

宇宙ステーション補給機 技術実証機(HTV1) プロジェクトに係る事後評価について

平成22年10月18日(A改訂)
平成22年 9月21日

宇宙航空研究開発機構
有人宇宙環境利用ミッション本部

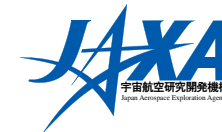
HTVプロジェクトマネージャ 虎野 吉彦



(改訂内容) 打上げ／開発スケジュールの変遷について、誤解を招く記述があったため、当該部分を削除した。
(改訂箇所) 42ページ



目次



		推進部会評価項目(事後評価)		
		a. 成果	b. 成否の要因に対する分析	c. 効率性
1. 宇宙ステーション補給機 技術実証機の概要	3~18頁			
2.1 成果(アウトプット)	19~22頁	○		
2.2 成果(アウトカム)	23~29頁	○		
2.3 成果(インパクト)	30~35頁	○		
3.成否の原因に対する分析	36~40頁		○	
4. プロジェクトの効率性に対する分析	41~52頁			○
5. 今後のプロジェクトへの 主要な反映事項	53頁			
6. まとめ	54頁			



1. HTV1の概要

1.1 ミッションの目的

HTV開発・運用の目的は、「宇宙開発に関する長期的な計画」に示されている通り、以下の2つである。

(国際義務の履行)

○宇宙ステーションにおける補給システムの一環として、国際宇宙基地協力協定に基づく、国際宇宙ステーション共通運用経費の我が国負担義務に相応する米国物資の補給、及び我が国のJEMの運用・利用に必要な物資の補給を行うために必要な宇宙ステーション補給機(HTV)及び運用システムの開発を行う。

(技術の習得)

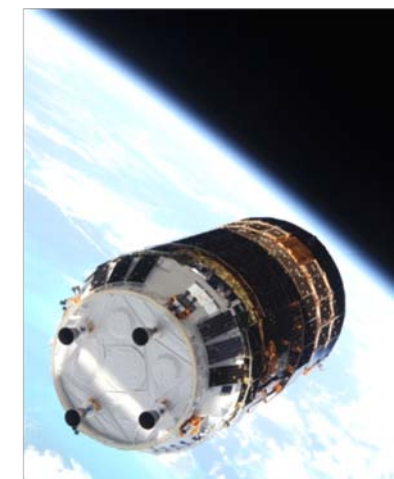
○また、有人システムへの無人ランデブー機の開発・運用により、有人システムに必要な安全性・信頼性システム技術、及び今後の宇宙開発活動の展開に重要な軌道間輸送機や有人システムに関する基盤技術の習得を図る。

宇宙開発に関する長期的な計画(平成20年2月22日 総務大臣・文部科学大臣)

2. 宇宙開発利用の戦略的推進 (5)宇宙輸送系の維持・発展

(HTVの開発)

国際宇宙ステーションの日本実験棟「きぼう」(JEM)において必要となる我が国の物資輸送と、我が国が国際約束で分担している国際宇宙ステーションへの補給義務の履行のため、宇宙ステーション補給機(HTV)の開発を引き続き進める。HTVは無人輸送機であるが、有人施設である国際宇宙ステーションに接近することから、有人宇宙機に相当する安全性設計がなされており、これを着実に開発、運用することにより、将来の軌道間輸送や有人化に関する基盤技術の習得が図られることとなる。





1. HTV1の概要

1.2 政策的な位置付け

(1) 中期目標・中期計画

HTVの開発・運用は総務省及び文部科学省による中期目標とこれを受けた(独)宇宙航空研究開発機構の中期計画において、以下のように定められている。

(独)宇宙航空研究開発機構が達成すべき業務運営に関する目標(中期目標)(平成20年4月1日 総務省・文部科学省)

4. 国際宇宙ステーション(ISS)(2)宇宙ステーション補給機(HTV)の開発・運用

宇宙ステーション補給機(HTV)の開発及び運用を着実にを行うことで、国際宇宙基地協力協定における我が国の責務を果たすとともに、将来の軌道間輸送や有人化に関する基盤技術の修得を図る。

(独)宇宙航空研究開発機構の中期目標を達成するための計画(中期計画)(平成20年4月1日(独)宇宙航空研究開発機構)

4. 国際宇宙ステーション(ISS)(2)宇宙ステーション補給機(HTV)の開発・運用

「第3期科学技術基本計画」における国家基幹技術「宇宙輸送システム」の構成技術である宇宙ステーション補給機(HTV)について、ISS共通システム運用経費の我が国の分担義務に相応する物資及びJEM運用・利用に必要な物資を輸送・補給するとともに、将来の軌道間輸送や有人システムに関する基盤技術の修得を目的として、開発、実証及び運用を行う。



1. HTV1の概要

1.2 政策的な位置付け

(2) 国家基幹技術

HTVは総合科学技術推進会議による「分野別推進戦略」において、国家基幹技術としての宇宙輸送システムと位置づけられている。

第3期科学技術基本計画「分野別推進戦略」(平成18年3月 総合科学技術推進会議)

VIII フロンティア分野

3. 戦略重点科学技術

(国家基幹技術)

