a physical aperture area of over 1000m² since 2001, and is now developing a new feed system to achieve higher sensitivity in a wider bandwidth. The current IPRT has a narrow-band system centered on 325 MHz (& 650 MHz: under development) for high-sensitivity observations and a broadband system targeting the 100-500 MHz band for solar radio spectrum observations independently, but the latter has an aperture efficiency of 20% or higher and a practical bandwidth of 200 MHz. However, the latter system's practical bandwidth of more than 20% aperture efficiency is less than 200MHz, which is a weak point in terms of sensitivity for observing general astronomical objects and understanding characteristics of solar radio bursts appearing with a wide bandwidth. With the recent renewal and development of large radio instruments (e.g., μ GMRT and SKA), it has become important to improve the efficiency of broadband feeds in order to further promote low-frequency VLBI observations. Therefore we have started to develop a new feed system for the 100-700 MHz band, aiming at higher efficiency by integrating feeds for high-sensitivity and broadband observations.

We have been conducted the design study using the electromagnetic field analysis software FEKO for a self-complementary 4-arm sinuous antenna as a model case (c.f. de Villiers, 2017), which has been reported as a feed for the SKA-MID band-1. Our tentative target is 60% or more aperture efficiency in the 325 & 650 MHz band, and 40% or more in the 100-700 MHz band. Considering the rectangular parabola shape of the IPRT and the ease of fabrication, we adopted pyramidal sinuous antenna. A solution with an expected aperture efficiency of more than 50% has been found for all frequency bands. On the other hand, the compatibility of the impedance characteristics with the beam characteristics that match the rectangular parabola is a next issue to be improved.

Currently, we are working on characterization of the 1/4-scale model based on actual measurements and identification of issues for practical application aiming for realization in FY2025. In this presentation, we introduce details of the design of the wideband feed system and evaluation measurements using the 1/4-scale model.

東北大学惑星プラズマ・大気研究センターでは 2001 年より物理開口面積が 1000m² 強の飯館メートル波帯電波 望遠鏡 IPRT を運用してきたが、現在、より広帯域での高感度化に向けてフィードシステムの開発を進めている。現行の IPRT の受信系は、325MHz (& 650MHz: 開発中) 中心の狭帯域高感度観測用に加えて、100-500MHz 帯をターゲットとした広帯域太陽電波スペクトル観測システムを独立して備えているが、後者では開口効率が 20% 以上の実用的な帯域幅は 200MHz に届かず、一般天体の観測や太陽電波でも広帯域に出現するバーストの出現 特性把握には、感度面で弱点があった。また、近年の大型電波観測装置の更新 (μ GMRT 等) や開発 (SKA 等) により、今後一層の展開が期待される低周波数 VLBI 観測推進に向け、広帯域フィードの高効率化は重要になってきている。そこで、当グループでは、高感度観測用と広帯域観測用フィードを統合し高効率化を目指す、新たな 100-700MHz 帯用フィードシステムの開発に着手した。これまで、SKA-MIDband-1 用フィードとしても検討報告がある (c.f. de Villiers, 2017)、自己補対形の 4 アーム sinuous アンテナをモデルケースとして、電磁界解析ソフト FEKO を用いて設計検討を行ってきた (暫定目標: 325 & 650MHz 帯で 60% 以上、全周波数帯で 40% 以上)。IPRT の長方形パラボラ形状と製作の容易さを考慮し、角錐形状の sinuous アンテナで検討を進めた結果、全周波数帯で 50% 以上の開口能率が期待される解が見い出せている。一方で、長方形パラボラの長辺と短辺それぞれに適合するビーム特性の付与とインピーダンス特性の両立が改善すべき課題となっている。現在は、2025 年度での実用化を目指し、1/4 スケールモデルを用いた実測に基づく特性評価や実用化へ向けた課題の洗い出しを進めている。講演では、設計の詳細と 1/4 スケールモデルを用いた評価計測について紹介する。