

超低高度衛星技術試験機(SLATS) プロジェクト移行審査の結果について

平成27年1月16日

宇宙航空研究開発機構
理事 山本 静夫

SLATSプロジェクトマネージャ 佐々木 雅範

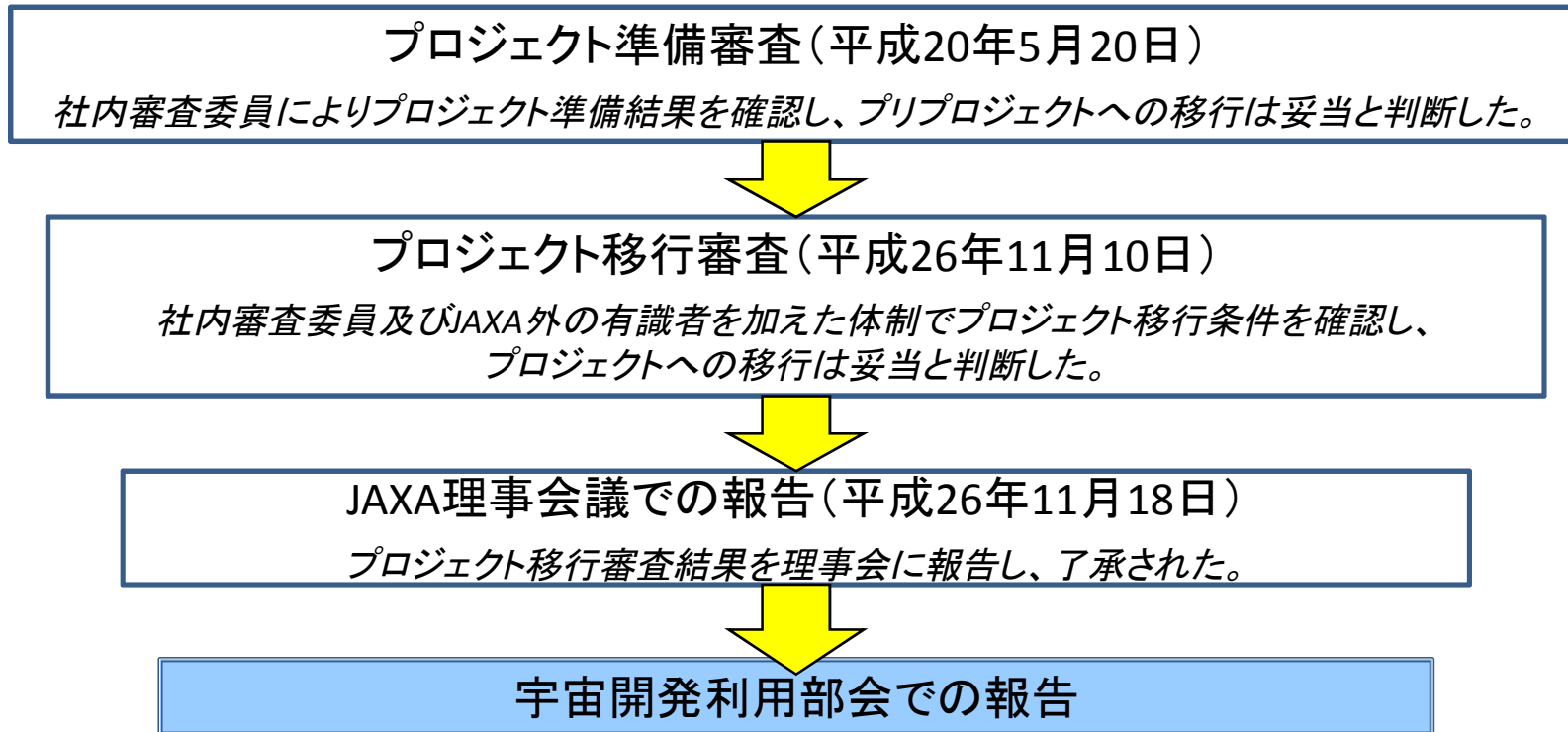


本資料の位置付けと経緯

本資料の位置づけ

宇宙開発利用部会決定「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」のプロジェクト事前評価の実施方針にしたがい、JAXAが実施したSLATSのプロジェクト移行審査の結果について報告する。

