



空へ挑み、宇宙を拓く



宇宙ステーション補給機 「このとり」3号機 (HTV3) ミッションプレスキット



2012年7月26日 B改訂版
宇宙航空研究開発機構

<http://iss.jaxa.jp/htv/mission/htv-3/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	2012.06.01	—	
A	2012.06.20	P1-8, 1-32, 1-34, 1-36, 1-37, 1-41~1-49, 1-59, 2-4, 2-5, 2-27	図 1.6.1-17 AQH の水槽部の工夫の図を更新 小型衛星の放出ミッションに関する情報を追加 図 1.6.1-27 を追加 その他、表現の見直し 誤記・誤情報の訂正
B	2012.07.26	P1-1, 1-3, 1-6, 1-8, 1-9	ISS からの離脱日を 8/27 から 9/7 へ変更 打上げ実績を反映

目次

1. 「こうのとりの3号機(HTV3)ミッション	1-1
1.1 「こうのとりの3号機(HTV3)概要	1-1
1.2 3号機での主要変更点	1-4
1.3 「こうのとりの3号機(HTV3)ミッションの打上げ／飛行計画概要	1-8
1.4 「こうのとりの3号機(HTV3)運用スケジュール	1-9
1.5 「こうのとりの3号機(HTV3)運用スケジュール(詳細版)	1-11
1.6 搭載品	1-25
1.6.1 補給キャリア与圧部搭載品	1-26
1.6.2 補給キャリア非与圧部搭載品	1-50
1.7 「こうのとりの3号機(HTV3)の運用管制	1-65
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」3号機(HTV3)ミッション

1.1 「こうのとり」3号機(HTV3)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、2号機(HTV2)は2011年1月22日にH-IIBロケットで打上げられました。なお、2号機からは「こうのとり」という愛称が使われています。

2012年7月21日に打上げられたHTV3ミッションの特徴と主な目的は以下の通りです。

「こうのとり」3号機の特徴

◆「こうのとり」の特徴

- 唯一の大型輸送能力(大型ラック、船外実験装置等)
- 世界に先駆けた有人対応ランデブ・キャプチャ技術

↓

◆3号機の特徴(開発フェーズから運用・利用フェーズへ)

- ISSの利用を拡大するための利便性改善
 - 直前の物資搭載能力の改善
 - 軌道上へ予備品の緊急輸送
- 機体開発の完了
 - 主要機器の国産化(技術の完成)
 - こうのとりの技術輸出(国際競争力のある技術の蓄積)
- 有人宇宙船開発等に向けたデータ取得
 - 国内企業との共同研究(再突入データ収集装置)

図1.1-1 「こうのとり」3号機の特徴

(1) ISSへの物資の輸送

- ・合計で最大6トンの貨物をISSへ輸送
- ・与圧部では、食料、補給品、実験装置・試料等を輸送
(日本の主な物資)
 - 水棲生物実験装置(Aquatic Habitat: AQH)
 - 小型衛星放出機構((JEM-Small Satellite Orbital Deployer:J-SSOD)
 - JAXA公募小型衛星3機
 - 再突入データ収集装置(i-Ball)
 - 冷却水循環ポンプ
- (海外の主な物資)
 - 触媒反応器(水再生システムの一部)

- NASA提供小型衛星2機
- 再突入データ収集装置(REBR)
- ・曝露パレットではJAXAとNASAの実験装置を輸送
 - JAXAのポート共有実験装置(Multi-mission Consolidated Equipment: MCE)
 - NASAの衛星間通信実験装置(SCAN Testbed)

