



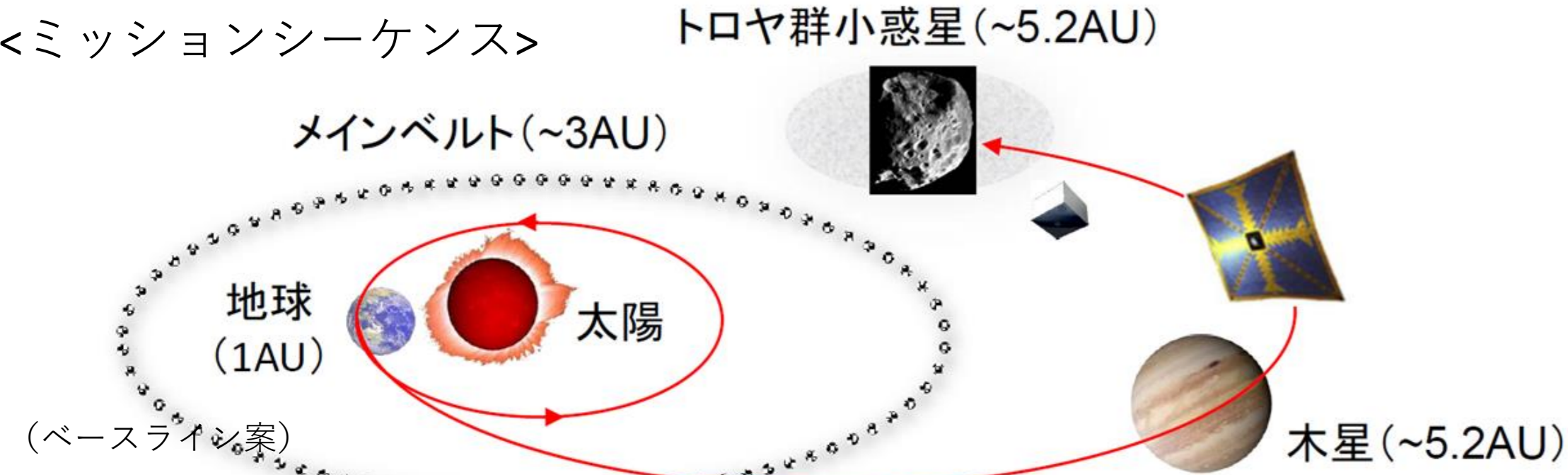
杉原 アフマッド清志, 松下 将典, 森 治, 松本 純(JAXA), 中条 俊大(東工大), 佐伯 孝尚, 津田 雄一, 川口 淳一郎, 奥泉 信克(JAXA), 宮崎 康行(日大), 古谷 寛, 坂本 啓, 松永 三郎(東工大), 谷 義隆, 清水 裕介(東大), 岡田 達明, 岩田 隆浩, 川崎 繁男, 西山 和孝, 月崎 竜童, 神田 大樹, 細田 聡史(JAXA), 高尾 勇輝, 久保 勇貴, 名田 悠一郎(東大・院), 柏岡 秀哉(総研大・院), 豊田 裕之, 佐藤 泰貴, 田中 孝治, 中村 徹哉, 柴田 優一, 中尾 達郎, 森 一之, 後藤 亜紀(JAXA), 藤井 さなえ(藤森工業), 渡邊 秋人, 酒井 良次, 伊藤 裕明(サカセ・アドテック)

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

<OKEANOSによる木星トロヤ群小惑星探査>

IKAROSで実証したセイル技術を実用化し、外惑星領域の直接探査を行う。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>



2031年5月	打ち上げ
2031年11月	金星スイングバイ
2033年7月～2035年7月	地球2年同期EDVEGA
2037年10月	木星スイングバイ
2046年8月	トロヤ群小惑星到

