

2020. 1. 24

超低高度衛星の利用に向けたワークショップ #5
TKP 新橋カンファレンスセンター ホール 11D



MDM にて観測された 超低高度環境における材料変化

Material Changes in the Super-LEO Environment
Observed by MDM

宇宙航空研究開発機構 (JAXA)

○後藤亜希, 行松和輝, 土屋佑太, 宮崎英治, 木本雄吾

Japan Aerospace Exploration Agency

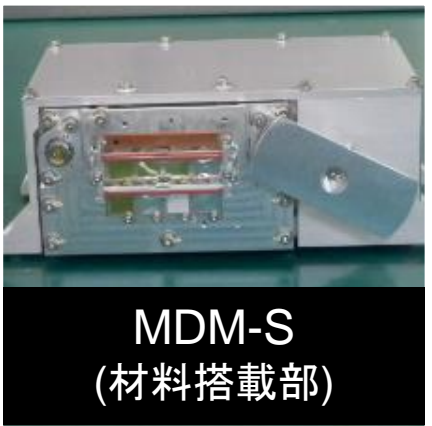
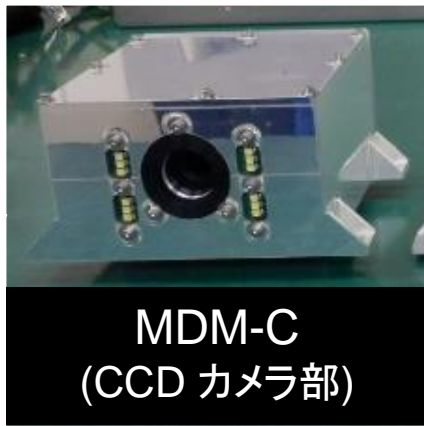
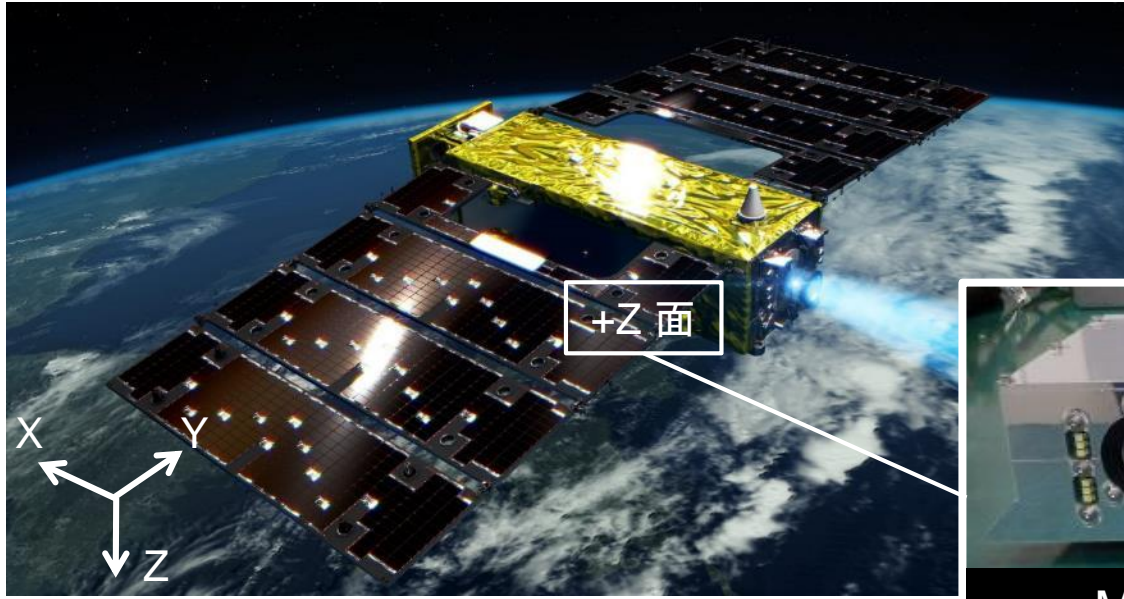
A. Goto, K. Yukumatsu, Y. Tsuchiya, E. Miyazaki, Y. Kimoto

