

シンクロトロン放射の観測による木星内部磁気圏の探査 - スペクトル観測によるアプローチ -

三澤浩昭、土屋史紀、森岡 昭、三好由純、渡邊拓男、野村詩穂(東北大理)
近藤哲朗(通総研鹿島)

【序】木星放射線帯からは、その強力な磁場の存在のもと、相対論的エネルギー電子によるシンクロトロン放射 (JSR) が生成されており、この JSR は放射線帯の特徴を探る好適なプローブとなっている。1950 年代にその存在が知られて以来、久しく JSR は安定した強度を示す電磁放射と見なされてきた。しかし、近年、JSR には数日～数ヶ月で 10%以上強度が変動する現象の存在が、JPL、パリ観測所、そして当研究グループにより相次いで確認された[1,2,3,4]。これは、地球でも近年(再)注目されるようになった、惑星内部放射線帯域における短期のグローバルな変動の存在を示すものとして、惑星内部磁気圏ダイナミクスの観点から重要な意義を持つ。

【JSR スペクトル観測】当研究グループでは 327MHz 或いは 2.3GHz での JSR 観測を 1994 年より断続的に実施してきたが、2001 年度からは JSR のスペクトル変動を連続的に捉えるべく、東北大学や名古屋大学 STE 研(325-327MHz)、欧州非干渉散乱レーダー科学協会:EISCAT(930MHz)、通信総合研究所(2.29GHz)の観測施設を用いた共同観測の立ち上げを進めてきた。JSR のスペクトルは、各周波数に対応するエネルギーを持つ相対論的電子の情報を持つとともに(図 1)、その変動は放射線帯電子のピッチ角変動 and/or 動径拡散変動の指標となるため、放射線帯ダイナミクスを探る上で重要な情報となる。また、従来、スペクトル観測は 1.4GHz 以上の周波数帯について実施された例はあるが、それ以下の周波数においてダイナミクス探査の目的で系統的に実施された例はないため、当研究グループによる観測は、特に低エネルギーの相対論的電子のダイナミクスについて新たな知見を与えるものと期待される。

【準備状況・初期観測結果】現在まで、325MHz 帯では、東北大学の惑星電波観測システム(図 2(a))の立ち上げ[5]と並行し、名古屋大学の観測システムを用いた年あたり一ヶ月以上のモニター観測の実施、2.29GHz 帯では one-shot 観測を複数回実施し、それぞれの周波数での JSR 観測法およびデータ・リダクション法を確立するとともに短期変動を検出してきた[3,4]。一方、従来その周波数帯では殆ど JSR の観測実績がなく、特性も十分には知られていない 930MHz においては、EISCAT の UHF レーダーシステム(図 2(b))を用いた JSR の調査観測を 2001 年 10 月に実施し、このシステムで JSR 観測が十分可能であることを確認するとともに[6]、2002 年 11 月には調査結果に基づく観測計画の元に、約 10 日間の JSR 連続観測を実施した。図 3(a)に連続観測によって得られた JSR 強度の時系列データを示すが、観測期間で緩やかな減少傾向にあり、9 日間で約 10%の強度変化を示していた。更に図 3(b)には、木星電波観測と同時期の波長 10.7cm の太陽電波フラックス(F10.7)を示すが、F10.7 も緩やかな減少を示していた(図 3(b)では、地球と木星の太陽経度の違いを考慮し、木星方向の値となるよう時間方向に F10.7 をシフトして表示してある)。F10.7 は太陽 UV/EUV と高い相関を持つことが知られているが、1970 年代前半に Brice and McDonough により、太陽 UV/EUV と JSR 強度の間の相関関係が予測されていた[7]。即ち、Brice and McDonough は、太陽 UV/EUV の強度変化が木星超高層の加熱過程に変化を与え、

結果として引き起こされた中性風の変化による電離層ダイナモ電場の変動が内部磁気圏の粒子拡散に影響を与え、放射線帯粒子の変動～JSRの変動が生じる可能性があることを予言した。今回得られた930MHzの強度変動の結果はJSRとF10.7との相関可能性を支持するものであり、JSR短期変動の起源の有力な候補の一つとして注目される。

