



HTV-X

新型宇宙ステーション補給機

**2019年10月31日
国立研究開発法人
宇宙航空研究開発機構**

**有人宇宙技術部門
新型宇宙ステーション補給機プロジェクトチーム
伊藤徳政**



(1) HTVに比べて約1.5倍の質量のカーゴを搭載可能 ⇒ P.5,6,7

- ・打上げ直前のカーゴ搭載や給電機能など、サービスも向上
- ・大型のラックや曝露カーゴの輸送では他補給機を凌駕

(2) ISSを離脱後に先進的技術の軌道上実証 ⇒ P.8,11,12

- ・大型の実証ミッションの搭載が可能
- ・将来の展開に向けた軌道上事前実証

(3) 将来の展開 ⇒ P.9,10

- ・月周回有人拠点 (Gateway) への物資輸送

HTV-Xの概要



HTV-Xは、国際宇宙ステーション(ISS)に物資補給を行う「こうのとりの」(HTV)の技術を活かし、輸送能力・運用性を向上させた新たな宇宙船です。

曝露カーゴ搭載部

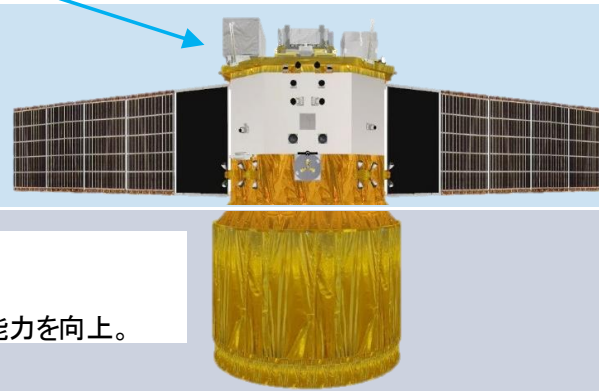
船外実験装置等を搭載するエリア。
HTVよりも大きな装置を搭載できる。

サービスモジュール

航法・誘導制御、通信・電力・推進系等、
衛星バス機能を集約したモジュール。
将来はモジュール単体で使用可能。

与圧モジュール

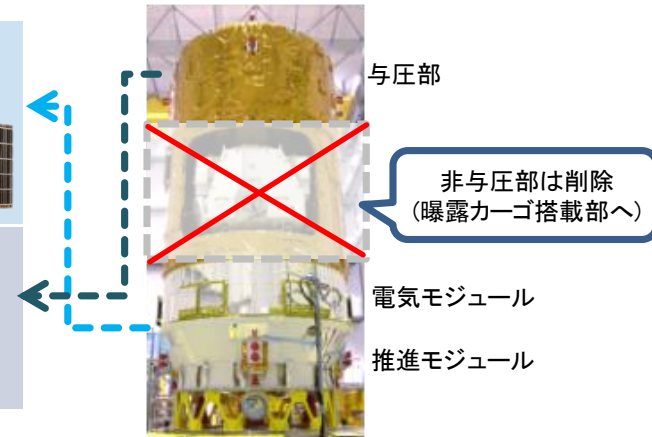
与圧補給物資を搭載するモジュール。
HTV与圧部を流用しつつ、搭載能力やサービス能力を向上。



打上げ方向



現行HTV



○ISSへの輸送能力・運用性を向上し、運用コストを低減

■ 輸送能力の増強

- ・ 貨物質量: 4トン⇒5.82トン(1.45倍)
- ・ 容積: 49m³⇒78m³(1.6倍)

■ サービスの向上・改善

- ・ カーゴ搭載時期の柔軟性向上
- ・ カーゴへの電源供給
- ・ レイトアクセス(打上げ間近の荷物搭載)の提供等

○将来の宇宙技術・宇宙システムへの波及性・発展性を確保

■ ISSへの物資輸送機会を活用した技術実証

例: 宇宙機器の搭載・実証、自動ドッキング技術実証

■ 国際宇宙探査(Gatewayへの物資補給)にも対応

例: 月周回有人拠点(Gateway)への物資補給
再利用型補給機等

○H3ロケットにより、2021年度に技術実証機(1号機)を打上げ予定

HTV-Xのミッション要求



(A) ISSへの物資輸送要求

HTVの物資輸送能力と運用性を向上するとともに、機体コスト及び運用コストの費用対効果を最大化すること。これにより、2024年までのISS計画への参加のために我が国が義務として分担すべきISS共通システム運用経費(CSOC)の分担に効率よく対応すること。