宇宙輸送システム

我が国が必要な時に、独自に宇宙空間に必要な人工衛星等を打ち上げる能力を確保・維持するための宇宙輸送システムは、我が国の総合的な安全保障や国際社会における我が国の自律性を維持する上で不可欠である。宇宙輸送システムは、巨大システム技術の統合であり、極めて高い信頼性をもって製造・運用する技術が要求され、幅広い分野に波及効果をもたらすとともに、国が主導する一貫した推進体制の下で進められている。また、世界最高水準のロケットエンジン技術の開発や国際宇宙ステーションへの我が国独自の無人輸送機の開発を通じ、世界をリードする人材育成にも資する長期・大規模プロジェクトである。

(途中省略)

国家基幹技術としての宇宙輸送システムは、基幹ロケットであるH-IIAロケットを中心とした以下の技術等により構成される。

- H-IIAロケットの開発・製作・打上げ
- H-IIBロケット(H-IIAロケット能力向上型)
- 宇宙ステーション補給機(HTV)



1. HTV1の概要

1.2 政策的な位置付け

(3) 我が国の国際宇宙ステーションへの補給義務の履行

我が国が国際約束で分担している国際宇宙ステーションへの補給義務の履行及び我が国の補給輸送手段は宇宙基地了解覚書(MOU)に定められている。この中で、「補給運搬容器」はHTVの補給キャリア部分、「H-II打上げ機と連携する軌道上移動機」はHTV全体が該当する。

宇宙基地了解覚書(MOU)(1998年2月24日署名)

【第3条】宇宙基地の要素

(3.3項)GOJの宇宙基地飛行要素

GOJは次の飛行要素を設計、開発し及び軌道上に提供する。必要に応じサブシステム、フライトソフトウェア、予備品を含む。

- システム運用を支援し、利用者のために補給を行い及び軌道上において供給を行う補給運搬容器

【第9条】運用経費と活動の責任

(9.3項)共通システム運用経費・活動

- 各参加機関は共通システム運用経費又は活動を衡平に分担する。
- GOJの共通経費の分担はJEM与圧部の取付け・装備・検証後に開始する。
- 共通システム運用項目は以下の通り。(①～④省略)
 - ⑤ 補給運搬容器の打上げ前後の処理
 - ⑥ 共通品・搭乗員・搭乗員用補給品等の打上げ・回収

【第12条】輸送、通信その他宇宙基地以外の施設

(12.1項)輸送

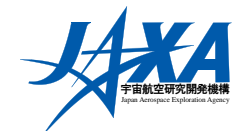
- 宇宙基地のために打上げ及び回収の輸送業務は、次の政府及び民間部門の宇宙輸送システムにより提供される：
 - 日本のH-II打上げ機及びこれと連携する軌道上移動機



1. HTV1の概要

1.3 開発経緯(1/2)

国内	国際・国外
<ul style="list-style-type: none"> ➤ 1985年(昭和60年)我が国の参加について、宇宙開発委員会宇宙基地特別部会で調査審議。 ➤ 1989年(平成元年)6月、国会にてIGAを承認、批准。 ➤ 1995年(平成7年)より、国際宇宙ステーションへの補給手段提供に向けて、宇宙ステーション補給機(HTV)の概念設計を開始。 ➤ 1996年(平成8年)8月「計画調整部会」(宇宙開発委員会)において、「宇宙ステーション補給機の整備」の着手を要望し、<u>了承された。</u> ➤ 1997年(平成9年)よりHTV開発に着手。 ➤ 1998年(平成10年)4月、国会にて新IGAを承認、批准。 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 1984年(昭和59年)6月のロンドンサミットでレーガン米大統領が宇宙基地計画を提唱し、西側先進国へ計画参加を呼びかけ。 ➤ 1988年(昭和63年)3月、日、米、ESA加盟国、加の政府間で宇宙基地協力協定(IGA)に署名。 ➤ 1993年(平成5年)ロシアを宇宙ステーション計画へ招聘し、1994年(平成6年)に国際宇宙ステーション(ISS)計画が誕生。 ➤ 1994年(平成6年)7月の宇宙ステーション計画の了解覚書(MOU)協議において、<u>宇宙ステーションへの輸送について、国際パートナーがシャトルの輸送経費を実費支弁する方式から、各パートナーが輸送能力を提供することを原則とする方式への変更がNASAから提案された。</u> ➤ 1997年(平成9年) 国際パートナー(NASA、CSA)と詳細な技術調整・運用調整等を開始 ➤ 1997年(平成9年)6月 プログレス輸送船のミールへの衝突事故発生 ➤ 1997年(平成9年)10月HTVシステム要求審査会(国際パートナー参加) ➤ 1998年(平成10年)1月 新IGAに署名。 ➤ 1998年(平成10年)2月 新MOUに署名。 ➤ 1998年(平成10年)11月宇宙ステーションの軌道上組立開始。 ➤ 1999年(平成11年)9月 HTV基本設計審査会(国際パートナー参加) ➤ 2000年(平成12年)宇宙飛行士常時滞在の開始。



