

宇宙プラズマと電圧印加電極の干渉を利用したデブリ除去手法の提案

工学府 電気電子工学専攻 博士前期課程2年 趙研究室 08349550 古川泰規

1. 研究背景と目的

2009年2月、機能停止中のロシア軍事衛星コスモス2251号とアメリカの通信衛星が衝突し、少なくとも500個以上のデブリが生まれ、非意図的な人工衛星同士の衝突としては世界初のものとなった。機能停止した人工衛星の破片や剥がれた塗装が、平均衝突速度10km/秒という高速で軌道を周回し、機能中の人工衛星に衝突して穴を空けるなどの損害を与えるスペース・デブリ（宇宙ゴミ）の問題は以前から指摘されているものの、有効な除去方法が確立されていない。

本研究の目的は、特に微小デブリを目標にしたプラズマ環境と網電極との干渉を利用した新規デブリ除去手法を提案し、その原理検証を実験的に行うことである。

2. デブリ除去コンセプト

宇宙空間に巨大な網電極を展開し、正電圧印加すると電子シースが形成される。網電極を通過する微小デブリを負に帯電し、通過後は網方向に働く電界の力を受けてデブリの運動エネルギーを打ち消す。減速したデブリは大気圏に突入し、大気圏との摩擦により燃え尽きる。（図1）

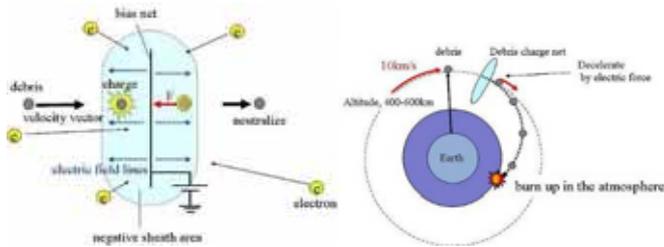


図1 デブリの減速原理及び除去コンセプト

3. 研究手法

粉末の落下機構・網電極・回収トレイを一つにした試験装置を作成し、真空チャンバー内にセッティングした。（図2）

A) パルス電圧印加時の電流電圧測定

プラズマ環境中にある網電極にパルス状の高電圧を印加した時の、網電極の電圧、流入する電流の双方を測定した。周波数・パルス幅・電圧を変更して繰り返し行った。

B) 粉末帯電落下の分布測定

プラズマ中の網電極に働く電界の力の影響を実験的に検証した。上部から落下された粉末が網電極に形成される電子シースを通過して負に帯電するかを検証。プラズマ・バイアスの有無を変え、その落下分布の変化を検証した。

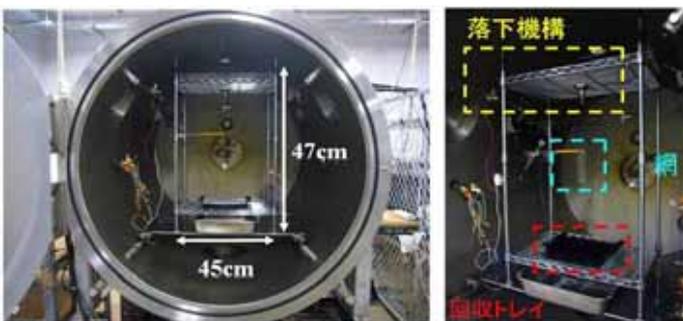


図2 真空チャンバー内の粉末落下実験装置

4. 試験結果

A) 網電極の電圧は電源からの供給電圧よりも低くなること、また周波数・電圧印加時間などの条件によっては異常電流収集が起こることを確認した。

B) 試験結果（図3）より、プラズマ○、バイアス×の条件で、他条件に比べ全体回収量が減少するとともに、落下分布のバランスが全体的に左側にシフトした。これは落下する銅粉末がシース中で帯電し、網電極に向かって働く電界の力の影響を受けたためであると考えられる。

また、プラズマ×、バイアス○の条件で、前述の結果と同様の変化があり、その偏差が大きくなった。これは、実験サンプルの銅粉末の初期帯電に寄るものと思われる。（※○あり、×なしを意味する。）

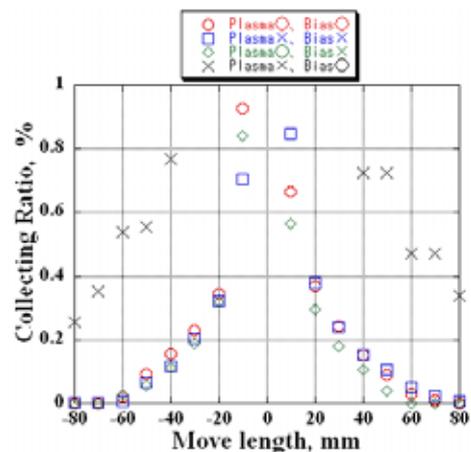


図3 落下分布測定結果（拡大）

5. 結論及び今後の課題

一定電圧印加時と同様にパルス状の高電圧印加時においても、プラズマ中でパルス状の正バイアスされた網電極が落下粉末を帯電させ、電界の力で引き寄せることを実験的に確認できた。

粒径や材質の異なる粉末での落下分布測定を行うとともに、粉末落下機構の落下精度を向上させる必要がある。

発表実績

国内学会発表：1件、国際学会発表4件、特許申請1件

- 26th International Symposium on Technology and Science 2008.06.
- H20 年度 宇宙輸送シンポジウム - 非化学推進プログラム - 2009.01.
- 27th International Symposium on Technology and Science 2009.07.
- 60th International Astronautical Congress 2009.10
- International Conference on Orbital Debris Removal 2009.12.
- 特許申請：スペースデブリ除去方法及びその装置、特願2008-237355