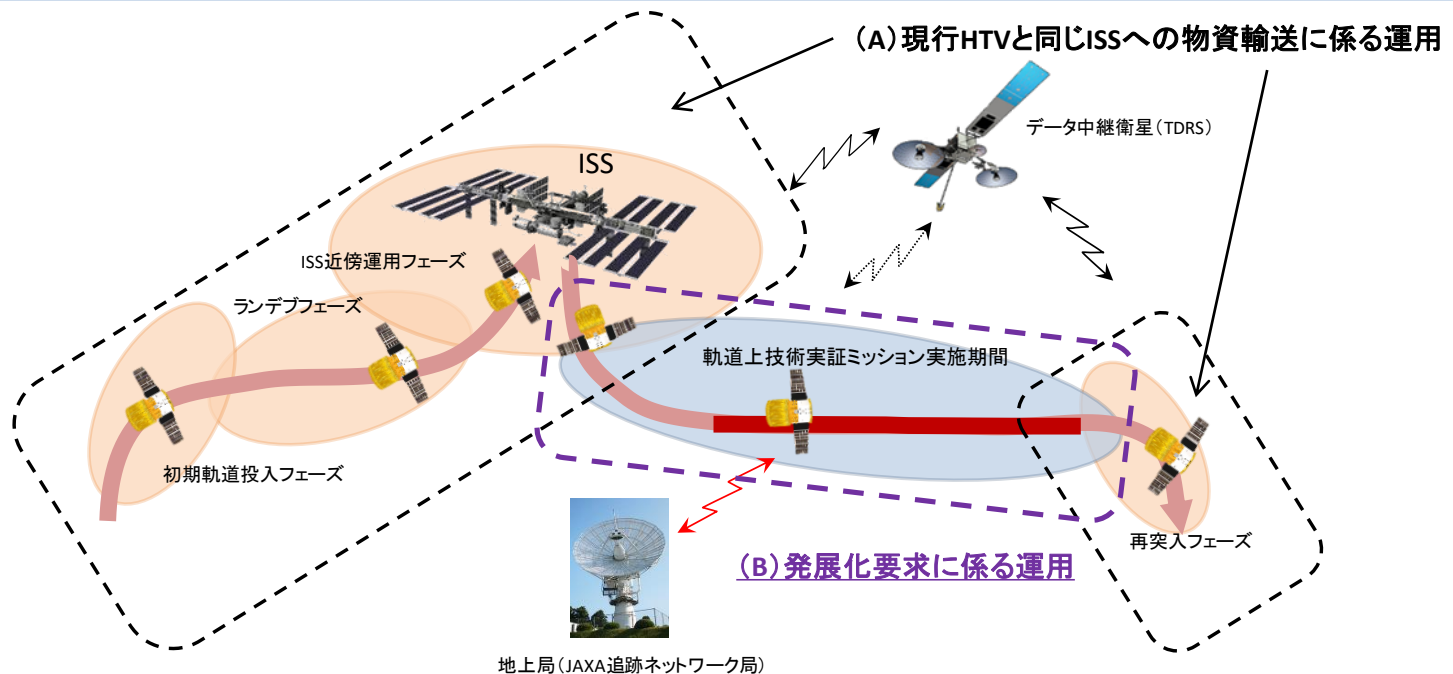
(B) 発展化要求

a. 技術実証ミッション

ISSへの物資輸送の機会を活用して、HTV-Xを技術実証のためのプラットフォームとして用い、先進的技術の実証を行うこと。

b. 国際宇宙探査/ポストISSへの活用

開発するHTV-X全体もしくは主要部の技術が、国際宇宙探査やポストISSにおける有人宇宙活動等の将来ミッションに活用できること。



HTV-Xのミッション要求



(A)ISSへの物資輸送要求

○ISSへの輸送能力・運用性を向上し、費用対効果を最大化する。

■ 輸送能力の増強

- 質量: 4トン⇒5.82トン(45%増)
(HTV-Xでは技術実証ミッション用に上記以外に0.25トンを更に搭載可能)
- 容積: 49m³⇒78m³(60%増)

■ サービスの向上・改善

- 「きぼう」利用ユーザへのサービス向上
(カーゴへの電源供給、レイトアクセス(打上げ間近の荷物搭載)など)
- 現行HTVの運用経験に基づく改善
(カーゴ搭載時期の柔軟性向上など)