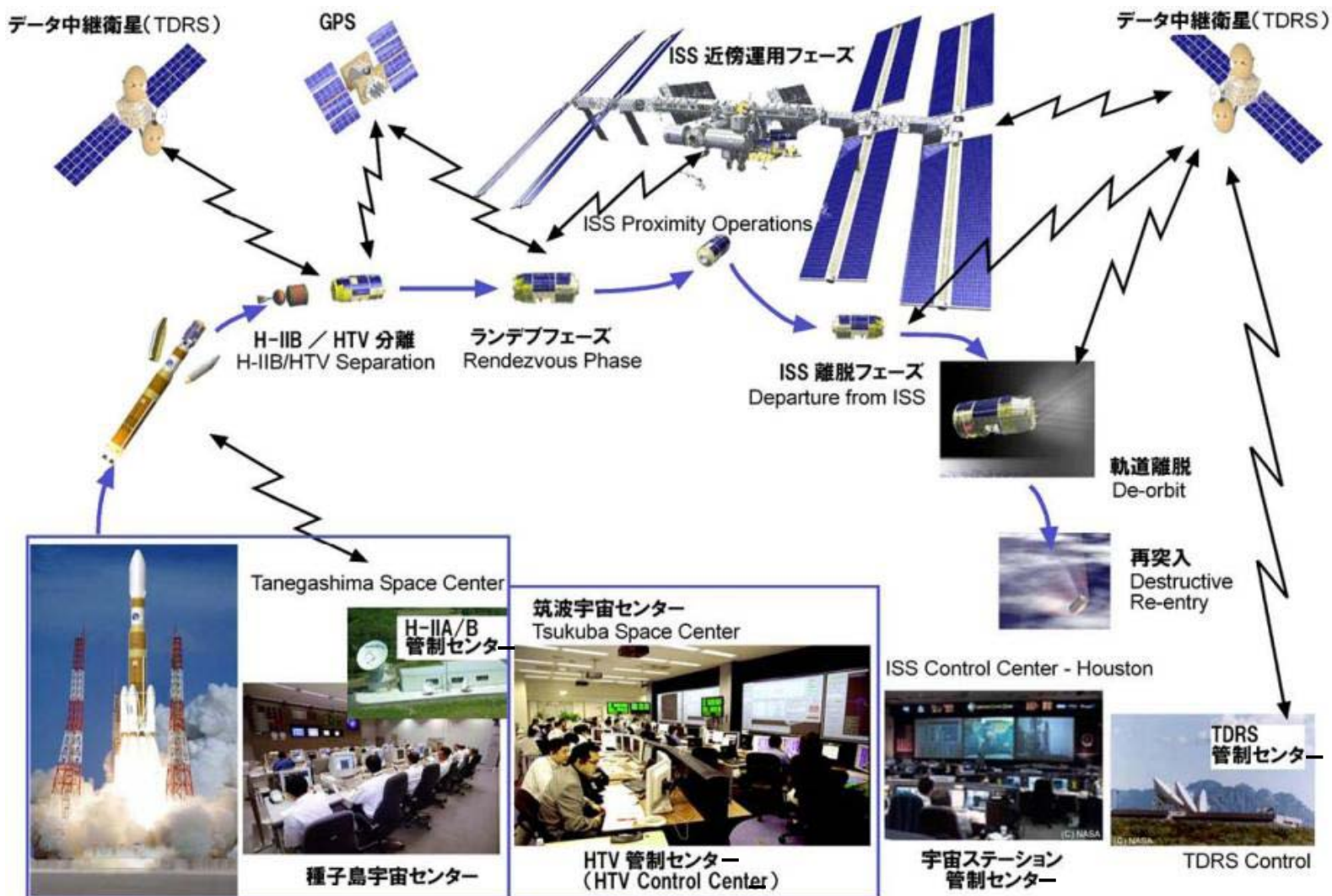
1. HTV1の概要

1.3 開発経緯(2/2)

国内	国際・国外
<ul style="list-style-type: none"> ➤ 2001年(平成13年)5月、「計画・評価部会」(宇宙開発委員会)において、HTV追加基本設計審査会結果を踏まえて技術実証機基本コンフィギュレーション変更等を報告。 ➤ 2003年(平成15年)6～8月、「計画・評価部会」(宇宙開発委員会)における、「H-IIAロケット輸送能力向上にかかる評価」の過程において、HTV質量変更の経緯等を報告。 ➤ 2004年(平成16年)3月、JAXA内にて、詳細設計ベースライン審査会開催。 ➤ 2006年(平成18年)3月、総合科学技術推進会議、HTV/H-IIBを国家基幹技術と位置づけ。 ➤ 2006年(平成18年)5月、「国家基幹技術としての「宇宙輸送システム」の推進の在り方について」(見解)宇宙開発委員会 ➤ 2009年(平成21年)7月、宇宙開発委員会にて、HTV/H-IIB試験機打上げ及び運用管制計画を報告。 ➤ 2009年(平成21年)9月2日、宇宙開発委員会にて、HTV技術実証機の打上げ準備状況を報告。 ➤ 2009年(平成21年)9月11日、H-IIAロケット試験機／HTV技術実証機の打上げ。 ➤ 2009年(平成21年)11月2日、HTV技術実証機の大気圏再突入 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 2001年(平成13年)5月、HTV追加基本設計審査会(国際パートナー参加)HTV技術実証機の基本コンフィギュレーションを確定。 ➤ 2003年(平成15年)2月、スペースシャトルコロンビア事故 ➤ 2004年(平成16年)1月、ブッシュ大統領が新宇宙政策を発表。スペースシャトルを2010年迄に退役させることを決定。 ➤ 2005年(平成17年)2月 HTV詳細設計審査会(その1)開催。(国際パートナー参加) ➤ 2005年(平成17年)7月スペースシャトルディスカバリ飛行再開 ➤ 2006年(平成18年)3月 HTV詳細設計審査会(その2)開催。(国際パートナー参加) ➤ 2008(平成20年)年3月、スペースシャトルによるJEM打上げ第1便にて、船内保管室とともに、「きぼう」搭載HTV用近傍通信システム(PROX)を打上げ。

