

資料60-5

科学技術・学術審議会
研究計画・評価分科会
宇宙開発利用部会
(第60回)2021.2.9

新型宇宙ステーション補給機(HTV-X)の 開発状況について

2021年2月9日

宇宙航空研究開発機構

理事 佐々木宏

新型宇宙ステーション補給機プロジェクトマネージャ 伊藤 徳政

- 第39回宇宙開発利用部会(2017年12月6日)において、JAXAプロジェクト移行審査の結果を報告し、開発フェーズへの移行(事前評価)について宇宙開発利用部会として審議・了承いただき、開発に着手した。
- 本日は、プロジェクト移行後のHTV-X総合システムの開発状況についてご報告する。

<目次>

1. HTV-X概要(経緯、ミッション概要、機体特徴)
2. 開発状況について
3. 1号機の搭載機器・技術実証ミッションの概要
4. 計画検討中の自動ドッキング技術実証の概要
5. 今後の主な予定

1. HTV-X概要 ～ 経緯 ～

HTV-X

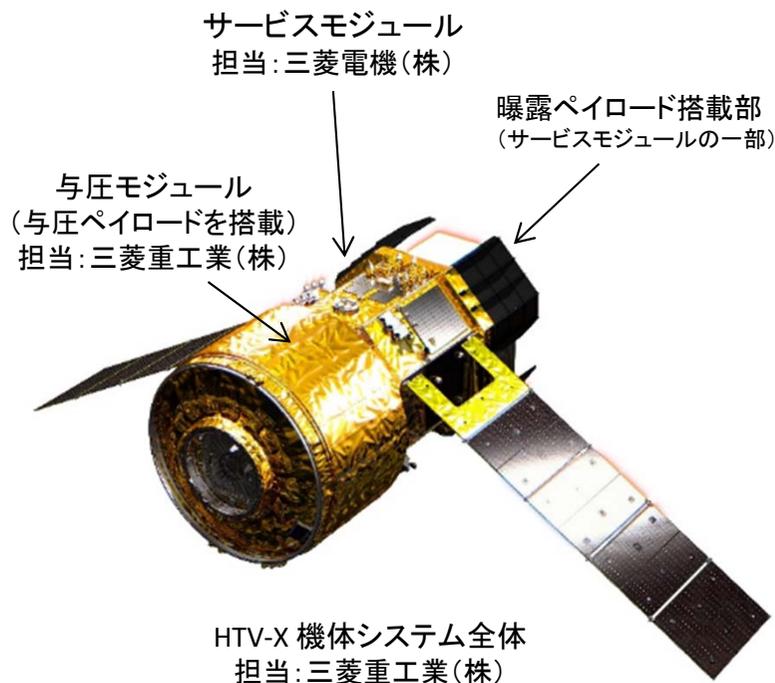
2024年までのISS運用延長に伴い、ISSの共通的なシステム運用に必要な経費を担うべく、
新型宇宙ステーション補給機(HTV-X)の開発に着手し、2017年度よりプロジェクトチームを発足した。
2022年度に実証機(1号機)を打上げ予定。

宇宙基本計画工程表(令和2年度改訂)(2020年12月15日宇宙開発戦略本部決定)

1号機 : 2022年度、2号機 : 2023年度、3号機 : 2024年度

【プロジェクト全般の経緯】

- ① JAXAプロジェクト移行審査(JAXA経営審査)を経て、2017年10月よりプロジェクトチームを発足し、基本設計に着手した。JAXAのプロジェクト移行審査の結果について、2017年12月6日に宇宙開発利用部会に報告し、開発フェーズへの移行(事前評価)について宇宙開発利用部会として審議・了承された。
- ② 2018年10月、JAXA 基本設計審査会(JAXA総括PDR)を完了し、詳細設計フェーズに移行した。
- ③ 現在、HTV-X総合システムを構成する機体システム、地上システム、打上げロケットシステムのそれぞれにおいて、開発担当企業における詳細設計審査等を順次実施している。これらの詳細設計結果をまとめ、JAXA詳細設計審査会(JAXA総括CDR)を行う予定である。



1. HTV-X概要 ～ ミッション概要 ～

○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
 - 質量: 4トン⇒5.85トン(45%増) (棚構造質量を除いたNetの貨物量)
 - 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)

○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・センサの搭載・実証、自動ドッキング技術実証、
物資回収技術実証、デブリ除去技術実証
- 将来の国際的な宇宙探査にHTV-X発展型で対応すべく、
様々なミッションに活用できる技術を獲得
例: 将来的にサービスモジュール単独使用に発展可能な設計仕様、
居住モジュールに繋がる技術獲得、月補給機への発展性、再利用型補給機



図 ISSに接近するHTV-Xイメージ

表 HTV-XのISS輸送能力

輸送機	打上げ時質量 (ton)	P/L搭載能力(ton) ※棚構造質量を除いたNetの貨物量	カーゴ搭載時期	
			通常搭載	レイトアクセス
HTV-X	16.0	5.85 (与圧:4.1、曝露:1.75(*))	2.5ヶ月前	24時間前
HTV(参考)	16.5	4.7(**)(与圧:3.25、曝露:1.45)	4ヶ月前	80時間前

(*)技術実証ミッション(0.25ton)を含まない (**)HTVは当初は4tonであったが段階的な改善により4.7tonまで能力向上した

1. HTV-X概要 ～ 機体特徴 ～

HTV-X

(1) 特徴

- ① 飛行機能をサービスモジュールとして集約、将来はモジュール単独で使用可能
 - 推進系モジュールと電気系モジュールを統合
 - 機体全体に配置されていた姿勢制御用スラスタや太陽電池パネルを集約
- ② 与圧モジュールを最下部に配置 ⇒ 与圧モジュール以外の構造を軽量化
- ③ 曝露カーゴ搭載部を最上部に配置 ⇒ 大型曝露カーゴ搭載を可能に

(2) 仕様概要 (★)は現行HTVからの教訓を反映したもの

HTV-X与圧モジュール

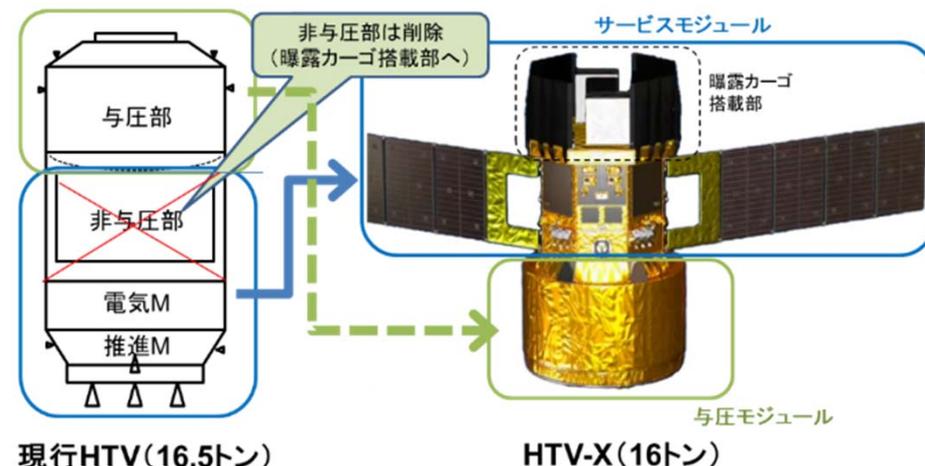
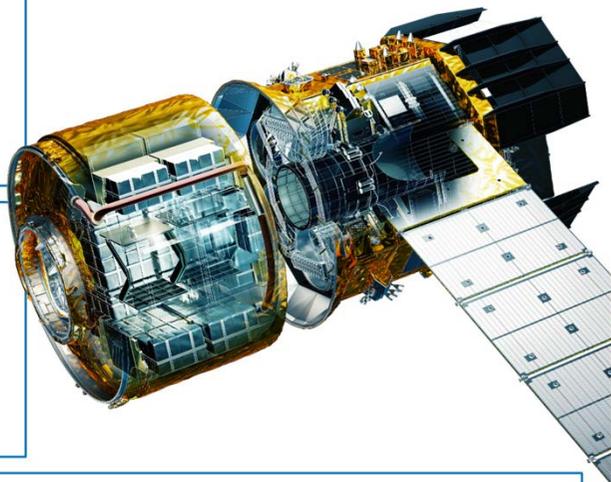
- ・HTV与圧部の流用
- ・**カーゴ用給電機能追加**
- ・**小動物輸送対応機能追加**
- ・ロケットI/F用のPAFアダプタ追加

