

月周回有人拠点 Gateway 利用概要説明資料

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 (JAXA)

2024年2月7日 A改訂版

目次

1. アルテミス計画
2. 月周回有人拠点 Gateway
3. Gatewayの構成と日本の貢献
4. Gatewayの利用環境 – ISSとの比較
5. ミッション選定の流れ
6. Discipline Working Group (DWG)
7. Gateway搭載予定の装置
8. ダストセンサ (LVDM)
9. 超小型宇宙放射線線量計 (JAXA PADLES / D-Space)
10. Artemis IV以降の搭載検討

アルテミス計画 (Artemis Program)

NASAを中心とした、月面探査とその後の火星有人着陸に向けた計画。2022年11月には最初のミッションの打上げに成功 (Artemis I)。次回ミッション (Artemis II) では4名の宇宙飛行士による月周回ミッションを予定。

Artemis III以降では、アポロ計画以来となる有人月面着陸と、月周回拠点であるGateway(ゲートウェイ)の建造開始を目指す。

1. アルテミス計画とは

Artemis I

2022



- 無人試験飛行

Artemis II

2025



- 有人試験飛行

Artemis III

2026



- 有人月面着陸

- 2025年以降 Gateway (PPE/HALO) 打上予定

Artemis IV~VII

2028~



- 有人月面着陸
- Gateway打上・組立 (Artemis VIで完成)
- 有人と圧ローバなどを順次打上予定

2024年2月1日時点

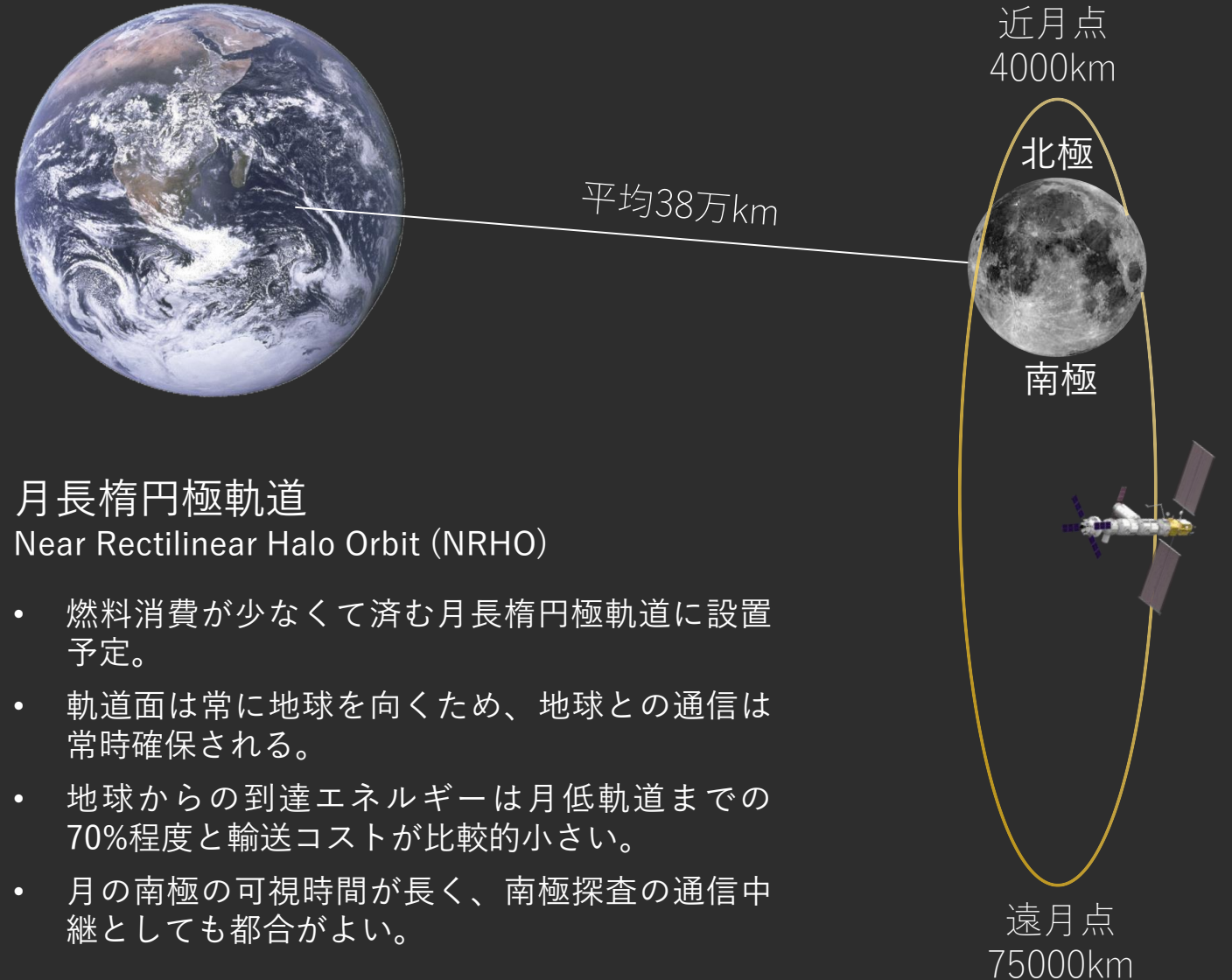
2. 月周回有人拠点Gateway



月面及び火星に向けた中継基地として、米国の提案のもと開発中の有人拠点。

年間30日ほど宇宙飛行士が滞在し、それ以外の期間は無人運用される。

Gatewayの軌道

