

ソーラー電力セイルによる木星トロヤ群小惑星探査ミッション および探査機システム

中条 俊大, 森 治, 松本 純, 佐伯 孝尚, 加藤 秀樹, 津田 雄一, 尾川 順子, 三桝 裕也, 川口 淳一郎, 奥泉 信克,
田中 孝治, 照井 冬人, 川崎 繁男, 西山 和孝, 細田 聡史, 山田 和彦, 岡田 達明, 岩田 隆浩 (JAXA),
Boden Ralf, 菊地 翔太, 大木 優介, 高尾 勇輝 (東大・院), 柏岡 秀哉 (総研大)

ソーラー電力セイルによる木星トロヤ群探査ミッション

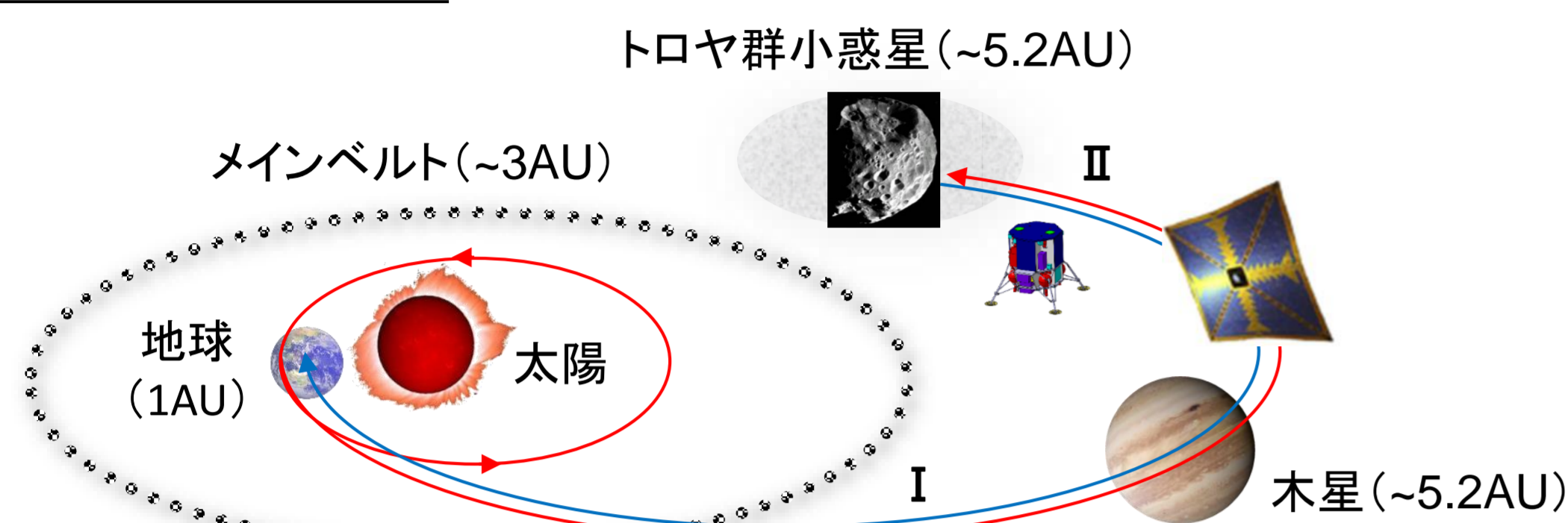
<ソーラー電力セイル>

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。セイル面積は約1600m²(IKAROSの約8倍)、発電量は5kW@5.2AU、比推力ははやぶさの2倍以上の7000s。純粋なソーラーセイルに比べて、軌道操作能力(加速度)が格段に向上。現実的な時間での探査が可能。