審査会の経緯



※平成27年1月9日に新宇宙基本計画が策定されたことを受け、プロジェクトの実施に当たっては、関係府省等のニーズに柔軟に対応していくこととする。



プロジェクト移行審査における主たる審査項目

SLATSは平成26年度から予算事項化されたことからプロジェクト移行することとし、プロジェクト移行審査を実施した。審査における主たる項目を以下に示す。

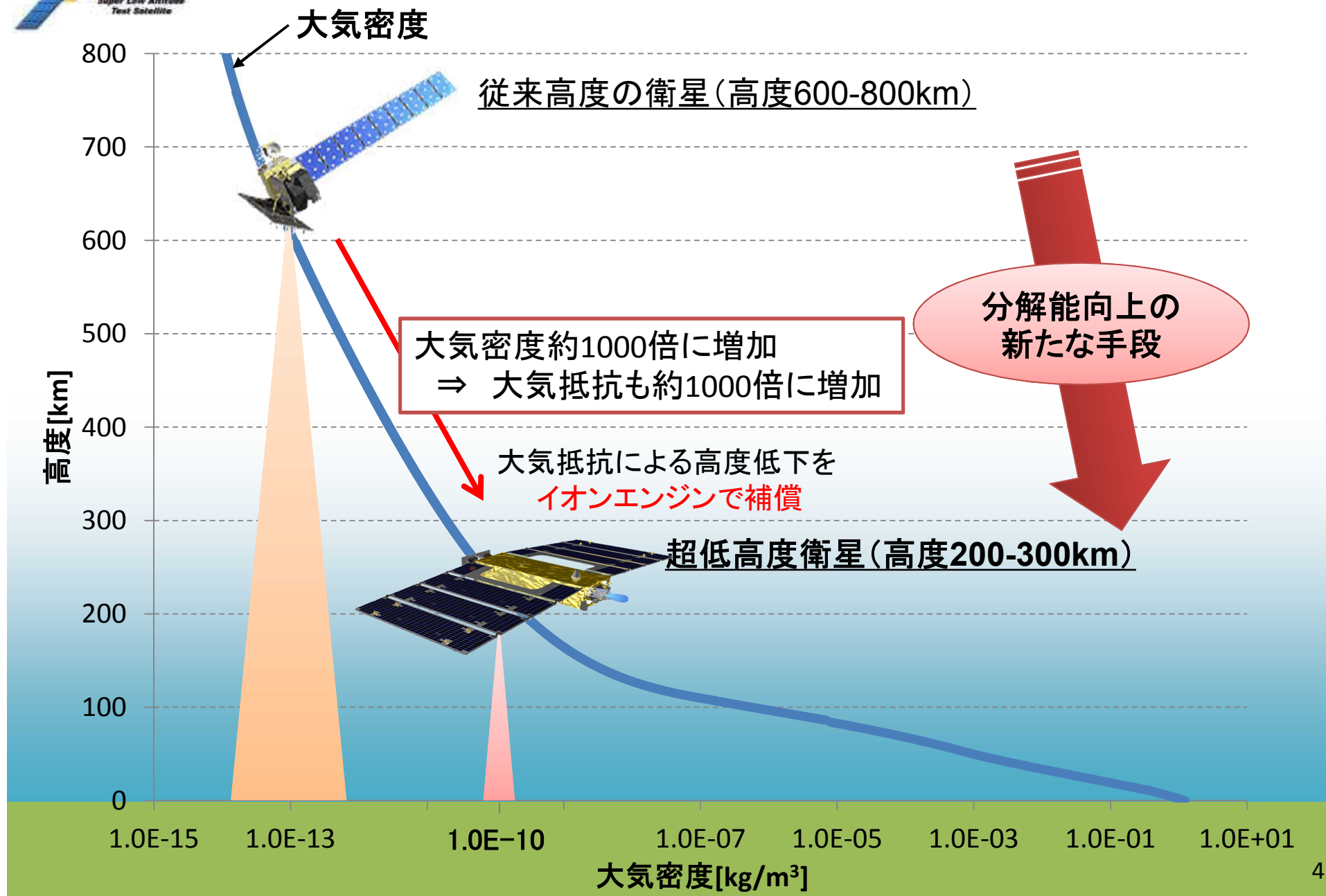
1. SLATSのプロジェクトの目標が適切且つ明確に設定されているか(審査項目#1)
 - * 社会的意義・価値との整合性
 - * プロジェクトの目的・成功基準の適切な設定
2. 実施体制、資金計画、スケジュールの妥当性(審査項目#2)
3. リスク識別とその対策の妥当性(審査項目#3)

報告内容

- | | | |
|--------------------------|---|-------------------------|
| 1. 超低高度軌道の活用 of 意義/価値 | } | プロジェクト移行審査 |
| 2. SLATSの目的(特色)/衛星システム概要 | | 審査項目#1: |
| 3. SLATSの目標、成功基準 | | 目標設定の妥当性 |
| | | |
| 4. SLATSプロジェクトの範囲と開発体制 | } | 審査項目#2: |
| 5. プロジェクト総資金と開発スケジュール | | 実施体制、資金計画
スケジュールの妥当性 |
| | | |
| 6. リスク識別 | } | 審査項目#3: |
| 7. プロジェクト移行審査結果のまとめ | | リスク識別 |



1. 超低高度軌道の活用の意義・価値 (超低高度の特色)