(2) ISSの物資の廃棄

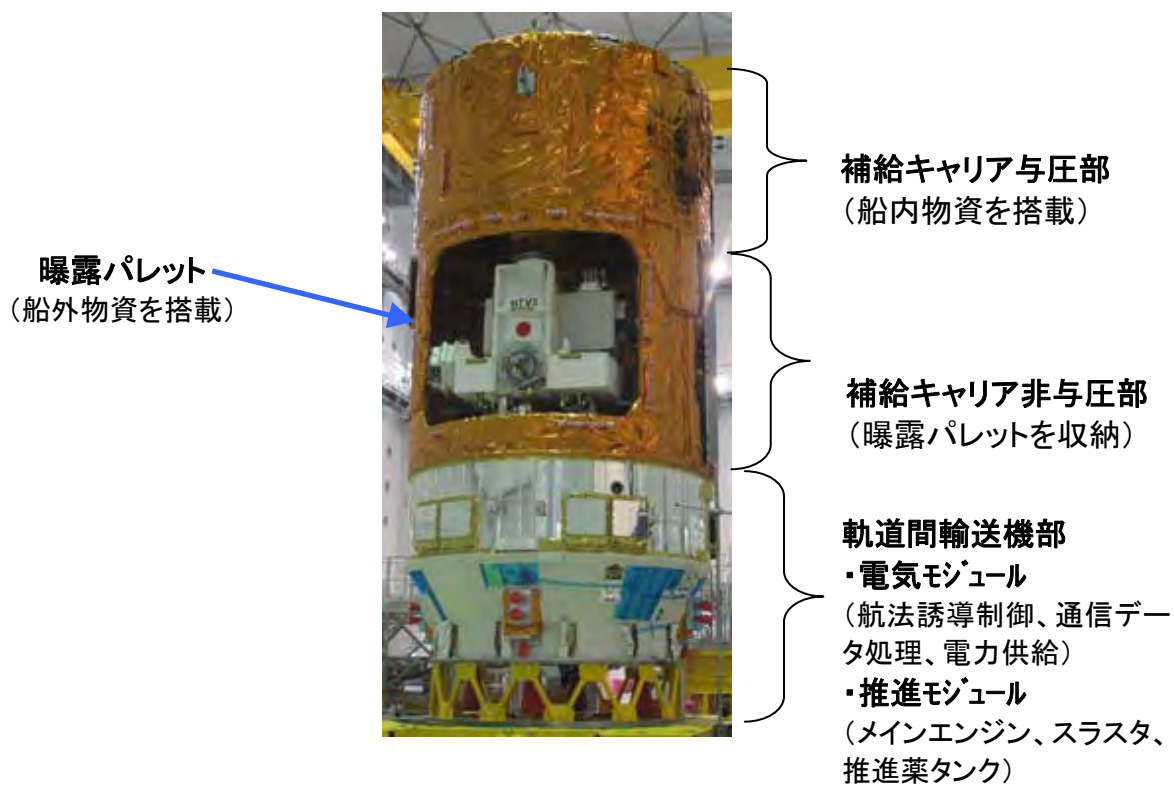


図1.1-2 「こうのとり」3号機の構成

HTV2以降は、技術実証機(HTV1)を運用機に改良したため、物資の補給能力が異なっています。

表1.1-1 HTV技術実証機とHTV2, HTV3の比較

	技術実証機(HTV1) (実績値)	HTV2 (実績値)	HTV3 (計画値)
ISSへの補給量			
(うち)船内物資	3.6トン	約4トン	約3.5トン*2
(うち)船外物資	0.9トン	約1.3トン	約1.1トン
合計	4.5トン*1	約5.3トン	約4.6トン*2
総質量	約16トン	約16トン	約15.4トン
目標軌道			
高度(円軌道)	347km (近地点330km)	352km	約400km
軌道傾斜角	51.6度	51.6度	51.6度
ミッション期間	計 約53日間	計 約67日間	計 49日間(予定)
ランデブ飛行期間	7日間	5日間*3 (計画は7日間)	計画は6日間
ISS滞在期間	43日間 (設計要求は30日間)	60日間*4 (HTV2以降設計要求は45日間)	41日間 (注:ISSミッションの状況に応じて変更の可能性あり)
離脱・再突入期間	3日間	2日間	2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)補給重量に関しては、質量は小さくてもかさばる装置もあるため、重量だけでは単純比較できません。HTV3では船内物資に関しては容積的には十分搭載されています。