<ソーラー電力セイルによる木星トロヤ群探査>

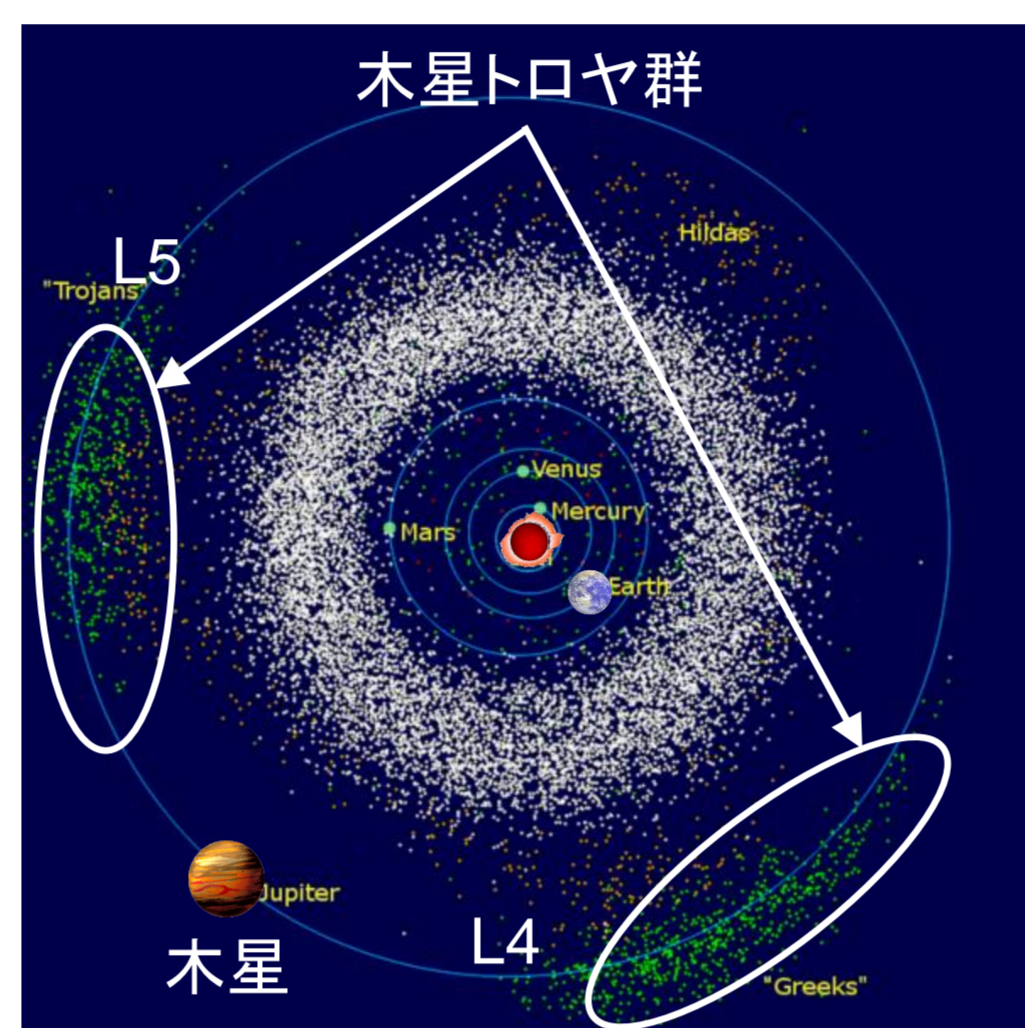
木星トロヤ群小惑星に、100kg級の小型着陸機を輸送し、着陸、サンプル採取、その場分析を行う。また、長いクルージング期間を利用した理学観測も行う。オプションとしてサンプルリターンも検討している。

