

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

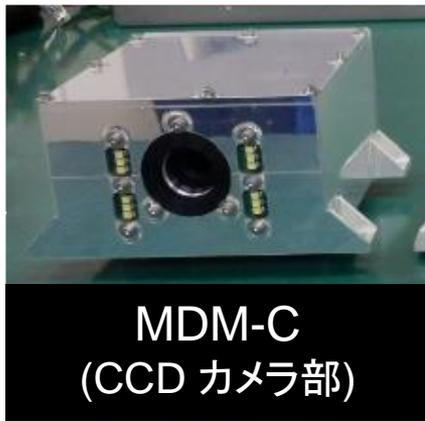
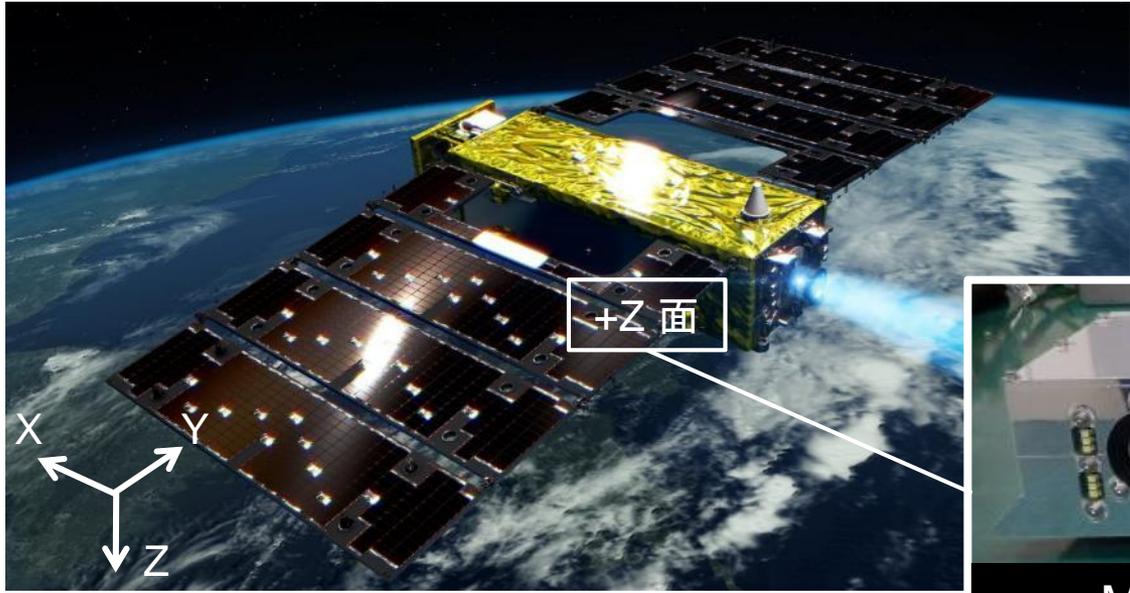
A. Goto, K. Yukumatsu, Y. Tsuchiya, E. Miyazaki, Y. Kimoto