*3)悪天候のため打上げを2日延期した関係で短縮しました。

*4)STS-133の打上げ延期に伴い、STS-133とミッション期間が重なったため、NASAとの調整に基づいて係留期間を延長しました。

1.2 3号機での主要変更点

宇宙ステーション補給機「こうのとり」3号機(HTV3)は、HTV2から以下のような変更が行われております。

(1)機体の変更点

主要機器の国産化を進めたことにより、3号機でHTVの開発が完了しました。今後は、この設計で運用機として量産が行われます。

(1.1)メインエンジンとRCSスラスタの国産化

HTV2までは、メインエンジン(4基)に米エアロジェット社のR-4Dエンジン(推力490N)を、RCS(Reaction Control System)スラスタ(28基)にはシャトルのバーニアRCSスラスタとしても使われていた米エアロジェット社のR-1Eスラスタ(推力110N)を使用していましたが、これらを国産品に置き換えます。

メインエンジン(HBT-5エンジン)及びRCSスラスタ(HBT-1スラスタ)ともにIHIエアロスペース(IA)社が開発を担当しました。メインエンジンは、既存のIA製500Nスラスタをベースに本格的なパルス噴射可能なエンジンとしました。一方、120N級のRCSスラスタの開発は、日本で初めての試みでした。

(1.2)通信装置(トランスポンダ、ダイプレクサ)の国産化

NASAの追跡・データ中継衛星との通信を行う衛星間通信装置と、ISSとの直接通信を行う近傍通信装置の2種類の通信装置を国産化しました(近傍通信装置のB系のトランスポンダは一足先に2号機で搭載済み)。

(1.3) 曝露パレットに多目的曝露パレット型(EP-MP)を初めて使用

曝露パレットに、多目的曝露パレットEP-MP(Exposed Pallet – Multi-Purpose)を初めて使用します。EP-MPは、今後想定される多様な船外用貨物の運搬要求に応えるために開発されました。

(1.4) 曝露パレット引込機能の見直し

補給キャリア非与圧部の曝露パレット引込機能は、解析の結果とHTV1の飛行結果から必要ない事が確認できたため、HTV3からは軌道上捕捉機構(Hold-down Mechanism: HDM)の引込アームとモータを削除し、位置検出機構(Position Inspection Mechanism: PIM)へ変更されました。

その他の変更点は、次ページの図を参照下さい。



HTV2号機からの主要変更点

【与圧部】

- ・船内側ハッチ二重窓の材質変更 (ガラス→ポリカーボネート)
- ・軌道上支援装置(スタンドオフOSE)および搭載構造削除
- ・物資輸送バッグ(CTB)用スタンドオフコンテナ非搭載(HTV2は1式搭載)

船外側ハッチ窓 (ポリカーボネード)
船内側ハッチ窓 (ポリカーボネード)
ハッチ二重窓材質変更

CTBコンテナ (削除)
CTBコンテナ(削除箇所)

【ソフトウェア】

HTV1.2飛行結果反映、及び運用性向上改善等のためのソフトウェア変更

- ・ランデブ搭載ソフトウェア
- ・ミッション制御コンピュータ搭載ソフトウェア
- ・誘導制御コンピュータ(GCC)/アボート制御ユニット(ACU) 搭載ソフトウェア

【電気モジュール】

- ・国産品の採用(トランスポンダ、ダイプレサ)
- ・一次電池7台への仕様固定化による中継コネクタ、ブラケット、ハーネス等の削除
- ・電磁適合性(EMC)対策のための回路変更

国産トランスポンダ

【推進モジュール】

- ・国産スラスタの採用(RCS、メイン)
- ・メインスラスタへの温度センサ追加
- ・Nextelカバー追加(RCS)