1. 超低高度軌道の活用の意義・価値

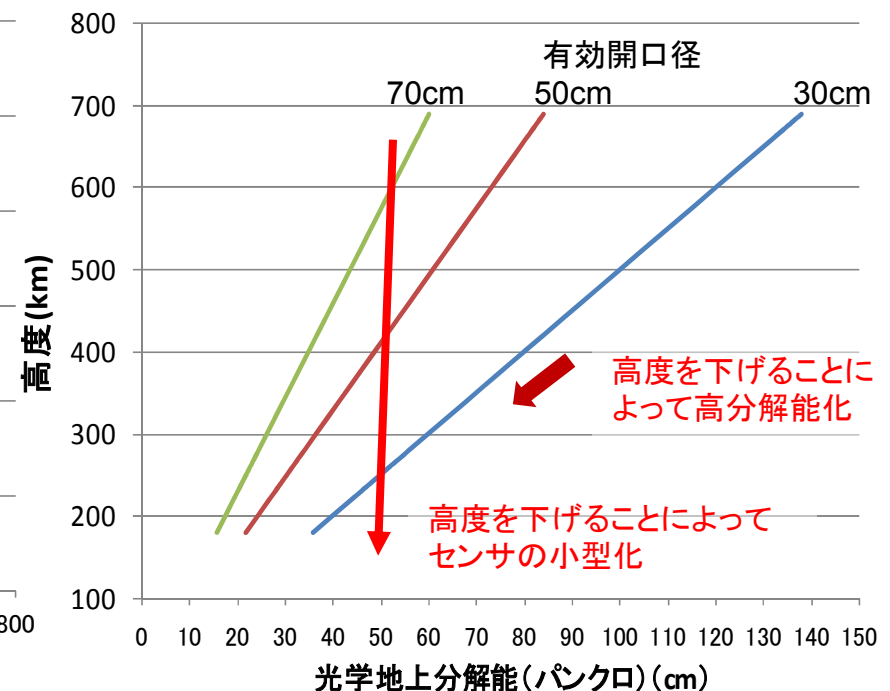
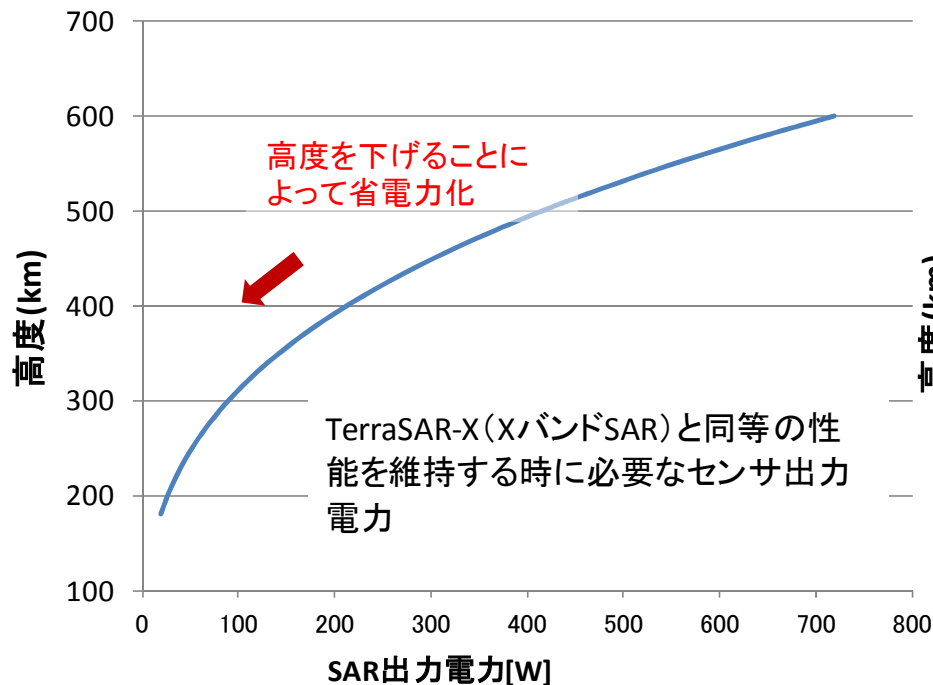
(1) 軌道高度と観測センサ性能の関係

①光学・熱赤外観測における地上分解能	:	分解能 $\propto$ 高度
②SAR観測におけるレーダ送信電力	:	送信電力 $\propto$ 高度の3乗
③LIDAR観測におけるレーザの送信電力	:	送信電力 $\propto$ 高度の2乗

(2) 高度を下げることで以下を実現

- ① 光学センサの分解能向上
- ② アクティブセンサ(SAR、LIDAR等)の送信電力低減。

(3) 従来程度の性能であれば、センサの小型化・省電力化が可能 ⇒ 衛星も小型化



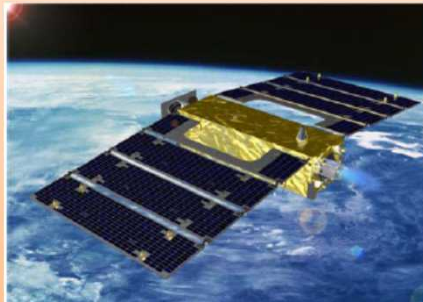
※本図は分解能が開口径の回折限界と同じことを前提としている

1. 超低高度軌道の活用の意義・価値

イオンエンジン技術

活用

超低高度衛星技術試験機
Super Low Altitude Test Satellite
(SLATS)



