



報道機関 各位

東北大学大学院工学研究科

プラズマ推進機を用いたスペースデブリ除去法の 原理実証に成功 ～無電極プラズマ推進機からの双方向プラズマ放出～

【発表のポイント】

- ・宇宙ゴミ(スペースデブリ)の除去を実現可能な無電極プラズマ推進機の動作を室内実験により実証.
- ・通常は2台の推進機が必要とされるデブリ除去動作を, 1台の推進機で実現可能.
- ・1台の推進機で, 衛星加速・減速・デブリ除去の全ての動作を実現可能.
- ・無電極プラズマ推進機により大電力・長期間動作の実現が期待できる.

【概要】

東北大学 大学院工学研究科 電気エネルギーシステム専攻 高橋和貴准教授らと, オーストラリア国立大学 Christine Charles 教授, Rod W Boswell 教授らの研究グループは, 当該グループがこれまでに開発を進めてきた無電極プラズマ推進機(ヘリコンプラズマスラスタ[参考文献 1])を用いて, 1台の推進機のみを用いたスペースデブリ除去法の室内原理実証実験に成功しました.

地球周回軌道上には, 人類が宇宙開発を開始してから 50 年以上にわたって宇宙空間に放出してきた宇宙機や部品が, 多数の宇宙ゴミ(スペースデブリ)となって高速で周回しています. これらのスペースデブリは年々増え続けるとともに 7km/s を超える高速で運動しているため, 人工衛星や宇宙ステーションに衝突すると甚大な被害をもたらす危険性があるとされています. したがって, スペースデブリを地球周回軌道から除去する技術の早急な開発が必要になっており, 各国で様々な手法の提案・開発が進められています.

プラズマ流をデブリへ照射し減速させることで周回高度を下げ, 最終的に大気圏へと突入させることで燃焼し, デブリ除去が可能になると期待されます. 一方で, プラズマ流をデブリに向けて噴射した場合には, 推進機はデブリとは逆方向に加速されるため, デブリとの距離を一定に保つことが不可能になります. そこでデブリとは逆方向へとプラズマを噴射して, 衛星に働く力をキャンセルする必要があります. また, これ