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

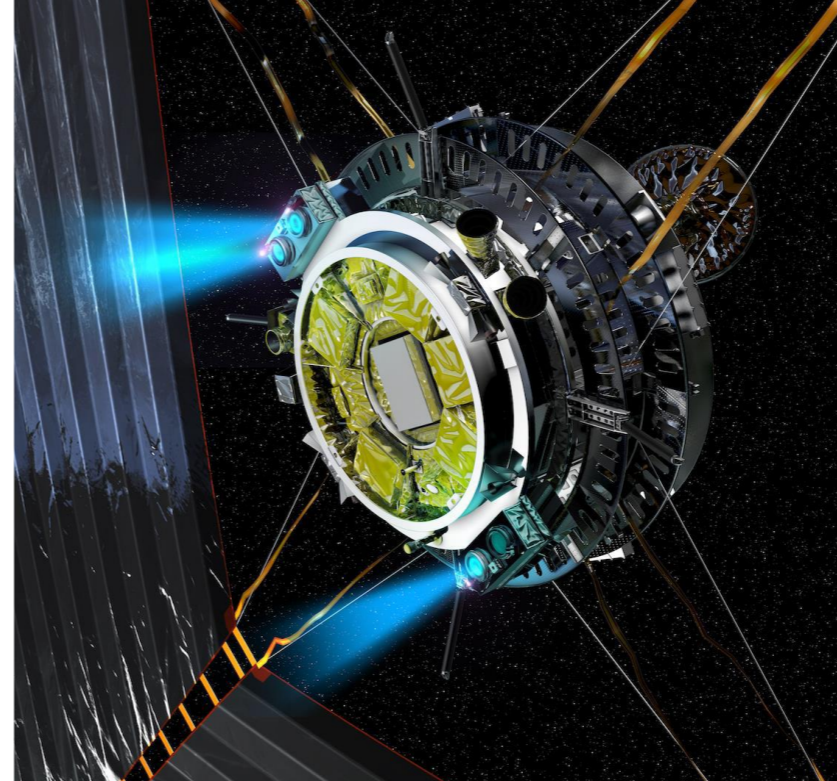
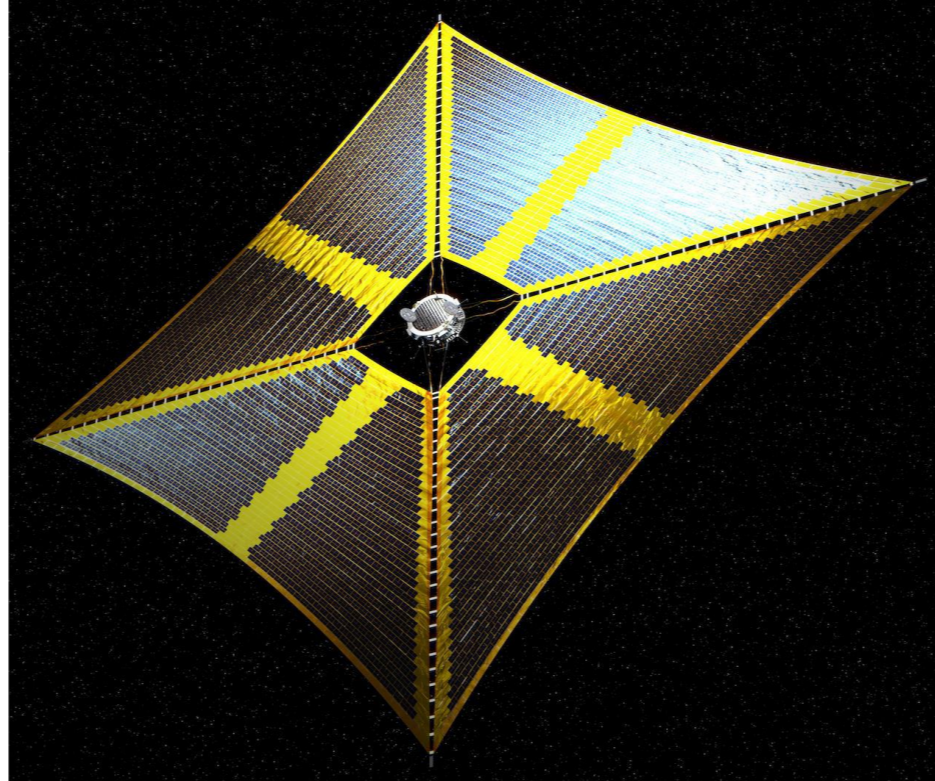
<ソーラー電力セイル>