モジュール間インタフェース

- ・熱、機械、電氣的にシンプルなI/F (★)
- ・モジュール間を跨ぐ配管や継手無し
- ・サービスモジュール下部に推進系を集約 (★)
- ・**将来、サービスモジュール、与圧モジュールを単独で使用可能 (★)**

射場作業・軌道上運用性の向上

- ・射場での機器等へのアクセス性(点検や取り外し等)が向上 (★)
- ・モジュール搬入後からの**射場作業短縮 (HTV 5か月 → HTV-X 2.5か月)** (★)
- ・ロケット組立棟から射点への移動後の機体セットアップ作業短縮 (HTVでは14時間 → HTV-Xでは7時間) (★)
- ・太陽指向、地球指向等、自在な飛行能力を持つ (★)
- ・システムを簡略化したことで軌道制御や異常時対応等の運用簡略化 (★)
- ・**ISS離脱後の技術実証期間では地上局 (JAXA GN局) と通信**、自律軌道制御機能を持つ



HTV-Xサービスモジュール

- ・HTVや衛星で実績のある技術の活用 (新規搭載の太陽電池パドル、2次電池、計算機、ヒートパイプ等も実績あり)
- ・**大型の曝露カーゴが搭載可能**
- ・展開式・キャンタ型パドル採用 (HTV 2kW → HTV-X 3kW (@周回平均)、β角変化に対応)
- ・把持、ISS係留中に2次電池を充電 (1次電池が不要となる)
- ・(MPU枯渇・置換に伴い) 航法誘導制御系とデータ処理系の計算機統合
- ・メインエンジンを削除し同一3系の推進系 (★)
- ・**将来ミッションや技術実証ミッションを考慮して推奨増量**

ISS搭載システム

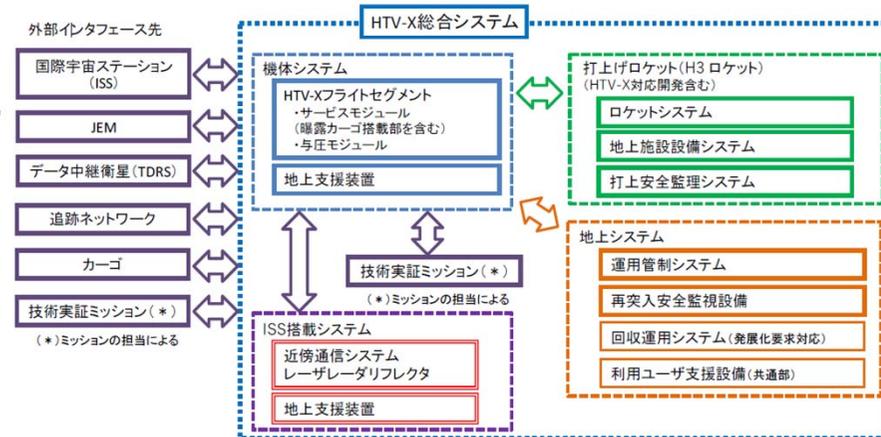
- ・ISS近傍においてHTV-XがISSとの間で通信を行うためのシステム (PROX) 及びISSに設置されているレーザーダリフレクタはHTVの運用で使ったものを流用

H3ロケット

- ・与圧モジュールとI/Fするためのφ4.4m ペイロード結合部 (PAF) を開発
- ・レイトアクセスのためのアクセスドアを有するフェアリングを開発
- ・H3-24W形態により打上げ

2. 開発状況について

HTV-X総合システム(右図参照)を構成する各システムの開発状況の概要は以下のとおり。今後、これらの詳細設計結果をまとめ、JAXA詳細設計審査会(JAXA総括CDR)を行う予定である。



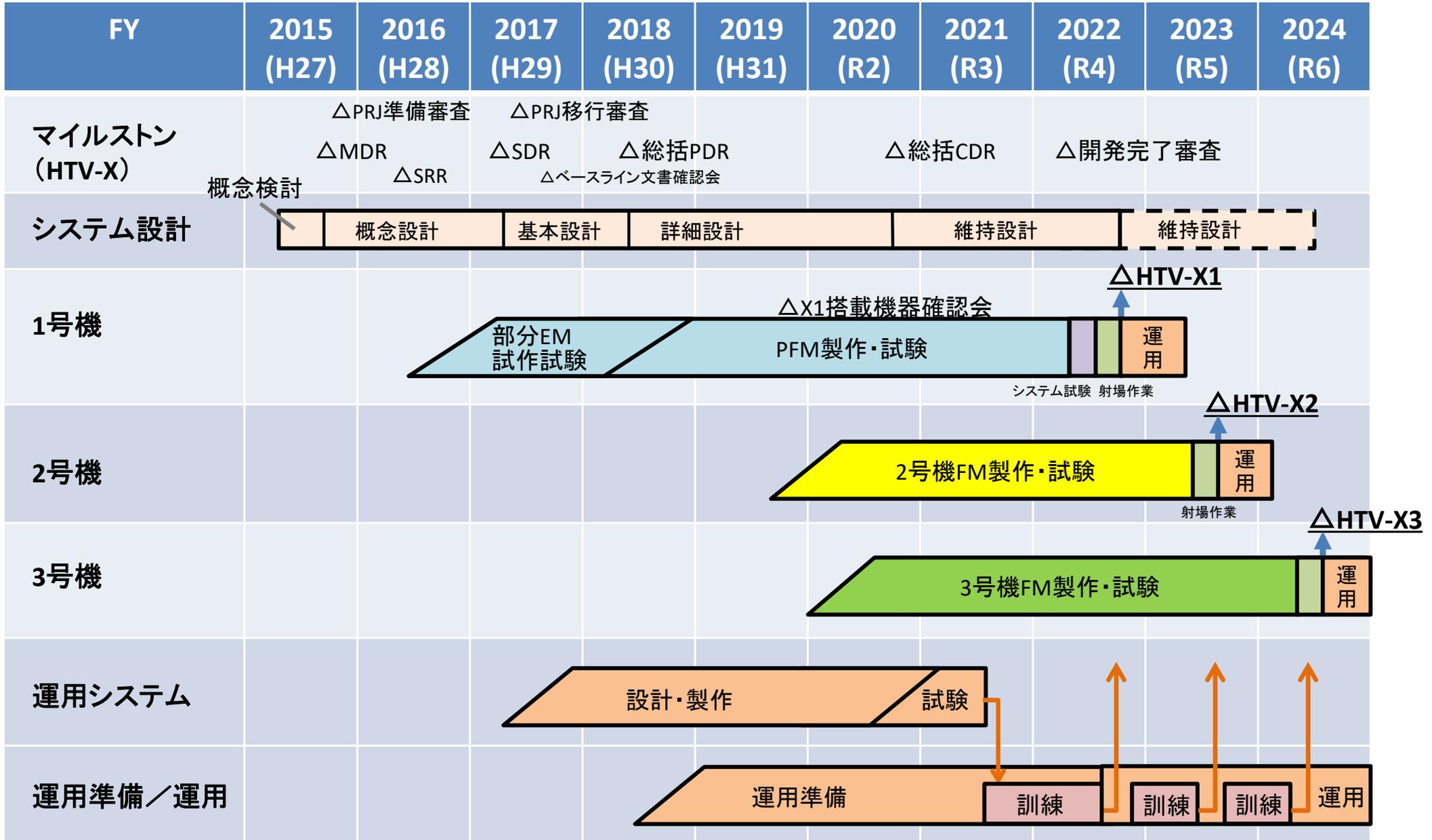
(2017年12月6日宇宙開発利用部会報告資料より抜粋)

