

Deep Space Explorer DESTINY

(深宇宙探査技術実証機 DESTINY)

Yasuhiro Kawakatsu¹ and DESTINY WG

¹Department of Space Flight Systems, Institute of Space and Astronautical Science(ISAS)

3-1-1 Yoshinodai, Sagami-hara-shi, chuo-ku, Kanagawa-ken, 252-5210 Japan

ABSTRACT

DESTINY, which stands for “**D**emonstration and **E**xperiment of **S**pace **T**echnology for **I**Nterplanetary vo**Y**age” is a technology validation mission proposed to the ISAS Epsilon class small program. DESTINY is one of the last two candidates in the latest mission AO, and if it is successfully selected, DESTINY will be launched in FY2019.

In 2013, ISAS released the “Space Science & Exploration Roadmap”, which is later approved by the government committee of space policy. A point worthy of special mention is that the roadmap strongly promotes small and frequent deep space exploration by way of Epsilon rockets. Epsilon is the Japanese new-generation solid-fuel rocket which enables low-cost access to space. However, its limited launch capacity, less than 200kg to escape orbits, is thought to strongly constrain the possibility of deep space mission by way of Epsilon rocket.

Mission concept of DESTINY is to overcome this severe constraint by the use of powerful ion engine. DESTINY is firstly placed into a low elliptical orbit by Epsilon rocket, and raises its altitude by the use of ion engine. It reaches the Moon in the end, and then, it is injected into transfer orbit to further destination, such as Sun-Earth Lagrange points or interplanetary space by using lunar gravity assist. In this way, DESTINY realizes 400kg class deep space mission by way of small/low-cost Epsilon rocket.

DESTINY is a high performance deep space transportation system whose maximum Δv capacity is 5km/s, and maximum payload mass is 200kg. DESTINY is based on the previously developed small scientific standard satellite bus system, and extended by five novel technologies. The key technologies to realize DESTINY are, the large scale ion engine $\mu 20$, the ultra-light weight solar panel, advanced thermal control devices, novel mission & orbit design, and small & high specification newly developed bus components.

The first flight of DESTINY spacecraft is planned to be the demonstration mission to validate DESTINY mission & system concept. Additional engineering experiments and scientific observations are planned as well within the resource availability.

This presentation introduces the overview of DESTINY mission as well as its importance and significance in Japanese space science program.



深宇宙探査技術実証機 **DESTINY**

川勝康弘 (ISAS/JAXA)
DESTINY ワーキンググループ

宇宙科学・探査ロードマップ



第7回宇宙科学・探査部会

資料1

宇宙科学・探査ロードマップ について

平成25(2013)年9月19日
宇宙航空研究開発機構
宇宙科学研究所

Ⅱ. 宇宙科学・探査ロードマップ作成の基本となる考え方

...

具体的な進め方としては以下を提案する。

- 1) イプシロンロケット高度化等を活用した低コスト・高頻度な宇宙科学ミッションを実現するべく、衛星探査機の小型化・高度化技術などの工学研究課題に取り組む。惑星探査、輸送系、深宇宙航行システムの研究成果をプロジェクト化する。
- 2) 太陽系探査科学分野は、最初の約10年を機動性の高い小型ミッションによる工学課題克服・技術獲得と先鋭化したミッション目的を立て、10年後以降の大型ミッションによる本格探査に備える。

...

小型・高頻度な太陽系探査

“Small, but quick is beautiful.”

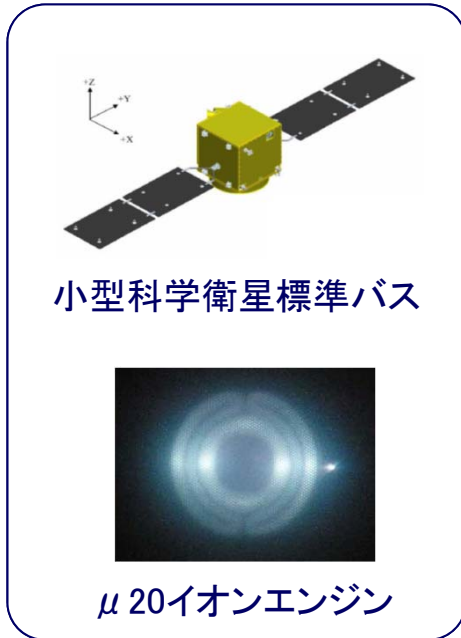
1986年にスペースシャトル「チャレンジャー」の事故が起きた時、アメリカ議会で、著名な物理学者 Freeman Dyson が証言台に立った。そのスピーチの中で、彼は、「1年に1機ずつ小さな衛星を機動的に打ち上げることによって、日本の宇宙科学研究所は着実に最前線の成果を上げてきている。アメリカも大艦巨砲主義を廃して、日本のような方式を見習ってはどうか」と述べた。そしてその日本の宇宙科学への評価を、“Small, but quick is beautiful.”と締めくくった。