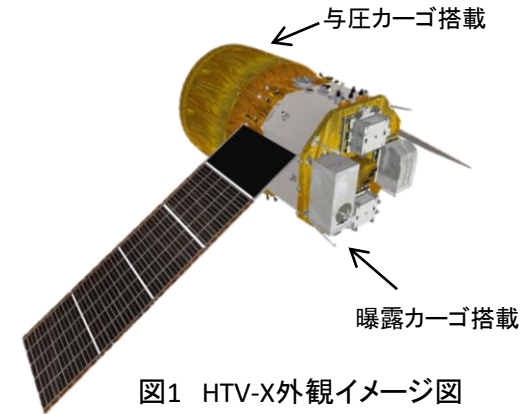


図1 HTV-X外観イメージ図

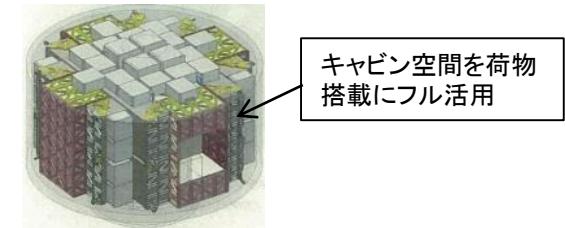


図2 与圧モジュール内の荷物の搭載性向上

表1 ISSへのカーゴ輸送量及びサービスに関する現行HTVとHTV-Xとの比較

輸送機	打上げ時 質量(ton)	カーゴ搭載能力(ton) (*1)			カーゴ引渡し時期	その他特徴(例)	ISS係留期間
		与圧カーゴ	曝露カーゴ	合計			
HTV	16.5	3.0 CTB 248個相当	1.0	4.0	打上げ5ヵ月前(実験ラック、大型カーゴ等) ～打上げ3日前(レイトアクセス)	—	最長45日間
HTV-X	16.0	4.07 CTB 313個相当	1.75(*2)	5.82	打上げ2.5ヵ月前(実験ラック、大型カーゴ等) ～打上げ24時間前(レイトアクセス)	給電状態での与圧 カーゴの輸送が可能	最長6ヶ月

(*1) 棚構造質量を除いた輸送量、1CTB(Cargo Transfer Bag) 分は502mm×425mm×248mm

(*2) 技術実証ミッション用の0.25tonを除く

HTV-Xのミッション要求



(A) ISSへの物資輸送要求 : HTVとの比較

HTVの技術や実績を活用し、2つのモジュールに集約(将来的にはモジュール単独で使用可能)

HTV7号機(平成30年9月打上げ)



船外搭載物資(曝露カーゴ)

Li-Ion バッテリ(6式)



船内搭載物資(与圧カーゴ)



補給物資
(搭乗員用食料・衣服・保全品等)



与圧カーゴ
CTB (Cargo Transfer Bag)

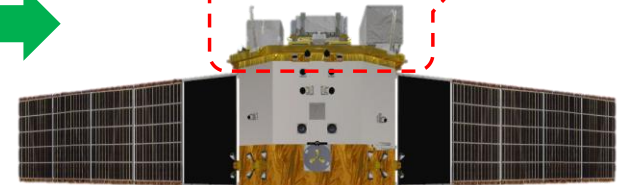


搭載用ラック
HRR (HTV Resupply Rack)

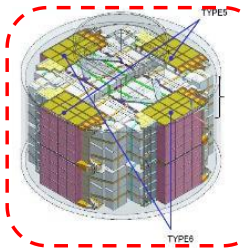
カーゴ搭載重量
合計4トン

HTV-X

サービスモジュール



与圧モジュール



曝露カーゴ搭載部に、
より大型のカーゴを搭載可能

打上げ24時間前に
カーゴを搭載可能
(給電/環境制御も
可能)

キャビン空間を
荷物搭載に
フル活用

カーゴ搭載重量
合計5.82トン

カーゴ搭載能力向上

HTV-Xのミッション要求



(A)ISSへの物資輸送要求 : 米国民間輸送機との比較

■ 物資補給に係るISSの要求

HTV-Xが物資輸送を行う2022年～2024年には、CRS2 (Commercial Resupply System 2、2019～2024年が対象) がHTV-Xの輸送に対する要求の源泉であるため、その要求に対する妥当性、及びCRS2で選定された3機の米国民間輸送機との比較を以下に示す (<https://oig.nasa.gov/docs/IG-18-016.pdf>)。