<ミッションシーケンス>



<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。



<サイエンス>

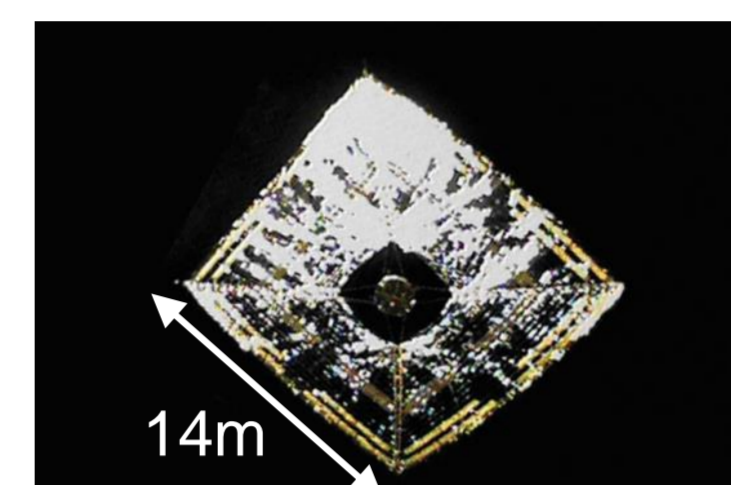
- I. クルージングフェーズ
 - 宇宙赤外線背景放射の観測 (EXZIT)
 - 太陽系ダスト分布の計測 (ALDN2)
 - ガンマ線バーストの偏光観測 (GAP2)
 - 磁場観測 (MGF2)
- II. ランデブーフェーズ
 - トロヤ群小惑星の観測・試料分析

<シーケンス>

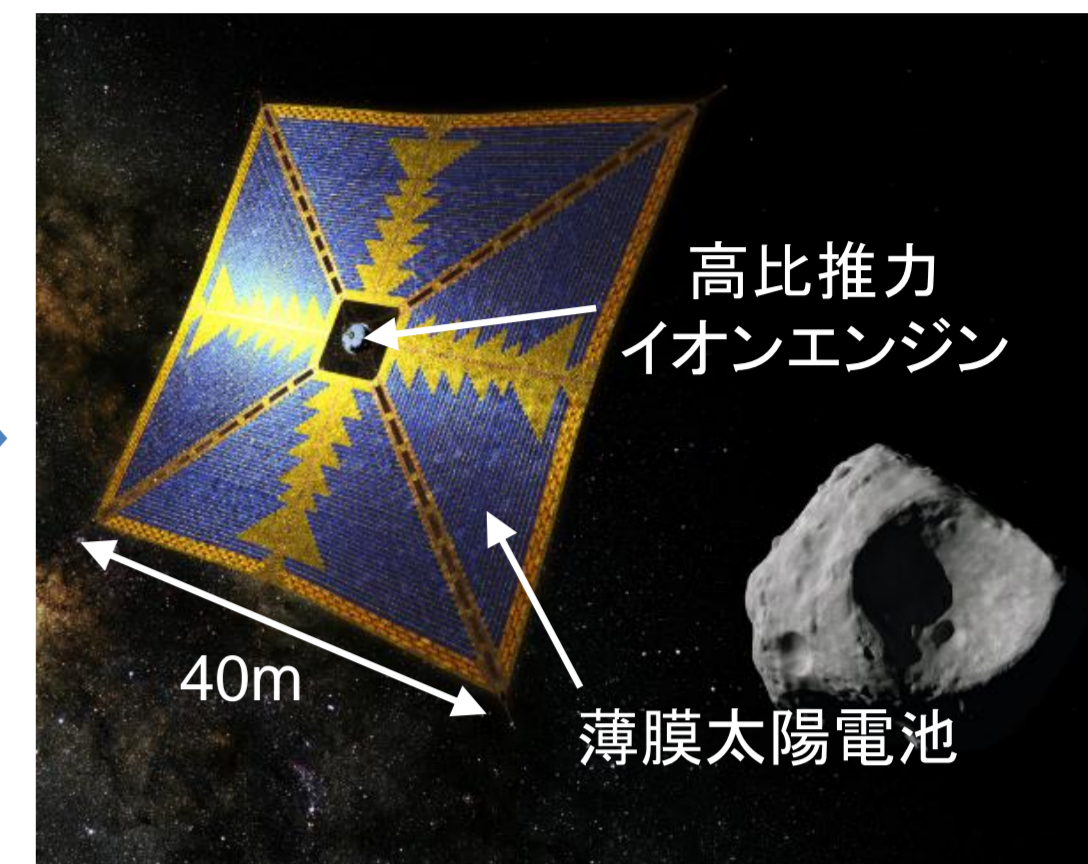
- Plan-A 片道
 - 打上げ
 - 地球スイングバイ
 - 木星スイングバイ
 - トロヤ群小惑星到着
 - サンプル採取・その場分析
- Plan-B 往復
 - トロヤ群小惑星出発
 - 木星スイングバイ
 - 地球帰還



