資料53－3

科学技術・学術審議会
研究計画・評価分科会
宇宙開発利用部会
（第53回）2020. 2. 19

超低高度衛星技術試験機「つばめ」(SLATS)
プロジェクト終了審査の結果について

2020年2月19日

宇宙航空研究開発機構
理事　今井 良一
SLATSプロジェクトマネージャ　　佐々木 雅範

事後評価と本資料の位置づけ

【経緯】

- 超低高度衛星技術試験機「つばめ」（SLATS）は、2017年12月23日に打ち上げられ、初期運用と1年間の軌道遷移を経て、2019年4月からイオンエンジンを用いた軌道保持運用（高度271.5km~181.1kmの6段階）を実施した。並行して、大気密度や原子状酸素に関わるデータの取得及び高分解能撮像の実験を実施した。
- 2019年9月21日から後期運用に移行し、高度167.4kmにてイオンエンジンとRCSを用いた軌道保持運用を9月30日にかけて実施し、10月1日に停波運用を実施した。
- SLATSの運用終了の妥当性及びプロジェクトの終了について、2020年1月21日のJAXA理事会議において了承された。

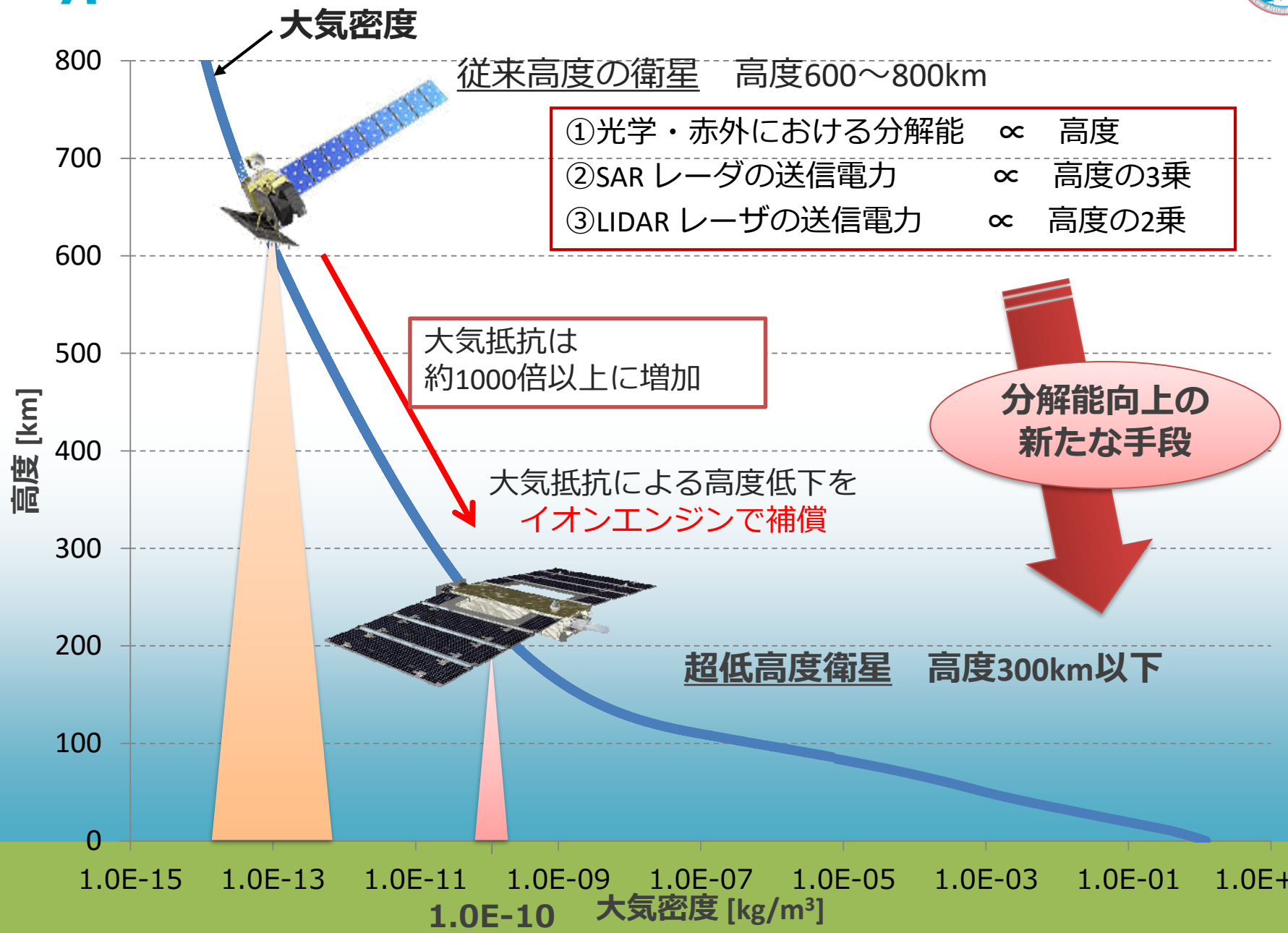
【本資料の報告内容と位置づけ】

- 本資料では、「宇宙開発利用部会における研究開発課題等の評価の進め方について」（平成31(2019)年4月18日宇宙開発利用部会決定）における基本的な考え方を踏まえ、JAXA自らが評価実施主体 となって実施したSLATSの事後評価結果を報告するものである。
- なお、SLATSの目的、目標、開発方針、開発計画については、平成27(2015)年1月16日に宇宙開発利用部会による事前評価を受けた。

報告内容

1. 超低高度衛星技術試験機「つばめ」(SLATS) の概要
2. ミッション達成結果
3. ミッションの成果
4. プロジェクト実施結果
5. プロジェクト終了審査結果

1. 超低高度衛星技術試験機「つばめ」(SLATS) の概要 (1/6)



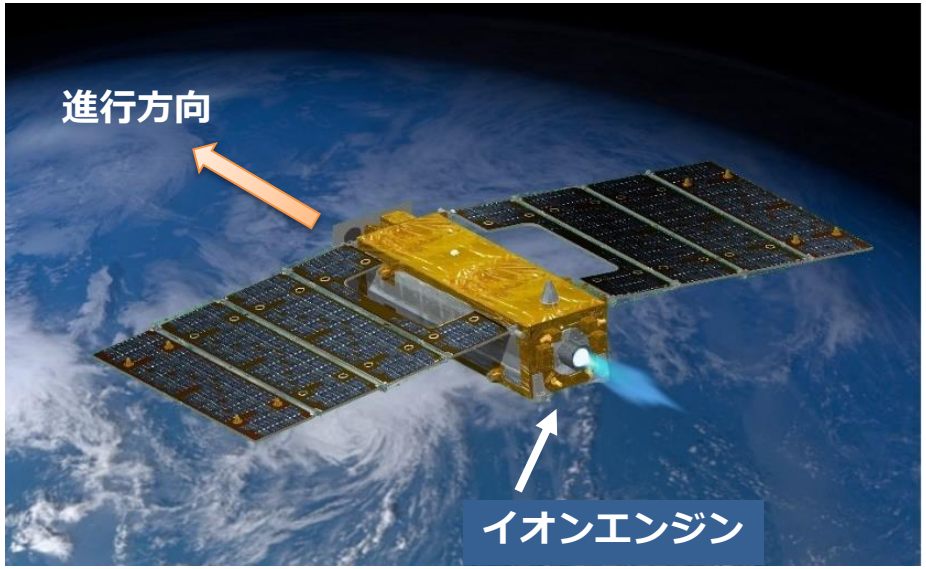
1. 超低高度衛星技術試験機「つばめ」(SLATS) の概要 (2/6)

SLATS は、超低高度衛星の実現に向けた技術課題を踏まえ、超低高度軌道（300km以下）にて大気密度や原子状酸素に関わるデータを取得し、地球観測を実証することで、地球観測における新たな利用の可能性を拓くことを目的とする。