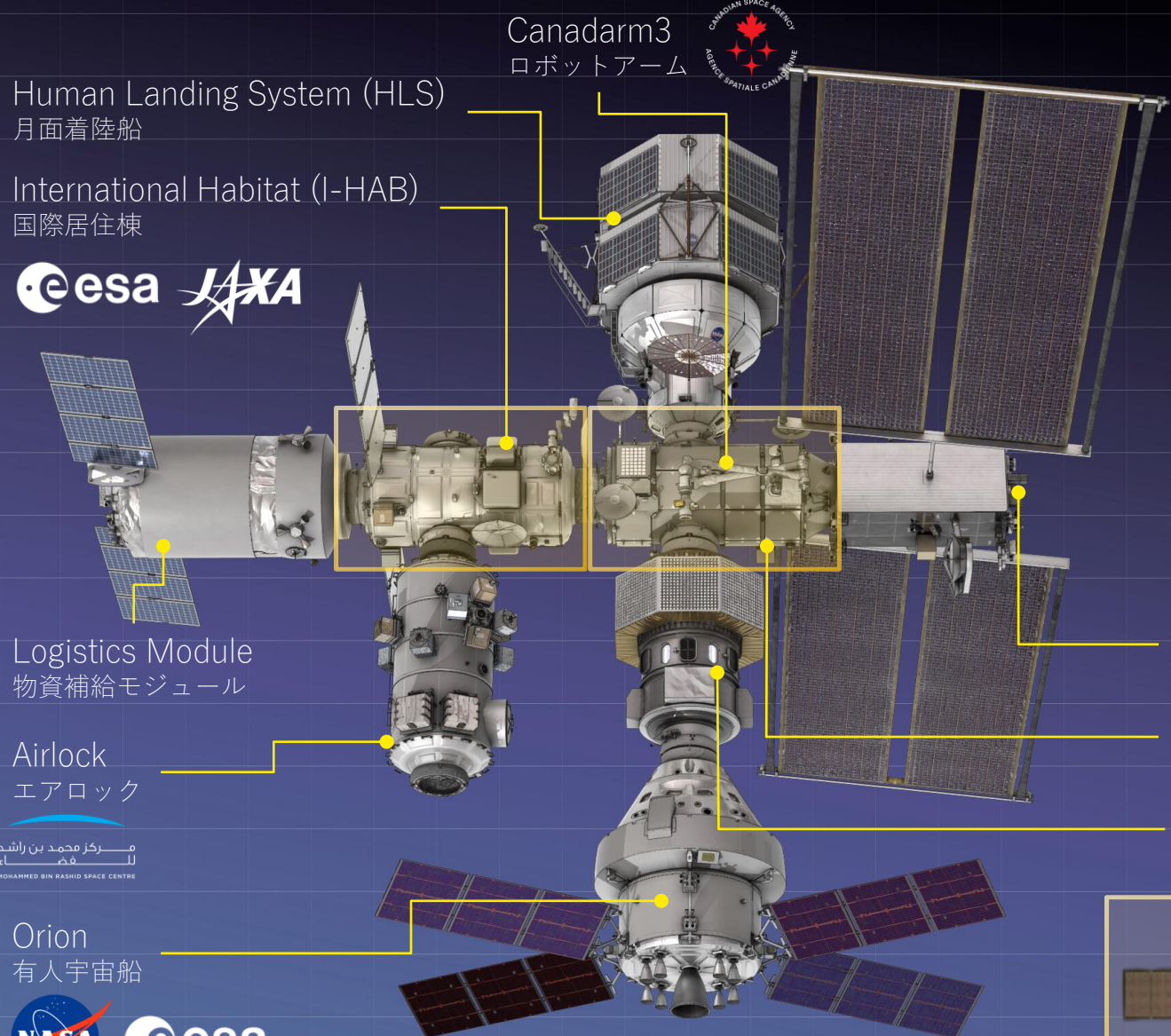


月長楕円極軌道

Near Rectilinear Halo Orbit (NRHO)

- 燃料消費が少なく、済む月長楕円極軌道に設置予定。
- 軌道面は常に地球を向くため、地球との通信は常時確保される。
- 地球からの到達エネルギーは月低軌道までの70%程度と輸送コストが比較的小さい。
- 月の南極の可視時間が長く、南極探査の通信中継としても都合がよい。

3. Gatewayの構成と日本の貢献



Human Landing System (HLS)
月面着陸船

Canadarm3
ロボットアーム

International Habitat (I-HAB)
国際居住棟

Logistics Module
物資補給モジュール

Airlock
エアロック

MOHAMMED BIN RASHID SPACE CENTRE

Orion
有人宇宙船

Gatewayは、電気・推進エレメント(PPE)、居住・ロジスティクス拠点(HALO)、国際居住棟(I-Hab)などから構成されている。各極機関および企業の協力のもと、分担して開発される。

日本が貢献するのは、主に図中 の部分。I-HABの中核となる生命維持・環境制御システム(CO2除去、微量ガス除去、酸素分圧制御等)、HTV-Xを活用した物資補給、およびHALOへのバッテリー提供等。

計画への貢献や国際協力によって、Gatewayの利用機会を獲得していく。

Power and Propulsion Element (PPE)
電気・推進エレメント

Habitation and Logistics Outpost (HALO)
居住・ロジスティクス拠点

Esprit Refueling Module (ERM)
燃料補給モジュール



Logistics Module
HTV-XG (物資補給)

4. Gatewayの利用環境 – ISSとの比較



	Gateway 	ISS 
居住空間	2モジュール (HALO, I-HAB)	9モジュール
物資補給フライト	1フライト/年	8フライト程度/年