目次

1. MDM ミッション概要
2. 本検討
3. AO フルエンス
4. 材料変化
5. 今後の展望
6. まとめ

材料劣化モニタ (MDM: Material Degradation Monitor)

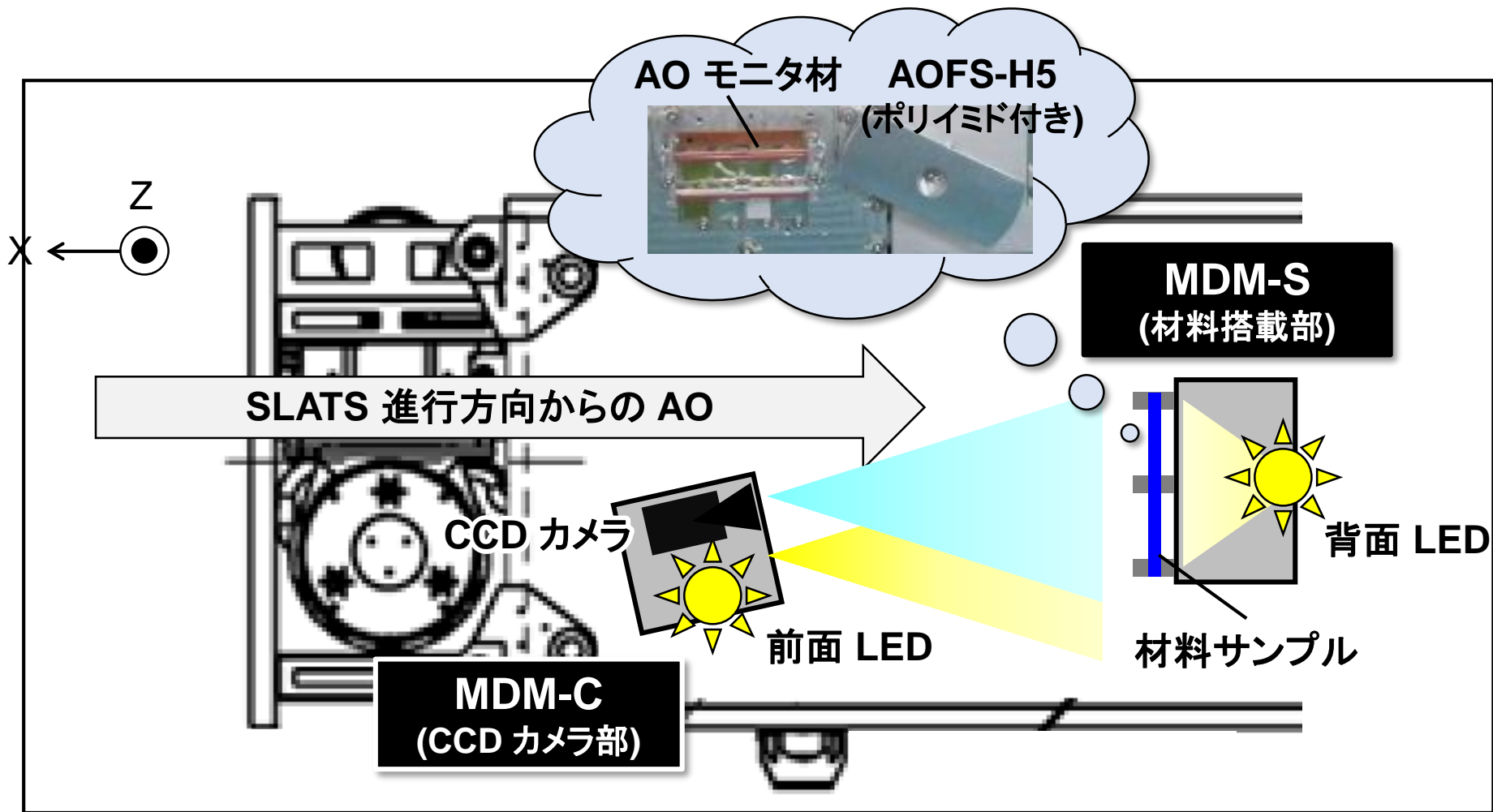
- 低高度 ~ 超低高度環境における宇宙用材料の劣化を, CCD カメラを用いた光学観測にて定性モニタリング
- 将来超低高度衛星への適用が期待される材料について, 原子状酸素 (AO) など中性大気衝突に対する耐久性や, 反応挙動の解明を目指す