SLATS のミッション

① 超低高度衛星技術の実証
② 大気密度データの取得
③ 原子状酸素データと材料劣化データの取得
④ 小型高分解能光学センサによる高分解能撮像

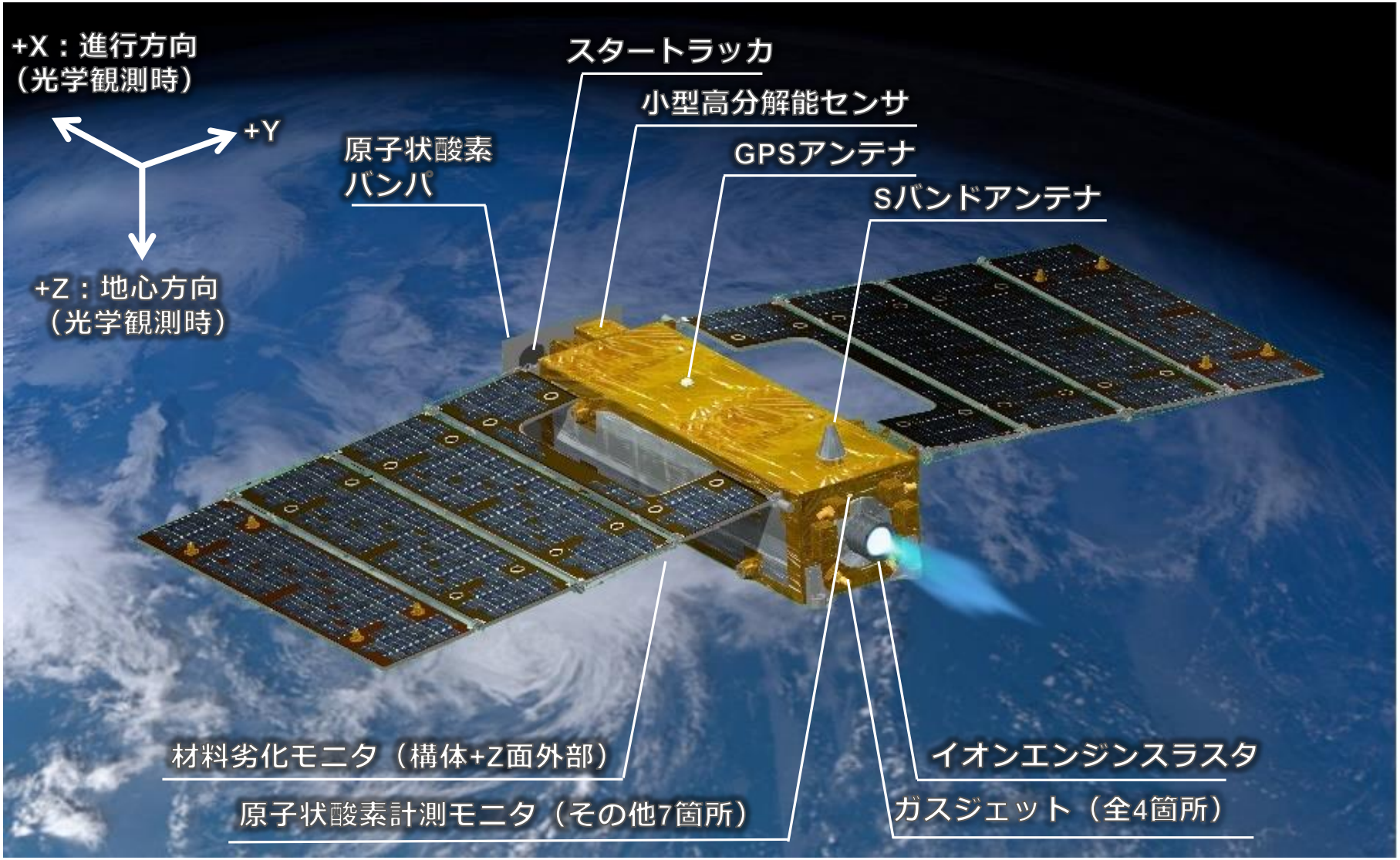
＜SLATS外観図＞



項目	SLATS主要諸元及び運用実績
軌道	投入軌道から 271.5km にかけて大気抵抗等を利用し軌道変更した。 271.5～167.4km の 7 段階の高度にてイオンエンジンを用いた軌道保持を実施した。
サイズ	打上げ時　X 2.5 m × Y 1.1 m ×Z 0.9 m 軌道上　X 2.5 m × Y 5.2 m ×Z 0.9 m
発生電力	1174W以上
打上げ質量	383 kg
設計寿命	2年以上
ミッションセンサ	(1)原子状酸素衝突フルエンスモニタ (2)材料劣化モニタ (3)光学センサ (4)小型高分解能光学センサ
運用実績	2017年12月23日～2019年10月1日

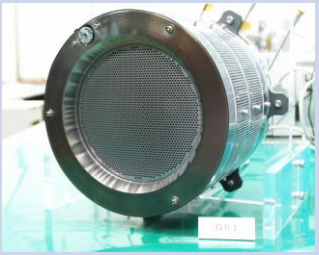
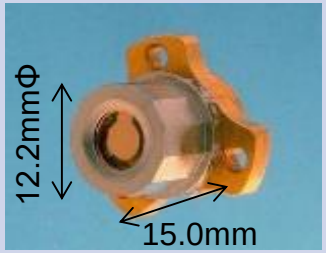
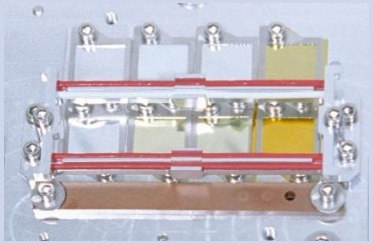
1. 超低高度衛星技術試験機「つばめ」(SLATS) の概要 (3/6)

SLATS の軌道上外観を示す。



1. 超低高度衛星技術試験機「つばめ」(SLATS) の概要 (4/6)

ミッション機器

1. イオンエンジン	2. 原子状酸素フルエンス計測	3. 材料劣化モニタ	4. 小型高分解能光学センサ
イオンエンジンを噴射して、自律的かつ高精度に軌道を保持できることを軌道上実証する。 GPS データに基づいて衛星が自律的に噴射時間を判断する。	原子状酸素計測センサ 8 台 を用いて、衛星の前方、後方や側面から入射する原子状酸素の量、及び衛星構体内の原子状酸素の量を計測する。	原子状酸素による衛星材料サンプルの劣化をモニタする。 13 種類の材料サンプルを宇宙空間に曝し、カメラの画像から劣化状況を観察する。	高分解能の小型光学センサを用いて地表面の観測を行う。 信号対雑音比を向上させる撮像技術と大気抵抗、イオンエンジン噴射等との影響評価を行う。
			
イオンエンジン	原子状酸素計測センサ	搭載材料サンプル	小型高分解能光学センサ

超低高度衛星技術
衛星の自律的なイオンエンジン噴射アルゴリズムにより、高精度に軌道を保持する技術を獲得

大気密度データ取得
実データに基づき大気モデルや衛星空力モデルの高精度化を図り、衛星設計に反映

原子状酸素データ取得
実データに基づき数値モデルの高精度化を図り、また材料劣化を把握し、衛星設計に反映

撮像制御実験
大気抵抗やエンジン推力を受けた状態の画像を分析し、センサや姿勢制御系の設計に反映

1. 超低高度衛星技術試験機「つばめ」(SLATS) の概要 (5/6)

「つばめ」 軌道プロファイル

2017.12.23 ～ 2018.3　(初期段階　3か月)

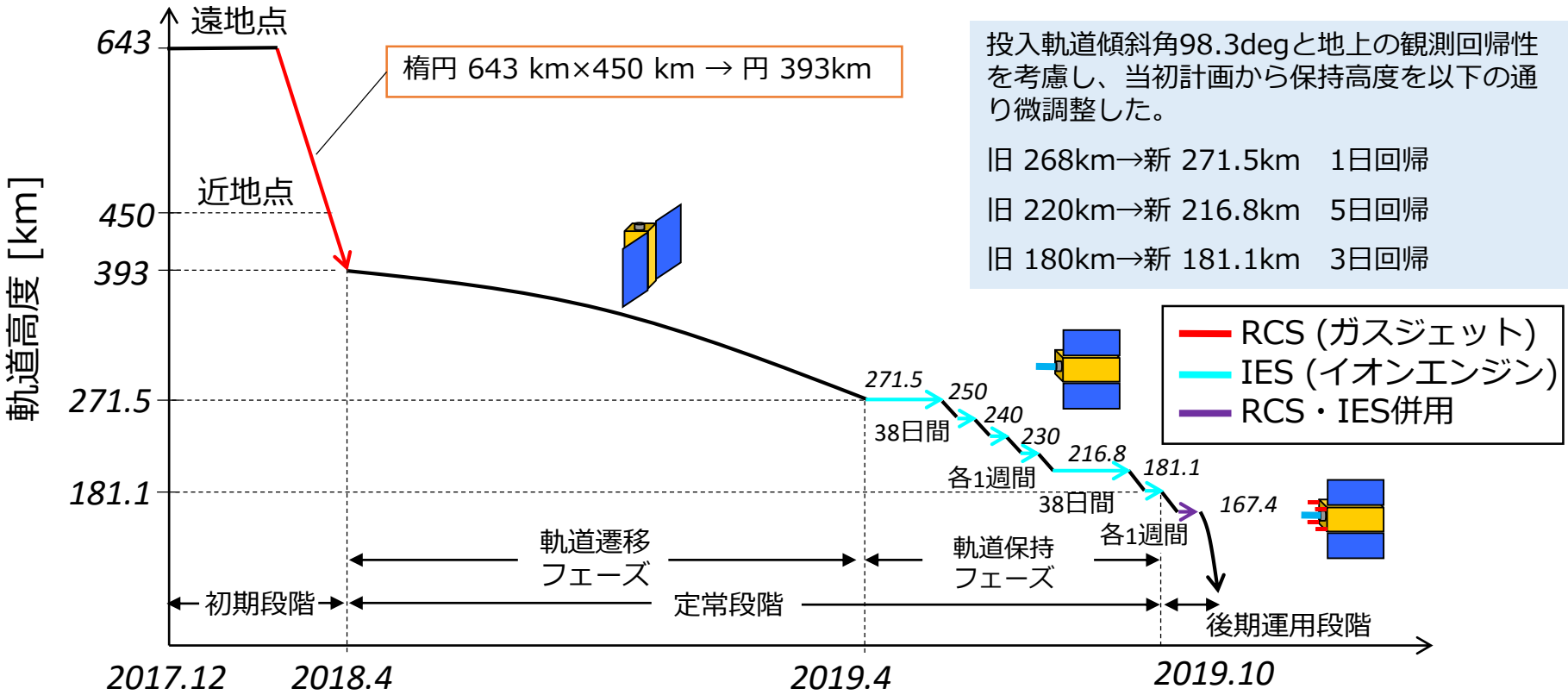
- 衛星の各機器の機能・性能確認の実施、ガスジェットによる軌道変換

2018.3 ～ 2019.4　(軌道遷移フェーズ　12ヶ月)

- 大気抵抗及びガスジェットを利用した軌道高度の遷移：高度393 km → 272 km

2019.4 ～ 2019.10　(軌道保持フェーズ　6ヶ月＋後期運用段階　9日)

- イオンエンジンを用いた軌道保持　(167.4kmではガスジェット併用)