イオンエンジン技術



ソーラーセイル技術 (IKAROS)



ソーラー電力セイル



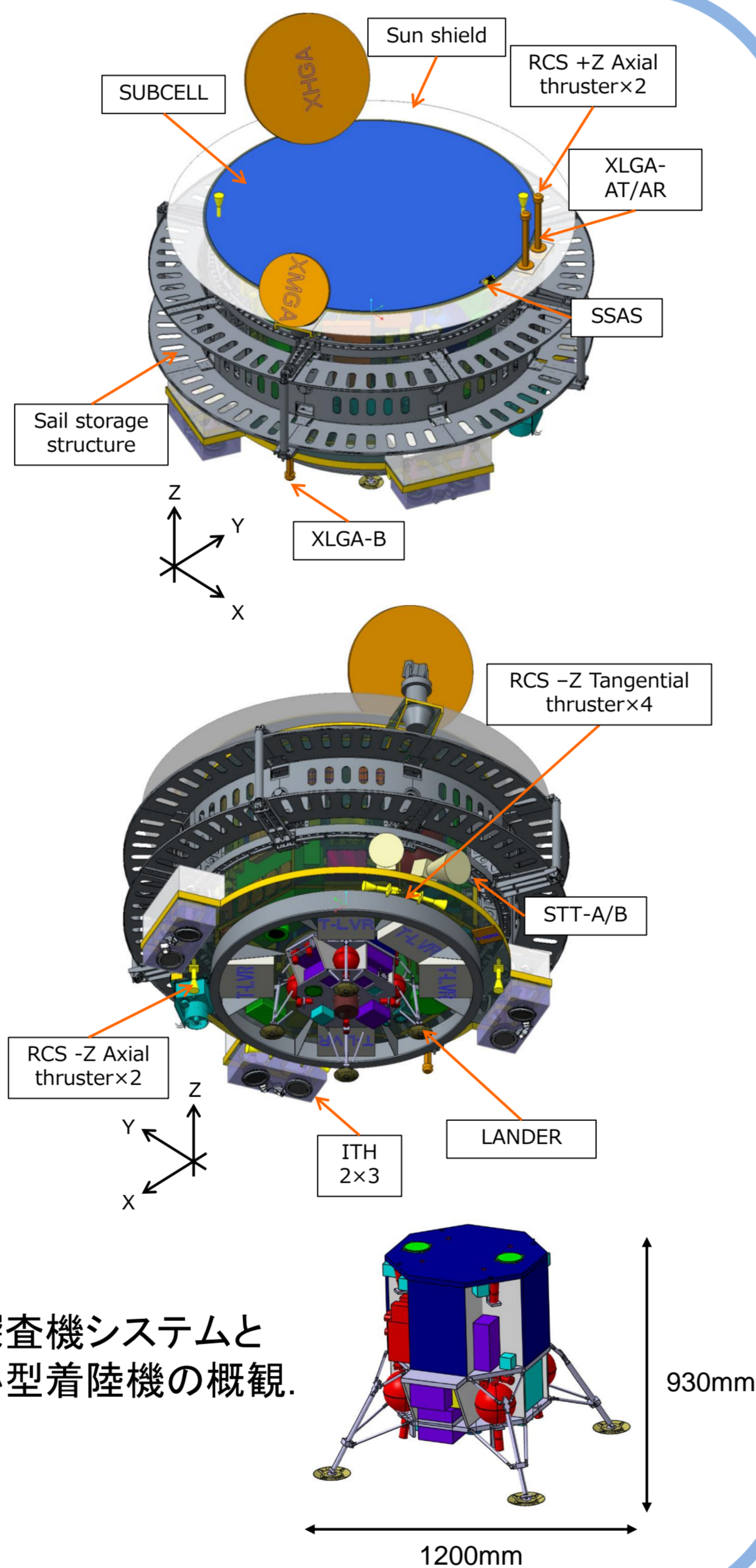
