

Muranaka Takanobu
村中 崇信

工学部 電気電子工学科 教授

学歴・学位・職歴

学 歴：九州大学大学院 総合理工学研究科 博士課程修了

学 位：博士（工学）

職 歴：大阪大学レーザー核融合研究センター 研究員

九州工業大学 工学部 研究員

宇宙航空研究開発機構（JAXA）情報・計算工学センター 招聘研究員

研究シーズ

宇宙機の信頼性評価：宇宙機と宇宙機周辺プラズマとの相互作用解析

研究キーワード

プラズマロケット、宇宙環境プラズマ、スペースデブリ除去、宇宙機帯電解析、
宇宙機表面損耗解析、プラズマ数値シミュレーション

産官学連携実績

【連携実績】

三菱電機株式会社

宇宙航空研究開発機構（JAXA）

【外部研究費獲得】

科学研究費助成事業

JAXA 公募型共同研究事業



Researchmap

SUSTAINABLE
DEVELOPMENT
GOALS



私たちは持続可能な開発目標（SDGs）を支援しています。

プラズマ環境における宇宙機の信頼性評価

地上実験および数値シミュレーションによるプラズマ解析技術を応用し、宇宙機の信頼性評価の観点から、宇宙機と宇宙機周辺プラズマ（宇宙環境やプラズマロケットに起因するプラズマ）との電氣的・機械的相互作用を解析・評価する研究シーズを有しています。

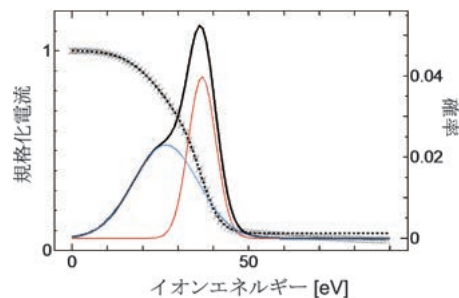
電氣的相互作用では、宇宙機表面へのイオン・電子の流入や、宇宙機とその周辺電位の解析から、宇宙空間における太陽電池など宇宙機の電源システムの健全性を評価します。機械的相互作用では、宇宙機表面へのイオン衝突に起因する表面材料損耗を解析し、宇宙機に多用される機能性薄膜材料の劣化等を評価します。

近年では、プラズマロケット搭載宇宙機の信頼性向上に関する研究を推進しています。宇宙航空研究開発機構（JAXA）との共同研究では、小惑星探査機「はやぶさ2」の運用で確認された、プラズマロケット運転に伴う探査機表面の損耗現象の解明を進めています。また、国内衛星メーカーとの共同研究では、開発した数値シミュレーションツールをつかって、大出力プラズマロケットを搭載した次世代大型静止衛星のロケット配置など、衛星の設計寿命を向上させる衛星の最適設計に貢献しています。

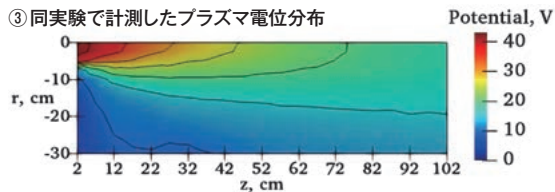
① 地上施設におけるプラズマロケット運転実験の様子



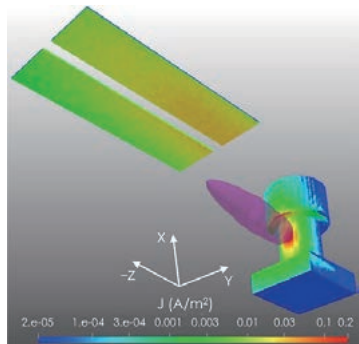
② 同実験で計測した逆流イオンエネルギー分布



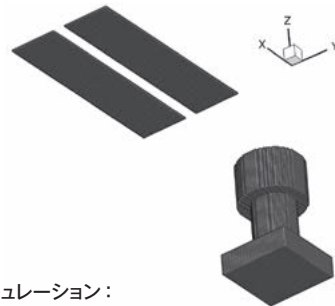
③ 同実験で計測したプラズマ電位分布



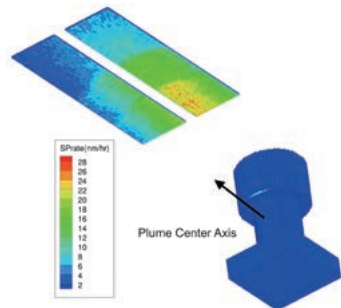
④ 数値シミュレーション：衛星モデルとロケット放出プラズマ



⑤ 数値シミュレーション：衛星モデル



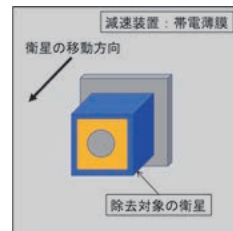
⑥ 数値シミュレーション：衛星モデルの表面損耗解析例



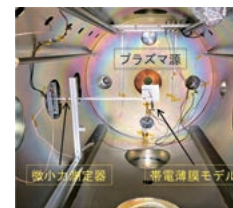
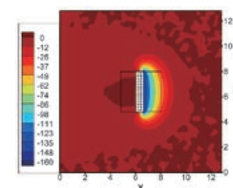
スペースデブリ除去技術の開発