投入軌道傾斜角98.3degと地上の観測回帰性を考慮し、当初計画から保持高度を以下の通り微調整した。

旧 268km→新 271.5km　1日回帰

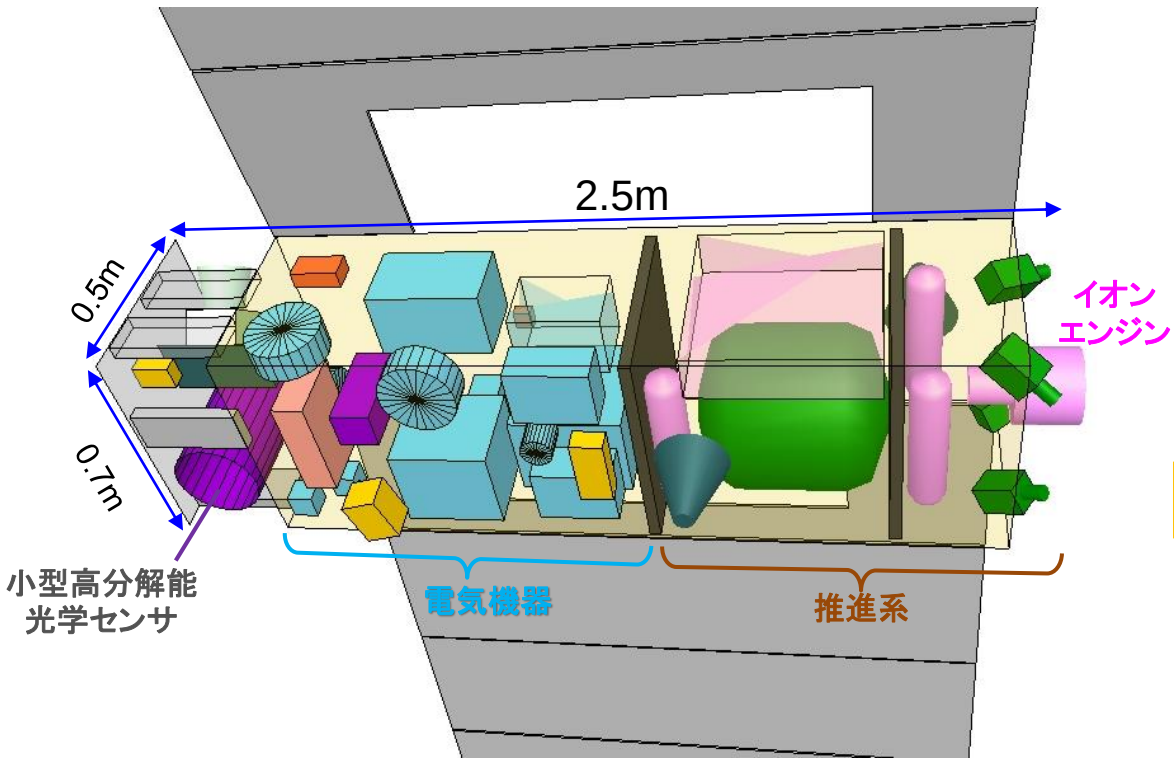
旧 220km→新 216.8km　5日回帰

旧 180km→新 181.1km　3日回帰

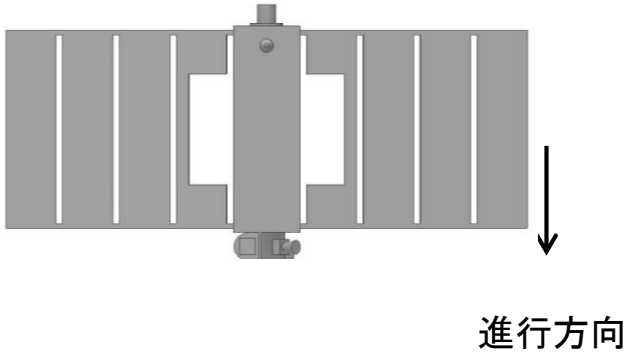
参考：軌道高度は平均軌道長半径から赤道半径を引いたものと定義

1. 超低高度衛星技術試験機「つばめ」(SLATS) の概要 (6/6)

SLATS　透視図



軌道面垂直方向から見た図



衛星の進行方向から見た図

注：掲載図は設計イメージを示したもの

超低高度衛星の実現に向けて必須となる大気抵抗の低減技術

- 進行方向に縦長の衛星構造体の採用
- 搭載計算機とテレメトリ・コマンド装置は冗長化して信頼性を確保し、他は単系構成（搭載機器の削減）
- 新規開発の小型のホイール、慣性基準装置の採用や電気機器の統合（搭載機器の小型化）
- 火工品を使用しない低衝撃保持解放機構（LSRD）を太陽電池パドルに採用（高密度実装化に貢献）
- 上記の小型化、高密度実装化により、衛星本体は、高い実装密度（380kg/m^3）を実現

2. プロジェクト目標の達成状況 (1/4)
-サクセスクライテリア評価-

超低高度衛星技術試験機「つばめ」（SLATS） のプロジェクト目標達成状況として、サクセスクライテリア(成功基準)の評価結果を以下に示す。エクストラサクセスを含むすべての基準を達成した。

◆ 超低高度衛星技術の実証

ミニマムサクセス		フルサクセス		エクストラサクセス	
超低高度軌道への投入が成功すること 【判断時期: 高度271.5km 到達時点】 【結果】判断基準である高度271.5kmへの投入を実施した。	○	①高度216.8kmにおいて、27日間以上、自律的に高度保持を実施し、高度保持精度±1km(1σ)を満足すること 【結果】イオンエンジンを用いた高度216.8kmの保持運用を38日間実施した。軌道保持精度+121m/-119mを達成した。	○	緊急高度上昇運用の有用性を示せること 【結果】高度167.4kmの高度保持運用にて、大気抵抗の増加により、イオンエンジンでは軌道が保持できない際にガスジェットが自律的に動作することで、緊急高度上昇運用に相当する軌道保持運用を実施し、その有用性を確認した。	○
		②異なる高度から光学センサにより撮影できること 【結果】高度271.5kmから181.1kmの高度保持運用期間を含め、異なる高度から光学センサによる撮像を実施した。	○		

2. プロジェクト目標の達成状況 (2/4)
-サクセスクライテリア評価-

◆ 大気密度データの取得

ミニマムサクセス		フルサクセス		エクストラサクセス	
高度271.5kmより高い高度において、大気密度に関するデータを取得できること 【判断時期: 高度271.5km 到達時点】 【結果】判断時期である高度271.5km到達時点まで大気密度に関するデータを取得した。	○	高度271.5kmから181.1kmにおいて、90日間 大気密度に関するデータを取得できること 【結果】高度271.5kmから181.1kmにおいて、イオンエンジンを用いた軌道保持運用を104日間実施し、6段階の保持高度にて大気密度に関するデータを取得した。	○	①高度271.5kmから181.1kmにおいて、90日間を超えて大気密度に関するデータを取得できること 【結果】高度271.5kmから181.1kmにおいて、軌道保持運用を104日間実施し、6段階の保持高度にて大気密度に関するデータを取得した。	○
				②高度181.1kmより低い高度において、大気密度に関するデータを取得できること 【結果】高度167.4kmの軌道保持を含め、181.1kmより低い高度において大気密度データを取得した。	○

2. プロジェクト目標の達成状況 (3/4)
-サクセスクライテリア評価-

◆ 原子状酸素データの取得

ミニマムサクセス		フルサクセス		エクストラサクセス	
原子状酸素衝突フルエンスセンサが正常に動作すること 【判断時期: 打上げ3ヶ月後】 【結果】判断時期として設定した打上げ3ヶ月後まで正常にデータを取得した。	○	高度271.5kmから181.1kmにおいて、90日間の原子状酸素衝突フルエンス（F_{AO}）を計測できること 【結果】高度271.5kmから181.1kmにおいて軌道高度遷移期間を含め合計141日間にてF_{AO}を計測した。	○	①高度271.5kmから181.1kmにおいて、90日間を超えてF_{AO}を計測できること 【結果】高度271.5kmから181.1kmにおいて軌道高度遷移期間を含め合計141日間にてF_{AO}を計測した。	○
				②高度181.1kmより低い高度において、F_{AO}を計測できること 【結果】高度167.4kmの軌道保持を含め、181.1kmより低い高度においてF_{AO}を計測した。	○
材料劣化モニタ機器の全機能が正常に動作すること 【判断時期: 打上げ3ヶ月後】 【結果】判断時期として設定した打上げ3ヶ月後まで正常にデータを取得した。	○	高度181.1km以上において、材料劣化状況を原子状酸素衝突フルエンスと共に取得できること 【結果】高度271.5kmから181.1kmの高度保持運用期間を含め、高度181.1km以上において、材料劣化状況を原子状酸素衝突フルエンスと共にデータ取得した。	○	原子状酸素による材料劣化について新たな知見が得られること 【結果】超低高度ならではの世界初の知見として、原子状酸素フルエンスに応じた2種類の材料劣化現象を捉えた。 ・耐 AO コート/ポリイミドフィルムについて、特定の原子状酸素フルエンスにて急激に表面劣化が進行する現象。 ・FEPフィルム/Ag について、原子状酸素が直接衝突しない 裏面Ag層が、浸食を受ける現象。	○

2. プロジェクト目標の達成状況 (4/4)
-サクセスクライテリア評価-

◆ 小型高分解能光学センサによる高分解能撮像

ミニマムサクセス		フルサクセス		エクストラサクセス	
小型高分解能光学センサが正常に動作し、撮像ができること 【判断時期: 打上げ3ヶ月後】 【結果】判断時期として設定した打上げ3ヶ月後までセンサは正常に動作し、撮像した。	○	①分解能 1 mの高分解能撮像ができること 【判断時期: 高度271.5km 到達時点】 【結果】分解能1mを満足する画像として、高度291.1km から撮像し、GSD 79cmにて画質仕様（MTF 0.08、SNR 25）を満足する、MTF 0.13 AT / 0.14 CT、SNR 109の画像を取得した。	○	高度271.5kmより低い高度において、一定の画像品質を備えた高分解能撮像ができること 【結果】高度271.5kmより低い高度において、一定の画像品質を示す画質仕様（MTF 0.08、SNR 30）を満足する撮像として、高度181.1kmからの撮像にて、GSD 56cm、MTF 0.10 AT/ 0.14 CT、SNR 70 の画像を取得した。また、高度167.4kmからの撮像にて、GSD 49cm、MTF 0.09 AT/ 0.14 CT、SNR 63 の画像を取得した。	○
		②衛星姿勢と協調制御による画質向上の効果や大気抵抗及びイオンエンジン噴射による画質への影響が評価できること 【判断時期：高度216.8km 運用終了時点】 【結果】衛星姿勢との協調制御による画質向上の効果を確認した。また、大気抵抗やイオンエンジン噴射による画質の影響が見られないことを確認した。	○		

