

中条 俊大, 森 治, 松下 将典, 松本 純, 佐伯 孝尚, 加藤 秀樹, 川口 淳一郎, 菊地 翔太, 岡田 達明, 岩田 隆浩, 西山 和孝, 細田 聡史, 川崎 繁男, 大野 剛 (JAXA), 癸生川 陽子 (横国大), 伊藤 元雄 (JAMSTEC), 青木 順, 河井 洋輔 (阪大), 高尾 勇輝, 久保 勇貴, 坂本 克也, 大橋 郁 (東大・院)

ソーラー電力セイル探査機OKEANOSによる木星トロヤ群小惑星探査ミッション

<ソーラー電力セイル>

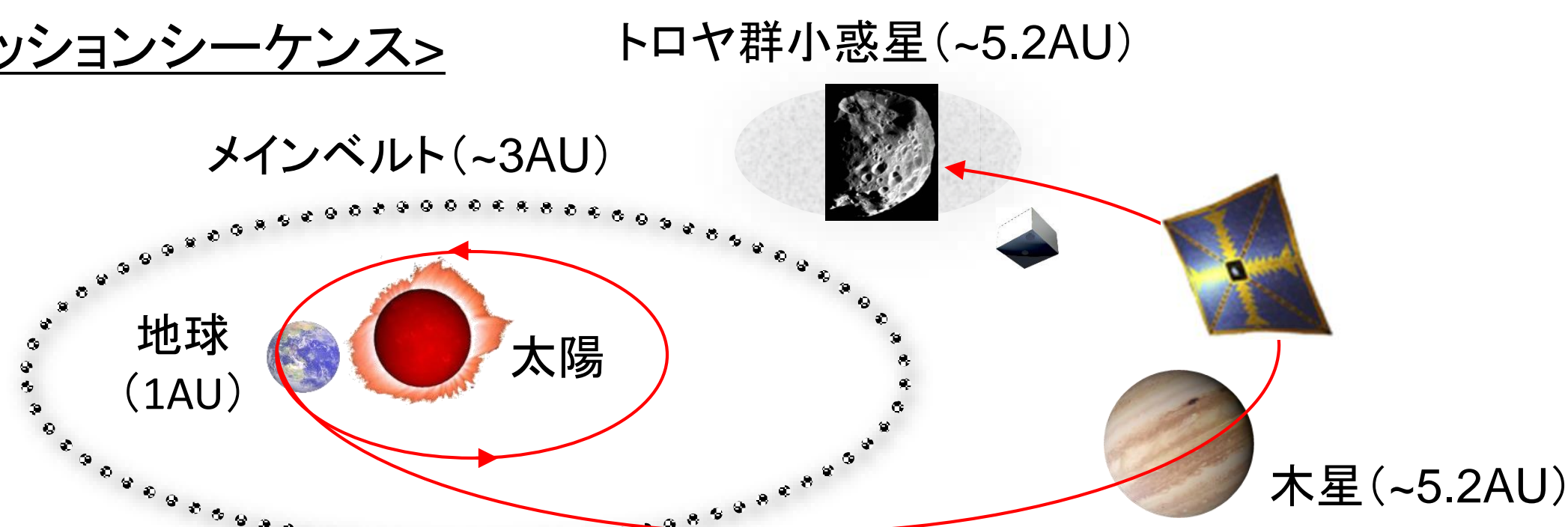
大面積のセイル膜面に薄膜太陽電池を多数搭載することで、外惑星領域でも高比推力イオンエンジンを駆動できる。

- 大面積セイル: 1辺40m程度 (IKAROSの10倍程度)
- 超軽量発電システム: 薄膜太陽電池使用 (JUNOの1/20倍以下)
- 木星距離で大電力発電: 4kW@5.2AU, 正対 (JUNOの10倍程度)