RCSスラスタ メインスラスタ

【非与圧部】

- ・曝露パレット搭載機構の変更 (軌道上捕捉機構(HDM)から位置検出機構(PIM)へ変更)

HDM PIM

【曝露パレット】

- ・多目的曝露パレット(EP-MP)変更
- ・輸送品: MCE、SCAN Testbed

MCE SCAN Testbed

OSE(Orbital Support Equipment)、CTB(Cargo Transfer Bag)、EMC(Electro-Magnetic Compatibility)、GCC(Guidance Control Computer)、ACU(Abort Control Unit)、RCS(Reaction Control System)、HDM(Hold-down Mechanism)、PIU(Position Inspection Mechanism)、MCE(Multi-mission Consolidated Equipment)、SCAN(Space Communications and Navigation)

図1.2-1 HTV2号機からの主な変更点

国産化(エンジン、スラスタ)

「こうのとりの」3号機では、国産のエンジン、スラスタを搭載。

- ・500N級メインエンジン(4基)
増速量の大きな軌道変換、ISSへの衝突回避時に使用する。
- ・120N級RCSスラスタ(14基×2系)
増速量の小さな軌道変換、姿勢制御、ISS最終接近時に使用する。

国産化の目的は以下の通り。

- ◆ 軌道間輸送のキーテクノロジーの獲得
- ◆ 調達コストの低減
- ◆ 調達安定性の確保

国産メインエンジン 国産RCSスラスタ

前方RCSスラスタ 12基 後方RCSスラスタ 16基 メインエンジン 4基

国産メインエンジン、スラスタの搭載位置

図1.2-2 メインエンジンとスラスタの国産化

国へ帰る、宇宙を拓く


国産化(通信装置)

トランスポンダ(送受信機)

- ・コマンドを送信・テレメトリデータを受信するための通信機
- ・使用周波数に応じたNASAデータ中継衛星通信用(IOSトランスポンダ)と宇宙ステーション近傍通信用(PLSトランスポンダ)の2種がある

ダイプレクサ(分波器)

- ・トランスポンダの送信機と受信機でアンテナを共用して送信・受信を同時に行うための無線機器
- ・トランスポンダと同様IOS用とPLS用の2種がある

アンテナ(2号機～)

- ・IOS用とPLS用の2種がある。PLS用はさらに天頂方向用、地球方向用の2種に分かれる



トランスポンダ
(IOS、PLSとも同形)



ダイプレクサ
(PLS用)



PLS天頂方向用
(IOS用も同形)

PLS地球方向用

アンテナ

IOS (Inter-Orbit Link System): 衛星間通信装置

PLS (Proximity Link System): 近傍通信装置

図1.2-3 通信装置の国産化 (アンテナは2号機で国産化済み)

(2)運用面での変更

(2.1)最終積み込み可能な貨物能力を改善

HTV1, 2と比べてHTV3では、貨物の最終積み込み可能量を増やしています (基準バッグ(CTB)サイズで、HTV2の約30個から約80個に増加、ただし、収納場所にはアクセス性や重心位置の考慮も必要なため、フルに搭載できるわけではない)。これは運搬計画を柔軟にすることで、ニーズに応じた貨物をタイムリーにISSに運べるようにするためです。また、積み込み時期もこれまでより遅い時期に積み込めるようになりました(7月初めから中旬にかけて、ロケットのフェアリングにある大型アクセスドアを開いて最終物資の積み込み(レイトアクセス:Late Access)を行う予定です。小型衛星やi-Ballなどもこの時点で搭載します。また、打上げ80時間前に、初の生物サンプル(ハエトリグモ)を搭載)。

CTB (Crew Transfer Bag): 輸送バッグ (CTBについては、P1-28, 1-29の図と写真を参照下さい。)

