

論文審査の結果の要旨

氏名 下山学

本論文は5章からなる。第1章は研究の背景として本研究の必要性が記されている。第2章はラングミュアプローブ法の問題点に焦点をあてた室内実験について述べられている。第3章は新たな手法に基づいた超熱的電子のエネルギー分布測定器の開発について、第4章はその性能検証実験について記述されている。第5章にはまとめが述べられている。

高度約90~150 kmに存在する下部電離圏は、主に太陽紫外線による中性大気の電離により維持されており、その多くは1 eV以下の熱的電子およびイオンで構成されている。これらの荷電粒子の主要なエネルギー源は電離により生成された光電子であるため、光電子から熱的電子へのエネルギー遷移領域にあたる超熱的電子(1-5 eV)の観測は下部電離圏エネルギー収支の理解に不可欠である。しかしこのエネルギー帯の電子の有効な観測手法はほとんど存在せず、観測データの著しい欠如のために進展の遅れている地球物理学的課題も多い。

本論文は、下部電離圏における熱的から超熱的までの電子の直接観測手法を次の2つの側面から研究している。(1)熱的電子の主要な観測手法であるラングミュアプローブ法の未解決問題の中でも、観測ロケット搭載時に顕著に現れる問題点を取り上げ、理論的、実験的に考察し、測定精度を向上させる。(2)観測ロケット搭載用の超熱的電子エネルギー分布測定器を新規に開発する。

(1)の研究では、プローブとその基準電極(ロケット)の電極面積比が、取得される電流電圧特性に与える影響について詳細な検討をしている。プローブに対しロケットの表面積が十分大きくない場合には、ロケット周囲に形成されるプラズマシースのインピーダンスがプローブシースのそれに比べ無視出来なくなり、プローブ電流が減少して電流電圧特性が歪む。プラズマシースのインピーダンスが周波数依存性を持つという点に着目し、真空チェンバーを用いた室内シミュレーションを行い、プローブ電流値を低く抑えることで影響を小さく出来ること、プローブ印加電圧を数kHzで超高速掃引することで、理想的な電流電圧特性を取得可能であることが明らかにされた。特に後者の結果は、十分な電極面積比が得られない場合でも測定誤差を抑えた観測が可能になることを示しており、将来の発展性も含め高く評価できる。

(2)は新たな手法に基づく測定器の開発であり、本論文の中核をなす部分である。高感度の電子検出器である二次電子増倍管と高分解能のエネルギー分布算出法である二次高調波法を組み合わせるという新しいアイデアにより、これまで成し得なかった熱的から超熱的領域(<5eV)までの連続した電子エネルギー分布の測定の可能性を示した。また、実際の観測ロケット搭載時に生じる問題として、太陽紫外線がもたらすノイズ、大気圧力が 10^{-1} Pa程度と高い下部電離圏(~90 km)において、二次電子増倍管を動作させるために必要となるロケット搭載可能な差動排気ポンプについても検討されている。この観測は世界的にも強く求められているもので、下部電離圏のエネルギー収支の理解に与えるインパクトは非常に大きい。

本研究は小山孝一郎、阿部琢美との共同研究であるが、論文提出者が主体となり提案、実験、解析を行ったもので論文提出者の寄与は十分であると判断する。

したがって、博士(理学)の学位を授与できると認める。