

修士論文要旨

327MHz 帯木星シンクロトロン放射の長期および短期変動に関する研究

野村 詩穂

(指導教員：三澤 浩昭 助教授)

平成 16 年

木星シンクロトロン放射(JSR)は、放射線帯中の相対論的電子から発生する数 10MHz から数 GHz の電波であり、直接観測が困難な放射線帯のダイナミクスを探る重要なプローブである。JSR の存在が同定されて以来 30 年以上にわたり、JSR は 10 年以上のタイムスケールで高々 30% 程度の強度変動を示す穏やかな電波であると見なされてきた。しかし、1994 年の Shoemaker-Levy 9 彗星の木星衝突を機に精力的に行われた JSR の定常観測により、数日から数週のタイムスケールを持つ短期の変動の存在が確認され、その結果、現在の JSR に関する重要な課題は、その時間変動特性の定量的な導出と変動の物理過程の理解となっている。この目的のもと、世界的には複数の研究グループにより、主に 10MeV 以上の高エネルギー電子の情報を持つ GHz 帯での JSR のパトロール観測が継続されている。しかし、粒子フラックスが大きい、より低いエネルギーの電子の情報を持つ GHz 以下の周波数での定常観測は今まで行われていなかった。

本研究は、こうした背景を受け、低いエネルギーの電子による JSR の時間変動特性の解明とそれに基づく放射線帯粒子ダイナミクスの解明を目的として行われた。本研究では、東北大学のグループにより名古屋大学太陽地球環境研究所(STE 研)の 327MHz 電波望遠鏡を用いて 1994 ~ 2003 年の約 10 年間に取得された JSR の観測データの解析法を確立し、データ解析により JSR 強度の長期及び短期変動特性を導いた。

327MHz 帯において JSR 強度は銀河背景放射の強度に比べ遙かに微弱である。327MHz 帯で見える銀河は複雑なパターンを示すが、木星は公転運動により銀河に対し日々その位置を変えるため、JSR 強度の導出では如何に銀河背景放射パターンを精度良く導出し差し引くかが重要になる。この点で、STE 研の電波望遠鏡のみによる観測では弱点があった。即ち、観測システム全体が温度が恒常的に保たれない屋内外に設置されているため、システムの利得等が環境温度に依存して変化し見掛けの強度変動が生じてしまい、銀河背景放射強度を定量的に求めることが出来ないのである。この問題に対し、本研究では、2000 年度に設置された東北大学飯館惑星電波望遠鏡(IPRT)を援用し、銀河背景放射強度を定量評価する方法を開発した。IPRT は受信機全体が恒温に保たれ、更に観測システムの利得と受信機雑音温度の変動を評価可能な機能を持つため、銀河背景放射強度を正確に導出可能で

ある。STE 研電波望遠鏡と IPRT はアンテナビーム幅が異なるが、ビーム幅の補正を行った上で両者で観測した銀河背景放射強度が等しくなることを利用し STE 研で観測したデータの利得補正を行い、最終的に JSR 強度の導出に成功した。

本研究ではこの解析法に基づき、1994 年から 2003 年まで 1 年あたり約 1 ヶ月内外の JSR 強度を導いた。JSR の観測が 1 日 1 回に限られることや観測システムに存在した機器温度の不確かさにより、個々のデータの誤差は JSR 強度に比べ大きいものの、解析結果からは誤差を十分上回る有意な JSR 強度変動を確認した。このデータに基づく 327MHz での JSR 強度の時間変動に関する特性解析および考察の結果は以下の通りである。

- 1 年以上の時間スケールの長期変動については、観測が行われた約 10 年の結果からは有意な周期性は確認されなかったが 1998 年頃を極小とする緩やかな増減が確認された。数週程度までの時間スケールの短期変動に関しては、数日以上スケールでの緩やかな増減が確認されたが、増加の時間スケール 5~8 日に対し減少のそれが 5~13 日と後者がやや大きい傾向を示した。これはなんらかの原因によって起きた急な JSR の増加の影響が、増加期間よりも長く続く可能性があることを示唆している。変動幅については、特に短期変動で数日の間に 100%以上の強度変動が存在する等、327MHz 帯においては従来、より高周波数で観測された変動に関し明らかに大きい変動幅を示した。このことは低エネルギーの放射線帯粒子は、高エネルギーの粒子比べよりダイナミックに変動する可能性を示す。しかし、本研究の観測量には系統誤差が大きいいため、変動量の定量化を進めるには観測システムの環境温度不確定性を減らす等の観測手法の改良が今後の課題となる。
- JSR 強度の長期変動と太陽および太陽風の物理諸量の相関を調べた結果、1990 年代のデータから良い相関を示すとされた太陽風の物理量とは、今回の解析期間ではタイムラグ 2 年程度では殆ど相関が見られないことが示された。一方、相関が低いとされてきた太陽 F10.7 値とはデータ誤差範囲で相関を示す結果が得られた。これらの結果は、同時期に NASA やパリ天文台のグループで行われた 1.666GHz 以上の JSR 強度観測でも確認された。このことは、JSR 強度の長期変動の物理過程として従来より提唱されてきた、太陽風変動の影響が古典的な動径拡散により放射線帯に及ぶとする解釈は、1990 年代中期以降の木星放射線帯粒子の起源として適当ではなく、太陽活動の影響等、別の過程を新たに検討しなければならないことを示唆する。
- JSR 強度の短期変動について太陽 F10.7 値との相関を調べた結果、太陽活動極大期付近をのぞいて両者に有意な相関は見られなかった。このことは、従来、短期変動の要因の一つとして提唱されてきた太陽 UV/EUV フラックスの変動に起因する放射線帯粒子の内部加速は、短期変動を引き起こす卓越した物理過程ではないことを示唆する。短期変動を引き起こす候補として、放射線帯でのプラズマ波動と粒子の相互作用によるピッチ角散乱等が挙げられるが、その検証は電波干渉計による電波源のマッピングや木星自転周期時間程度の連続観測による JSR 強度の導出などにより、将来確認してゆく必要がある。