【開発進捗状況 主要開発要素である(1)(2)について次ページ以降に補足】

- (1) 機体システム開発**：ミッション要求・システム仕様を満足可能なシステム詳細設計を完了。維持設計フェーズに移行している。今後、外部インタフェースとの適合性試験、全機システム試験、射場作業、カーゴ及び搭載機器インテグレーション(打上げ直前のレイトアクセス搭載計画の詳細化を含む)、運用準備等の各作業の詳細化を進めていく。**現時点で大きな課題はない。**
 - **サービスモジュール**：各種開発試験及び詳細設計を進め、段階的に1号機モジュール構成品の製造に移行している。一部サブシステム・コンポーネント開発において、**新型コロナウイルス感染症に伴う製造遅延が生じており、対策を講じている**(海外調達電子部品の入着スケジュールの大幅遅延に伴い、国産メーカーによる代替品開発への切替を判断した、等)。
 - **与圧モジュール**：各種開発試験及び詳細設計を完了。1号機モジュール・艀装品類の製造・組立作業に移行している。新型コロナウイルス感染症に伴う小規模な遅延が生じているが、スケジュール吸収可能。**現時点で大きな課題はない。**
- (2) H3ロケットHTV-X対応開発**：HTV-X用フェアリング・IF構造部材(PSS・PAF等)の詳細設計を順次完了し、フライト品製造に移行している。**現時点で大きな課題はない。**
- (3) 地上システム開発**：HTV-X機体仕様・運用要求に対応する運用管制システムの設計を実施中。2021年度後半に開始予定の運用管制要員訓練に向けて開発・製造を進めており、**現時点で大きな課題はない。**
- (4) ISS搭載システム状況**：ISS近傍でHTV-XがISSとの間で通信を行うためのシステム(PROX)及びISSに設置されているレーザーダリフレクタはHTV運用で使用したものを流用する。HTV9運用終了(2020年8月)時点で**健全性を確認済み。**

2. 開発状況について(続き)

<全体スケジュール>



2. 開発状況について (1)機体システム開発状況

<機体システム開発状況>

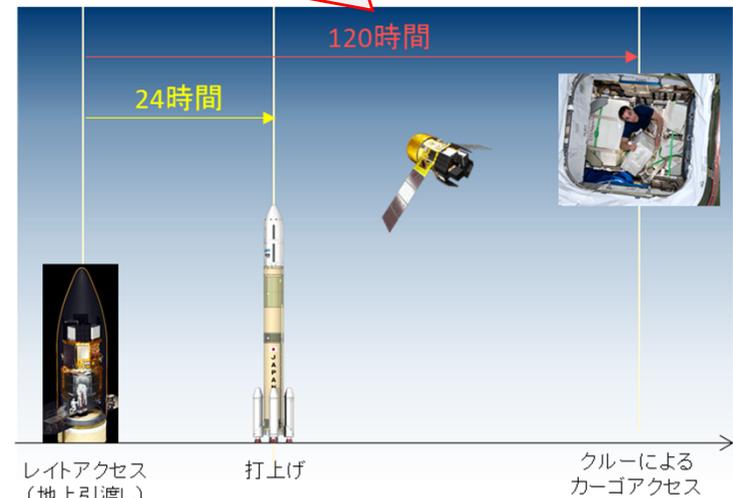
- ・システム設計・解析(各種外部インタフェース設計、質量特性解析、電力解析、推進薬量解析、信頼性解析、電気/機械/熱/有人/安全システムに係る解析、運用解析等)に係る詳細設計を行い、ミッション要求・システム仕様を満足可能な機体システム開発の目途を得ている。
- ・**[変更点]**宇宙開発利用部会・事前評価(2017年12月)以降、基本設計フェーズにおけるNASA及び国内ユーザとの調整を経て、ミッション要求に関して、打上げ直前に搭載する特殊与圧カーゴ(給電カーゴや冷蔵カーゴ)の輸送時間要求を明確化している(本質的に重要な指標である「地上引渡し～軌道上引渡しまでの時間」を規定)。

JAXA総括PDR(2018年10月)におけるミッション要求の更新

2017年12月6日宇宙開発利用部会報告時から赤字を更新

ミッション目標	アウトプット目標 (サクセスクライテリア:実証機、運用機を含むHTV-Xプロジェクト全体)		
	ミニマム	フル	エクストラ
(A) ISSへの輸送能力・運用性の向上と運用コストの低減(ISS共通システム運用経費分担に効率よく対応)	<p>フルサクセスのうち、①②の能力を有することをミニマムサクセスとする。</p> <p>(補足)ISSへの物資輸送要求のうち、最も重要な物資補給量等に関する要求をミニマム成功基準とした。</p>	<p>ISSへの物資輸送要求について、以下を満たす能力を有すること。また、実証機にマニフェストされたカーゴ輸送及び廃棄を成功すること。【評価時期:能力については開発完了審査時、輸送・廃棄については運用終了時】</p> <p>①与圧カーゴ補給量並びに補給と同等容積の廃棄能力 ・4,069kg、CTB313個相当(搭載構造は含まず) ・ISPR最大2台(搭載時は相当のCTB搭載数を減ずる)</p> <p>②曝露カーゴ補給量並びに補給量と同等容積の廃棄能力 ・1,750kg(カーゴ搭載機構を含む)</p> <p>③カーゴ引渡し時期 (a)打上げ2.5ヶ月前: ISPR、大型与圧カーゴ(M01-compサイズ相当)、シングルCTB30個相当、非与圧カーゴ (b)打上げ6週間前: 与圧カーゴ(a)(c)(d)以外 (c)打上げ3日前: シングルCTB10個相当以内(ダブルCTBサイズ以下) (d)打上げ24hr前: 要冷蔵品CTB3個相当、要給電品CTB2個相当(ダブルCTBサイズ以下)</p> <p>④カーゴ引渡し後の取扱い ③(d)のカーゴについて、地上での引渡しから、ISSでクルーがカーゴにアクセス可能となるまで120時間以内(毎日の打上げを前提)とする。また、打上げ遅延時は、搭載状態維持(給電や環境)及びカーゴの交換ができること。</p> <p>⑤係留期間最長6ヶ月(解析もしくは実績にて)</p>	<p>以下のうち、1つ以上達成すること。 【評価時期:運用終了時】</p> <p>①②ISSへの物資輸送要求を超える特殊ユーザ要求へ対応し、大型あるいは特殊カーゴを搭載できたか。</p> <p>③ISSへの物資輸送要求を超えるレイトアクセス((c)打上げ3日前、(d)打上げ24hr前)を達成できたか。 (以下の判定基準に対して総合評価)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・搭載数量の増加 ・搭載後打上げ遅延への対応能力 ・引渡し時間の後倒し)

地上引渡し～軌道上引渡しまでの時間(120時間)を規定



(注)上記①～④は、「(A)ISSへの物資輸送に関する要求」「レベル1要求」の①～④を指す。
 ・CTB: 物資輸送用バッグ(Cargo Transfer Bag) ・M01-compサイズ: シングルCTB6個分相当の大型バッグ
 ・ISPR: 国際標準ペイロードラック(International Standard Payload Rack)

2. 開発状況について (1)機体システム開発状況(続き)

<機体システム開発状況>(続き)

- ・ **[変更点]** 宇宙開発利用部会・事前評価(2017年12月)以降、基本設計フェーズにおけるNASAとの調整により、ミッション要求を超える機能性能の要求に対応する方針とした。

(補足: CRS2プログラム(*)で米国輸送機に対して要求する機能性能をHTV-Xも有する必要があるとのNASA主張を踏まえたもの。本要求に対応することで、Dragon等他輸送機との互換性を持ちユーザーサービスの向上に繋がりHTV-Xの価値が更に高まること、並びに、技術実証ミッションへの適用や将来ミッションへの応用が可能な技術であり、取り込むこととした)

(*) Commercial Resupply Services 2、Cygnus NG-12:2019/11/2から

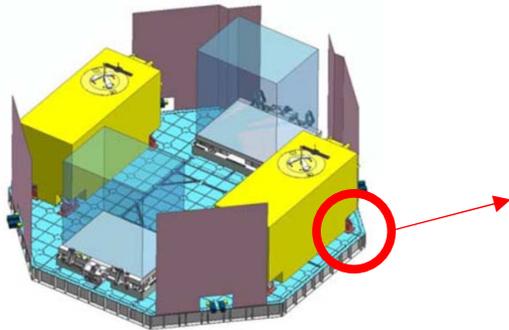
表 HTV-X機能拡張内容の概要

#	HTV-X機能拡張内容
1	<u>HCAM-X(曝露カーゴ把持機構)のLatch-X 2.0カーゴの廃棄に対応した設計変更【次頁に補足】</u> Latch-X 2.0インタフェースを有する曝露カーゴ(Dragonが打上げた曝露カーゴ)のHTV-Xによる廃棄に対応可能となるよう、HCAM-Xを設計変更する。
2	<u>HTV-X単独飛行中の曝露カーゴへの120VDC提供</u> 最大4つの曝露カーゴに合計で最大400Wの電力を飛行中に供給できるよう、50V(バス電圧)/120V(カーゴ使用電圧)昇圧変換器を整備する。
3	<u>カーゴに対するテレコマ機能追加(曝露カーゴに対するテレコマ機能/LOS中与圧カーゴデータのレコーダ機能)</u> <ul style="list-style-type: none">・ 曝露カーゴへの給電対応に伴い、給電中における曝露カーゴのH&Sモニタ用テレメトリインタフェースや、カーゴの持つヒータ制御ON/OFF等のためのコマンドインタフェースを追加する。・ 与圧給電カーゴにおいて、ライフサイエンス系の地上対照実験等の観点から、LOS中のデータ記録・再生機能を追加する。
4	<u>与圧カーゴ/曝露カーゴ輸送に係るCapability追加(能力拡大及び柔軟性拡大)【次頁に補足】</u> <ul style="list-style-type: none">・ 与圧カーゴ/曝露カーゴともに、引渡し時期の後倒しや柔軟性を拡大する(打上げにより近づける、順次引渡しに対する)。・ また、与圧カーゴは最大取扱いサイズを拡大する。・ HTV-Xが唯一有するISPR(国際標準ペイロードラック)輸送・廃棄能力を活かして、搭載要求のISPR 2台を超えて、4台まで搭載能力を拡大する。また、輸送時+1台の追加廃棄を可能とする。(+1台の追加廃棄についてはHTV8号機で実証済み)