2017.12.23 (SLATS 打上げ) ~ 2019.10.1 の約 1 年 10 か月間,
光学観測による材料変化データ,
材料サンプルに対する AO フルエンスデータ取得に成功

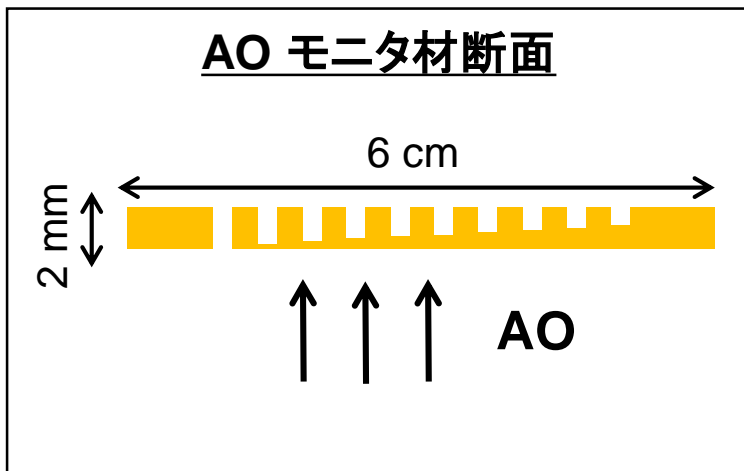
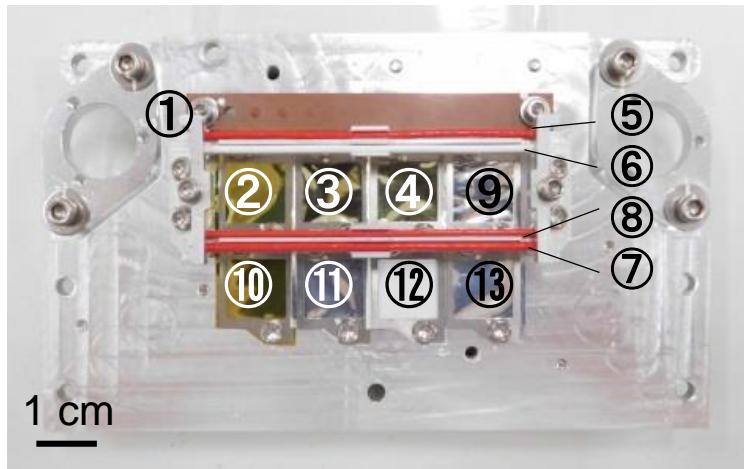
光学観測と AO フルエンス計測

- 光学観測: 「前面 LED / 背面 LED」点灯下での CCD 撮像を, 週 1 回実施
→ 巨視的 / 微視的な材料変化を検出できる
- AO フルエンス計測: AOFS センサ + AO モニタ材



搭載材料サンプル (13 種類)

- 将来超低高度衛星への適用が期待される宇宙用材料
- AO モニタ材: AO フルエンスを、画像観測により計測する工夫 (深さの異なる穴)



位置	サンプル名	用途
①	AO モニタ材 (Vespel [®])	
②	耐 AO コーティング/ ポリイミドフィルム (APICAL [®] AH)/ Al	MLI
③	耐 AO 性ポリイミドフィルム (BSF-30)/ Al	
④	UV 遮蔽コーティング/ 耐 AO 性ポリイミドフィルム (BSF-30)/ Ag	
⑩	ITO コーティング/ ポリイミドフィルム (UPILEX [®] -R)/ Al	
⑫	ベータクロス/ Al	配線
⑤	Expanded PTFE ケーブル (径 1.18 mm)	
⑥	Expanded PTFE ケーブル (径 1.35 mm)	
⑦	Expanded PTFE ケーブル (径 1.58 mm)	OSR
⑧	ETFE ケーブル	
⑨	FEP フィルム (1 mil)/ Ag	
⑪	FEP フィルム (5 mil)/ Ag	OSR
⑬	ITO コーティング/ FEP フィルム (5 mil)/ Ag	

