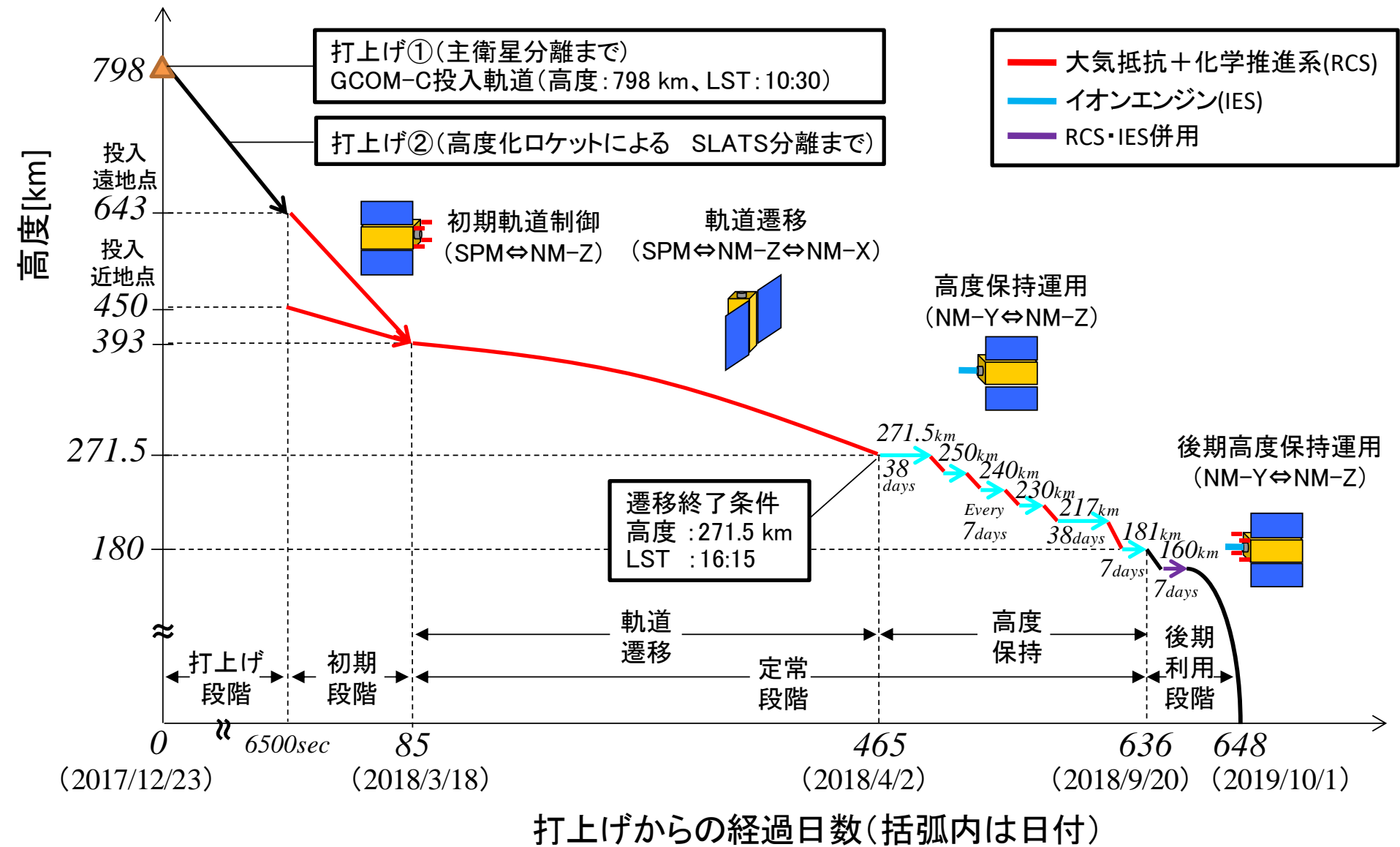


JAXA 第一宇宙技術部門 SLATS プロジェクトチーム  
今村 俊介

1. 「つばめ」の軌道制御結果概要
2. 結果トピックと将来機への繋がり
  - ① 超低高度観測軌道への投入
  - ② 高度271.5km、1日回帰軌道保持
  - ③ 高度216.8km、5日回帰軌道保持
  - ④ 高度181.1km、3日回帰軌道保持
  - ⑤ 高度167.4km、最低高度保持