2. 開発状況について (1)機体システム開発状況(続き)

【補足】

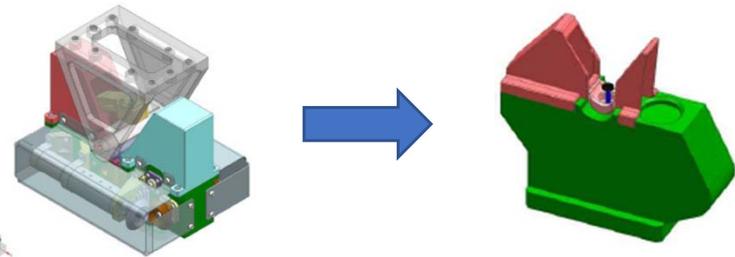
(1) HCAM-XのLatch-X 2.0カーゴの廃棄に対応した設計変更



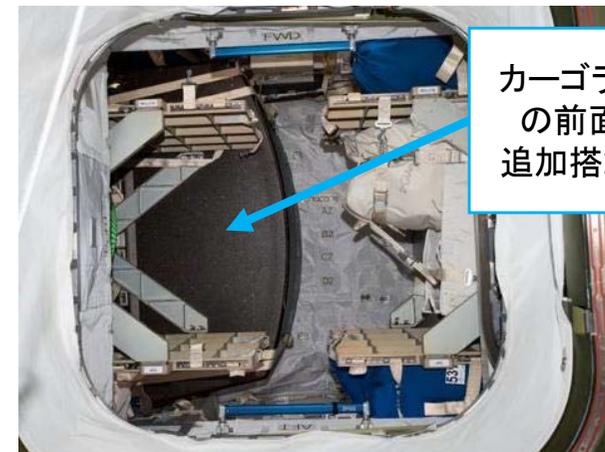
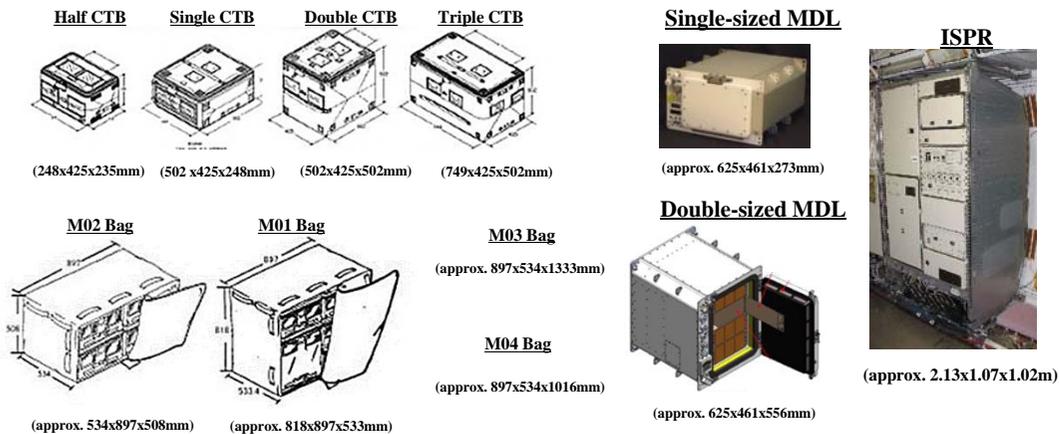
JAXAはHCAM-Pを持つカーゴの搭載・廃棄を設計



NASAからの要求によりLatchX2.0とのインターフェースを持つ曝露カーゴも廃棄できるようにカーゴ把持機構(HCAM-X)を設計変更



(4) 与圧カーゴ／曝露カーゴ輸送に係るCapability追加(能力拡大及び柔軟性拡大)



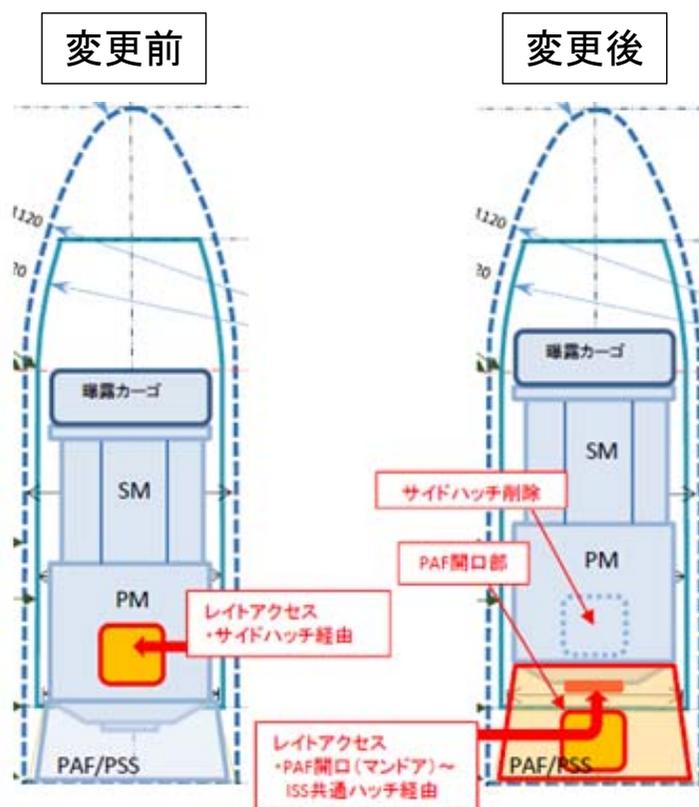
HTV-Xで搭載可能な標準与圧カーゴタイプ一覧
 従来最大サイズM01は6CTBサイズ(Max質量136.8kg)
 → 新たに対応する最大サイズM03は10CTBサイズ(Max質量226.8kg)

HTV8号機の実績
 打上げラック(HRR 8台)に加えて、
 ISPR 1台の追加廃棄を行った

2. 開発状況について (1)機体システム開発状況(続き)

<機体システム開発状況>(続き)

- ・ **[変更点]** 宇宙開発利用部会・事前評価(2017年12月)以降、HTV与圧部の開発実績を最大限活用した効率的な開発を行うため、基本設計にて与圧モジュールの開発仕様を見直し、サイドハッチを削除した。これにより新規開発要素を削減し、大規模開発となる構造試験用供試体(STM)による開発試験を無くした(与圧構造はSTMを製作せず、PFM開発のみとする)。
- ・ **[変更点]** 上記に伴い、打上げ直前のレイトアクセスは、サイドハッチ経由ではなく、ISS結合時に使用するメインハッチ経由とする。また、ロケット側PAFにはレイトアクセス用の開口部を設けた(下図参照)。



与圧モジュール開発仕様とレイトアクセス方式の変更
前報告(2017年12月)時点(左)／現在の仕様(右)

<サービスモジュール開発状況>

- ・各種開発試験及び詳細設計を進め、段階的に1号機モジュール構成品の製造に移行している。



電気系搭載部の簡易熱真空試験(2020/2-3)

