



空へ挑み、宇宙を拓く



宇宙ステーション補給機 「こうのとりの2号機 (HTV2) ミッションプレスキット



2011年 1月20日 A改訂版

2010年 12月24日 初版

宇宙航空研究開発機構

<http://iss.jaxa.jp/htv/mission/htv-2/library/presskit/>

(上記サイトで本プレスキットをご覧いただけます。)

また、今後、改訂の都度、改訂版に差替え掲載いたします)

改訂履歴

訂符	日付	改訂ページ	改訂理由
初版	2010.12.24	—	
A	2011.01.20	目次、P1-1、1-2、 1-6、1-7、1-9～ 1-15、1-21以降(1 ページ追加)、2-1、 2-11、付録 1-1、 1-2、付録 3-2	打上げの2日延期を反映 STS-133の打上げ延期に伴う係留期間・運 用内容の見直しを反映

目次

1. 「こうのとりの2号機(HTV2)ミッション	1-1
1.1 「こうのとりの2号機(HTV2)概要	1-1
1.2 「こうのとりの2号機(HTV2)の主要諸元(HTV1との比較)	1-2
1.3 技術実証機からの主要変更点	1-3
1.4 「こうのとりの2号機(HTV2)ミッションの打上げ／飛行計画概要	1-7
1.5 「こうのとりの2号機(HTV2)運用スケジュール	1-9
1.6 「こうのとりの2号機(HTV2)運用スケジュール(詳細版)	1-11
1.7 搭載品	1-26
1.7.1 補給キャリア与圧部搭載品	1-27
1.7.2 補給キャリア非与圧部搭載品	1-38
1.8 「こうのとりの2号機(HTV2)の運用管制	1-44
2. 「こうのとりの」(HTV)全般	2-1
2.1 「こうのとりの」(HTV)の概要	2-1
2.2 「こうのとりの」(HTV)の目的と意義／特徴	2-2
2.3 「こうのとりの」(HTV)の開発経緯	2-3
2.4 「こうのとりの」(HTV)の構成	2-4
2.4.1 補給キャリア与圧部	2-6
2.4.2 補給キャリア非与圧部	2-8
2.4.3 曝露パレット	2-10
2.4.4 電気モジュール	2-14
2.4.5 推進モジュール	2-16
2.4.6 近傍通信システム(PROX)	2-18
2.4.7 反射器(レーザーレーダリフレクタ)	2-19
2.5 「こうのとりの」(HTV)の軌道上での主要な運用	2-20
2.5.1 ランデブ	2-20
2.5.2 ISSへの接近(近傍運用)／把持・係留	2-21
2.5.3 係留期間中の運用	2-24
2.5.4 ISSからの分離／大気圏への再突入	2-25
2.6 ISS補給機の比較	2-27
2.7 「こうのとりの」(HTV)の成果	2-28
3. ISS計画全般	3-1
3.1 日本のISS計画に関わる実績と今後のHTV打上げスケジュール	3-1
3.2 宇宙環境を利用した科学実験の実績と今後のスケジュール	3-4
付録1 HTV／ISS関連略語集	付録 1-1
付録2 ランデブ概念	付録 2-1
付録3 参考情報リスト	付録 3-1

1. 「こうのとり」2号機(HTV2)ミッション

1.1 「こうのとり」2号機(HTV2)概要

宇宙ステーション補給機(H-II Transfer Vehicle: HTV)は、国際宇宙ステーション(International Space Station: ISS)に補給物資を運ぶための輸送手段として、日本が開発した有人対応型の無人の物資補給船で、初号機の技術実証機(HTV1)は2009年9月11日に打ち上げられました。2号機(HTV2)は2011年1月22日にH-IIBロケット2号機での打上げを予定しています。なお、2号機からは「こうのとり」という愛称が付けられました。

HTV2ミッションの主な目的は以下の通りです

(1) ISSへの物資の輸送

- ・合計で5.3トン(搭載ラックを含む)をISSへ輸送
- ・与圧部ではJAXAの2つの実験ラック、水バッグ、食料、実験試料等を輸送
 - 勾配炉ラック(KOBAIROラック)
 - 多目的実験ラック (Multi-purpose Small Payload Rack: MSPR)
- ・曝露パレットでは2つのNASAの曝露カーゴを輸送
 - 曝露カーゴ輸送コンテナ(Cargo Transport Container: CTC)
 - フレックス・ホース・ロータリー・カプラ(Flex Hose Rotary Coupler: FHRC)

(2)ISSの物資の廃棄

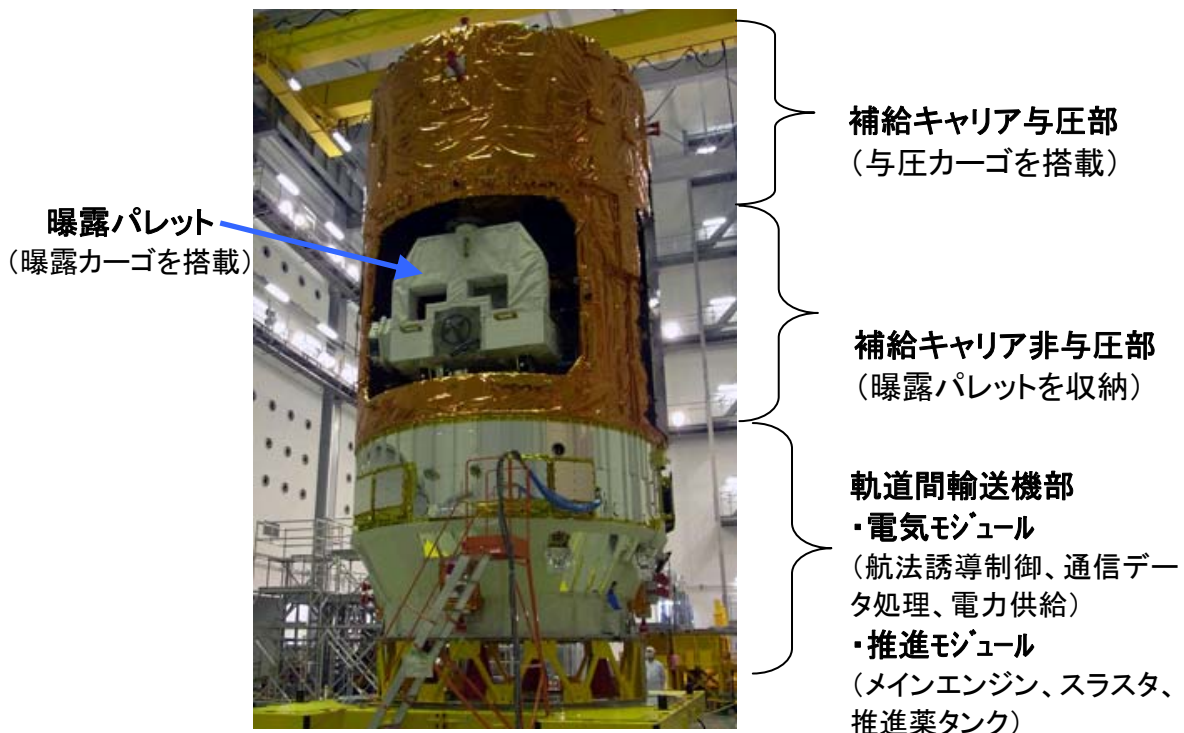


図1-1 HTV「こうのとり」の構成

1.2 「こうのとりの2号機(HTV2)の主要諸元(HTV1との比較)

HTV2は、技術実証機(HTV1)を運用機に改良した最初の機体であり、物資の補給能力も異なります。

表1.2-1 HTV技術実証機とHTV2の主要諸元の比較

		技術実証機(HTV1)の実績	HTV2
ISSへの補給能力			
	(うち)船内物資	3.6トン	約4トン
	(うち)船外物資	0.9トン	約1.3トン
	合計	4.5トン*1	約5.3トン
総質量		16.0トン	約16.0トン
目標軌道			
	高度(円軌道)	347km(近地点330km)	約350km
	軌道傾斜角	51.6度	51.6度
ミッション期間			
	ランデブ飛行期間	8日間*2 (当初計画は7日間)	約7日間
	ISS滞在期間	43日間 (設計要求は30日)	最大30日間 (注:ISSミッションの状況に応じて変更)
	軌道上緊急待機期間	なし	約7日間

*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たため、カーゴ重量は4.5トンとなりました。

*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日延長しました。

1.3 技術実証機からの主要変更点

宇宙ステーション補給機「こうのとり」2号機(HTV2)は、技術実証機(HTV1)を運用機に改良した最初のミッションであり、HTV1ミッションと比べると以下のように変わります。

(1)機体の変更点(図1.3-2参照)

・補給キャリア与圧部の物資搭載場所の拡張

空調系および照明装置の取付場所を変更して搭載スペースを確保し、HTV補給ラック(HTV Resupply Rack: HRR)の隙間を活用したり、搭載能力を向上させたHRRの改良型を導入するなどして、物資の搭載場所を拡張しました。これにより、HTV1に比べると物資輸送用バッグ(Cargo Transfer Bag: CTB)の搭載数が大きく増えています。

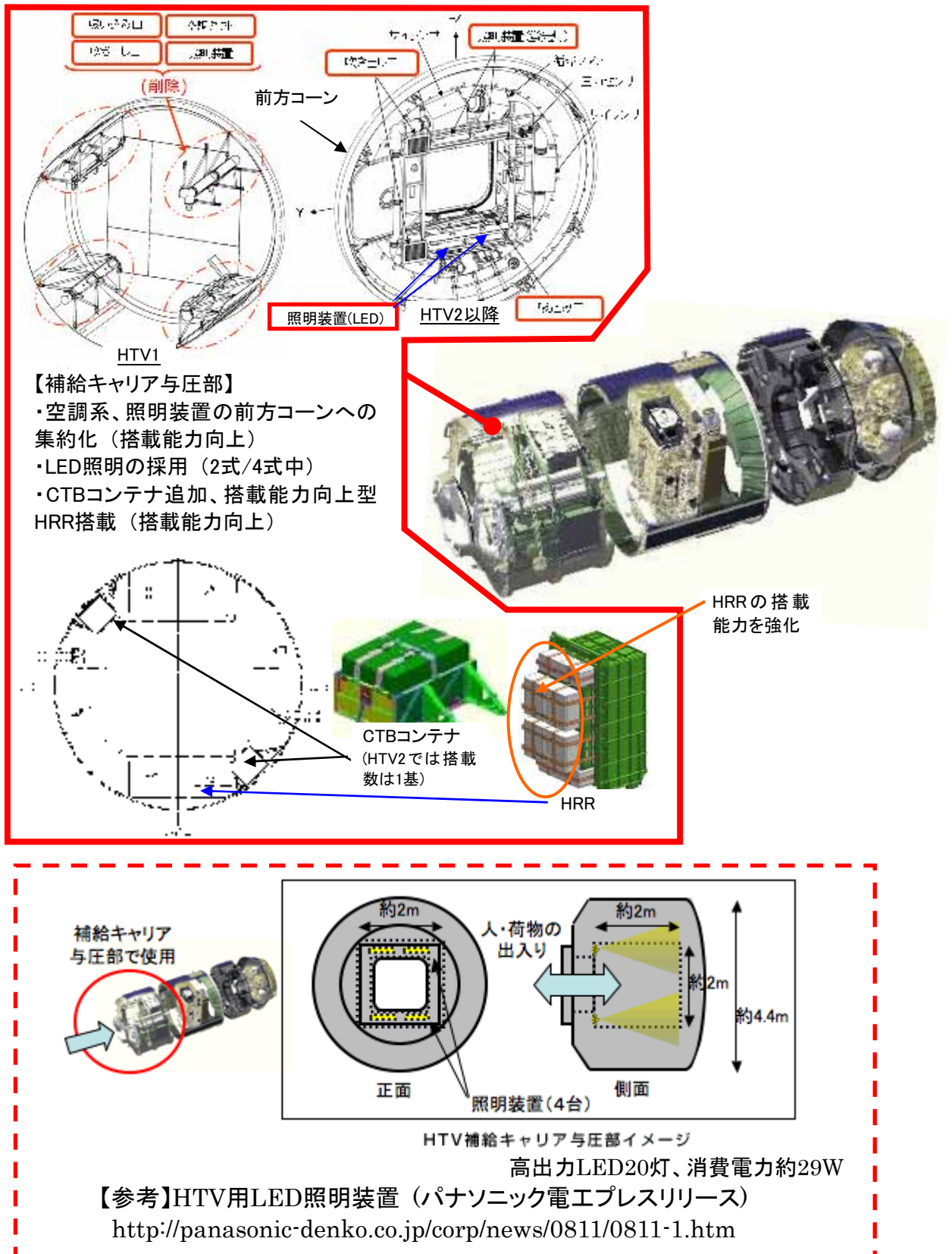
・国産機器への変更

補給キャリア与圧部内の照明装置4基のうち2基を国産のLED照明装置(Permanent Solid-state Lighting: PSL)に変更しました(残り2基はISS共通の蛍光灯のまま)。これらの照明は、HTVがISSから離れる前に取り外して、ISSでの予備品として保管されます。

また近傍通信装置の片系を国産のトランスポンダ(送受信機)に変更しました。

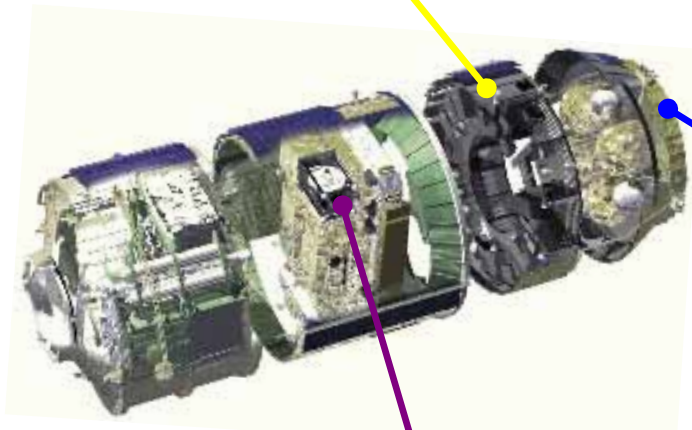
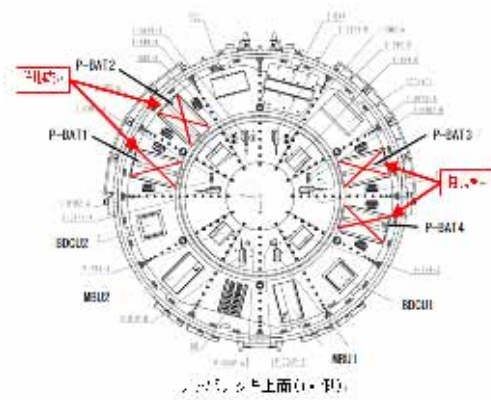


図1.3-1 HTV2から導入されたLED照明(右側の2基)



【電気モジュール】

- ・1次電池(P-BAT)台数変更(11台⇒7台、
デモ用電池の削除)
- ・1次電池セル高密度化(175⇒200Ah)
- ・誘導制御ソフトウェア(RVFS)変更
(差分航法処理改修等)
- ・航法センサソフトウェア(SIGI SW)変更
(Kalman Filter改修等)
- ・近傍通信装置B系(PLS-B)に
国産の送受信機を搭載
(以下の写真参照)

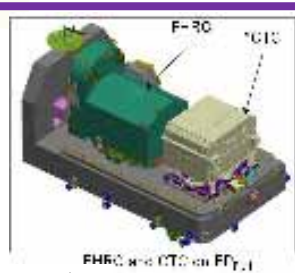


【推進モジュール】

- ・地球指向RCSスラスタのインジェクタ温度センサ変更
(高温域計測範囲を拡大するため)

【曝露パレット】

- ・I型(HTV1と同じ)
- ・曝露カーゴ
(FHRC、CTC)



FHRC (Flex Hose Rotary Coupler)
CTC (Cargo Transport Container)

図1.3-2(2/2) HTV技術実証機からHTV2で変更した箇所

(2)ミッション内容の変更

- ・ランデブ時のデモンストレーション(試験運用)を削除 (貨物搭載能力の増加)
HTV1では、単独飛行期間にデモンストレーション(試験運用)を行いました。この試験を行わない運用機ではバッテリーの数を4台削減すると共に、推進薬の搭載量も減らします。これによりHTV2以降は、貨物の搭載能力が約4.5トンから最大6.0トンに増えます。
- ・搭載品の主要な違い
 - JAXAの実験ラック2台を初めて与圧部に搭載します。
 - HTV1では日米の曝露実験装置2台を運びましたが、今回は米国の曝露カーゴ2台(FHRCとCTC)を非与圧部に搭載します。
 - 水バッグに詰めた飲料水を初めて運搬します。水バッグ(Contingency Water Container-Iodine: CWC-I)はNASAのものを使用しますが、水はNASAの飲料水基準を満たすものを種子島の水道水から精製(このために種子島宇宙センタに純水製造装置を導入)し、殺菌成分として微量のヨウ素を添加したものを水バッグに充填します。HTVでは将来、最大約600kgの水を搭載する計画ですが、HTV2では約80kg(CWC-I 4袋)を運びます。



図1.3-3 種子島宇宙センタに設置されたCWCへ水を充填する装置

(3)その他

- ・今回はHTV2ミッション中に、欧州宇宙機関が開発した欧州補給機2号機(Automated Transfer Vehicle-2: ATV-2)「ヨハネス・ケプラー(Johannes Kepler)」も打ち上げられ、同時にISSに結合する期間が生じる予定です。ATV-2は2011年2月15日の打上げを予定しており、「ズヴェズダ」の後方のドッキングポートに2月23日にドッキングして、6月まで結合を続ける予定です。(2011年1月中旬時点における計画(参考))

1.4 「こうのとり」2号機(HTV2)ミッションの打上げ／飛行計画概要

表 1.4-1 HTV2ミッションの打上げ／飛行計画の概要

2011年1月20日現在

項目	計画	
HTVフライト名称	宇宙ステーション補給機2号機「こうのとり」2号機(HTV2)	
打上げ日時(予定)	2011年1月22日 14時37分(日本時間) 1月20日 15時29分 (悪天候のため打上げ延期)	
打上げ予備期間	2011年1月21日～2月28日	
打上げ場所	種子島宇宙センタ 大型ロケット発射場 第2射点(LP2)	
ISSとの結合日時(予定)	2011年1月27日20時45分頃(日本時間)ロボットアームで把持 1月28日04時半頃(日本時間)結合完了 (注:電力・通信ラインの結合完了を持って、「HTV結合完了」となります。)(2日間の打上げ延期では影響はありません)	
ISSからの分離日時(予定)	2011年3月28日(日本時間)を予定(最大60日間係留した場合) 注:STS-133の打上げ延期の影響を受けて、当初の約30日間の予定から延長。今後も見直される可能性があります。	
軌道高度	投入高度: 約200×300km(楕円軌道) ISSとのランデブ高度:約350km	
軌道傾斜角	51.6度	
主要搭載品	補給キャリア 与圧部	船内用補給物資 (HTV補給ラック6台、JAXAの実験ラック2台)
	補給キャリア 非与圧部	NASAの曝露カーゴ2台(FHRC、CTC)

HTV2ミッションに関する最新情報及び飛行中の情報につきましては、次のJAXAのホームページで見ることができます。

<http://iss.jaxa.jp/htv/mission/htv-2/> (HTV2の情報)

http://www.jaxa.jp/countdown/h2bf2/index_j.html (主にH-IIBロケット中心の情報)

**注:スケジュールはISSの運用状況に応じて変更されますので御注意下さい。
また、ISSに結合されている期間(係留期間)は変更になる可能性があります。**

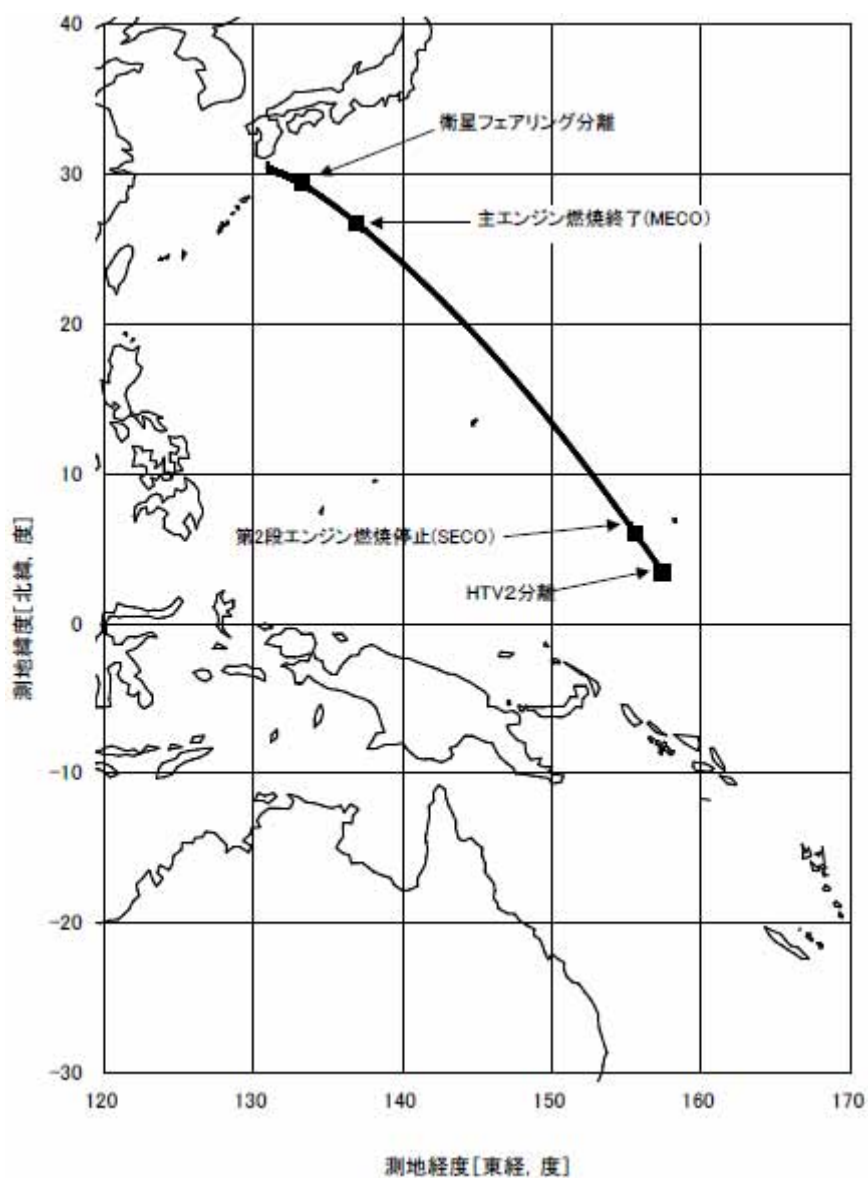


図1.4-1 H-IIB 2号機の飛行軌跡 (HTV2分離まで)

1.5 「こうのとりの2号機(HTV2)運用スケジュール

表 1.2-1 HTV2運用スケジュール 2011年1月20日現在

飛行日	HTV関連主要作業
1日目	打上げ／軌道投入、HTVの自動シーケンスによる軌道投入後の運用(サブシステムの起動、三軸姿勢制御確立、機体の異常点検、追跡データ中継衛星(Tracking and Data Relay Satellite: TDRS)との通信確立、筑波のHTV運用管制室との通信接続)、ランデブ用軌道制御開始
1～5日目	ISSとのランデブ・フェーズ
6日目	最終接近 ISSのロボットアームでの把持 ISSとの結合(係留) <ul style="list-style-type: none"> ・ ハーモニー下側の共通結合機構(CBM)への結合 ・ 結合部の艀装(配線・ケーブル設置等) ・ 係留電力系起動、通信経路の切替(電波→有線)など
7日目	HTV補給キャリア与圧部への入室 <ul style="list-style-type: none"> ・ CBMの制御装置の取外し ・ ハッチ開 ・ モジュール間通風換気(Inter-Module Ventilation: IMV)起動 ・ ISSの消火器、可搬式酸素マスクなどの HTV船内への移設
	HTVからISSへの与圧補給品の運び出し
11日目	曝露パレットのHTV補給キャリア非与圧部からの引き出し／きぼうの船外プラットフォームへの移送・取付け
	曝露パレットで運搬した曝露カーゴ2個を仮置き場所へ保管(カナダの「デクスター」を使用したロボットアーム運用で移設)
	空になった曝露パレットをHTV補給キャリア非与圧部へ回収
	HTVをSTS-133ミッションに備えてハーモニー上部へ移動 物資の移送作業 STS-133ミッション終了後、HTVをハーモニー下部へ戻す 物資の移送作業／廃棄品の積み込み
ISS分離前日	HTVの分離準備 照明、消火器、可搬式酸素マスクなどの取外し(ISSへ保管)、CBMの制御装置の取付け、モジュール間通風換気(IMV)の停止、ハッチ閉鎖、通信経路の切替(有線→電波)
ISS分離日	HTVのISSからの離脱 <ul style="list-style-type: none"> ・ 係留電力系の停止 ・ 結合部の配線・ケーブルの取外し ・ ISSのロボットアームでHTVを把持 ・ 共通結合機構(CBM)のボルト解除 ・ ISSのロボットアームでHTVを放出ポジションへ移動 ・ 誘導・航法及び制御(Guidance Navigation Control: GNC)の起動、スラスト噴射準備 ・ ISSのロボットアームの把持を解放、ISS軌道からの離脱噴射
再突入(分離翌日)	軌道離脱制御、再突入

注:スケジュールはISSの運用状況に応じて変更されますので御注意下さい。
また調整により、ISSに結合されている期間(係留期間)は変更になる可能性があります。

【参考】主要イベント

HTV2ミッションでは、飛行6日目(注: 打上げ延期に伴い変更)にISSに結合する予定です。係留期間中に補給物資の移送を行い、補給物資の移送が終了すると、ISSの不要品を積み込みます。その後、ISSから分離して大気圏に再突入する予定です。