新たな軌道
開拓により、
衛星利用
の新たな可
能性を拓く

超低高度の
・飛行技術獲得
・環境データ取得
・リモセン衛星の
事前試験

超低高度衛星の例

高分解能
光学



小型・低コストで
大幅な分解能向上
を実現

新しい周波数
によるSAR



従来使われなかった
周波数により
SARを実現

2次元風向・風速
LIDAR



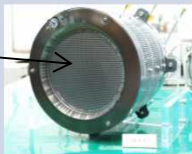
世界初の2次元風
向・風速観測を実現

科学的な意義

- ① 超低高度域の大気密度に関するデータ取得
- ② 原子状酸素の材料への影響に関するデータの取得

2. SLATSプロジェクトの概要(超低高度衛星の技術的課題)

超低高度衛星の実用化に向けた課題一覧

No	課題内容	対処方針
1	[軌道上環境の予測精度の課題] 軌道上の大気密度や原子状酸素の予測精度が十分ではなく、衛星の軌道制御や姿勢制御、原子状酸素対策への影響が懸念される。	飛行実証データにより、環境予測モデルの精度向上を図る。 ⇒ SLATSにより対応
2	[実用ミッションへ適用する際の課題] ○ 実用ミッションでの長期運用を設定すると、下記の状況が発生し得る。 a) 実用的なサイズのミッション機器を搭載しつつ、長期の運用期間を設定 b) 軌道保持用推薬が増大 ⇒ 衛星が大型化 c) より大推力のイオンエンジンや、それを駆動する大電力パネルが必要 ⇒ 再びb)へ ○ 軌道高度の低下により、地上局との通信時間が減少するため、データ伝送容量も減少する。	○ 高効率な太陽電池パネルやバス機器の小型・省電力化が必要 ○ 搭載通信系の高速化や観測運用の制限等が必要
3	[電気推進系の課題] 衛星の大型化や長期間運用に向け、イオンエンジンの大推力化や長寿命化が課題	イオンエンジンのグリッドの耐久性向上、大口径化、クラスタ化が必要 グリッド イオンエンジンスラスターの外観 
4	[各観測ミッションに対応した技術課題] ○ 光学センサ: 入射光量を増やす等のS/N向上対策、指向精度の悪化、等。 ○ レーダセンサ: 供給電力、干渉SAR観測を行うために必要な軌道保持精度、等。	○ S/N向上対策、指向精度の向上、等 ○ 高効率太陽電池パネル、軌道保持精度の向上、等



2. SLATSプロジェクトの概要(目的/主要諸元)

SLATSは世界で初めて超低高度軌道からの地球観測を実証することで、防災・災害対策等を含めた広義の安全保障分野等における新たな利用の可能性を拓くことを目的とし、下記のミッションを実施する。

SLATSのミッション

① 超低高度衛星技術の実証 (システムコンセプトの確認)