3. ミッションの成果

超低高度衛星の実用化に向けた技術を世界に先駆けて獲得。
世界初　イオンエンジンを用いた超低高度からの光学画像観測運用
世界初　超低高度での長期間の原子状酸素データ取得

① 超低高度衛星バス技術の獲得
大気抵抗を低減するための、高密度実装技術、小型化技術を獲得した。
イオンエンジンを用いて高精度の軌道保持を実証した。
超低高度において高精度に軌道を予測、決定する技術を実証した。

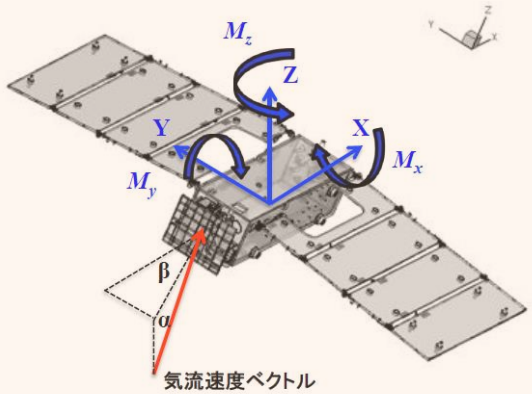
② 空力解析技術の獲得及び大気密度データの取得
希薄気体解析に基づき航空機のように空力データベースを構築した。
取得したGPSデータを用いて、大気密度を高精度で計測、把握した。

③ 原子状酸素（AO）対策
長期間のAOデータを取得した。
AOの環境評価技術や対策方法を実証した。

④ 超低高度からの撮像実証（分解能向上，様々な観測時刻，定点観測）
小型光学センサによる高分解能の画像取得にて、撮像の有用性を実証した。

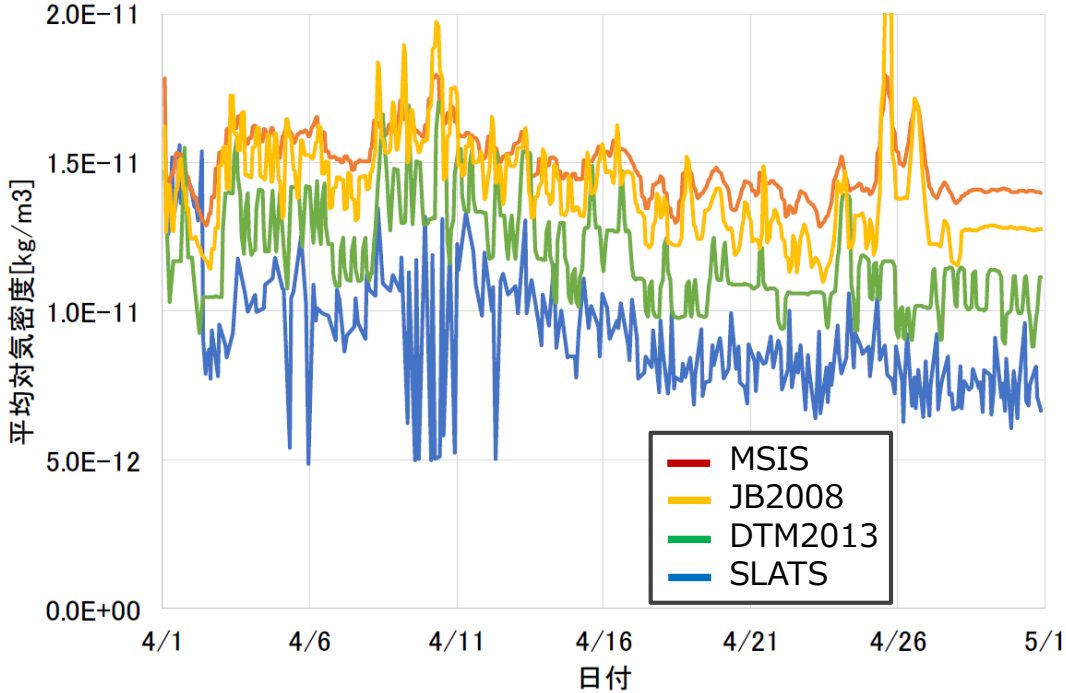
今後、将来の超低高度衛星の開発に必要となる設計基準類を整備する予定であり、取得データを詳細評価中である。
評価により得られる成果を将来衛星（別紙2参照）の実現に確実につなげていく。

3.1　大気密度データの取得



空力解析モデル

空力解析モデルを用いて解析した空力抵抗係数、 GPSR TLM データから得られる大気抵抗力及び衛星速度等に基づいて、 1 周回ごとの大気密度を評価。



高度271.5kmの保持期間中の大気密度評価

- 大気モデルの精度向上を研究中。
- データの一例として、高度271.5kmの軌道保持期間における1周回ごとに算出した大気密度の評価において、軌道上データは、大気モデル（NRL-MSISE-00）にて予測した値に比べ 30% 程度低い結果が得られている。
- 得られた成果に基づいて、**さらなる衛星の小型化や長寿命化**を図ることで、**超低高度衛星の活躍領域をさらに拡大**できると期待される。

3.2　原子状酸素データの取得（AOフルエンスセンサ）

原子状酸素(AO)の衛星進行方向の衝突量を定量的に評価する。

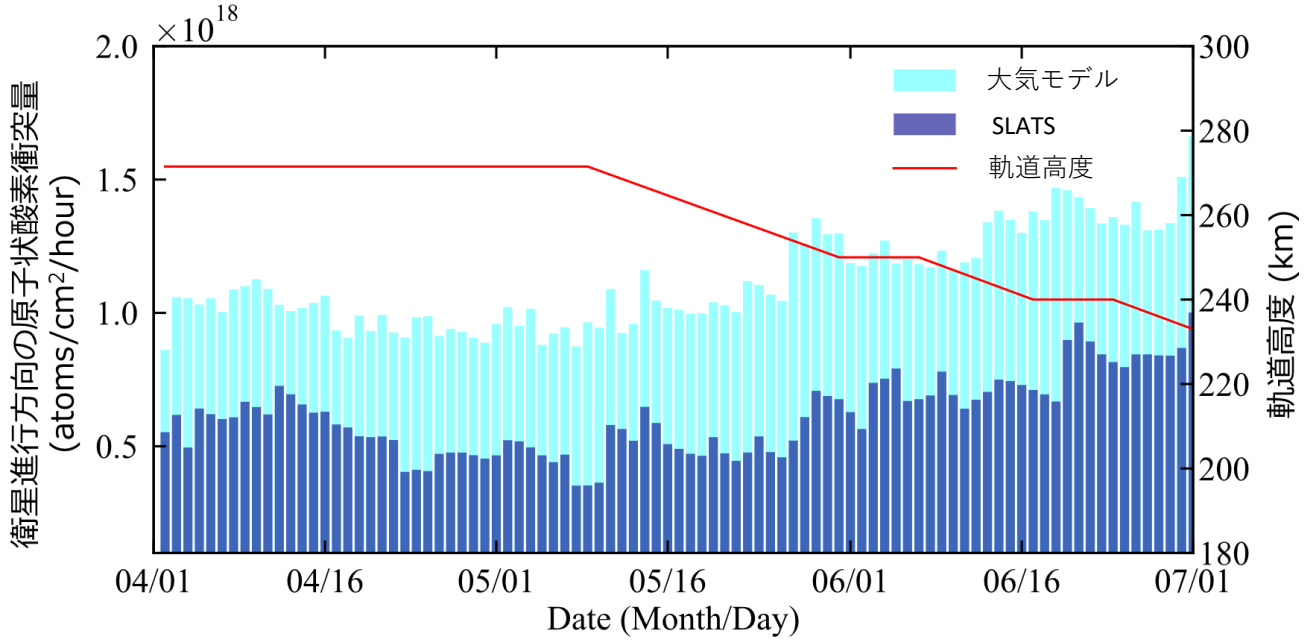


図1 原子状酸素衝突量のトレンドデータ

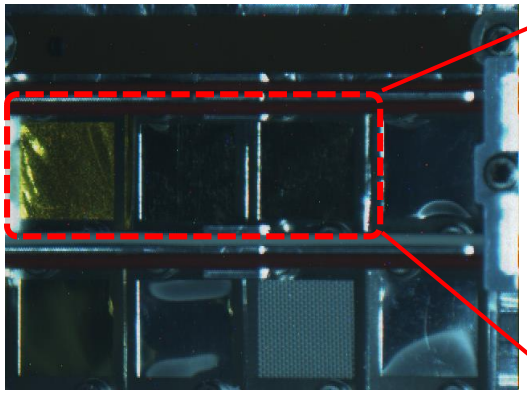
- **高度300km以下**にて**長期間**（6か月）の軌道上の原子状酸素量の計測は**世界初**。
- データ評価の一例として、大気モデル（NRLMSISE-00）と比べて、約50%程度低い傾向が得られており、従前の考えより超低高度**衛星の長寿命化やAO対策コストの削減が期待**される。
- 「つばめ」データを用いた大気モデルの精度向上により、高層大気や電離層にかかわる物理現象の把握・予測に貢献すると期待される。

出典：土屋 佑太,宮崎 英治,行松 和輝,後藤 亜希,木本 雄吾,今村 俊介,三浦 健史,佐々木 雅範、“SLATS搭載原子上酸素フルエンス計測装置(AOFS)の軌道上運用解析結果”、第63 回宇宙科学技術連合講演会, 2N09, 2019.

