

HTV搭載導電性テザー実証実験(KITE) の結果について(速報)

平成29年2月6日

国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構

研究開発部門 HTV搭載導電性テザー実証実験推進チーム長

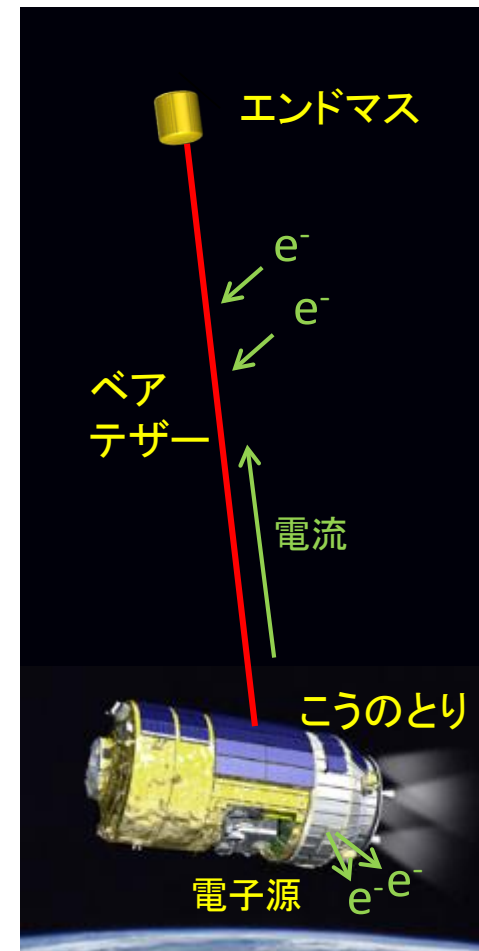
井上 浩一

1. 目的

「導電性テザーを用いたデブリ除去」の要素技術の原理実証

2. 実験計画

- 「こうのとりの」から反地球方向にエンドマスを出し、テザーを伸展
- 「こうのとりの」のISSドッキング用ランデブセンサを利用してエンドマスの運動を計測
- 「こうのとりの」側に搭載した電子源からの電子放出によりテザーに電流を流し、導電性テザー(EDT)実用化に必要な技術を実証
- EDT実証実験後、テザーを切り離してから「こうのとりの」は大気圏再突入



KITE実験の結果(概要)



- 本実験は、導電性テザー技術の動作原理を確認するため、以下の実験項目を実施することを目的とした。

①軌道上のベアテザー※伸展と電子収集 ※ベアテザー:被覆のない電線

②電界放出型電子源からの電子放出と発生電流の制御手法の確認

実験開始後にエンドマスの放出を試みたが、放出が認められなかった。そのため、当初の実験予定期間を延長し、状況確認ならびに復旧対策を継続してきたが、最終的に放出には至らなかった。(実験項目①)

- 実験項目②として、「このとり」の機体を利用し、推進薬を用いずに宇宙プラズマ電子の電流と地球磁場により飛翔体に生じる力を利用する、本デブリ除去の“キー技術”のひとつである電界放出型電子源から電子を放出する機能と、電界放出型電子源の電圧を自律的に制御することで、安定的に電流の流れを作ることに成功した。

- 搭載するセンサにより、放出電子によって「このとり」の帯電状態が予測どおりに変化することを確認し、電界放出型電子源の有効性を実証することができた。

1. 経緯と結果

- 1月28日 21時35分(日本時間、以下同じ)
エンドマス放出に先立ち、エンドマスを固定している4本のボルトの切断を開始。
No.3のボルトのみ、切断指令を送っても「切断」を示さず、複数回切断指令を送信。
指令後、数分経ってから「切断」となったため、実験準備を続行。
- 1月28日 22時35分
エンドマス放出準備完了
- 1月29日 00時08分
エンドマス放出指令送信。放出できず。

その後、さらにトラブルシュートを行い、2月5日の実験終了までの間、複数回再放出を試みたが、放出できなかった。

2. 原因究明状況

現在、実験中に得られたデータを精査し、原因究明を実施中。

エンドマスを固定している4つのボルトのうち1つが分離されず、エンドマスが解放されていない可能性が最も高いと考えている。

電界放出型電子源からの電子放出(1/2)



※数値はすべて速報値

電界放出型電子源(FEC)から電子を放出し、「このとり」機体で電子を収集することに成功した。

① 電子放出性能の確認

- ・8台の電子放出素子すべてが正常に動作し、宇宙プラズマへの電子放出を確認
- ・約48時間の動作時間を達成
- ・最大放出電流: 5mA以上 (実験開始前の想定値※は 2mA) ※テザーがない場合