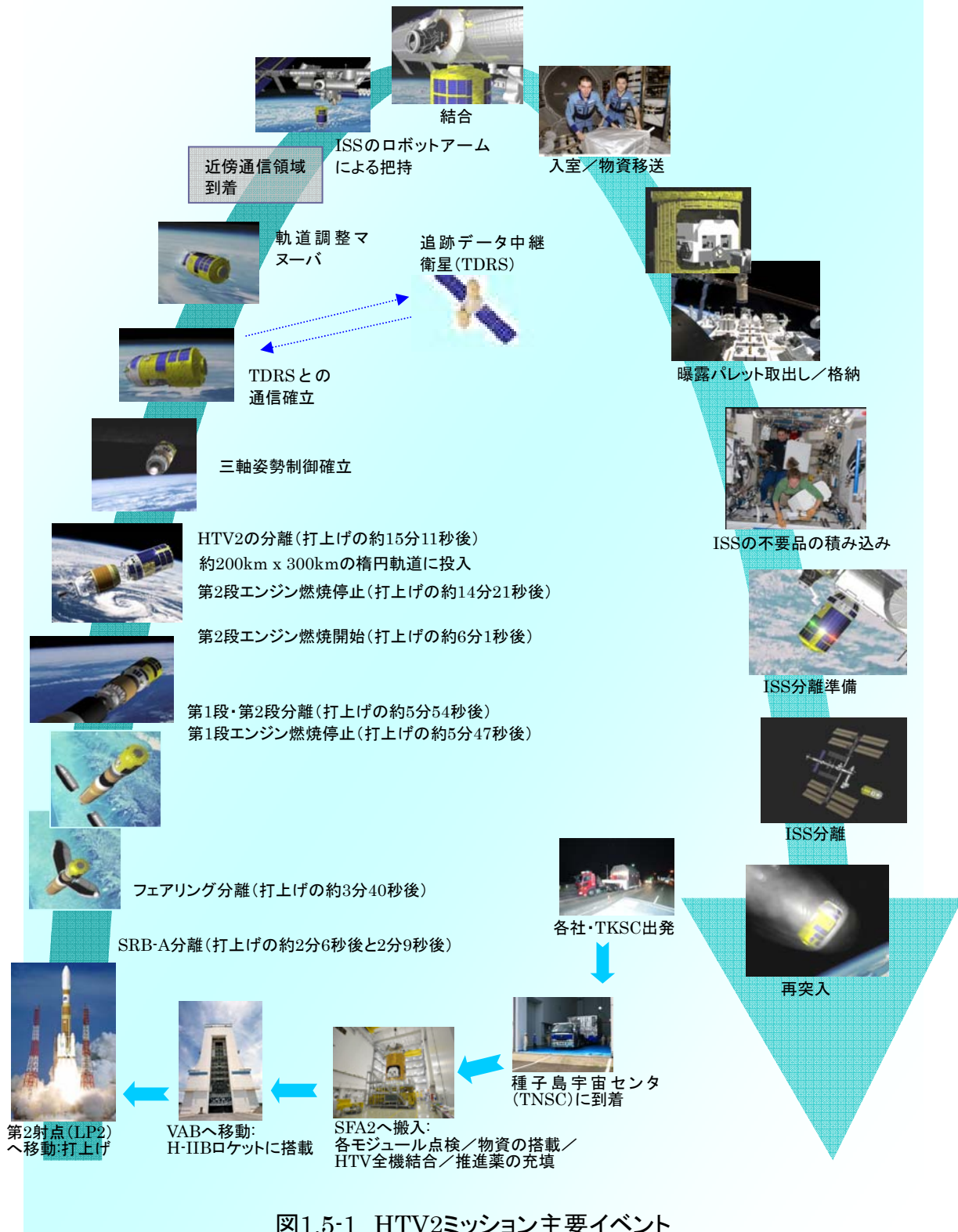


図1.5-1 HTV2ミッション主要イベント

1.6 「このとり」2号機(HTV2)運用スケジュール(詳細版)

次ページ以降に、HTV2ミッションの運用スケジュールを1日(飛行日)単位で示します。

注：飛行日(Flight Day : FD)の定義は、ISSクルーの1日のスケジュール(クルー起床時から1日が始まる)に基づきます。したがって、打上げからの飛行経過時間(Mission Elapsed Time : MET)と飛行日では、この1日目の扱いにより、日が変わっていくことに御注意下さい。

注：予定していた1月20日の打上げが2日延期されたため、ISSへのランデブ・結合計画も2日短縮されました。

HTV2の今後の予定は、STS-133の打上げに影響します。STS-133の打上げが再び大きく延期されることがあれば、HTV2のISSからの分離を(当初の計画であった)2月末に行うことも考えられますが、1月20日現在、STS-133は日本時間2月25日の打上げを維持するスケジュールで進んでいます(怪我したクルーの交替も影響ない模様です)。

注：スケジュールはISSの運用状況に応じて変更されますので御注意下さい。また、調整により、ISSに結合されている期間(係留期間)は変更になる可能性があります。

2011年1月20日現在

FD1(飛行1日目)の運用

ミッション概要

- ・ 打上げ／軌道投入
- ・ 自動シーケンスによる軌道投入後の運用 (HTVサブシステムの自動起動、三軸姿勢制御確立、機体の異常点検、HTV運用管制室との通信接続)
- ・ ランデブ用軌道制御

- 打上げ／軌道投入

HTVは、H-IIBロケットに搭載されて種子島宇宙センターから打ち上げられます。ISSの軌道面が種子島の上空を通過する時間帯に合わせて打ち上げられるため、打上げ機会は1日に1回となります。



H-IIBロケットの移動と打上げ (HTV1)

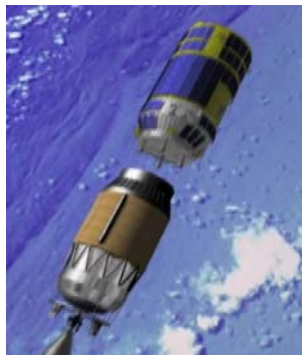
打上げから2分6秒と2分9秒後に固体ロケットブースタ(SRB-A)が2基ずつ分離され、3分40秒後にはフェアリングが分離されます。打上げから約5分47秒後に第1段エンジンの燃焼を停止し、5分54秒後に第1段が分離されます。その後第2段エンジンが始動し、HTVを高度200km×300km、軌道傾斜角51.6度の所定の楕円軌道に向けて投入します。第2段エンジンは打上げの14分21秒後に停止し、打上げから15分11秒後にはHTV2を分離します。



フェアリング分離



第1段分離



第2段分離

- 軌道投入後の運用

HTVはロケットから分離すると、自動的にサブシステムを起動し、機体の姿勢を安定させ、機体の異常の有無を点検します。その後NASAの追跡データ中継衛星(TDRS)との通信を確立することで、筑波宇宙センタ(Tsukuba Space Center: TKSC)にあるHTV運用管制室との通信を開始します。

FD2~5 (飛行2~5日目)の運用

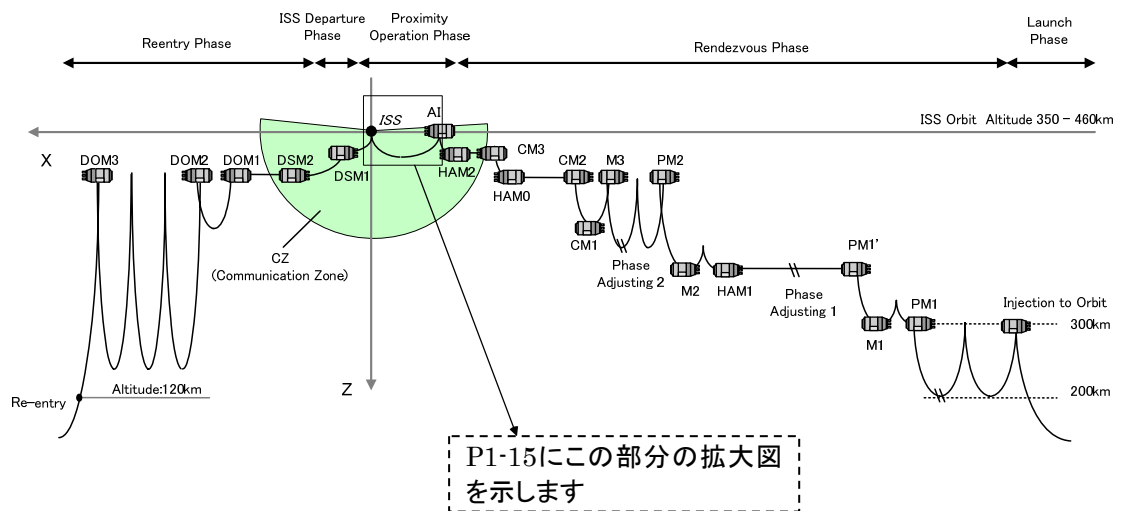
ミッション概要

- ・ ランデブ用軌道制御

- ランデブ用軌道制御
高度を徐々に上げながらISSに接近します。



飛行中のHTV1



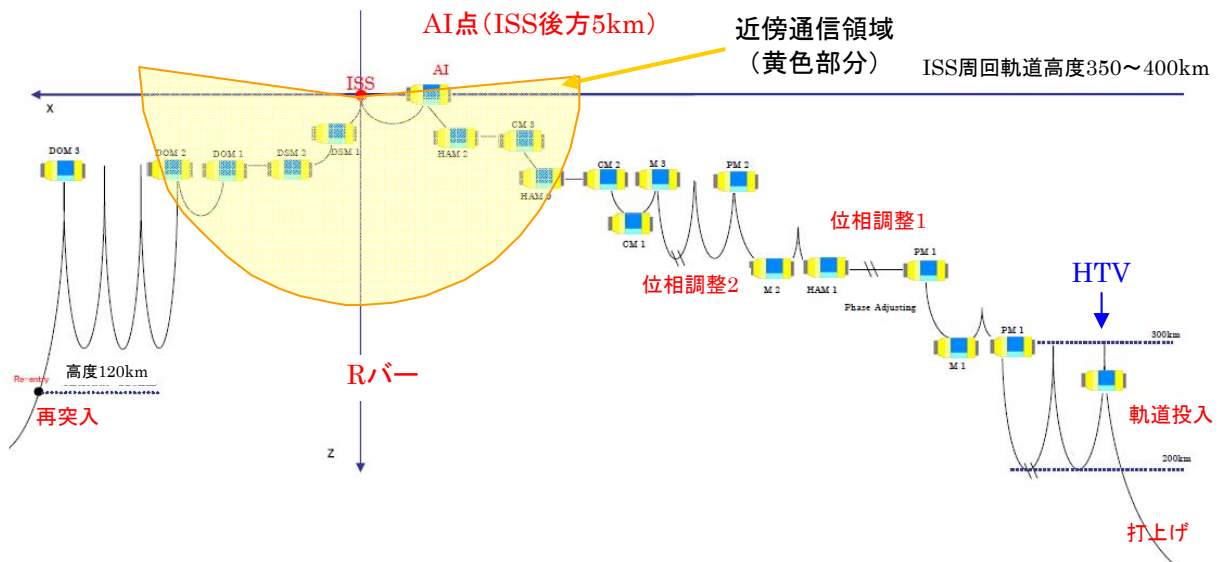
FD6(飛行6日目)の運用

ミッション概要

- ・ 近傍運用
- ・ ISSへの最終アプローチ
- ・ ISSのロボットアームによる把持
- ・ ハーモニー(第2結合部)下側の共通結合機構(CBM)への結合
- ・ 結合部の艀装(配線・ケーブル設置等)
- ・ 係留電力系起動、通信経路の切替(電波→有線)など

● 近傍運用

ISSとの直接通信が可能な近傍通信領域(近傍通信領域)に到達すると、HTVは、ISSに搭載されている近傍通信システム(Proximity Communication System: PROX)との通信を確立し、GPS相対航法を開始します。その後、GPS相対航法を用いたマヌーバを実施して、ISSの後方約5kmの接近開始点(Approach Initiation: AI)で、ISSに対して相対停止を行います。



AI点に到達する90分前から、米国ヒューストンにあるISSミッションコントロールセンター(MCC-H)とHTV運用管制室との統合運用が開始されます。HTVは、AI点に到達する90分前からISSへの結合終了までの運用をクルーの活動時間内に実施するため、ランデブ・フェーズにおいて、最大24時間の時刻調整を行いません。

● ISSへの最終アプローチ

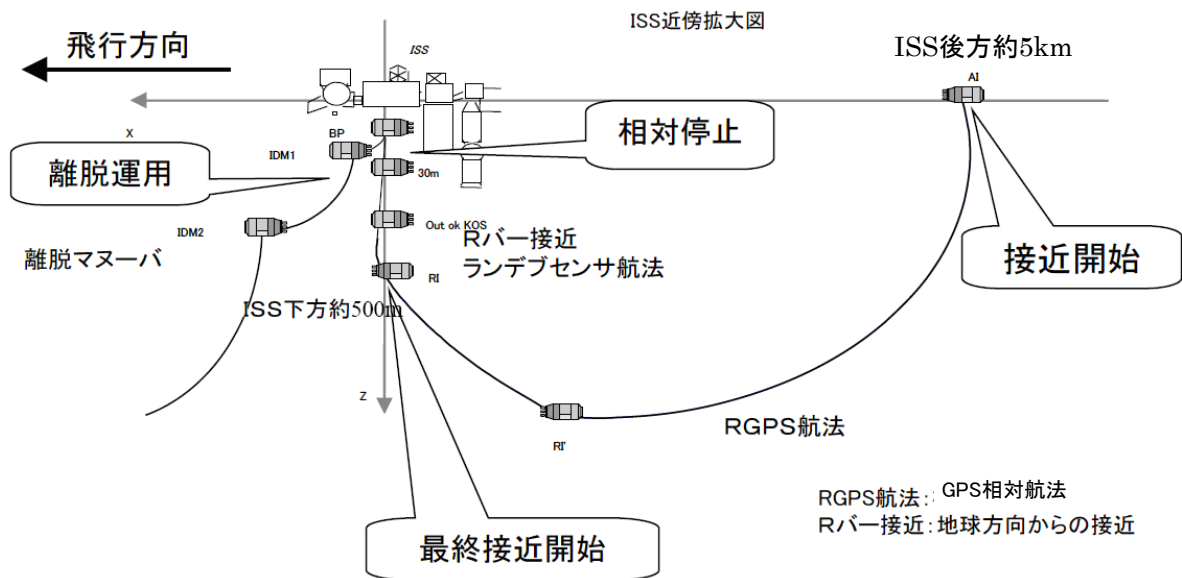
ISSミッションコントロールセンターからHTVのISSへの接近が許可されると、HTV運用管制室からのコマンドでAIマヌーバを実施します。

HTVは、GPS相対航法でISSの下方(Rバー上)約500m(RI点)まで移動し、そこからはランデブセンサ(Rendezvous Sensor: RVS)から照射したレーザー光を、「きぼう」船内実験室の下側に設置された反射器(レーザーダリフレクタ)に反射させて位置を確認しながら下方からISSに接近します。

ISSの下方250m(ホールドポイント)および30m(パーキングポイント)の2点で自動的に停止を行い、最終的に、ISSの下方10m付近で相対停止します。この最終アプローチ中、緊急時には、ISSクルーは搭乗員用コマンドパネル(HTV Hardware Command Panel: HCP)で、接近の一時停止(HOLD)、後退(RETREAT)、接近中止(ABORT)などのコマンドを送信してHTVを制御することができます。

なおHTVは、ISS下方250m地点で、ヨー方向(横方向)に姿勢を180度回転してメインエンジンの方向を変更します。これは衝突回避運用に備えた姿勢変更で、緊急時に、安全にHTVをISSの前方に退避させるために実施するものです。

FD6(飛行6日目)の運用(続き) HTVの結合運用



- ISSのロボットアームによる把持
HTV運用管制室は、HTVがISSの下方10m付近でISSに対して相対的に停止したことを確認すると、HTVのスラスタを停止します(フリードリフト状態)。その後、ISSのロボットアーム(SSRMS)でHTVのグラブルフィクスチャ(FRGF)を把持します。HTV2に関するSSRMS操作は、NASAのキャスリン・コールマンと、ESAのパオロ・ネスポリ宇宙飛行士が担当します。

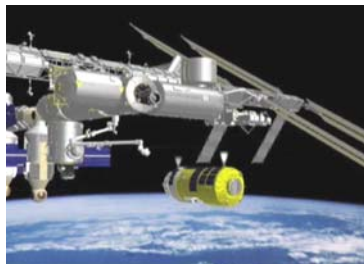


HTVの把持(HTV1)



FRGF

- ハーモニー(第2結合部)への結合
ISSのロボットアームで把持されたHTVは、「ハーモニー」(第2結合部)の地球側の共通結合機構(CBM)に結合されます。



HTV入室運用

ミッション概要

- ・ HTV補給キャリア与圧部への入室
 - ・ CBMの制御装置の取外し
 - ・ ハッチ開
 - ・ モジュール間通風換気(Inter-Module Ventilation: IMV)起動
 - ・ ISSの消火器、可搬式酸素マスクなどの HTV船内への移設

● HTV補給キャリア与圧部への入室

入室前の準備として、ISSクルーは結合部の艙装(共通結合機構(CBM)の制御装置の取外し、配線・ケーブルの設置)を実施します。その後、HTV運用管制室のコマンドにより、補給キャリア与圧部の内部照明の点灯や均圧化が行われ、ハッチが開かれます。

ハッチが開かれると、循環ファンユニットで「ハーモニー」(第2結合部)とのモジュール間通風換気(Inter-Module Ventilation: IMV)および与圧部内部での空気循環が行われます。その後、ISSクルーがHTV補給キャリア与圧部に入室し、緊急手順書を配備し、消火器、可搬式酸素マスクの取付けを行います。



補給キャリア与圧部の内部(HTV1)

なお、補給キャリア与圧部への入室時に結露が生じないように、補給キャリア与圧部内の温度は入室前に15.6℃以上になるように制御されます。

HTV入室～HTV分離前までの運用

ミッション概要

- ・ HTVからISSへの物資の搬入作業
- ・ 搬入終了後のHTVへの廃棄品の積み込み作業

- HTVからISSへの物資の搬入作業

HTV補給キャリアと圧部内に搭載して運んだJAXAの実験ラック2台と、水バッグ、物資輸送用バッグ (Cargo Transfer Bag: CTB)等をISS内に搬入する作業を行います。



食料、日用品、実験用品などを
梱包したCTB

地上で、HTV補給ラック (HTV Re-supply Rack: HRR) に
搭載される物資輸送用バッグ (CTB)



ISS内での物資の移送の様子: チェックリストで確認しながら物資を移送

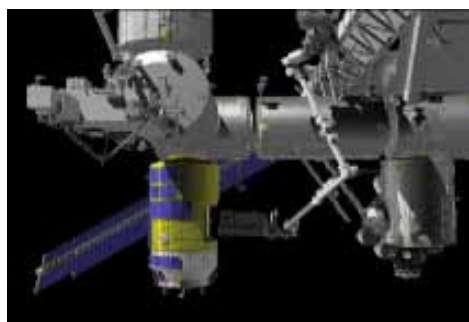
- 搬入終了後のHTVへの廃棄品の積み込み作業
→「HTVへの不要品の積み込み運用」を参照の事。

曝露パレットの移動運用

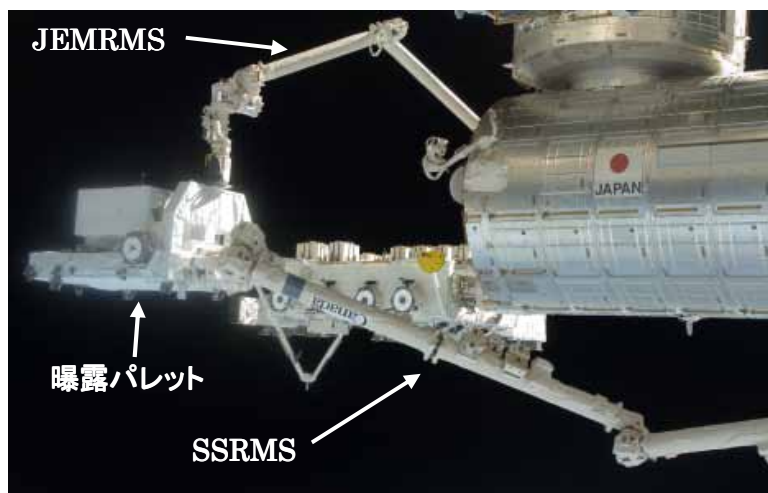
ミッション概要

- ・ 曝露パレットのHTV補給キャリア非与圧部からの引き出し／「きぼう」船外実験プラットフォームへの仮置き

- 曝露パレットのHTV補給キャリア非与圧部からの引き出し／「きぼう」船外実験プラットフォームへの仮置き
HTV補給キャリア非与圧部内に格納されていた曝露パレットが、ISSのロボットアーム(SSRMS)で引き出され、「きぼう」のロボットアーム(JEMRMS)に受け渡された後、「きぼう」船外実験プラットフォームに仮置きされます。



ISSのロボットアームで、曝露パレットをHTV補給キャリア非与圧部から取り出すイメージ(CG)



曝露パレットはSSRMSから、JEMRMSに受け渡され、船外実験プラットフォームに取り付けられる (HTV1時の写真)



SPDM「デクスター」運用

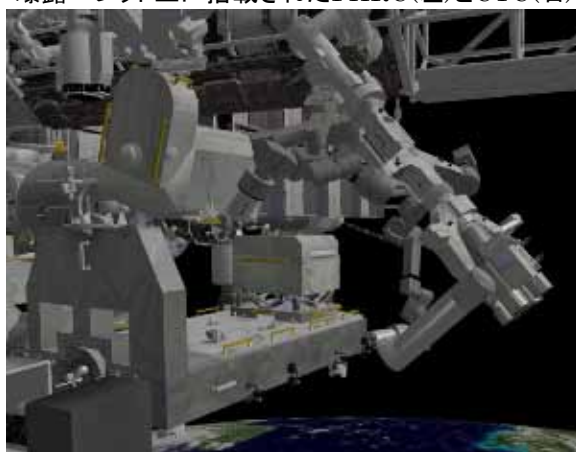
ミッション概要

- HTVの曝露パレットに搭載して運んだNASAの曝露カーゴ2個をISSの保管場所に移設

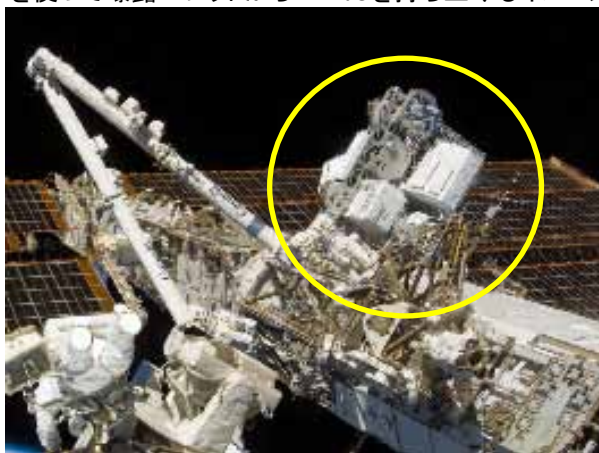
- HTVの曝露パレットに搭載して運んだNASAの曝露カーゴ(FHRCとCTC)をISSの保管場所に移設
カナダ製の特殊目的ロボットアーム(Special Purpose Dexterous Manipulator: SPDM)「デクスター」をSSRMSの先端に把持させた状態で、FHRCとCTCを2回に分けて右舷トラスのELC-4まで運搬して、保管します。これらの運用は基本的に地上からの制御で約3日間かけて行われる予定です。



曝露パレット上に搭載されたFHRC(左)とCTC(右)



SPDMを使って曝露パレットからFHRCを持ち上げるイメージ (CG)



【参考イメージ】STS-129で右舷側トラスに設置したELC-2と保管されている予備品

曝露パレットの回収運用

ミッション概要

- ・ 曝露パレットのHTV補給キャリア非与圧部への収納

● 曝露パレットのHTV補給キャリア非与圧部への収納

曝露パレットからの曝露カーゴのISS側への移送作業が終了すると、空になった曝露パレットはHTV補給キャリア非与圧部へ戻されます。

「きぼう」ロボットアームで曝露パレットを「きぼう」船外実験プラットフォームから取り外し、ISSのロボットアーム(Space Station Remote Manipulator System: SSRMS)に受け渡します。その後、ISSのロボットアームで曝露パレットを補給キャリア非与圧部へと収納します。

【参考】 このSSRMSを使用した、補給キャリア非与圧部からの曝露パレットの引き出し／収納作業は、計画変更時の代替場所としてHTVが利用可能な「ハーモニー」上側のCBMに結合した状態ではできないため、「ハーモニー」下側のCBMにHTVが結合した状態でのみ行えます。



HTV補給キャリア非与圧部に収納される曝露パレット(HTV1)

STS-133ミッションに備えたHTV2の移設運用

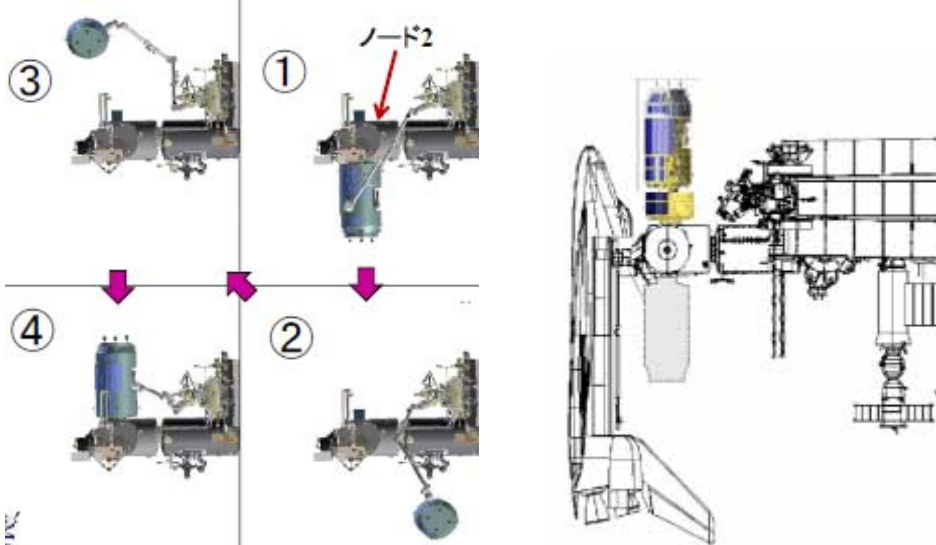
ミッション概要

- ・ 「ハーモニー」(第2結合部)下側から上側CBMへのHTV2の移動
- ・ STS-133ミッションの実施
- ・ 「ハーモニー」(第2結合部)上側から下側CBMへのHTV2の移動