<OKEANOSによる木星トロヤ群小惑星探査>

木星トロヤ群小惑星に、40kg級の着陸機を輸送し、着陸、試料採取、その場分析を行う。また、長いクルージング期間を利用した理学観測も行う。

<ミッションシーケンス>

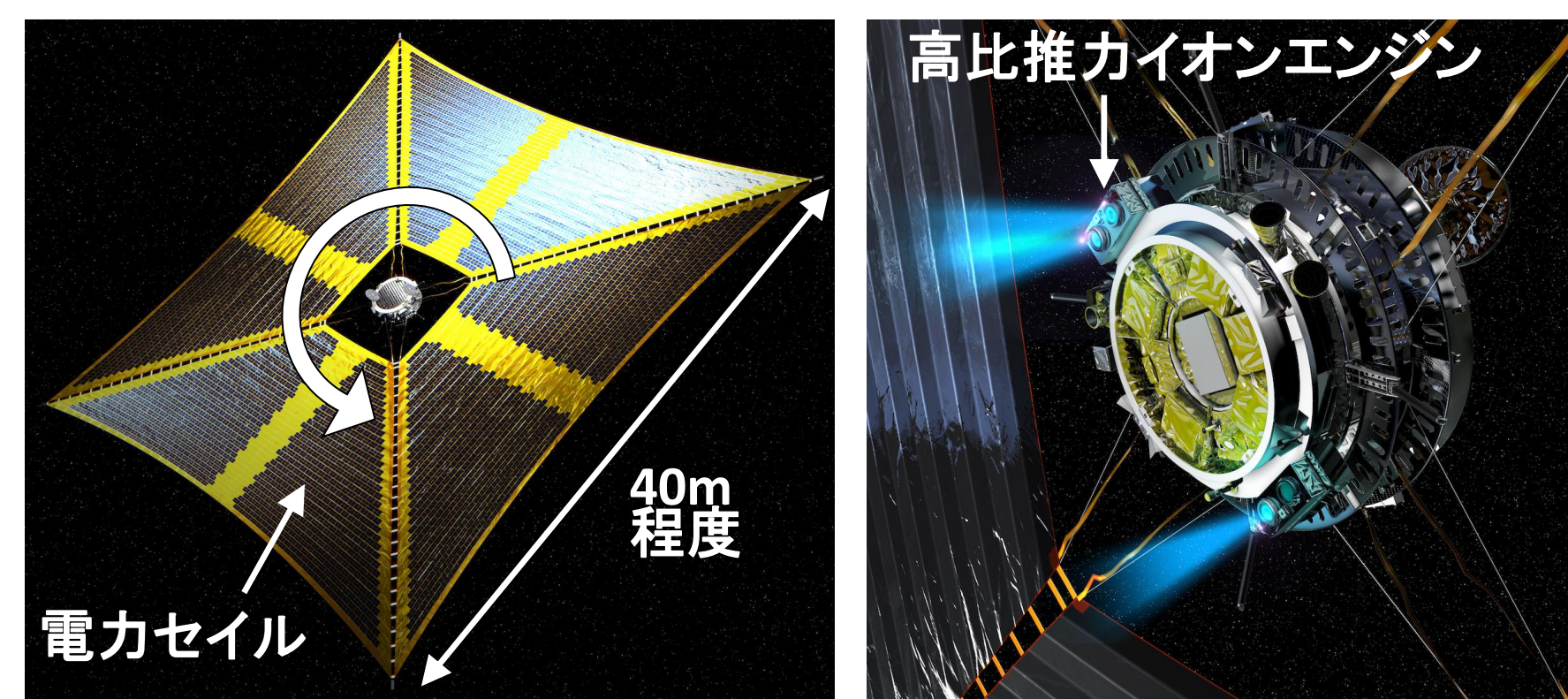


- 2027: 打上げ
- 2028: 地球スイングバイ
- 2032: 木星スイングバイ
- 2040: トロヤ群小惑星到着
- 2041: 着陸機による着陸・試料採取・その場分析

- #### クルージングサイエンス
- 宇宙赤外線背景放射の観測 (EXZIT)
 - 太陽系ダスト分布の計測 (ALDN2)
 - ガンマ線バーストの偏光観測 (GAP2)
 - 磁場観測 (MGF)
- #### トロヤ群サイエンス
- トロヤ群小惑星の観測・試料分析