【今後の展開】当研究グループでは、短期変動の起源を更に探るべくJSRのスペクトル観測を今年10月に計画している。周波数は325、930MHz、2.3GHzの三つの周波数、期間は2週間以上である。木星の赤緯は今後更に南に変化してゆくため、高緯度帯にあるEISCATでのJSR観測の好機は今年迄となり、今後約8年は観測に適さない。このため、1GHz付近でのJSR観測を目指して、当研究グループではこの周波数帯の観測システムの立ち上げを計画している。内容は、325MHzの単一観測周波数を持つ東北大学の現行システムに、より高周波数の観測システムを同架し、両周波数での定常観測を目指すものである。現在、人工雑音の少ない観測に適した周波数のサーベイと機器開発を進めようとしている。

【参考資料】

- [1] Klein, M. J., et al., in Planetary Radio Emissions IV, pp217, 1997.
- [2] Galopeau, P. H. M., et al., in Planetary Radio Emissions IV, pp225, 1997.
- [3] Miyoshi, Y., et al., Geophys. Res. Lett., 26, 9, 1999.
- [4] Misawa, H., and A. Morioka, Adv. Space Res., 26(10), 1537, 2000.
- [5] Tsuchiya, F., et al., Proc. 35th ISAS Lunar Planet. Symp., 211, 2002.
- [6] Misawa, H., et al., Proc. 35th ISAS Lunar Planet. Symp., 207, 2002.
- [7] Brice, N., and T. R. McDonough, Icarus, 18, 206, 1973.

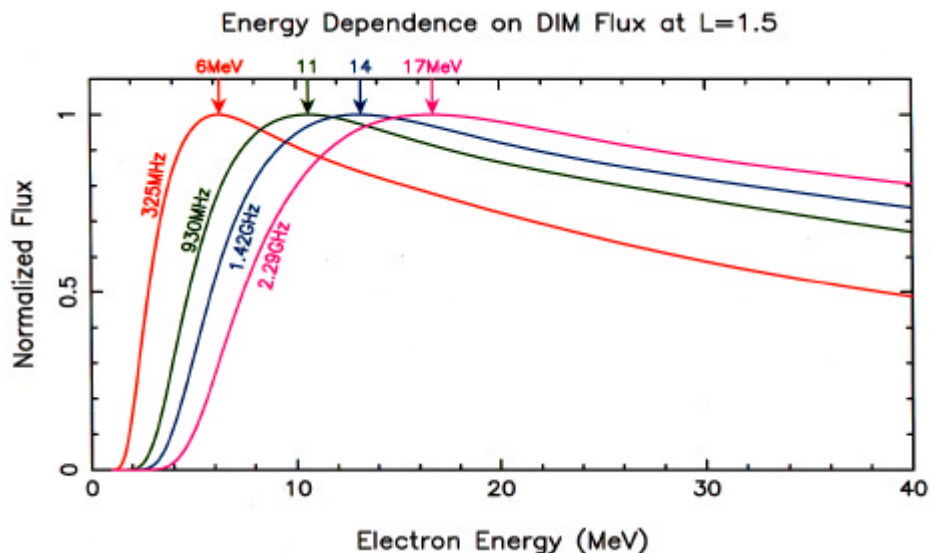


図1. 観測周波数とJSR放射に寄与する相対論的電子のエネルギーの関係。JSRの放射域を、粒子フラックスが最も多い、L=1.5の磁気赤道上として算出した結果。JSRスペクトル観測を予定する325MHz、930MHz、2.3GHzと、参考として、従来JSR観測がよく実施されてきた1.42GHzに対する結果を示す。