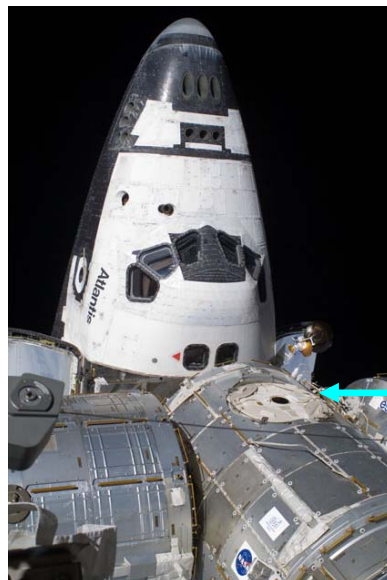
●「ハーモニー」(第2結合部)下側から上側の共通結合機構(CBM)へのHTV2の移動

ISSにSTS-133がドッキングして、貨物室からの貨物の取り出しを行うには、「ハーモニー」(第2結合部)下側に結合したHTV2は邪魔になります。このためISSのロボットアームを使って「ハーモニー」の上側のCBMにHTV2を一時的に退避させます。

HTVをCBMから分離させる際は、「ISS分離前日の運用」、「ISS分離日の運用」で記述した手順を簡素化した作業が必要となり、CBM結合後は、「HTV入室運用」で記述したような作業が必要となります。



左: HTV2の移設イメージ(図: NASA提供) 右: シャトルドッキング時のHTVとのクリアランス



ハーモニー上側のCBM

共通結合機構(CBM)

●「ハーモニー」(第2結合部)上側から下側の共通結合機構(CBM)へのHTV2の移動

STS-133ミッションが終了すると、HTV2は再び「ハーモニー」の下側のCBMへ戻されます。

HTVへの不要品の積み込み運用

ミッション概要

- ISSからHTVへの不要品の積み込み

- ISSからHTVへの不要品の積み込み

HTV補給キャリア与圧部に搭載して運んできた物資をISS側に運び出した後は、ISS内で不要になった物資をHTV2で廃棄するためにHTV内に積み込みます。

特にSTS-133で新たにISSに設置する恒久型多目的モジュール(PMM)には輸送に使った補給ラックや梱包材が多数搭載されているため、ISS内の保管場所を確保するためには、軌道上では不要となるこれらをHTV2に積み込んで廃棄する必要があります。(注: 状況次第では変更される可能性があります)

なお廃棄する品目は、ISS出発の数週間前に最終決定されます。



HTV1で運搬した物資のISSへの移送作業の様子

ISS分離前日の運用

ミッション概要

- ・ HTVの分離準備(照明、消火器、可搬式酸素マスクなどの回収、CBMの制御装置の取付け、モジュール間通風換気の停止、通信経路の切替(有線→電波))
- ・ HTVのハッチ閉鎖

● HTVの分離準備

HTVの分離に先立ち、HTVの照明などISSで再利用できるものは外して回収されます。安全を確保するためにISS結合中にHTVの与圧部に仮設置してあった消火器(Portable Fire Extinguisher: PFE)と、可搬式酸素マスク(Portable Breathing Apparatus: PBA)もISS内に戻します。

最後にハッチを閉鎖し、結合部の配線・ケーブルの取外しを行い、モジュール間通風換気(IMV)を停止します。



左:消火器(PFE)

右:可搬式酸素マスク(PBA)



● CBMの制御装置(Controller Panel Assemblies: CPA)の取付け

CBM結合に使われていた16本のボルトをモータ駆動するための制御装置4基を取り付けます。



四角い箱がCPA

ISS分離日の運用

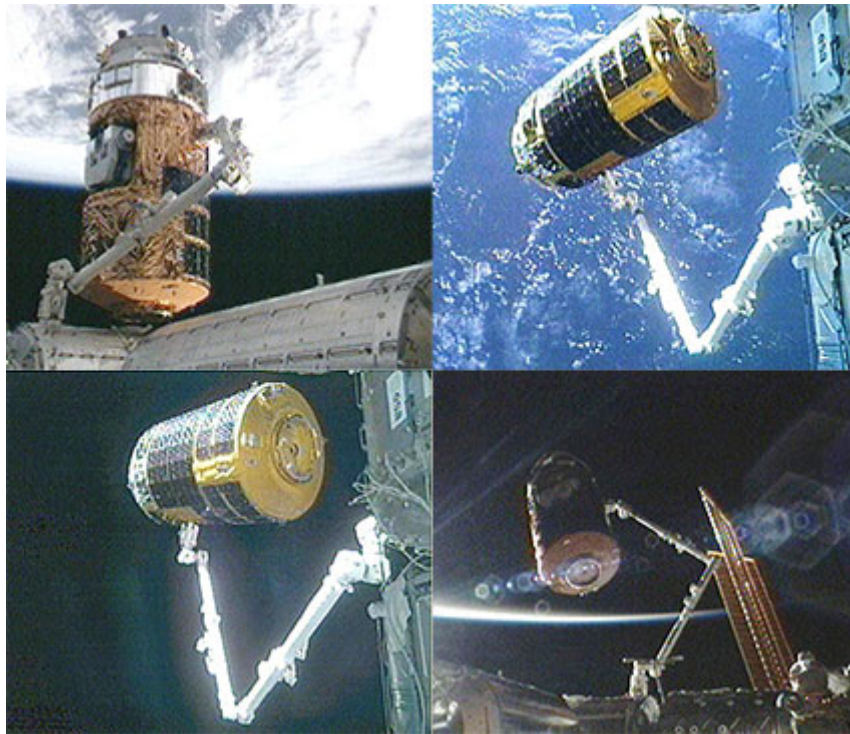
ミッション概要

- ・ 係留電力系の停止
- ・ 結合部の配線・ケーブルの取外し
- ・ HTVの分離

● HTVのISSからの分離

HTVは、次の手順でISSから分離します。

- 1 ISSのロボットアームでHTVを把持
- 2 共通結合機構(CBM)の解除
- 3 ISSのロボットアームでHTVを放出ポジションへ移動
- 4 誘導・航法及び制御装置(Guidance Navigation Control: GNC)の起動
- 5 推進スラスタ噴射準備
- 6 ISSのロボットアームの把持を解放、ISS軌道からの離脱噴射



HTV1の放出

再突入運用

ミッション概要

- ・ 軌道離脱制御
- ・ 再突入

● 再突入

減速させるための軌道離脱マヌーバを実施し、大気圏に再突入します(2.5.4項参照)。



再突入イメージ(CG)



【参考】ATV-1再突入時に航空機から撮影された画像 (<http://atv.seti.org/>)

1.7 搭載品

HTV2ミッションでは、合計約5.3トンの物資をISSに運搬します。

なお、HTV2で運んだ物資を降ろした後は、STS-133でISSに設置する恒久型多目的モジュール(Permanent Multipurpose Module: PMM)の打上げ時用ハードウェア(梱包材や不要となった輸送用ラックなど)を含む不要品をHTV2に運び込んで廃棄する予定です(注:状況によっては変更となる可能性もあります)。



図1.7-1 HTV補給キャリア与圧部(補給物資の積み込み途中)(HTV2)



図1.7-2 HTV2の曝露パレット(曝露カーゴが搭載された状態)

1.7.1 補給キャリア与圧部搭載品

HTV1ミッションでは、補給キャリア与圧部には3.6トンの船内用物資が搭載されましたが、HTV2ではさらに増やして約4トンを搭載します。

- HTV補給ラック(HTV Resupply Rack: HRR) 計6台
食料(レトルト品、乾燥食品、菓子類、乾燥させた飲料、日本食など)、飲料水を入れた水バッグ(4個)、実験用試料、NASAおよびきぼうの補全用品、宇宙飛行士の日用品(衣類、石けん、シャンプーなど)等を輸送用バッグ(Cargo Transfer Bag: CTB)に詰めて搭載
- JAXAの実験ラック 2台
勾配炉(KOBAIRO)ラック 打上げ時重量 723kg
多目的実験ラック(MSPR) 打上げ時重量 580kg

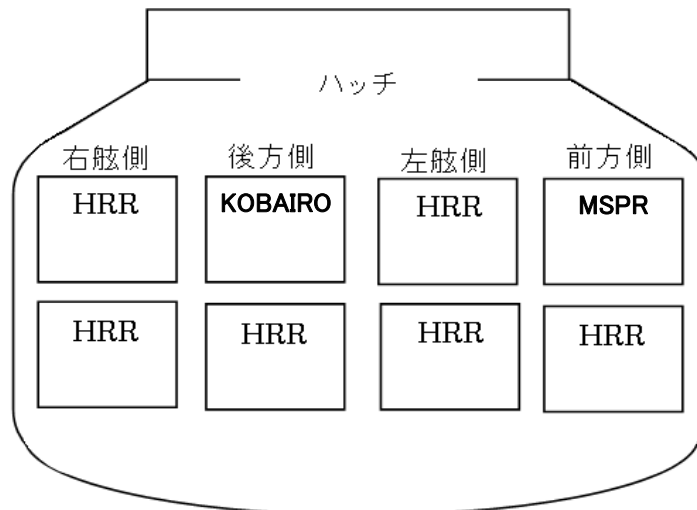


図1.7.1-1 HTV2の補給キャリア与圧部のラック搭載状況



HTV補給ラック(HRR)



食料、日用品、実験用品などを輸送用バッグに詰めてHRRに搭載

図1.7.1-2(1/2) HTV2に搭載される船内用物資の例



飲料水を充填した水バッグ(CWC-D)と梱包材
図1.7.1-2(2/2) HTV2に搭載される船内用物資の例

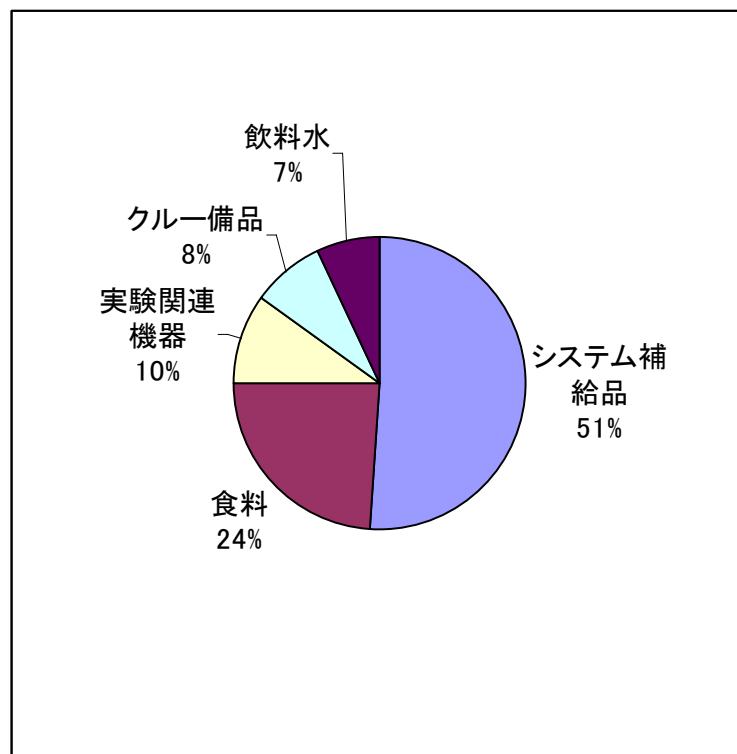


図1.7.1-3 HTV2の船内用補給物資(貨物質量)の比率



図1.7.1-4 HTV補給ラック(HRR)に搭載される物資輸送用バッグ(CTB)



図1.7.1-5 物資輸送用バッグ(CTB)

*CTBは様々な大きさの物資の運搬ができるよう、複数のサイズのものが存在します。

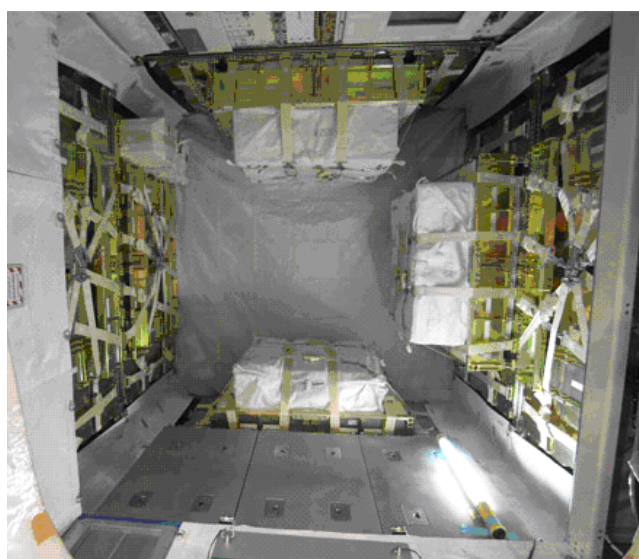


図1.7.1-6 HTV補給ラック(HRR)の補給キャリア与圧部への搭載状況 (HTV2)

*この写真は積み込み途上のもので、HRRの前面にはCTBがさらに搭載されます。

(1) 勾配炉ラック (KOBAIROラック)

勾配炉ラックは、JAXAが開発した温度勾配炉 (Gradient Heating Furnace: GHF) を搭載した実験ラックです。温度勾配炉は、真空チャンバ内に設置した独立温度制御可能な3つの加熱室 (中央室、端部室、補助室) を高精度で駆動することにより多様な温度プロファイルを実現し、試料の一方向凝固や結晶成長が可能な真空加熱炉で、最高摂氏1600度で高い温度勾配が設定可能な事と、15本までの実験試料カートリッジをセットして、全自動で実験ができることが特徴です。

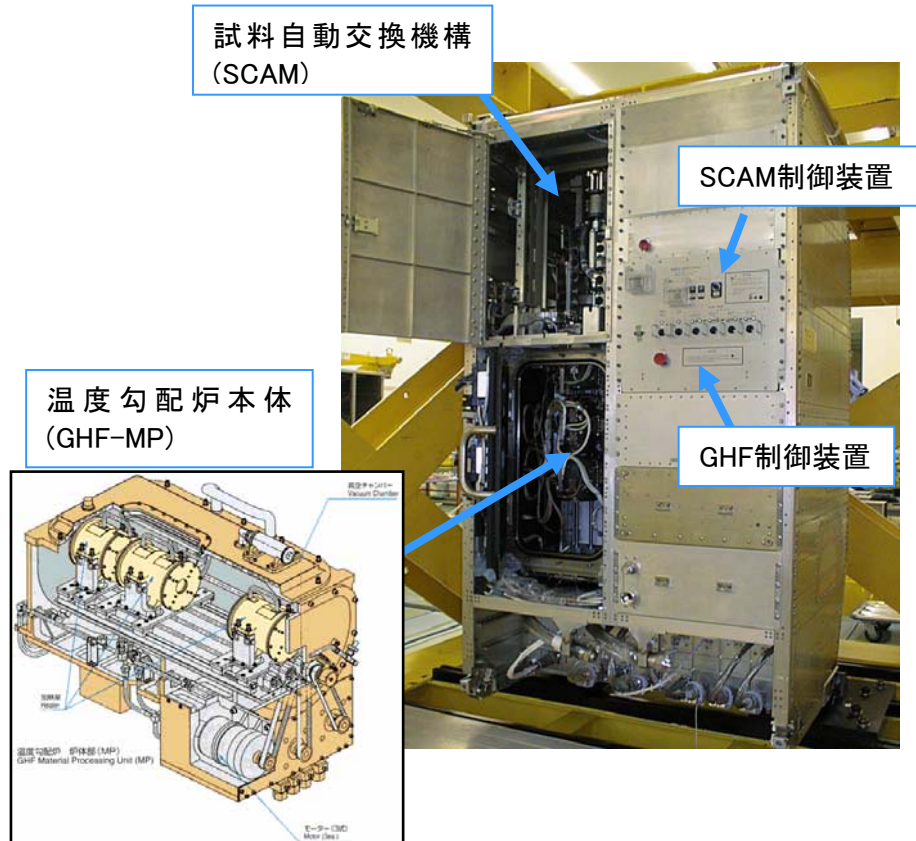
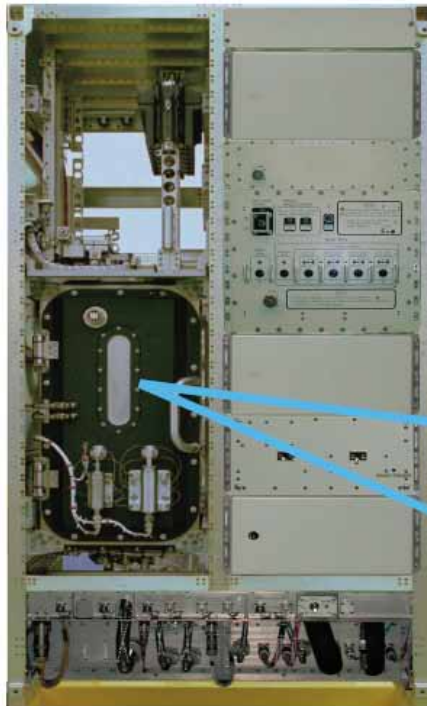


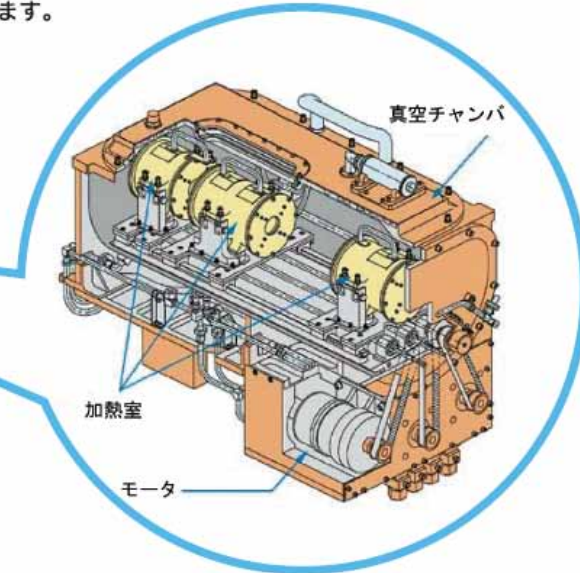
図1.7.1-7 勾配炉ラック



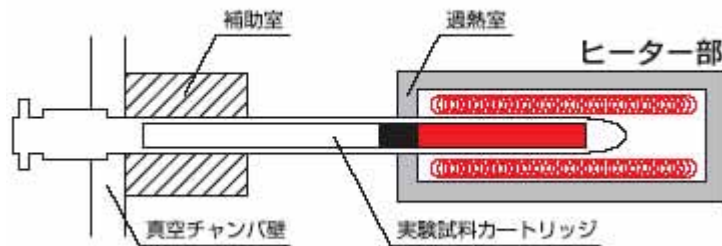
図1.7.1-8 訓練で温度勾配炉から試料カートリッジを取り出す古川宇宙飛行士



温度勾配炉は、真空チャンバ内に3つの独立制御可能な加熱室を有し、試料の一方方向凝固や結晶成長に必要な温度制御が実施できる真空加熱炉です。最大15本の実験試料カートリッジを自動交換可能な上、様々な温度プロファイルで加熱実験をすることができます。

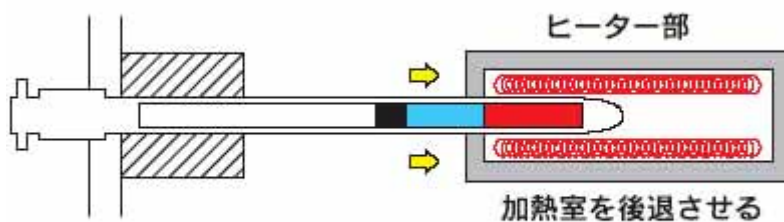


初期段階



実験試料カートリッジに温度差をつけて加熱する

結晶成長段階



ゆっくり加熱室を後退させると
右に向かってカートリッジ内の材料の結晶成長が進む

図1.7.1-9 温度勾配炉の実験試料カートリッジを加熱する仕組み



図1.7.1-10 HTV2に搭載される前の勾配炉ラック



図1.7.1-11 HTV2で運ばれる温度勾配炉チェックアウト用の試験カートリッジ

温度勾配炉の詳細は以下を参照下さい。
<http://kibo.jaxa.jp/experiment/pm/ghf/>

(2)多目的実験ラック(MSPR)

多目的実験ラック(Multi-purpose Small Payload Rack: MSPR)は、ユーザーが独自の装置を開発・搭載し、実験を行なうことを想定して、電源、通信機能などを備えた作業空間を提供するラックとしてJAXAが開発しました。

多目的実験ラックは、ワークボリューム(Work Volume: WV)、ワークベンチ(Work Bench: WB)、小規模実験エリア(Small Experiment Area: SEA)の3種類の実験空間を提供します。このうち、ワークベンチは試料調整やメンテナンス作業に使用する作業台であり、実験装置を設置できる部分はワークボリューム(幅900 mm、奥行700 mm、高さ600 mm)と小規模実験エリアとなります。

燃焼実験を行うユーザーに対しては、ワークボリューム内に設置できる燃焼実験チャンバ(Chamber for Combustion Experiment: CCE)を多目的実験ラックの構成部品として用意しています。燃焼実験チャンバは、JEMIに対する防爆構造及びJEMガス供給／排気系とのインタフェースを有し、またワークボリュームにある電力／通信インタフェースを、燃焼実験チャンバを介して内部で利用できるため、ユーザー側の燃焼実験装置開発を容易にします。

今回のHTV2では、このMSPRに加えて、燃焼実験チャンバ(CCE)も一緒に運びます。

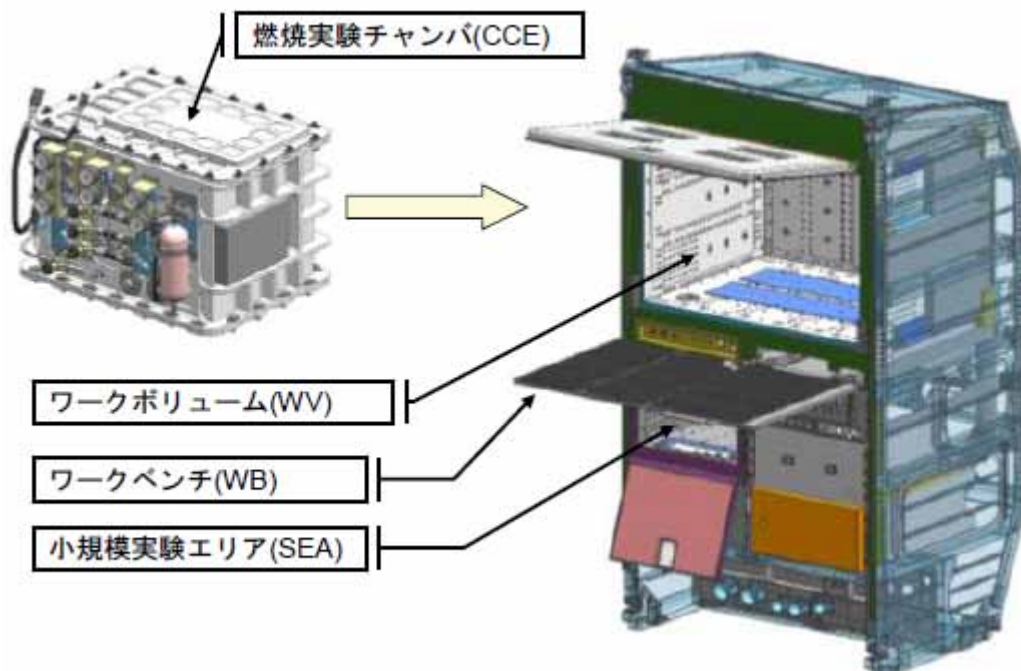


図1.7.1-12 多目的実験ラック(MSPR)(イメージ図)

多目的実験ラックでは、メダカとゼブラフィッシュを90日間飼育出来る水棲生物実験装置(AQuatic Habitat: AQH)をワークボリュームに設置して生命科学実験を行うことも予定されており、こちらはHTV3で運ぶ予定です。

(注:古い資料では、MPSRという略称が使われていましたが、現在はMSPRに変更されています。)



図1.7.1-13 多目的実験ラックの写真

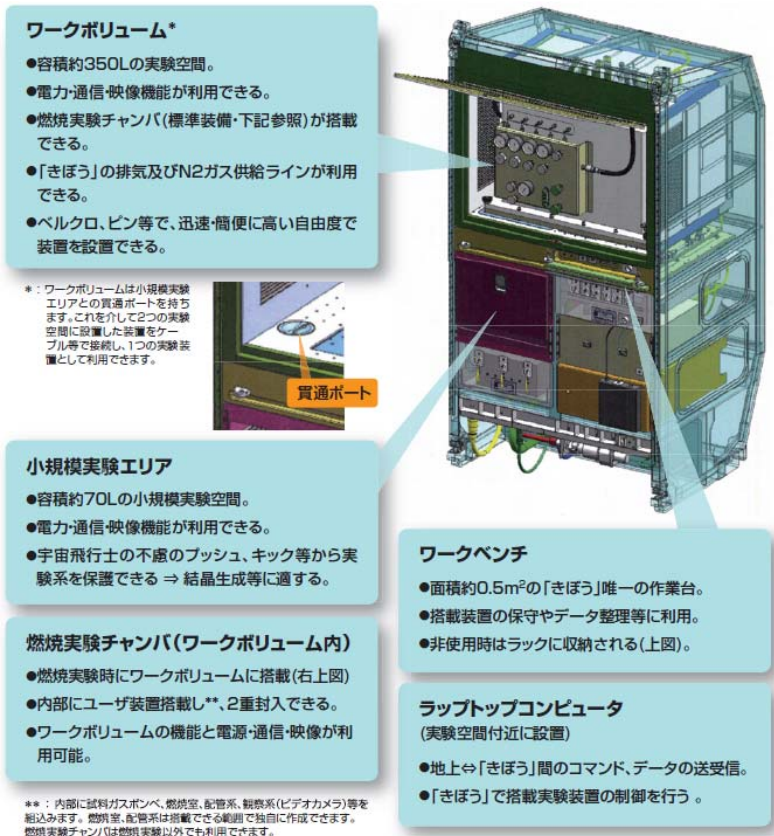


図1.7.1-14 多目的実験ラック(MSPR)の概略説明



図1.7.1-15 きぼう船内実験室内の実験ラック配置

(3)実験関係の打上げ物資

HTV2ではJAXAの実験関係の物資として、以下を運びます。

- ・「微小重力下におけるTLZ(traveling liquidus-zone)法による均一組成SiGe結晶育成の研究(Hicari)」で使用する実験試料カートリッジ