これとは別に、HTV3では、3月に故障が起きて緊急輸送が必要となったNASAの触媒反応器(水再生システムの機器のひとつ)と、日本の冷却水循環ポンプを4月初めに搭載しています。

(2.2)JEMRMSの地上からの遠隔操作の採用

「きぼう」のロボットアーム(JEMRMS)を使用する際の曝露パレットの船外プラットフォームへの取り付け/取り外し作業、および船外プラットフォームへの曝露ペイロードの移動・設置作業はこれまで宇宙飛行士の操作で行われていましたが、クルーの貴重な作業時間を節減するために、HTV3からは曝露パレットの取り外し作業に関しては地上からの遠隔操作で行う予定です。

これに備えて、2011年12月6日と12月20日にJEMRMSの地上からの遠隔操作デモンストレーションを行って機能確認が行われました。

(2.3)ランデブー高度の上昇

これはHTV側の変更ではなく、ISSの軌道高度がHTV2ミッション後に高度約350kmから約400kmに引き上げられたのに対応して変更になりました。今後もISSはこの高度で運用されます。

1.3 「こうのとり」3号機(HTV3)ミッションの打上げ／飛行計画概要

表 1.3-1 HTV3ミッションの打上げ／飛行計画の概要

2012年7月26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「こうのとり」3号機(HTV3)	
打上げ日時(実績)	2012年7月21日 11時06分18秒	
打上げ予備期間	2012年7月22日～8月31日	
打上げ場所	種子島宇宙センター 大型ロケット発射場 第2射点(LP2)	
ISSとの結合日時(予定)	2012年7月27日21時05分頃 ロボットアームで把持 7月28日3時30分頃 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。)	
ISSからの分離日時(予定)	2012年9月7日早朝(日本時間)を予定 ※ミッションの状況によっては変更される可能性があります。	
再突入日時(予定)	2012年9月8日16時頃(日本時間)を予定 ※ミッションの状況によっては変更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400km	
軌道傾斜角	51.6度	
主要搭載品	補給キャリア 与圧部	船内物資 (HTV補給ラック8台)
	補給キャリア 非与圧部	JAXAとNASAの実験装置2台 (MCE、SCAN Testbed)

HTV3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-3/> (HTV3の情報)

http://www.jaxa.jp/countdown/h2bf3/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。
星出ミッションに関しては「星出宇宙飛行士ISS長期滞在プレスキット」を参照下さい。**

1.4 「こうのとりの3号機(HTV3)運用スケジュール

表 1.4-1 HTV3運用スケジュール 2012年7月26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
1～6日目	ISSとのランデブ・フェーズ
7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
8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への船内物資の運び出し
10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日米の船外実験装置をロボットアームで移設
16日目	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
	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 (48日目で 計画)	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、スラスタ噴射準備 ・ 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

