

東京大学 大学院新領域創成科学研究科
基盤科学研究系 先端エネルギー工学専攻
2022年3月修了 修士論文要旨

ファラデーカップを利用した大気圏突入人工衛星用姿勢センサの基礎研究

学生証番号 47-206052 氏名 小林 光亮
(指導教員 鈴木 宏二郎 教授)

Key Words : Air Data Sensor, Rarefied Gas Flow, Atmospheric Entry, Faraday Cup, Langmuir Probe

惑星探査ミッションにおいて、探査機が惑星の大気圏に突入する際に生じる空力加熱を低減することが重要となる。その課題の解決策としては、エアロシェルによる低弾道係数飛行再突入が挙げられ、それらの低弾道係数大気圏突入飛行体では、大気圏突入に先立つ超高高度(電離圏)の希薄大気中での飛行特性&減速状況、すなわち、「衛星の対気姿勢角」を常に把握することが必要となる。対気姿勢角を求める代表的なセンサとして、複数孔でそれぞれの位置の空気の圧力を測定することで対気姿勢角を求める複数孔ピトー管が挙げられるが、大気圏突入初期環境は約 400 km ~ 90 kmの電離層であり、大気がイオン化し、その密度が小さいため、それを使用することは不可能である。

そこで本研究では、大気圏突入初期の希薄気体環境で使用可能な人工衛星用姿勢センサとして、イオン流量測定器であるファラデーカップ(以下、FC)を用いた新型センサを提案し、その基礎検討を行った。センサの手法としては、従来の複数孔ピトー管の仕組みを参考とし、ミッション高度の電離層に存在するイオンに着目し、小型衛星の周りを流れるイオン流量をセンサの複数孔で計測し、そのデータを統合することで、衛星の対気姿勢角を求めるものを想定した。

本研究の流れとしては、第一に、FCの希薄イオン流れに対する計測特性を把握するため、真空チャンバーや自作イオン化電極を利用し、Arをグロー/アーク放電させることで、地上での希薄イオン流れ実験環境を作成した。第二に、Langmuirプローブによって、チャンバー内複数地点におけるイオン密度の同定を行い、大気圏突入初期の電離層イオン流れと同程度のオーダーの密度・圧力である地点を発見した。第三に、先に求めた地点にFCを設置・回転させ、対気姿勢角ごとの出力を測定することで、FCの出力特性曲線を得た。最終的に、前述の実験で得たFCの詳細な計測特性をもとに、6つのFCを用いた大気圏突入エアロシェル衛星用姿勢センサという形で、提案した姿勢センサシステムでの計測手法を実証した。