

低地球軌道プラズマ環境における 放電プラズマ進展過程の数値シミュレーション

桑野 寛久

(九州工業大学工学部電気工学科)

研究目的

本研究では低地球軌道プラズマ環境を模擬した真空チャンバー内で放電現象を測定し、それらの測定結果を利用して真空チャンバー内で放電時に放出される放電プラズマ進展の数値シミュレーションを行なう。そしてシミュレーション結果と実験結果を比較することにより、数値シミュレーションによる宇宙環境下の放電現象模擬の正確性・有用性を検証することを目的とした。

研究プロセス

初めに予備実験としてプラズマ応答試験をおこなった。この試験では低地球軌道プラズマ環境を模擬した真空チャンバー内で放電を発生させ、放電発生時の放電プラズマの距離特性、放電電流および電極電位のデータを得た。

数値シミュレーションでは MC-PIC(Monte Carlo- Particle Qcell) を用いた。シミュレーション領域は実験で使用した真空チャンバーと同スケール、同形状の軸対称円筒 2次元とした。シミュレーション領域はグリッドで分割した。特に放電プラズマによる電子の密度が最も高い z 軸の電極前面付近を最も細かく分割した。放電を発生させるために使用した模擬電極は領域に初めから存在するものとして定義した。放電プラズマ測定に使用した可動プローブはインプットファイルによって領域内に定義した。放電プラズマは実験で得られた放電電流の微小時間ごとの電荷量に相当する電子を電極中心部に注入することで模擬した。

研究成果

プラズマ応答試験の測定結果から放電プラズマの密度は放電発生点からの距離が遠くなるにつれて小さくなるということがわかった。また放電プラズマの密度と放電発生時に電極に流れる放電電流の大きさには比例関係があることがわかった。

数値シミュレーションによって宇宙プラズマ環境中の放電現象を模擬することが可能であることがわかった。

今後の課題

本実験で放電プラズマの距離特性をほぼ得ることができたが、各測定点における放電プラズマの測定回数が少ないので、より正確なデータを得るために測定位置と測定回数を増やす必要がある。また放電プラズマと放電電流の関係においても測定回数を増やす必要がある。

数値シミュレーションで放電発生時の電子やイオンの運動は正確に模擬できていたが、放電プラズマ電子の注入法に問題があったため、その点に関する改良を行なう必要がある。さらに最終的な目標としてシミュレーション領域をより複雑なものまで適応できるようにするといったことも挙げられる。