イオンエンジンによる自律軌道保持制御・衛星運用の実現性確認

② 大気密度に関するデータの取得

実測データの不足している超低高度域の大気密度に関するデータを取得

③ 原子状酸素に関するデータの取得

衛星の材料を劣化させる原子状酸素(AO)の超低高度域環境及び材料への影響を把握

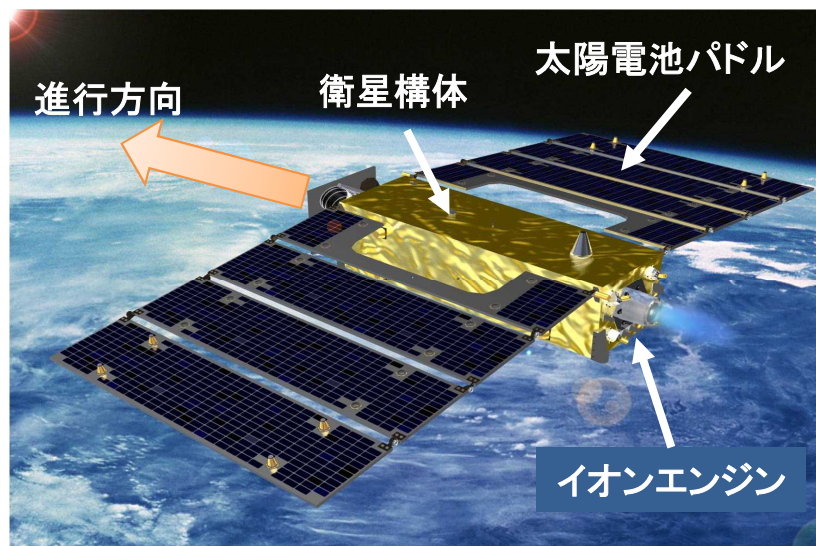
④ 小型高分解能光学センサによる高分解能撮像

- ・超低高度域での衛星姿勢と協調した光学撮像実験
- ・取得した画像は政府が進める地球観測施策に貢献

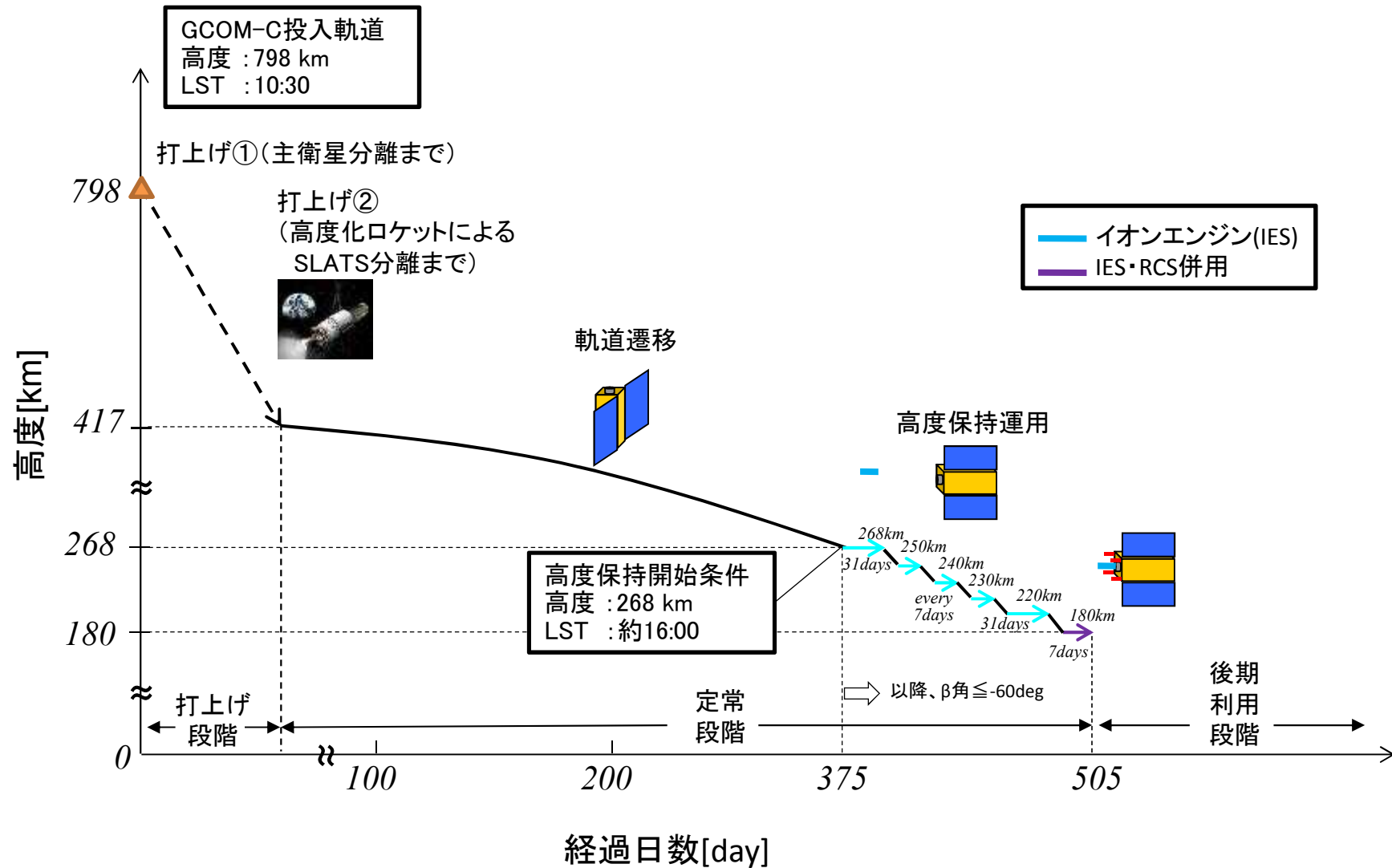
<SLATS主要諸元>

項目	仕様
主要 ミッション センサ	(1) 小型高分解能光学センサ (SHIROP) (2) 原子状酸素モニタシステム (AMO) (a) AO計測センサ (AOFS) (b) 材料劣化モニタ (MDM)
サイズ	2.5 (X) × 5.2 (Y) × 0.9 m (Z) (軌道上展開状態)
質量	400 kg以下(暫定)
発生電力	1140W以上(暫定)
設計寿命	2年以上
運用軌道	軌道高度 268km~180km
打上年度	平成28年度
打上 ロケット	H-IIAロケットによる相乗り打上げ (主衛星: GCOM-C)