1. HTV1の概要

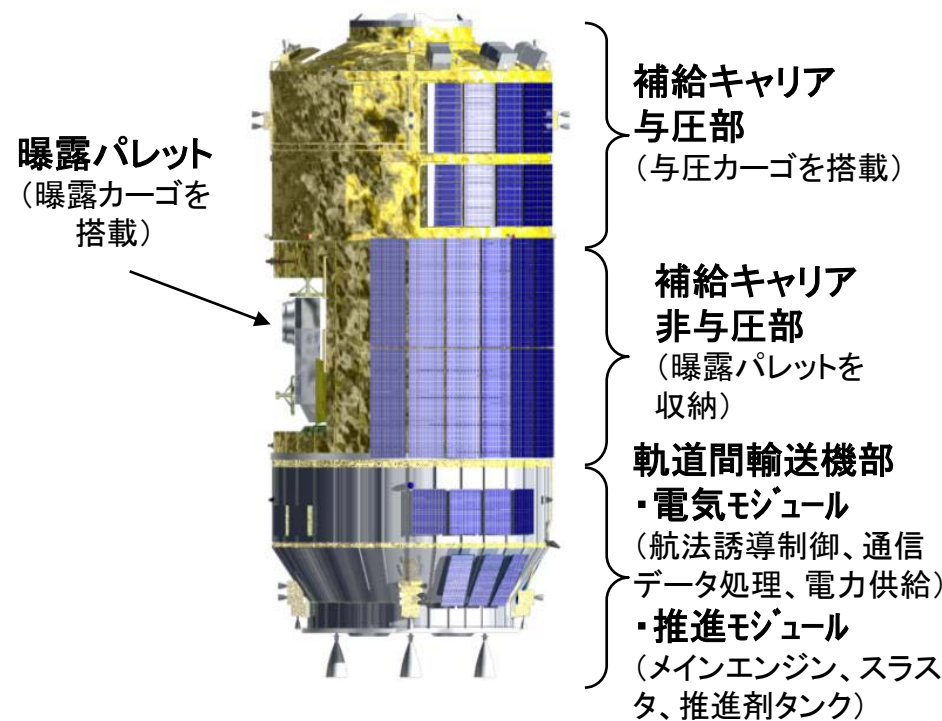
1.4 HTVのミッション概要



1. HTV1の概要

1.5 HTV技術実証機の主要諸元・機体構成

		技術実証機飛行実績	運用機仕様
宇宙ステーションへの補給能力			
	合計	4.5 トン*1	6.0 トン
	船内物資	3.6 トン	5.2 トン
	船外物資	0.9 トン	1.5 トン
総質量		16.0トン	16.5トン
目標軌道			
	高度(円軌道)	347km(近地点330km) (設計要求は350km~460km)	350~460km
	軌道傾斜角	51.6度	51.6度
ミッション期間			
	ランデブ飛行時間	8日間*2 (当初計画は7日間)	4日間 (ノミナル高度時)
	軌道上緊急待機期間	なし	7日間
	ISS滞在期間	43日 (設計要求は30日)	30日



*1) 技術実証機は、運用機と比較して一次電池4個分と推進薬等を追加で搭載しているため、カーゴ重量は最大4.5トンとなる。
 *2) 設計要求より低い高度へのランデブ軌道を設定したため、飛行時間を1日延長した。

1. HTV1の概要

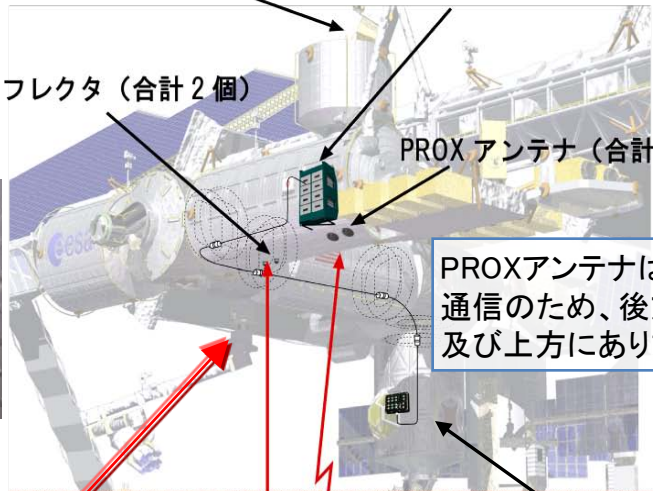
1.6 宇宙ステーション側搭載機器



GPS アンテナ (合計 2 個)

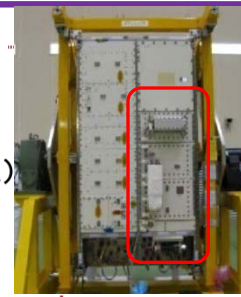


レーザーフレクタ (合計 2 個)