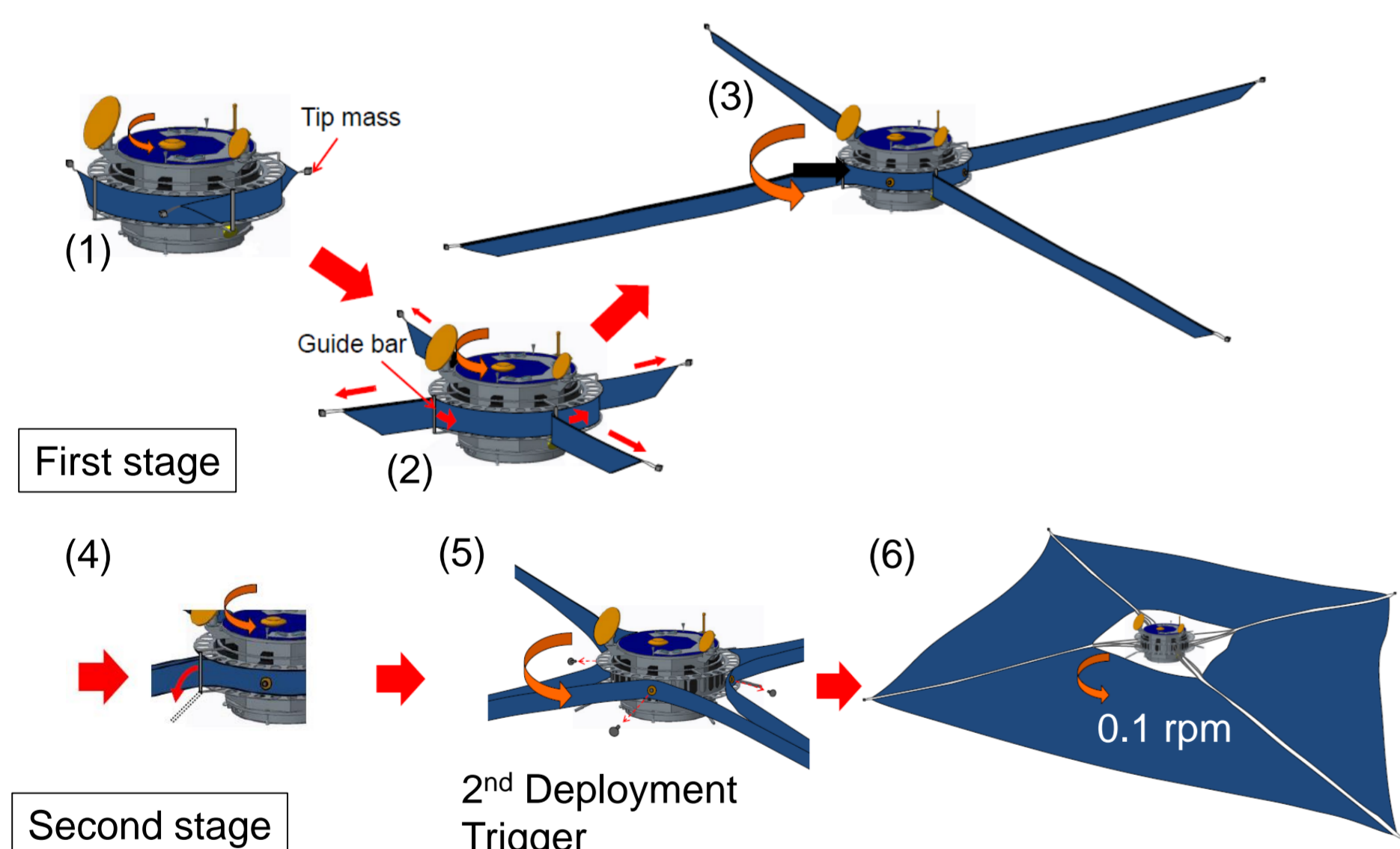
高比推力イオンエンジン (探査機本体に搭載)

