

# P-256 ソーラー電力セイルによる木星トロヤ群小惑星探査 着陸機のシステム検討

○白澤洋次, 森治, 佐伯孝尚(JAXA), 菊地翔太, 松本純, 中条俊大, 大野剛, Boden Ralf, 寺元祐貴, 赤塚康佑, 大木優介(東大・院)

## 概要

ISAS・ソーラー電力セイルWGでは、ソーラー電力セイルによる外惑星領域探査技術の確立のため、2020年代初頭の打ち上げを念頭に小惑星トロヤ群小惑星探査計画を検討している。この計画においては、巨大な柔軟構造物であるソーラー電力セイルを有した探査機システムにおいて、**小惑星表面の観測、試料の採取・分析に加え、サンプルリターンも遂行するために、着陸機を用いた方式を提案**している。ミッションシナリオとしては、ソーラー電力セイルを有した母船から100kg級の着陸機が分離し、小惑星表面の観測および試料採取・分析を行った後、小惑星を離陸、母船に採取試料を移送し、母船が地球まで採取試料を持ち帰る、ということ想定している。本稿では、このようなシナリオを達成するための着陸機のシステム検討の状況について報告する。木星トロヤ群小惑星探査計画は、中型計画での実施を想定しており、この予算規模の中でミッションを達成する探査機を開発するために**JAXA単独での開発だけでなく、海外との共同開発も視野に入れている**。このため、着陸機については、開発経験のあるドイツ・DLRとの連携も進め、共同でのシステム検討も行っている。

## 着陸機のミッションシナリオ

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は、ISAS中型計画としては規模が大きく、また新規開発要素が多いため、開発リスクが大きい。このため、外部の宇宙機関と協力することで外部資金を加算するとともに開発リスクを分担する案も検討している。特に、彗星探査機Rosettaの着陸機Philaeおよびはやぶさ2の小型着陸機MASCOTの開発経験があるドイツ・DLRとの共同研究で、小惑星着陸機のシステム検討を実施し、着陸機開発分担の実現性についても検討した。ここでは、開発体制も踏まえた2つのミッション構成案を示し、特にB案の着陸機システムについて検討状況を示す。

### A案: JAXA単独ミッション案

- ・サンプルリターンは実施せず、**着陸機による現地観測までのミッション**とする。
- ・小惑星からの離陸、母船とのドッキングは必要としないため、着陸機は誘導制御系、推進系の機能を限定した簡素なシステムとし、JAXA単独での開発リスクを低減する。

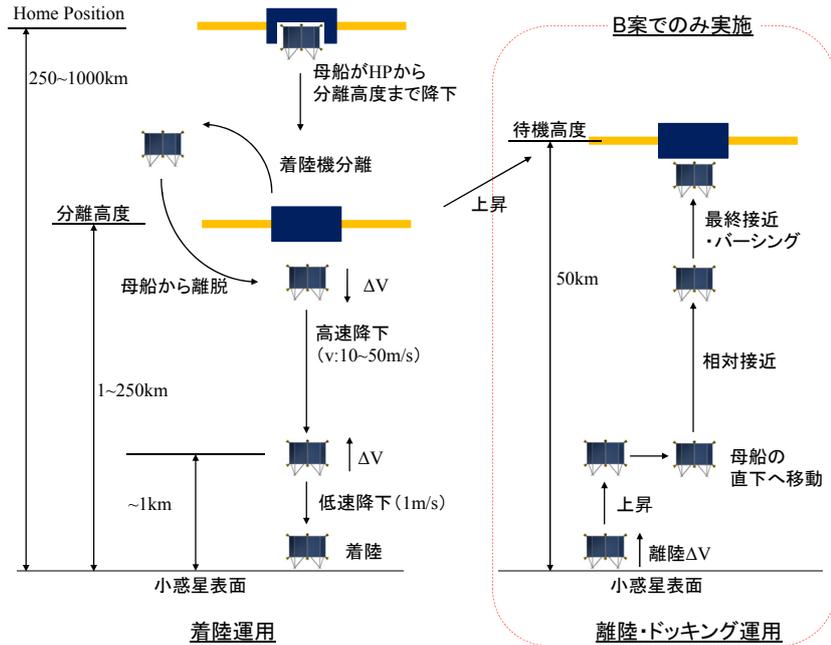
### B案: 国際共同ミッション案

- ・着陸機による試料分析までをフルサクセスミッションとし、**エクストラミッションとして離陸、母船へのサンプル受け渡し、サンプルリターンを実施**する。
- ・着陸機はDLRが開発することでリスクを分担するが、低温2液推進系、RFセンサによる母船への航法誘導、再突入カプセルなどのJAXAが技術的アドバンテージを持つサブシステムについてはJAXAで開発する。