目次

1. MDM ミッション概要
2. 本検討
3. AO フルエンス
4. 材料変化
5. 今後の展望
6. まとめ

- MDM に搭載した材料サンプルについて、以下を明らかにするため、A~C を行った
 - ✓ 全ミッション期間の AO フルエンスに対する耐久性
 - ✓ AO (など中性大気) との反応挙動

検討項目:

- (A) MSIS モデルからの「**AO フルエンス**」算出
- (B) 撮像データから、材料サンプルごとの「**宇宙環境での変化有無**」識別
- (C) 撮像データ解析による、「**材料変化の AO フルエンス依存性**」評価

目次

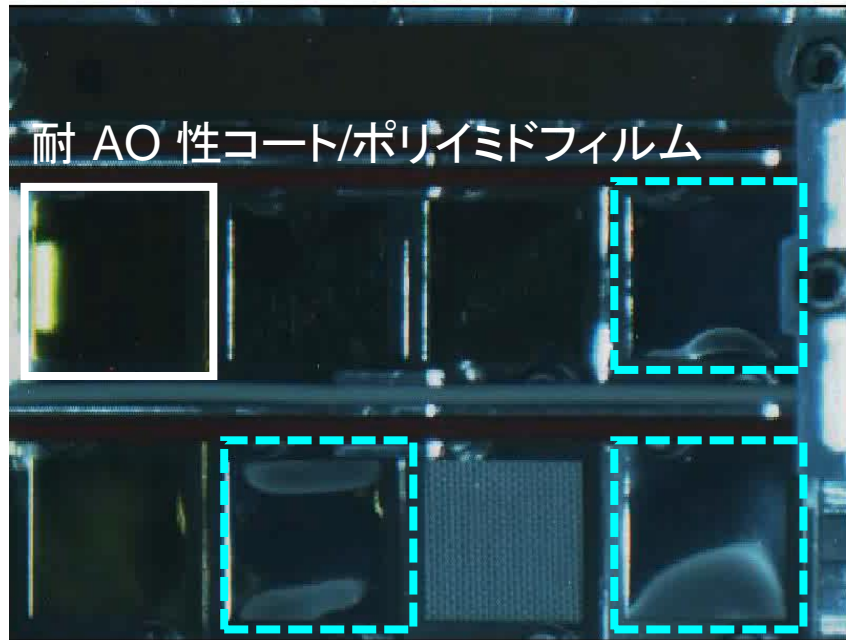
1. MDM ミッション概要
2. 本検討
3. AO フルエンス
4. 材料変化
5. 今後の展望
6. まとめ

