

修士論文要旨

木星衛星イオ起源ナトリウム原子の 分布に関する研究

高橋 慎

指導教官 森岡 昭 教授

平成 9年度

太陽系内最大の惑星である木星は、強大な磁場を持つとともに高速で自転しているため、太陽系内惑星の中で最も活動的な磁気圏を持っている。そこで起こるプラズマの加速・加熱、またこれに伴って生じる種々の電磁現象は極めて興味深い。木星の電磁環境を更に興味深くしているものに、活発な火山活動を行い、木星磁気圏中に多量のガスを放出する衛星イオの存在が挙げられる。木星磁気圏プラズマ源としてのイオの寄与は、太陽風や木星電離圏によるものと比べて著しく大きく、全体の9割以上を占めているものと推定されている。また、イオの火山活動は時間変動が非常に激しい。従って、木星の電磁環境はイオによって大きく変動を受けることが示唆されるため、イオから放出される火山性ガスの分布や量、及びそれらの時間変動を観測することは、木星磁気圏の電磁現象を解明する上で重要であると言える。

本研究では、イオから放出される火山性ガスの一成分であるナトリウム原子に着目し、その発光（太陽光の共鳴散乱）の分布を望遠鏡と CCD カメラを用いた 2次元イメージング観測により撮像した。その結果、ナトリウム原子発光の分布は、その特徴により、(i) イオの近傍に広がる発光強度の大きい（ \sim kR のオーダー）領域、(ii) イオ軌道の外側、赤道面近くに細長く伸びた領域、(iii) イオ軌道より外側でスプレー状に広がる発光強度の小さい領域、の3つに分けられた。また、木星赤道面の南北での発光強度の差から、南北の発光強度比を導出したところ、イオの磁気経度に対して変

動していることが明らかにされた。

観測で得られたデータは、3次元的に分布するナトリウム原子が発光する様子を天球面に投影した画像であり、この結果のみを用いてイオからのナトリウム原子の放出機構やその放出量の変動を推定するのは困難であるため、モデル計算を行い、観測結果との比較を行うことでナトリウム原子の放出過程を考察した。過去の研究結果から、(i)に相当する領域についてはイオトラスのプラズマがイオ表面あるいは大気に衝突して原子を叩き出すスパッタリング、(ii) (iii)に相当する領域については共回転プラズマとイオ近傍の原子との電荷交換反応が放出機構として考えられるので、これらの放出過程を仮定してモデル計算を行った。その結果、以下のことが明らかにされた。

観測結果に見られたような、木星から 20 R_J 程度離れた領域での発光強度の南北非対称性は、従来の研究で考えられていた等方的な温度分布を持つプラズマによる電荷交換反応では説明がつかなかった。そこで、プラズマの温度異方性を考え、 T_{\parallel} 及び $A = T_{\perp} / T_{\parallel}$ の値をパラメータ化してモデル計算を行い、観測結果と比較した結果、 $T = 60$ [eV]、 $A = 10$ の時に最も観測結果と良く合うという結論に達した。

ナトリウム原子の発光強度の南北非対称性はイオの磁気経度によって変化することがモデル計算より明らかにされた。これは、スパッタリングの場合はイオとイオトラスの位置関係の変化によるイオン化率の違いによるものであり、電荷交換反応の場合はプラズマの温度異方性により、放出源での磁場の向きの変化によって初速度ベクトル分布が変化することが原因である。

南北非対称性はイオ位相角の変化によっても変化することが示された。これは、ナトリウム原子の分布に対して、観測者の視線方向積分の領域がイオ位相角によって異なることから生じるものである。従って、ナトリウム原子分布の変動そのものを見るためには、まずこの影響を取り除く必要があることが示された。

1997年 9月 11日の観測結果から、スパッタリング及び電荷交換反応によるナトリウム原子の放出量がそれぞれ 7.0×10^8 /sec、 4.0×10^8 /sec と求められた。これを元に全てのイオの磁気緯度、イオ位相角に対して南北強度比を導出した。これを観測結果から得られた南北強度比と比較したところ、観測データが少ないことから詳細な議論はできないが、木星から 10 R_J 以内の領域については観測結果とモデル計算がほぼ一致した。10 R_J 以遠の領域については、こ

の領域で鮮明に発光が見られた観測例が少なかったため、あまり良く一致しているとは言えなかった。