この実験は、温度勾配炉(GHF)を使用して行う初めての実験となります。

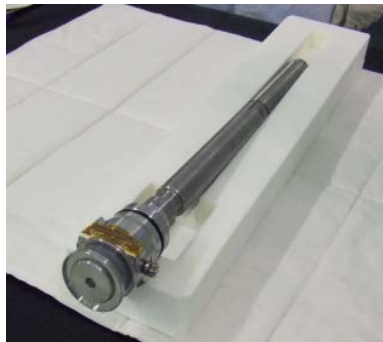


図1.7.1-16 Hicari供試体

- ・「マランゴニ対流における時空間構造(Marangoni UVP/MaranGogniat)」実験で使用する供試体カセット

UVP (Ultrasonic Velocity Profiler: 超音波流速分布測定法)



図1.7.1-17 マランゴニ対流実験供試体

- ・「長期宇宙滞在宇宙飛行士の毛髪分析による医学生物学的影響に関する研究 (Hair)」実験で使用する実験用品
- ・軌道上で宇宙飛行士の医学データを取得するための各種機材

また、JAXAの実験関係の物資以外に、NASAの実験装置も運びます。

(4)アジア諸国の植物の種子の打上げ

HTV2では、きぼう利用に対するアジア諸国の関心の高まりに応じて、以下の植物の種子の打上げを計画しております。ミッション名は”Space Seeds for Asian Future: SSAF 2010-2011”です。打ち上げられた種はスペースシャトルSTS-134 (ULF6)で回収し、各国の宇宙機関に引き渡されます。

これらの種子は、それぞれアジア諸国の宇宙機関にて、各国での教育プログラムや研究活動に利用される予定です。

インドネシア

種子: トマト、ホウセンカ

担当機関: インドネシア国立航空宇宙研究所

(National Institute of Aeronautics and Space: LAPAN)

マレーシア

種子: トウガラシ

担当機関: マレーシア宇宙庁 (Malaysian National Space Agency: ANGKASA)

タイ

種子: トウガラシ

担当機関: タイ国立科学技術開発庁

(National Science and Technology Development Agency: NSTDA)

ベトナム

種子: サルビア、ホウセンカ、キンギョソウ

担当機関: ベトナム科学技術アカデミー 宇宙技術研究所

(Space Technology Institute, Vietnam Academy of Science and Technology)



ミッションロゴマーク



搭載用のパッキング状態

1.7.2 補給キャリア非与圧部搭載品

HTV2ミッションでは、補給キャリア非与圧部の曝露パレットには以下のNASAの曝露カーゴ2台が搭載されます。

- フレックス・ホース・ロータリー・カプラ (Flex Hose Rotary Coupler: FHRC)
- 曝露カーゴ輸送用コンテナ (Cargo Transport Container: CTC)

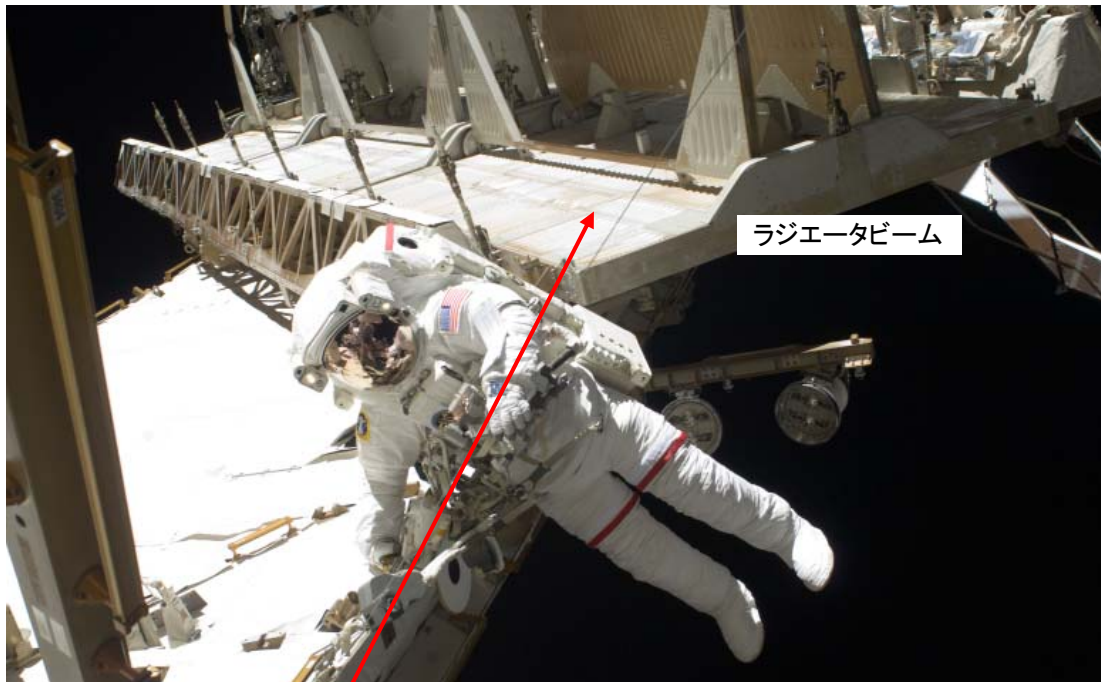
(1)フレックス・ホース・ロータリー・カプラ (FHRC)

フレックス・ホース・ロータリー・カプラ(FHRC)は、S1及びP1トラスに取り付けられている放熱式ラジエータ回転機構(Thermal Radiator Rotary Joint: TRRJ)の構成部品の1つです。回転するラジエータパネルにアンモニア冷却ラインを接続するジョイントであり、ここを経由してアンモニアがラジエータに流れます。

これまでに、STS-114(LF-1)と、STS-126(ULF-2)でFHRCの予備品2台が運ばれてISSの船外に保管されています。従って、今回運ぶFHRCは3台目の予備品となり、STS-133(ULF-5)でトラス上に設置するエクスプレス補給キャリア(EXPRESS Logistics Carrie: ELC)-4に保管されます。

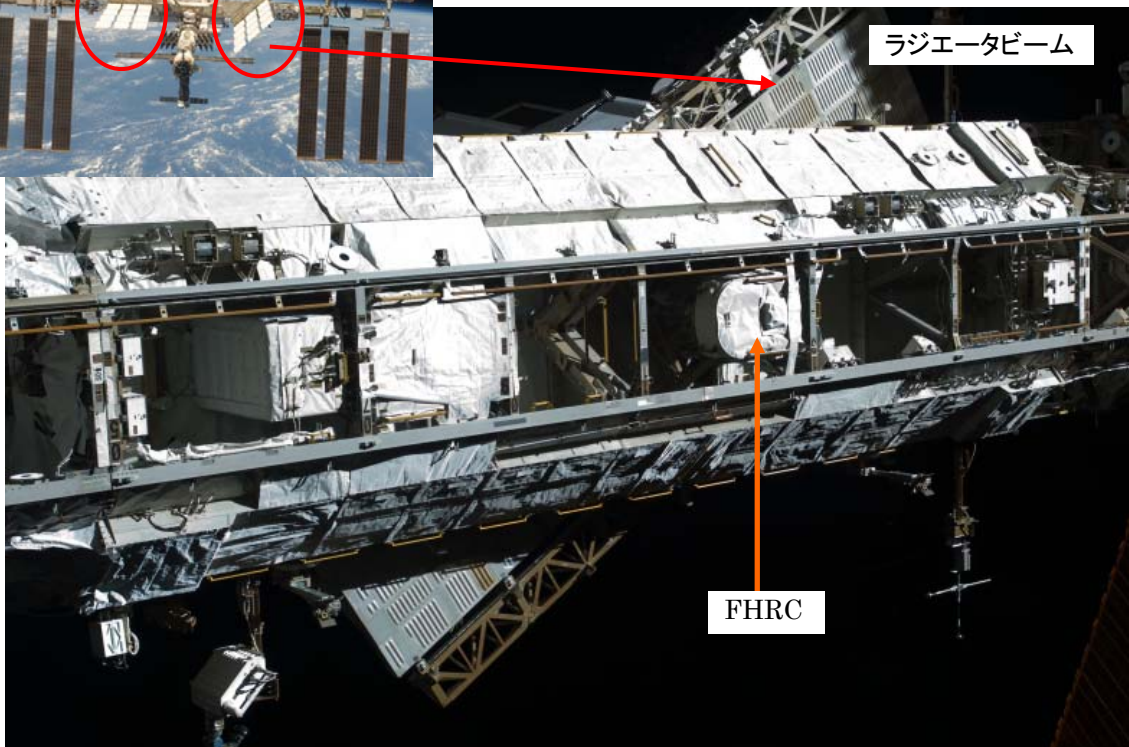
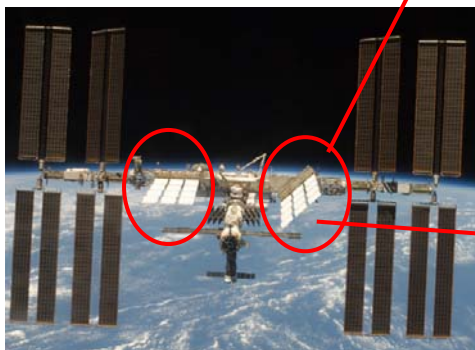


図1.7.2-1 フレックス・ホース・ロータリー・カプラ (FHRC)



ラジエータビーム

(STS-131)



ラジエータビーム

FHRC

(STS-119)

図1.7.2-2 ISSのラジエータとFHRCの設置場所

(2)曝露カーゴ輸送用コンテナ (Cargo Transport Container: CTC)

曝露カーゴ輸送用コンテナ(CTC)は、カナダの特殊目的ロボットアームSPDM「デクスター」を使って交換することが可能な小型の予備品が内部に収納されています。

今回運ぶCTCには遠隔電力制御モジュール(Remote Power Controller Module: RPCM)、ビデオ中継器などの交換用の小型サイズの予備品を搭載しています。このCTCもFHRCと同様に、ELC-4上に保管されます。

1台目のCTCは、STS-129(ULF-3)でISSに運ばれており、今回が2台目となります。STS-134(ULF-6)でも3台目が運ばれる予定です。



図1.7.2-3 CTC

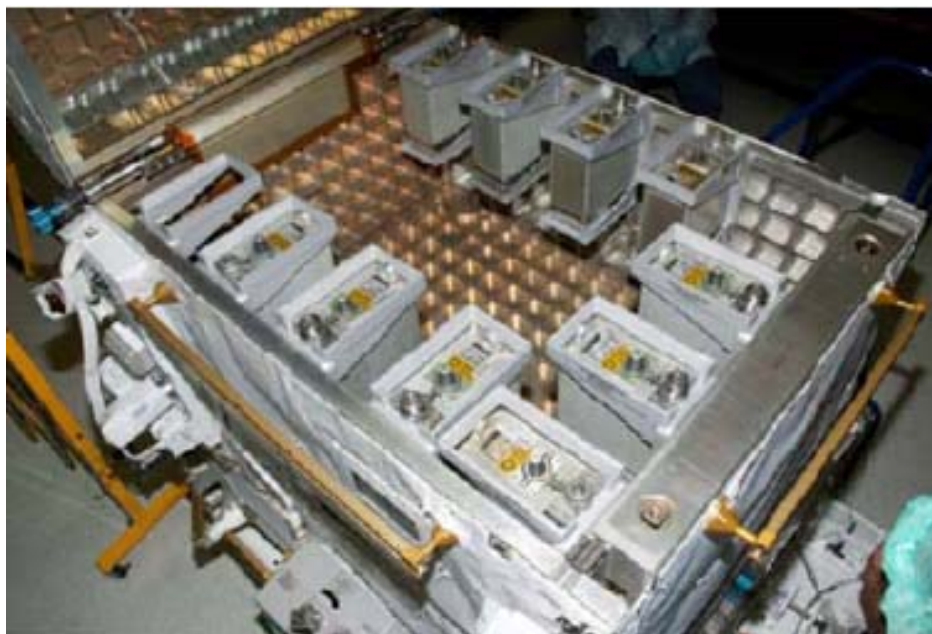


図1.7.2-4 STS-129で打ち上げられたCTCの蓋を開けた内部の様子
壁面に設置されているのはRPCM(10基)

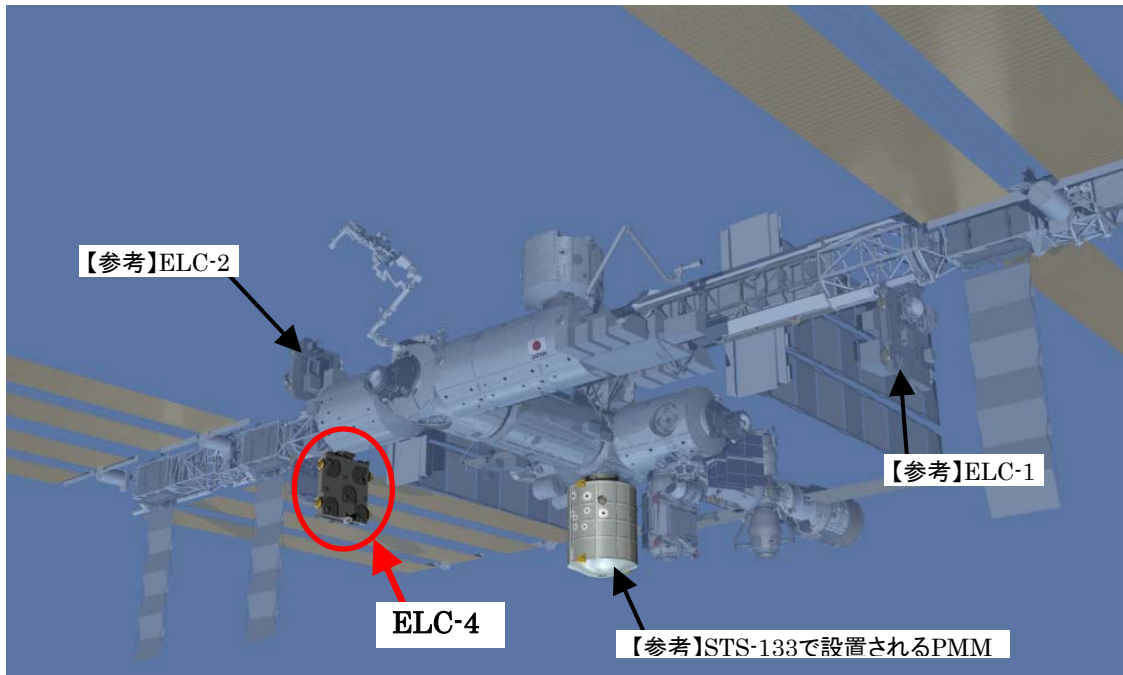


図1.7.2-5 FHRCとCTCが保管されるELC-4の設置場所



図1.7.2-6 ELC-4

(3)FHRCとCTCの移動作業

HTV2の曝露パレットは、ISSのロボットアーム(Space Station Remote Manipulator System: SSRMS)を使って、HTV2の補給キャリア非与圧部から引き出され、「きぼう」のロボットアーム(JEM Remote Manipulator System: JEMRMS)にハンドオーバーされて、「きぼう」の船外プラットフォーム(JEM Exposed

Facility: JEF)に仮設置されます。

SSRMSで、特殊目的ロボットアーム(Special Purpose Dexterous Manipulator: SPDM)「デクスター」を把持し、「デクスター」を操作して曝露パレットからFHRCとCTCの取り出しを行い、STS-133で運ばれるELC-4が到着するまで仮置き場所に一時保管します。移動が終わると、SSRMSから「デクスター」を外して、SSRMSで空になった曝露パレットを再び把持してHTV2の補給キャリア非与圧部に戻します。

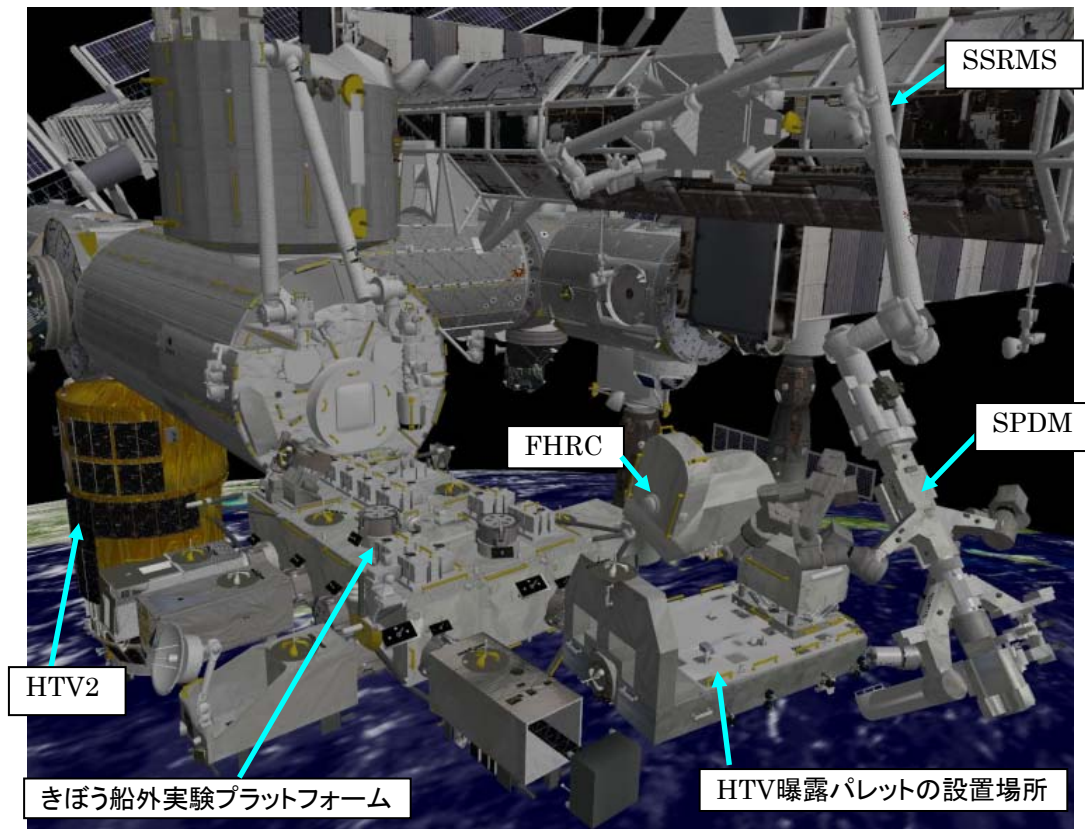


図1.7.2-7 SPDM「デクスター」を使ってFHRCを移動するイメージ

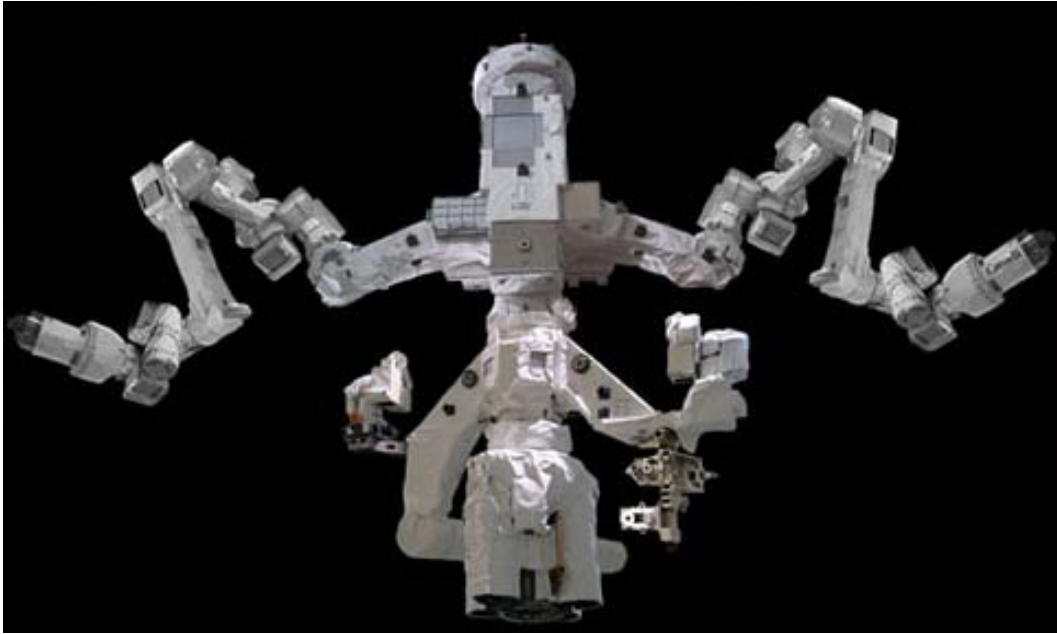


図1.7.2-8 SPDM「デクスター」

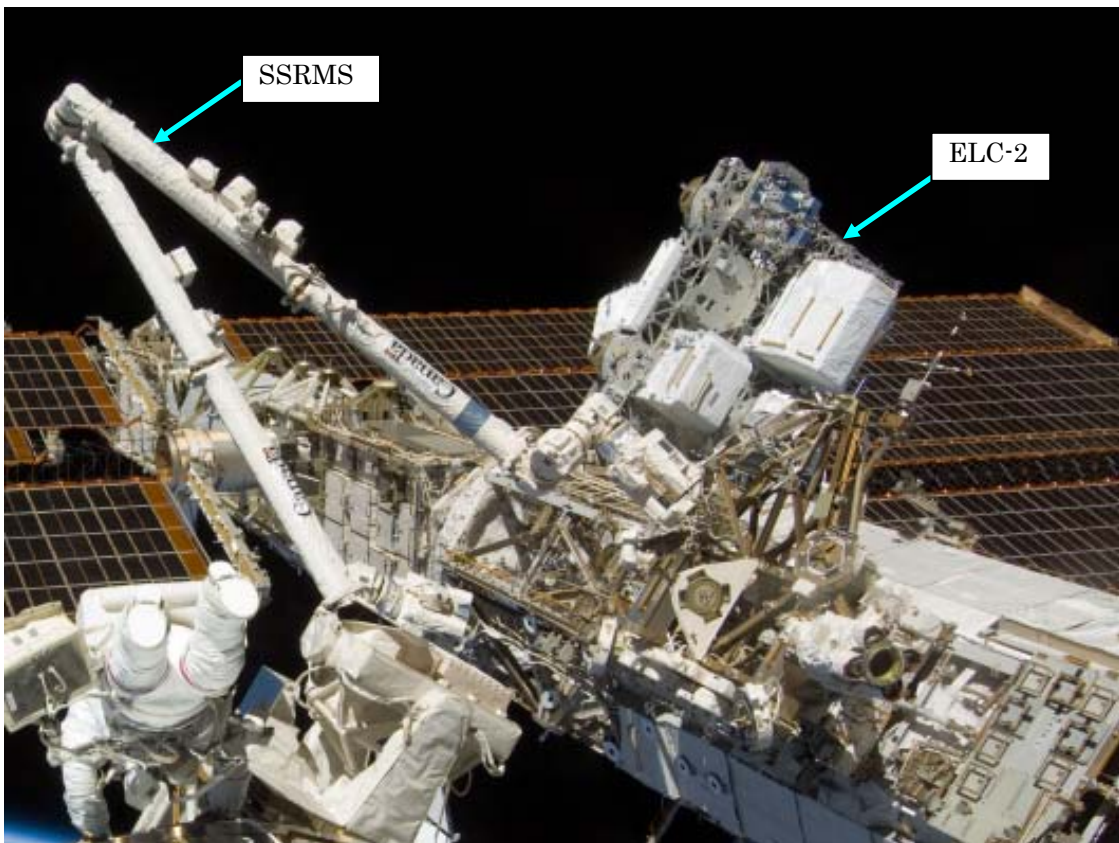


図1.7.2-9 STS-129で設置したELC-2とトラス上を移動するSSRMS

1.8 「こうのとりの」2号機(HTV2)の運用管制

HTVはH-IIBロケットから分離すると、自動的にサブシステムを起動し、機体の姿勢を安定させます。その後NASAの追跡データ中継衛星(TDRS)との通信を確立し、NASAセンタ経由で筑波宇宙センター(Tsukuba Space Center: TKSC)の宇宙ステーション運用棟内に設置されているHTV運用管制室との通信を開始します。

その後のHTVの運用・制御は、HTV運用管制室により行われます。HTV運用管制室は、HTVの飛行中のデータを監視し、地上からコマンドを送信してHTVの軌道調整や、サブシステム類の制御を行います。

HTVがISSの後方5kmに到達する90分前から、NASAジョンソン宇宙センタのISSミッション管制センタ(MCC-H)とHTV運用管制室との統合運用が開始されます。

