

327MHz 帯木星シンクロトロン放射観測システムの開発

Development of observational system for Jovian synchrotron radiation at 327MHz

渡辺 拓男 [1], 森岡 昭 [1], 三澤 浩昭 [1], 土屋 史紀 [1], 三好 由純 [1], 福田 陽介 [1], 阿部 利弘 [1]

Takuo Watanabe [1], Akira Morioka [2], Hiroaki Misawa [1], Fuminori Tsuchiya [3], Yoshizumi Miyoshi [4], Yosuke Fukuda [1], Toshihiro Abe [1]

[1] 東北大・理・惑星プラズマ大気

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

木星シンクロトロン放射の短期時間変動を明らかにする目的で観測システムの開発を行った。9基のアンテナからの信号を同位相で加算することにより、有効開口面積 380m^2 のアンテナシステムを製作した。受信機は、常温にて最も低雑音であるガリウムヒ素電界効果トランジスタを用い受信機雑音温度 77K を達成した。これらにより、最小検出感度は 0.13Jy と見積もられた。試験観測の結果開発されたシステムの基本的な性能が確認されたが、有効開口面積は設計値の $3/4$ であり改善の余地があることが示された。さらに、絶対強度の導出時の誤差の原因について検討し、最適な観測手法が確立された。

木星シンクロトロン放射は、木星放射線帯の相対論的電子をその放射源とし、シンクロトロン放射過程によって放出される電波である。このシンクロトロン放射は、その放射機構が明らかでないことから、放射電波の変動観測により、木星放射線帯のリモートセンシングの手段として用いることができる。現在までの約30年にわたる観測の結果、太陽活動が原因である11年の周期をもった時間変動の存在が明らかになっており、さらにこの時間変動は、シミュレーションによっても確認されている。しかし、時間スケール数日から数週間の時間変動は、未解明の放射線帯粒子の加速、輸送、散逸過程を明らかにする重要な鍵であるにもかかわらず、未だに明らかにされていない。これは、大型電波望遠鏡のマシントimeを取得することが困難であることに起因している。そこで我々は、木星シンクロトロン放射の連続観測を可能とする専用の観測システムの開発を、宮城県蔵王町の本センター蔵王観測所にて行った。

開発にあたっては、過去の観測結果をふまえ、木星シンクロトロン放射の 0.1Jy の変動を検出可能とする観測システムが設計された。その結果、9基のアンテナを用い、それらからの信号を同位相・低雑音で加算するという方法が採られ、このコンセプトの下で観測機器の製作が行われた。まず、アンテナシステムは、有効開口面積 42.3 平方メートルの27素子 4×2 スタッククロス八木アンテナをその構成単位とし、これら9基をY字型に配置した。次に受信機は、各アンテナからの信号を同位相で加算するための移相器をそれぞれに備え、また、前置増幅器には常温において最も低雑音であるガリウムヒ素電界効果トランジスタを用い、受信機雑音温度 77K を達成した。この受信機雑音温度と9基のアンテナ合計の有効開口面積(380 平方メートル)から見積もられた最小検出感度は、 0.13Jy であった。また、システム自身が較正システムを備え、位相、利得が測定できるものとした。

開発された観測システムの性能を確認するために、アンテナ1基を用いて、試験観測を行った。試験観測では、観測帯域周辺のスペクトルの測定及び電波星(太陽及びCygnus-A)からの電波の受信が行われた。その結果、観測帯域外の放送波の混入により受信機がサチュレーションを起こし、高調波が生じることが明らかとなった。このため、受信機前段にハイパスフィルターの挿入が必要である。また、ビーム幅に関しては、ほぼ設計通りの性能を達成していることを確認したが、有効開口面積は設計値の約 $3/4$ であった。

さらに、この観測システムに対して、信号合成時のビーム幅、絶対強度の導出方法、受信機の温度特性、ポインティングエラー、電離層の影響について考慮した結果、この観測システムに最適な観測シーケンスが確立された。