<高比推力イオンエンジン>

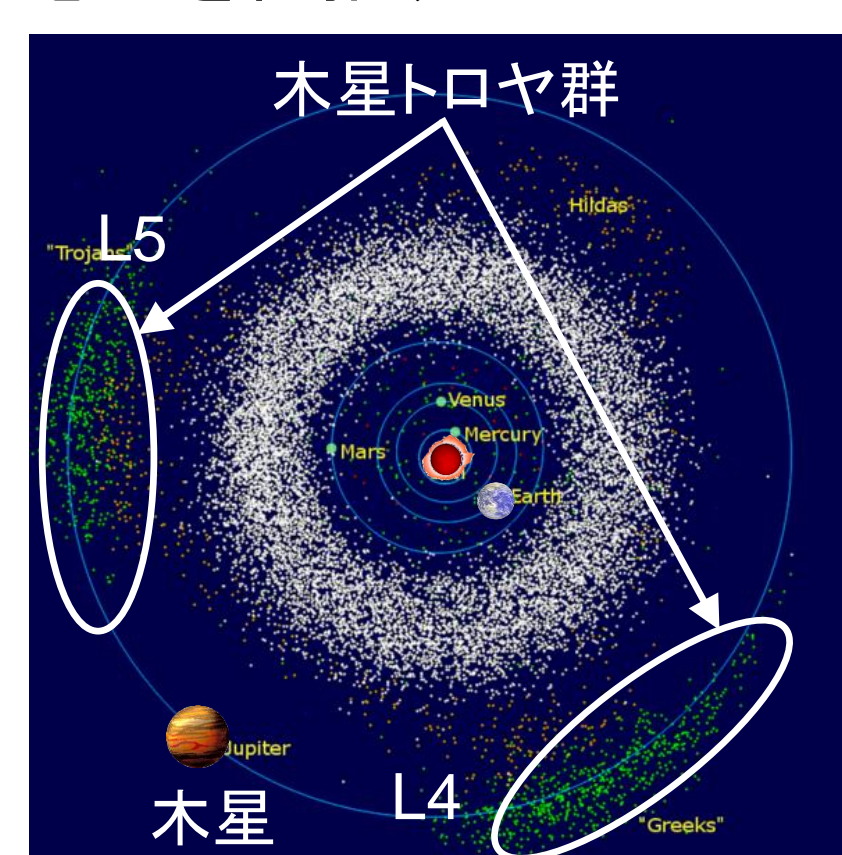
- 高比推力: 最大7000s (はやぶさの2倍以上)
- 外惑星領域で大きな ΔV : 4000m/s以上 (JUNOの2倍以上)



<木星トロヤ群小惑星>

太陽-木星系のラグランジュ点 (L4, L5) に位置する小惑星群を木星トロヤ群という。本ミッションではL4に存在する小惑星のうち、D型またはP型の小惑星を目指す。

OKEANOSは、マルチフライバイを行うNASAのLUCYと相補的。



<探査機名称>

OKEANOS = Oversize Kite-craft for Exploration and AstroNautics in the Outer Solar system
ギリシア神話に登場する海神で、「ocean」の語源。ソーラー電力セイルが、外惑星領域を超えて日本独自の太陽系大航海時代を切り開く帆船でありたい、という決意から命名。
IKAROS (= Interplanetary Kite-craft Accelerated by Radiation Of the Sun) のKite-craftを継承。