<SLATS外観図>



2. SLATSプロジェクトの概要(運用軌道プロファイル)



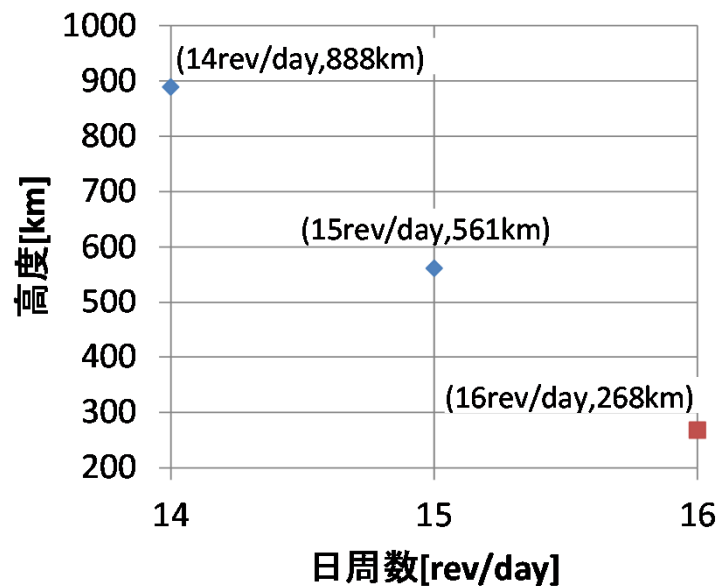
2. SLATSプロジェクトの概要(特色)

今までにない自由度をもつ衛星を実現 ⇒ 新たな衛星の使い道を拓く

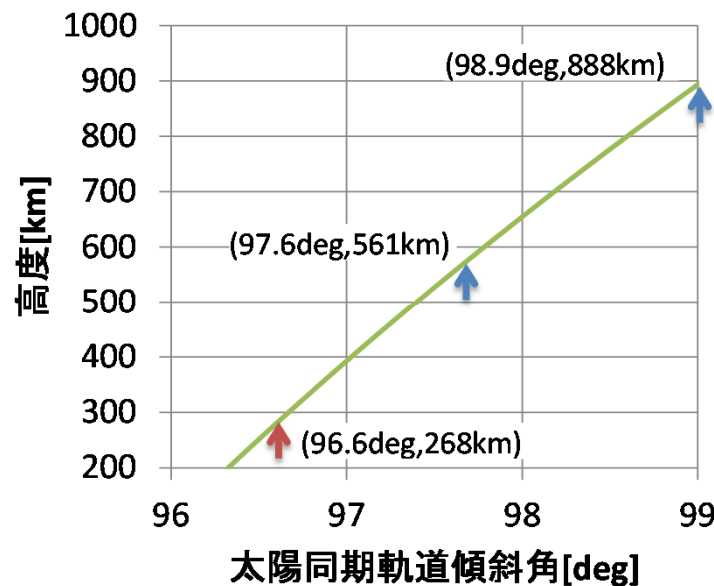
- これまでは、ミッション期間中は一つの固定された軌道で運用
- SLATSは、① 燃料効率(比推力)の高いイオンエンジンを搭載するため、
従来の衛星にはないフレキシブルな軌道変換を繰り返すことが可能。
- ② このため、低高度で太陽同期準回帰軌道と**完全回帰軌道**の併用運用を実現
 例: 通常: 準回帰軌道(高度320km) ⇔ 緊急時: 完全回帰軌道(高度268km)



同一場所の高頻度/高解像度観測を実現



完全回帰軌道となる高度と日周数の関係



高度と太陽同期軌道傾斜角の関係

3. SLATSの目標、成功基準

目的	達成目標		
	ミニマムサクセス*2	フルサクセス*1	エクストラサクセス*2
超低高度衛星技術の実証	超低高度軌道への投入が成功すること 【判断時期: 高度268km到達時点】	①高度*3220km(ノミナル)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 $\pm 1\text{km}(1\sigma)$ を満足すること ②異なる高度から光学センサにより撮影できること	緊急高度上昇運用の有用性を示せること
大気密度データの取得*4	高度268km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268km到達時点】	高度268kmから180kmにおいて、90日間の大気密度に関するデータを取得できること	①高度268kmから180km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 ②高度180km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
原子状酸素データの取得*4	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】	高度268kmから180km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	①高度268kmから180kmにおいて、90日間を超えて F_{AO} を計測できること ②高度180kmより低い高度において、 F_{AO} を計測できること
	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】	高度180km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	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
小型高分解能光学センサによる高分解能撮像	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: 高度268km到達時点】	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	超低高度軌道(高度268km以下)において、衛星姿勢との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を評価できること。