宇宙飛行士の滞在	年に30日程度滞在 (残りは無人)	常時滞在
国際協力の考え方	各国へ予めリソース配分はされず、必要リソースを都度調整	各国の貢献比率に応じてリソースを配分
利用リソース※1	利用に割り当てられる限られたリソースを参加極間で共有し、共同ミッションとして計画調整。利用に使用できるクルータイムは～90時間/年(～3時間程度/日)を想定。	貢献比率に応じて日本にリソース配分される。利用に使用されるクルータイムはISS全体 (露側含む) で3500時間/年程度。
利用エリアの考え方	利用エリアを各国で共用	「きぼう」の一部が日本の利用エリア
利用設備環境	現時点でGateway運用側による整備予定はなし	日本の利用エリアはJAXAが実験設備等を整備
利用実験操作	クルー不在中は遠隔操作が必要	クルーによる操作が前提
利用空間	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>< 船内 ></p>  <p>ドロワ※2 数十kg規模：16個 (≒ISS大型ラック2台分)</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>< 船外 ></p>  <p>ペイロード取付 数十kg：7カ所</p> </div> </div>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>< 船内 ></p>  <p>大型ラック 数百kg：33台</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>< 船外 ></p>  <p>ペイロード取付 数百kg：22カ所</p> </div> </div>

※1 リソース = 軌道上で使用されるスペース、電力、通信、クルータイム等のこと

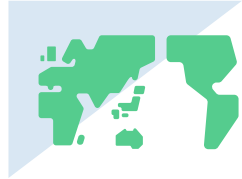
※2 ドロワ=Gateway船内における実験装置搭載スペース

5. ミッション選定の流れ（想定）



国内で利用ミッション公募の周知
(技術開発・科学利用等)