# 1. 「つばめ」の軌道制御結果概要



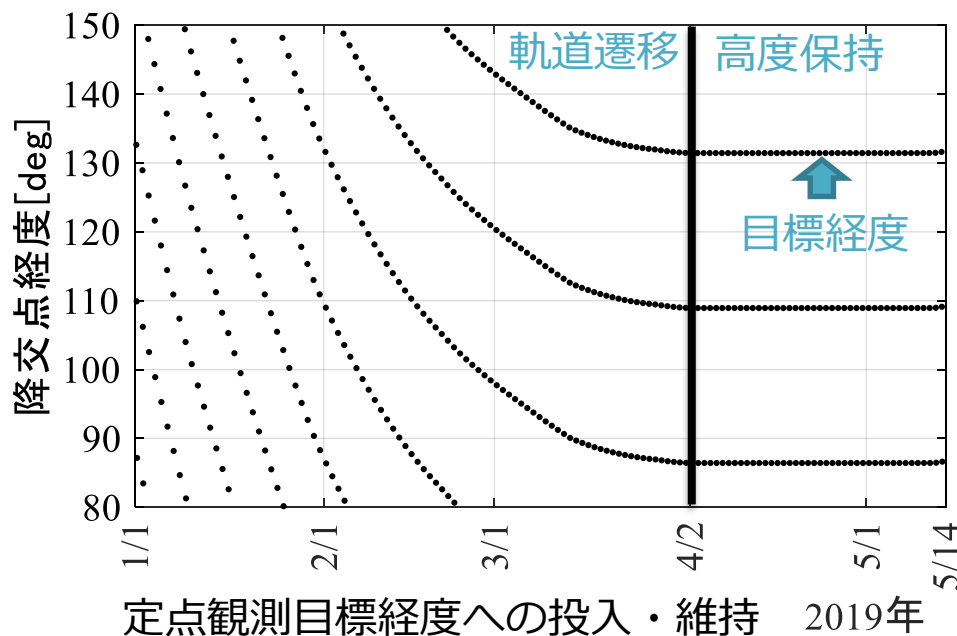
### ① 超低高度観測軌道への投入

#### ■ 成果

- (1) 2018年12月、SLATSミッション成果最大化のため、世界初となる超低高度（高度271.5km）における定点観測の技術実証を実施することが決まった。
- (2) 2019年1月より、完全回帰軌道への軌道降下（**東京赤坂に向けた着陸のようなもの、大気密度ALOS-2の約1000倍**）を開始したが、長期の大気変動を読み切れないため、約2週間毎に、大気抵抗による降下量を見直し、足りない分の化学スラスタ噴射制御を計画し、実行した。
- (3) 本運用によって、2019年4月2日に東京赤坂上空への投入が完了し、同時に高度保持が開始された。この観測軌道への投入は高度216.8、181.1km開始前にも実施し、成功した。

#### ■ 将来機への繋がり

将来機における軌道変更要求（ex.別の観測対象の上空に行きたい）に対応する際の**フレキシブルな軌道遷移技術（スラスタ運用および大きな大気抵抗を逆に利用した効率的な軌道遷移）**の実証となった。