② 自律制御の実現

大きく変動するプラズマ環境の中で、環境に応じた自動制御(自律制御)を行うことにより、安定した連続動作を実現

③ 帯電緩和効果

※帯電状態: 静電気を帯びた状態

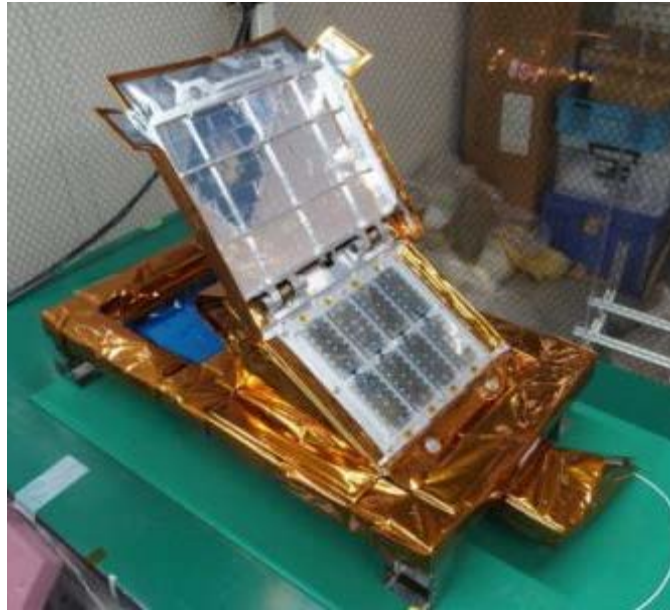
電界放出型電子源からの電子放出により、「このとり」の帯電状態※の緩和に寄与することを確認

⇒「このとり」の帯電状態が最大で10V程度(例: 30V⇒20Vに変化)緩和されたことを確認

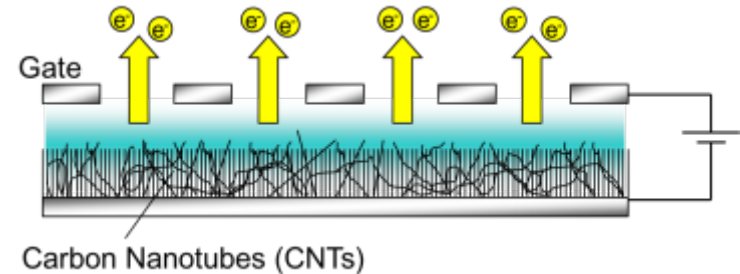
⇒宇宙機の帯電は、宇宙機に不具合を発生させるおそれがあるため、帯電状態を制御できる簡易的な装置としての応用も期待される

電界放出型電子源からの電子放出(2/2)

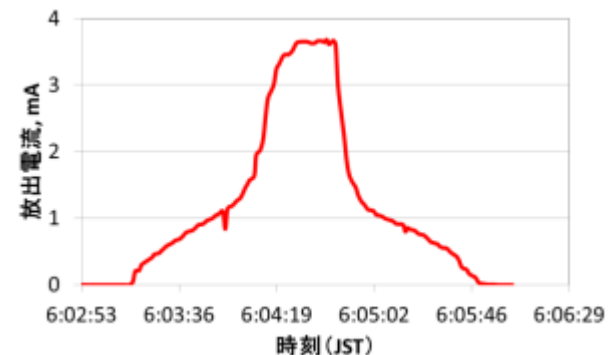
「電界放出型電子源」は 導電性テザーによるデブリ除去システムを小型・軽量化するためのキー技術



電界放出型電子源モジュール(FEC)



電界放出型電子源の概念図



放出電子電流の時間変化の計測結果

【解説】

「電子源」

電子を放出し、導電性テザーに電流を流すための装置。

宇宙空間で、電子源から電子を放出することにより、導電性テザーが宇宙プラズマ中の電子を収集し、電流が流れる。

「電界放出型電子源」

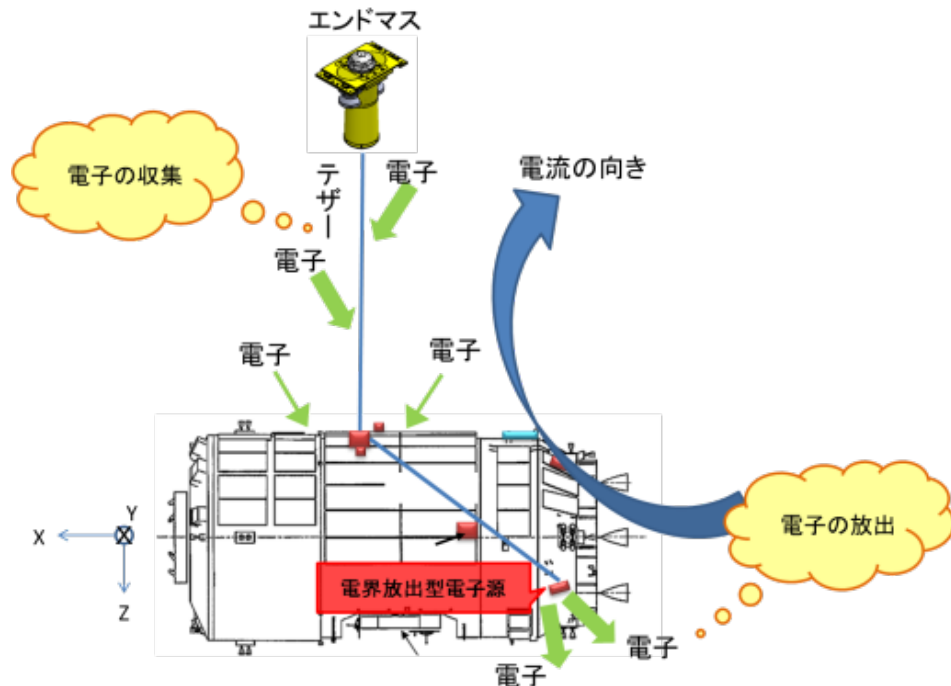
物質表面に電圧をかけると電子が放出される「電界電子放出現象」を利用した電子放出装置。