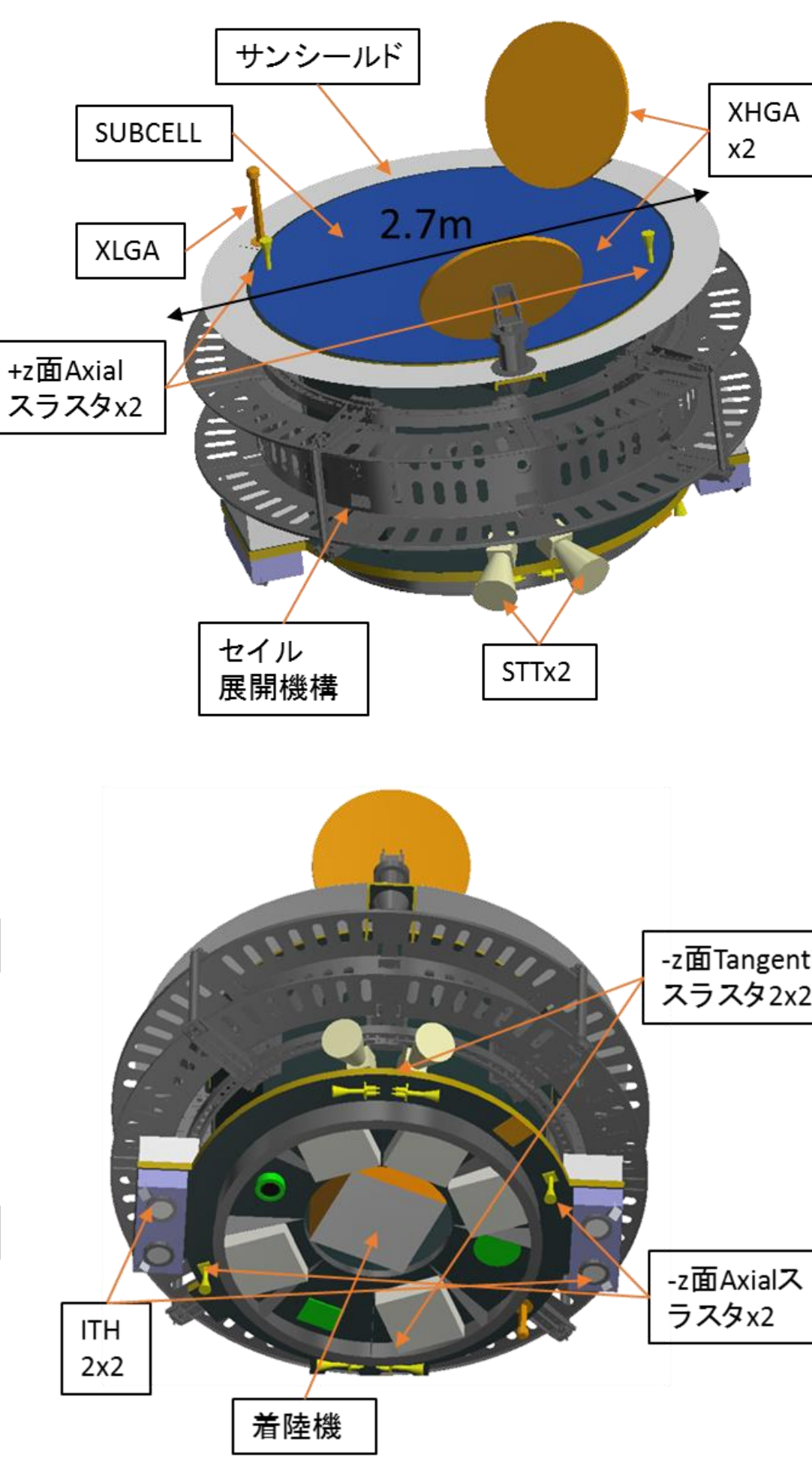
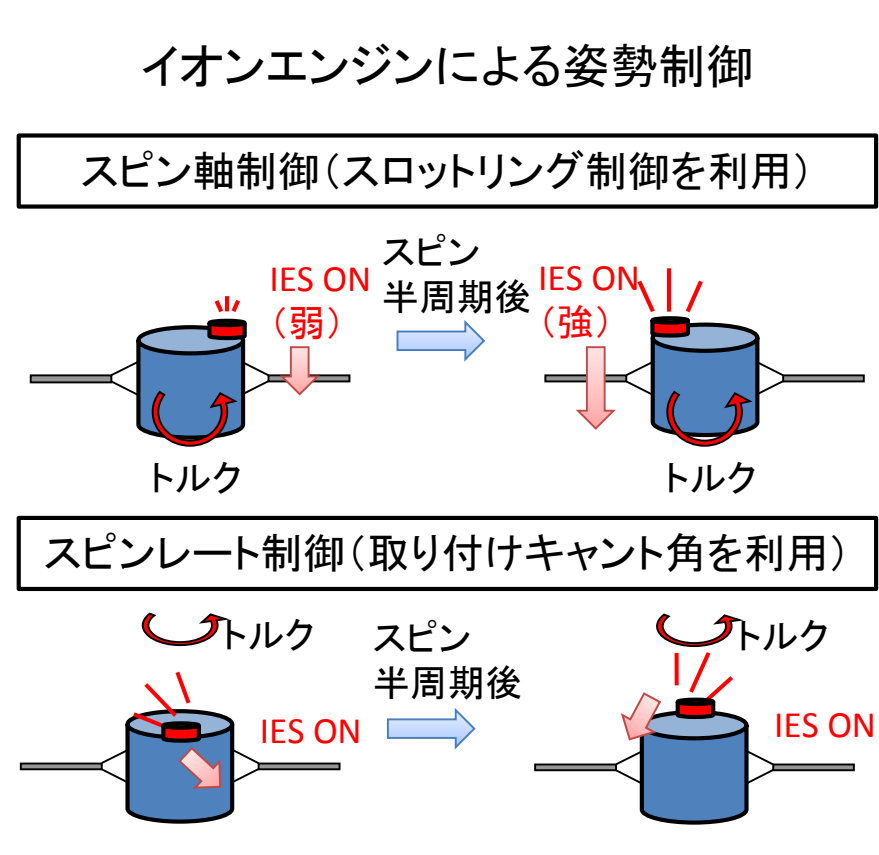
