

飯館観測所に新たに設置された大型電波望遠鏡を用いた木星シンクロトロン放射観測装置の開発

Development of observation system for Jovian synchrotron radiation; new radio telescope at the Iitate observatory

渡辺 拓男[1], 三澤 浩昭[1], 土屋 史紀[1], 三好 由純[1], 工藤 理一[1], 森岡 昭[1], 近藤 哲朗[2]
Takuo Watanabe[1], Hiroaki Misawa[1], Fuminori Tsuchiya[2], Yoshizumi Miyoshi[3], Riichi Kudou[2], Akira Morioka[4], Tetsuro Kondo[5]

[1] 東北大・理・惑星プラズマ大気, [2] 通総研鹿島

[1] Planet. Plasma and Atmos. Res. Cent., Tohoku Univ., [2] Planet. Plasma 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

2001年より、福島県相馬郡飯館村において建設が進められてきた惑星シンクロトロン電波望遠鏡は、31 m × 16.5 m の長方形のオフセットパラボラアンテナを2式並列させた形状をしており、フェーズドアレイ方式により、物理開口面積約 1000 平方メートルの単一アンテナとして機能する。この2式のアンテナは、単一の経緯台式架台に据え置かれており、高度 20 度以上の全方位に対して観測を行うことが可能である。パラボラ反射面は、20mm ピッチのステンレス製メッシュで構成されており、メートル~デシメートルの波長帯の電波に対して、偏波特性も含めた観測が可能となっている。

本アンテナの第一の観測対象は、木星シンクロトロン放射(以下 JSR)である。JSR は、木星放射線帯を構成する高エネルギー電子から放射されるデシメートル波帯域の電波である。JSR の強度は、デシメートル帯で 5 Jy 程度であり、木星の自転により、1 Jy 程度の見かけの強度変動をすることが知られている(ビーミングカーブ)。この見かけの強度変動を除いた、木星高エネルギー電子の時間変動に由来すると考えられる強度変動としては、太陽活動周期程度(約 11 年)及び、数日から数週間程度の時間スケールのものが確認されている。前者については、観測的、理論的に研究がなされ、理解が得られているのに対し、後者については、近年のイベント観測によりその存在が確認され始めた段階である。この短期の変動は、木星内部磁気圏における高エネルギー粒子のダイナミクスや、それにかかわる電磁擾乱の情報を持つ。本アンテナは、連続観測によって、この JSR の数日から数週間の時間変動をとらえることを主な目的としている。

本講演では、東北大学において開発、製作を行った、325MHz 帯の信号処理部について、特に、本アンテナの特徴である、

- 1) 非対称な感度特性をもつピックアップ部、
- 2) 低雑音増幅部、
- 3) 各焦点からの信号の合成、
- 4) 絶対強度の導出のための較正システム、

を中心に報告すると共に、初期観測の結果を示す。JSR 観測の物理的な意義については、本大会の土屋らの講演を参照されたい。

1) アンテナに入射した電波は、パラボラ面において反射され、現在は、焦点に置かれた平面リフレクタ付きの半波長ダイポールアンテナに収束され、電気信号に変換される。各焦点から見込んだパラボラ反射面が長方形なのに対し、ダイポールアンテナの感度は軸対称の 8 の字特性であることから、現在のアンテナの開口能率は 0.6 となっている。現在、反射素子を付加して、ダイポールアンテナの感度特性をパラボラ反射面に集中させる方法の開発を進め、さらに開口能率を上げることが図られている。

2) 開発、製作を行った低雑音増幅部の雑音特性は、雑音指数 1 dB(75 K)程度であり、この値及び、アンテナの開口能率(0.6)、積分時定数(10 秒)、観測帯域幅(10 MHz)から見積もられる最小検出感度(SN=1)は、0.08 Jy 程度となり、JSR の変動特性を検出するために十分な性能となっている。

3) 各焦点からの信号は、位相合わせの後に加算されることが必要となるが、この信号の位相合わせのための位相シフトは、本アンテナにおいては、各ミキサーに伝送するローカル信号の位相をシフトすることによって実現される。この位相のシフトは、Digital Dynamic Synthesizer(DDS)を用いることにより、デジタル的に信号遅延時間も制御され、数百 MHz 帯においては、2°程度の位相分解能となる。さらに、光路差以外の、電子回路中で発生する位相差を測定する目的で、フロントエンドの先頭から較正信号を入力することができるよう設計されている。こ

の較正信号を入力するための経路は、ループ状になっており、較正信号を入力するための経路で生じた位相差および信号強度を検出できる構造になっている（ループ法）。

4) フロントエンド部は、リレーによる切り替えによって、Hot load, Cold load の入力が可能となるよう製作されており、これらの測定結果と較正電波源の観測結果を合わせることにより、観測した電波源の絶対強度の導出を行うことができる(Y-factor 法)。また、環境温度の変化による増幅器のゲインの変動を抑える目的で、フロントエンド全体は、恒温槽の中に収納され、 ± 0.5 の範囲に温度制御される。これにより、較正時と観測時を同じ状態に保つことが可能となり、絶対強度の測定誤差を小さくすることができる。

講演においては、アンテナの総合特性を評価する目的で、ポインティング精度、有効開口面積、ビームパタンの測定などについて結果を報告すると共に、スタートした木星シンクロトロン放射の強度変動観測について、初期観測の結果について報告する。