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、外惑星領域でも大電力を供給できる。従来に無いこの発電能力は外惑星でのバス機器、または高比推力イオンエンジンの駆動を可能にする。木星トロヤ群探査機OKEANOSには大電力を発生させイオンエンジンを駆動し航行する「ソーラー電力セイル案」と大面積ソーラーセイルを光子加速に利用する「ソーラーセイル案」を検討している。

	ソーラー電力セイル	ソーラーセイル
セイル面積	1辺40m程度	1辺70m程度
セイル内太陽電池面積	1辺40m程度	1辺20m程度
木星距離での発電量	4kW@5.2AU、正対	1kW@5.2AU、正対

<高比推力イオンエンジン>

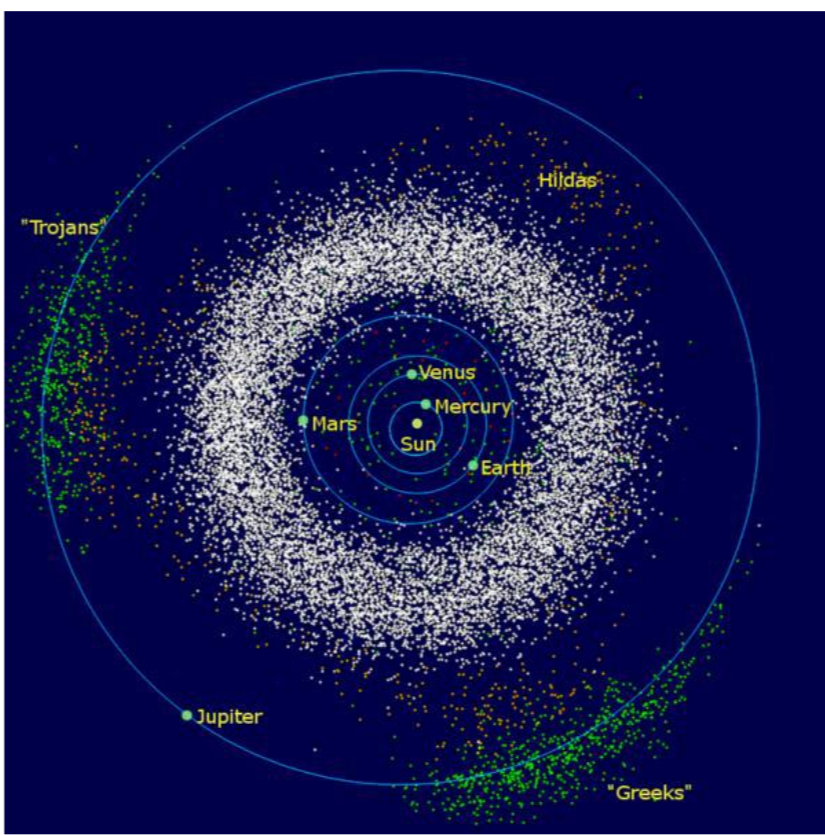
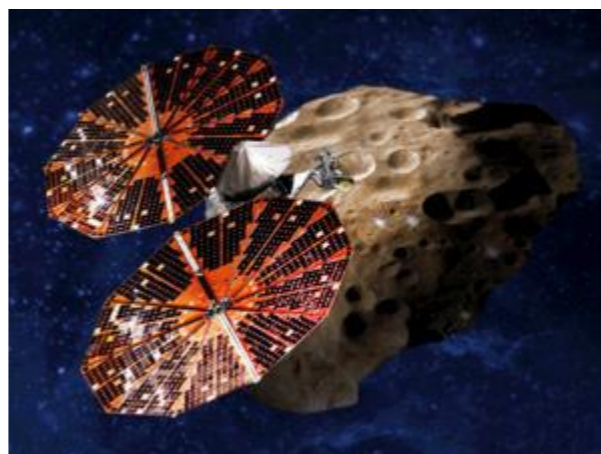
- はやぶさ2イオンエンジンを上回る高比推力
- 外惑星領域で大きなΔV: 4000m/s以上 (JUNOの2倍以上)