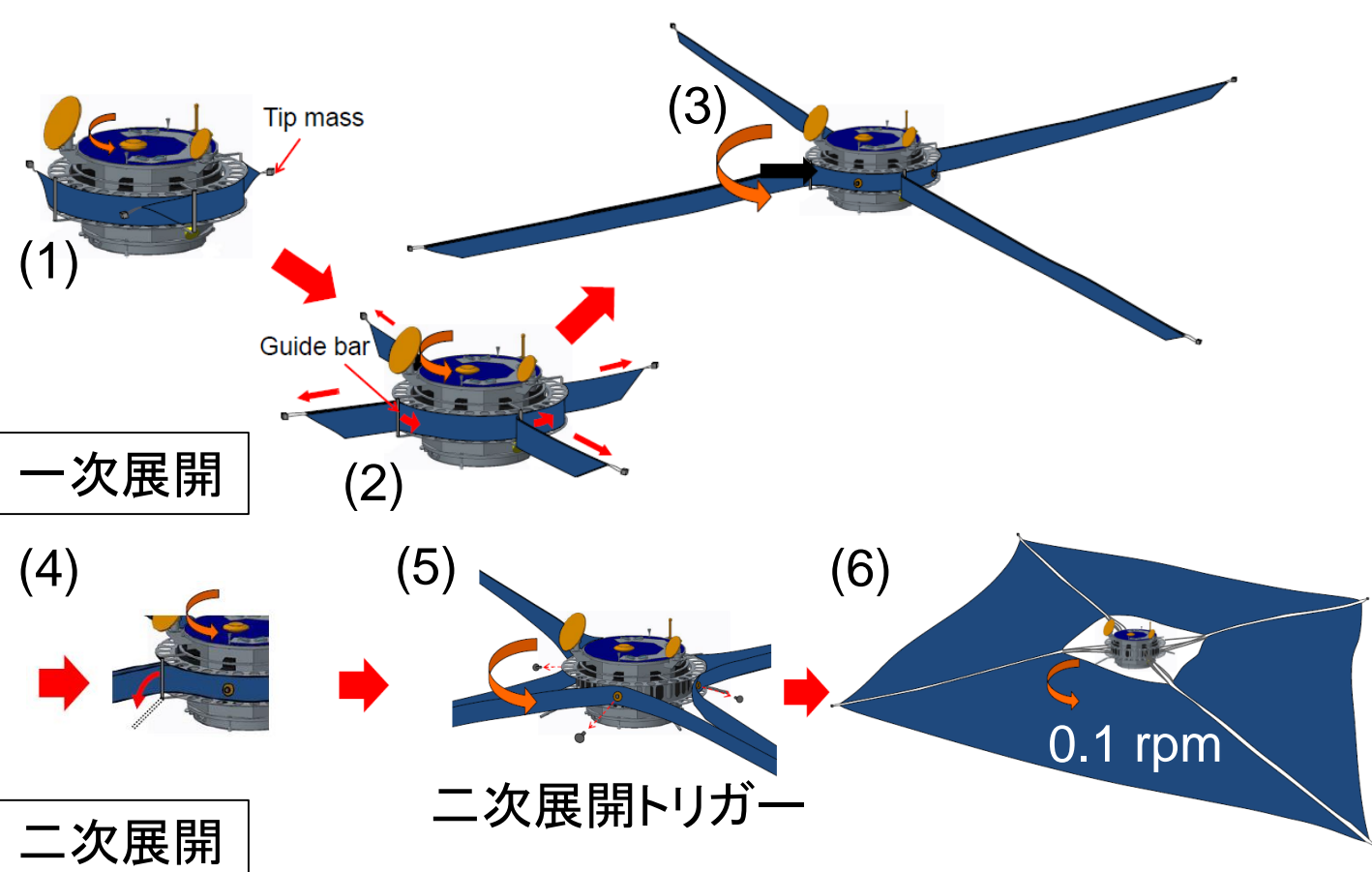
<ミッション目的>

