

## 修士論文要旨

# 飯館地上観測によるイオ起源高速ナトリウム原子 放出メカニズムに関する研究

植戸 秀好

(指導教官：岡野 章一 教授)

平成 15 年

木星磁気圏においてイオの火山性ガスを起源とするプラズマの割合は、太陽風や木星電離圏を起源とす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と推定されている。したがって、イオからのプラズマ供給過程、つまり、イオから中性粒子がどのようなメカニズムでプラズマとなって木星磁気圏へ放出されているかということ を明らかにすることは、木星圏の電磁現象に深く関わる重要な問題である。また、イオ大気とプラズマトーラス流との相互作用が引き起こす複雑な物理過程の解明は、“天体とプラズマ流との相互作用”という普遍的かつ壮大なテーマを解明することにもつながる。そして、何よりも、イオからの中性原子放出メカニズムそのものが、木星電磁圏環境を特長的に表す非常に興味深い現象であることが指摘できる。

イオからの中性粒子放出過程を探るために、イオから放出される中性粒子の中でも、太陽光の共鳴散乱で明るく発光するナトリウム原子に着目して地上観測を行った。イオ大気とプラズマトーラスとの複雑な相互作用のために、イオから放出されるナトリウム原子の放出メカニズムにはいくつかの物理プロセスが並存する。イメージング観測では、それらの放出成分が重なって見えるため、放出メカニズムを分離して議論することが難しい。そこで、分光観測を行うことでそれぞれの放出メカニズムを速度分布によって分離し、放出メカニズムの解明を行うことが本研究の目的である。

本研究では、イオから放出されるナトリウム原子の中でも特に数 10 km/s で放出される高速ナトリウム原子の放出メカニズムの解明を目指し、惑星圏飯館観測所で 60 cm 反射望遠鏡を用いた分光観測を行った。飯館地上分光観測の最大のメリットである、一度に約  $16R_J$  ( $R_J$ :木星半径) にわたる広い視野のスペクトルを取得することができるという点を最大限に活かし、イオから放出されるナトリウム原子の速度分布と空間分布の情報を得ることに成功した。

2002 年 11 月 29 日のイオ位相角が  $32^\circ$  の時の分光観測結果に、イオから反木星方向へと視線速度を持つ高速成分が検出された。また、同時にイオ公転方向へ視線速度を持つ高速成分、そして、イオ軌道外側にまで広く分布する低速成分の 3 つの速度成分

が確認できた。反木星方向の速度情報をとらえた初めての例であり、イオにおけるイオンピックアップ領域の情報をもつ非常に重要な観測結果である。イオ位相角  $32^\circ$  以外の観測結果にも高速成分と低速成分が検出されたが、イオと地球とのジオメトリの関係上、はっきり反木星方向への速度成分として分離し捕らえられたのが、このイオ位相角  $32^\circ$  における観測結果であった。

この観測結果をもとに放出メカニズムを想定した計算機シミュレーションを行い、放出メカニズムの解明を目指した。シミュレーションの結果、イオからのナトリウム原子放出メカニズムとして以下の3種類が並存することがわかった。

- 低速成分： トーラスイオンによるイオ大気のスパッタリング
- イオ公転方向 高速成分： 分子イオン解離解離性再結合
- 反木星方向 高速成分： ピックアップイオンの再中性化

それぞれの放出量は、イオ大気のスパッタリングが、 $3.0 \times 10^{26}$  atoms/s、分子イオン解離解離性再結合による放出量が、 $1.5 \times 10^{26}$  atoms/s、そして、ピックアップイオンの再中性化による放出量は、 $0.03 \times 10^{26}$  atoms/s という値が観測結果を再現できた。

また、ピックアップイオンの再中性化についてのシミュレーションを行った結果、イオに対して相対速度  $40 \text{ km/s}$  の共回転磁場にピックアップされたイオンが、同じく共回転速度  $40 \text{ km/s}$  の領域で、 $0.03 \times 10^{26}$  atoms/s の放出量で再中性化されていることがわかった。また、共回転磁場は共回転方向に対して反木星方向に  $20^\circ$  の傾きをもっている場合の計算結果とよい一致を示した。これは、ガリレオ探査機によるイオ近傍プラズマ流速の *in situ* 観測結果を考慮すると、ピックアップイオンの中性化が起きている領域は、イオの反木星方向の trailing 側であることが示唆された。