HTV3ミッションでは、飛行7日目に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。

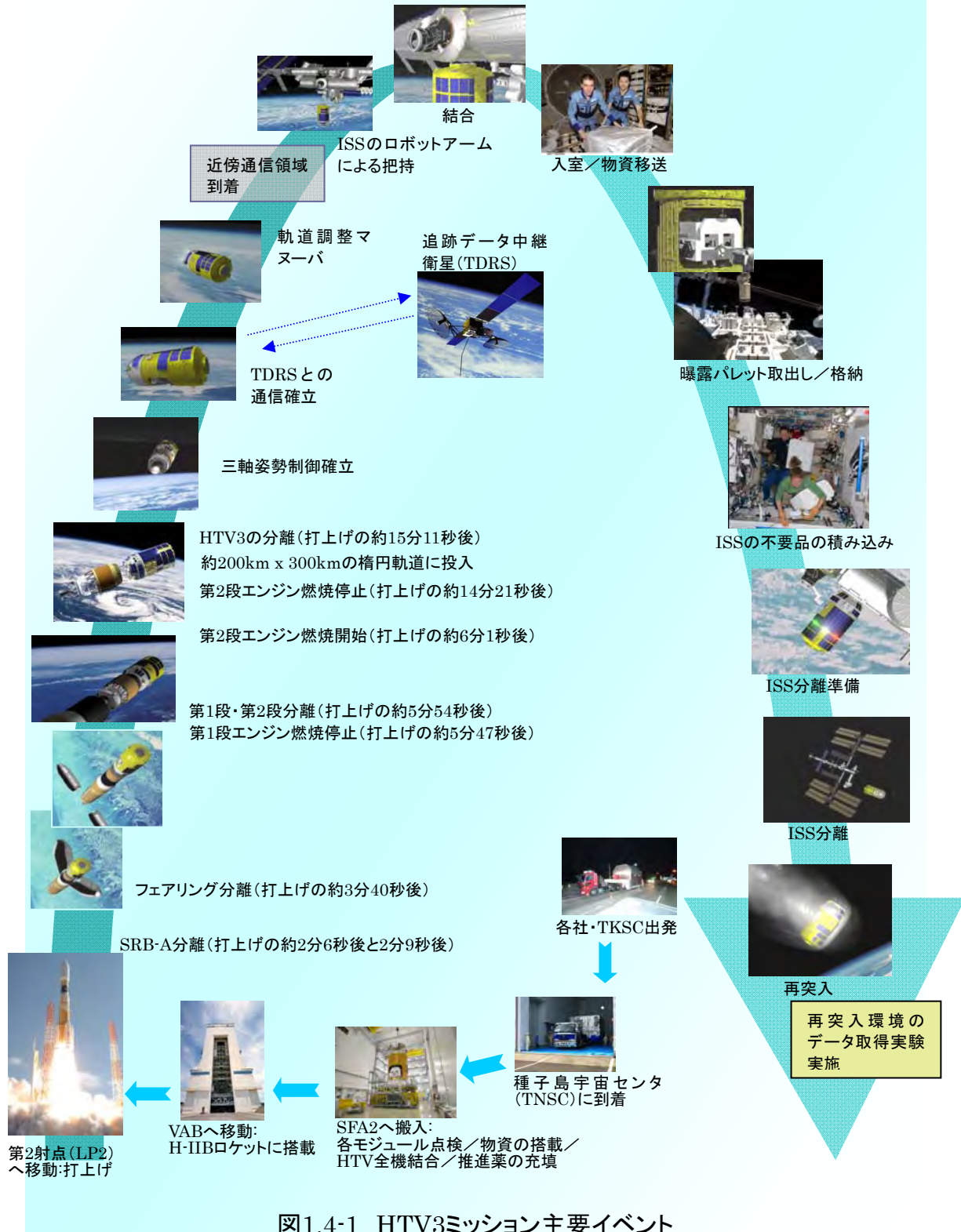


図1.4-1 HTV3ミッション主要イベント

1.5 「こうのとりの3号機(HTV3)運用スケジュール(詳細版)

次ページ以降に、HTV3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：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。

2012年5月28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ロケットの機体移動と打上げ (HTV2)

打上げから2分4秒と2分7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20秒後に停止し、打上げから15分11秒後にはHTV3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、筑波宇宙センター(Tsukuba Space Center: TKSC)にあるHTV運用管制室との通信を開始します。