目次

1. MDM ミッション概要
2. 本検討
3. AO フルエンス
4. 材料変化
5. 今後の展望
6. まとめ

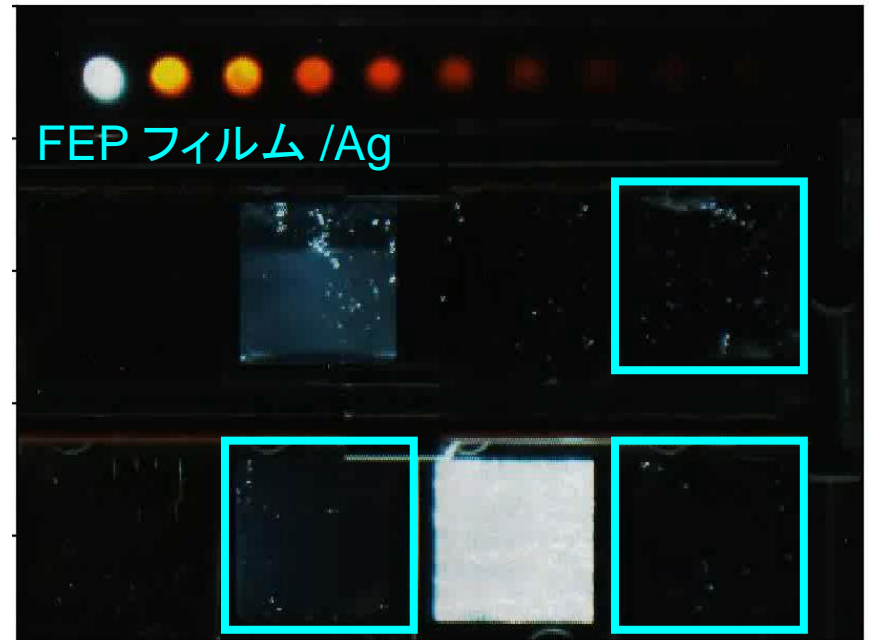
前面 LED 像

FRONTLED_20180221



背面 LED 像

BACKLED_20180221

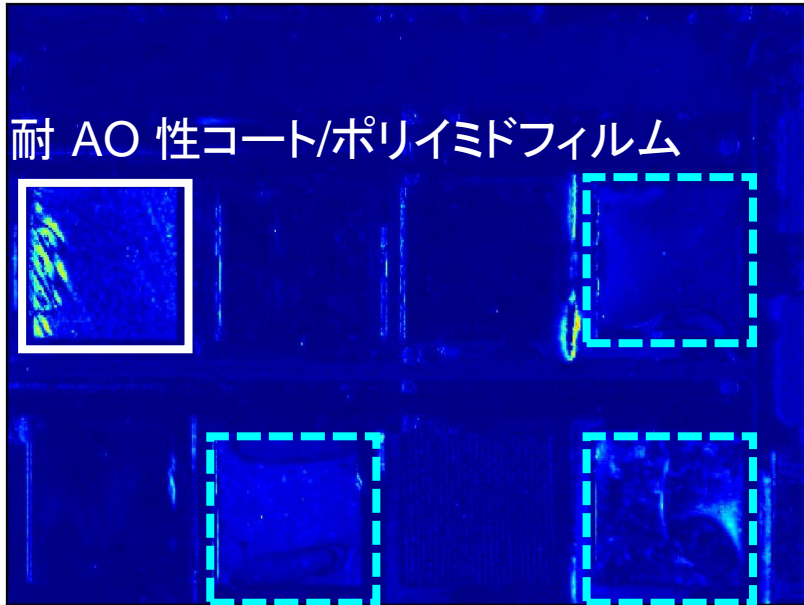


材料変化有無の識別: 初期 (2018.1.4) との絶対差



前面 LED 像

20190925_fr_gray_ABSDIFF



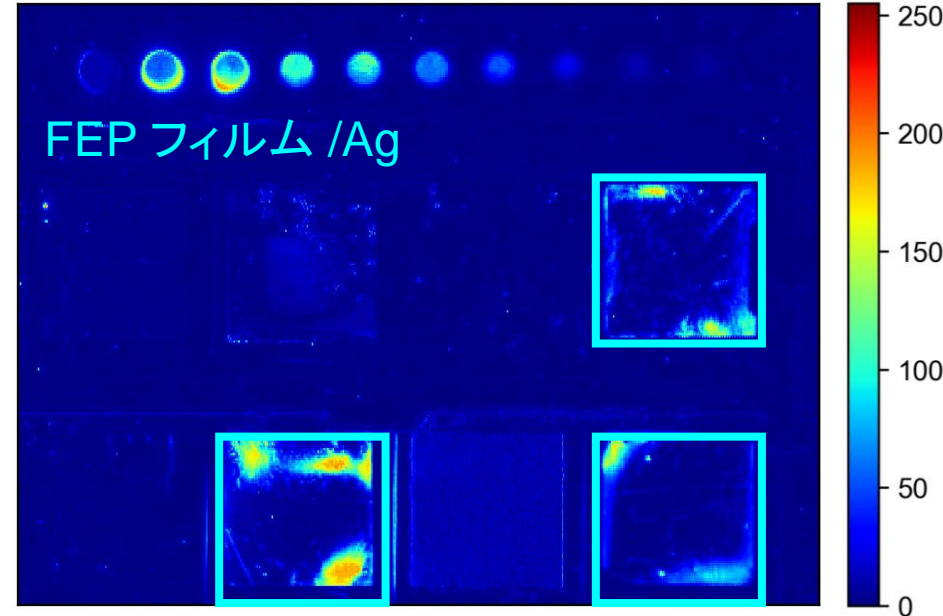
耐 AO 性コート/ポリイミドフィルム

- ✓ 耐 AO 性コート/ポリイミドフィルム:
→ ミッション後期 (2019.4 ~) 変化あり
(前面 LED 光が散乱)