(CRS2要求に対するHTV-Xの評価) ◎: CRS2要求を超える機能性能、○: 要求を満たす (NASAと調整済み)、△: 要求を部分的に満たす

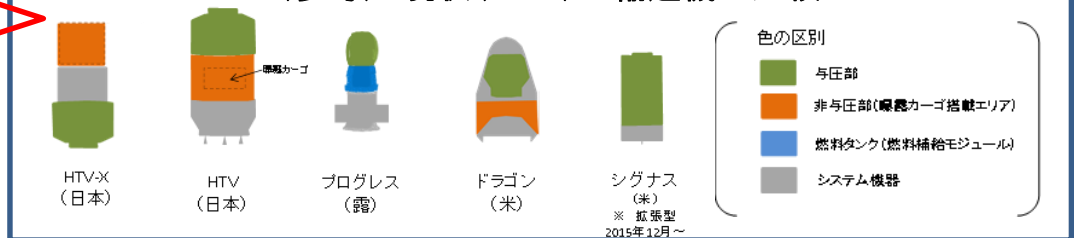
	CRS2要求	HTV-X	Cygnus (Orbital ATK 社)	Dragon (Space X社)	Dream Chaser (SNC社)
カーゴ輸送・廃棄 (与圧・曝露合計)		5820kg【No.1】 (技術実証ミッション機器 250kgも含めると6070kg)	3754kg	3307kg	5500kg
(与圧カーゴ)	2500～ 5000kg	○ (4070kg) ★特長: 大型ラック(*1)輸送・廃棄【Only1】	3754kg	2507kg	5000kg
(曝露カーゴ)	500～1500kg (1～3個)	◎ (1750kg、4個) ★特長: 大型カーゴ搭載(*2)【No.1】	廃棄のみ対応	800kg	1500kg
カーゴ回収	1500kg	△ 小型回収カプセルで対応可能	不可	可能	可能
係留期間	最低45日	◎ 最長6ヶ月	長期係留も可 能と想定	早期回収のため長期 係留はないと想定	早期回収のため長期 係留はないと想定

(*1) 大型ラックISPR (International Standard Payload Rack, 2m × 1.05m × 85.9cm) をISS内で組み立てることなく運搬/廃棄可能なのはHTV/HTV-Xのみ