# 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)

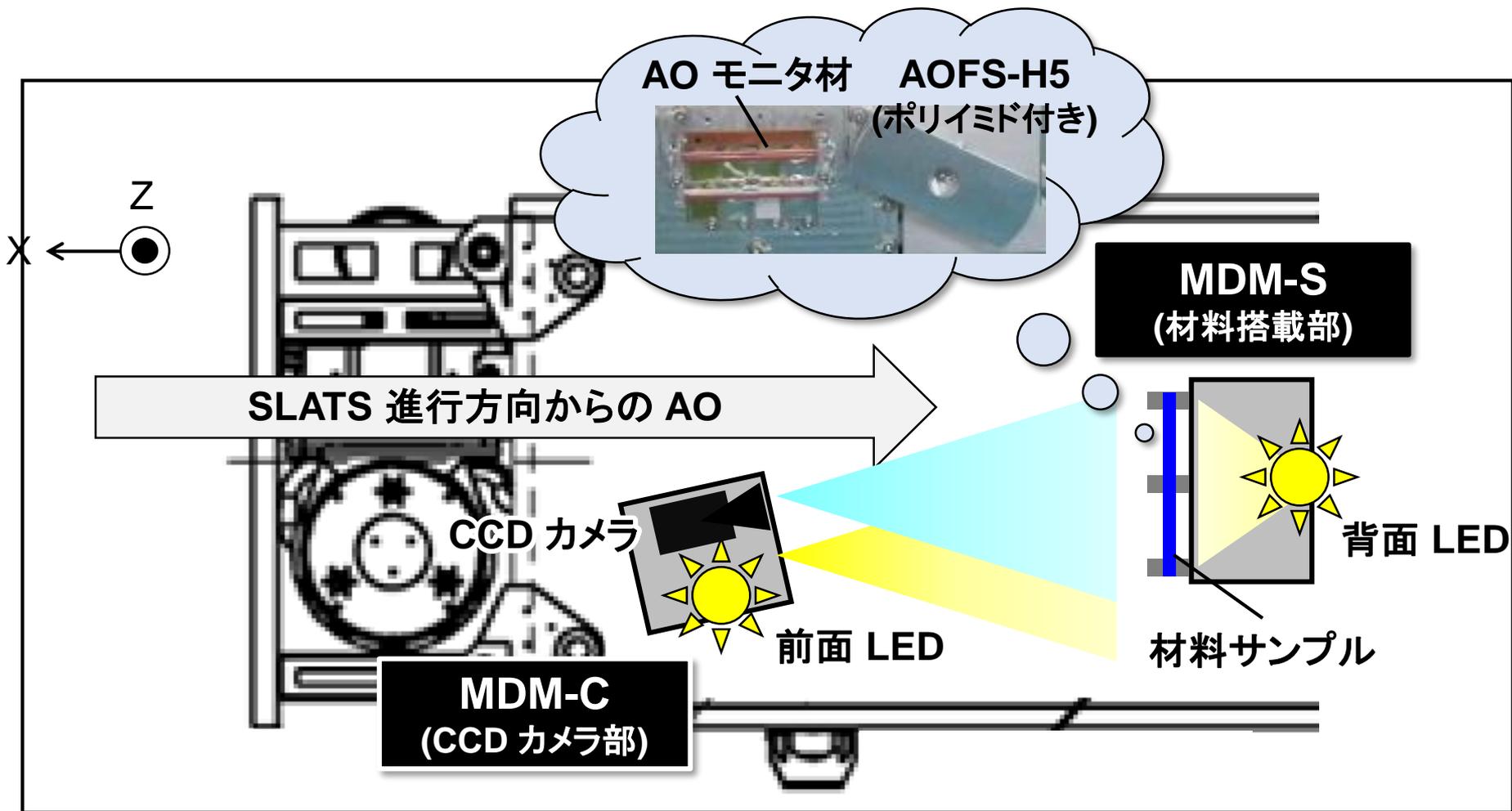
- 低高度 ~ 超低高度環境における宇宙用材料の劣化を, CCD カメラを用いた光学観測にて定性モニタリング
- 将来超低高度衛星への適用が期待される材料について, 原子状酸素 (AO) など中性大気衝突に対する耐久性や, 反応挙動の解明を目指す