PROX (近傍通信システム)

PROX アンテナ (合計 6 個)



以下の3装置から構成。

- GPS受信機
- データ処理装置
- 送受信機



PROXアンテナは全方位通信のため、後方、前方及び上方にあり計3箇所

HTVランデブセンサからのレーザー光を正確に反射。

RFリンク(点検用)

レーザー光
RFリンク

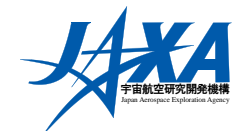


搭乗員用
ハードウェアコマンドパネル(HCP)



以下のコマンドを送信。

- 制御停止 (Free Drift)
- 相対位置保持 (Hold)
- 一時後退 (Retreat)
- 強制退避 (Abort)
- アームからの強制分離 (FRGF Separation)

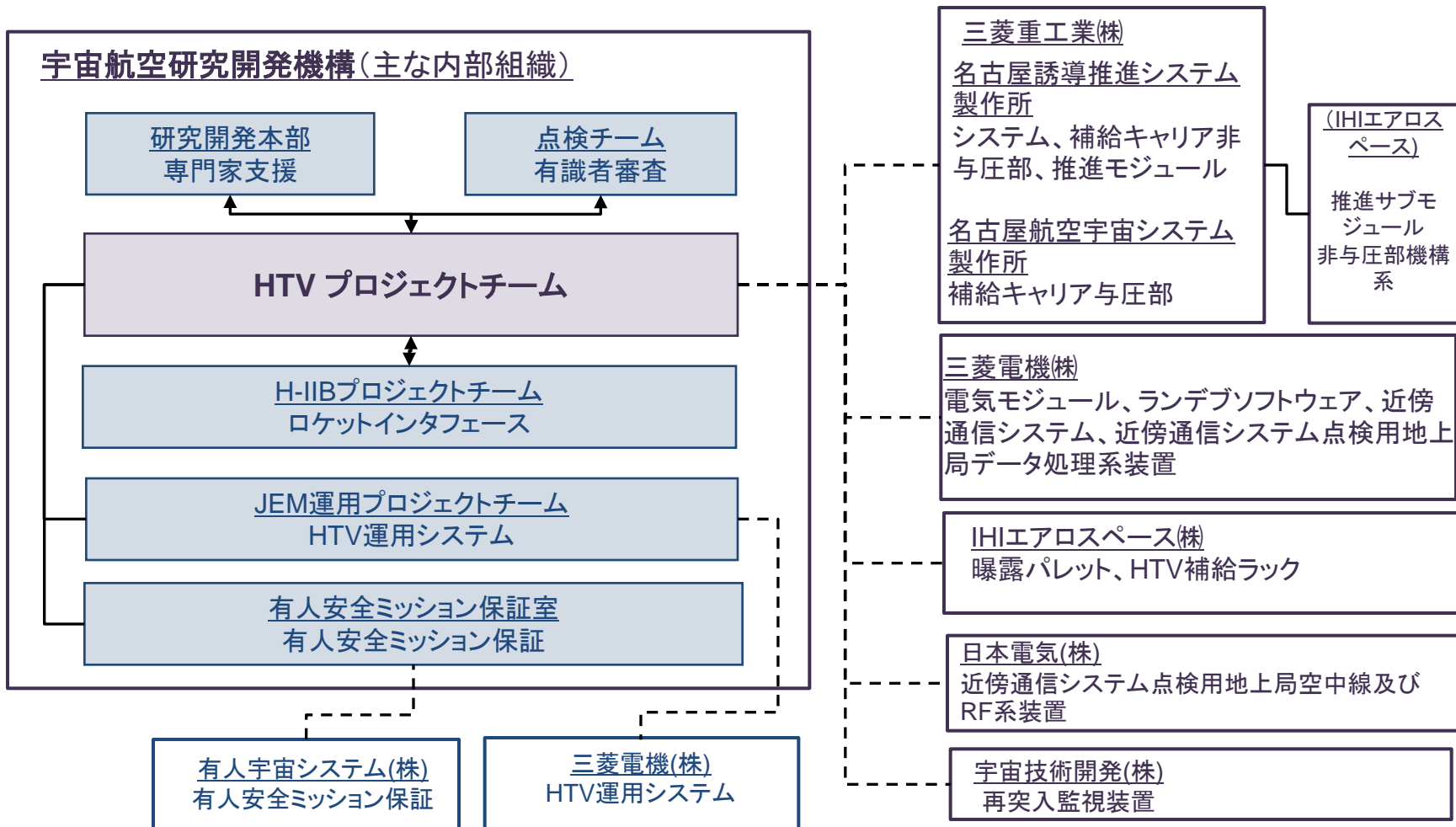


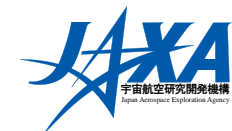
1. HTV1の概要

1.7 開発体制

1.7.1 国内の開発体制

JAXA内外の組織の経験と実績を十分考慮・活用して、開発体制の構築を行った。

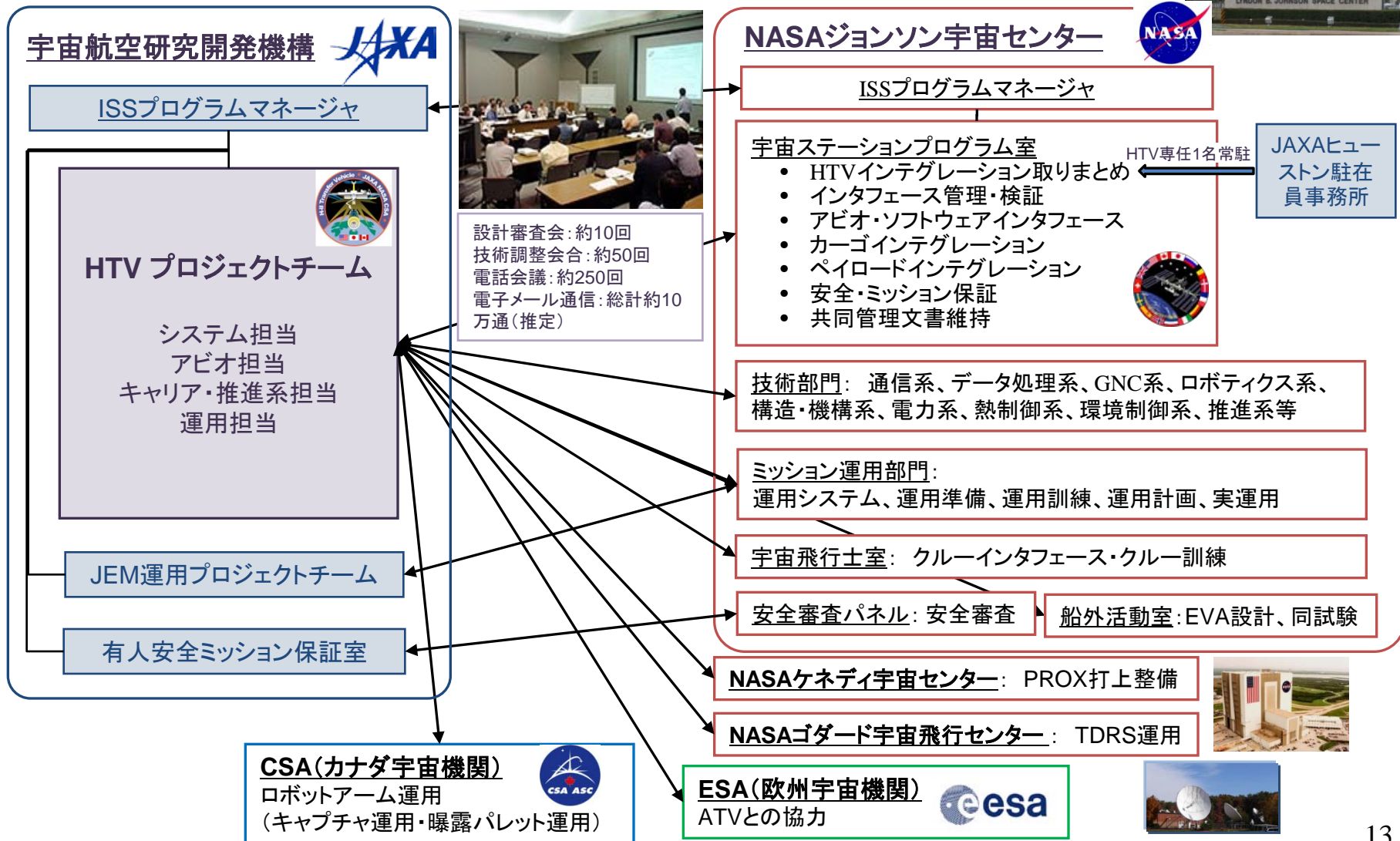


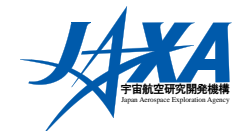


1. HTV1の概要

1.7.2 JAXAと海外宇宙機関間の開発体制

関係宇宙機関であるNASA・CSA・ESAと密接な連携を取りつつ開発を進めた。



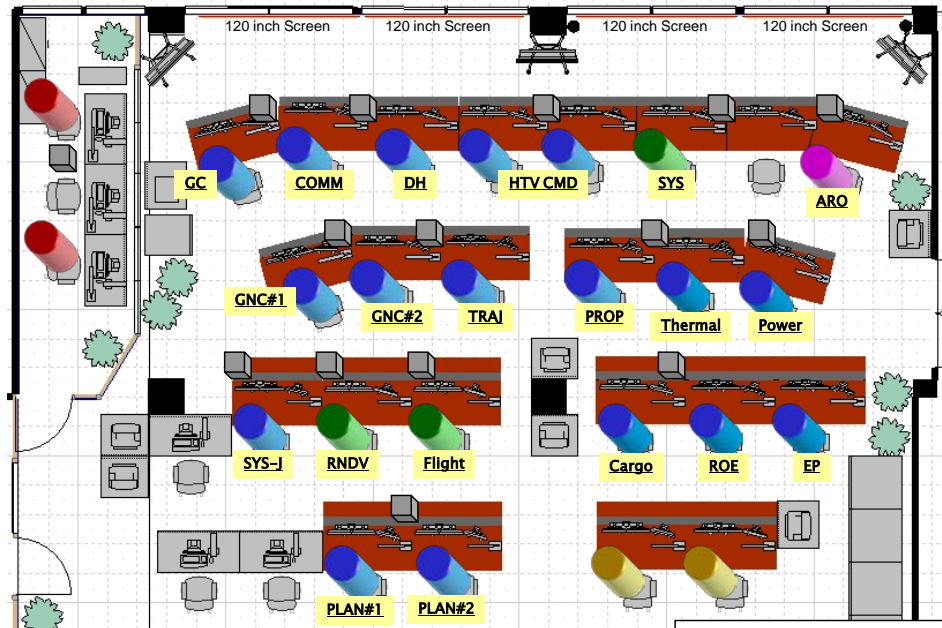


1. HTV1の概要

1.8 HTVの運用体制

1.8.1 筑波宇宙センターにおけるHTV運用管制