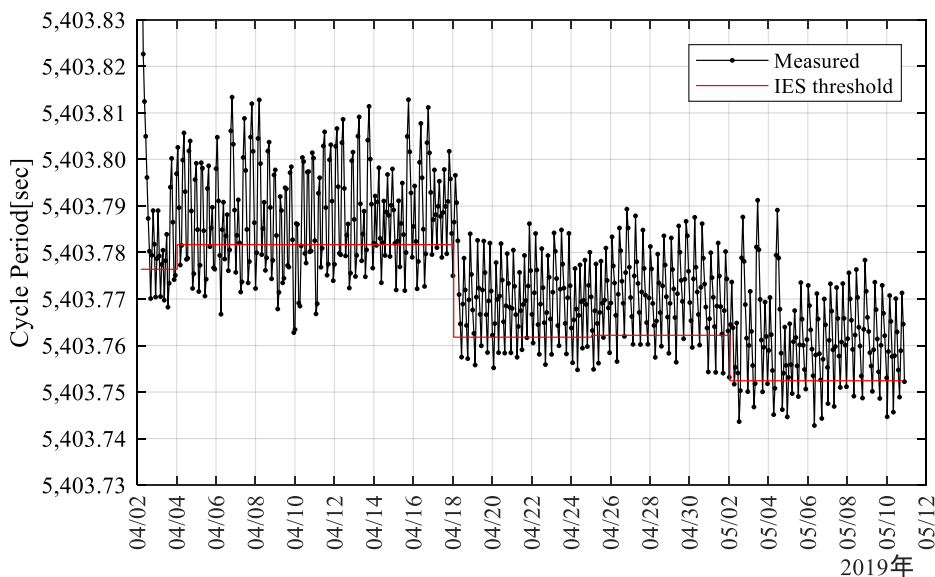
### ② 高度271.5km、1日回帰軌道保持

#### ■ 成果

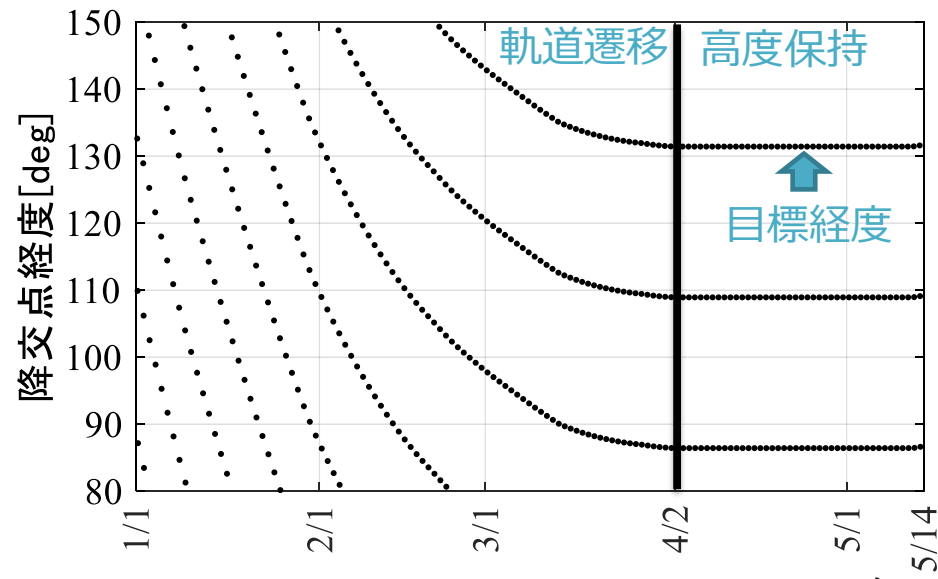
- (1) 2019年4月2日より、高度271.5km保持を開始した。大気変動により一定の保持高度のままでは軌道が東西にずれていくため、経度維持のため交点周期換算0.01sec以下の単位で1週間毎に保持高度を見直した（**経度制御は元々のSLATSミッションには無かった**）。
- (2) 経度制御目標を「東京通過後の降交点通過時の経度が投入値に対して $\pm 0.005\text{deg}$ 以内  $\approx \pm 500\text{m}$ 以内を満足すること（ALOS-2の東西方向の軌道制御精度と同じ）」と立て、全期間で達成した。