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

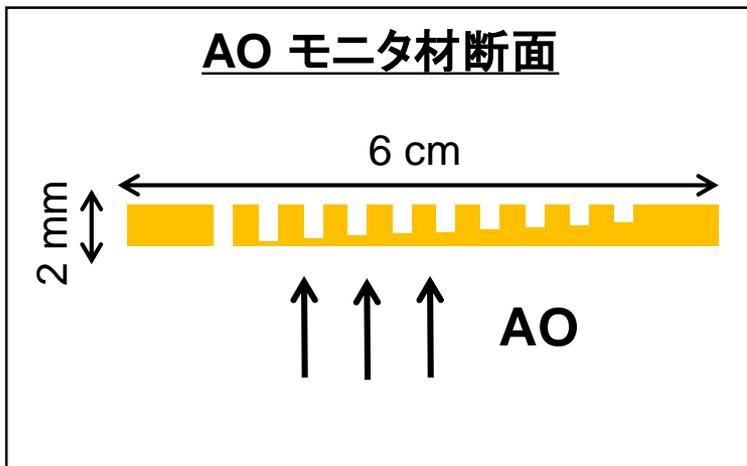
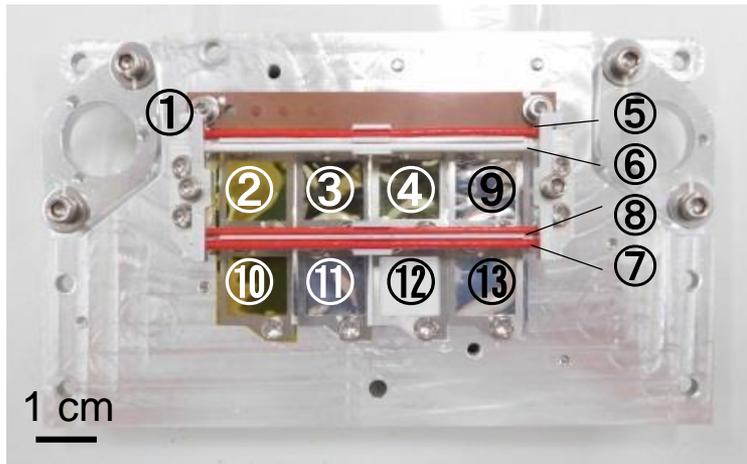
# 光学観測と AO フルエンス計測

- 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

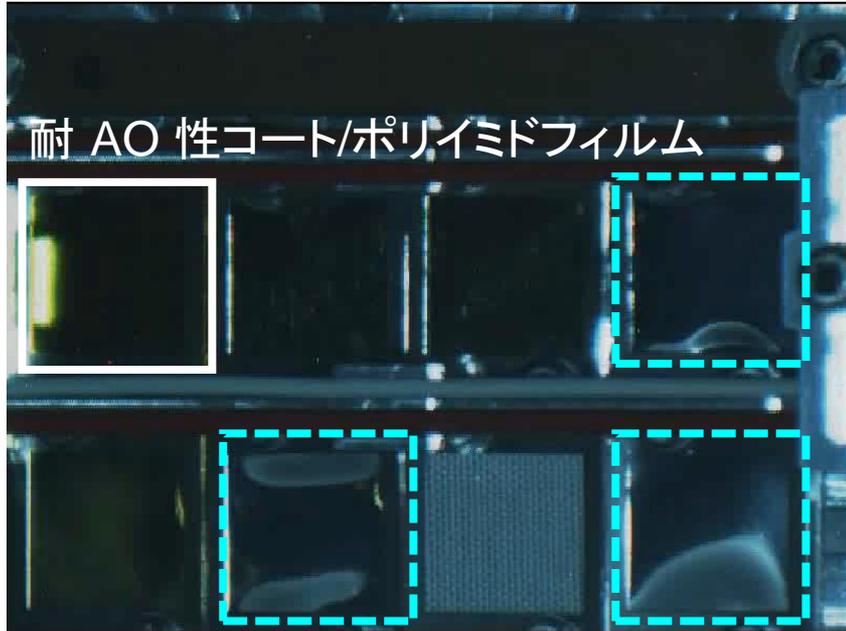
1. MDM ミッション概要
2. 本検討
3. AO フルエンス
4. 材料変化
5. 今後の展望
6. まとめ

