

## MM-2 破壊制御学研究分野

### 1. 研究分野の概要

宇宙への進出は人類の長年の夢であり、また同時に宇宙資源を用いて地球規模の環境問題等を解決するための第一歩でもあります。それを現実のものにする手段が宇宙工学です。特に宇宙環境工学は宇宙システムの長期信頼性を確保するためにきわめて重要です。本グループは、既に宇宙における中性ガス環境のシミュレーション技術では世界でも最も高い技術を有しており、この技術を背景に宇宙航空研究開発機構（JAXA）宇宙材料・電源・熱制御・輸送系・構造・機構・プロジェクト等の各グループや、関連する国内外の大学・研究所・宇宙機関等、さらには宇宙ベンチャーとも緊密な連携を取りながら、宇宙開発への貢献を行っています。なお、研究分野名称は破壊制御学ですが、そのような研究は行っていませんのでご注意ください。

### 2. 構成員（2024年2月15日現在）

教職員： 田川 雅人 准教授、横田 久美子 助手  
学 生： 大学院博士課程前期課程 9名、学部生 5名

### 3. 主な研究課題

#### (1) SLATS フライトデータ解析

空と宇宙の中間領域である「宇宙の渚」はこれまでアクセスする手段がなく、地表からの距離は近いにも関わらず理解の進んでいない領域です。JAXAはこの超低高度領域（VLEO）開拓を目指し2017年12月23日、種子島からH-IIA37号機で超低高度衛星技術試験機「SLATS（つばめ）」を打ち上げました（図1）。本研究グループは「SLATS」ミッションに開発初期から関わり、SLATSに搭載されたAOFS/MDMミッションの設計・フライトデータ解析をJAXAと共同で行っています。これまでに世界初のVLEO材料劣化データの取得に成功するなどの成果を挙げています。



図1 超低高度衛星技術試験機（SLATS）の軌道上想像図と実物写真。衛星正面にAOFS-H7センサーが、同体下面にAOFS-H5およびMDMモジュールが取り付けられている。

#### (2) 超低高度宇宙環境シミュレーション

宇宙環境要因は多岐に及び、軌道によっても大きく異なります。このように多様な宇宙環境を地上で完全に再現することは不可能です。そのため、事前の地上シミュレーション試験と宇宙実験の結果が異なることがしばしば起こります。本研究グループでは宇宙環境のうち、特に地上試験が困難な中性ガス環境（原子状酸素環境）について、世界的にも稀有なレーザーデトネーション装置を用いた実験を通じて、材料劣化メカニズムの理解と地上実験手

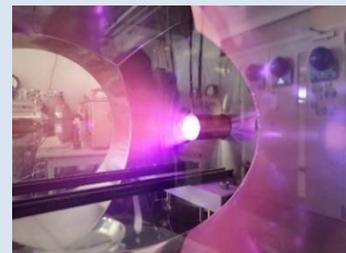
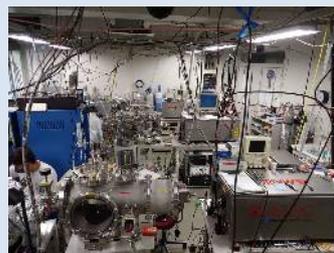


図2 NASAのISS搭載MISSE-2ミッション（左）とレーザーデトネーション原子状酸素照射設備（中）、ならびに原子状酸素ビーム照射時のレーザープラズマ（右）。

法の高度化を目指して、地上試験と軌道上試験の両面からアプローチしています。

### (3) 大気吸入イオンエンジンの開発研究

イオンエンジンは電気推進の1つで、日本では「はやぶさ」で一躍有名になりました。本研究グループでは JAXA 「はやぶさ/はやぶさ 2」開発チームと共同で燃料不要の次世代イオンエンジン（大気吸入型イオンエンジン ABIE、図 3）の開発を目指した研究を行っています。ABIE は日本で考案された技術ですが、Starlink に代表されるような VLEO コンステレーションが現実味を帯びるとともに近年欧米からの追い上げが熾烈になっています。日本では本研究グループしか保有していない軌道上原子状酸素環境の地上模擬技術も駆使して、JAXA と共同で世界初の軌道上 ABIE 点火実現を目指した開発を行っています。

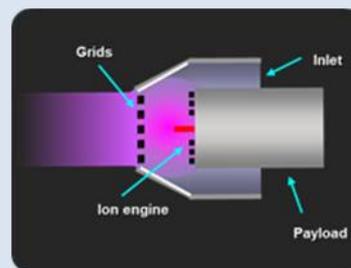


図 3 大気吸入イオンエンジン (ABIE)の模式図

### (4) 観測ロケット実験

VLEO 開発や ABIE では高層大気密度が極めて重要です。中性高層大気密度はリモートセンシングが困難なので計測器を衛星やロケットに搭載して「その場観測」することが要求されます。本研究グループでは 2022 年 8 月、観測ロケット S-520-32 号機（図 4）に独自のプローブを搭載して JAXA と共同で日本初の観測を行いました。それに続いて 2024 年には 2 回目の観測実験として S-310-46 号機による大気密度計測実験を実施する予定です。



図 4 JAXA 宇宙研での観測ロケット S-520-32 号機の組み立て（左）、内之浦射場での打ち上げ準備（中）ならびに打ち上げの瞬間 2022 年 8 月 11 日 23 時 20 分 00 秒（右）

### (5) VLEO 宇宙機実現に向けた低抵抗デザインの基礎研究

VLEO では宇宙機は無視できない大気抵抗を受けます。これまでの様な大気抵抗を無視した衛星開発は衛星寿命を極端に短くしてしまいますので、衛星大気抵抗を小さくする設計方法を確立する必要があります。これまで希薄流体中での固体表面への分子衝突はコンピュータシミュレーション手法の1つである DSMC 法で Maxwell モデルを用いて記述されてきましたが、衛星速度領域では成立しないことが実験的に示されています。本研究では実験データを基にした DSMC 法の新規計算スキームの確立を通して、低抵抗衛星デザインについてその設計法と材料表面開発を行っています。

### (6) 衛星開発サポート

衛星開発企業等は衛星コンポーネント・材料の耐宇宙環境性能を評価する必要がありますが、原子状酸素照射試験ができる機関は世界でも数ヶ所に限られています。本研究グループでは世界で最も高度な原子状酸素照射装置を有していることから、宇宙開発に携わる企業・大学・国内外宇宙機関等からの依頼で衛星開発のサポートを行っています。

本研究グループはこれまでも多くの宇宙ミッションに参画しています。太陽観測衛星「SOLAR-B」、高層大気観測ミッション「CASSIOPE」、宇宙ステーション利用材料曝露実験「MISSE-6, SM-SEED, JEM-SEED, ExHAM, MDM2」、小惑星探査機「はやぶさ 2」、超低高度衛星技術試験機「SLATS」、その他にも KITE、JEM-EUSO、HTV-X、S-520-32、S-310-46 RIDE Campaign 等

本研究室では大学院博士後期課程の学生・留学生の受入は行っていません。

<http://www.space-environmental-effect.jp/index.html>