(*2)【HTV-Xの特長】

ロケットのフェアリング包絡域
の制約内で、大型のカーゴや
実験機器などを搭載可能

(参考) 現状 (CRS1) の輸送機の比較



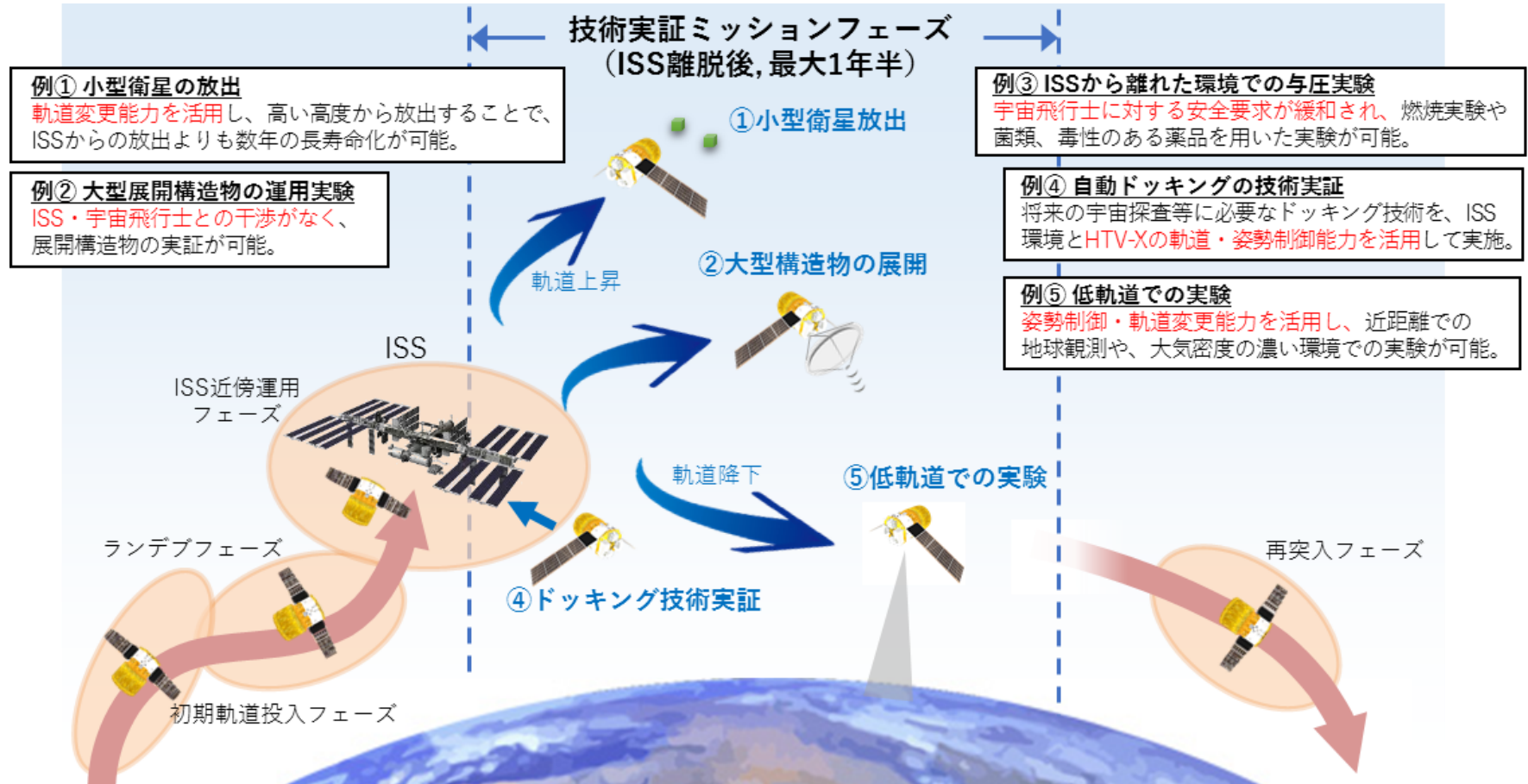
HTV-Xのミッション要求



(B) 発展化要求 a. 技術実証ミッション

ISSへの物資輸送の機会を活用して、HTV-Xを技術実証のためのプラットフォームとして用い、先進的技術の実証を行う。HTV-Xは推進タンクや太陽電池パドルの(HTVと比べて)大型化を行い、より高々度への移動や長期間の軌道上運用、大型機器の搭載・電力供給が可能となっている。

