

カッシーニ探査機のRPWSデータ解析による木星デカメートル波放射ビームモデル

今井 雅文 [1]; 今井 一雅 [2]; Higgins Charles A.[3]; Thieman James R.[4]

[1] 高知高専・専攻科; [2] 高知高専・電気工学科; [3] Middle Tennessee State Univ.; [4] NASA GSFC

Angular Beaming Model of Jupiter's Decametric Radio Emissions based on Cassini RPWS Data Analysis

Masafumi Imai[1]; Kazumasa Imai[2]; Charles A. Higgins[3]; James R. Thieman[4]

[1] Advanced Course Kochi National College of Technology; [2] Department of Electrical Engineering, Kochi National College of Technology; [3] Middle Tennessee State Univ.; [4] NASA GSFC

Observations of the low frequency part of Jupiter decameter wavelength emissions (DAM) were made using the Cassini radio and plasma wave science (RPWS) instrument. We have analyzed non-Io-DAM occurrence dependence from 4 MHz to 16 MHz based on the System III central meridian longitude (CML) of the Cassini spacecraft and calculated the occurrence probability for each frequency. As a result of this analysis, the two peaks of non-Io-B and non-Io-A occurrence probability showed a dramatic change in longitude between 9 MHz and 16 MHz. At 16 MHz two peaks of probability occur at 160 ° and 240 ° CML. As the frequency decreases to 9 MHz, the two peaks converged to become one peak near 205 ° CML at 9 MHz. This peak gradually disappeared below 9 MHz. Based on Jupiter's magnetic VIP4 model, an angular beaming model was made to explain these observational results by taking into account the decreasing cone half-angle of the emitting cone from 16 MHz down to 9 MHz. We found the active magnetic flux tubes of non-Io-B and non-Io-A sources are localized at about 180 ± 10 ° of System III longitude projected on Jupiter's surface.

木星デカメートル波は数 MHz から 40MHz の周波数における電波放射であり、木星の衛星イオの位置に大きく影響している [Bigg, 1964]。衛星イオの影響を解析する方法は、木星磁場経度 (System III) 対観測者から見た木星と衛星イオとの角度であるイオ位相角で表す木星電波発生頻度マップを用いることである。今までの観測・研究から、20MHz の木星電波発生頻度マップでは、木星電波の発生頻度が高い3箇所の電波源 A、B、C に分けられ、それらの電波源は楕円偏波または円偏波をしていることが分かっている。また、電波源 A と B で放射される木星デカメートル波は右旋円偏波であり、電波源 C で放射される木星デカメートル波は左旋円偏波をしている [Carr et al., 1983]。これらの電波はサイクロトロンメーザ理論をベースに R-X モードで放射されていると考えられているため、電波源 A と B は北半球から、電波源 C は南半球から、それぞれ放射されていると考えられている。本研究の目的は、電波源 A と B の衛星イオに関係しない電波成分 (non-Io-A、non-Io-B) について、惑星探査機カッシーニの直接観測で得られた 4MHz から 16MHz の波動データを統計的に解析し、木星デカメートル波放射ビーム構造を解明することだけでなく、それらの電波源の位置を特定することである。

本研究では、惑星探査機カッシーニが土星へ向かう途中に木星に接近した 2000 年 10 月 2 日から 2001 年 3 月 21 日までに観測された RPWS(Radio and Plasma Wave Science) のデータを解析した。この解析期間に、惑星探査機カッシーニは 1172R_J から 136R_J の間を航行していた。観測データは NASA の Planetary Data System(PDS) のデータを用い、衛星イオに関係しない電波 (non-Io-DAM) の周波数依存性を調べるため、4MHz から 16MHz の周波数別に木星電波発生頻度マップを作成し、木星電波の放射特性についてデータ解析を行った。その結果、non-Io-B と non-Io-A の木星電波発生頻度が 16MHz の周波数の時、System III の CML(Central Meridian Longitude) 160 ° と 240 ° 付近に 2 つのピークが出現し、9MHz の周波数に近づくにつれ、それらの 2 つのピークが CML 205 ° 付近で 1 つのピークとなり、9MHz より低い周波数では木星電波発生頻度が急激に低下し、V 字型特性を示すことが分かった。

この V 字型特性を説明する木星電波放射ビームについて、シミュレーションを行った。このシミュレーションの条件としては、木星磁場モデルである VIP4 モデル [Connerney et al., 1998] を参照し、観測者 (惑星探査機カッシーニ) を木星からの距離=100R_J 及び緯度=0 ° に固定した。フリーパラメータとしては、磁力線方向に対して、放射されるビームのコーンの半値角 (cone half-angle) と電波放射源が存在する磁力線経度 (active magnetic flux tube) とした。この条件の下、active magnetic flux tube の L-shell を、Io Plasma Torus の中心となる (1)L-shell=5.9 の場合 [Imai et al., 2002] と L-shell の依存性を調べるため、(2)L-shell=10 の場合をそれぞれ計算した。

シミュレーション結果から (1) と (2) 共に、198 ° 付近の active magnetic flux tube に電波源が存在することが明らかとなった。そして、(1) の場合、電波放射ビームの cone half-angle が 55 ° (16MHz) から 37 ° (9MHz) に急激に減少し、(2) の場合、cone half-angle が 61 ° (16MHz) から 44 ° (9MHz) に急激に減少することが分かった。そのため、16MHz から 9MHz にかけて、木星電波放射ビームの cone half-angle が急激に減少するモデルを提案した。このモデルを用いて、木星デカメートル波放射源の位置を計算すると、(1) の場合では 169 ° System III(木星表面) 187 ° となり、(2) の場合では 167 ° System III(木星表面) 185 ° となり、放射源が局所的に集中して存在していることが分かった。これらの結果より、non-Io-B と non-Io-A の電波源が System III(木星表面) 180 ° ± 10 ° にローカライズしていることが分かった。

一方、惑星探査機カッシーニが木星近傍を航行していた 2000 年 12 月 14 日に、Hubble Space Telescope の観測が行われ、木星オーロラの polar flare が System III 170 ° 付近に出現していることが見い出されている [Grodent et al., 2003]。今回の解析結果に近い場所で UV オーロラが発生していることは、UV オーロラと non-Io-DAM の間には、深いかわりがあると示唆される。また、木星電波放射ビームの周波数依存性については、木星近傍のプラズマ環境を反映していると考えられ、今後の研究において重要なパラメータになると考えられる。