(<http://www.ku-ma.or.jp/ym/ym110608.php>)

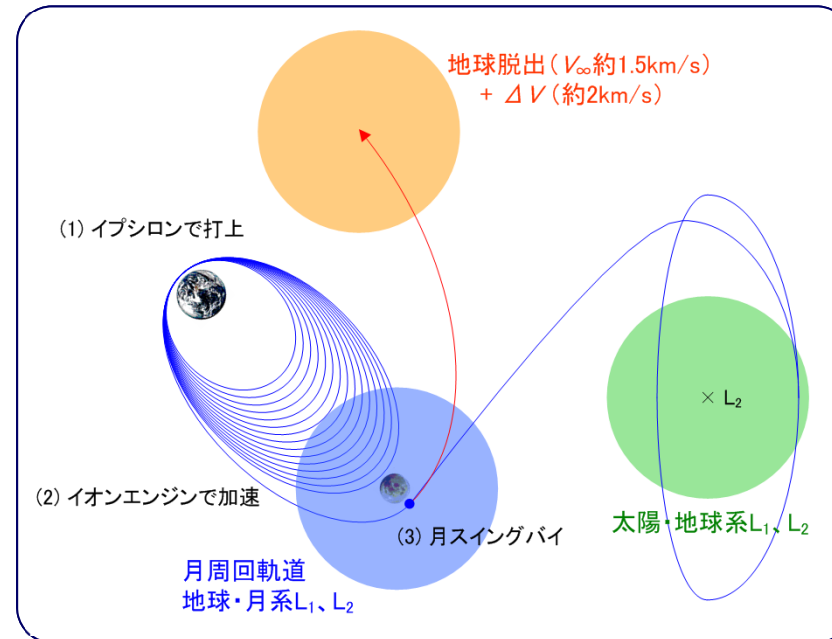
DESTINYとは(1)



小型高性能 深宇宙輸送機



イプシロン



- (1) 高比推力の電気推進系を主推進とし、それを惑星間航行のみならず、重力天体まわりでのスパイラル軌道遷移にも用いる。
- (2) これにより、イプシロン級小型ロケットによる打ち上げで、50^(*1)~200kg^(*2)のミッションペイロードを目的地まで輸送する。
- (3) ミッションペイロードは独立のモジュールとして、深宇宙輸送機とは独立に設計・製造し、輸送機の上部に搭載する。

(*1) 現行イプシロン+4段キックステージによる打上時 (*2) 能力向上型イプシロン(M-V級)による打上時

DESTINYとは(2)



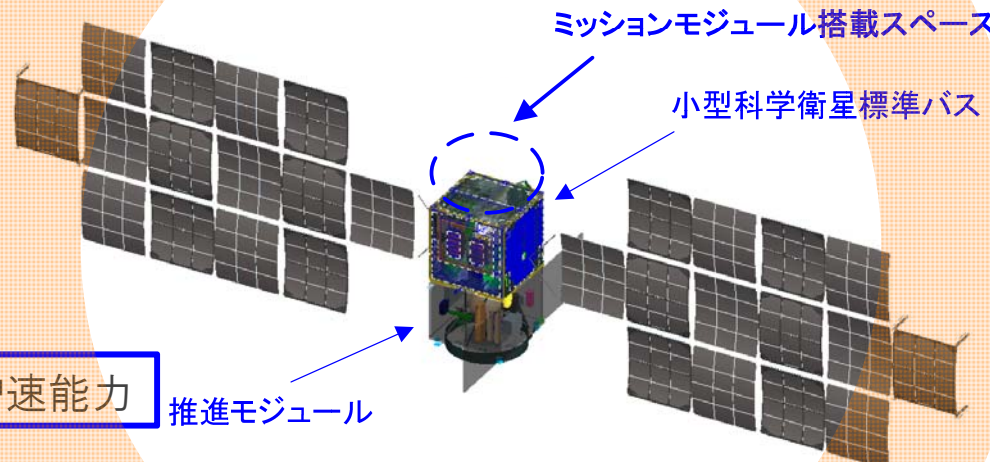
電力質量比 100W/kg以上

推力40mN、比推力3800s

薄膜軽量SAP

大型イオンエンジン μ 20

最大200kgの搭載能力



60億円以下(再製造時)