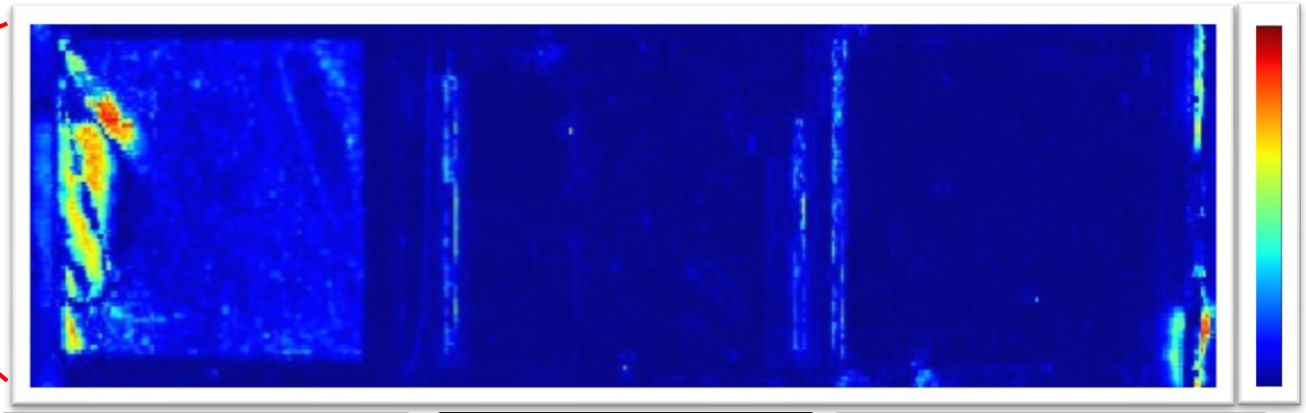
3.3　原子状酸素データの取得（材料劣化モニタ）

原子状酸素（AO）による搭載材料試料（全13種）の劣化状況を光学カメラでモニタする。

評価例：3 種類のﾎﾟﾘｲﾐﾄﾞﾌｨﾙﾑについての 1.5 年間の変化量



搭載材料試料の画像
打上げ1.5年後(2019/6/19)



耐 AO (SQ) コート Polyimide (Apical/AH)	耐 AO 性 Polyimide (BSF30)	UV 遮蔽ｺｰﾄ付き耐 AO 性 Polyimide (BSF30)

材料劣化の新規知見を獲得

JAXA開発素材のAO に対する高い耐久性を実証

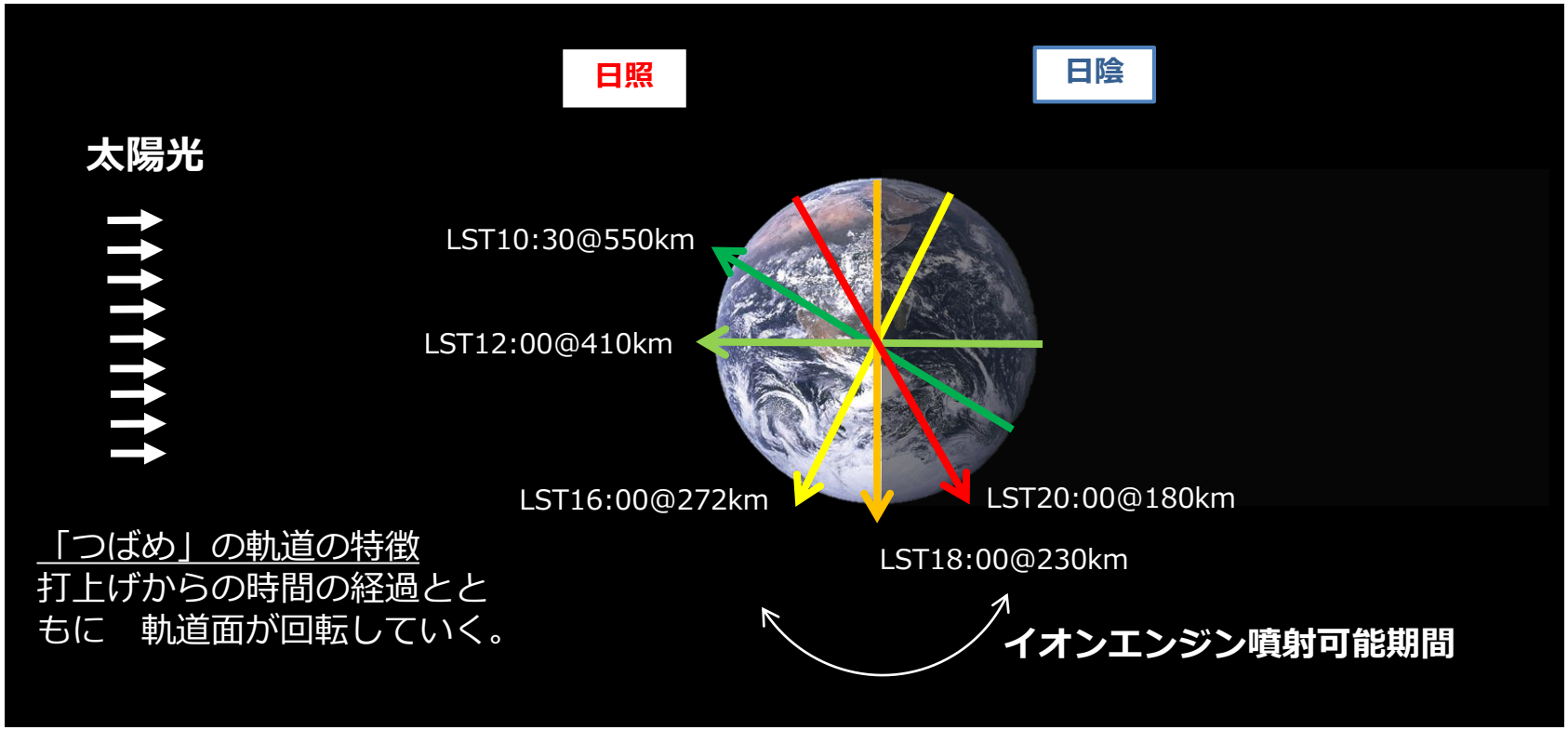
- **高度 300 km 以下**での大気曝露による材料劣化の観測は**世界初。**
- 評価の一例として、**ある入射AO量を超えると、急激に劣化が進行する事象**を捉えることができた。
- 世界に先駆けて取得した知見を活かし、**我が国発の耐AO設計指針**や**我が国独自の新材料創成に発展**させることが期待される。

出典：行松 和輝,後藤 亜希,土屋 佑太,宮崎 英治,木本 雄吾、“SLATS搭載MDMの軌道上解析結果”、第63 回宇宙科学技術連合講演会, 1R05, 2019.

3.4　小型高分解能光学センサによる高分解能撮像 (1/4)

高分解能撮像に関するトピック
① 軌道高度低下による画質向上効果
② イオンエンジン噴射による影響がないことの確認
③ 撮像時刻（LST）の影響（軌道面が太陽に対して回転していく軌道.　下図参照）
④ 完全回帰軌道（軌道高度271.5km）からの連日の定点観測

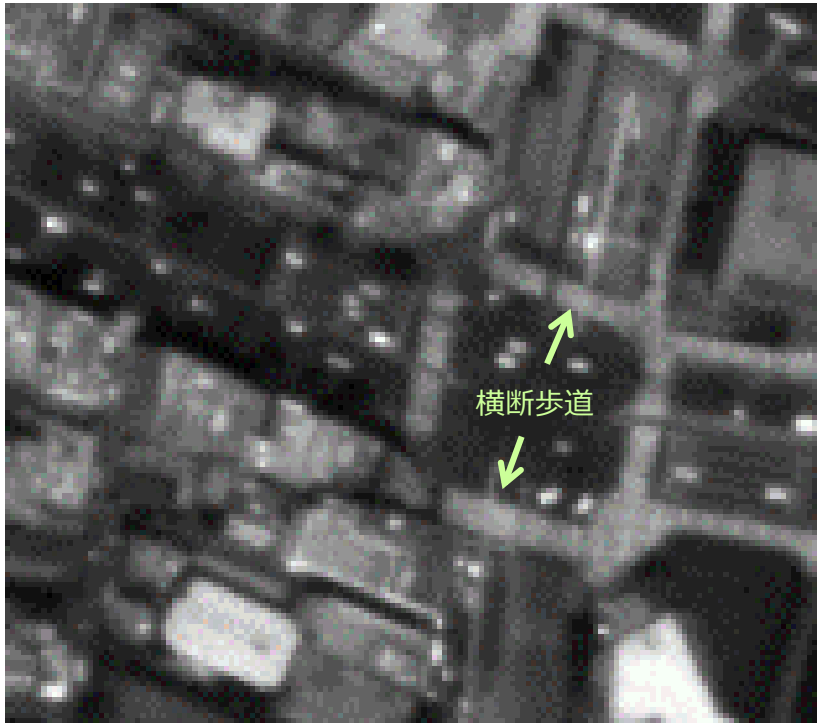
軌道高度300km以下にて撮像した画像は、衛星データプラットフォーム Tellus にて無償公開中。https://www.tellusxdp.com/ja/



3.4　小型高分解能光学センサによる高分解能撮像 (2/4)