1. 航行技術の実証
中型計画規模で、外惑星領域の着陸に必要なペイロードを輸送するため、ソーラー電力セイル探査機を開発し、航行技術を実証する。
2. 探査技術の実証
D/P型トロヤ群小惑星にランデブーして、着陸機を着陸させ、試料採取し、その場分析を行う、というミッションシーケンスを実現することで、必須となる探査技術をまとめて実証する。
3. 理学観測
巡航飛行環境を利用した深宇宙空間での理学観測およびD/P型トロヤ群小惑星での理学観測をリソースが許す範囲で実施する。

探査機システム

<探査機システム概要>

- シングルスピン (遠心力による電力セイル展開・保持)
- 40kg級の着陸機を搭載 (試料採取およびその場分析)
- クルージング中の観測機器 (EXZIT, ALDN2, GAP2, MGF) およびトロヤ群小惑星観測機器を搭載
- IKAROSと同様の二段階セイル展開を行う
- 質量: 1400kg (Wet)
- 電力セイル: 40m x 40m
- 電力: 4kW@5.2AU, 太陽正対
- イオンエンジン: 比推力7000s, 25mN級 x 4台
- 通信レート: テレメトリ1kbps, コマンド15.625bps (@地球距離6.2AU)



軌道設計

<ターゲット天体>

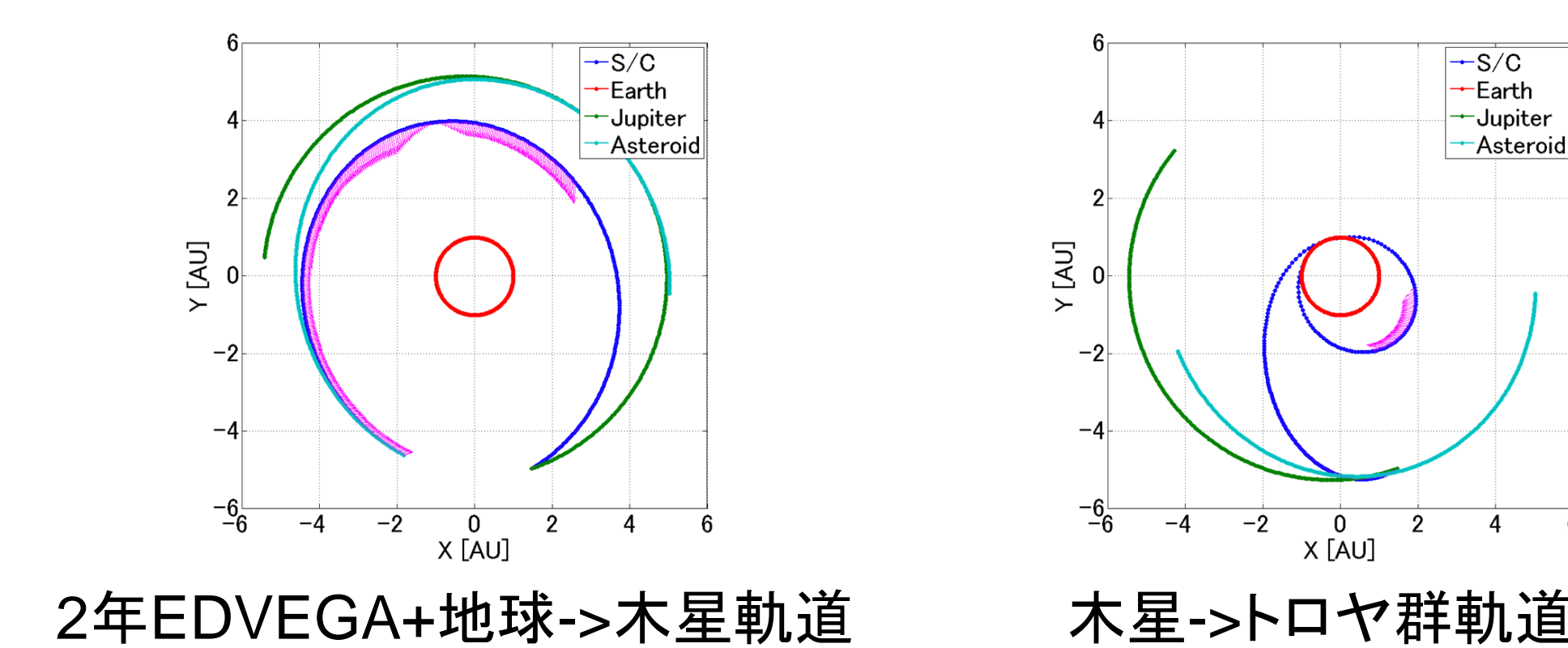
打ち上げロケットはH3ロケット22S形態とする。弾道計算による候補天体の抽出->打上年毎に複数の候補が抽出される。抽出されたターゲットのうち、長期的な軌道安定性の高いものを選ぶ。