熱設計・解析の妥当性評価のための熱試験。
モジュール全体では行わず、必要部位に絞って実施。



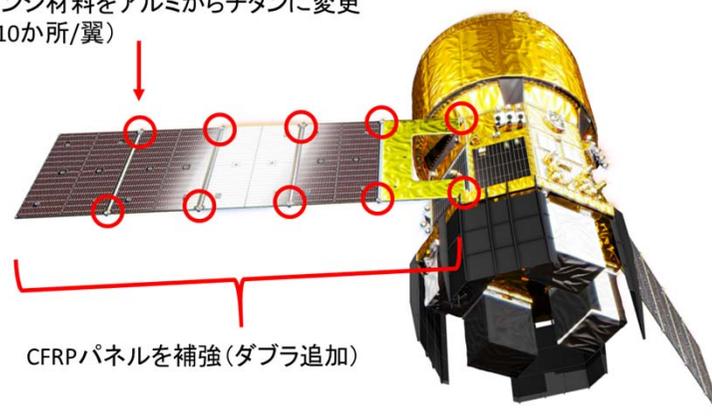
構造系各種静荷重試験(2020/5-10)

構造試験用供試体(STM)を用いて各部位・各荷重に対する強度評価を実施。供試体はフライト品に転用する。

[設計変更例] 太陽電池パドルの強化

- ・他輸送機(Dragon、CST-100、Soyuz)のスラストプルームによる荷重(圧力)が、ISS係留中のHTV-Xの太陽電池パドル(SAP)の強度を上回るとのNASA指摘を受けた。
- ・SAP構造設計の一部見直し(ヒンジ補強・パネル補強)を行う方針とし、SAPの1号機モジュールへの組み込み時期に影響を及ぼさずに、詳細設計・フライト品製造が完了可能な対策を講じた。SAPプルーム荷重に係るNASA要求に対する検証計画についてNASAと継続調整中。

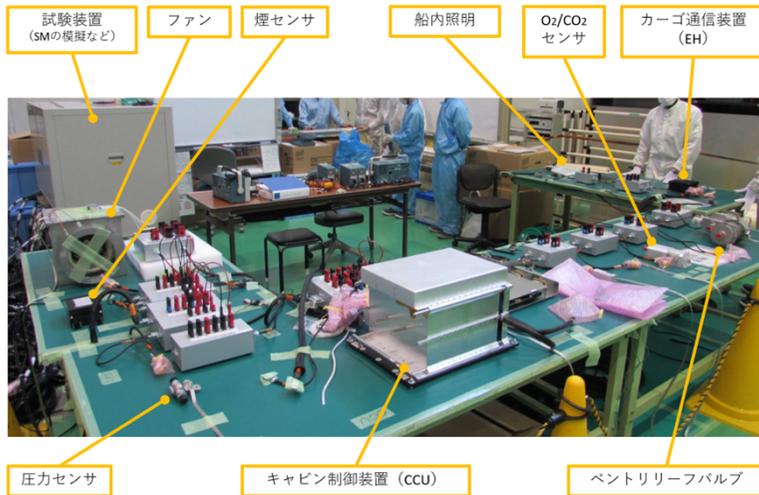
ヒンジ材料をアルミからチタンに変更
(10か所/翼)



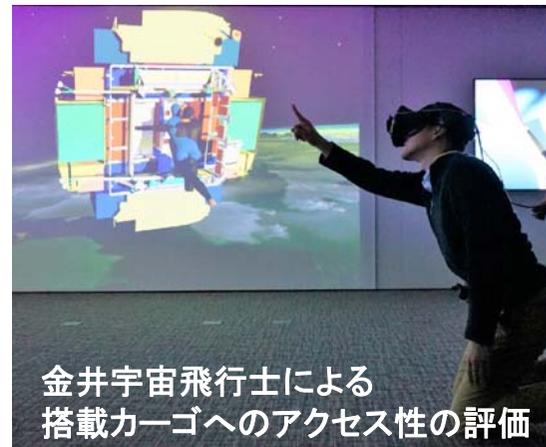
CFRPパネルを補強(ダブル追加)

<与圧モジュール開発状況>

・各種開発試験及び詳細設計を完了し、1号機モジュール・艙装品類の製造・組立作業に移行している。



電気系機器の噛合せ試験風景 (2019/7)



金井宇宙飛行士による
搭載カーゴへのアクセス性の評価



大西宇宙飛行士による
機器交換作業性の評価

船内機器に対するアクセス性確認 (2019/12)

VR技術の活用によりモックアップ試作等を不要とし、効率的な評価を実施。日本人宇宙飛行士の軌道上活動の知見を開発初期段階に効果的に活用。



PAFアダプタ強度試験 (2020/9-10)

強度試験等の大規模な試験は、HTV-Xで新規構造となる部位のみ実施することで、効率的な開発を実施中。



主構造の
部材加工・溶接・組立を完了

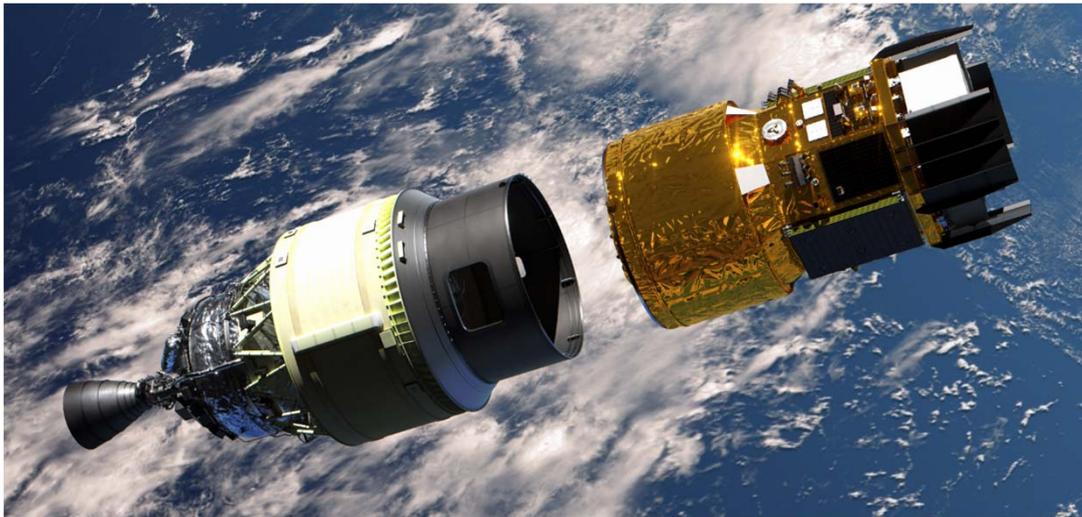
与圧モジュール1号機 製造状況 (2021/2現在)