67名の運用管制要員を、3交代制19ポジションに配置して技術実証機を運用した。



HTV-FLIGHT: HTVFCT全体を統括し、HTV運用全体の最終決定を行う。

HTVSYS: HTVのシステム運用状況を把握しNASAとの連絡・調整を行う。

CMD: 手順書に従ってコマンド送信運用を行う。

HTVGC: HTV運用で使用する設備及びネットワークの管理を行う。

HTVPLAN: HTV運用計画立案を行う。実運用中における運用計画の見直しを行う。

HTVSYS-J: HTV運用手順の進行管理を行うことでHTV-FLIGHTをサポートする。

RNDV: HTVのランデブに関する運用状況を把握し、NASAとの連絡・調整を行う。

GNC: HTVの航法誘導制御系運用の状況をモニタし、技術判断を行う。

TRAJ: HTVの軌道・マヌーバ状況をモニタし、技術判断を行う。

POWER: HTVの電力系の状況をモニタし、技術判断を行う。

THERMAL: HTVの熱系の状況をモニタし、技術判断を行う。

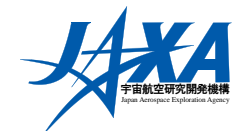
COMM-DH: HTVの通信データ処理系の状況をモニタし、技術判断を行う。

PROP: HTVの推進系の状況をモニタし、技術判断を行う。

CARGO: HTVカーゴに関する運用、NASAとの連絡・調整を行う。

EP: HTV曝露パレット / 非与圧キャリアの状況をモニタし、技術判断を行う。

(ROE: 再突入計画の独立評価、再突入状況の独立評価を行う。)



1. HTV1の概要

1.8.2 対NASA協調運用管制

HTVがISS近傍を飛行しているクリティカルな期間中及び係留期間中は、米国ヒューストンのミッション管制センター及び宇宙ステーション搭乗員と交信しながら、共同で協調運用を行った。