ソーラー電力セイルは、はやぶさ、はやぶさ2で実証したイオンエンジン技術と、IKAROSで実証したソーラーセイル技術を組み合わせたような探査機である。

探査機システム

<探査機システム概要>

シングルスピンの探査機(遠心力による膜面展開・保持)。100kg級の小型着陸機を搭載(サンプリングおよびその場分析)。クルージング中の観測機器(赤外望遠鏡EXZIT, ガンマ線バースト偏光観測装置GAP2, ダスト検出器ALDN2, および磁力計MGF2)およびトロヤ群小惑星観測機器を搭載。IKAROSと同様の2段階セイル展開を行う。質量: 1400kg (Wet) セイル: 40m x 40m 電力: 5kW@5.2AU イオンエンジン: 比推力7000s, 25mN級 x 6台



探査機システムと小型着陸機の概観。

軌道設計

<ターゲット天体>

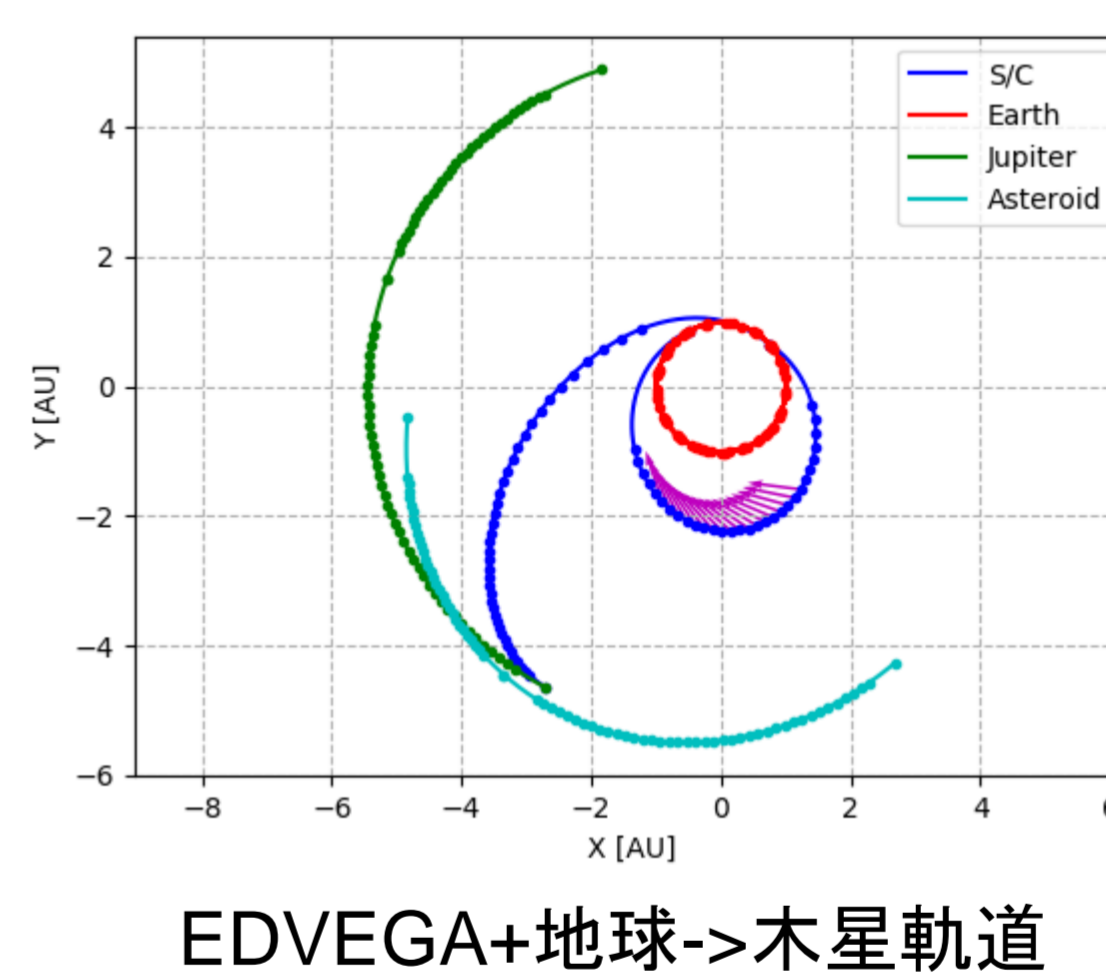
弾道計算による候補天体の抽出→ 打上年毎に複数の候補が抽出される。抽出されたターゲットのうち、長期的な軌道安定性の高いものを選ぶ(イントルーダの排除)