近年、地球周回軌道上に存在する運用後の人工衛星などの、「スペースデブリ（宇宙ゴミ）」が宇宙活動の持続可能性を脅かす問題となりつつあります。日本でもJAXAを中心にデブリ除去技術の開発が進められていますが、そのひとつは、軌道上デブリの減速技術の開発です。本研究室では、簡便かつ低コストに運用できる、帯電薄膜と宇宙環境プラズマとの静電的相互作用を応用した減速装置の開発研究を行っています。現在は、実機開発に向けた要素研究を進めており、本装置に発生する抗力評価と電圧印加手法の最適化を進めています。

⑦ 減速装置概念図：帯電薄膜によるイオン抗力増大装置



⑧ 帯電薄膜周辺のプラズマ挙動解析シミュレーション結果（薄膜断面、電位）



⑨ 地上実験による帯電薄膜モデルのイオン抗力増大原理の検証

期待される効果・応用分野

これら宇宙機とプラズマとの相互作用の解析技術は、高度化する宇宙機の機体設計に貢献することが期待されます。例えば、プラズマロケットを搭載する宇宙機の設計において、ロケット放出プラズマによる太陽電池表面の損耗を解析し、宇宙機の電力寿命低下を予測することも可能です。スペースデブリ除去研究と合わせて、宇宙活動や宇宙環境の持続可能性を拡げることが期待されます。

■ 代表的な論文・知財

- 1) 『はやぶさ2』表面材料損耗解析に向けたイオンスラスターの逆流イオンのエネルギー計測, 平成29年度宇宙輸送シンポジウム予稿集, STEP-2017-025, 2018年1月18-19日.
- 2) Development of a Numerical Tool for Hall Thruster Plume and Spacecraft Interaction Analysis, Trans. JSASS, Aerospace Technology Japan, Vol. 16, No. 5, pp. 366-373, 2018.
- 3) Measurement of Plasma Plume Potential to Evaluate Backflow Energy of Ion Thruster, Proc. 32nd ISTS, 2019-b-095p, 2019.
- 4) Estimation of Erosion Rate for Surface Material on HAYABUSA2 by Measurement of Backflow Ions from 10-cm-class Ion Thruster, Proc. 36th IEP, IEPC-2019-337, 2019.
- 5) Preliminary Study on De-orbiting Large-scale Debris using a Charged Membrane in Low Earth Orbit, Trans. of JSASS, Aerospace Technology Japan, Vol. 19, No. 2, pp. 270-274, 2021.

プラズマ環境実験装置の開発

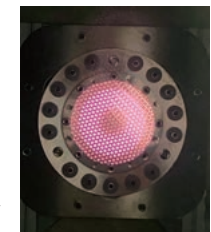
宇宙機周辺のプラズマ環境を再現する地上実験装置の開発に取り組んでいます。地球周回軌道上のプラズマ環境再現のため、高電離度かつ流れのあるプラズマを生成するプラズマ源の開発を進めています。この実験装置をつかって、宇宙機のスケールモデルや実機部材等とプラズマとの静電的・機械的相互作用を検証することができます。

また、プラズマパラメータ取得のため、各種プローブの開発も行っています。現在は、イオン衝突に起因する材料損耗研究のため、イオンエネルギーアナライザの高精度化に注力しています。

⑩ プラズマ環境を再現する真空槽外観



⑪ 真空槽内に設置した自作プラズマ源の外観



⑫ 同プラズマ源の点火実験の様子

産業界へのPR

GPSや衛星通信などの宇宙技術は日常生活に必須となりました。近年では、世界各国で民間事業者の宇宙開発への参入が進んでおり、宇宙を舞台にした新しい価値の創生や企業活動が拡大しています。今後の宇宙事業における宇宙機・宇宙環境の保全是、地上の事業活動と同じく、大きな付加価値となり得ます。本研究室は、宇宙機・宇宙環境の保全是を実現する技術によって、事業者の皆様のお役に立てよう研究活動を継続していきます。