

修士論文要旨

木星シンクロトロン放射短期時間変動の研究

(Study on short-term variation of synchrotron radiation
from Jupiter)

三好 由純

指導教官 森岡 昭 教授

平成 9年度

Jovian decimetric radiation (DM) is generated mainly by synchrotron radiation from relativistic electrons in inner Jovian radiation belt. The time variation of DM is expected to have the information on the poorly known generation and dissipation processes of relativistic electrons in inner Jovian radiation belt. Although the discovery of DM was in the late of 1950's, there are few radio observations which have the information on the dynamics of the inner Jovian radiation belt. In particular, the existence of short-term (days~ week) variation of DM flux has been never confirmed, because the past DM observations related to short-term variation had the problems about the instrumental error or the confusion with background radio sources.

The purpose of this thesis is to examine the existence of the short-term variation of DM and derive the dynamics of relativistic electrons in inner Jovian magnetosphere. To detect the DM short-term variation, the precision technique was developed in this study. The radio flux measurements were made at a frequency of 2290 MHz with the 34m radio telescope of KSRC, CRL from November 12, 1996 to November 24, 1996,

and the 64 m radio telescope of UDSC, SAS once a few weeks from May, 1996 to November, 1996. On the other hand, two numerical simulation models, that is, the Jovian synchrotron radiation model in the dipole magnetic field and the one-dimensional axis radial diffusion, were also developed to compare with the observed data.

The results obtained from this study are summarized as follows:

1. In the observation, the error estimations were performed. In particular, the terrestrial atmospheric extinction effect which has been thought to be negligible at this frequency was corrected. Moreover, the background confusion which was the serious problem of the past DM observations were evaluated for the KSRC observation. From the error estimation, it is concluded that the overall accuracy in the KSRC observation was enough to discuss the observed flux variation.
As a result, more than 10% flux enhancement with a duration of a few days was confirmed on the KSRC observation. The data also showed the changes of the magnetic latitude beaming curves during the total flux enhancement. These results showed that the relativistic electrons in inner Jovian magnetosphere which has been thought to be stable had a short-term fluctuation.
2. From the simulation using the Jovian synchrotron radiation model, it was shown that the magnetic latitude beaming curve and the total flux were changed due to the variation of the relativistic electron's pitch angle distribution. On the other hand, from the simulation using the radial diffusion model, the electron radial distribution in inner Jovian radiation belt was reproduced. It was also shown that the DM short-term variation could not be explained by the radial diffusing electrons injected at outer magnetosphere. These results were roughly consistent with the previous works.
3. From the comparison of the KSRC radio data with the model simulation, it was shown that the relativistic electrons were concentrated near magnetic equator during the total flux enhancement. As a result of the comparison of the observed DM data with the F10.7 flux variation, it was shown that the DM short-term variation was related to the intensification of F10.7 flux.

From these results, it was suggested that the observed DM variation were caused by the enhanced radial diffusion due to solar UV/EUV heating process on Jupiter's

upper atmosphere. The radial diffusion model simulation with the scenario of the enhanced radial diffusion reproduced the observed DM flux enhancement.

木星は、強い固有磁場をもち高速で自転する太陽系最大の惑星である。木星は、また、様々な波長の電磁波を放射する電波源であるが、そのなかでデシメートル帯 (DM) の非熱的電波は木星放射線帯中の相対論的電子からのシンクロトロン放射であることが知られている。木星シンクロトロン放射が同定されて以来 40 年近くの間、様々な観測が行われ、数多くの特性が明らかにされてきた。DM に数日から数週間程度の時間スケールでの変動が存在するか否かについては、しかし、観測技術の困難さ ならびに大型電波望遠鏡のマシントimeの問題などから 今日でもまだ同定されていない。この時間スケールでの DM の変化は、いまだ明らかになっていない木星内部放射線帯での高エネルギー電子のダイナミクスに関して重要な情報をもたらすことが期待される。

本研究は、大型電波望遠鏡を用いた観測から DM の短期変動を捉えることを目的として進められた。DM の観測は、通信総合研究所鹿島宇宙通信センター (KSRC, CRL) の 34 m パラボラアンテナを用いて 1996 年 11 月 12 日から 24 日にかけて、ならびに宇宙科学研究所臼田宇宙空間観測所 (UDSC, SAS) の 64 m パラボラアンテナを用いて 1996 年 5 月から 11 月の間、約 2 週間の間隔で行われた。さらに、木星シンクロトロン放射ならびに放射線帯電子の位相空間での移送に関する数値計算コードを開発し、観測との比較を通じて、DM の変動の背景にある高エネルギー電子のダイナミクスに関して検討を行った。

本研究から得られた結果は、以下のとおりである。

1. 観測結果について、考えられる誤差の検討を行った。特に、従来この周波数帯ではほとんど議論されていなかった地球大気による電波強度の減衰効果について補正を行った。さらに、過去の DM 観測において問題とされていた背景銀河からの電波放射に関する評価も行った。この結果、KSRC の観測において、数日間で 10% を超える強度変化が確認された。さらに、強度増加中に DM の磁気緯度放射特性が変化する様相が捉えられた。
2. 木星シンクロトロン放射の数値計算から、放射線帯電子のピッチ角分布が DM の全強度ならびに磁気緯度放射特性に影響を及ぼすことが明らかになった。さらに、放射線帯電子の移送に関する数値計算から、DM の短期時間変動は 外部磁気圏での電子の注入、拡散過程では説明できないことが明らかにされ、DM の放射領域での変動が必要であることが示唆された。これらの計算結果は、過去の研究結果とおおよそ一致した。

3. 観測結果と数値計算との比較から、DMの強度増加中に放射線帯電子が磁気赤道面に集まるような傾向を示していたことが明らかになった。また、観測された強度変化と波長 10.7 cmの太陽電波 (F10.7)との比較から、DMの強度が増加中に木星を照射していた F10.7のフラックスが通常よりも増大していた可能性が示された。これらの結果は、観測された DMの強度増加が、太陽紫外線の増大によって生じた木星超高層大気の加熱が引き起こす enhanced radial diffusion に起因している可能性を強く示唆した。このことを踏まえ、enhanced radial diffusion の仮定のもとで放射線帯電子の移送に関して数値計算を行った結果、観測された DMの強度増加が再現された。

本研究により、これまで同定されていなかった DMの短期時間変動の存在が確認された。さらに、磁気緯度放射特性も、短期間でその様相を変えることが見出された。これらの結果は、従来きわめて安定な存在と考えられていた木星内部放射線帯の粒子の分布に、短い時間スケールの時間変動が存在することを示唆している。