2. 開発状況について (2) H3ロケットHTV-X対応開発状況

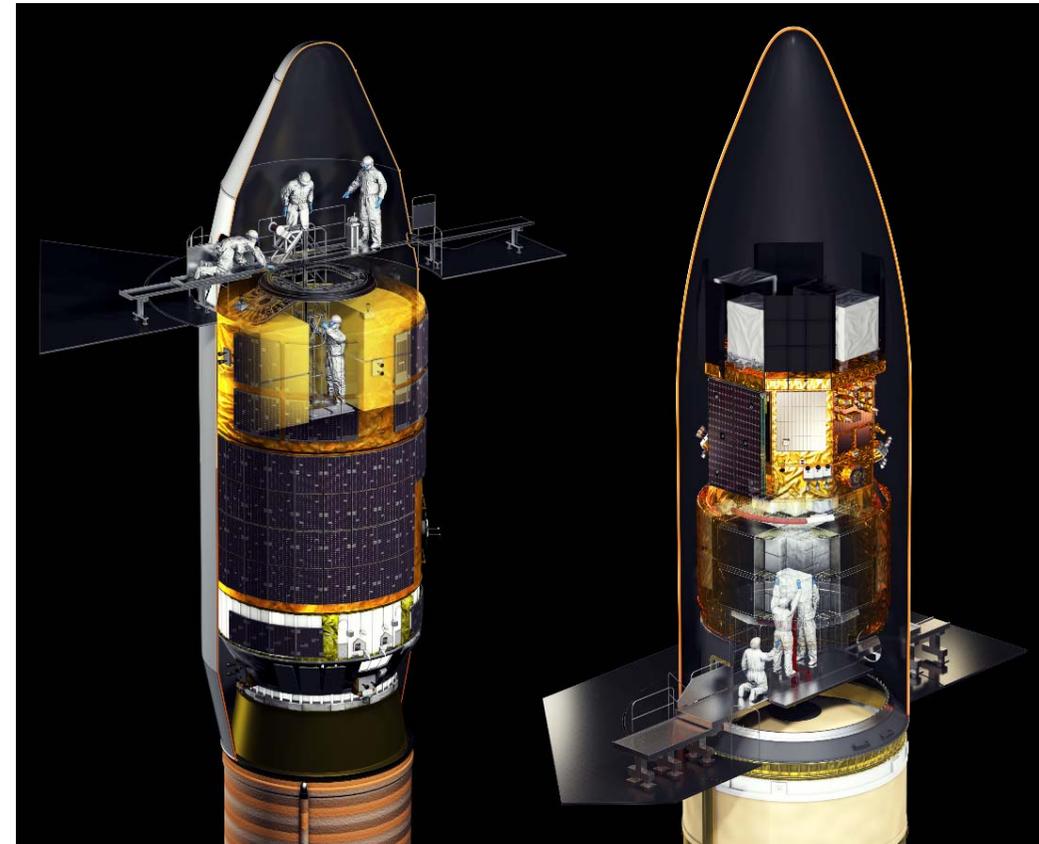
HTV-X

<H3ロケットHTV-X対応開発状況>

- ・ HTV-X用フェアリング・IF構造部材 (PSS・PAF等) の詳細設計を順次完了し、フライト品製造に移行している。



H3ロケット2段からのHTV-X分離イメージ(想像図)
通常衛星と比べて大直径のHTV-X専用PAF(中央部)。
レイトアクセス用の大開口部を有する。



HTV(左)とHTV-X(右)のレイトアクセス作業比較
HTV-XではPAF開口部を経由して、メインハッチ下方から搭載する。

3. 1号機の搭載機器・技術実証ミッションの概要

(1) HTV-X の軌道上技術実証プラットフォームについて

- 政府要求に基づき、ISS離脱後から再突入までの期間を利用し、技術実証ミッションのためのプラットフォーム機能（スペース、電力、通信等の提供）を実装する。
- 宇宙開発利用部会・事前評価（2017年12月）時点では、プラットフォームへの搭載ミッションは、内容が具体化した段階で別途決定することとした。
- 1号機の搭載機器を右に示す4つ（詳細は次頁）に決定し、現在I/F詳細設計を実施している。
- 2号機では、Gateway補給に不可欠となる自動ドッキング技術獲得のための技術実証を検討中。

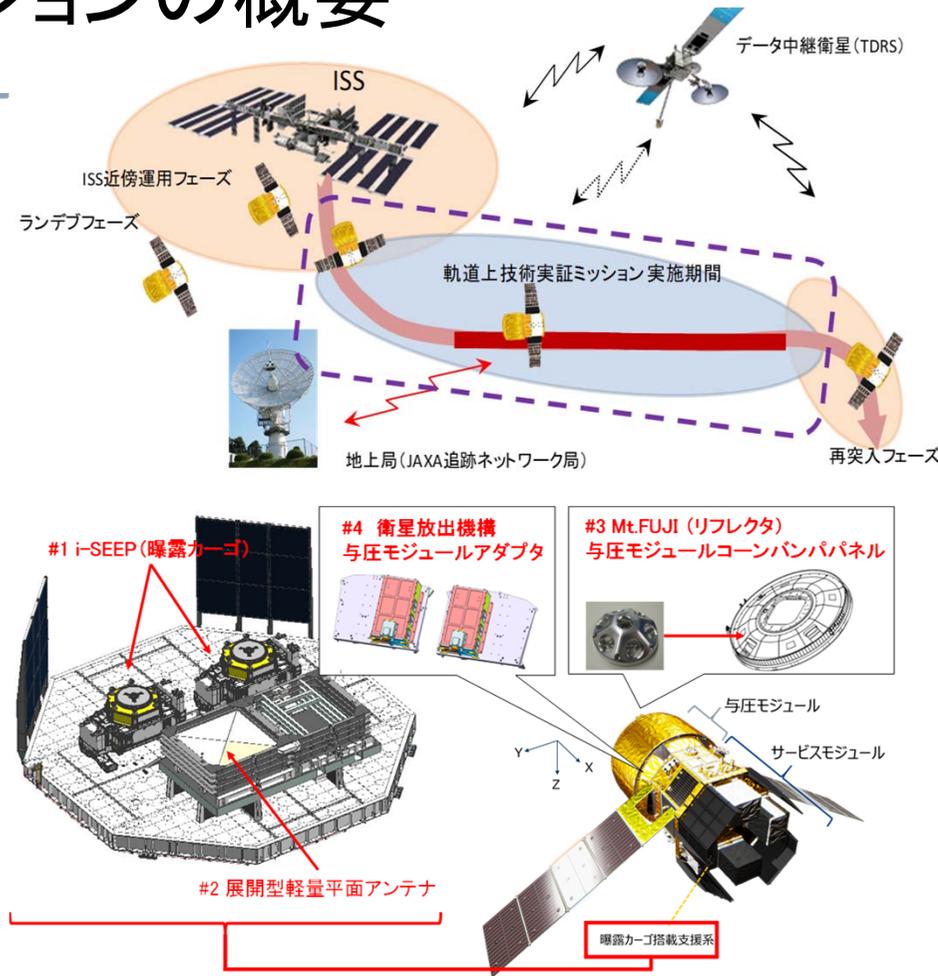


図 HTV-X 1号機搭載ミッションのレイアウトイメージ

(参考)

(1)平成27年6月 宇宙開発利用部会 国際宇宙ステーション・国際宇宙探査小委員会

HTV-X(仮称)を通じて、今後の我が国の宇宙開発利用にとって重要な基盤技術を獲得する。その基盤技術は、先述の費用の削減に貢献するだけでなく、我が国の国際宇宙探査に関する取組に寄与するとともに、軌道上サービス機等の安全保障につながる技術への応用可能性が期待されている。更に現行HTVと同様、**運用機を先進的な技術実証の場として活用**していくことも考えられる。

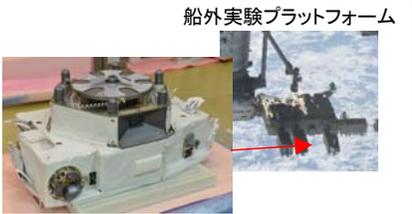
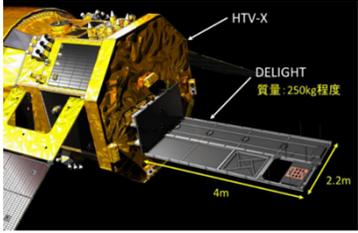
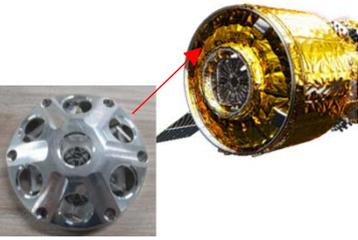
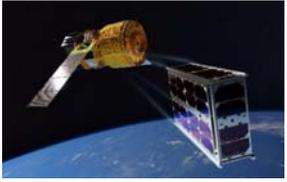
(2)平成27年8月 宇宙政策委員会宇宙産業・科学技術基盤部会

HTV-XをISSを構成するシステムの一要素と捉えて、その運用機会を通じて、宇宙基本計画の具体化に資する。例えば、小型回収カプセルの継続的利用による回収技術確立、デブリ除去の基盤技術開発・実証、**宇宙機器・センサの搭載・実証**するなど。

3. 1号機の搭載機器・技術実証ミッションの概要(続き)