(推進モジュールを含む)

最大5km/sの増速能力

先進的熱制御デバイス

標準バスの小型化・高性能化

LHP、ヒートスイッチ、蓄熱材

XTRP、XSSPA、RW、BAT

ミッション・軌道計画


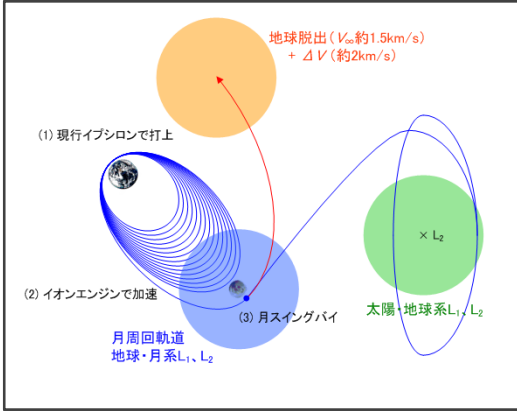

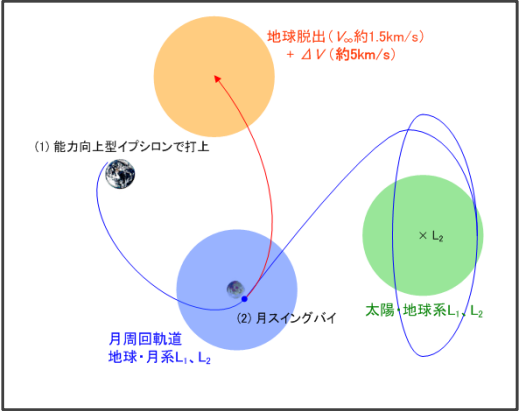
電気推進、スイングバイ、三体力学

DESTINYが拓くミッション



DESTINYにより実現されるミッションが、すでに理工学研究者の間で構想されている。

表： DESTINY応用ミッションのカテゴリ

カテゴリA	カテゴリB
 <p>現行イプシロン +4段キックステージ</p>  <p>地球脱出 (V_{∞} 約1.5km/s) + ΔV (約2km/s)</p> <p>(1) 現行イプシロンで打上</p> <p>(2) イオンエンジンで加速</p> <p>(3) 月スイングバイ</p> <p>月周回軌道 地球・月系L_1、L_2</p> <p>太陽・地球系L_1、L_2</p> <p>ペイロード質量： 最大約50kg 地球脱出後 ΔV： 最大約2km/s (火星・金星フライバイまで)</p>	 <p>能力向上型イプシロン (M-V級)</p>  <p>地球脱出 (V_{∞} 約1.5km/s) + ΔV (約5km/s)</p> <p>(1) 能力向上型イプシロンで打上</p> <p>(2) 月スイングバイ</p> <p>月周回軌道 地球・月系L_1、L_2</p> <p>太陽・地球系L_1、L_2</p> <p>ペイロード質量： 最大約200kg 地球脱出後 ΔV： 最大約5km/s (火星・金星周回軌道投入も可能)</p>
<p>(A1) 地球圏プラズマ撮像ミッション (A2) 小惑星Phaethonフライバイミッション (A3) 黄道面外からの宇宙背景放射観測ミッション (A4) 紫外線望遠鏡による太陽系外惑星観測ミッション</p>	<p>(B1) DESTINY派生機による低コスト小型小天体探査ミッション (B2) オービタ間の電波掩蔽による金星気候探査ミッション (B3) 火星気象衛星と火星航空機によるダスト輸送メカニズムの解明ミッション</p>

具体的なミッションコンセプトは、以降の発表で。

ミッションの目的

主目的

- (1) イプシロン級の小型打ち上げロケットに対応した、電気推進式の小型高性能深宇宙輸送機を開発・実証する。
- (2) この小型高性能深宇宙輸送機を用いた、小型深宇宙探査のミッションコンセプト*を実証する。

副目的

- (3) リソースの許す範囲で追加の理工学実験を実施する。

*地球周回軌道から、電気推進航行によるスパイラル軌道遷移を経て深宇宙に至る。

開発リソースの配分や、リスク管理上の優先順位として、主目的・副目的を設けた。

前期構想を実現するためには、従来技術からは大きなステップとなる新規技術開発(薄膜軽量太陽電池パドル、大型イオンエンジン、先進的熱制御デバイス)、新しい軌道運用方法の確立(スパイラル軌道上昇)が必要である。