<低推力軌道設計>

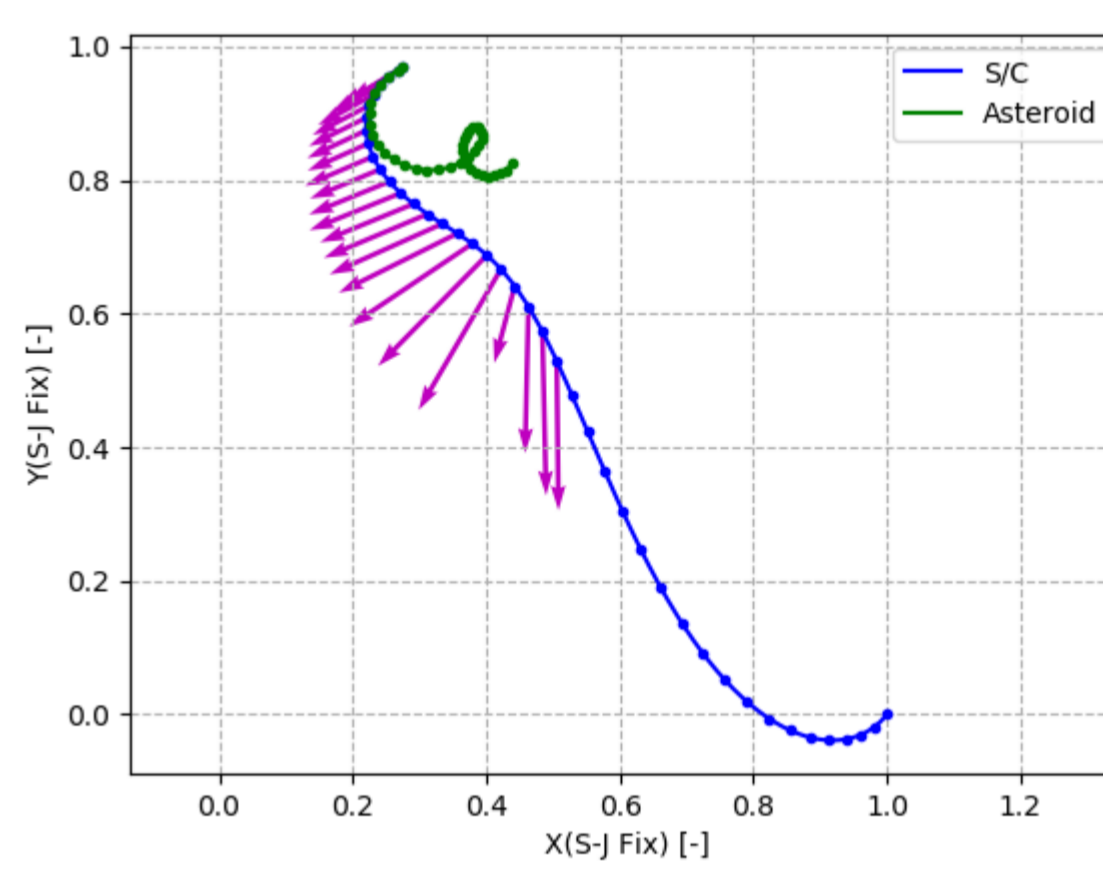
2年EDVEGA軌道, 木星への弾道軌道, トロヤ群への低推力軌道。

<1998 WR10への片道軌道例>

Phase	Departure	Arrival	IES dV[m/s]	Tf
2yr EDVEGA	2026/01/20	2027/11/14	954	652d, 1.79yr
Earth to Jupiter	2027/11/14	2030/08/15	-	1015d, 2.78yr
Jupiter to Asteroid	2030/08/15	2039/01/20	2498	3080d, 8.43yr
Total				13yr



EDVEGA+地球->木星軌道



木星->トロヤ群軌道 (Sun-Jupiter Fix)

大型セイル膜面の試作と姿勢制御

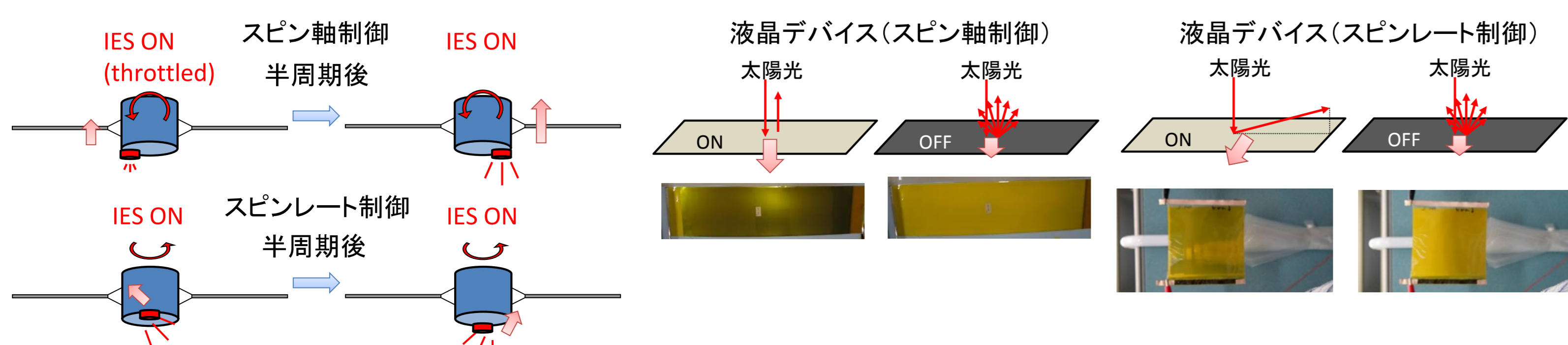
<大型セイル膜面の試作>

50m級の大型セイル膜面の試作を行い、製作性の確認を行った。さらに、それを用いた収納実験、展開実験を行った。



<姿勢制御>

RCSを用いて姿勢制御を行うと、推進消費量が非常に大きくなってしまふ。そこで、イオンエンジンによる姿勢制御(スロットリングによるスピン軸制御, 取り付けキャン角を利用したスピンレート制御), 液晶デバイスによるスピン軸制御, スピンレート制御を行う。



サンプルリターンオプション

<自律ランデブードッキング>

Plan-Bにおいて、小型着陸機はサンプル採取後、ソーラー電力セイル探査機本体とドッキングしてサンプルを受け渡す。このとき、新規開発品であるRFセンサを利用することで、着陸機が自律的にランデブーを行う。

<RFセンサ>

レンジング(測距)機能, ドップラーシフト計測機能, レトロディレクティブ機能(アンテナの各素子が受信する信号の位相差を検出することで、探査機本体・着陸機間の相対的な方向探知を行う)を有する。

<バーシング法によるドッキング>

ドッキング時における航法誘導誤差を吸収するために、伸展ブームを用いてドッキングを行う。

<サンプル搬送>

ドッキング後、バーシング用とは別の伸展ブームを用いて、小型着陸機内のサンプルコンテナを探査機本体のカプセルまで搬送する。