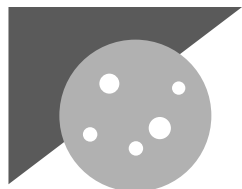
国内で周知を行う。選定を国内で実施するかは未定。



国際調整の場でのミッション選定

Gateway利用に関する国際調整パネルで選定を実施。

- 参加各極から提案された利用ミッションの中から、協議のうえ選定
- 日本からはJAXAが参加し、Gatewayに係る仕様や国際調整、各極の最新情報入手なども行う



利用ミッションの決定
Gatewayでの実施

⚠️ ミッション選定のポイント

利用リソースがISSよりも限られる



- ✓ Gateway特有の環境を利用可能なミッション
- ✓ 月面やISS利用との相乗効果が期待できるミッション

予め決められた利用リソース配分が無い



- ✓ 国際的に優位性、波及効果が高いミッション
- ✓ 国際協働の利用を促進するミッション

国際間での調整状況

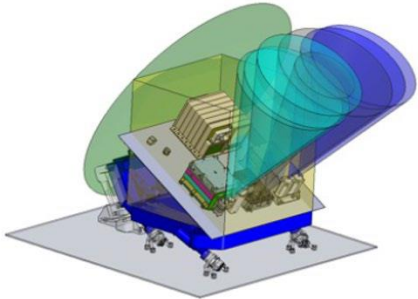
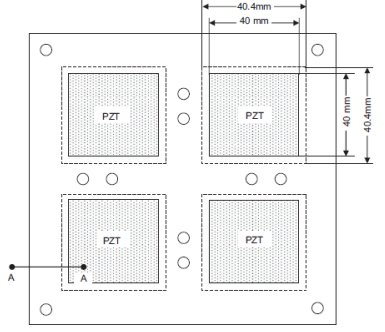

- 実験装置の搭載やデータ利用研究の提案を受ける公募などの国際協力の進め方について、参加極間で協議を進めている。
- 各極の各領域の専門家から構成される9つのWorking Group (DWG：月科学、宇宙医学、技術実証、太陽物理・放射線、ダスト研究、天文物理、生命科学、教育、広報)での議論をもとに、Gateway国際パートナー間の調整フォーラムである、「Gateway Utilization Coordination Panel (GUCP)」において各WG検討案を統合し、長期利用戦略(15-Year Outlook)を検討中。

6. Discipline Working Group (DWG)

各極の各領域の専門家から構成される9つのWorking Group の概要は以下のとおり。

1. 月を対象とする科学：ゲートウェイから月の科学研究を実施する。
2. 太陽物理・宇宙放射線：太陽物理学の調査を行い、ゲートウェイの宇宙環境を理解する。
3. ダスト研究：ゲートウェイ近傍の月レゴリス・惑星間塵・恒星間塵等の微粒子環境に関する科学・工学・運用に資する研究を実施する。
4. 天文物理：ゲートウェイから天体物理学研究を実施する。
5. 各種の技術実証：深宇宙での運用を可能にする宇宙船技術の経験を拡大する。
6. 生命医科学：深宇宙環境において宇宙生物学および生命科学の研究を実施する。
7. 健康管理技術：地球低軌道以遠における安全で生産的な有人飛行を支援する方法に関する高度な知識を得る。
8. 教育：ゲートウェイ活動に関連する教育アプローチとコンテンツを開発する。
9. 広報：ゲートウェイ活動に対する一般の認識を高めるためのアプローチを開発する。