<低推力軌道設計>

2年EDVEGA軌道, 木星への弾道軌道, トロヤ群小惑星への低推力軌道。

<2000 YJ15への軌道>

フェーズ	開始	終了	IES ΔV [m/s]	飛行時間
2年EDVEGA	2027/02/28	2028/12/17	707	1.80yr
地球->木星	2028/12/17	2032/03/19	-	3.25yr
木星->小惑星	2032/03/19	2040/02/28	2902	7.95yr
合計				13yr



小惑星近傍における運用

<ホームポジション運用>

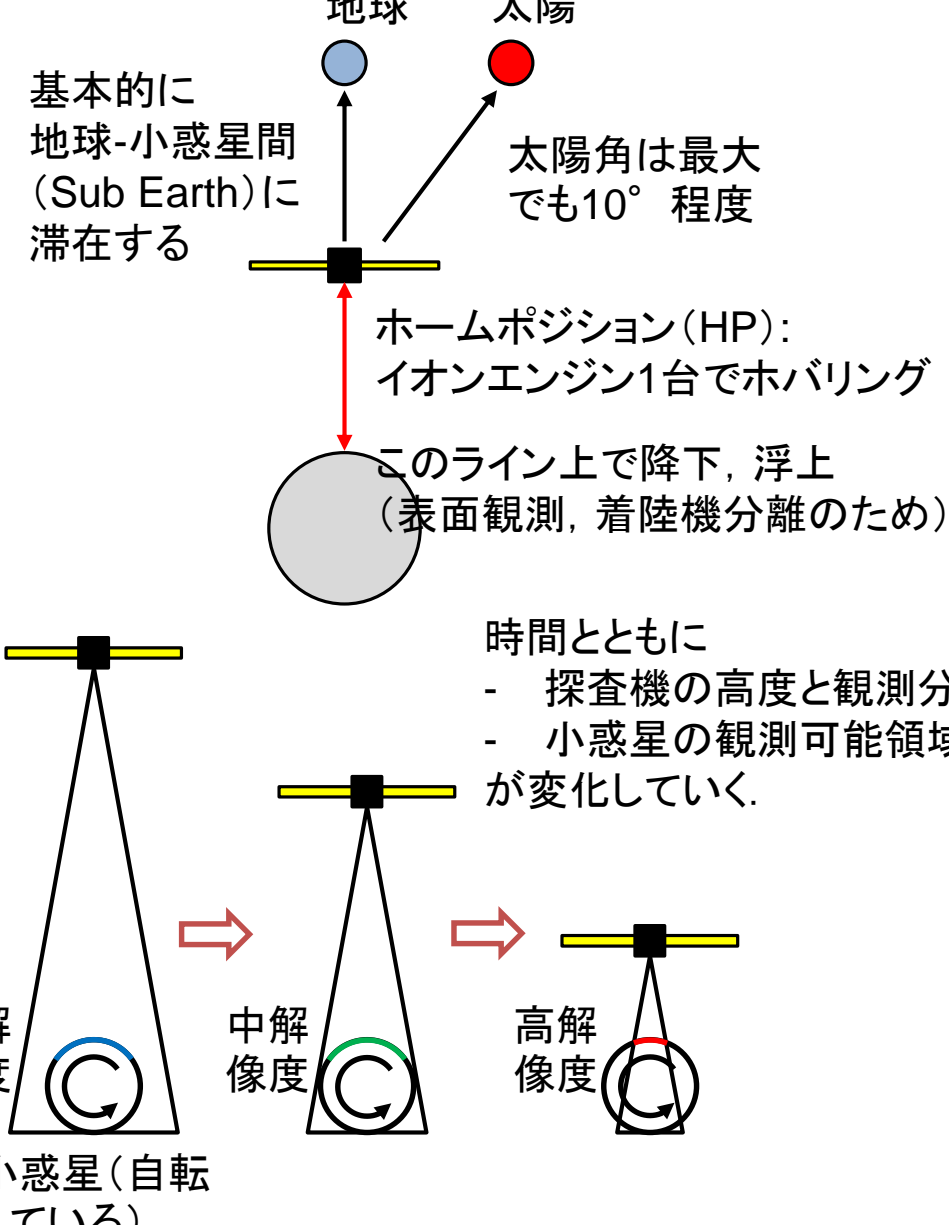
- はやぶさ2と同様のホームポジション (HP) 方式を採用。
- HP維持 (ホバリング) に必要な推進量低減のため、IESを使用。
- 小惑星のサイズに応じて、HP高度は190-350km程度。
- HP高度における観測分解能は19-35m程度。