(2) HTV-X 1号機の搭載機器の概要

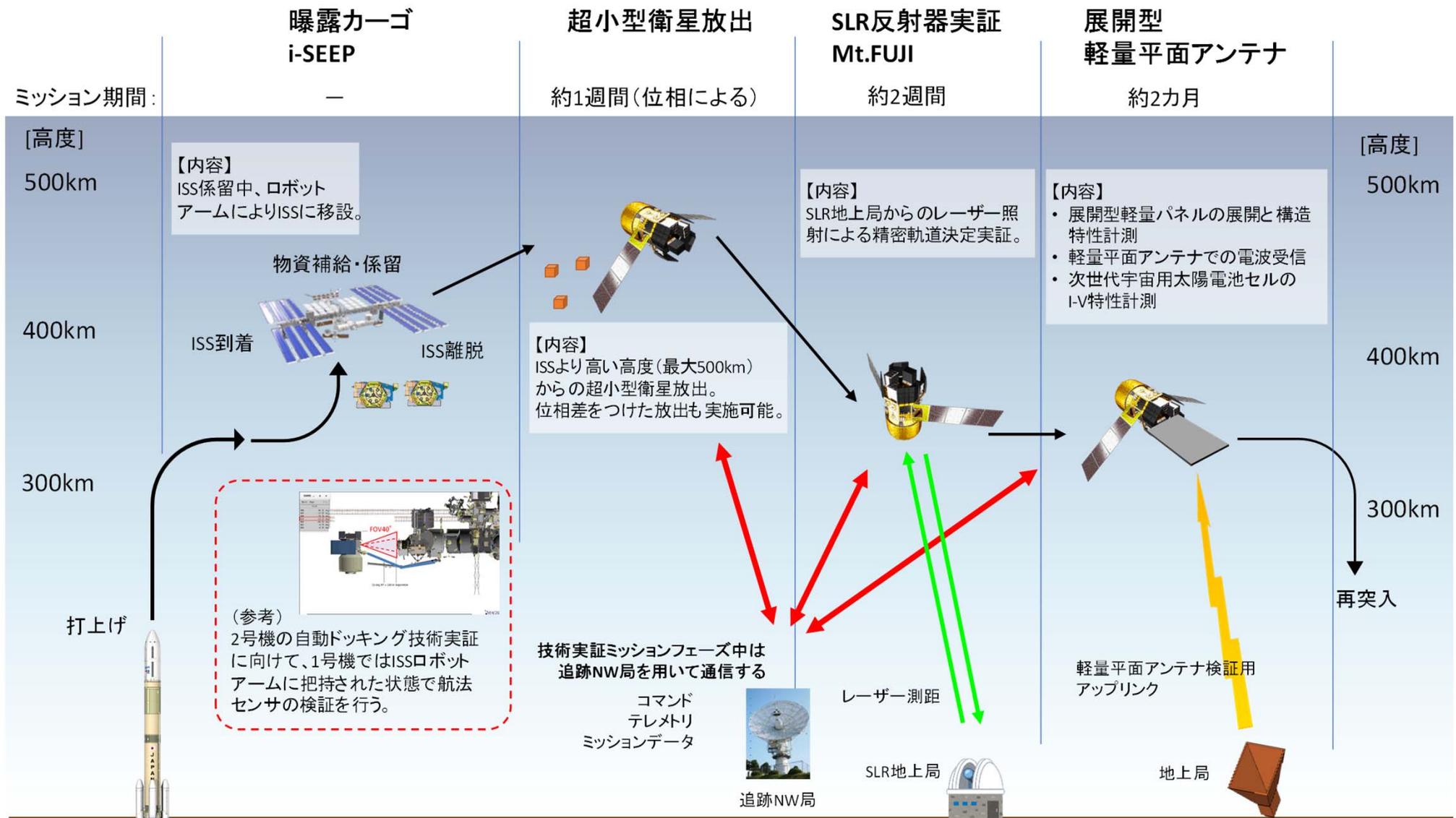
- HTV-X 1号機(技術実証機)のミッション要求である「曝露カーゴ搭載性能」並びに「技術実証ミッションのためのプラットフォーム機能・地上局との通信I/F機能」を実証するため、以下の機器を搭載する。

#	ミッション名	JAXA担当	ミッション概要	イメージ
1	i-SEEP (曝露カーゴ)	有人部門	中型サイズの曝露ペイロードを与圧カーゴとして打上げ、エアロック経由で船外に搬出、曝露ポートに結合して曝露実験を行うことを可能にする実験プラットフォーム。既存のi-SEEPに対して、HTV-Xで打ち上げるi-SEEP3では光通信実験や民間の利用拡大・事業拡大など「きぼう」の利用向上につなげることができる。	 <p>船外実験プラットフォーム</p>
2	展開型軽量平面アンテナ (実証ミッション)	研開部門 SSPS研究チーム	HTV-X1号機を軌道上プラットフォームとして活用し、展開型軽量パネルを軌道上で展開し、その際の展開挙動や展開後の構造特性を計測する。また、同パネルの一部に搭載した軽量平面アンテナで地上局からの電波を受け、受信レベルの計測を行う。さらに展開型軽量パネルを軌道上プラットフォームとして利用し、次世代宇宙用太陽電池セルの検証を実施する。	 <p>HTV-X DELIGHT 質量: 250kg程度 4m 2.2m</p>
3	SLR反射器 (Mt.FUJI) (実証ミッション)	追跡NW 技術センター	低軌道の宇宙飛翔体への搭載を目指し、JAXAオリジナルのSLRリフレクタ開発を行っている。本リフレクタ開発は、研究開発部門のデブリ除去プロジェクトを支える研究として、研究開発部門で認識されている。HTV-Xに搭載し軌道決定や回転運動把握を評価することで、本リフレクタがデブリ除去を支える基盤技術となることが実証可能。 (Mt. FUJI: MulTiple reFlector Unit from JAXA Investigation)	
4	超小型衛星放出 (実証ミッション)	有人部門	HTV-Xからの超小型衛星放出を行う。放出高度はHTV-Xの軌道変更能力を活用し、200~500km程度でユーザが選択できる。「きぼう」より高高度からの放出もできるため、数年~10年程度衛星の長寿命化を実現でき、商業利用・長期間のミッション等、活用の幅を拡大する。	

3. 1号機の搭載機器・技術実証ミッションの概要(続き)

(3) HTV-X 1号機のミッション実施計画

- ISS離脱後から再突入までの期間を利用し、技術実証ミッションを実施する。

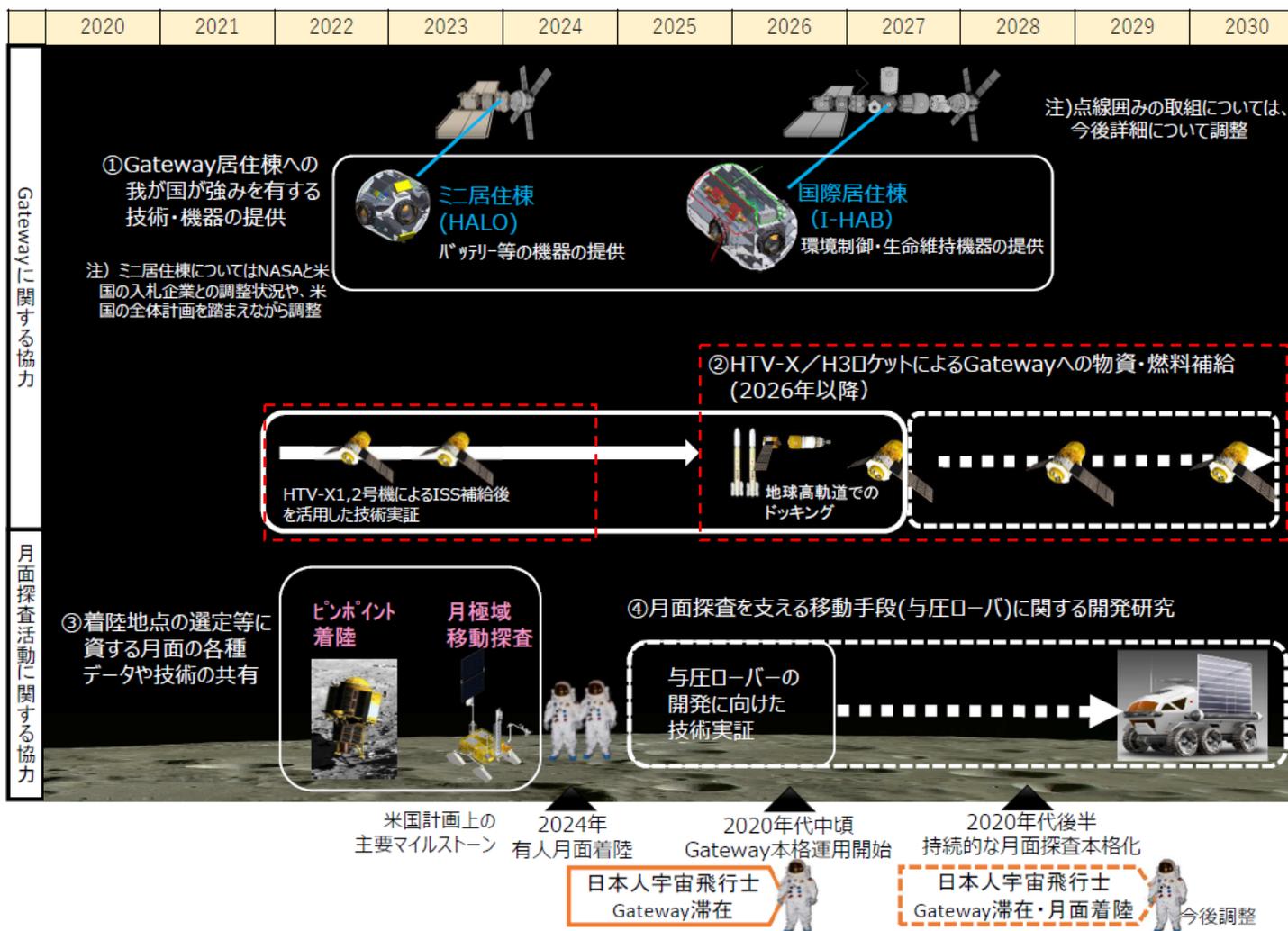


4. 計画検討中の自動ドッキング技術実証の概要

国際宇宙探査への参画に際し、国際貢献における4点の協力項目の1つとして、HTV-X/H3ロケットによる月周回有人拠点(ゲートウェイ)への物資・燃料補給が盛り込まれたことを踏まえ、HTV-XのISS補給機会を活用した技術実証を検討している。