7. Gateway搭載予定の装置

	PPE/HALO船外			HALO船内
プログラム	ERSA	HERMES	LVDM	IDA
概要	<ul style="list-style-type: none"> 複数の放射線計測機器をパッケージ化。 詳細設計中。 <p>詳細はこちら。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 宇宙天気（太陽風観測）観測機器。 詳細設計中 <p>詳細はこちら。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 月周回軌道上の宇宙塵と、月レゴリス微粒子の両方の衝突信号を計測。 フライト品の製作を実施中。 提供した装置は、ERSAに組み込まれる。 	<ul style="list-style-type: none"> ISS等で搭載検証を行う複数の超小型宇宙放射線線量計を搭載、放射線環境計測や被ばく管理に必要なデータを取得。 JAXAからは、受動積算型線量計PADLESとD-Spaceリアルタイム線量計を搭載。 フライト品製作中。 詳細はこちら。
ペイロード提供機関	ESA	NASA	<u>JAXA</u>	ESA/ <u>JAXA</u> /NASA
日本の参加形態	2021年にESAとりまとめでデータ利用に関する国際公募を実施済。	2020年にNASAとりまとめで国際公募を実施。	ペイロードを提供（詳細はp.10）。取得データの活用方法は検討中。	ペイロードを提供（詳細はp.11）。取得データの活用方法は検討中。
概要図	 <p>©ESA</p>	 <p>©NASA</p>	 <p>K. Nogami et al. (2008)</p>	 <p>D-Space ©JAXA, & AIST PADLES©JAXA</p> <p>©ESA</p>

8. ダストセンサ (LVDM)

概要・目的

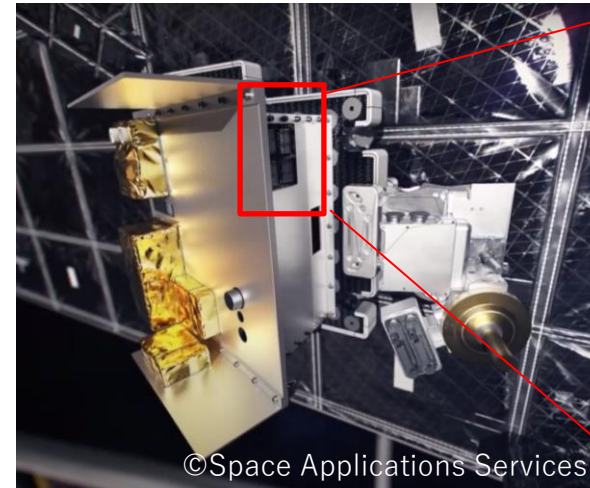
- 米国が提案する国際宇宙探査 (Artemis計画) において、月周回有人拠点 (Gateway) にJAXA開発品であるダスト観測用センサ (LVDM: Low Velocity Dust Monitor) を搭載
- Gateway初期段階の環境計測を目的とし、月周回軌道における宇宙塵および月面レゴリスの飛来状況を観測
- 観測機器プラットフォームのERSAに搭載
- センサ部はBepiColombo搭載のダストセンサ仕様を踏襲予定

観測対象

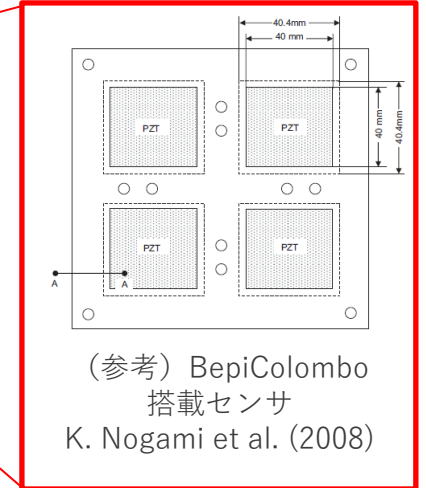
- Gateway外壁へ衝突する宇宙塵 (超高速ダスト)
- 月面有人着陸システム (HLS) に付着しGateway周辺に運ばれた月面レゴリスを含む固体微粒子 (低速ダスト)

