

飯館惑星電波望遠鏡 (IPRT) 給電部の開発

Development of the beam forming feed for the parabolic reflector antennas at the Iitate Planetary Radio Telescope (IPRT)

工藤 理一[1], 三澤 浩昭[1], 土屋 史紀[1], 三好 由純[1], 渡辺 拓男[1], 森岡 昭[1], 近藤 哲朗[2], 藤野 義之[3]

Riichi Kudou[1], Hiroaki Misawa[2], Fuminori Tsuchiya[1], Yoshizumi Miyoshi[3], Takuo Watanabe[2], Akira Morioka[4], Tetsuro Kondo[5], Yoshiyuki Fujino[6]

[1] 東北大・理・惑星プラズマ大気, [2] 通総研鹿島, [3] 通信総研

[1] Planet. Plasma Atmos. Res. Cent., Tohoku Univ., [2] Planet. Plasma and Atmos. Res. Cent., Tohoku Univ., [3] Planet. Plasma and Atmos. Res. Cent., Tohoku Univ., [4] Planet. Plasma and Atmos. Res. Cent., Tohoku Univ., [5] KSRC, CRL, [6] CRL

[序] 飯館惑星電波望遠鏡 (IPRT) は、木星放射線帯電子が放射するシンクロトロン放射 (JSR) の観測を第一の目的として、福島県相馬郡飯館村に 2001 年に設置され、2002 年より受信機の開発及び設置を行ってきた。

JSR は木星内部磁気圏の相対論的電子に起因する電磁放射であり、その放射機構が明らかことからリモートセンシングの手段として用いられる。木星内部磁気圏、特に惑星半径の数倍までの領域は、木星の強い固有磁場に支配され、相対論的電子が安定に捕捉されている領域と考えられてきたが、近年の JSR の観測より、数日～数週間に渡る 10 数～数 10% の電波強度の短期変動が同定され、磁気圏現象との関連、特に内部磁気圏のダイナミクス、並びに惑星放射線帯の電子の加速・輸送の観点から注目されている。しかし、JSR を観測するためには大口径の電波望遠鏡が必要であり、一般に多目的で用いられる大型電波望遠鏡ではマシンタイムの制約を受けるため、連続観測は難しい。

IPRT では JSR を第一ターゲットとすることでマシンタイムを確保し、JSR のスペクトル及び偏波の連続観測を行うことで、これらの観測量に反映される高エネルギー電子の生成、輸送、並びに加速の情報を得、木星内部磁気圏のダイナミクスを調べる。

[開発事項] JSR の電波強度は 5Jy 程度と非常に微弱であり、木星自転に伴い約 0.5Jy の見かけの増減が見られる。短期変動を捉えるためにはこの自転による強度変動より小さい変動を検出できることが求められる。観測装置の最小検出感度は受信機雑音温度や有効開口面積等により決定されるが、本研究では有効開口面積を大きくすることにより、感度を上げることを考える。IPRT は物理開口面積 1023 平方メートルであり、同形の長方形のパラボラ面 2 式により構成されている。有効開口面積は物理開口面積に科せられるさまざまな効率の重畳の結果として求められ、この中で最も有効開口面積に影響し、開発要素として重要なものが照射効率である。パラボラ焦点において電波を受ける給電部は、クロスダイポール給電方式の場合、水平、垂直偏波で等しく高い照射効率を持つことを望まれる。本研究では IPRT に最適となる照射効率をもつ給電部 (@325MHz) の設計、製作を行った。

[開発結果] モーメント法によって解析した結果、八木アンテナで用いられる導波器と欧州非干渉散乱 (EISCAT) レーダー科学協会の Tromso 電波望遠鏡で用いられているビーム整形素子を組み合わせることにより、水平垂直偏波ともに約 70% の照射効率を達成できることが分かった。そこで、給電部の 1/7 縮小モデルを作成し、電波無反射室においてその指向性を解析することで、モーメント法によって導かれた指向性を持っていることが確かめられた。

このビーム整形素子を IPRT 給電部に設置し、較正電波星の観測を行った結果、実際に照射効率が 70% に達していることが分かった。これにより、IPRT は 0.035Jy の最小検出感度を持ち、JSR の短期変動を観測するのに十分な性能を持つことが示された。