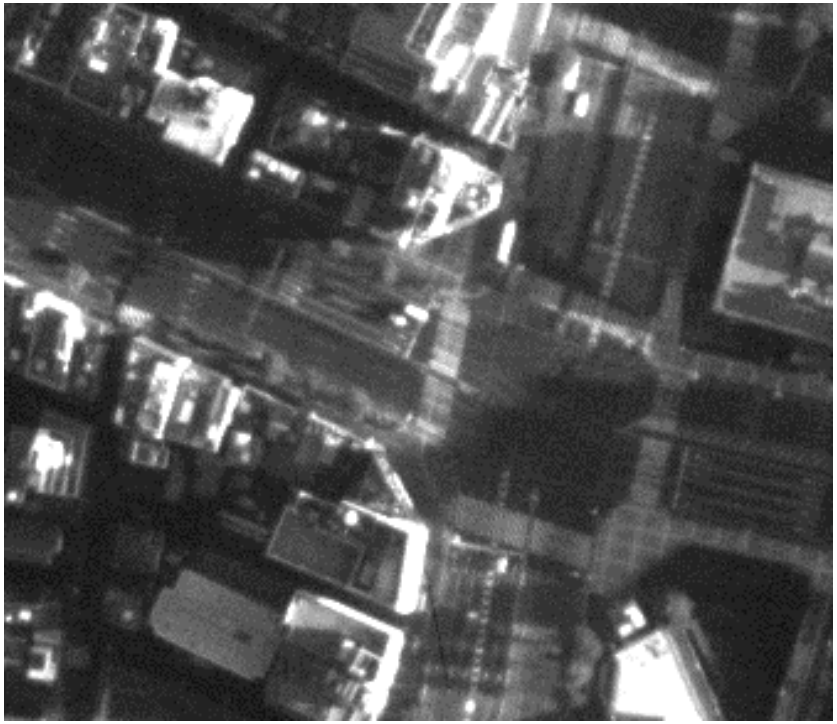
高分解能撮像　高度低下に伴う分解能向上効果

◇軌道高度差 200km による分解能向上の例（東京・四谷見附交差点付近）



約170m

GSD: 1.10m @381.1km　2018/6/25 12:20
イオンエンジン噴射無し



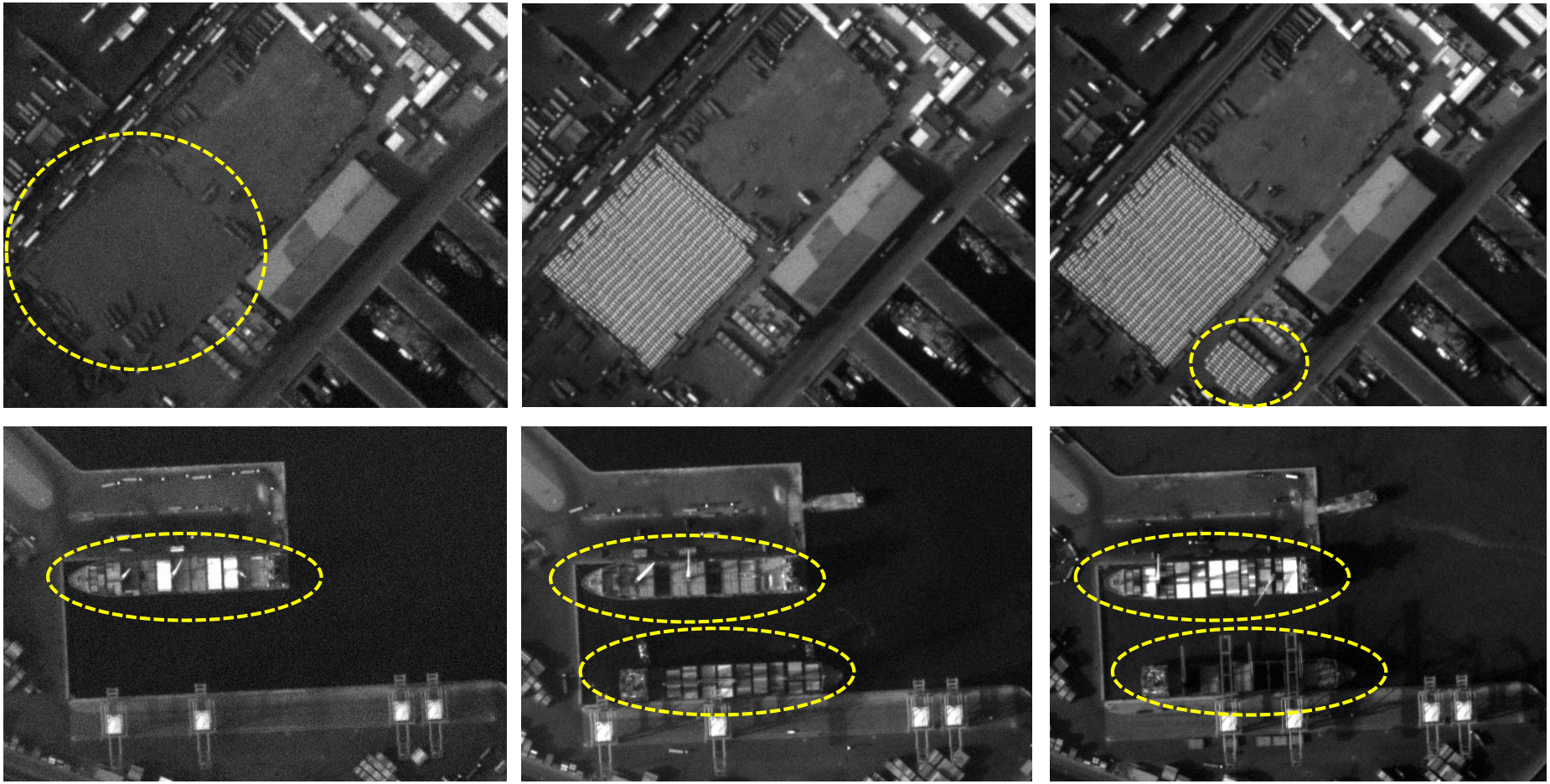
約170m

GSD: 0.52m @181.1km　2019/9/15 6:26
イオンエンジン噴射中

- **高度に比例し、画素サイズが小さくなり、より高画質の画像が得られることを確認**した。
- 高度低下に伴う大気抵抗増やイオンエンジン噴射によって画像が劣化する事象は確認されておらず、**超低高度においても良好な画質を取得**できた。

3.4　小型高分解能光学センサによる高分解能撮像 (3/4)

高分解能撮像　定点観測（例：港湾部）



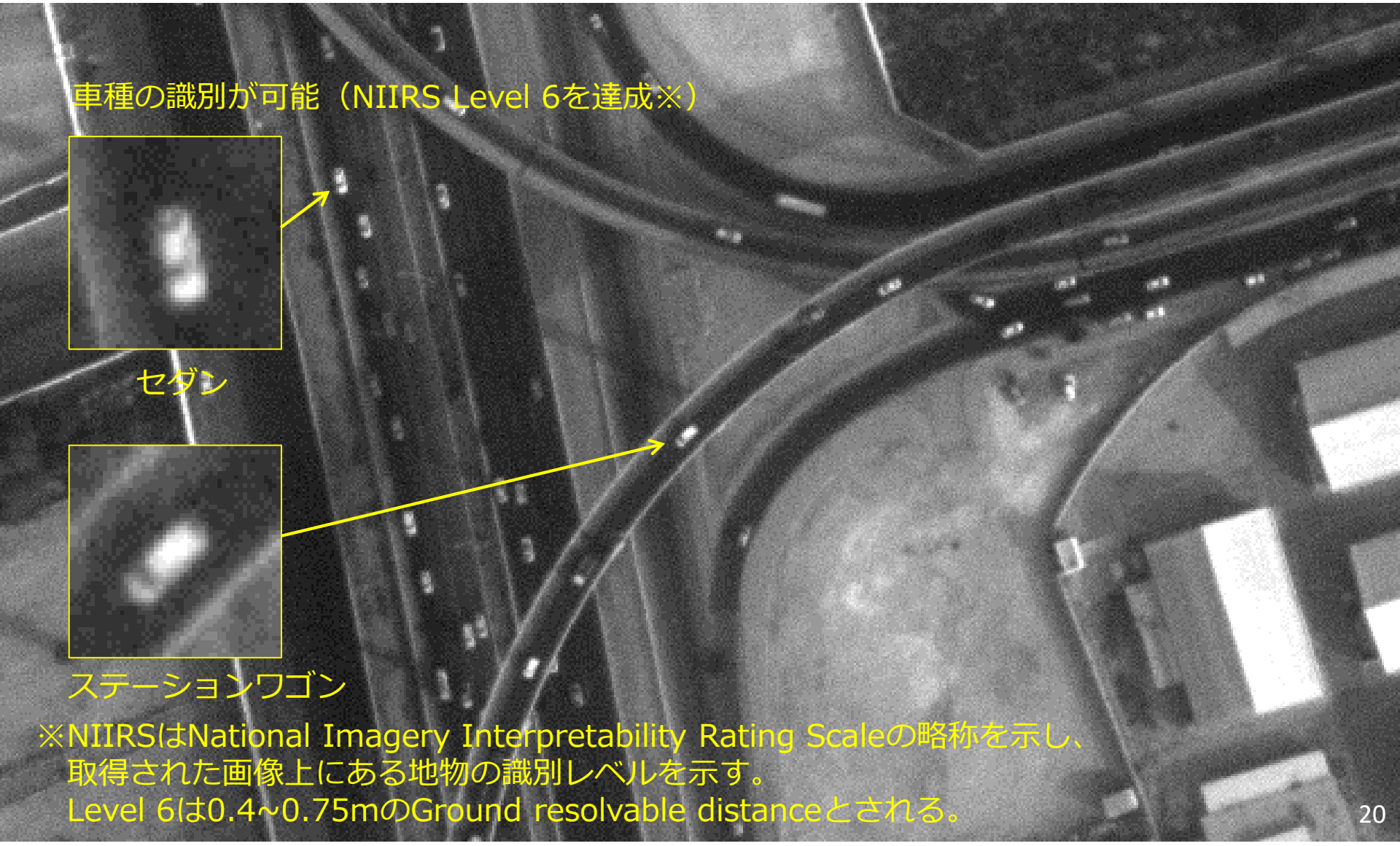
2019/4/10 16:28　　2019/4/11 16:29　　2019/4/12 16:30

- 港湾に停泊した船舶上や敷地に置かれたコンテナや自動車等の貨物の配置や数量の変化を連日同じ視点から観察が可能。
- **衛星画像を用いた高頻度の各種数量計測と地上のビッグデータとの組み合わせなど、新しい地球観測利用への展開**が期待される。