<降下・浮上および小惑星表面の観測>

- 最もシンプルな自由落下ベースの降下・浮上。
- 重力推定, 小惑星表面の偵察, リハーサル, 着陸機分離 (本番) の際にそれぞれ降下・浮上を行う。
- 偵察, リハーサル時には、降下・浮上中に連続的撮像による小惑星表面のマッピング (低高度で長時間滞在ができないため)。

<降下時の航法誘導制御>

- 自由落下ベースの降下軌道に対して、航法誘導制御手法をシミュレーションにより検証した。
- 親機はAITを主とする航法とRCSを用いた誘導制御を自律で行う。
- 着陸地点の誤差は100m (1 σ)程度。



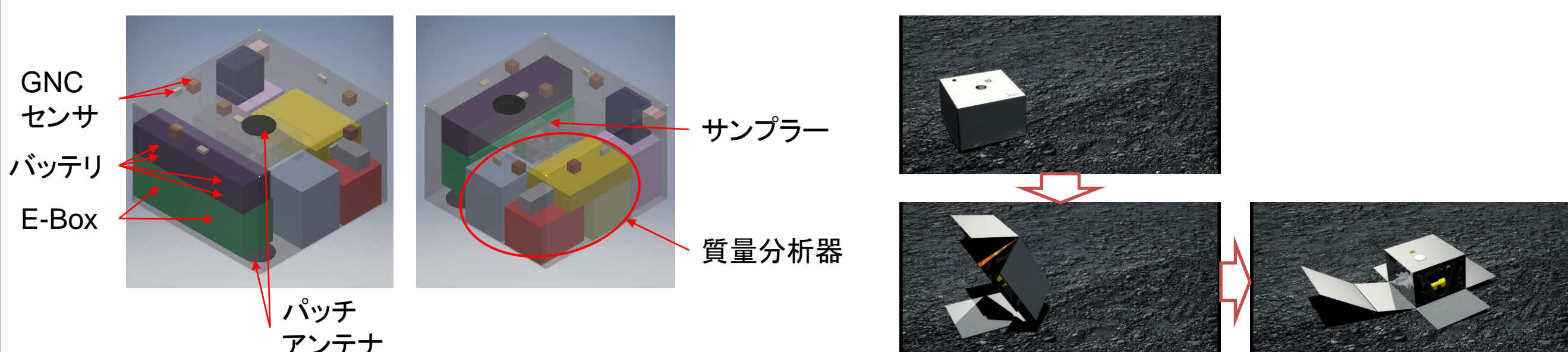
着陸機分離までの降下・浮上シナリオ

イベント	観測分解能 (30 km天体の場合)	視野	やること
HP滞在	34 m	全域	おおまかな着陸領域を選定 (10x10 km ² 程度)
重力推定降下			初期の重力推定を行う (精度1%程度)
偵察降下	20 m以下	10x10 km ² 以上	着陸領域候補として、1x1 km ² 領域を2つ選定
リハーサル	1 m以下 (候補1周辺)	1x1 km ²	候補1 (有力な方) に向かって降下し、画像情報を収集。着陸機が降りる地点を100x100 m ² 程度で決定
バックアップリハーサル	1 m以下 (候補2周辺)	1x1 km ²	候補1が不適切だった場合、候補2に向かって降下し、画像情報を収集。着陸機が降りる地点を決定
着陸機分離			着陸機分離

着陸機のシステムと運用

<着陸機システム>

- 分離後は自由落下により着陸
- サイエンスペイロードのリソースは、重量: 12kg, 電力量: 360Wh
- サイエンスペイロードとして、サンプラーと質量分析器を搭載
- バッテリーは一次電池とする (寿命30時間)。
- 構体は直方体型とし、寸法は概ね500x500x334mm³
- パネル展開による姿勢反転を行い、サンプラーを小惑星表面に確実に向ける。



<小惑星上での運用>

- 着陸後、跳ね返り, 何度かバウンドした後に静定。
- パネル展開による姿勢反転。
- サンプラーによる試料採取, 質量分析器によるその場分析を含む観測を開始 (総寿命30時間)。