環境計測の流れ

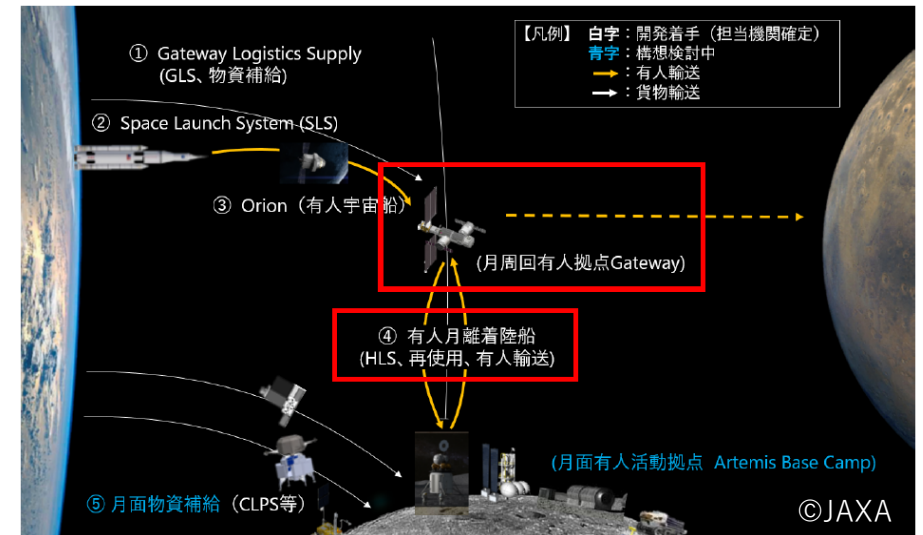
- ① Gateway初期段階において、Gateway外壁へ超高速で衝突する宇宙塵の定常計測を行い、月周回領域における宇宙塵の存在状況や経時変化を把握する。
- ② 月面有人着陸システム (HLS) が月面からGatewayに帰還する際の環境を計測し、①で得たGateway初期段階の宇宙塵計測データと比較する。以上より月面レゴリス等の飛来状況を把握し、固体微粒子によるGatewayモジュールへの影響評価に資するデータを提供する。
- ③ ①、②で取得したデータはGatewayプログラムの参加各局と共有され、Gatewayプログラムとしてシステム運用に関するリスク評価が実施される。HLS接続以外の期間に取得された宇宙塵衝突の定常計測データを、太陽系科学の学術研究に利用することも可能。



ERSAへの搭載イメージ図



(参考) BepiColombo
搭載センサ
K. Nogami et al. (2008)



アルテミス計画のアーキテクチャ (輸送要素)

9. 超小型宇宙放射線線量計 (JAXA PADLES/D-Space)



概要・目的

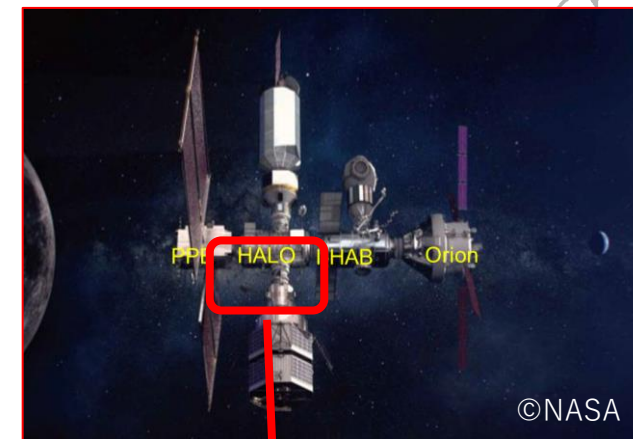
- Gatewayへの最初のモジュール打上機会 (PPE推進モジュールおよびHALOモジュール) にて、HALOモジュール内のペイロードバンク内に設置する船内放射線環境計測ミッションIDAに参加するJAXA機器。
- 有人滞在が始まる前から、Gateway月長楕円極軌道の宇宙放射線環境をESA/NASA/JAXAでの国際協力により測定するミッション。
- 日本からは、スペースシャトルおよび国際宇宙ステーション (ISS) 船内・船外での被ばく線量計測の実績を持つ、JAXAが開発した受動積算型線量計 (PADLES線量計) とArtemis Iにおいて打上げられた月探査機衛星OMOTENASHI衛星に搭載され、日本で初めて地磁気圏外の放射線計測に成功した実績をもつ、JAXA・産業総合技術研究所 (AIST) が開発した超小型能動型宇宙放射線線量計 (D-Space線量計) を一体化したGateway用線量計を搭載します。