高い電界集中効果(電子の放出効率)が得られるカーボンナノチューブを電子放出材料として採用。

テザーの有無による電子放出・収集の動作の違い

導電性テザー有り

当初計画では、電子源から電子を放出する際、導電性テザーから電子を収集するはずであった。ただし、「このとり」本体による電子収集も少々発生することは想定していた。



導電性テザー無し

実際の実験では、導電性テザーが無い状態となり、「このとり」本体による電子収集のみで、電子源を動作させるかたちとなった。



プラズマ環境・磁場環境計測

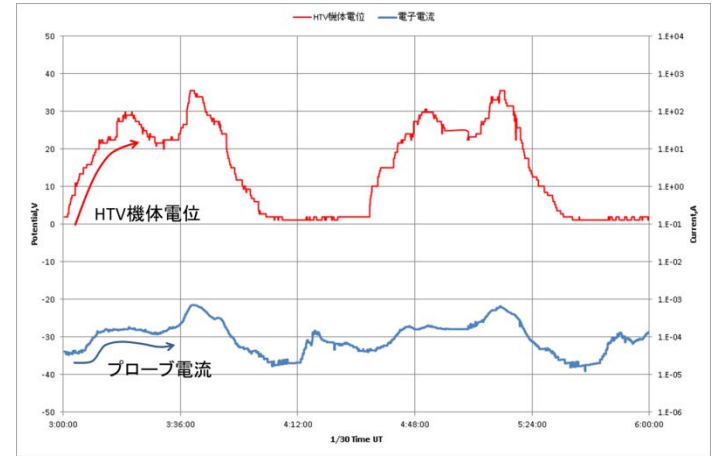
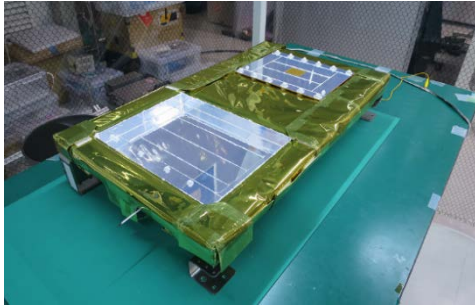
プラズマ環境・磁場環境の計測を実施。

デブリ除去実用化にむけ、導電性テザーの設計評価を可能とするデータが得られた

1. プラズマ環境計測

「静電プローブ機能付き帯電電位モニタ」(LP-POM)により、プラズマ環境とこれまでより高精度な「このとり」機体電位の計測を実施

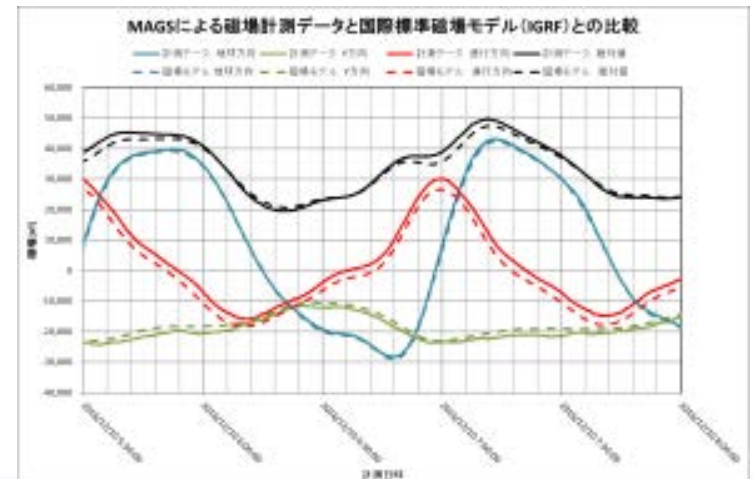
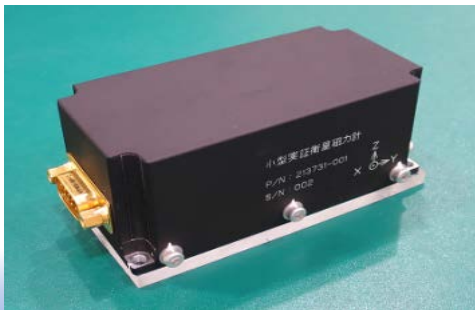
電子放出による「このとり」帯電緩和を本装置でモニタ



LP-POMによる「このとり」機体電位とプラズマ環境の同時計測結果

2. 磁場環境の計測

「磁気センサ」(MAGS)により、軌道上の磁場環境の計測を実施



MAGSにより計測された磁場