#### ■ 将来機への繋がり

超低高度軌道から従来衛星並みの地球観測を実施するための高精度軌道制御技術の実証となった。



交点周期履歴



定点観測目標経度への投入・維持

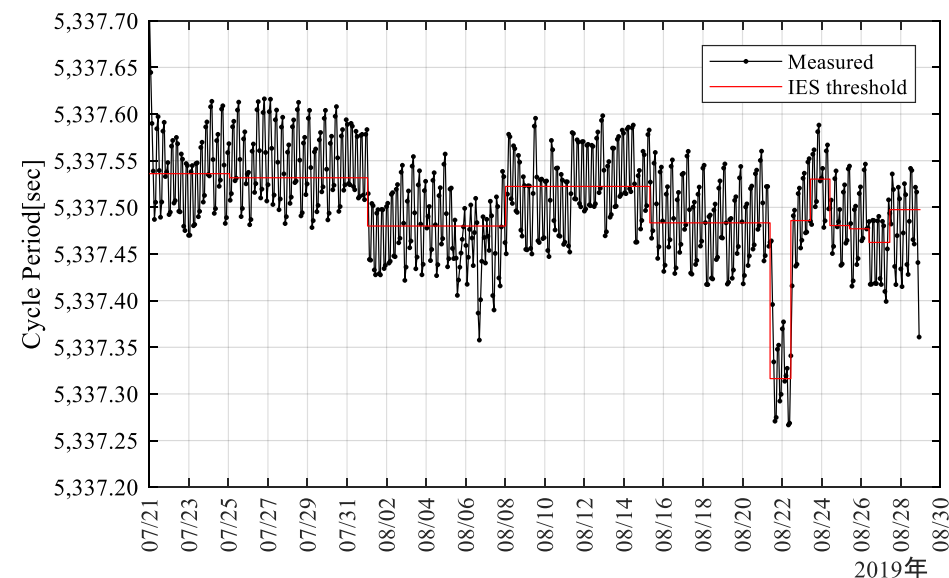
### ③ 高度216.8km、5日回帰軌道保持

#### ■ 成果

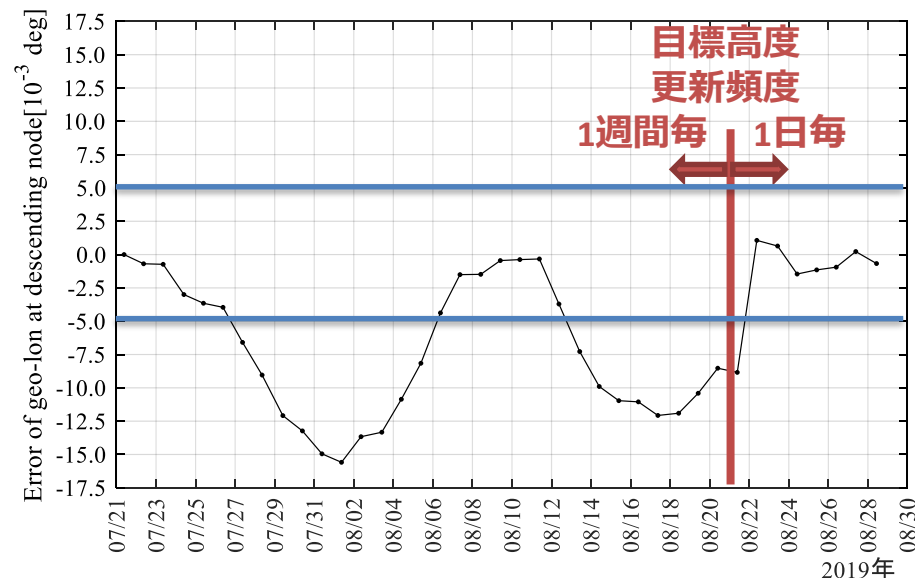
- (1) 2019年7月21日より、高度216.8km保持を開始した。本高度においても1週間毎に保持高度を見直したが、大気抵抗の変動を予測し切れず、右下図の通り、経度誤差が-0.015degに達し、経度制御目標を満足することが出来なかった。
- (2) そのため期間最終1週間は1日毎に保持高度を見直した。本制御方法の変更により右下図の通り、8月22日以降は経度誤差を±0.0025以内に収めることが出来た。

#### ■ 将来機への繋がり

更に強い大気抵抗（ALOS-2大気密度の約3500倍）となる**超低高度軌道から従来衛星並みの地球観測を実施するための高精度軌道制御技術の実証**となった。



交点周期履歴



降交点経度誤差

高度216.8km保持結果

- (1) 保持終了後、10/1に停波運用を行い衛星運用を終了した。最終的なIESおよびRCSの残推薬はそれぞれ1.1kg、1.7kgであり、ほぼ推薬を使い切った上で、想定を超える数々の軌道制御を達成できた。
- (2) SLATSの元々の軌道制御計画は単純な高度保持のみであったが、関係機関のご協力の基、各種計画変更を実施させて頂き、超低高度衛星の地球観測プラットフォームとしての性能（高度保持、目標経度投入、経度保持、大気抵抗拮抗時対応）を十二分に確認することが出来た。
- (3) 以上の成果をSLATS後継機の検討に繋げて行きたいと考えている。