プラットフォームとしてのHTV-Xの特長及び実証の例（具体的な実証ミッションは検討中）



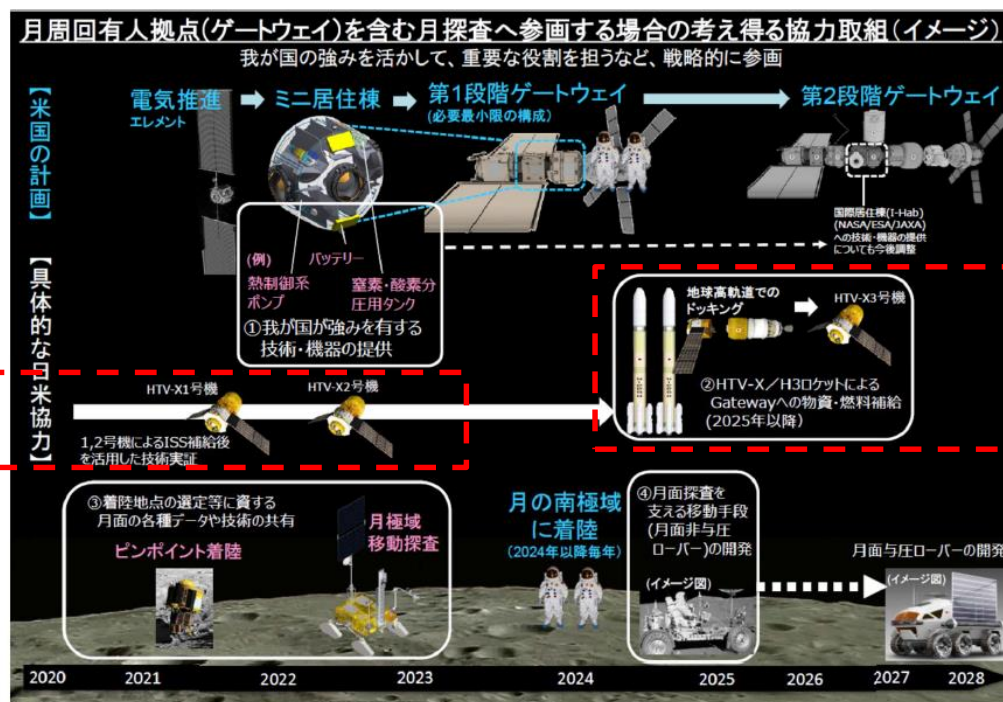
HTV-Xのミッション要求



(B) 発展化要求 b. 国際宇宙探査/ポストISSへの活用

開発するHTV-X全体もしくは主要部の技術が、国際宇宙探査やポストISSにおける有人宇宙活動等の将来ミッションに活用できること。

2019年10月18日宇宙開発戦略本部 第20回会合 参考資料2「米国提案による国際宇宙探査について」抜粋



【活用例】

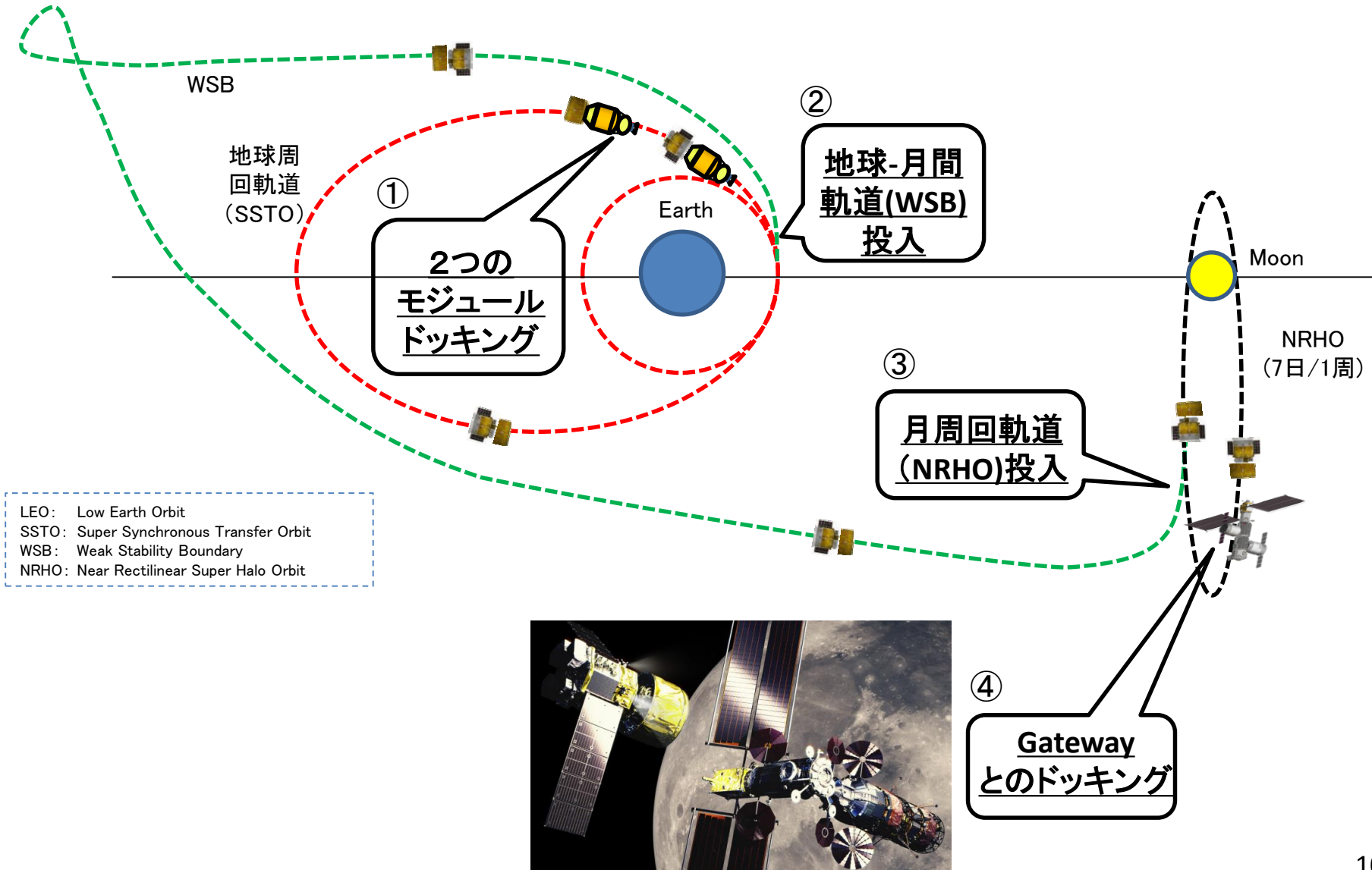
国際宇宙探査への対応

HTV-X 1号機、2号機での実証(計画中)