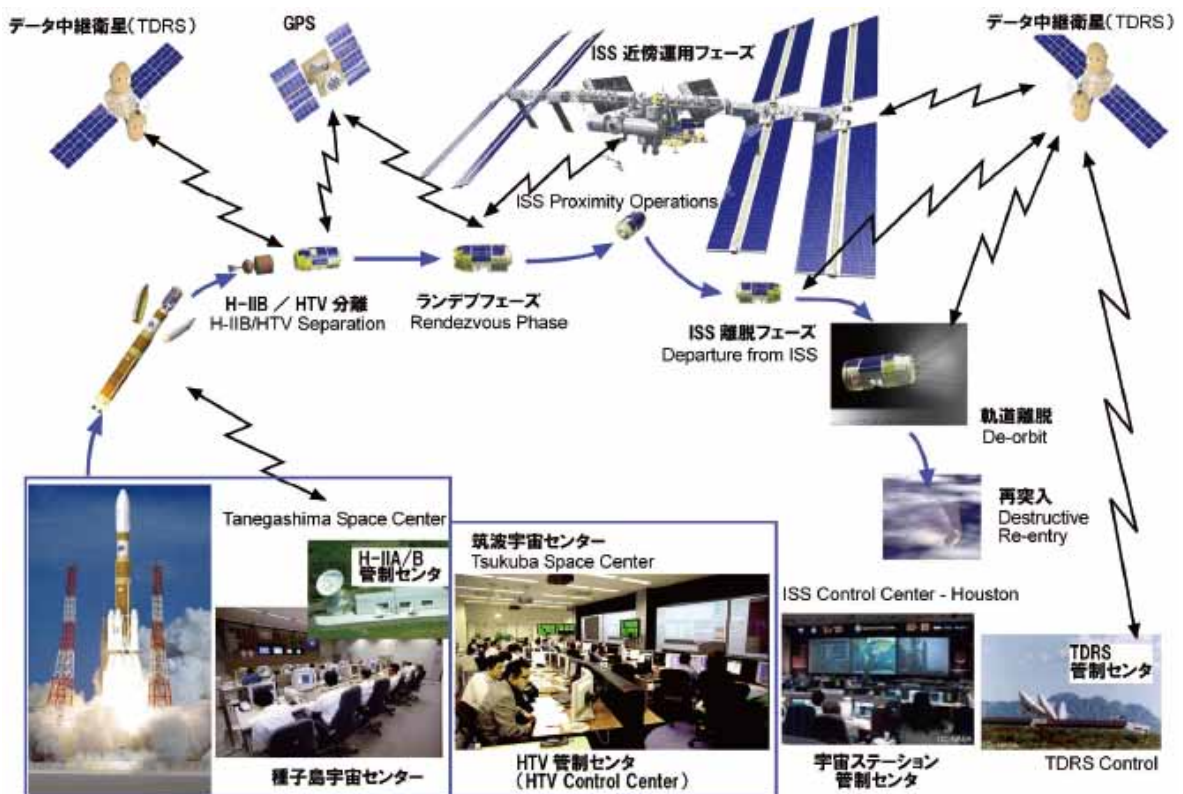


図1.8-1 HTVの運用管制概要



図1.8-2 HTV運用時のNASAとの協調運用イメージ

HTV運用管制チーム(HTV FCT)は、3シフト24時間体制で運用を行います。各ポジションの役割を以下に示します。

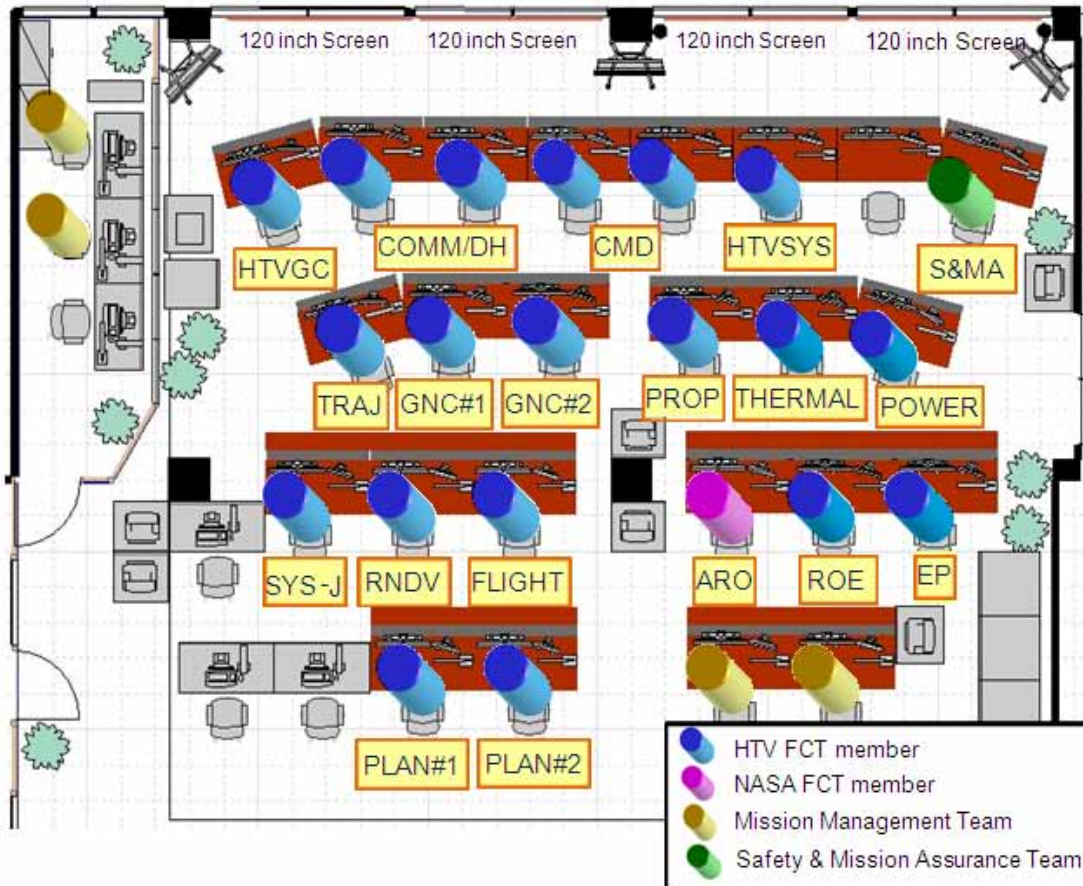


図1.8-3 HTV運用管制室のレイアウトと運用ポジション

HTV-FLIGHT:

HTV FCT全体を統括し、HTV運用全体の最終決定を行う。

HTV2では、HTV1でフライトディレクターを務めた山中、麻生に加え、田邊、内山、前田が加わり、5人のフライトディレクターによる運用体制となります。

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。

PLAN:

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。

SYS-J:

HTV運用手順の進行管理を行うことでHTV-FLIGHTをサポート。

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の熱系および与圧部の環境制御系をモニタし、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。

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:

再突入軌道、マヌーバ計画の独立評価、並びに、再突入時の安全監視を行う。

ARO:

ランデブに関するNASAの専門家であり、JAXA/NASA間の調整を支援する。

S&MA:

HTV FCTとは独立した立場で、安全とミッション保証の観点からHTV運用を評価し、HTV FCTに対し評価結果を報告する。

2. 「こうのとり」(HTV)全般

2.1 「こうのとり」(HTV)の概要

宇宙ステーション補給機(H-II Transfer Vehicle: HTV)は、国際宇宙ステーション(International Space Station: ISS)に補給物資を運ぶための輸送手段として、日本が開発した有人対応型の無人の物資補給船で、2号機(HTV2)からは「こうのとり」という愛称が付けられました。

HTVは、日本のH-IIBロケットで種子島宇宙センターから打ち上げられ、食料や衣類、実験装置、ラックなど最大約6トンの補給物資をISSに運搬し、補給を終えた後は、梱包材や使用済みの実験機器、衣類などの不要品を積み込み、大気圏へと再突入します。ISSに結合している間は、ISSクルーがHTVの与圧部に入って物資を移送することができます。

初号機の技術実証機(HTV1)は、2009年9月11日に打ち上げられ、9月18日から10月31日までISSに結合した後、11月2日に大気圏に突入し、大きなトラブルもなくミッションを達成しました。

2回目のミッションとなる今回の宇宙ステーション補給機2号機(HTV2)は、技術実証機から運用機への改良が加えられており、2011年1月22日に打上げを予定しています。



図2.1-1 ISSから撮影されたHTV1

2.2 「こうのとりのこり」(HTV)の目的と意義／特徴

HTVには次の3つの目的があります。

- 1) 国際宇宙ステーション(ISS)計画において日本が担う役割の遂行
 - スペースシャトル退役後は、船内および船外用の大型機器を運べる唯一の輸送手段となる。
- 2) 日本の宇宙開発技術の実証
 - 自律的な軌道間輸送手段の確立。
 - 年1機の定常的なH-IIBロケットの打上げによる日本のロケット技術の成熟化。
- 3) 有人宇宙システム技術の習得
 - 有人宇宙システムに要求される安全性・信頼性を確保したシステム技術の獲得。
 - 将来の宇宙開発の展開、日本独自の有人輸送機開発の実現に不可欠な技術の蓄積。

HTVは、日本のロケット技術、衛星技術、そして有人宇宙技術を統合して誕生した、日本の宇宙技術の集大成といえます。

ISSに補給物資を輸送するための補給機は、HTV以外にも、ロシアのプログレス補給船、欧州宇宙機関(European Space Agency: ESA)の欧州補給機(Automated Transfer Vehicle: ATV)、米国の民間補給機(開発中)、およびスペースシャトル(2011年退役予定)があります。HTVの大きな特長として、船内用・船外用のどちらの物資も輸送できるということがあげられます。また、以下のこともHTVの特長としてあげられます。

物資の運搬能力

- ISSへの物資搬入出用の出入り口が大きく、大型の船内実験装置(ラック)を運搬することが可能。
- 船外実験装置や、ISSの機能維持に不可欠なISS船外の交換機器等を運ぶことが可能。

ISSへの無人ランデブ飛行技術

- 日本が独自開発したISSへのランデブ飛行技術方式。

2.3 「このとり」(HTV)の開発経緯

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。

1989年（平成元年）6月、国会にてIGAを承認、批准。

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、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。

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、了承された。

1997年（平成9年）よりHTV開発に着手。

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）

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。

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。

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）

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）

2009年（平成21年）9月11日、H-IIB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。

2.4 「こうのとりの」(HTV)の構成

HTVは、「補給キャリア与圧部」、「補給キャリア非与圧部」、「曝露パレット」、「電気モジュール」、「推進モジュール」から構成されます。物資は、「補給キャリア与圧部」と、船外実験装置などを搭載した曝露パレットを運ぶ「補給キャリア非与圧部」の2つの貨物区画に搭載します。

HTVがISSに接近したときに双方向通信を行うための近傍通信システム(Proximity Communication System: PROX)やアンテナ、反射器(レーザーレーダリフレクタ)などは、ISSの「きぼう」日本実験棟に設置されています。

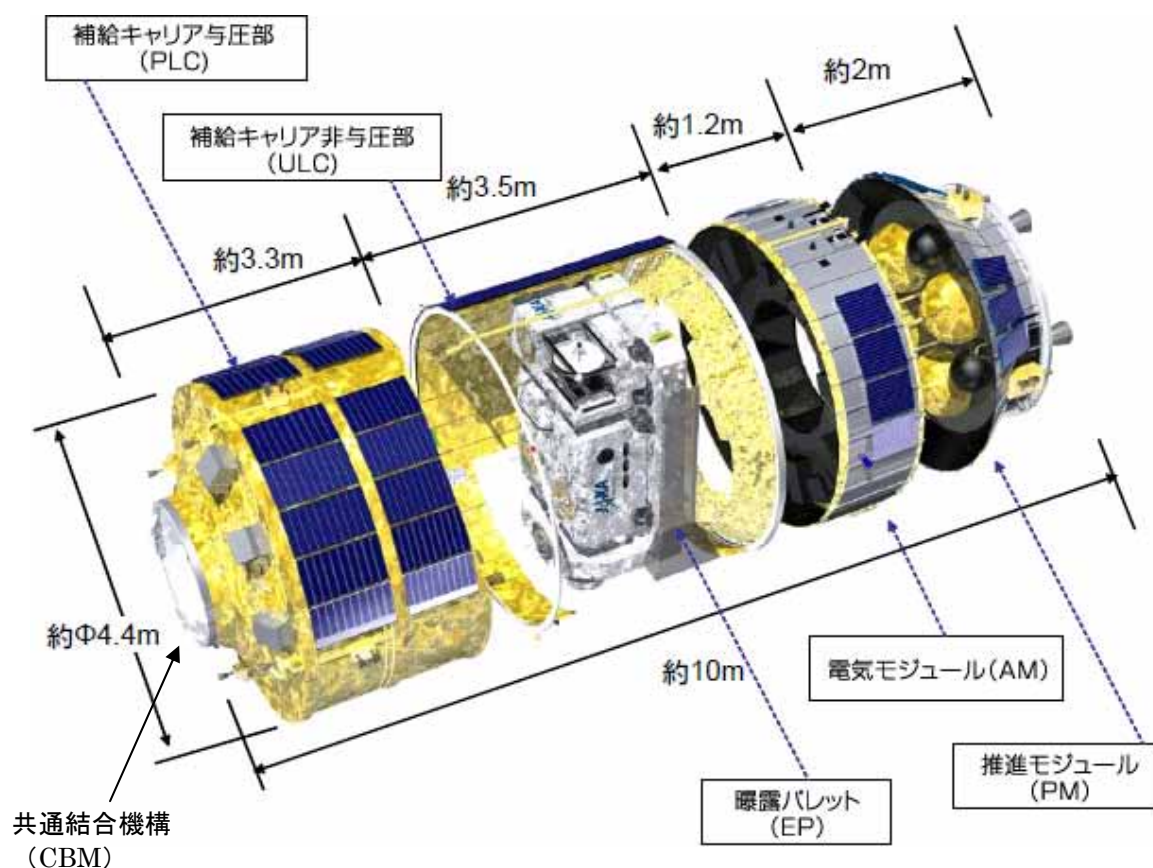


図2.4-1 HTVの全体構成

表2.4-1 HTV運用機の主要諸元

項目	仕様	
全長	約9.8m(メインスラスト含む)	
直径	約4.4m	
補給品を除いた機体の質量	約10.5トン	
総質量	最大16.5トン	
推進薬	燃料	MMH(モノメチルヒドラジン)
	酸化剤	MON-3(一酸化窒素添加四酸化二窒素)
補給能力 ^(*)	合計 最大約6.0トン	
	与圧部: 船内用物資 最大約5.2トン (ISSクルーの食料・衣服、飲料水、実験ラック、実験用品など船内で使用する物資等を搭載)	
	非与圧部: 船外用物資 最大約1.5トン (船外実験装置やISS船外で使用される交換機器等を搭載)	
廃棄品搭載能力	最大約6トン	
目標軌道	高度: 350km~460km 軌道傾斜角: 約51.6度	
ミッション期間	ランデブ飛行期間: 約5日間 ISS滞在期間: 約30日間 軌道上緊急待機期間: 約7日間	

注*1:ISSへの補給能力は、船内物資と船外物資の最大搭載量を足すと6.0トンを超えますが、そのような能力は有しないため、合計で最大6.0トンとなるように計画段階で調整されます。

2.4.1 補給キャリア与圧部

補給キャリア与圧部は、ISS船内用の補給物資(実験ラック、物資輸送用バッグ(CTB)、飲料水、衣料など)を搭載します。内部は1気圧に保たれ、内部温度は単独飛行中、ISS結合中ともに制御されます。またISS結合後はファンを使ってISSとの間で換気を行います。

補給キャリア与圧部前方には、ISSとの結合部となる共通結合機構(Common Berthing Mechanism: CBM)およびハッチが設置されています。

ISS結合中は、ISSクルーがこのハッチ(1.27m×1.27m)から内部に乗り込み、荷降ろしを行います。補給品を運び出した後は、ISSで使用済みになった不要品などを搭載します。

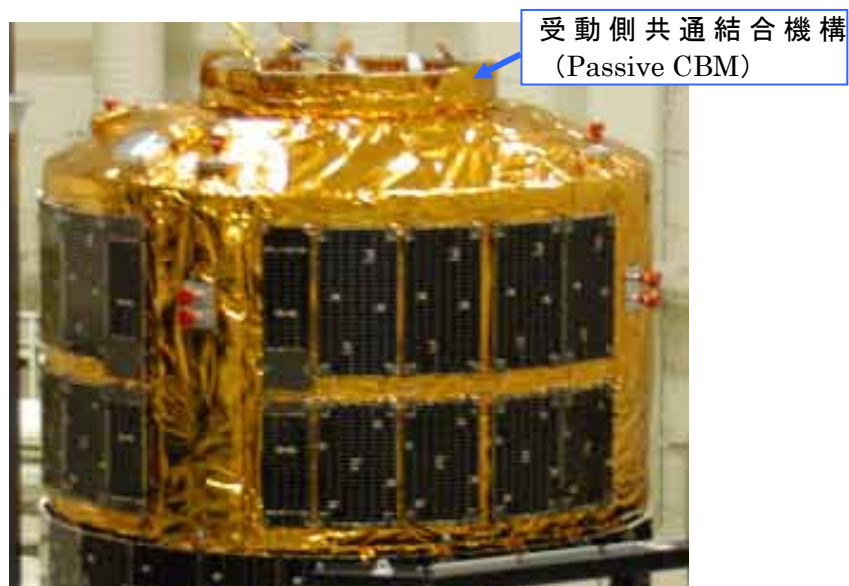


図2.4.1-1 補給キャリア与圧部の外観(HTV1)



図2.4.1-2 軌道上で撮影された補給キャリア与圧部の内部(HTV1)

2.4.1.1 補給キャリア与圧部の内部

補給キャリア与圧部の内部は、ハッチ側から第1ラックベイ(Bay#1)、第2ラックベイ(Bay#2)と呼ばれています。それぞれの区画には、ラックを4台ずつ搭載することができ、合計で8台のラックを搭載できます。



図2.4.1-3 HTV2内部のラック配置(ハッチ側から撮影:積み込み途中)

第1ラックベイ (Bay#1)	ハッチ側の第1ラックベイには、ISSの国際標準ペイロードラック(ISPR)または固定型の貨物収納ラック(HRR)を搭載することができます。ISPRは取り外し可能で、HTVがISSに到着した後にISS船内に移送され、ラックごと取り外されて「きぼう」内に搬入・設置されます。 空いたラックベイには、NASAの補給品保管プラットフォーム(Resupply Stowage Platform: RSP)2式を搭載して廃棄する予定です。
第2ラックベイ (Bay#2)	第2ラックベイは固定型の貨物収納ラック(HRR)専用です。HRRはISS内には移送しません。HRRに搭載した物資輸送用バッグ(CTB)単位で取り出されてISS船内に移送された後、ISSで使用済みとなった物品や廃棄物を搭載します。

HRR (HTV Resupply Rack) : HTV補給ラック

2.4.2 補給キャリア非与圧部

補給キャリア非与圧部は、側面に大きな開口部があり、その中に船外実験装置や交換機器などをISSに運搬するための曝露パレットを搭載します。側面に大きな開口部を持ち、打上げ時に大きな荷重が集中する部分が出るため、構造設計の難易度は高くなっています。

補給キャリア非与圧部の外壁には、HTVがISSに結合する際にISSのロボットアームでHTVを掴むための把持部となるグラブルフィクスチャ(FRGF)が装備されています。



図2.4.2-1 補給キャリア非与圧部(HTV1)(左は曝露パレット搭載前)

ISS結合後は、曝露パレットに搭載して運んできた船外実験装置等をISS側に移送するために、ISSのロボットアームで曝露パレットを補給キャリア非与圧部から引き出し、ISS側(船外実験プラットフォームやISSのモバイル・ベース・システム(Mobile Base System: MBS))に仮置きします。

曝露パレット上に搭載していた船外実験装置や曝露機器の移送が終了すると、曝露パレットは、補給キャリア非与圧部に戻されます。



図2.4.2-2 曝露パレットの積み込み(HTV2)



図2.4.2-3 曝露パレットを搭載した状態(HTV2)

2.4.2.1 補給キャリア非与圧部の機構

● 打上拘束分離機構 (Tie-down Separation Mechanism: TSM)

補給キャリア非与圧部内には、打上拘束分離機構4個が設置されています。打上拘束分離機構は、曝露パレットを拘束／分離する機構で、HTVの打上げ時に曝露パレットを安全に固定します。ISSのロボットアームによる曝露パレットの引き出し／再取付け時にこの機構を動作させます。

● 軌道上捕捉機構 (Hold-down Mechanism: HDM)

軌道上捕捉機構は補給キャリア非与圧部内にあり、曝露パレットをISSのロボットアームで戻す際に、曝露パレットを引き込み、その位置を保持する機構です。

● ハーネス分離機構 (Harness Separation Mechanism: HSM)

ハーネス分離機構は、非与圧部の開口部付近に装備されており、曝露パレットを引き出す際に、非与圧部と曝露パレット間の電力およびデータ通信ラインを分離する機構です。

● ガイドレール／ホイール

ISSのロボットアームで曝露パレットを補給キャリア非与圧部に戻す際に、抵抗を最小に、正確な位置に調整するための機構で、非与圧部側にはガイドレールが、曝露パレット側にはホイール(ローラー)が装備されています。

ガイドレールは、非与圧部の開口部内の左舷、右舷、下方側の3箇所に装備されています。ローラーは、曝露パレットの左舷・右舷と下方に装備されています。

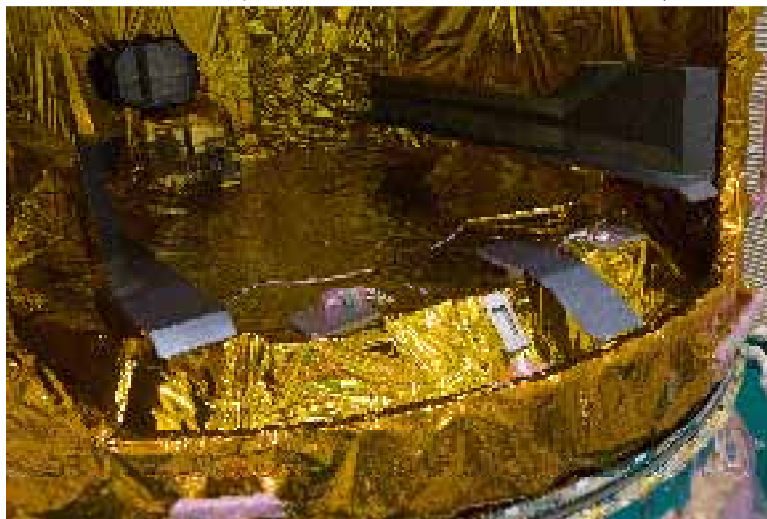


図2.4.2-4 (上)補給キャリア非与圧部の内部(HTV1)、
(下)曝露パレットのローラー(HTV2)【参考】

2.4.3 曝露パレット

曝露パレットは、船外実験装置やISSの船外交換機器などの船外貨物を搭載して運ぶためのパレットです。貨物をISSに移送する間は、曝露パレットは、補給キャリア非与圧部から取り出されて、ISS側に一時的に仮置きされます。貨物を移送した後は、再び補給キャリア非与圧部に格納され、HTVとともに大気圏に突入して運用を終了します。曝露パレットはペイロードを最大約1.5トンまで搭載可能です。



図2.4.3-1 曝露パレット (HTV1)

曝露パレットには以下のタイプがあり、ミッションに応じて使い分けています。

「きぼう」船外実験プラットフォーム係留専用型 (I型)

このタイプは船外実験プラットフォームに仮置きされます (HTV1ではこのI型を使用し船外実験装置2台を搭載、HTV2ではI型に米国製の取付け機構を設置して米国の曝露機器の予備品2台を搭載)。

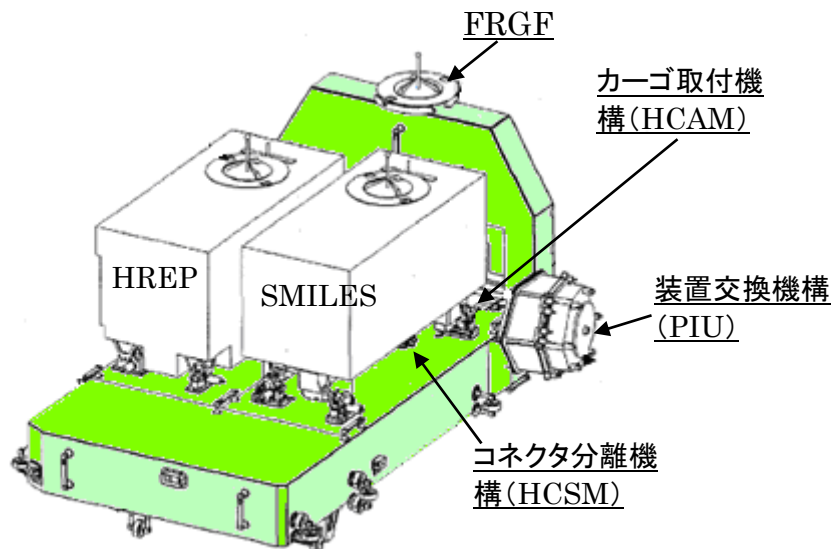


図2.4.3-2 「きぼう」船外実験プラットフォーム係留専用型(I型)
(図はHTV1のコンフィギュレーション)

● 多目的曝露パレット型 (EP-MP型)

多目的曝露パレット(Exposed Pallet - Multi-Purpose: EP-MP)型は様々な船外機器や船外実験装置の組合せでも運搬できるような仕様になっており、船外実験プラットフォーム(JEM Exposed Facility: JEF)に仮置きするタイプとISSのモバイル・ベース・システム(Mobile Base System: MBS)に仮置きするタイプがあります。

船外実験プラットフォームに仮置きするタイプは船外実験装置1個とISS共通の船外機器の組み合わせを運搬することができます。モバイル・ベース・システムに仮置きするタイプはISS共通の船外機器のみ運搬する場合に使用されます。バッテリーORU搭載時であれば6個まで搭載できます。

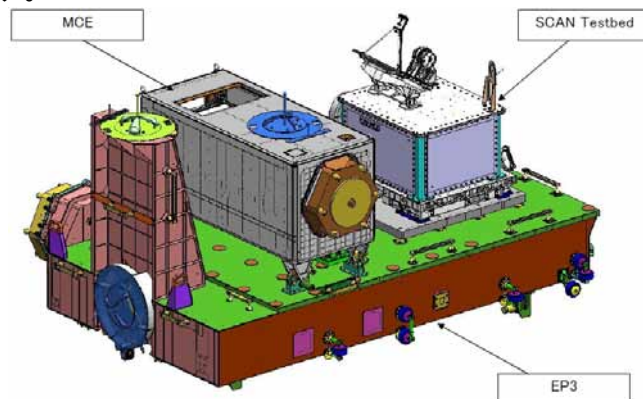


図2.4.3-3 多目的曝露パレット型(EP-MP型)
(図はHTV3搭載予定のEP-MPでJEF仮置きタイプ)

2.4.3.1 曝露パレットの機構

曝露パレットには、カーゴ取付け機構、コネクタ分離機構、取り外し可能型グラブルフィクスチャ(Flight Releasable Grapple Fixture: FRGF)、電力・映像グラブルフィクスチャ(Power& Video Grapple Fixture: PVGF)、カメラなどが装備されています。これらの機構は、運搬した船外実験装置や船外用交換機器を安全にISS側に移送するための役割を果たします。

- 簡易型ペイロード側装置交換機構(HTV Payload Interface Unit: HPIU)
簡易型ペイロード側装置交換機構は、曝露パレットを「きぼう」船外実験プラットフォームに取り付けるための機構です。

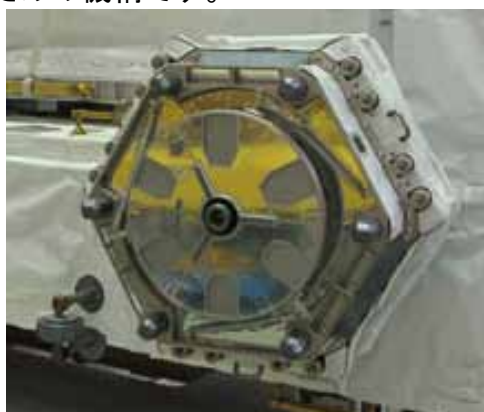


図2.4.3-4 簡易型ペイロード側装置交換機構(HPIU)