その開発リスクを下げるため、十分な開発リソースと、設計上のマージンを配すべく、深宇宙輸送機システムの開発・実証、ミッションコンセプトの実証を主目的とする。

加えて、限られた飛翔機会を有効に利用する追加の理工学実験を副目的とする。

ミッション要求

1. 以下の要件を満足する電気推進式の深宇宙輸送機を開発し、その機能・性能を実証すること。

基本構成	標準化・モジュール化設計されていること。
打ち上げ	イプシロンまたは能力向上型イプシロンにて打ち上げ可能であること。
ペイロード	重量200kgまでのミッションペイロードを搭載可能であること。
主推進系	電気推進系を用いて最大約5km/sの ΔV が提供可能であること。
コスト	従来の深宇宙探査機に比較して低コストであること。
開発期間	開発着手から3年以内で打ち上げ可能であること。

2. 以下の宇宙航行を実現し、イプシロンによる小型深宇宙探査のミッションコンセプトを実証すること。

軌道運用	地球周回軌道からスパイラル軌道上昇により深宇宙に到達すること。
------	---------------------------------

3. 本実証飛行のペイロードとして、リソースが許す範囲で追加の理工学実験を実施すること。

ミッションシナリオ

	日数	軌道	イベント
①	0~30	イプシロン(4段キックステージ使用)による長楕円軌道投入	初期機能確認期間
②	30~200	スパイラル高度上昇	放射線帯通過時間1500時間以内で放射線帯脱出
	200~450		打上から1.5年以内に遠地点高度30万km到達
③	450~600	月スイングバイ	ハロー遷移軌道への接続
④	600~800	ハロー遷移軌道	安定多様体を利用した軌道遷移
⑤	800~1000	ハロー軌道維持	1周回以上ハロー軌道維持

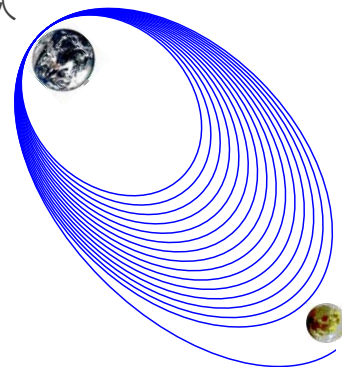
↓ ミニマム
サクセス

↓ フル
サクセス

↓ エキストラ
サクセス

① イプシロン(4段キックステージ使用)による長楕円軌道投入

② 電気推進によるスパイラル高度上昇



④ ハロー軌道遷移

③ 月スイングバイ

L_2

⑤ ハロー軌道維持

工学実験ペイロード



DESTINYでは、「小型高性能深宇宙輸送機の実証」という主ミッションに加え、リソースが許す範囲で理工学実験を実施する。現状想定している工学実験は以下のとおり。

ラグランジュ点ハロー軌道への遷移と維持

月の軌道面と交わる安定多様体の軌道の中から、月との相対速度が比較的小さい軌道を選択し、月軌道からハロー軌道までの軌道遷移を実証する。またその後ハロー軌道約1周分以上の軌道維持に関する実験を行う。

Ka帯通信実験

カテゴリーA(近地球)領域に対する新規割当て周波数であるKa帯(26GHz帯)において、Ka帯モジュール(信号生成機能)、増幅器、および中利得アンテナを用いて、全ての軌道条件を当てはめた通信実験を行う。

運用自律化実験

深宇宙探査機の自律化を実現するアプローチとして、搭載計算機にスクリプトエンジンを実装し、そこで実行させる自律技術を体系的に軌道上で実証する。これにより、自律機能を動作可能とする仕組みを提案する。

理学観測機器については、次の発表で。

まとめ



- DESTINYは、小型科学衛星標準バスに薄膜軽量太陽電池パドル、大型イオンエンジンを組み合わせた小型高性能深宇宙輸送機である。
- 最大5km/sの増速能力、最大200kgのミッションモジュール搭載能力を有する。
- イプシロンロケット(4段キックステージ使用)で打ち上げられ、自身の推進系を用いて深宇宙に至る、宇宙科学小型計画の枠組みで実現する新しい深宇宙探査の方法を提示する。
- これにより、宇宙科学ロードマップが謳う、小型・高頻度な太陽系探査を実現する道が拓かれる。