宇宙ステーション搭乗員

- リアルタイムデータ
- 音声
- 映像
- シミュレーションデータ

• 音声



HTVミッション管制室(つくば)



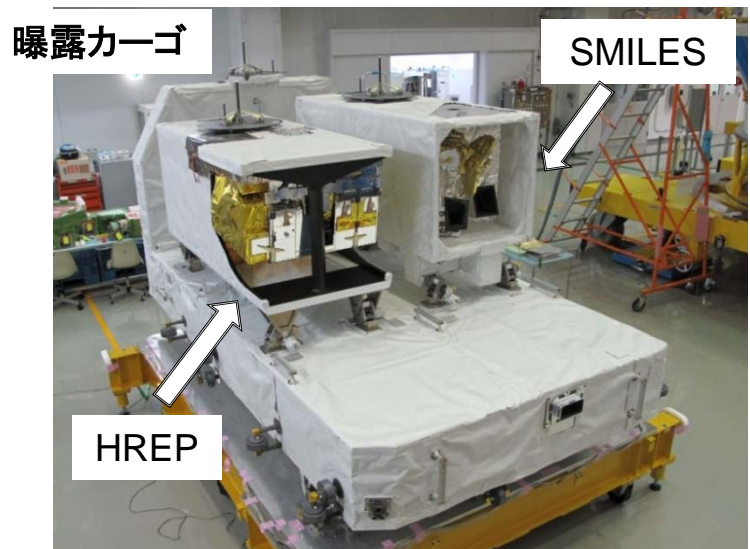
NASAミッション管制室センター(ヒューストン)

- リアルタイムデータ
- 音声
- 映像
- シミュレーションデータ

1. HTV1の概要

1.9 技術実証機の搭載カーゴ

HTV技術実証機は以下に示す与圧カーゴと曝露カーゴを搭載し、宇宙ステーションへ輸送した。



	バッグ数	主要搭載物
HRR1	15	ISS水再生装置用フィルタ, 実験関連機器(ESA)
2	16	食糧(NASA), 実験関連機器(JAXA)
3	12	食糧(NASA), システム補給品(NASA)
4	11	食糧(NASA), ビデオ器材(NASA)
5	12	食糧(NASA), システム補給品(NASA)
6	14	実験関連機器(JAXA), レイトアクセスカーゴ
7	9	食糧(NASA), 実験関連機器(JAXA)
PSRR	9	JEM子アーム, 実験関連機器(JAXA)

略称	正式名称	オーナー
SMILES	超伝導サブミリ波リム放射サウンダ (Superconducting Submillimeter- Wave Limb-Emission Sounder)	JAXA
HREP	Hyperspectral Imager for the Coastal Ocean(HICO) & Remote Atmospheric & Ionospheric Detection System (RAIDS) Experimental Payload (沿岸海域用ハイパースペクトル画像装置および大気圏/電離圏遠隔探査システム実験装置)	NASA