<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

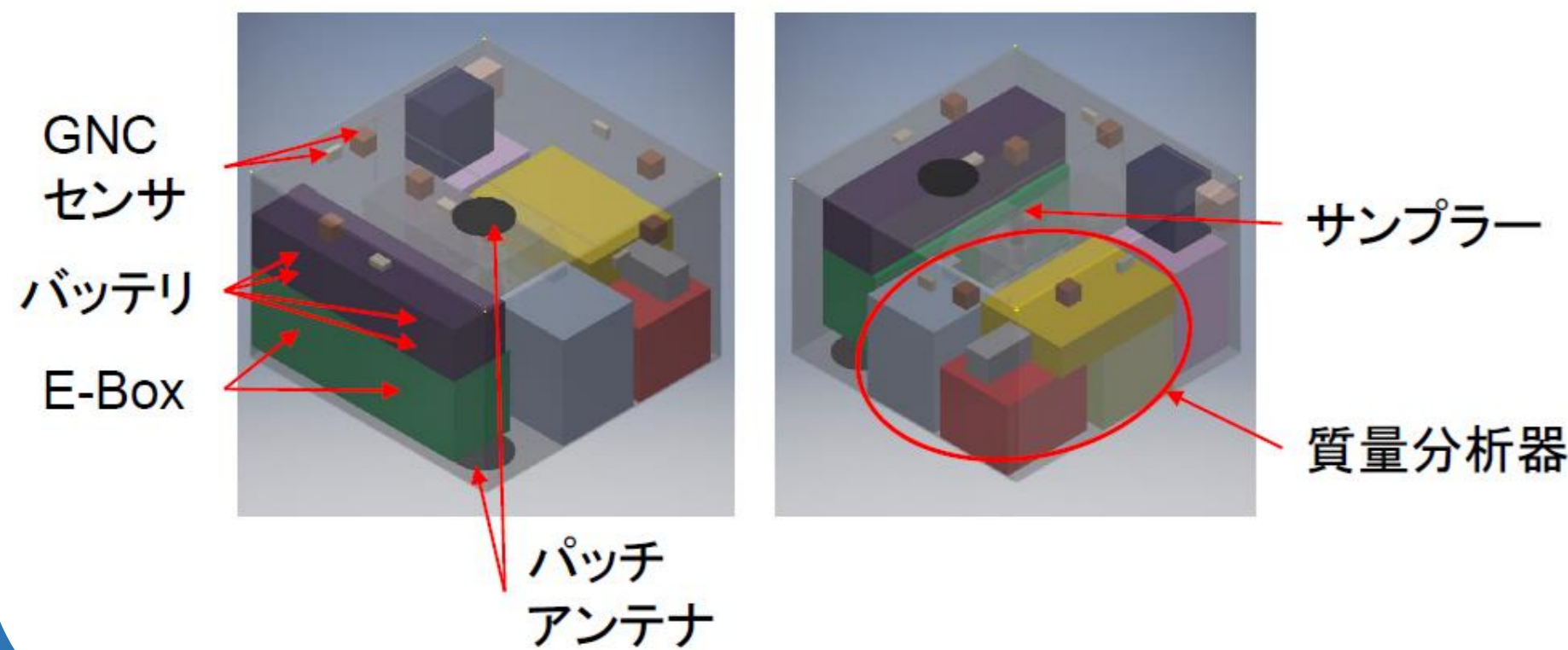


探査機システム・着陸機システム

<探査機システム概要>

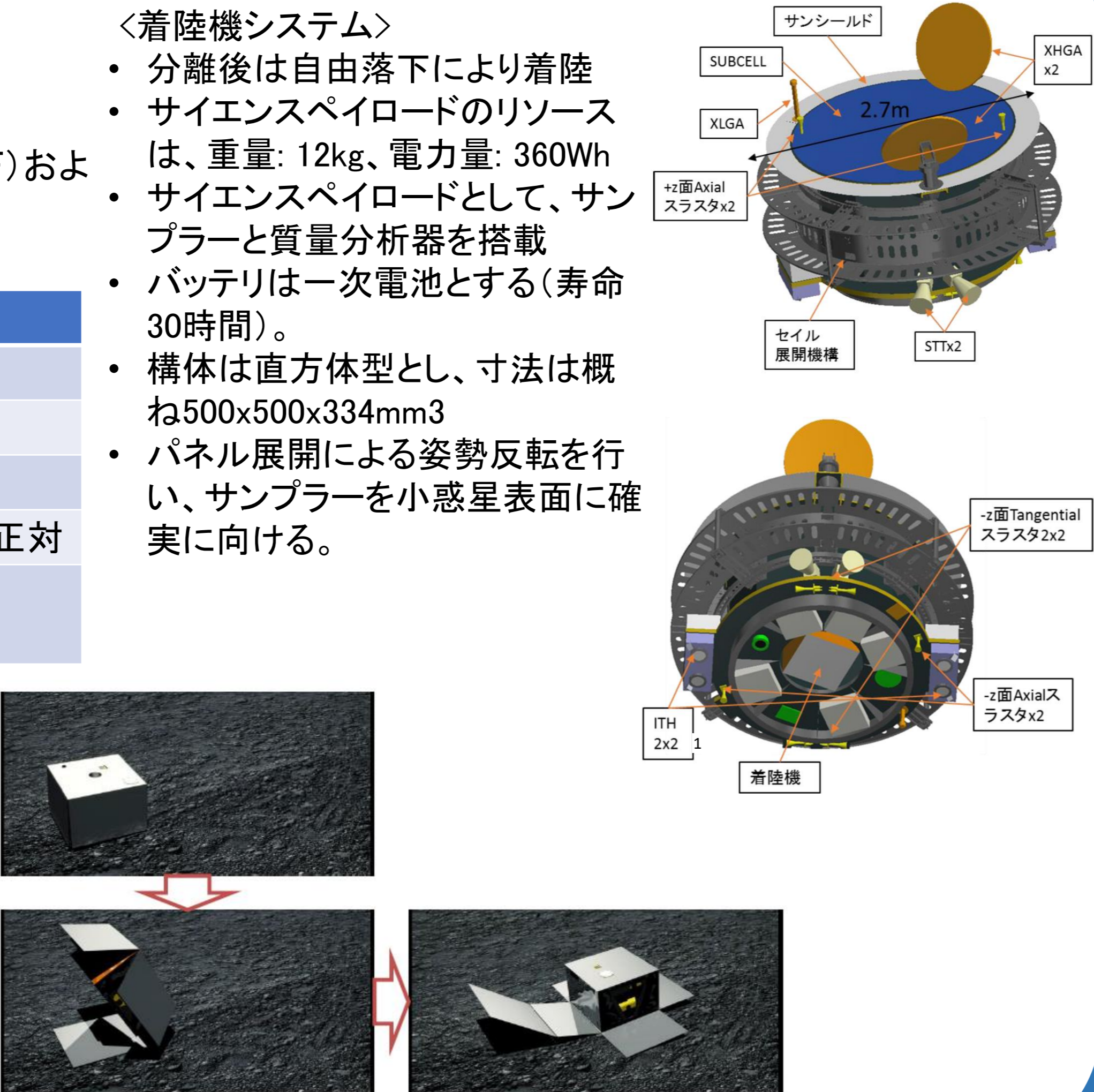
- シングルスピン(遠心力による電力セイル展開・保持)
- 40kg級の着陸機を搭載(試料採取およびその場分析)
- クルージング中の観測機器(EXZIT、ALDN2、GAP2、MGF)およびトロヤ群小惑星観測機器を搭載
- IKAROSと同様の二段階セイル展開を行う

	電力セイル案	ソーラーセイル案
重量	1400kg (Wet)	2100kg (Wet)
セイル	40m×40m	70m×70m
電力セイル	40m×40m	20m×20m
電力	4kW@5.2AU、太陽正対	1kW@5.2AU、太陽正対
推進系	イオンエンジン: 比推力4000s、25mN級×2台	RCSスラスタ: 比推力290s×8台



<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)に必要な推薬量低減のため、IESを使用(電力セイル案)。
- 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。

