

修士論文要旨

イオプラズマトーラス観測のための ファブリーペロー分光撮像装置の開発

鍵谷 将人

(指導教官：岡野章一教授)

平成 14 年

木星の衛星イオの火山ガスを起源とするプラズマは、イオ軌道付近に密度の高いドーナツ状のプラズマ領域(プラズマトーラス)を形成し、木星磁気圏全体の約9割を占める量のプラズマを供給している。プラズマトーラスに生じる変動現象を理解する上で、イオンの供給源であるイオ大気からの中性粒子の供給、イオンと電子の密度・温度、エネルギーの輸送が、特に重要な役割を果たしていると考えられる。しかしこれらの要素が、どのような物理過程や時定数を経てトーラスの変動現象に結びついているかは明らかではない。これは、トーラスのプラズマ環境についての物理量をモニタする連続観測が欠如しているためである。

以上の背景を踏まえ、本研究ではプラズマトーラスの硫黄 1 価イオンの禁制遷移発光を、高波長分解能で捉えらることで、温度や視線方向速度並びに発光強度の分布を導出し、それらを連続的にモニターすることをめざしてファブリーペロー分光撮像装置を開発した。このファブリーペロー分光撮像装置と惑星圏飯館観測所(北緯 $37^{\circ}43'38''$ 、東経 $140^{\circ}40'31''$)の 60 cm 望遠鏡と組み合わせて観測を行うことで、プラズマトーラスの長期変動をモニタすることが可能となる。本研究の目的は以上に述べた観測を可能とするファブリーペロー分光撮像器を開発すること、その性能を評価し最適運用条件の決定と解析手法の確立を行うことである。加えて本観測装置と望遠鏡による初期観測結果についても議論する。

プラズマトーラス全域にわたり、温度や視線方向速度および発光強度といった物理量を得るためには、高分散分光 2 次元撮像観測が不可欠である。本研究ではこの実現のためにファブリーペローエタロンのギャップを掃引して、2 次元撮像素子 (CCD) の全ピクセルで発光イオン輝線のプロファイルを取得する観測手法を採用した。さらにエタロンギャップ掃引データセット(データキューブと呼ぶ)から、発光イオンの強度、ドップラー幅およびドップラー変位を導出する解析手法を確立した。

解析手法の精度を定量的に検証するため、観測に先立って、プラズマトーラスに予想される物理量と観測装置の仕様をもとに、実際の観測の際に予想されるノイズを加えた疑似観測データを作成し、この疑似観測データから物理量を導出する観測シミュレーションを行った。観測シミュレーションの結果、観測時に誤差最小となるエタロンギャップ掃引ステップ幅、掃引点数が決定された。また、この最適の掃引ステップ幅と掃引点数の組み合わせは、目的とする導出物理量ごとに異なることが明らかになった。一例として、掃引ス

テッパ幅 12 nm、掃引点数 8 点、1 データの積分時間を 480 秒とした場合、発光強度 500 Rayleigh、温度 5×10^6 K の [SII] 発光の物理量を、以下の誤差で導出することが可能であると結論された。

1. 発光強度: $\pm 14\%$
2. 視線方向速度: ± 1.5 km/sec
3. 温度: $\pm 39\%$

観測シミュレーションにより導出された精度を実現するため、以下に示す本観測装置特有の校正を行い、その手法を確立した。

4. He-Ne レーザー (632.8 nm) キャリブレーションキューブから、各ピクセルでのエタロンフィネスの導出
5. ネオンランプ (671.704 nm) キャリブレーションキューブから、各ピクセルでの絶対波長校正。

2002 年 10 月 4 日から 2003 年 1 月 6 日の 期間に、惑星圏飯館観測所において、60 cm 望遠鏡とファブリペロー分光撮像装置を用いて、プラズマトーラス [SII] 発光の高分散分光 2 次元撮像観測を行い、3 夜 8 データセットを取得した。このうち 3 データセットについて解析を行った結果、1 データセットについて有意な [SII] 発光イオンの発光強度、視線方向速度、温度の 2 次元分布を導出することができた。これらの物理量の特徴を、以下にまとめる。

6. 発光強度: プラズマトーラス東側 $6.05R_J$ において、最大 600 Rayleigh の発光が認められた。
7. 視線方向速度: プラズマトーラス東側 $6.05R_J$ において、木星磁場の共回転速度から最大 6 km/sec の遅れが認められた。
8. 温度: プラズマトーラス内側 $5.7 R_J$ から外側 $6.05R_J$ に向かって上昇する傾向が見られた。 $6.05 R_J$ における温度の絶対値は、概ね 2×10^6 K であった。

これら導出された物理量は、過去の観測と比較して、観測シミュレーションによる見積もり誤差の範囲内で一致した。本研究により、今後イオプラズマトーラス [SII] 発光イオンについての物理量 (発光強度、視線方向速度、温度) の 2 次元分布を、長期間にわたってモニタする観測が可能となることが示された。