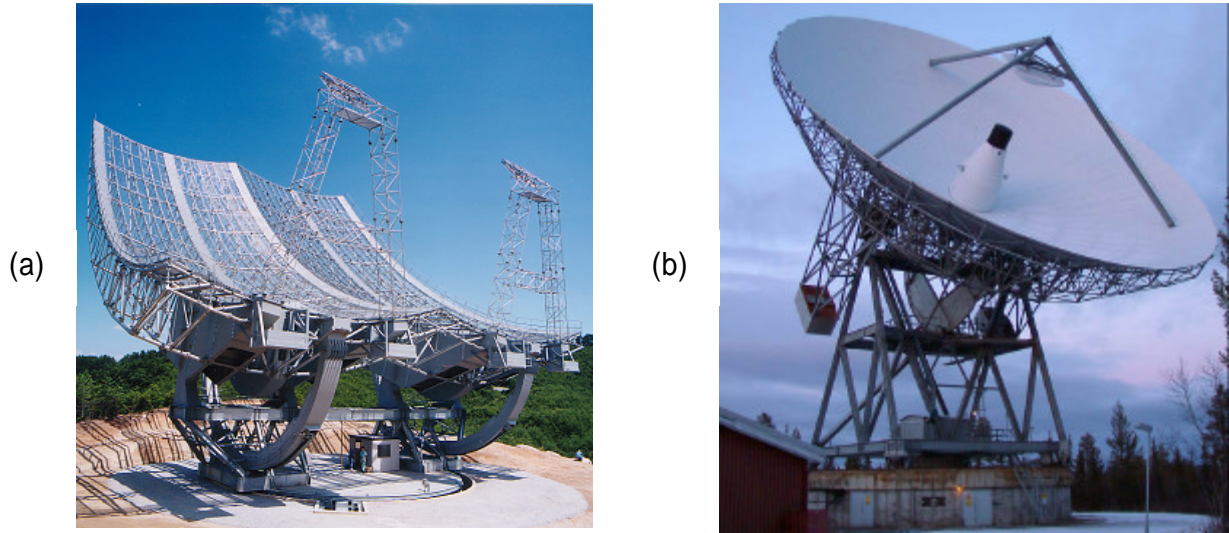


図 2. スペクトル観測に使用するアンテナ。(a) : 東北大学飯館観測所の開口面積 1000 平米の経緯台式方形オフセットパラボラ。観測周波数 325MHz。(b) : EISCAT キルナ観測所の 32m 経緯台式パラボラ。観測周波数 930MHz。

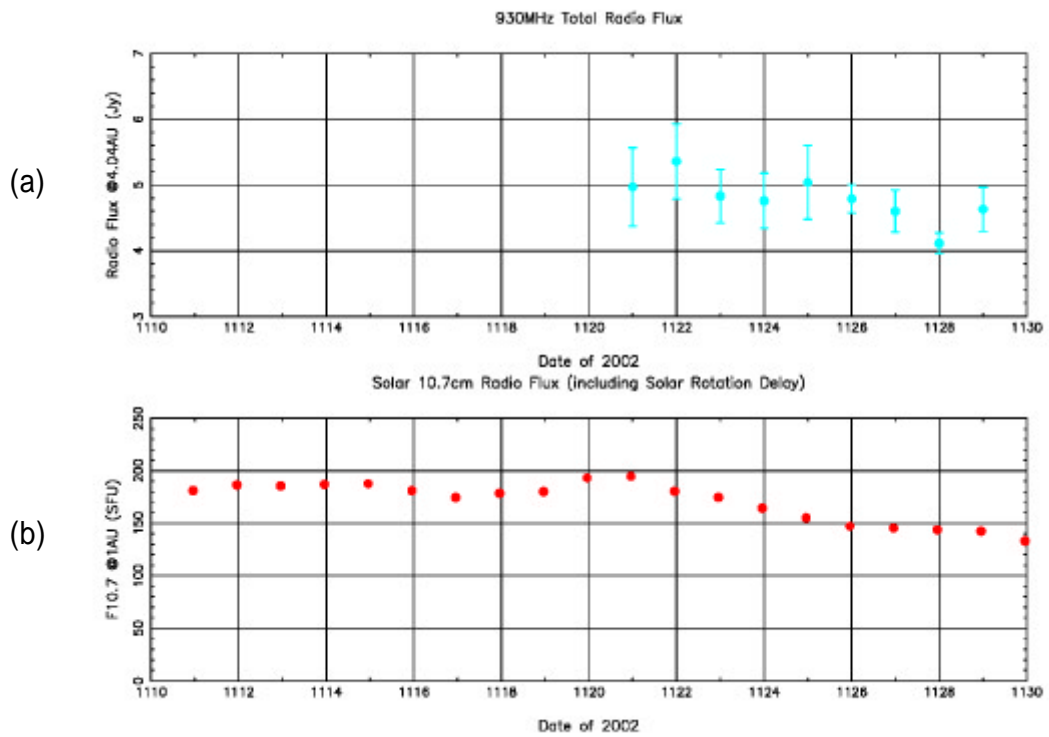


図 3. 2002 年 11 月 21 ~ 29 日に実施した 930MHz での JSR 連続観測の結果。(a) : 距離 4.04AU での値に規格化した JSR total radio flux。(b) : 同時期の太陽 F10.7。地球と木星の太陽経度の違いを考慮し、木星方向の値となるよう時間方向にシフトして表示してある。