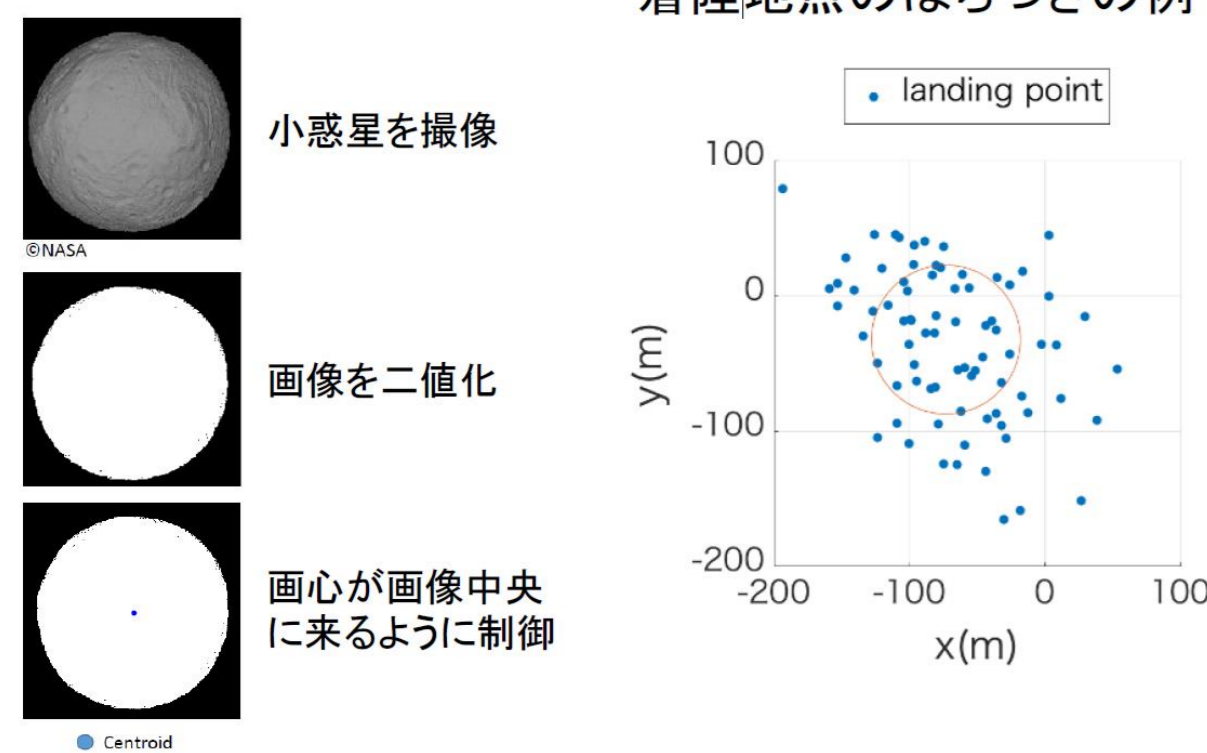
<降下・浮上および小惑星表面の観測>

- 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(1σ)程度。

Asteroid Image Tracking (AIT)



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 (10x10km2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	10x10km2以上	着陸領域候補として、1x1 km2領域を2つ選定候補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 m2程度で決定
リハーサル	1 m以下 (候補1周辺)	1x1 km2	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
バックアップリハーサル	1 m以下 (候補2周辺)	1x1 km2	
着陸機分離			着陸機分離

軌道設計

<ターゲット天体>

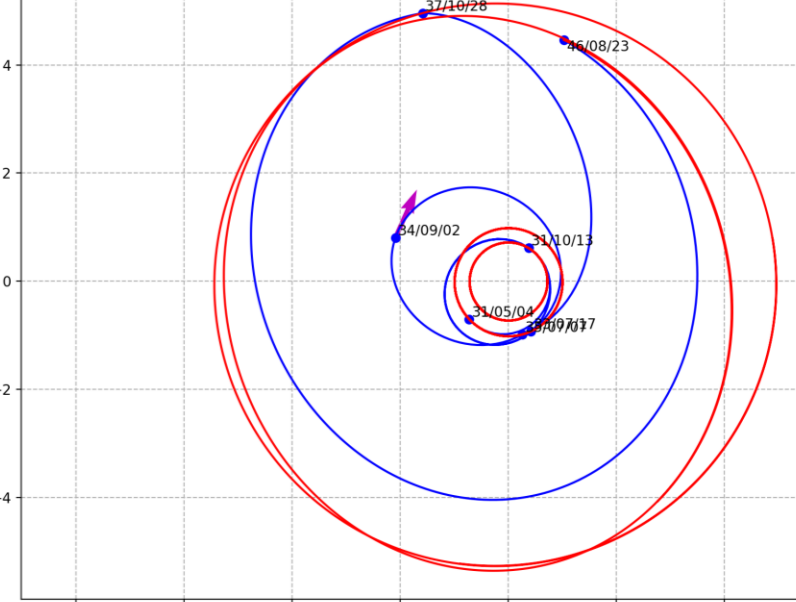
打ち上げロケットはH3ロケット22S形態とする。弾道計算による候補天体の抽出->打上年毎に複数の候補が抽出される。抽出されたターゲットのうち、長期的な軌道安定性の高いものを選ぶ。