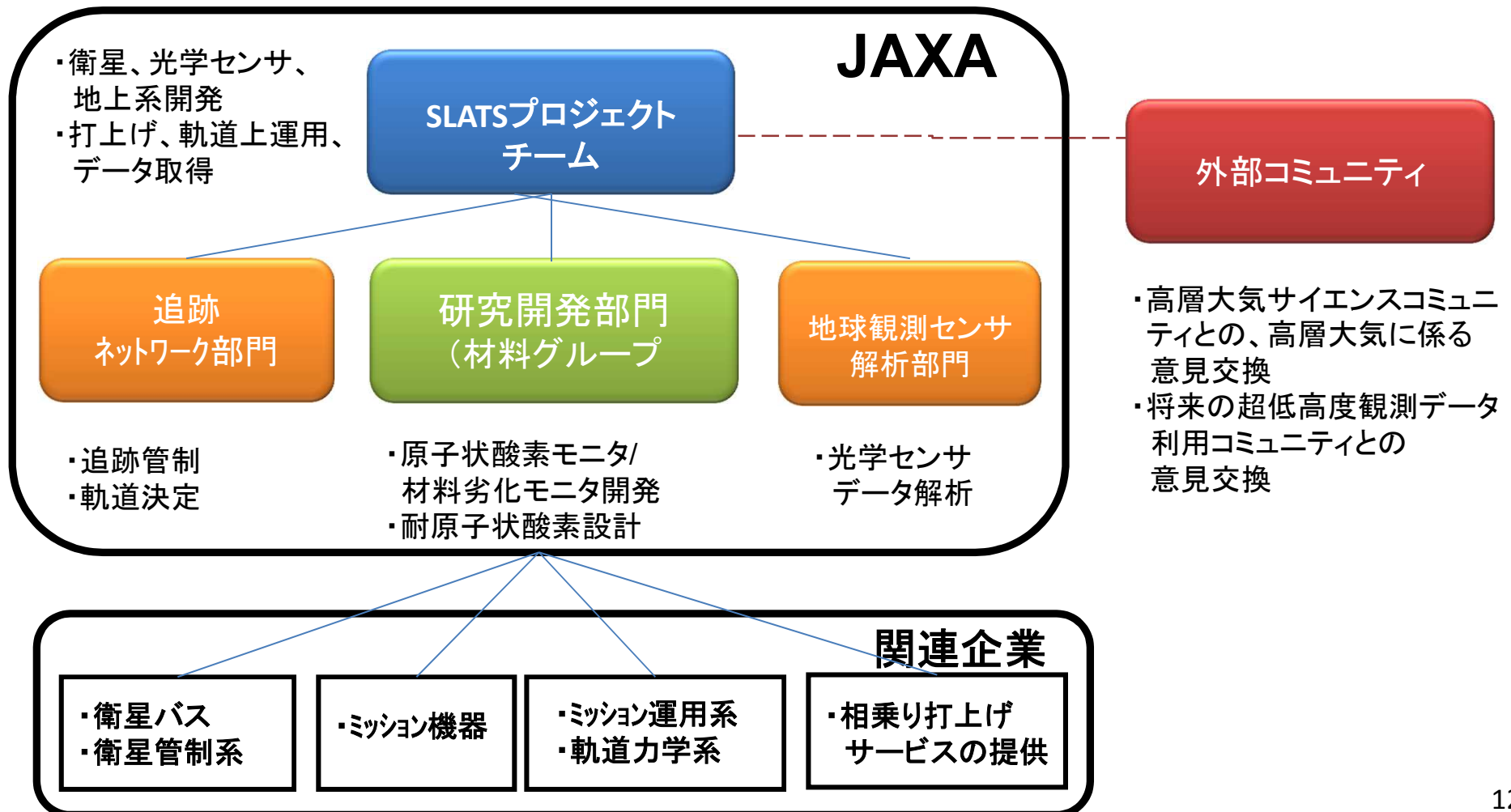
*1 : フルサクセスの達成判断時期は全て定常段階終了時とする。 *2 : ミニマム/エクストラサクセスは、項目ごとに達成判断をする。

*3 : 高度は「平均軌道長半径－赤道半径」の値とする。 *4 : ミッション期間中に取得できるデータを用い、環境モデルの評価解析を行う。

4. SLATSプロジェクトの範囲と開発体制

SLATSプロジェクトの範囲

- ・SLATS衛星システム 及び 地上システムの開発
- ・SLATSの運用及びデータ解析
- ・SLATSの打上げサービスの調達





(うち、衛星開発分は26億円)

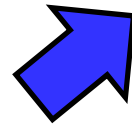
現在

現在

6. リスク識別

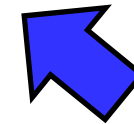
リスク識別レベルを下記の通り定義した。

発生の影響度 発生の可能性	大	中	小
	大	中	小
大	大	大	中
中	大	中	小
小	中	小	小



発生の可能性

レベル	定義
小	発生の可能性は低く、このリスクは避けられる
中	発生があり、リスクを避けるための処置が必要である。
大	発生可能性が高く、代替手段が無い可能性がある。