- カーゴ取付け機構(HTV Cargo Attachment Mechanism: HCAM)
カーゴ取付け機構は、曝露パレットに船外実験装置を固定する機構で、船外実験装置の四隅を固定します。→HTV2では米国製の取り付け機構を使用するため、HCAMは使用しません。
- コネクタ分離機構(HTV Connector Separation Mechanism: HCSM)
コネクタ分離機構は、船外実験装置や船外用交換機器にヒータ電力を供給するコネクタを分離するための機構です。→HTV2ではHCSMは使用しません。
- グラブルフィクスチャ(FRGF/PVGF)
グラブルフィクスチャは、ISSのロボットアーム(SSRMS)や「きぼう」ロボットアームで把持するための把持部で、ISSで標準的に使用されている機構です。
電力・映像グラブルフィクスチャ(PVGF)は、SSRMSを経由して電力と映像データをやり取りするためのインタフェースを有しています。

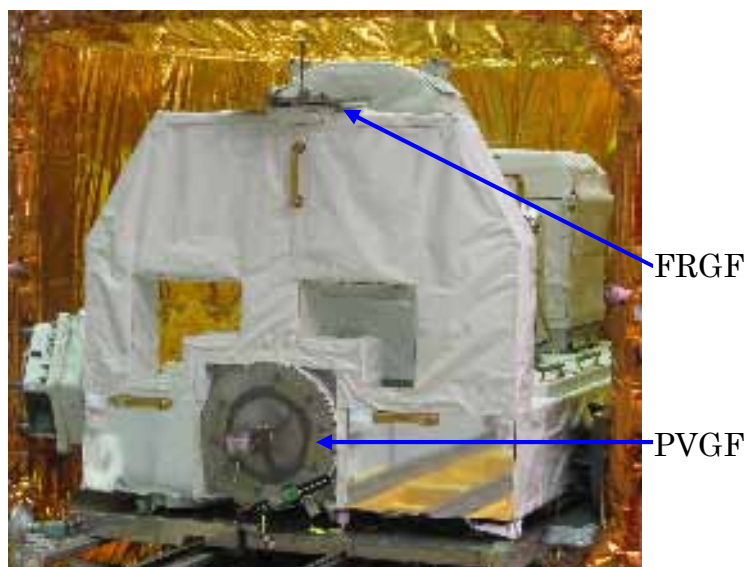


図2.4.3-5 曝露パレット (HTV2)

● HTVバーシングカメラシステム (HTV Berthing Camera System: HBCS)
SSRMSを操作して曝露パレットを非与圧部に戻す際の位置決め作業を支援するためのカメラを、曝露パレットの先端に装備しています。また、カメラで位置決めする際の標的(ターゲット)を補給キャリア非与圧部に搭載しています。



図2.4.3-6 HTVバーシングカメラシステム (HBCS)

2.4.4 電気モジュール

電気モジュールは、誘導制御、通信、電力系などの電子機器を搭載し、自律的に、あるいは地上からの指令に従ってHTVの航法制御を行います。また、HTV各部への電力供給を行います。電気モジュールのサブシステムの概要を表2.4.4-1に示します。

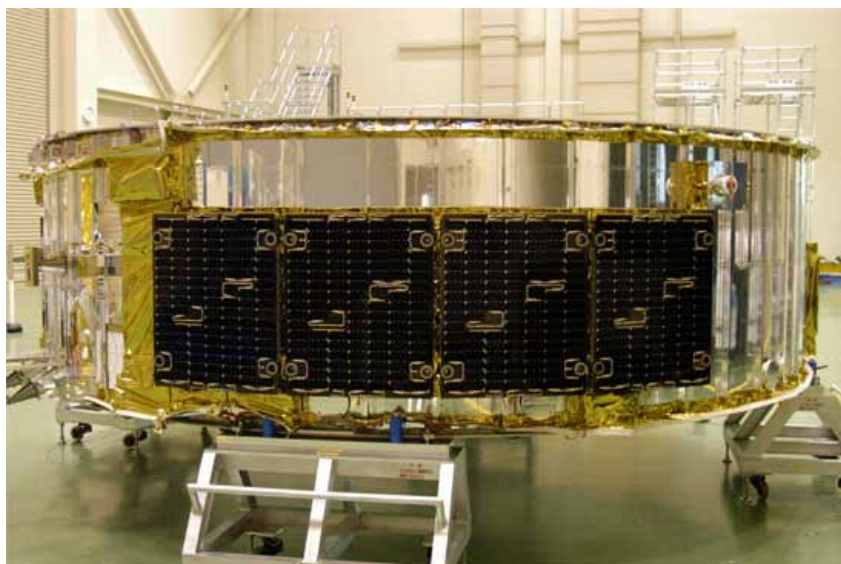



図2.4.4-1 電気モジュール(横からの外観)(HTV1)



図2.4.4-2 電気モジュールの内部 (HTV2)

電気モジュールは、地上からのコマンドを、NASAの追跡・データ中継衛星(TDRS)および国際宇宙ステーションに搭載した近傍通信システム(PROX)を経由して受信し、HTVの各機器に送ります。また、TDRS及びPROXを経由して、HTVのデータを地上に送信します。

表2.4.4-1 電気モジュールのサブシステムの概要

<p>航法誘導制御系</p>	<ul style="list-style-type: none"> HTVの軌道投入後、誘導制御系の位置・姿勢センサを用いて航法情報を入力し、地上からのコマンドで、HTVの単独飛行を実施するためのシステムです。 主に、GPSアンテナ、ランデブセンサ、地球センサ、誘導制御コンピュータ、アポルト制御ユニットから構成されます。
<p>通信系</p>	<ul style="list-style-type: none"> HTVの通信系サブシステムは、NASAの追跡データ中継衛星(TDRS)を介して通信を行うための衛星間通信装置(Inter-Orbit Link System: IOS)と、ISS近辺にてISSと通信を行うための近傍通信装置(Proximity Link System: PLS)から構成されます。いずれの通信にもSバンドを使用します。
<p>データ処理系</p>	<ul style="list-style-type: none"> データ処理サブシステムは、コマンド受信、テレメトリ送信機能を有しています。 電気モジュール・推進モジュールの熱制御、補給キャリア与圧部の環境制御、HTV各所の異常検知・通知等、他サブシステムのデータ処理・制御をサポートします。
<p>電力系</p>	<ul style="list-style-type: none"> バッテリーは1次電池(Primary Battery: P-BAT)7個と、2次電池(Secundary Battery: S-BAT)1個が搭載されています。(HTV1と比較すると、HTV2以降はP-BATを4台削減しました。) 日照時に太陽電池パネルで発電した電力を電力制御器(Power Control Unit: PCU)で制御して供給すると共に、余剰電力を2次電池(S-BAT)に蓄電します。 単独飛行中の日陰時には、2次電池(S-BAT)に蓄電された電力および1次電池(P-BAT)の電力を各システムに供給します。 ISS結合中にISSからの電力供給が途絶えた場合は、1次電池(P-BAT)の電力を各システムに供給します。 HTVのISS結合中は、ISSから供給される電力をDC/DCコンバータで所定の電圧に変換/安定化してHTVの各機器類に供給します。
<p>太陽電池</p> 	<ul style="list-style-type: none"> HTVの外壁には、電気モジュールの外壁の8枚を含めて、計57枚の太陽電池パネルが搭載されています。 <ul style="list-style-type: none"> 補給キャリア与圧部の外壁: 20枚 非与圧部の外壁: 23枚 電気モジュールの外壁: 8枚 推進モジュールの外壁: 6枚

2.4.5 推進モジュール

推進モジュールは、4基の球形の推進薬タンクに、最大2.4トン(HTV1)、HTV2以降は通常2トンの推進薬を搭載します。推進薬は、モノメチルヒドラジン(MMH)と一酸化窒素添加四酸化二窒素(MON3)を使用します。

推進薬タンクから、4基のメインスラスタ(2基×2系統)および28基の姿勢制御用スラスタ(14基×2系統)に推進薬が供給され、電気モジュールから送られてくる信号に従って、軌道変更や姿勢制御のための推力を発生します。



図2.4.5-1 推進モジュール
(多層断熱カバー取付け前)



図2.4.5-2 推進薬タンク

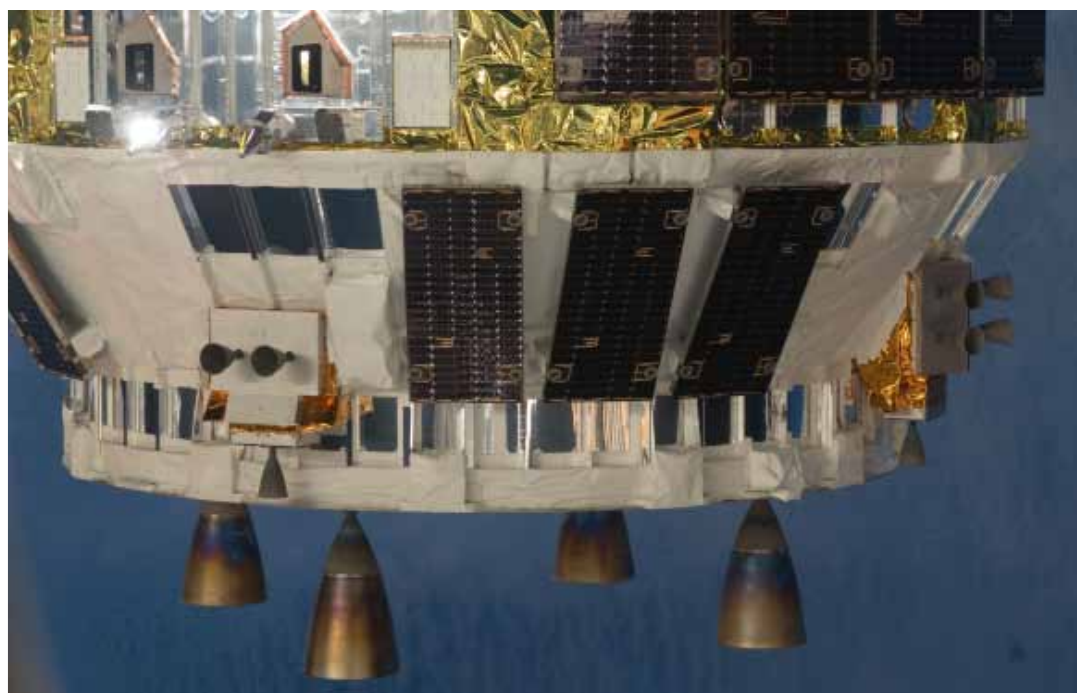


図2.4.5-3 軌道上で撮影された推進モジュール(HTV1)
(写真下部に見える4基のノズルがメインスラスタ)

表2.4.5-1 HTVのスラスタ構成

	仕様	
	メインスラスタ	姿勢制御用スラスタ
数量	2基 × 2系統(冗長構成) 計4基	14基 × 2系統(冗長構成) 計28基 *
推力/1基	490 N(ニュートン)	110 N(ニュートン)

* 全28基のうち、12基は補給キャリア与圧部外壁に設置されています

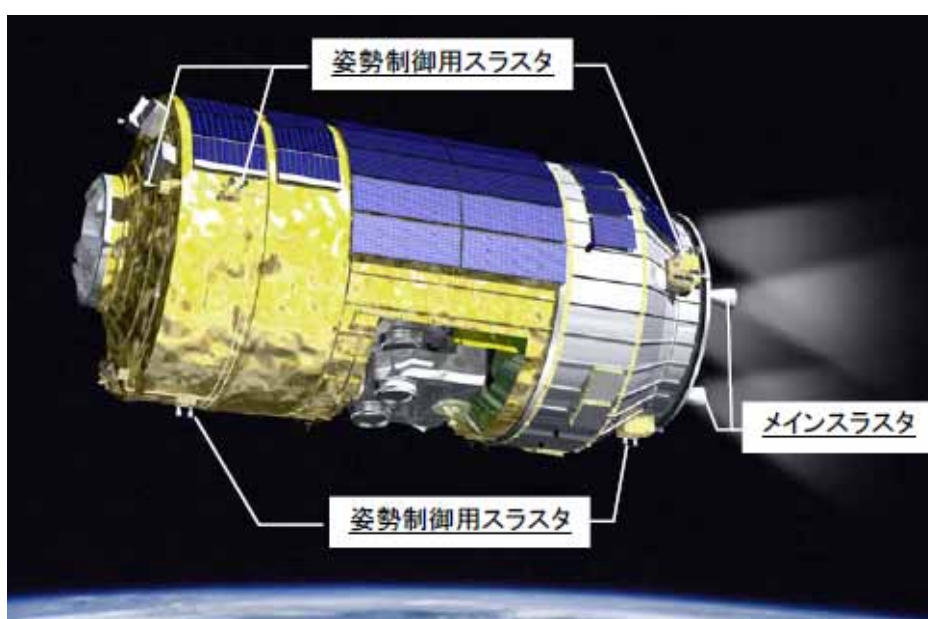


図2.4.5-5 メインスラスタと姿勢制御用スラスタの位置

2.4.6 近傍通信システム(PROX)

HTV近傍通信システム(Proximity Communication System: PROX)は、HTVがISSと通信するための、HTVに対向する無線通信装置であり、ISS側に設置されています。

PROXは、通信、データ処理、GPS各機器、搭乗員用コマンドパネル(Hardware Command Panel: HCP)、通信アンテナ、GPSアンテナで構成されており、「キューポラ」内のロボットアーム用ワークステーションに設置されるHCP以外の船内機器は、「きぼう」船内実験室内の衛星間通信システム(Inter-orbit Communication System: ICS)ラック内に搭載されています。

PROX通信アンテナは、「きぼう」船内実験室の側面の外壁に設置されており、PROX GPSアンテナ2基は「きぼう」船内保管室の天頂部に取り付けられています。

● PROX通信機器



「きぼう」船内実験室の天井に設置されているICS/PROXラックの右半分(赤枠で示した部分)にPROX通信機器は搭載されています。

● PROX通信アンテナ



PROX通信アンテナは、ISS近傍に接近したHTVとの直接無線通信に使われます。



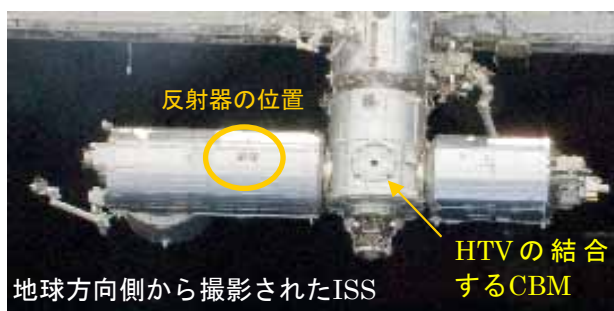
● 搭乗員用コマンドパネル(HCP)



- ABORT(強制退避)
アボート、緊急退避
- FRGF SEP(アームからの強制分離) SSRMSのトラブルで把持が開放できなくなった場合に、HTVのFRGFを分離する事で強制的に分離
- RETREAT(一時後退)
30mまたは100m点へ後退
- HOLD(相対位置保持)
- FREE DRIFT(制御停止)
HTV把持のため、HTVの制御をオフにする

搭乗員用コマンドパネル(HCP)は、異常時にHTVに接近中止コマンドを送信するなど、緊急性の高いコマンドを、ISSクルーが押しボタンで実行できる操作パネルです。HCPは、HTVの近傍運用中、ISSのロボットアームのワークステーションに取り付けておきます。

2.4.7 反射器(レーザレーダリフレクタ)



反射器(レーザレーダリフレクタ)は、「きぼう」の下部に設置されたレーザ反射鏡です。HTVがISSの下方(地球方向)から接近する際にHTVのランデブセンサ(Rendezvous Sensor: RVS)から照射されたレーザ光を反射します。

2.5 「このとり」(HTV)の軌道上での主要な運用

2.5.1 ランデブ

HTVは、ロケットから分離した後、少しずつ軌道を調整しながらISSに接近します。徐々に軌道高度を上げながらISSに近づくHTVのランデブ飛行の概要を図2.5.1-1に示します。

- 1 ロケットから分離後、NASAの追跡データ中継衛星(TDRS)との通信を確立。
- 2 HTVの状態を地上で確認し、その後ISSに向けてランデブを開始。
- 3 軌道高度や位相を調整しながらISSに接近。
- 4 ISSとの直接無線通信が可能な近傍通信領域に到達。
- 5 近傍通信システム(PROX)との通信を確立。
- 6 PROXと双方向に通信を行いながらGPSを用いてISSに近づき(GPS相対航法)、ISSの後方約5kmの地点(接近開始点(Approach Initiation: AI))にISSに対して相対的に停止。

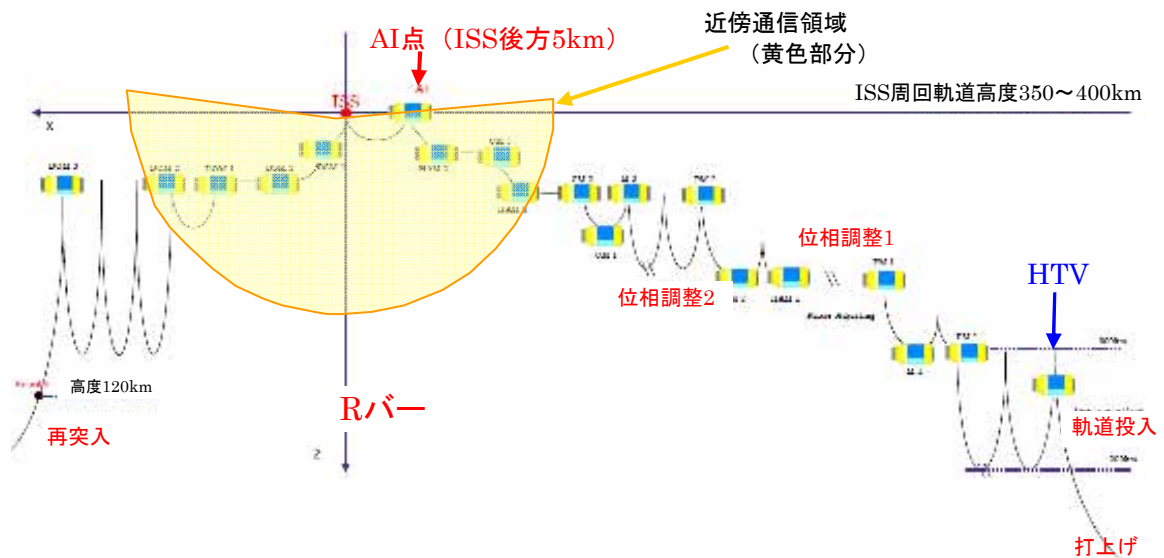


図2.5.1-1 ランデブ飛行概要

2.5.2 ISSへの接近(近傍運用)／把持・係留

HTVは、ISSの下方(地球方向)から徐々にISSに接近し、最後はISSのロボットアーム(SSRMS)で把持され、ISSに結合されます。このときの運用を近傍運用といいます。

ISSに接近するまでの手順は以下の通りです。

- 1 AI点からGPSを用いたGPS相対航法でISS下方約500mの位置に移動。
- 2 ランデブセンサ(Rendezvous Sensor: RVS)を使って、「きぼう」に設置された反射器(レーザレダリフレクタ)を目標にISSに接近。(ランデブセンサ航法という)
- 3 ISSの下方250m(ホールドポイント)および30m(パーキングポイント)の2点で自動的に停止しながら徐々にISSに接近。下方250mでは、姿勢を180度回転してメインエンジンの方向を衝突回避運用に備えて変更。
- 4 最終的に、ISSの下方10m付近に設定された仮想的な領域(パーシングボックス)内でISSに対して相対的に停止。

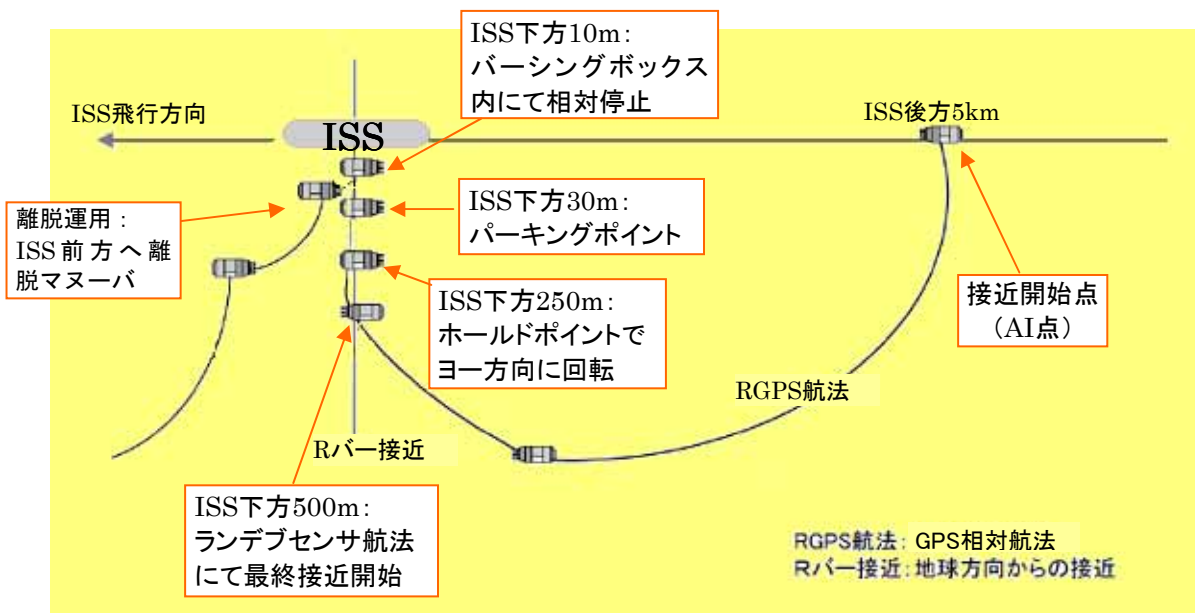


図2.5.2-1 ISS近傍運用拡大図

ランデブセンサ航法中の接近速度は1分間に1～10m程度で、接近中にISSクルーは相対位置の保持(HOLD)、一時後退(RETREAT)、強制退避(ABORT)などのコマンドを送信することができます。接近中に異常が発生し、それ以上の接近が不可能となった場合には、HTVはISSの前方に安全に離脱するよう制御されます。

なおISS下方250m(ホールドポイント)で、ヨー方向(横方向)に姿勢を180度回転しますが、これは衝突回避運用(Collision Avoidance Maneuver: CAM)に備えた姿勢変更で、緊急時に安全にISSの前方に退避させるために実施するものです。



図2.5.2-3 フリードリフト状態のHTV (HTV1)



図2.5.2-4 HTVを把持する際に使われるロボットアーム操作卓(HTV1)

HTV運用管制室にてHTVがISSの下方10mの位置にISSに対して相対的に停止したことが確認されると、ISSクルーによりHTVのスラスタが停止され(フリードリフト)、ISSのロボットアーム(SSRMS)でHTVが把持されます。

その後、ISSの「ハーモニー」(第2結合部)の地球側の共通結合機構(Common Berthing Mechanism: CBM)に結合されます。

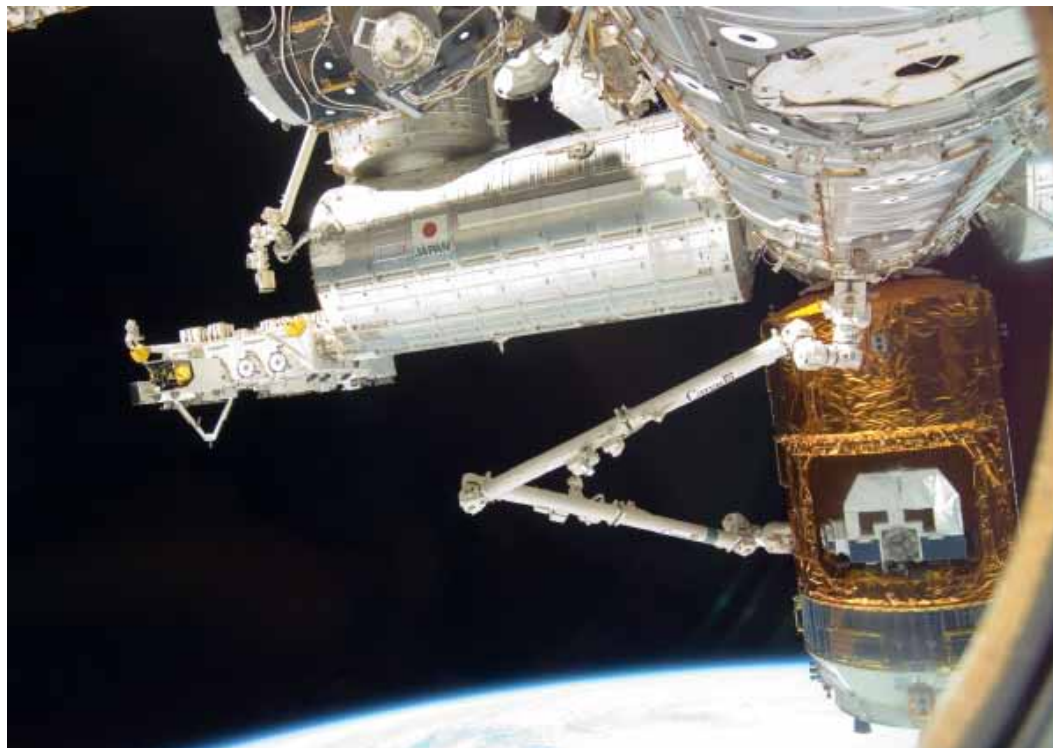


図2.5.2-5 ISSへ結合したHTV1

2.5.3 係留期間中の運用

HTVがISSに結合されると、HTV入室前作業として、ISSクルーにより補給キャリア与圧部の均圧化が、またHTV運用管制室からのコマンドにより内部照明の点灯が行われ、ハッチが開かれます。また、補給キャリア与圧部への入室時に結露が生じないように、補給キャリア与圧部内の温度は入室前に15.6℃以上に制御されます。なお、ISSに結合中は、ISSからHTVに電力が供給されます。