<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。

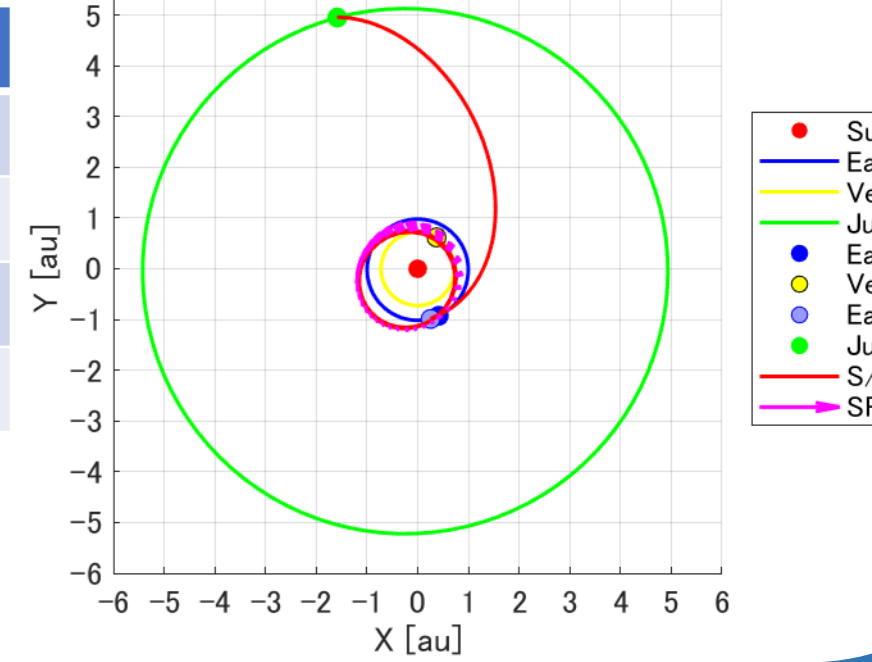
<1999XG91への軌道(ソーラー電力セイル案)>

フェーズ	開始	ΔV[m/s]	飛行時間
打ち上げ	2031年5月	0-	
地球→金星→地球	2031年5月	02.17 yr	
2年EDVEGA	2033年7月	2322.00 yr	
地球→木星	2035年7月	02.25 yr	
木星→小惑星	2037年10月	28208.83 yr	
合計		0	015.2 yr



<木星スイングバイまでの軌道(ソーラーセイル案)>(参考)

フェーズ	開始	ΔV[m/s]	飛行時間
打ち上げ	2031年5月	0-	
地球→金星→地球	2031年5月	02.17 yr	
5年SDVEGA	2033年7月	05.00 yr	
地球→木星	2038年7月	02.25 yr	



セイル展張形状予測

「ソーラーセイル案」において、有力な光子加速が期待できる大型ソーラーセイルは光圧による強い姿勢外乱トルクも発生させる。ソーラーセイル案の成立にはこの外乱トルクを液晶デバイス、またはスラスタで相殺できる程度に抑える必要があり、これにはセイルの展張形状(主にセイルのたわみ角とねじれ角)を正確に予測、制御する必要がある。

<セイル展張形状 周長余裕の制御>

- 展張時のセイル形状は、周長余裕の正負に強く依存する。正の場合はセイル外側に幕の余りが生じ、形状が不確定になる。負の場合は内側テザーに余りが生じ、セイルに対するハブの位置が不確定になる。
- 正負に問わず、周長余裕が存在するとセイルの形状に不確定性が生じる。これを防ぐため、周長余裕を制御できる機構を採用する。