第37回 宇宙開発利用部会 ISS・国際宇宙探査小委員会(2020年9月11日)

「国際宇宙探査の取組について」(文科省)より抜粋 (赤色・破線部がHTV-Xに関する記述)



5. 今後の主な予定

■ 現在～2021年度：

- JAXA詳細設計審査会（JAXA総括CDR）を経て、維持設計フェーズへ移行。
- 1号機HTV-X機体の製作・試験等を継続。2号機以降についても製作・試験を進める。
- 運用システムの整備を終え、運用管制要員の訓練を開始。
- 自動ドッキング技術実証を含め、国際宇宙探査計画に繋がる技術獲得の検討を進める。

■ 2022年度：

- 1号機HTV-X機体のシステム試験、射場作業、打上げ、実運用に移行。

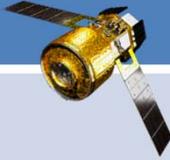
以上

(補足1)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年を対象)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 (Northrop Grumman社) 	Dragon (SpaceX社) 	Dream Chaser (SNC社) 
カーゴ輸送・廃棄 (与圧・曝露合計) ※棚構造質量を除いた Netの貨物量		5,820kg [No.1] (技術実証ミッション機器 250kgも含めると6,070kg)	3,754kg	3,307kg	5,500kg
(与圧カーゴ)	2,500～ 5,000kg	○(4,070kg) ★特長: 大型ラック(*1)輸送・廃棄 [Only1]	3,754kg	2,507kg	5,000kg
(曝露カーゴ)	500～1,500kg (1～3個)	◎(1,750kg、4個) ★特長: 大型カーゴ搭載(*2) [No.1]	廃棄のみ対応	800kg	1,500kg
カーゴ回収	1,500kg	△小型回収カプセルで対応可能	不可	可能	可能
係留期間 廃棄物資の受入期間増に寄与	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



(補足2) 計画検討中の自動ドッキング技術実証の概要(補足)

Gatewayへの物資補給においては、ISSとは異なり、**結合まで無人での自動ドッキング**が必要である。(図1)
そのため、HTV-XのISS補給機会を活用し、HTV-Xに**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システム**を開発・搭載し、ISSへの物資補給後にGatewayで要求される**自動ドッキングの事前実証**を検討している。(図2)

- (1) 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3)
- (2) Gatewayへのドッキングにおけるリスクを事前に軽減するため、ISSへの物資補給を行うHTV-Xの曝露カーゴ搭載部へ**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システム**を搭載し、補給完了後の機会を活用して、Gatewayで要求される**自動ドッキングの事前実証**を検討中(地上での要素試験による機能確認についても実施していく)。(図2)

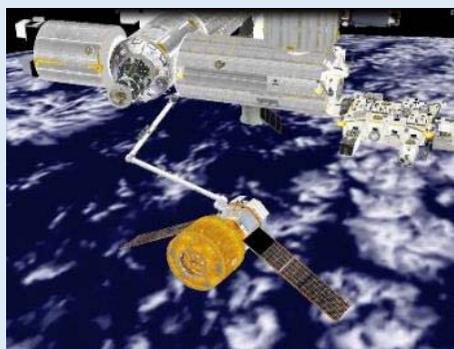
図1 「Gateway」への自動ドッキング(JAXA想像図)



HTV-Xのミッション機会を活用

図2 ISSへの自動ドッキング実証(案)

図3 ISSへの物資補給ミッション



軌道上で事前実証し
リスクを軽減



(参考)
SpaceX社Dragonは
2020年3月に実証済み。
米国CST-100は計画
中だが、他補給機の計
画は現状無い。

(補足3)HTV-Xに活かされる「こうのとりのり」(HTV)の成果

①恒星センサの先行搭載(「こうのとりのり」8, 9号機)

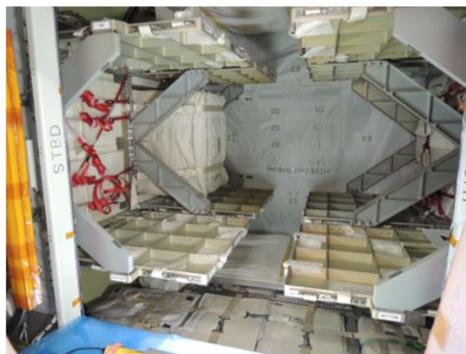
HTV-Xでも使用する深宇宙でも姿勢決定が可能な恒星センサを先行して搭載した。



「こうのとりのり」8号機に搭載された恒星センサ

②新型与圧物資搭載ラックの先行搭載(「こうのとりのり」8, 9号機)

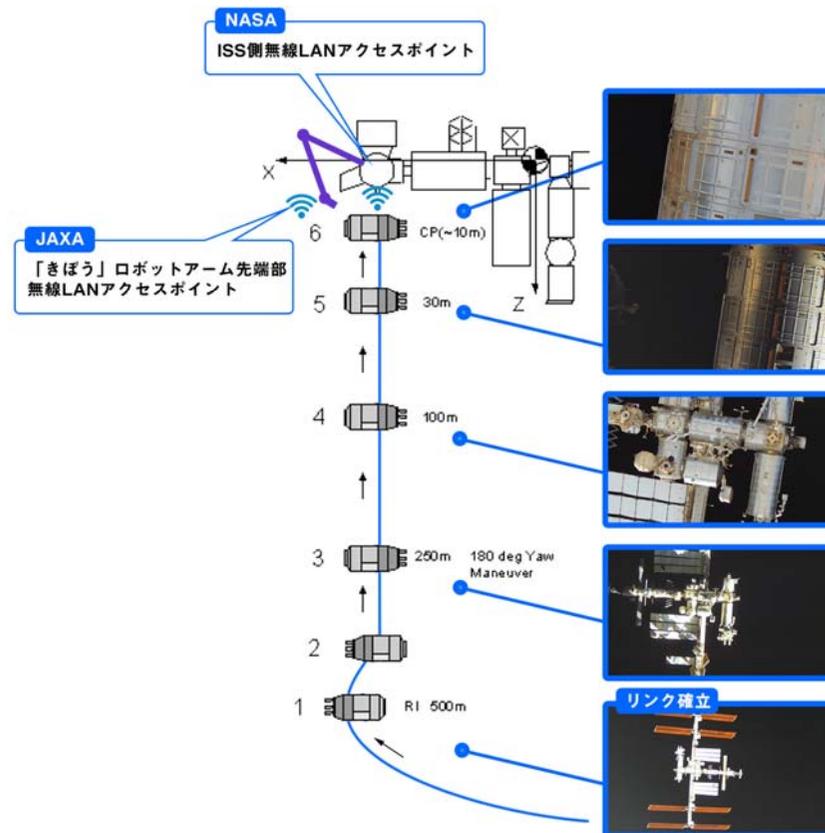
搭載能力を大幅に向上させるHTV-Xに適用する与圧物資の搭載効率の高い新型ラックを先行して搭載した。



「こうのとりのり」8号機の与圧部内

③無線LANを用いたISSへのリアルタイム映像伝送(「こうのとりのり」9号機)

将来の自動ドッキング技術の獲得(宇宙機の状態をISSにいる宇宙飛行士がリアルタイムで把握するために必要)に向けて、「こうのとりのり」に搭載したカメラの映像を無線LANを用いてISSに伝送する実証を行った。宇宙機間での無線LAN伝送の成功は世界初。



「こうのとりのり」9号機に搭載されたモニタカメラによる取得動画と実証の模式図(往路)

①②:「こうのとりのり」8号機ミッションプレスキットより抜粋
③: 第59回宇宙開発利用部会資料より抜粋