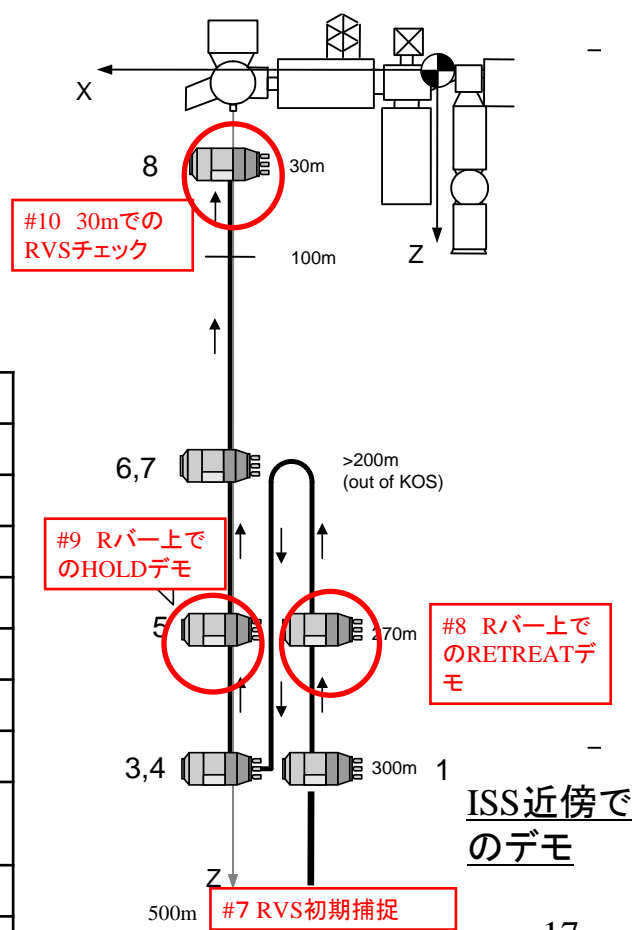
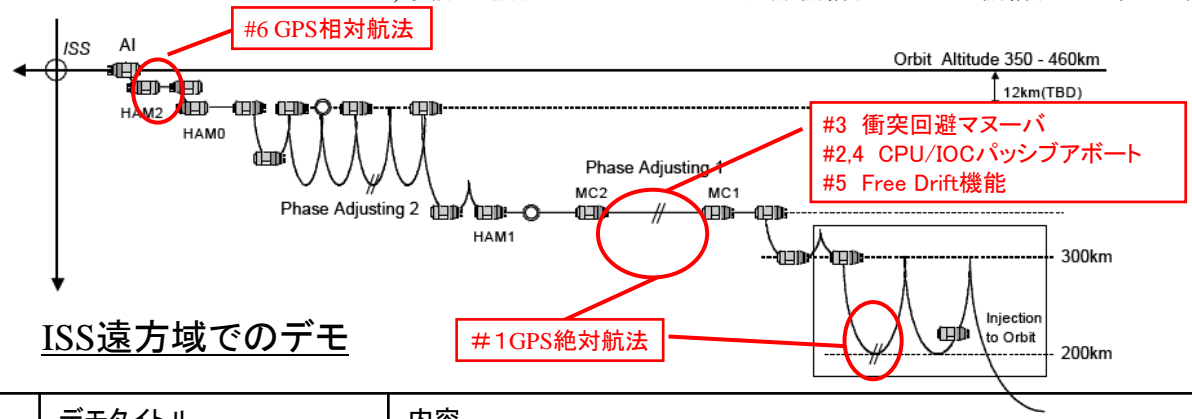
HRR : HTV Resupply Rack (HTV補給ラック)
 PSRR: Pressurized Stowage Resupply Rack(JEM与圧補給ラック)

1. HTV1の概要

1.10 技術実証機の軌道上デモ

技術実証機では、特有のミッションとしてキャプチャ前に10種類の軌道上デモを実施した。基本的にISS安全に関わる機能については、ISS近傍で必要とされる以前に安全な距離で機能実証した。

*)事前に動作させられないFRGF分離機構、EP引込み機構、与圧部減圧弁については、ISS離脱後に追加でデモを実施した。



ISS遠方域でのデモ

ISS近傍でのデモ

	デモタイトル	内容
#1	GPS絶対航法	GPS絶対航法評価
#2	CPUパッシブアポート(PA)	並進制御を止めることで軌道運動で安全化するテクニック
#3	衝突回避マヌーバ(CAM)	Collision Avoidance Manoeuvre:噴射により安全化するテクニック
#4	IOC PA	IO Controllerによるパッシブアポート
#5	Free Drift	キャプチャー時にHTVの制御をすべて停止する機能
#6	GPS相対航法	GPS相対航法評価
#7	RVS初期捕捉	Rendezvous Sensor初期捕捉
#8	Rバー上のRETREATデモ	クルーが故意にHCP(Hardware Command Panel)上のボタンを押し、HTVをRETREATさせる。
#9	Rバー上のHOLDデモ	クルーが故意にHCP上のボタンを押し、HTVをHOLDさせる。
#10	30mでのRVSチェック	RVS測定値評価