発生の影響度

レベル	技術	スケジュール	コスト
小	軽微	軽微	軽微
中	許容可能、改善の策あり	1ヵ月以下の遅延	数千万円
大	許容不可能	6ヶ月以上の遅延	1億円以上

6. リスク識別（分析結果の抜粋）

プロジェクトを遂行する上でのリスクの識別及び対策案の抜粋を下表に示す。
（発生の可能性、影響度、リスクレベル欄の上段は処置前、下段は処置後を示す）。

No.	リスク項目	リスクの内容	分類	発生の可能性	発生の影響度	リスクレベル	処置方針・処置状況
1	小型高分解能光学センサ	望遠鏡は新規開発要素であり、開発スケジュールが遅延する。	センサ	中	大 ↓ 中	大 ↓ 中	主鏡・副鏡 BBMを製作し環境試験を行う、望遠鏡 EMを製作して試験評価を行う、また、CFRP鏡筒の吸湿変形評価を行うことにより、課題の早期把握に努めるとともに、定期的に状況を確認する。 センサが遅延した場合は、衛星システム側で試験順序を入れ替えることにより遅延を吸収する。
2	軌道上大気密度の予測誤差大	軌道上の大気密度が予想より大きく、計画高度において軌道高度・姿勢を維持できない可能性がある。	軌道・姿勢制御系	中 ↓ 小	中	中 ↓ 小	姿勢軌道制御系の能力にマージンをもった運用プロファイルを設定した。 軌道上でマージンを超える大気密度の増加が見られた時は、システム全損を避けるため、基準高度を高め設定し直す他、化学推進系を用いた高度保持・姿勢制御に自動的に移行する設計とした。
3	長納期部品、コンポーネントの調達遅延	長納期部品、コンポーネントの発注、製造が遅れ開発スケジュールが遅延する。	部品・コンポ	中 ↓ 小	中	中 ↓ 小	SLATSに使用する長納期部品、コンポーネントについては既に発注が完了した。 今後は納期に遅れが発生しないよう、定期的に状況を確認する。

7. プロジェクト移行審査結果のまとめ

以下に示すプロジェクトへの移行に係る審査項目に沿って審査を行い、移行条件を満足することを確認し、プロジェクトへ移行して良いものと判断。

審査項目	主な審査結果
(1) プロジェクト目標、得られる成果の社会的意義・価値 ※ 特に、技術実証の先の実利用/事業化等が考慮された計画になっているか。	・超低高度軌道という未開拓の軌道領域活用に際し、将来の実用超低高度衛星(500kg級)も見据え、想定されるミッションの拡張性の検討も行われている。 ・また、民間利用についても、関係企業とNDAを締結したセンサ仕様の検討を行う等、今後の展開にも配慮されている。
(2) 実施体制 ※ JAXA内の連携、JAXAと衛星/観測機器製造メーカとの連携が図られ、かつJAXA内に技術が蓄積可能な体制となっているか。	・特に、低高度の完全回帰軌道(268km)のメリットを活かしたアウトカムを整理し充実させるべき。
(3) 人員計画 ※ 短期間で効率的な開発が可能な人員計画となっているか。	・人員計画は概ね妥当であるが、人員の拡充について引き続き本部にて調整すること。
(4) 資金計画 ※ 他の衛星プロジェクトと比して、SLATS技術実証プロジェクトの資金計画は妥当か。リスク管理費が適切に設定(項目・規模・レベル)されているか。	・フロントローディング(研究フェーズの活動)を有効に進め、プロジェクト資金としては、34億円と他衛星に比べ予算規模も抑えられた計画となっている。 ・リスク費が確保されており妥当。なお、資金計画の審査に当たっては、チーフエンジニア室等からも妥当と評価を得た。
(5) スケジュール ※ 相乗り衛星の打上げスケジュールを踏まえ、適切にスケジュールが設定されているか。	・開発スケジュールは妥当であることを確認した。
(6) プロジェクト遂行上のリスク・課題の識別とその対応策 ※ 適切にリスクが識別され、その対応策が妥当であるか。	・リスク識別が適切に行われており、対応策が妥当であることを確認した。
(7) 他衛星の開発・運用フェーズにおける知見・教訓の反映	・知見・教訓の反映は妥当である。

【参考資料】

(参考) プロジェクト移行審査の審査委員構成

【審査委員長】

・第一衛星利用ミッション本部担当理事 山本 静夫

【審査委員】

・技術参与 統括チーフエンジニア 本間 正修

・技術参与 信頼性統括 武内 信雄

・第一衛星利用ミッション本部 衛星システム開発統括 浜崎 敬

・第一衛星利用ミッション本部 事業推進部長 舘 和夫

・第一衛星利用ミッション本部 衛星利用推進センター長 松浦 直人

兼 地球観測研究センター長

・第一衛星利用ミッション本部 先進衛星技術開発室長 中川 敬三

・経営企画部長 寺田 弘慈

・チーフエンジニア室長 岩田 隆敬

【外部審査委員】

宇宙科学研究所名誉教授 向井 利典

東海大学名誉教授 坂田 俊文

(参考) 利用部会事前評価とJAXA内審査との関係

JAXAが実施する宇宙に関する研究開発プロジェクトのフェーズとJAXAプロジェクトマネジメント規程に基づいて実施した審査会の受審実績との関係を以下に示す。

今回の宇宙開発利用部会事前評価(平成27年1月)