3.4　小型高分解能光学センサによる高分解能撮像 (4/4)

高分解能撮像　軌道高度150.3kmからの撮像

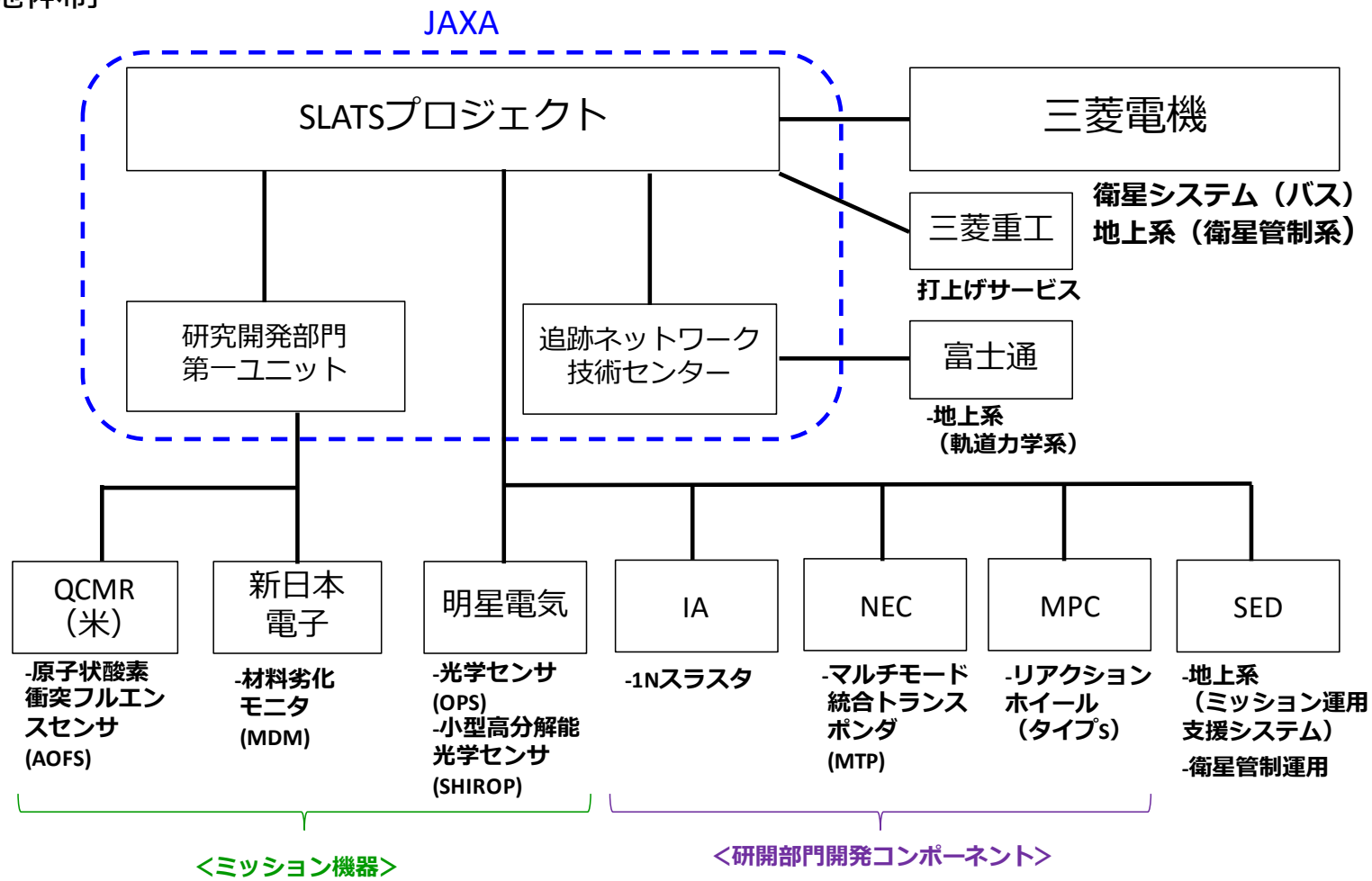
最後の撮像画像（GSD 46cm　サウジアラビア・ダンマーム）



※NIIRSはNational Imagery Interpretability Rating Scaleの略称を示し、
取得された画像上にある地物の識別レベルを示す。
Level 6は0.4~0.75mのGround resolvable distanceとされる。

4. プロジェクト実施結果 (1/3)

(1) 実施体制

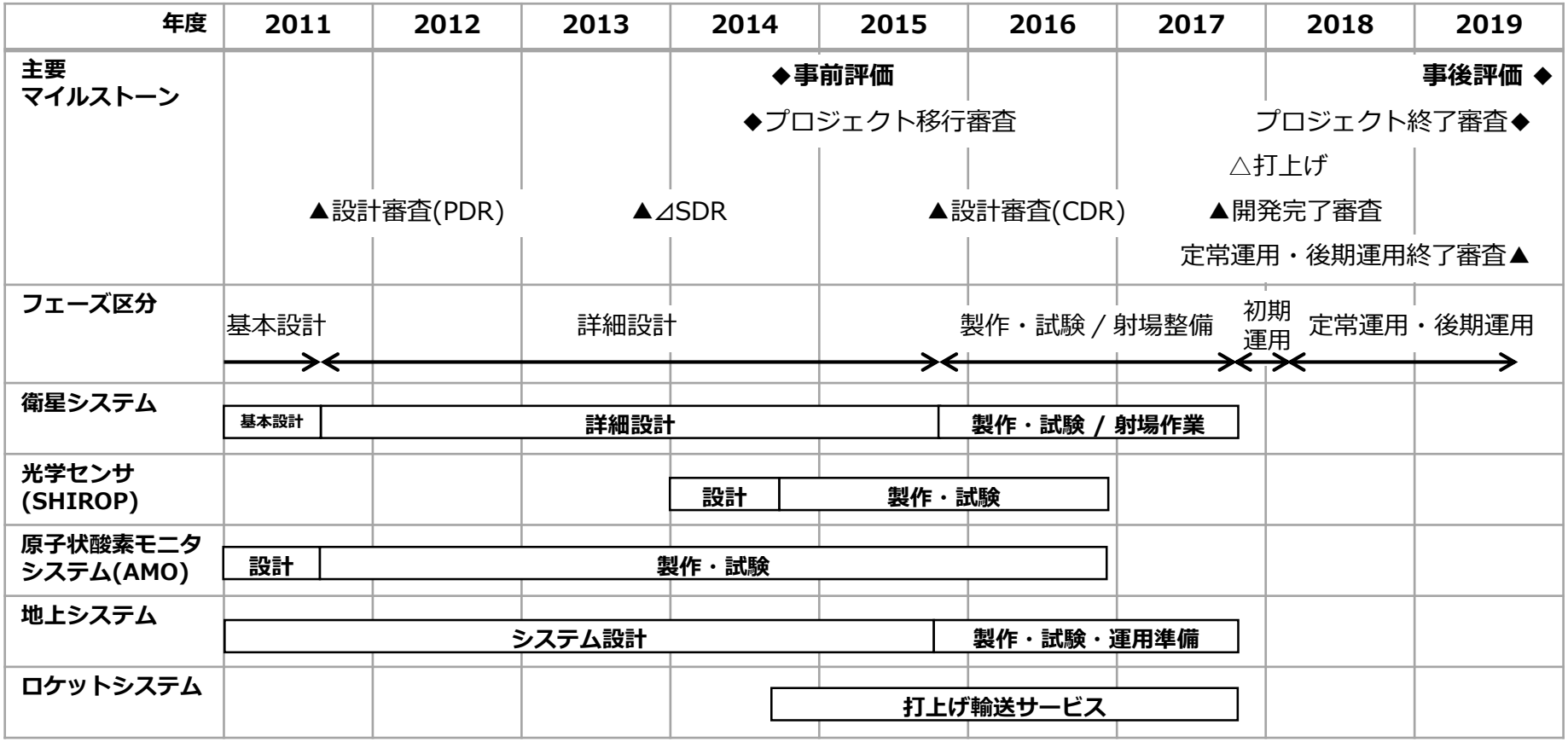


(2) 資金

プロジェクトの総資金は34億円であり、計画通り完了した。

4. プロジェクト実施結果 (2/3)

(3) 開発スケジュール



(4) 教訓や知見の継承状況

後継機検討へ継承されるべき教訓・知見及び組織横断的に継承されるべき教訓・知見をまとめた。

(5) 人材育成結果

SLATSプロジェクトに配属された人材は、プロジェクト移行後、詳細設計、維持設計、運用準備・打上げ、初期運用、定常運用、後期運用を一貫して経験することができた。これにより、プロジェクトマネジメント及びシステムエンジニアリング能力の向上と、開発経験の蓄積ができた。

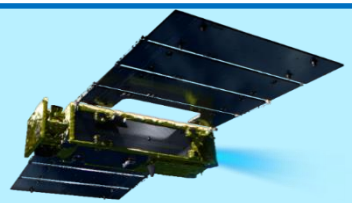
4. プロジェクト実施結果 (3/3)

(4)参考：外部機関との共同研究の状況

共同研究による「つばめ」成果拡大

・FY2016に研究テーマを公募・選定
・FY2017～FY2022にかけて実施中
⇒超低高度衛星技術に係る設計基準等に成果を反映

JAXA/SLATS

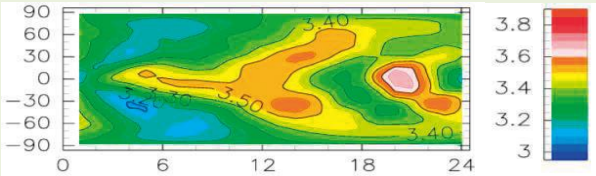


大気データ
材料劣化データ

設計基準
への反映

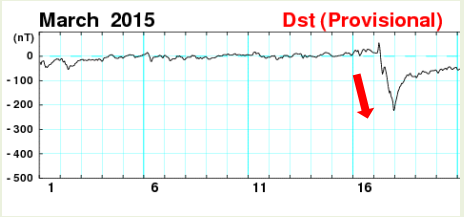
＜超高層大気環境分野＞

九大・理 三好 准教授
衛星データを用いた超高層大気の密度推定の研究



例　中性大気密度の緯度分布
(高度200km, 10^{-10}kg/m^3, 秋分, F10.7=200)