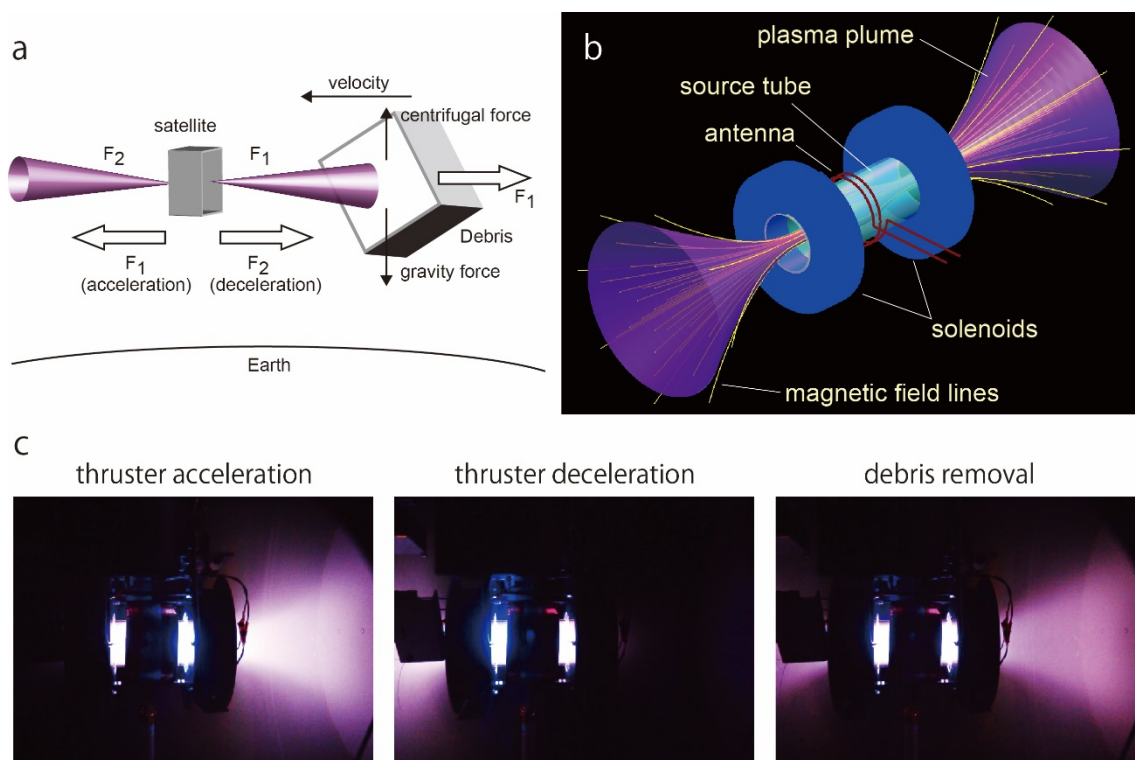


図 1: (a) プラズマ推進機を用いたデブリ除去法の原理図. (b) 今回実証された双方向プラズマ噴射型の無電極プラズマ推進機概略図 (c) 室内実験での動作の様子.

までに提案されてきたイオンエンジンを用いた手法では、エンジンを2台搭載する必要があり、また重さ数トンのデブリを除去するためには、数 kW 級の大電力推進機を搭載する必要があり、耐久性などの改善等が必要となります。

今回実証された手法では、長寿命・大電力プラズマ推進機として期待される無電極プラズマ推進機（ヘリコンプラズマスラスタ）からの双方向プラズマ放出を実現・制御することで、図 1(a)に示すデブリ除去動作が1台の推進機で可能であることを実証しました [図 1(b)]. 室内実験において、推進機に働く推力とデブリを模擬した物体に加わる力を同時に計測し、実際に推力がゼロの状態を維持しながらデブリ減速が可能であることを示しました[図 1(c) debris removal model]. また、外部磁場配位や燃料導入法によって推進機の加速や減速 [図 1(c) thruster acceleration and deceleration modes] が可能であることも同時に実証され、デブリ除去衛星に必要な加速・減速・デブリ除去の全ての動作モードを実現可能であることを明らかにしました。

例えば、重さ数トンのデブリを 100 日程度で除去するためには、電力数 kW で数 10mN の推力が発生可能な推進機を搭載する必要があります。今回用いられた無電極プラズマ推進機では、これを満足する値が高橋准教授らの実験で得られていることから[参考文献 2]、スペースデブリ除去へ向けた技術として今後開発が進むことが期待されます。

本研究成果は、2018年9月26日(英国時間)にネイチャーパブリッシンググループの英国科学雑誌 *Scientific Reports*(電子版)に掲載されました。

【論文情報】

Kazunori Takahashi, Christine Charles, Rod W. Boswell, and Akira Ando, “*Demonstrating a new technology for space debris removal using a bi-directional plasma thruster* (双方向型プラズマ推進機を用いたスペースデブリ除去の原理実証)”, *Scientific Reports*, **8**, 14417 (2018).

Paper URL: <https://www.nature.com/articles/s41598-018-32697-4>

DOI: 10.1038/s41598-018-32697-4

本研究の一部は、科学研究費補助金 基盤研究(B)『無電極スラスタ内のガス・プラズマ相互作用に伴う運動量輸送と制御』(代表者:高橋和貴), 挑戦的研究(萌芽)『双方向プラズマ加速によるスペースデブリ除去技術の開発』(代表者:高橋和貴), 中部電気利用基礎研究振興財団『オール電化衛星によるスペースデブリ除去へ向けた宇宙輸送・推進機の室内原理実証』(代表者:高橋和貴), 宇宙航空研究開発機構 宇宙工学委員会 戦略的開発研究費『無電極磁気ノズルヘリコンプラズマスラスタの開発』(代表者:高橋和貴)の支援を受けて行われました。

【参考文献】

1: Kazunori Takahashi, Christine Charles, and Rod W. Boswell, “*Approaching the theoretical limit of diamagnetic-induced momentum in a rapidly diverging magnetic nozzle*”, *Physical Review Letters*, **110**, 195003 (2013).

2: Kazunori Takahashi, Atsushi Komuro, and Akira Ando, “*Effect of source diameter on helicon plasma thruster performance and its high power operation*”, *Plasma Sources Science and Technology*, **24**, 055004 (2015).

【英語版プレスリリース】

www.tohoku.ac.jp/en/press/space_debris_removal_technology.html

【お問い合わせ先】

<研究内容>

高橋和貴(タカハシカズノリ) 准教授

東北大学大学院工学研究科電気エネルギーシステム専攻

TEL:022-795-7064,

Email:kazunori@ecei.tohoku.ac.jp

<広報担当>

東北大学大学院工学研究科情報広報室

TEL:022-795-5898

Email:eng-pr@eng.tohoku.ac.jp