### 着陸機ミッションシナリオ

- ① 母船が高度を下げ、小惑星に接近する。
- ② 着陸機を投下する。着陸機は高度な航法誘導制御機器を持たないため、母船が着陸機の位置を決定し、誘導を行う。
- ③ 着陸機が小惑星表面に着陸。サイエンス観測を行う。
- ④ 着陸機が離陸し、母船へ向かう。
- ⑤ 母船にドッキングし、サンプルを納めたコンテナを母船へ引き渡す。
- ⑥ 着陸機が母船から再分離する。
- ⑦ 母船がHPへ復帰する。

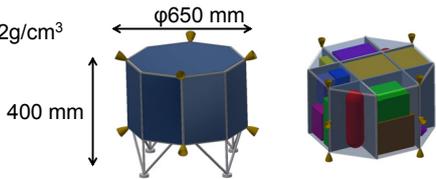
B案でのみ実施



## 着陸機システム設計・技術検討

### システム検討前提条件

- ・ターゲット小惑星: 直径20km, 密度2g/cm<sup>3</sup>
- ・着陸機質量: 100kg以下 (うち理学機器質量20kg)
- ・消費電力量: 600Wh
- ・滞在時間: 10時間



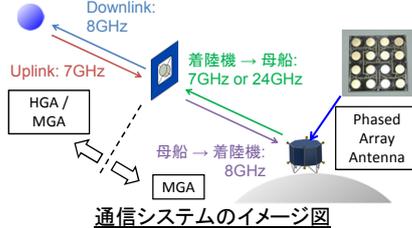
着陸機のイメージ図

### 電源系

一次電池で全ての電力を供給する。太陽電池パドルと二次電池を組み合わせる案も対案として検討している。

### 通信系/RFセンサ

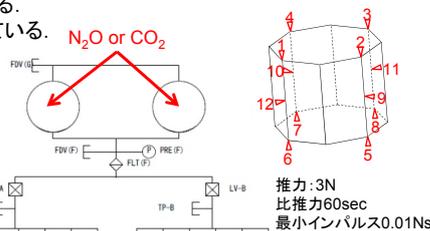
母船-着陸機間通信は、レトロディレクティブ・フェーズドアレイアンテナを使用し、両機の相対位置の方向に関する情報も取得する。さらにドップラー計測/レンジングを加える事で、両機間の相対位置決定をすることができる。250kmの距離で数十kbpsの通信レートを確保。



通信システムのイメージ図

### 推進系

コールドガススラスタ(気液平衡スラスタ)とする。低温2液推進系を組み合わせる案も検討している。



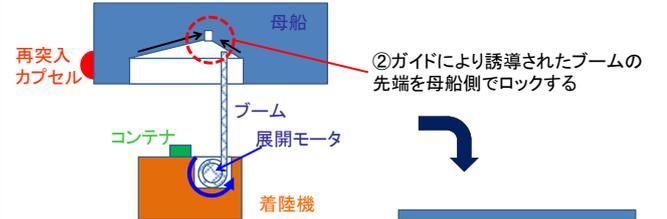
推進系システム図とスラスタ配置案

現状の電力・重量見積もりでは、着陸機ウェット重量は98kgとなり、目標の100kg以下に抑えられている。ただし、熱解析が不十分であるため、ヒータ電力見積りを反映し、今後さらに詳細な検討を行う必要がある。

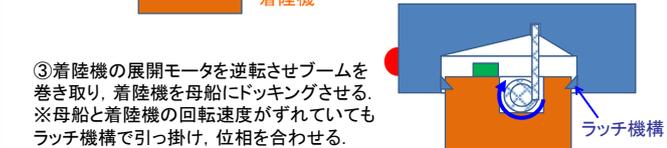
## 母船とのドッキング・試料移送方法

巨大なセイルを広げた母船は慣性モーメントが大きいため機動性が低く、かつスピニングしている。このため着陸機は、母船を非協力ターゲットとして接近し、パーシングを経てドッキングする、という方法を検討している。

① 着陸機の展開モーターでブームを伸展する

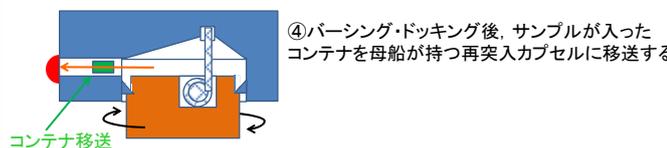


② ガイドにより誘導されたブームの先端を母船側でロックする



③ 着陸機の展開モーターを逆転させブームを巻き取り、着陸機を母船にドッキングさせる。

※母船と着陸機の回転速度がずれていてもラッチ機構で引っ掛け、位相を合わせる。



⑤ 母船のブームのロックを解除し、着陸機が再び母船から分離される