# 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

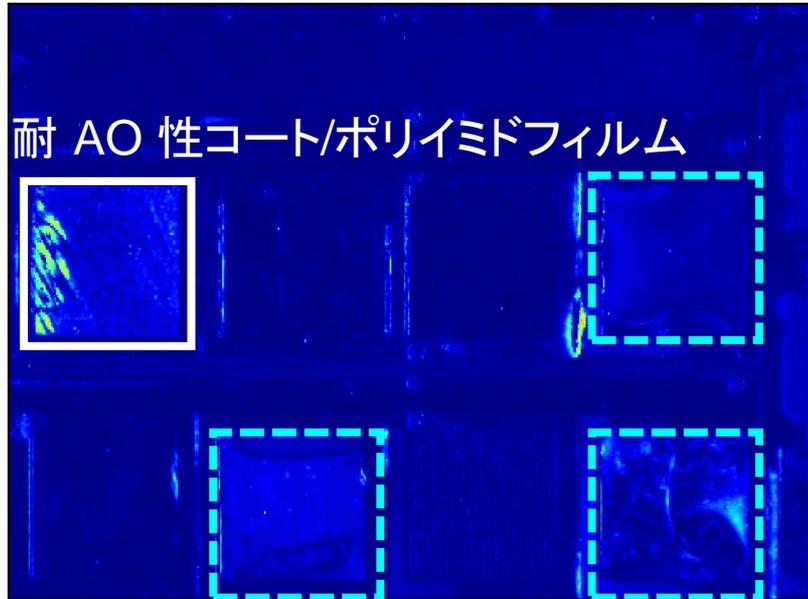


# 材料変化有無の識別: 初期 (2018.1.4) との絶対差



前面 LED 像

20190925\_fr\_gray\_ABSDIFF



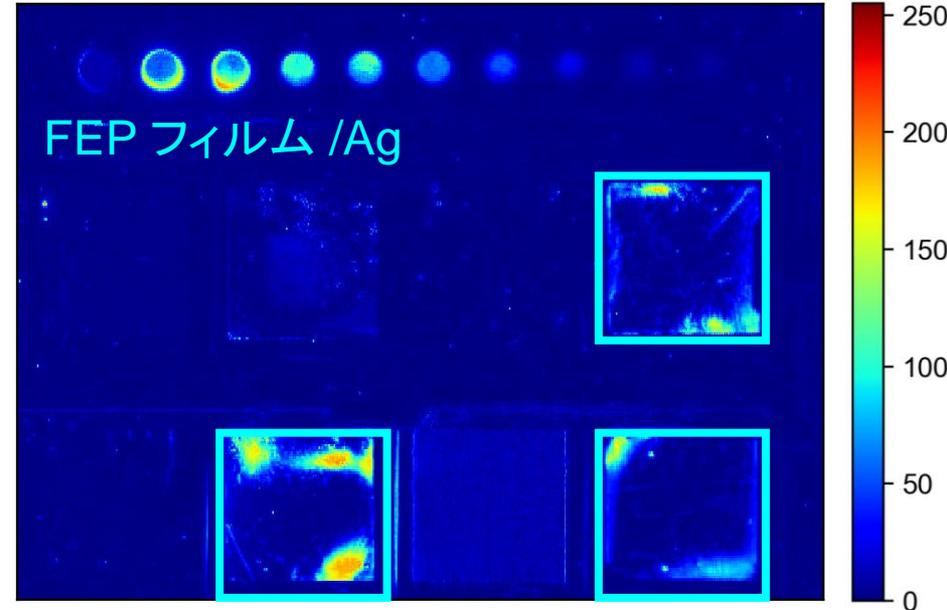
耐 AO 性コート/ポリイミドフィルム

- ✓ 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

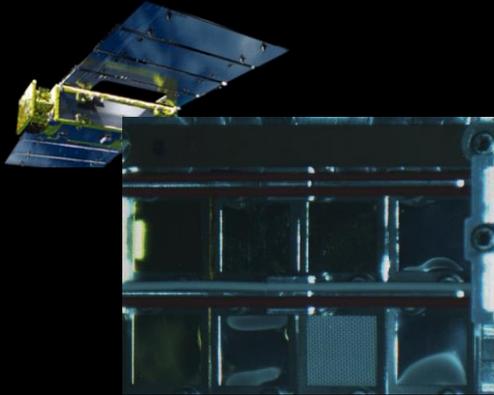
- ✓ FEP フィルム/Ag:  
→ ミッション序盤 (2018.3) ~ 変化が進行  
(背面 LED 光が局所的に透過)

- ✓ 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

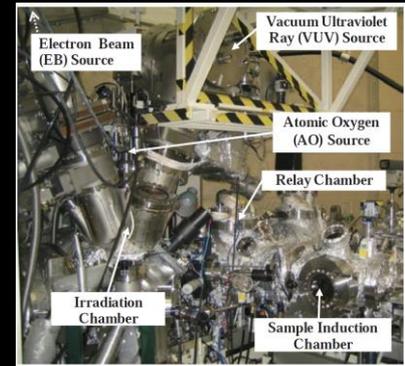
## SLATS / MDM



## 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。