

審査の結果の要旨

氏名 桑原 正輝

本論文は4章からなる。第1章には研究の背景、本研究の対象としている惑星外圏における大気の形成、空間的構造の時間的変化に関する一般的な記述がある。この章において、惑星の大気/プラズマが太陽光や周囲の電子との相互作用により光を発すること（大気光）から、この現象を利用したリモートセンシングの原理と惑星探査についてまとめられている。そして、人工衛星からの大気/プラズマのリモートセンシングが、惑星外圏ならびにその周辺で起こる長・短期的な大気/プラズマの量的、空間的構造の変化の理解に必要であるということ述べている。

第2章では、2019年に打ち上げを予定している超小型深宇宙探査機に搭載する撮像器の開発を例に挙げ、極端紫外波長領域における光学系の設計と開発について述べている。極端紫外波長領域の光を透過する硝材が存在しないことに加え、異なる2つの元素を積層した多層膜鏡を用いた反射光学系でさえも、十分な効率が得られていないことが、この研究を長年停滞させてきた。

桑原正輝氏の開発手法において特筆すべき特徴は、様々な材質の複素屈折率から、より高い反射率を達成できる多層膜の組み合わせを調べ、MgとSiCの組み合わせが最適であると結論した点にあり、Mg/SiC多層膜反射鏡のサンプルの製作、性能評価、製造後の保管方法までを一環して取り扱っている点である。例えば、Mgは大気中の炭酸ガスや亜硫酸ガス、湿気と反応し表面に酸化物、硫化物、水酸化物の皮膜を生じ、これが反射率の経年劣化につながっているが、本論文では多層膜構造の最表面にSiCを真空中で蒸着することでMgと大気との接触を避け、劣化を防止している。このように製造された多層膜反射鏡を、宇宙機に搭載するまでの間に想定される程度の環境でも反射率が低下することなく、安定であることを明らかにしている。

第3章では、超小型探査機への搭載を将来、提案するために、吸収セルを開発したことについて詳述している。惑星外圏の水素原子が、太陽光を共鳴散乱することで、121.567nmの波長の光を発生し、惑星コロナを形成している。吸収セルを用い観測器が実現できれば、波長121.567nm近傍における高い波長選別能が達成でき、水素原子の密度と温度の空間分布を取得できると期待されている。

吸収セルは、内部に設置されたタングステン製フィラメントを点灯し、セル内に封入された水素分子ガスを解離することで水素原子を生成させ、入射した水素ライマン α 線の透過量を制御する装置である。フィラメントの点灯時と非点灯時の透過光子を計数することで、観測対象の温度を推定できる。

本章では、既存の技術を起点にし、新しく小型水素吸収セルを開発し、吸収性能の評価までを行った一連の開発について述べている。性能評価にはフランスの放射光施設SOLEILに設置されているビームラインを利用した。最も顕著な研究成果は、フィラメントをセル内部に複数本設置し、外部から充填するガス圧を制御できる吸収セルを試作したことにある。その結果、(1)フィラメントの長さ・直径、(2)消費電力、(3)封入ガス圧力および(4)セルの光路長を変化させた際の水素ライマンアルファ線に対する吸収プロファイルを測定し、それに理論曲線をフィッティングすることで吸収性能（解離ガスの光学的厚み）の評価に成功した。火星大気観測の数値モデル計算の結果を組み合わせ、100K以上の精度で大気温度を測定可能なことを明らかにした。

以上の内容を踏まえ、超小型探査機による深宇宙探査の可能性とともに第4章にまとめられている。

本論文は、指導教員以外にも、第3章は東京大学の吉岡和夫講師、鈴木文晴氏、立教大学の田口真教授、亀田真吾准教授、石田時生氏、フランスSOLEILの伊藤健二氏、Nelson de Oliveira氏との共同研究であるが、論文提出者が主体となって検討、開発及び解析を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

以上1636字