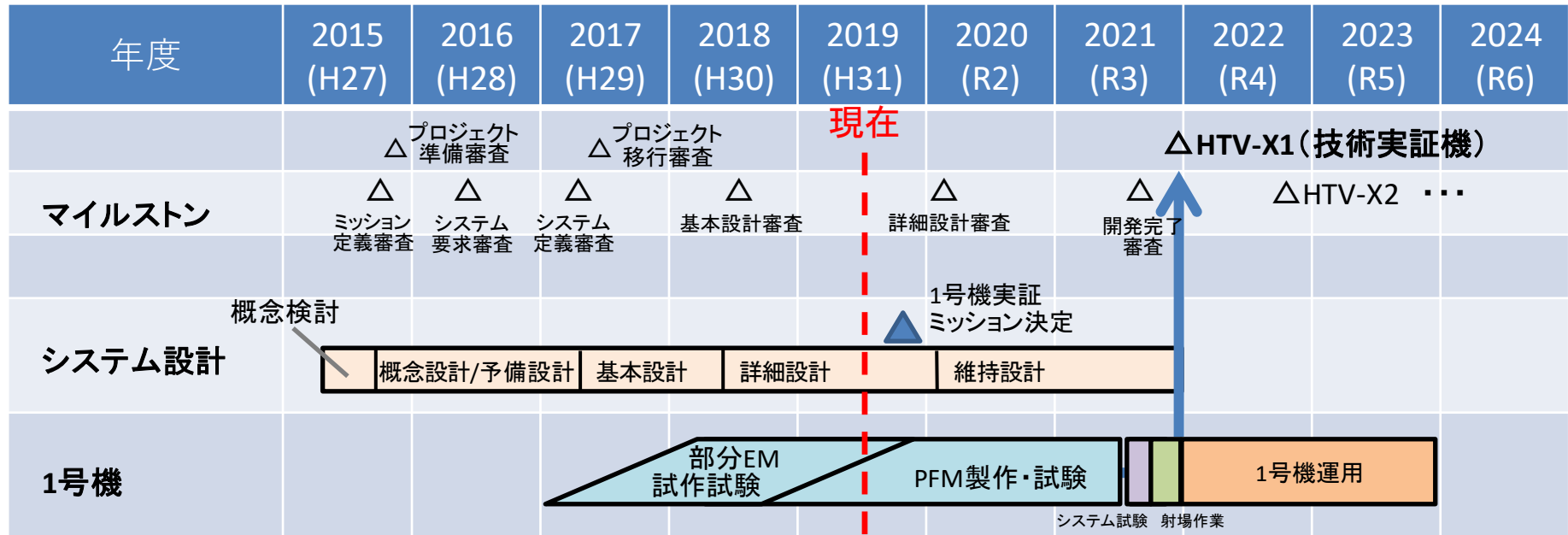
- 1号機: Gatewayへの補給に向けた試金石となる物資輸送能力やプラットフォーム機能(*)の確認
(*)実験・観測のための大型機器の搭載、電源・通信提供、自在な飛行能力、など(前頁参照)
- 2号機: Gatewayミッションに必要な最重要技術課題の自動ドッキング技術、など



【地球からGatewayへの軌道の一例】



開発スケジュール



(注1) EM:エンジニアリング・モデル(地上試験モデル) PFM:プロト・フライト・モデル

(注2) HTVX2は2020年度から開発に着手することを計画中。また、自動ドッキングの軌道上実証は、HTV-X1(技術実証機)の運用を踏まえ、HTV-X2で実施予定

自動ドッキング技術の軌道上実証(案)



- ISSへの物資補給では、現行HTVと同様に、HTV-XがISSとの相対距離10mまで接近し、**宇宙飛行士及び地上からのロボットアーム操作により最終的にISSへの結合**を行う。(図1)
- Gatewayでは**結合まで無人での自動ドッキング**が必要である。(図2)
- リスク軽減を図るため、ISSへの物資補給後に、Gatewayで要求される**国際標準のドッキングシステムに沿った自動ドッキングの事前実証**を計画している。(図3)

図1 ISSへの物資補給ミッション

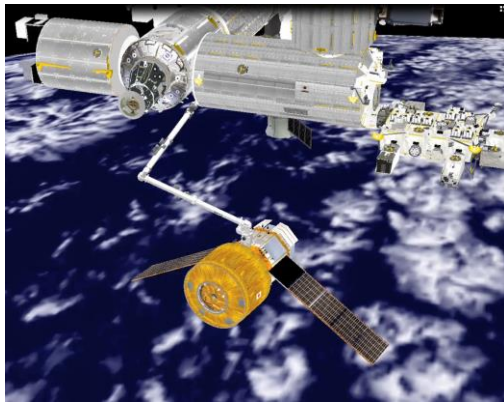
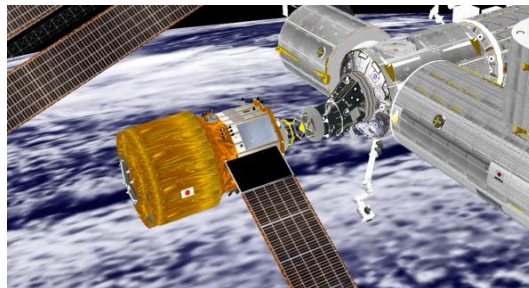