名大・宇宙地球環境研究所 能勢 准教授
Dst指数で計量した磁気嵐の規模と中性大気密度変化量の関係の統計解析



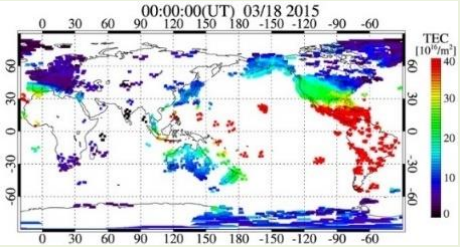
＜宇宙材料分野＞

神戸大・工 横田 助教
超低軌道環境における中性ガス衝突誘起材料劣化現象メカニズムの解析

軌道上ｻﾝﾌﾟﾙ

AO環境実験装置
©神戸大

京大・理 齊藤 准教授
SLATS観測データと電離圏観測データとの比較による標準高層大気モデルの検証



全電子数TEC©NICT

5. プロジェクト終了審査結果 (1/2)

判定

超低高度衛星技術試験機（SLATS）「つばめ」
プロジェクト終了審査　判定

SLATSプロジェクトチームの活動結果について、審査実施要領(FTA-2019015/SLA-190026) に従って審査を行い、各審査項目の妥当性を確認した。

なお、本審査会で設定した要処置事項については期限までに確実に処置すること。

以上から、SLATSプロジェクトの終了を妥当と判断する。

2020年1月17日

審査委員長　　今井　良一

注1）本審査に先立ち、外部評価及び定常運用・後期運用終了審査を実施した。外部評価の結果を別紙1に示す。
注2）要処置事項は「衛星リモセン記録の処理の詳細を定めること」及び「人材育成結果の記載充実」で1月末に処置済み。

5. プロジェクト終了審査結果 (2/2)

審査項目に対する適合性

審査項目	審査結果
①プロジェクト目標（サクセスクライテリア含む）の達成状況が妥当であること	SLATSミッション要求条件書に記載されたすべてのサクセスクライテリアを達成しており、妥当と判断する。
②社会的／政策的貢献状況や波及効果（アウトカム）が整理されて おりかつ妥当であること	高層大気科学、宇宙環境及び希薄空力解析に関わる外部評価及びSLATS獲得技術の地球観測への展開に関わる外部評価を通して、SLATSミッションの目的に対する現時点での意義・価値が確認され、社会的／政策的な貢献や波及効果が得られており、妥当と判断する。
③資産の引継先が整理されておりかつ妥当であること。	プロジェクト終了後の計画を明確にし、資産の引き継ぎ先と調整した上で、引き継ぎ先が示されており、妥当と判断する。
④レッスンズラーンドの取り込み状況が示されておりかつ妥当であること	「プロジェクトにおけるLLチェックリスト（BDB-14017A）」の「定常運用終了審査／プロジェクト終了審査」時点に適用すべき項目の取り込み状況が明示され、かつ適当であることから、妥当と判断する。
⑤機構横断的に継承すべき教訓・知見等が識別されておりかつ妥当であること	後続事業へ、及び機構横断的に継承されるべき教訓を、SLATSプロジェクトのLessons Learnedとしてまとめられており、妥当と判断する。
⑥投入した経営資源（資金・人員）、実施体制、スケジュールの実績が妥当であること	資金、人員、実施体制、スケジュールの実績と評価が示されており、内容は妥当と判断する。
⑦人材育成結果が整理されておりかつ妥当であること	SLATSプロジェクトチームにおける人材育成上の結果が整理されており、妥当と判断する。
⑧プロジェクト終了後に移行する事業の目的・範囲、投入する経営資源（資金・人員）、実施体制（プロジェクトチームの継続可否を含む）、スケジュールが 明確かつ妥当であること（必要に応じて審査する）	プロジェクトで得られた成果に関わるフィードバックを提供するために技術データの継承、共同研究等の継承に関わる所掌組織および体制を定義され、計画が明示されていることから、妥当と判断する。

外部評価結果

<u>外部評価の構成</u>

SLATSプロジェクトの活動について、以下の観点で外部の研究者・専門家の方に評価をいただいた。

A) SLATSで獲得した技術の地球観測への展開の観点で、社会的/政策的な意義・価値があったか、または、現時点での意義・価値として妥当か。

B) SLATSで獲得した技術の地球観測への展開の観点で、社会的/政策的な更なる成果が見込めるか、また、意義・価値を継続・発展させる取組みが適切か。

外部評価は以下の区分で実施した。

① 高層大気科学、宇宙環境及び希薄空力解析に関わる評価

② SLATSで獲得した技術の地球観測への展開の観点での評価

評価結果を次ページ以降に示す。

別紙1 (2/3)

外部評価結果

①高層大気科学、宇宙環境及び希薄空力解析に関わる評価

実施方法：外部評価会(2019/12/19)
評価者：　京都大学 山本教授(委員長)、成蹊大 藤原教授、神戸大学 田川准教授
ISO　宇宙環境委員会 日本代表 五家委員、宇宙研 藤田教授、阿部准教授

<u>総合評価</u>

サクセスクライテリアの達成状況について

以下の通りサクセスクライテリアを達成していると判断する。

- SLATSは271.5km~167.4km の高度範囲でイオンエンジンによる高度保持等の超低高度衛星技術を実証した。
- ミッション期間を通じて、大気密度、原子状酸素、材料劣化データの取得に成功した。
- 小型光学センサを用いた超低高度軌道からの高分解能撮像に成功した。
- 今まで研究が進んでいなかった高度での貴重なデータの取得と新しい現象発見に成功した。

今後に向けた提言

- 今後も共同研究の枠組みを継続することを期待する。
- SLATS観測データを公表することを期待する。
- 今後は、超低高度におけるSLATSの後継ミッションが例えば太陽活動極大期などにおいて実施され、関連する科学に利用されることが期待される。

別紙1 (3/3)

外部評価結果

②SLATSで獲得した技術の地球観測への展開の観点

実施方法： 定常運用・後期運用終了審査会と併せて実施 (2019/12/25～2020/1/17)
評価者： 東京大学 岩崎教授、高知大学 松岡准教授

評価要旨 (岩崎委員)

A) 現時点での意義・価値：
- 超低高度衛星で小型機器で高解像度の地球観測画像取得は意義が高い。
- TDI撮像に耐えうる衛星制御・運用技術が実証された。
- 超低軌道での地球観測ミッション技術実証を行い、十分な意義・価値を示したものと評価される。

B) 更なる成果の見込み、意義・価値の継続・発展の取組み：
- 将来に広げる取り組みも行われ、いくつかの可能性が考えらえれているが、低コスト化も実証無しでは議論できないので、今後の議論に期待する。
- 衛星一機で解決できる時代ではないので、他衛星と組むことで価値が増す。超低高度衛星と他衛星の両者の長所を生かし合う宇宙システム構築技術として発展いただきたい。

評価要旨 (松岡委員)

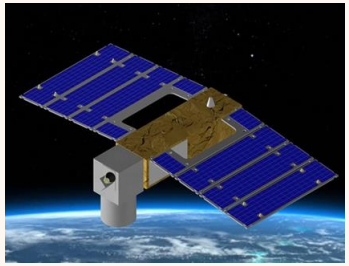
A) 現時点での意義・価値：
- 超低高度による空間分解能向上、高度変化による回帰日数の柔軟な設定、TDI撮影によるSN比向上技術を実証した。目的に合わせて柔軟な観測を行うことができる地球観測衛星システムの構築へと繋がる重要な成果である。
- 複数の技術を高度に組合せ、いずれの軌道高度からも高品質画像の取得を成し遂げた意義は大きい。

B) 更なる成果の見込み、意義・価値の継続・発展の取組み：
- 超低高度軌道での地球観測の有効性が示されたことで、他の高機能なセンサによる地球観測への展開が可能となった。複数衛星によるコンステレーションや超低高度からの集中観測への展開に期待できる。
- 多様な要求に応えられる新しい地球観測システムの構築が可能となり、更なる成果が見込まれる。
- 観測機器の大型化と運用期間長期化に耐えるシステム開発が必要不可欠であり、将来に向けた取組みは適切といえる。

別紙2

超低高度衛星後継ミッションの検討例

防災分野（光学・SAR観測ミッション）



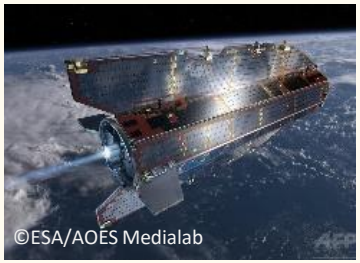
超低高度を活かし、高品質な衛星画像を小型な衛星システムにより取得（例：分解能 30cm 台を小型衛星システムで実現）。

大型衛星に比べて低コストでコンステレーションを構築でき、観測頻度向上、発災時の緊急観測への対応性向上により、防災・災害対策等を含めた広義の安全保障分野に貢献。

気象分野（風速観測ミッション）

超低高度軌道を飛行することでのみ実現可能な、ドップラライダによる風速データを取得。数値予報モデルの改善を通じて、気象予報や台風進路予測の精度向上に貢献。
さらに、航空機航路の最適化ができ、燃料削減による経済効果や CO_2 排出量の削減への貢献も期待できる。

地球科学分野（超高層大気・重力場などの観測ミッション）



超低高度軌道を飛行することでのみ入手可能な、超高層大気の組成・密度、重力場などの観測データを取得し、サイエンスの発展に貢献する。