観測対象

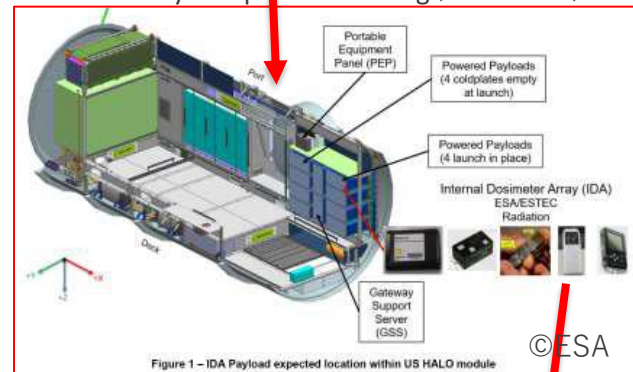
- 受動積算型線量計PADLES線量計：
固体飛跡検出器からの宇宙放射線粒子毎の10keV/ μ m以上のLET飛跡およびLET分布、10keV/ μ m以下の蛍光発光量から算定した吸収線量、線量当量、線質係数 (QF)
- 超小型能動型宇宙放射線線量計D-Space線量計：
高エネルギー用 (主に重粒子) および低エネルギー用 (主に陽子) に対する特定閾値を超えた際のカウントレート = 単位時間あたりのカウント数から、吸収線量率を算出。

環境計測の流れ

- D-Space線量計は、Gateway軌道上にて電源投入後、1分毎の被ばく線量計測を開始。テレメトリデータとして地上にダウンリンク。
- PADLES線量計は、地上への回収帰還後に、JAXA筑波宇宙センターにて化学処理および解析作業後に線量を算定。IDAプロジェクト全体のバックアップ機器として位置づけ。
- Gatewayプログラムとして、Gatewayでの有人滞在開始前の宇宙放射線に対するリスク評価を実施。また継続的な環境計測により、宇宙放射線防護研究に活用。



Gateway completion drawing (As of 2020)



Gateway HALO module inside drawing (As of 2023)



©JAXA/AIST



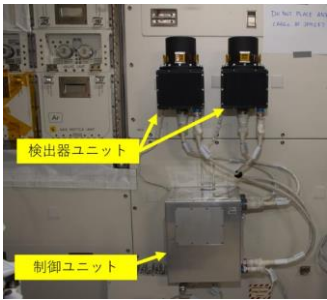

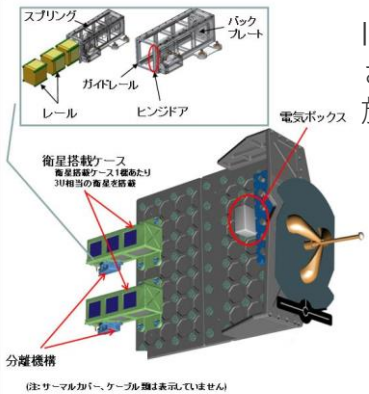
JAXA PADLES/D-Space (EM)
in IDA tray (EM)

©ESA/JAXA

(右) 受動積算型線量計PADLES線量計
(左) 超小型能動型宇宙放射線線量計D-Space線量計

10. Artemis IV以降の搭載を検討中のペイロード（搭載可否は未定）



	PPE/HALO船内			船外環境
プログラム	リアルタイム放射線計測	カーゴバッグ混載ミッション	宇宙飛行士の健康管理	超小型衛星放出
概要	<ul style="list-style-type: none"> リアルタイムで放射線計測を行う機器（ISSに搭載したPS-TEPCの小型化後継機を検討中。 <p>PS-TEPCの詳細はこちら。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 1つのカーゴバッグに各国ミッションを混載して、生物サンプル等を保管する。回収可否は検討中。 リソース（電力、通信等）の提供はなし。 	<ul style="list-style-type: none"> ヒト対象研究に関する搭載品やミッションを準備中（例：低軌道以遠の生理学・神経学・精神心理分野、薬物の放射線耐性など） 	<ul style="list-style-type: none"> ISS等で使用実績のある、超小型衛星放出機構を輸送機（ロジスティックモジュール）の船外に搭載。日本実験棟「きぼう」に搭載されている超小型衛星放出機構の詳細はこちら。
ペイロード提供機関	JAXA	未定	ESA/NASA/CSAがペイロードを提案中	JAXA （未定）
日本の参加形態	ペイロードを提供。取得データの活用方法は検討中。	搭載が確定した場合、アイデアを公募。（例：きぼう利用テーマとの比較検証の実施）	実施ミッションについて国際的に議論中。	放出機構を提供。ペイロードの選定は国際公募、あるいは各極での公募を想定。
概要図	 <p>ISS「きぼう」に搭載されたPS-TEPC ©JAXA & KEK</p>	 <p>ISSで使われているカーゴ輸送バッグ（CTB）に類似したバッグ使用を想定。 ©NASA</p>		 <p>ISSに搭載されている放出機構 ©JAXA</p>