ハッチが開かれると、ISSクルーは、補給キャリア与圧部に入室し、船内用補給品(実験ラック、物資輸送用バッグ、飲料水、衣料など)をISS内に移送する作業を開始します。



図2.5.3-1 補給キャリア与圧部内(HTV1)



図2.5.3-2 ロボットアーム同士での曝露パレットの受け渡し(HTV1)

また、ISSのロボットアームで曝露パレットを補給キャリア非与圧部から取り出し、ISS側に仮設置し、曝露パレットに搭載され運ばれてきた船外装置類をISS側へと移送します。

2.5.4 ISSからの分離／大気圏への再突入

HTVへの不要品の積み込みが完了すると、HTVはISSから分離し、大気圏に再突入します。ISSからの分離の手順は以下の通りです。

1. ISSクルーによりハッチの閉鎖が、またHTV運用管制室からのコマンドによりHTV内部電源への切替えなどが行われる。
2. ISSのロボットアームによりHTVが把持される。
3. 共通結合機構(CBM)が解放される。
4. ISSのロボットアームによりHTV解放ポイント(リリース点)へ移動される。
5. ISSのロボットアームがHTVを解放。
6. ISSクルーからのコマンドによりHTVのスラスタを起動し、ISSから離脱。

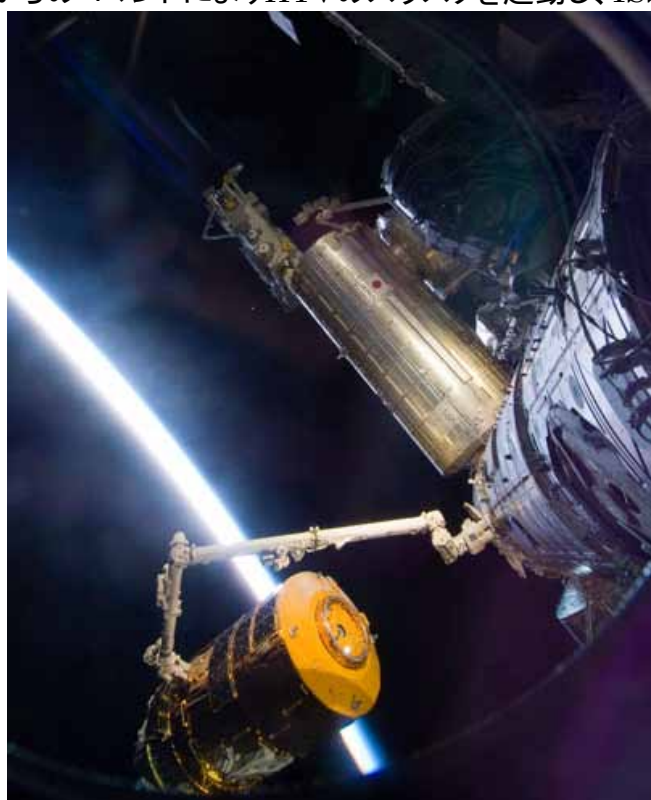


図2.5.4-1 ISSの結合機構から解放されたHTV1

ISSから離脱したHTVは2回の軌道変更を行い、軌道離脱準備軌道へ投入されます。そして、軌道離脱準備軌道において再突入に向けた軌道変更のタイミングを調整し、最後の軌道変更を行うと、大気圏へ再突入し燃焼廃棄されます。HTVの着水予定区域は南太平洋であり、ここはミールを制御落下させる際にも使われた他、ロシアのプログレス補給船と欧州補給機(ATV)の廃棄にも使われている安全な海域です。

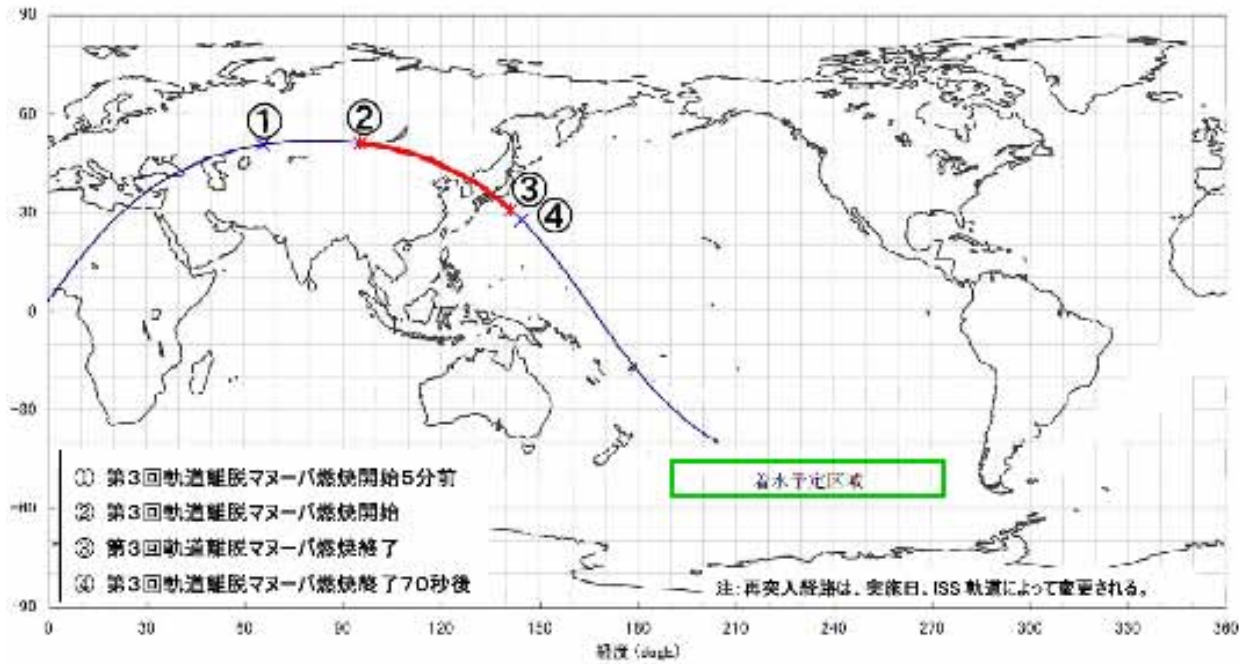


図2.5.4-2 着水予定区域とHTVの軌道(赤線)(HTV1)

2.6 ISS補給機の比較

表2.6-1 ISS補給機の比較

補給機	総重量	ISSへの補給能力	打上げロケット	特徴
HTV(日本) 	16.5トン	6.0トン	H-II B	2009年～ ・ハッチ開口部が1.27×1.27mと大きい ・曝露貨物を搭載
ATV(欧州) 	20.5トン	7.5トン	アリアン5 (ES-ATV)	2008年～ ・ズヴェズダ後方ヘドッキング ・ハッチ開口径0.8m ・ISSリブースト、燃料補給が可能
プログレス(ロシア) 	7.2トン	2.5トン	ソユーズ	1978年～ ISSミッションには2000年から使用。 ・ハッチ開口径0.8m ・ISSリブースト、燃料補給が可能
スペースシャトル(米国) 	120トン (オービタ及び貨物)	約14トン	スペースシャトル	1981年～2011年退役予定 ・有人機 ・ハッチ開口径0.8m ・多目的モジュールを使えば、1.27×1.27mのハッチに結合可能 ・曝露貨物を搭載 ・ISSリブーストが可能
ドラゴン(米国Space X社) 	約9.8トン	3.31トン	ファルコン9	商業輸送機として開発中 2011年に補給飛行を開始予定(2010年12月9日試験飛行・カプセル回収に成功)。 ・ハッチ開口部が1.27×1.27mと大きい ・曝露貨物を搭載可能 ・与圧貨物の回収が可能
シグナス(米国Orbital社) 	約5.2トン	2.0トン	トーラスII	商業輸送機として開発中 2012年に補給飛行を開始予定。 三菱電機も開発に参加。 ・ハッチ開口部は0.94×0.94m

2.7 「このとり」(HTV)の成果

(1) 国際的プレゼンスの向上

- ・HTV技術実証機の成功により、我が国が国際宇宙ステーションへの輸送手段を確立できた。
- ・HTVは宇宙ステーションの維持に不可欠な補給手段となった。これを保有することによって、宇宙ステーション計画における我が国の地位が向上している。
(間近に迫ったスペースシャトルの退役を控えて、宇宙ステーションへの補給手段を安定して確保することが急務となっている。スペースシャトル以外に曝露機器及び大型与圧機器を宇宙ステーションへ輸送できるのはHTVのみ。)

(2) 我が国の宇宙開発技術の維持発展

- ・HTVは、人工衛星、ロケット、宇宙ステーションの技術を統合した我が国初めての有人施設対応の輸送機(宇宙船)。
- ・HTVを年1機程度定常的に打上げ実施することで、H-IIBロケット技術の成熟化を図っていくことが可能。

(3) 有人宇宙システム技術の獲得

- ・有人宇宙システム技術として、JEM開発運用を通じて得た範囲を超えて宇宙輸送システムへ適用し、これを獲得した。
- ・有人技術の対象を、宇宙ステーションへ接続し電力・通信・排熱等のリソース配分を受ける「実験棟」から、自立して単独飛行できる「宇宙船」へ広げた。
(新規有人宇宙技術分野例：航法誘導制御系、推進系、電力供給系、ランデブ飛行運用)
- ・我が国の将来の宇宙開発への展開、及び独自の有人輸送系開発に必要な技術を蓄積した。

(4) 人材育成

- ・JAXA及び各企業の技術者に、極めて高い信頼性を要する有人施設対応輸送機の技術開発を通して宇宙システム技術等を習得させ、今後の宇宙開発に大きな人的資産を形成した。
 - HTV1 直接契約企業技術者数： 約350名
- ・きぼうと同様に、NASAと同等の運用管制要員の育成を行い、我が国初の「宇宙船」の運用を実施し、ミッションの成功に大きく貢献した。その結果、運用管制要員の技量は国際的にも高い評価を獲得し、NASAより今後計画されている他の宇宙船の実運用の支援や運用訓練の協力を求められることとなった。
 - HTVは複雑なシステムであり、短時間で衝突や喪失のリスクがあり、NASAとの協調した運用が必要であることから、運用管制要員は、技術力、瞬時の判断力、会話力などが必要である。
 - HTV1での認定者： 67名
 - HTV2での認定者： 76名

(5)米国民間輸送機への影響

- ・HTVが初めて実証したキャプチャ・バーシング方式を米国商業民間輸送機 (Commercial Orbital Transportation Services: COTS / Commercial Resupply Services: CRS)が採用。
- ・米国Orbital Sciences社は、同社が開発中のシグナス(Cygnus)輸送機に用いるため、HTVと同等の近傍通信機器を三菱電機(株)から購入(9機分:約60億円(6,600万米国ドル))。その他の日本企業からもリチウムイオン電池や、エンジンを購入。
- ・NASAがJAXAに対し、シグナス輸送機ミッションの近傍通信システム運用支援を有償にて依頼。現在、契約の一部を締結済み。



図2.7-1 【参考】シグナス輸送機のイメージ図 (Orbital Sciences Corporation)

3. ISS計画全般

3.1 日本のISS計画に関わる実績と今後のHTV打上げスケジュール

図3.1-1に、日本のISS計画と、「こうのとり」(HTV)の打上げスケジュールを示します。

なお、「こうのとり」3号機(HTV3)では、JAXAの船外実験装置ポート共有型実験装置(Multi-mission Consolidated Equipment: MCE)1基とNASAの実験装置を曝露パレットで運ぶ予定です(図3.1-2、図3.1-3参照)。

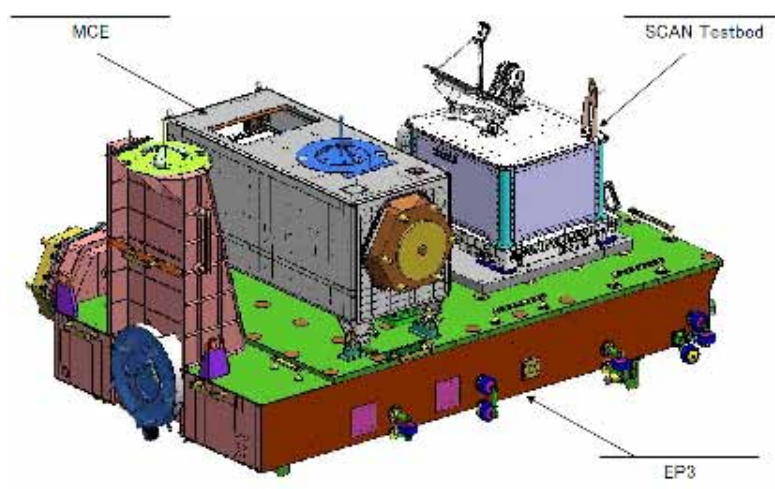


図3.1-2 HTV3で運ぶ曝露カーゴのイメージ図

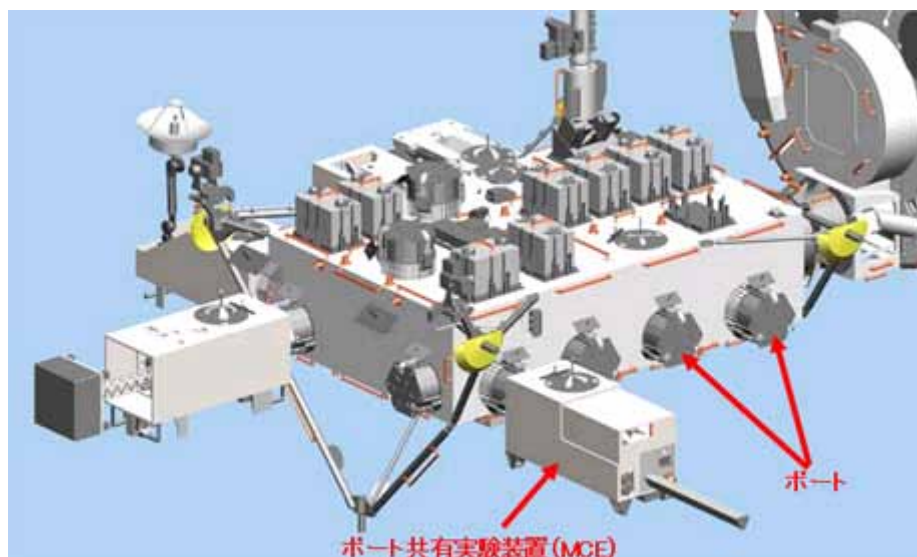
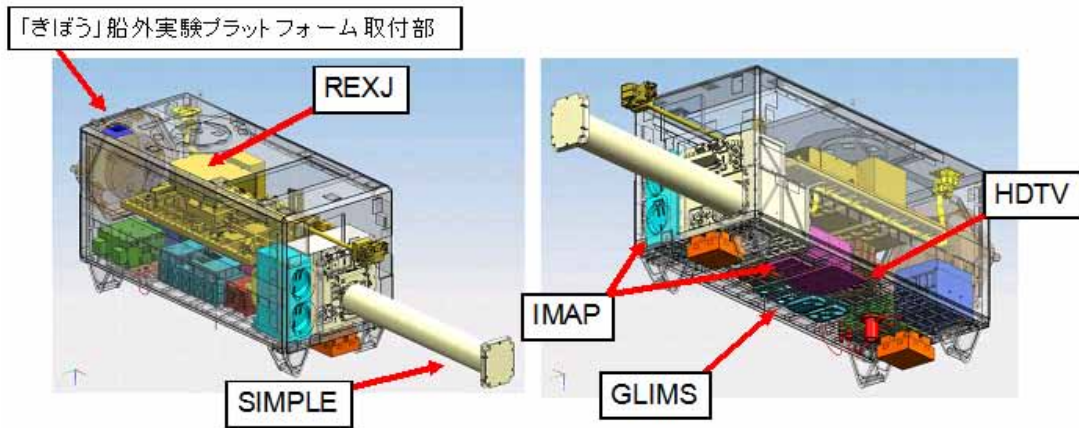


図3.1-3(1/2) ポート共有型実験装置(MCE)

<http://kibo.jaxa.jp/experiment/ef/mce/>



✓質量 :500kg以下

✓寸法 :1.8m×1.0m×0.8m (SIMPLE伸展部は含まない)

✓搭載ミッション

1. 地球超高層大気撮像観測(IMAP)
2. スプライト及び雷放電の高速測光撮像センサ(GLIMS)
3. 宇宙インフレーター構造の宇宙実証(SIMPLE)
4. EVA支援ロボットの実証実験(REX-J)
5. 船外実験プラットフォーム用 民生品 ハイビジョンビデオカメラシステム(COTS HDTV-EF)

図3.1-3(2/2) ポート共有型実験装置(MCE)

<http://kibo.jaxa.jp/experiment/ef/mce/>

星へ届く、宇宙を拓く

日本のISS計画とこうのとりの(HTV)打上げスケジュール

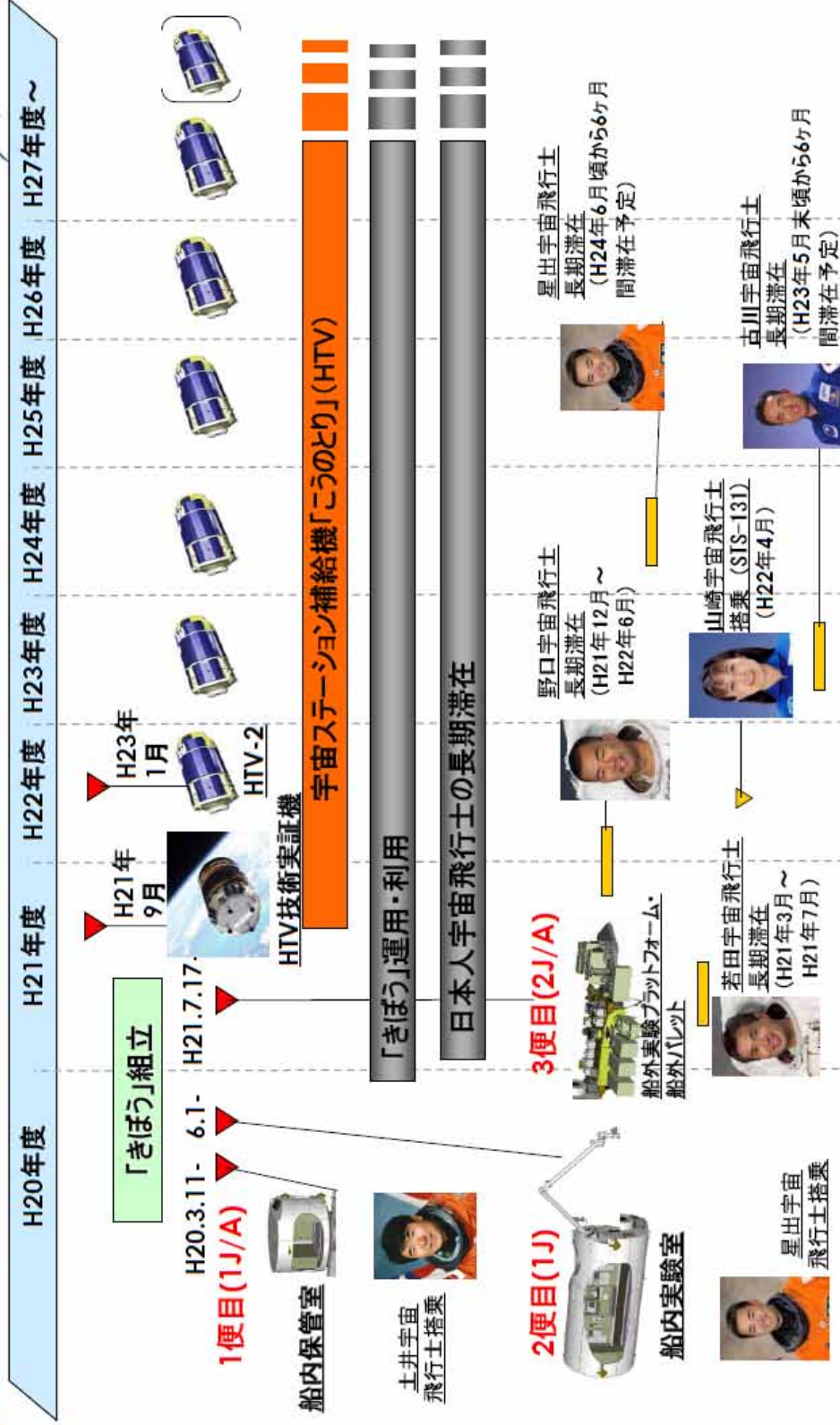
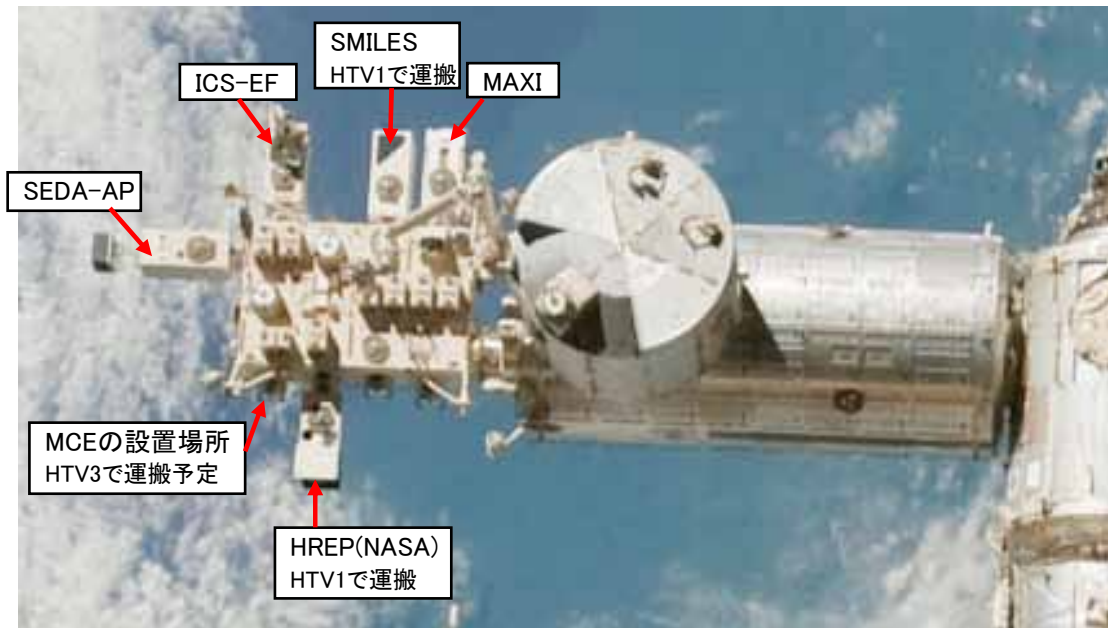
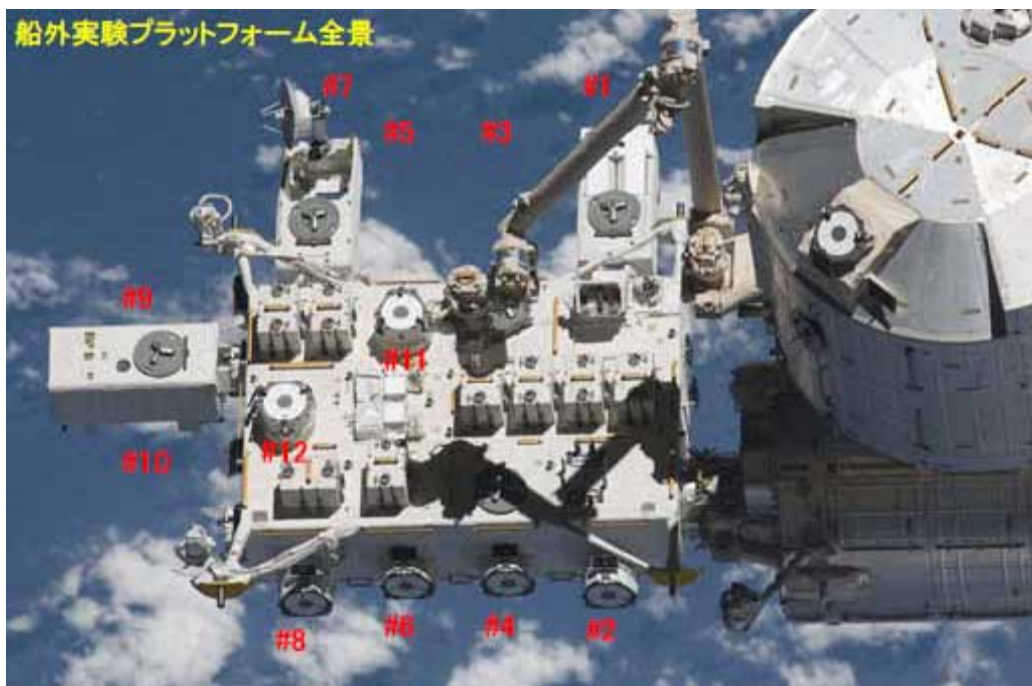


図3.1-1 日本のISS計画と「こうのとりの(HTV)打上げスケジュール



HTV1ミッション後の状態(現在の姿)