図2 「Gateway」への自動ドッキング(JAXA想像図)



図3 ISSへの自動ドッキング実証(案)



ISSへの
物資補給後に
軌道上事前実証



(参考)

SpaceX社Dragonは本年3月に実証済み。
米国CST-100は計画中だが、他補給機(P.7)の計画は現状無い。



軌道上で
事前実証し
リスクを軽減



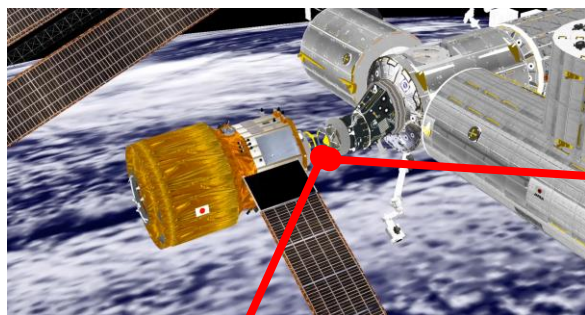
自動ドッキング技術の軌道上実証(案)



主な新規技術開発要素: 航法センサ・ドッキング機構

例えていうと(難しいところ):

目(航法センサ)で相手(ISS)を遠くから手が触れるまで認識して、腕(HTV-X本体)をゆっくりとまっすぐに伸ばし、手(ドッキング機構)で弱すぎず(跳ね返されないように)、強すぎず(相手を傷つけないように)、位置ずれも補正し握手する。



(2)ドッキング機構: 国際標準(*)に沿った機械的結合機構

(1)航法センサ: ISSとの相対的な位置・姿勢を測る

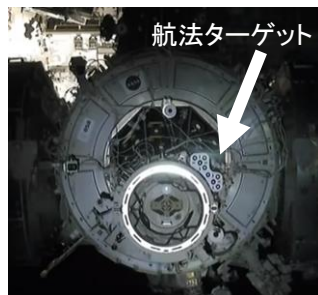
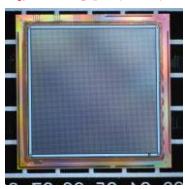
航法センサ(「フラッシュライダー」)
(HTV-Xの曝露カーゴ搭載部に搭載)

ISS側ドッキングアダプタ
及び航法ターゲット

レーザー光をISSに照射
(約700m～結合まで)

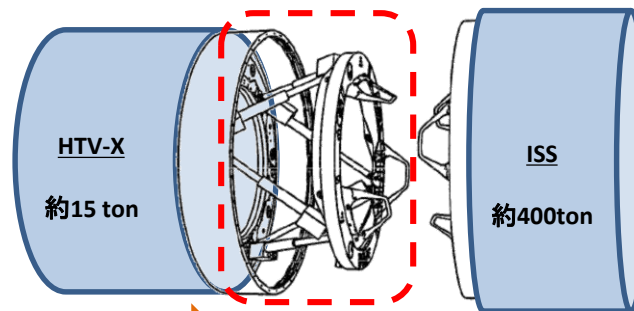
検出器で反射光を受光

検出器(*)



(*) 浜松ホトニクスとJAXA
(探査ハブ・研究開発部門)
で車載LiDARに適用可能な
高感度3D画像センサを共同
開発中。

HTV-X側ドッキング機構: 直径: 約1mφ(*), 質量: 3-500kg



ISS側ドッキング
アダプタ

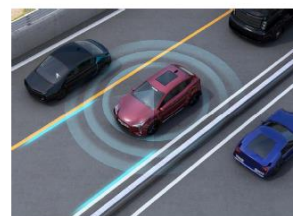


HTV-X本体: 相対速度: 5~10cm/sec(*), 相対姿勢: ±4度(*)

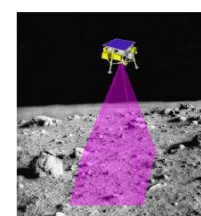
(*) ISSの他、将来ミッション(Gateway)で共通的に使用できるように各極
(民間企業も参加)が協力して定めたドッキング機構の標準。機械的外
形寸法・公差、相対速度・姿勢等を規定。

将来的な用途(案)

自動運転車載センサ



深宇宙探査



(その他)

軌道上の衛星
に対する燃料
補給、修理、改
修等による衛星
の寿命向上、デ
ブリ除去など