

電界減速によるスペースデブリ除去技術の開発

九州工業大学 工学府 電気電子工学専攻 博士前期課程2年 豊田研究室 11349516 佐々木麗双

1. 研究背景及び目的

デブリは相対速度 10[km/s]で宇宙機に衝突することもあり、致命的なダメージを与える可能性がある。本研究の目的は電界減速によるスペースデブリ除去技術を開発することである。研究の対象はサイズが 1[cm]以下のスペースデブリである。サイズが小さくても高速で衝突するため、宇宙機に致命的な損傷をあたえることがあり、そしてデブリの効果的な除去技術が存在しない。そこで、網電極を利用したデブリ除去技術を開発し、最終的にはデブリの増加を抑制していきたい。

2. 研究原理

図1はデブリ除去原理図である。網電極をプラズマ環境中で正にバイアスすると、網電極の周囲に電子シースができる。デブリが電子シース内を通過すると負に帯電させられ、網電極を通過すると網電極によって速度方向とは反対方向に働く力によって減速させられる。それに伴ってデブリは軌道低下し、最終的に大気圏に突入することで燃え尽き、除去される。

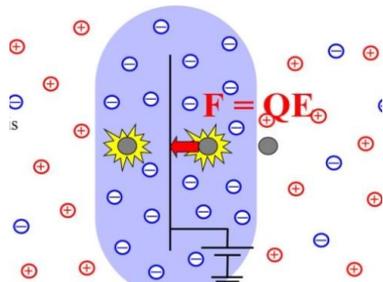


図1 デブリ除去原理図

3. 研究手法

本研究においてデブリの帯電量を知るのが非常に大事になる。そこで、LEO 軌道のプラズマ環境を模擬したチャンバー内で網電極を正に印加し、空間電位 V_s と浮遊電位 V_f の測定を行った。本研究室が所有する LEO チャンバーでは網電極への印加電圧の限界が 300[V]程度であり、それ以上印加電圧を上げると異常電流収集が起こる。そこで、宇宙科学研究所が所有するスペースチャンバーを利用して印加電圧 1[kV]までの測定を行った。空間電位 V_s と浮遊電位 V_f の測定結果を利用してデブリの半径 $a = 1[\text{mm}]$ の帯電量を計算した。

$$Q_d = 4\pi\epsilon_0 a(V_s - V_f) \quad (2.1)$$

帯電量を見積もることでデブリに働く電界による力を推測することができる。

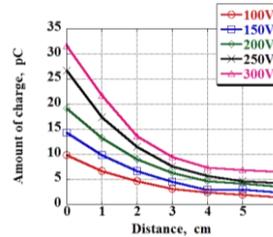


図2 帯電量 (LEO チャンバー)

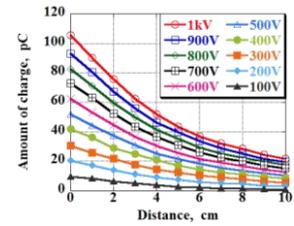


図3 帯電量 (スペースチャンバー)

4. デブリ帯電確認試験

図4はデブリ帯電確認試験の回路図である。プラズマ源を利用してチャンバー内にプラズマを生成させ、網電極の前にデブリを模擬したサンプルを釣り糸(PEライン)で吊りし、網電極に電圧を印加する。

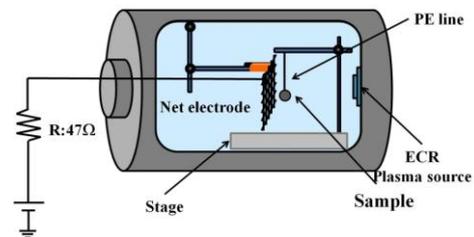


図4 デブリ帯電確認試験回路図

網電極に電圧を印加するときのみサンプルが網電極の方向に引き寄せられ、その力は図2の帯電量から計算した力とほぼ同じであったことから、デブリが帯電したことを確認した。

5. 総括と今後の課題

デブリの帯電量を見積もることができ、実際にデブリの帯電を確認した。実際にデブリを除去するには高電圧印加が必要不可欠であり、パルス波の高電圧印加を検討している。今後はパルス波の高電圧印加状態での空間電位と浮遊電位を測定する必要がある。

研究実績

・国内発表(2件)

- 日本航空宇宙学会西部支部講演会
- 第56回宇宙科学技術連合講演会

・国際発表(2件)

- The 28th International Symposium on Space Technology and Science
- The 12th Spacecraft Charging Technology Conference

・投稿論文(1件)

- The 28 ISTS Special Issue of Transaction of JSASS, Aerospace Technology Japan