HTV1ミッション前(STS-127終了時)の状態

図3.2-1 きぼう船外プラットフォームの利用状況

付録 1 HTV/ISS 関連略語集

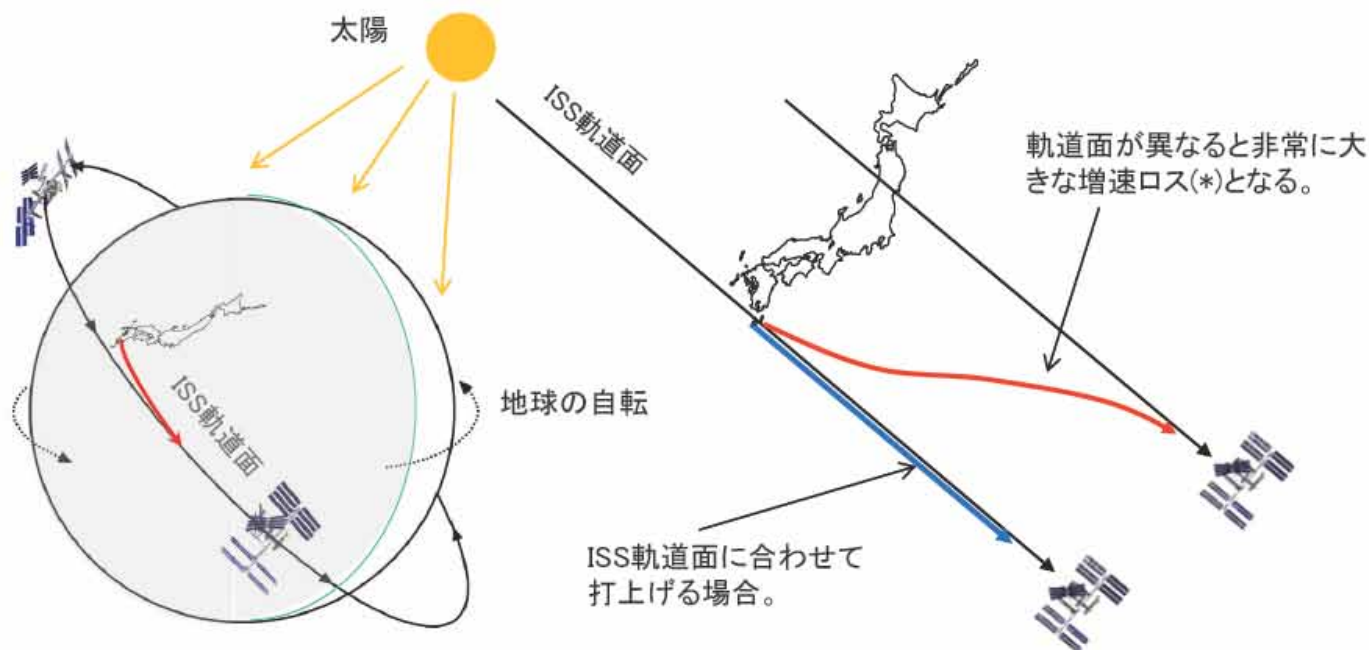
略語	英名称	和名称
ACU	Abort Control Unit	アボート制御ユニット(HTV)
AI	Approach Initiation	接近開始点(HTV)
AM	Avionics Module	電気モジュール(HTV)
AQH	AQuatic Habitat	(MSPR)水棲生物実験装置
ARO	—	(JAXA の HTV 運用管制チーム)
ATV	Automated Transfer Vehicle	(ESA)欧州補給機
BCS	Berthing Camera System	係留用カメラシステム(HTV)
BDCU	Battery Discharge Control Unit	バッテリー放電制御器(HTV)
CAPCOM	Capsule Communicator	キャプコム(NASA)
CAM	Collision Avoidance Maneuver	衝突回避マヌーバ
CARGO	—	(JAXA の HTV 運用管制チーム)
CBM	Common Berthing Mechanism	共通結合機構
CCE	Chamber for Combustion Experiment	(MSPR)燃焼実験チャンバ
CG	Computer Graphics	コンピュータグラフィックス
CG	Center of Gravity	重心
CM	Co-elliptic Maneuver	共軌道マヌーバ(HTV)
CMD	Command	(JAXA の HTV 運用管制チーム)
COMM/DH	—	(JAXA の HTV 運用管制チーム)
COTS	Commercial Orbital Transportation Services	軌道への商業輸送サービス
CPA	Controller Panel Assemblies	(CBM)制御パネル
CRS	Commercial Resupply Services	商業補給サービス
CTB	Cargo Transfer Bag	物資輸送用バッグ(ISS)
CTC	Cargo Transport Container	曝露カーゴ輸送用コンテナ
CWC-I	Contingency Water Container-Iodine	水バッグ(ヨウ素添加型)
CZ	Communication Zone	通信領域(HTV)
DH	Data Handling	データ処理
DMS	Data Management System	データ管理システム
DOM	Deorbit Maneuver	軌道離脱マヌーバ(HTV)
DSM	Descending Maneuver	高度低下マヌーバ(HTV)
EF	Exposed Facility	「きぼう」船外実験プラットフォーム
EFU	Exposed Facility Unit	船外実験プラットフォーム側装置交換機構
ELC	EXPRESS Logistics Carrier	(NASA)エクスプレス補給キャリア
EP	Exposed Pallet	曝露パレット(HTV)
EP	—	(JAXA の HTV 運用管制チーム)
EPC	Exposed Pallet Controller	曝露パレット制御装置(HTV)
EP-MP	Exposed Pallet - Multi-Purpose	多目的曝露パレット
EPS	Electrical Power System	電力系
ESA	Earth Sensor Assembly	地球センサ(HTV)
FD	Flight Day	飛行日
FD	Flight Director	フライト・ディレクタ
FDS	Fire Detection and Suppression	火災検知・消火
FHRC	Flex Hose Rotary Coupler	フレックス・ホース・ロータリー・カプラ
FOR	Flight Operations Review	飛行運用審査会
FRAM	Flight Releasable Attach Mechanism	(NASA の)取付機構
FRR	Flight Readiness Review	飛行審査会
FRGF	Flight Releasable Grapple Fixture	グラブルフィクスチャ
FWD	Forward	進行方向側、前方
GCC	Guidance Control Computer	誘導制御コンピュータ(HTV)
GF	Grapple Fixture	グラブルフィクスチャ

略語	英名称	和名称
GHF	Gradient Heating Furnace	温度勾配炉
GHF-MP	GHF-Material Processing Unit	GHF 炉体部
GMT	Greenwich Mean Time	グリニッジ標準時(世界標準時)
GNC	Guidance Navigation Control	誘導・航法及び制御
GNC	—	(JAXAのHTV運用管制チーム)
GPS	Global Positioning System	GPS アンテナ
GPSR	GPS Receiver	GPS 受信機
GSE	Ground Support Equipment	地上支援装置
GTO	Geostationary Transfer Orbit	静止トランスファ軌道
HAM	Height Adjusting Maneuver	高度調整マヌーバ(HTV)
HBSCS	HTV Berthing Camera System	HTV バーシングカメラシステム
HC	Hand Controller	ハンド・コントローラ(HTV)
HCAM	HTV Cargo Attachment Mechanism	カーゴ取付機構(HTV)
HCE	Heater Control Electronics	ヒータ制御装置(HTV)
HCSM	HTV Connector Separation Mechanism	コネクタ分離機構(HTV)
HCP	HTV Hardware Command Panel	搭乗員用コマンドパネル(HTV)
HDM	Holddown Mechanism	軌道上捕捉機構(HTV)
HEFU	HTV Exposed Facility Unit	簡易 EFU(HTV 曝露パレット)
HGAS	HTV GPS Antenna Subsystem	HTV アンテナサブシステム
HPIU	HTV Payload Interface Unit	簡易型ペイロード側装置交換機構
HRR	HTV Resupply Rack	HTV 補給ラック
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/電離圏リモート探知システム実験装置
HSM	Harness Separation Mechanism	ハーネス分離機構
HTV	H-II Transfer Vehicle	宇宙ステーション補給機「こうのとり」
HTV-FLIGHT	HTV Flight	(JAXAのHTV運用管制チーム)
HTVGC	—	(JAXAのHTV運用管制チーム)
HTV OCS	HTV Operations Control System	HTV 運用管制システム
HTVPLAN	—	(JAXAのHTV運用管制チーム)
HTVSYS	—	(JAXAのHTV運用管制チーム)
ICS	Inter-orbit Communication System	「きぼう」衛星間通信システム
IMMT	ISS Mission Management Team	ISS ミッションマネージメント
IMV	Inter-Module Ventilation	モジュール間通風換気
IOS	Inter-Orbit Link System	衛星間通信装置
I/O	Input / Output	入出力
IOCU	Input / Output Controller Unit	入出力制御ユニット(HTV)
ICS	Inter-orbit Communications System	衛星間通信システム(JEM)
ISPR	International Standard Payload Rack	国際標準ペイロードラック
ISS	International Space Station	国際宇宙ステーション
ITCS	Internal Thermal Control System	内部熱制御系(ISS)
JAXA	Japan Aerospace Exploration Agency	宇宙航空研究開発機構
JEF	JEM Exposed Facility	「きぼう」船外実験プラットフォーム
JEM	Japanese Experiment Module	「きぼう」日本実験棟
JEMRMS	JEM Remote Manipulator System	「きぼう」ロボットアーム
JPM	JEM Pressurized Module	「きぼう」船内実験室
JSC	Johnson Space Center	NASA ジョンソン宇宙センター
JST	Japanese Standard Time	日本標準時
KOS	Keep Out Sphere	進入禁止域(ISS から半径 200m)
KOZ	Keep Out Zone	進入禁止ゾーン

略語	英名称	和名称
LED	Light Emitting Diode	発光ダイオード
LP1	Launch Pad1	大型ロケット発射場第1射点(種子島)
LP2	Launch Pad2	大型ロケット発射場第2射点(種子島)
LRR	Laser Rader Reflector	反射器(レーザレーダリフレクタ)(HTV)
MAXI	Monitor of All-sky X-ray Image	全天線監視装置
MBS	Mobil Base System	モバイル・ベース・システム(ISS)
MBU	Main Bus Unit	メインバスユニット
MCC	Mission Control Center	ミッション管制センター(JSC)
MCC-H	MCC-Houston	ミッション管制センター・ヒューストン
MCE	Multi-mission Consolidated Equipment	(JAXA)ポート共有実験装置
MET	Mission Elapsed Time	ミッション経過時間
MLI	Multi-Layer Insulation	多層断熱材
MMH	Monomethylhydrazine	モノメチルヒドラジン(燃料)
MON3	Mixed oxides of nitrogen contains 3% nitric oxide	一酸化窒素添加二酸化窒素(酸化剤)
MSPR	Multi-purpose Small Payload Rack	多目的実験ラック
MT	Mobile Transporter	モバイル・トランスポーター(台車)
nadir	—	天底
NASA	National Aeronautics and Space Administration	米国航空宇宙局
NET	No Earlier Than	～以降
ORU	Orbital Replacement Unit	軌道上交換ユニット
PAS	Payload Attach System	ペイロード取付システム
P-ANT	PROX Antenna	近傍通信システム用アンテナ(HTV)
P-BAT	Primary Battery	1次電池(HTV)
PBA	Portable Breathing Apparatus	可搬式交換呼吸器
PCBM	Passive CBM	パッシブ側共通結合機構
PCS	Portable Computer System	ラップトップ・コンピュータ
PFE	Portable Fire Extinguisher	(ISS内の)消火器
PEV	Pressure Equalization Valve	均圧弁
PIU	Payload Interface Unit	装置交換機構
PLC	Pressurized Logistics Carrier	補給キャリア与圧部
PLS	Proximity Link System	近傍通信装置(HTV)
PM	Phase Adjusting	位相調整
PM	Pressurized Module	「きぼう」の船内実験室
PM	Propulsion Module	推進モジュール(HTV)
PMM	Permanent Multipurpose Module	恒久型多目的モジュール
POA	Payload and Orbital Replacement Unit Accommodation	ペイロード/軌道上交換ユニット保持装置
POCC	Payload Operations Control Center	ペイロード運用センター
POIC	Payload Operations Integration Center	ペイロード運用統合センター
Port	—	左舷側
POWER	—	(JAXAのHTV運用管制チーム)
PROP	—	(JAXAのHTV運用管制チーム)
PROX	Proximity Communication System	近傍通信システム(HTV)
Psi	Pounds per square inch	圧力単位
PSL	Permanent Solid-state Lighting	LED照明(HTV)
PSRR	Pressurized Stowage Resupply Rack	「きぼう」船内保管室搭載型保管ラック
PVGF	Power& Video Grapple Fixture	電力・映像グラブルフィクスチャ
R-Bar	—	アールバー
RCS	Reaction Control System	姿勢制御システム
RNDV	—	(JAXAのHTV運用管制チーム)

略語	英名称	和名称
ROE	—	(JAXA の HTV 運用管制チーム)
RPCM	Remote Power Controller Module	遠隔電力制御モジュール
RSP	Resupply Stowage Platform	(NASA)補給品保管プラットフォーム
RVFS	Rendezvous Flight Software	HTV ランデブ搭載ソフトウェア
RVS	Rendezvous Sensor	ランデブセンサ (HTV)
S-BAT	Secondary Battery	2 次電池 (HTV)
SCAM	Sample Cartridge Automatic Exchange Mechanism	(GHF)試料自動交換機構
SCAN	Space Communications and Navigation	(NASA 実験装置)
SEA	Small Experiment Area	(MSPR)小規模実験エリア
SEDA-AP	Space Environment Data Acquisition equipment-Attached Payload	宇宙環境計測ミッション装置
SFA	Small Fine Arm	「きぼう」のロボットアームの子アーム
SFA2	Second Spacecraft and Fairing Assembly Building	第2衛星フェアリング組立棟(種子島)
SIGI	Space Integrated GPS/INS(Inertial Navigation System)	宇宙用 GPS/INS(GPS/慣性航法システム)
SLEEPR	Structural Launch Enclosure to Effectively Protect Robonaut	「ロボノート」打上げ時の保護収納箱
SMILES	Superconducting Submillimeter-Wave Limb-Emission Sounder	超伝導サブミリ波リム放射サウンダ
SPDM	Special Purpose Dexterous Manipulator	特殊目的ロボットアーム「デクスター」
SRB	Solid Rocket Booster	固体ロケットブースタ
SRCA	System on/off Remote Control Assembly または Switch Remote Control Assembly	(ISS 内の)照明スイッチ
SSCC	Space Station Control Center	宇宙ステーション管制センター
SSIPC	Space Station Integration and Promotion Center	宇宙ステーション総合推進センター (TKSC)
SSM	Shockless Separation Mechanism	低衝撃分離機構(HTV)
SSRMS	Space Station Remote Manipulator System	ISS のロボットアーム
STBD	starboard	右舷
SYS-J	—	(JAXA の HTV 運用管制チーム)
TDRS	Tracking and Data Relay Satellite	追跡データ中継衛星(NASA)
THERMAL	—	(JAXA の HTV 運用管制チーム)
TRAJ	—	(JAXA の HTV 運用管制チーム)
TRRJ	Thermal Radiator Rotary Joint	放熱用ラジエータ回転機構
TSM	Tie-down Separation Mechanism	打上拘束分離機構
TKSC	Tsukuba Space Center	筑波宇宙センター
TNSC	Tanegashima Space Center	種子島宇宙センター
ULC	Unpressurized Logistics Carrier	補給キャリア非圧部
ULF	Utilization and Logistics Flight	(シャトル)利用補給フライト
VAB	Vehicle Assembly Building	大型ロケット組立棟(種子島)
VDC	Volt Direct Current	電力単位
WB	Work Bench	(MSPR)ワークベンチ
WV	Work Volume	(MSPR)ワークボリューム
ZOE	Zone of Exclusion	不可視域
zenith	—	天頂

付録2 ランデブ概念1 – 打上げのタイミング



H-IIBロケットは、ISS軌道面が種子島宇宙センタ上空にあるときに発射しなければならない

(*) 例えば、打上げ時刻が10分前後するだけで、HTVがISSの軌道面に合わせるためには搭載した推進薬の大部分を使ってしまう。

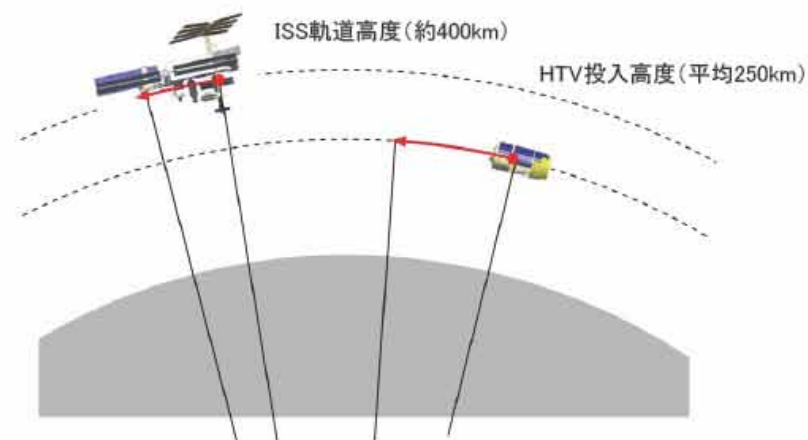


付録2 ランデブ概念2 – 位相調整

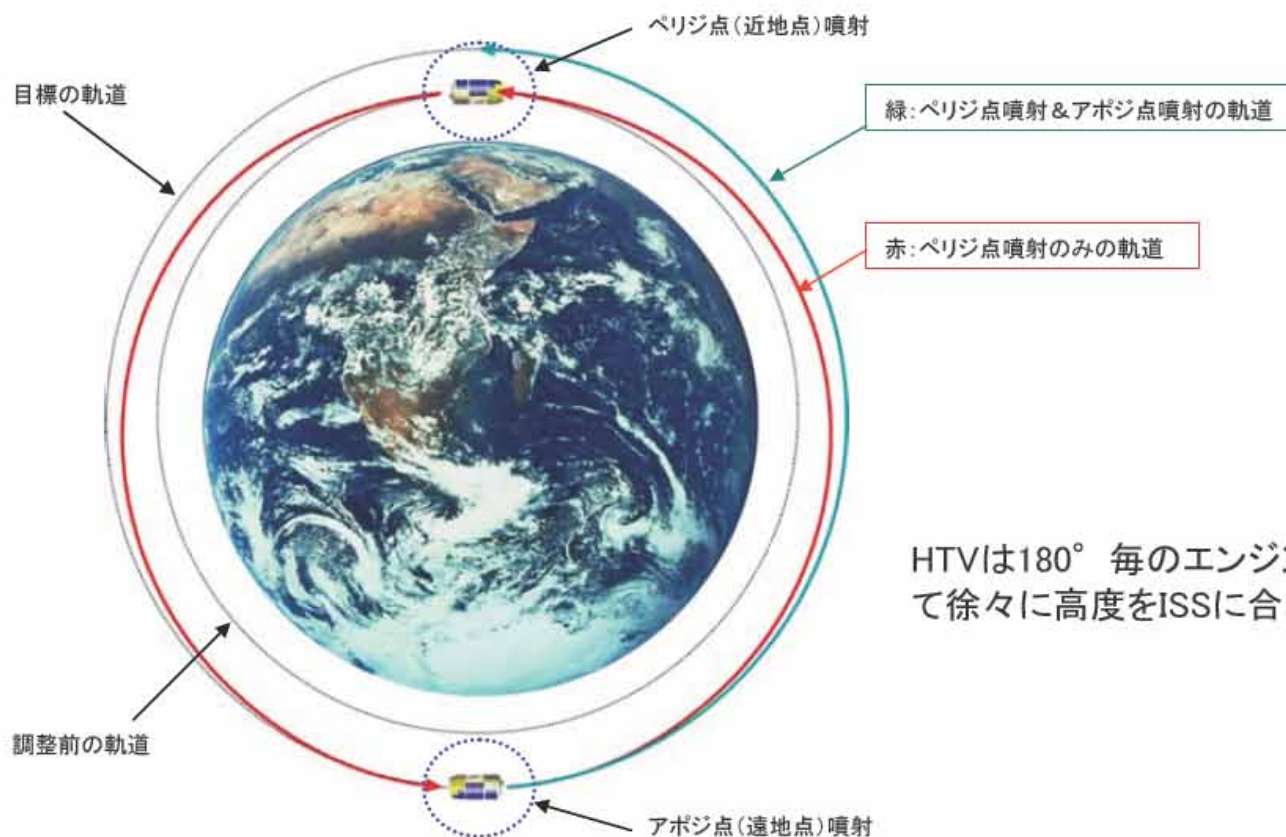


HTVがISSと同じ軌道面に入った時点で、位相を合わせる必要がある。

ケプラーの第3法則
「軌道半径の3乗と軌道周期の2乗は比例する」
＝ 軌道高度の低いHTVは、ISSより角速度が速い



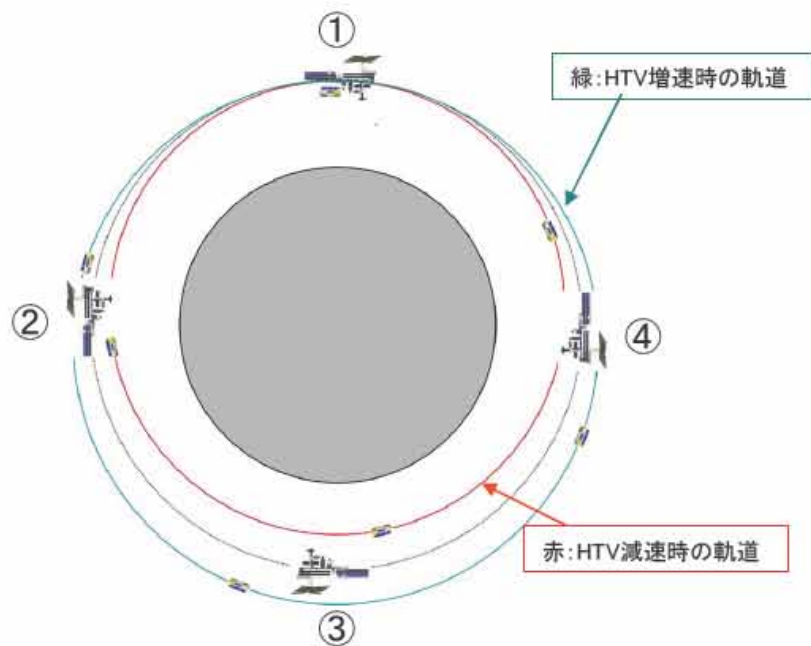
付録2 ランデブ概念3 - 高度調整



HTVは180° 毎のエンジン噴射によって徐々に高度をISSに合わせていく。

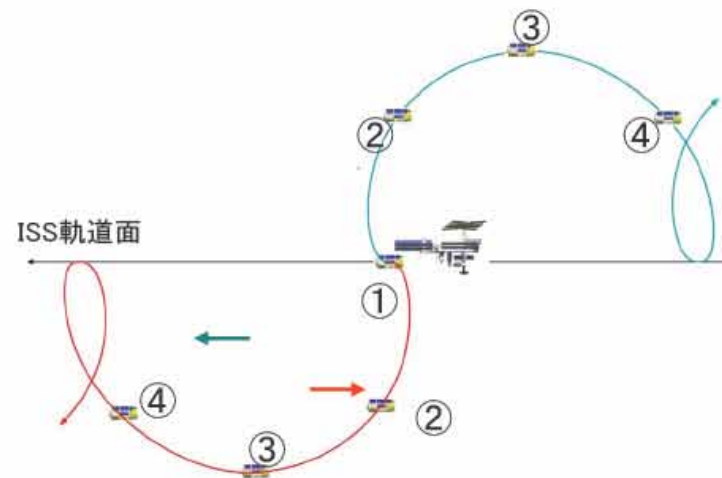


付録2 ランデブ概念4 - 相対位置調整



HTVが「減速」すると「前へ進む」

HTVが「増速」すると「後ろへ下がる」



付録3 参考情報リスト

本プレスキット以外に、HTVに関しては以下の参考になる情報がホームページ上で公開されていますので参照下さい。

(1)愛称「こうのとりの」、ローマ字表記「KOUNOTORI」の選定結果

・宇宙ステーション補給機(HTV)の愛称選定について(2010年11月11日)

http://www.jaxa.jp/press/2010/11/20101111_kounotori_j.html

「こうのとりの」の愛称は、全国から寄せられた17,236件の応募の中から選定されました。

選定理由:「こうのとりの」は大切なもの(赤ん坊、幸せ)を運ぶ鳥としてのイメージがあり、国際宇宙ステーション(ISS)に重要な物資を運ぶHTVのミッション内容を的確に表しているため。

(2)HTV2の打上げ計画

・H-IIBロケット2号機による宇宙ステーション補給機2号機の打上げ計画概要
(2010年11月10日、宇宙開発委員会報告資料)

http://www.jaxa.jp/press/2010/11/20101110_sac_h2bf2_j.html

(3)HTV2の準備状況、HTV1からHTV2への変更点

・宇宙ステーション補給機2号機(HTV2)の準備状況について(2010年10月27日、宇宙開発委員会報告資料)

http://www.jaxa.jp/press/2010/10/20101027_sac_htv2_j.html

(4)HTV2に関するプレス公開 勉強会資料(2010年11月25日) [PDF: 3.5MB]

http://kibo.jaxa.jp/library/press/data/101125_htv_study.pdf

(5)国産LED照明に関する情報

・世界初 JAXAが開発中の宇宙ステーション用補給機へLED照明の採用が決定
(2008年11月5日パナソニック電工プレスリリース)

<http://panasonic-denko.co.jp/corp/news/0811/0811-1.htm>

・宇宙ステーション補給機(HTV)第2号機用のLED照明2台を納入(2009年8月24日パナソニック電工株式会社)

<http://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000097.000001169.html>

・LED照明 宇宙を飛ぶ (JAXAオープンラボ)

<http://aerospacebiz.jaxa.jp/openlab/interview/11/index.html>

(6)HTV1の飛行結果の報告

・宇宙ステーション補給機(HTV)技術実証機の国際宇宙ステーション(ISS)離脱及び再突入結果について (PDF:381KB)(2009年11月4日)

http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/uchuu/013/gijiroku/_icsFiles/afieldfile/2010/01/13/1287381_3.pdf

・宇宙ステーション補給機(HTV)技術実証機の飛行結果 (2009年)

http://www.jaros.or.jp/space%20utilization%20view/h21_7.pdf

(7)回収機能付加型宇宙ステーション補給機(HTV-R)検討状況

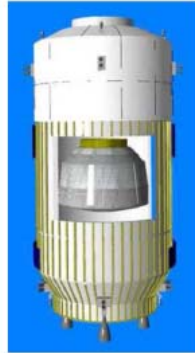
(2010年8月11日、宇宙開発委員会報告資料)

・回収機能付加型宇宙ステーション補給機(HTV-R)検討状況(PDF:732KB)

http://www.jaxa.jp/press/2010/08/20100811_sac_htv-r_j.html



オプション0:
小型カプセル案
(HTV与圧部内搭載型)



オプション1:
非与圧部内搭載型



オプション2:
与圧部置換型

(8) きぼう船内実験室利用ハンドブック

<http://kibo.jaxa.jp/experiment/theme/application/pm0202/pmhandbook.pdf>

(9) STS-133(ULF5)ミッション概要

<http://iss.jaxa.jp/iss/ulf5/mission/pressdoc/>

(10) こうのとり2号機 (HTV2) の打上げ準備状況について (2011年1月12日)

STS-133の打上げ延期に伴う影響などを整理

http://www.jaxa.jp/press/2011/01/20110112_sac_htv2.pdf



宇宙航空研究開発機構

筑波宇宙センター

〒305-8505 茨城県つくば市千現2-1-1

Home Page URL <http://www.jaxa.jp/>

<http://iss.jaxa.jp/>