- ✓ FEP フィルム/Ag:
→ ミッション終盤 (2019.9 ~) 変化あり
(前面 LED 光が散乱)

背面 LED 像

20190925_bk_gray_ABSDIFF



FEP フィルム /Ag

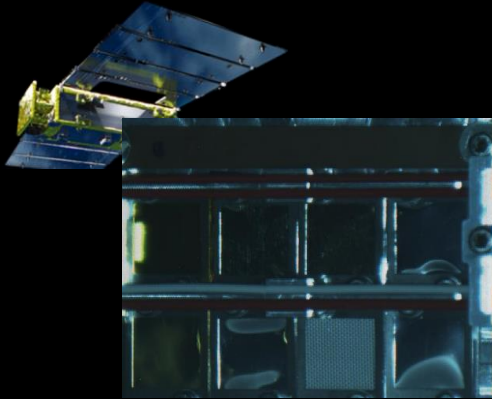
- ✓ FEP フィルム/Ag:
→ ミッション序盤 (2018.3) ~ 変化が進行
(背面 LED 光が局所的に透過)

- ✓ 耐 AO 性コート/PI, FEP/Ag について, 曝露時間経過に伴う変化を観測
- ✓ その他材料について, MDM ミッション中 AO フルエンスに対する優れた耐久性を実証

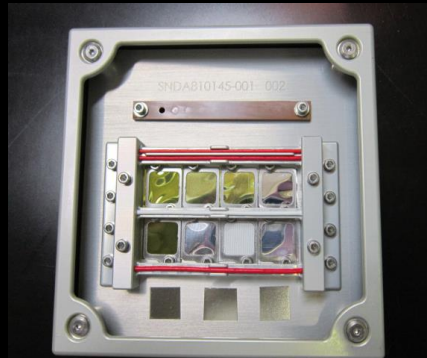
目次

1. MDM ミッション概要
2. 本検討
3. AO フルエンス
4. 材料変化
5. 今後の展望
6. まとめ

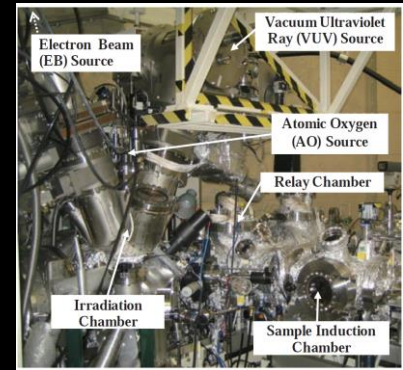
SLATS / MDM



ISS / MDM2



地上試験



AO や中性大気との反応による、
材料劣化メカニズムの理解



- ✓ 超低高度衛星のための設計標準・材料選定指針
- ✓ 新規耐 AO 性材料開発
- ✓ 地上試験技術の改良

- MDM ミッションでは、SLATS 打上げ (2017.12.23) ~ ミッション終了 (2019.9.30) の期間、光学観測による材料劣化データの取得、材料サンプルに対する AO フルエンスデータの取得に成功した。
- 耐 AO コート/ポリイミドフィルムや、FEP フィルム/Ag について、AO フルエンスに応じた材料変化が観測された。また、それ以外の材料については、MDM ミッションでの AO フルエンスに対する優れた耐久性を実証できた。
- 今後、MDM にて観測された材料劣化メカニズムを明らかにし、超低高度衛星のための設計標準や材料選定指針の確立、新規耐 AO 性材料開発、地上試験技術の改良など、次なる課題に取り組んでいく。