FD1~6 (飛行1~6日目)の運用

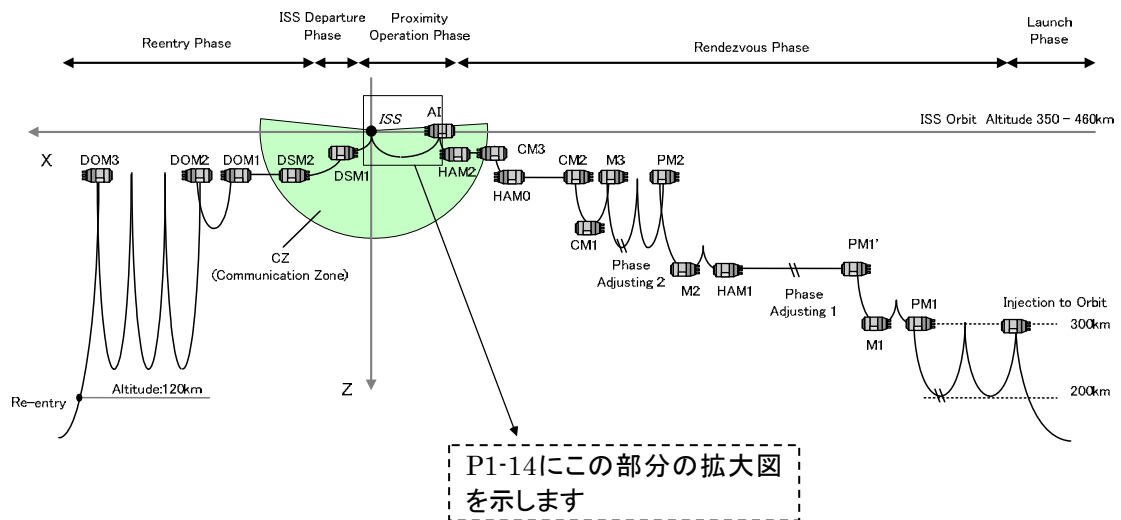
ミッション概要

- ・ 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HTV2



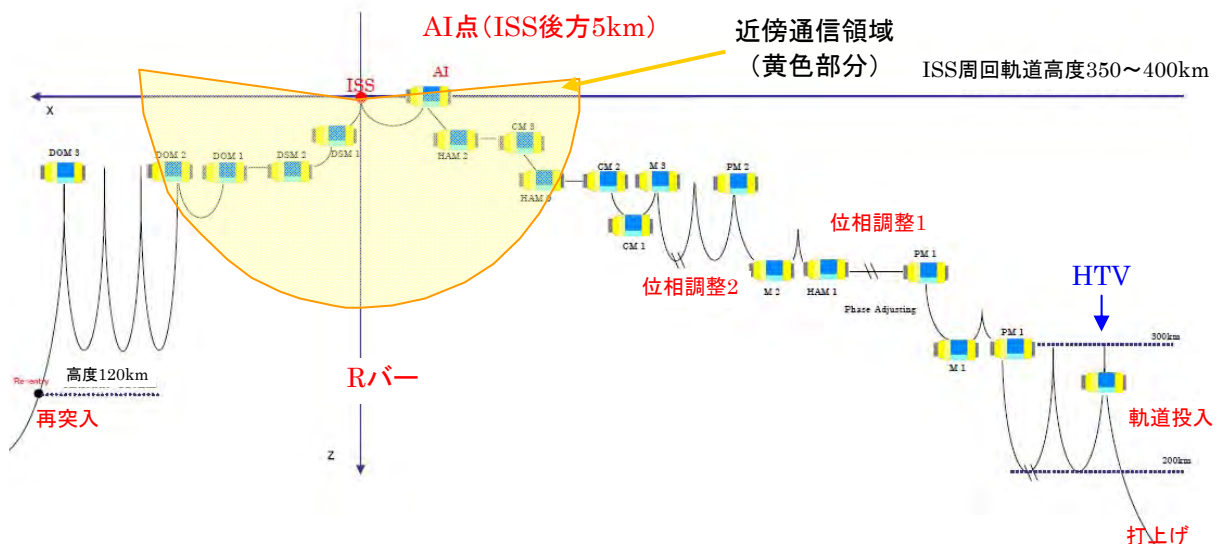
FD7(飛行7日目)の運用 近傍運用

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(ISSもHTVも秒速約7.8kmという速度で飛行していますが、互いの速度差を0にするよう調整すれば、相対的に停止した状態になります)。



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す。

● ISSへの最終アプローチ(次ページの図参照)

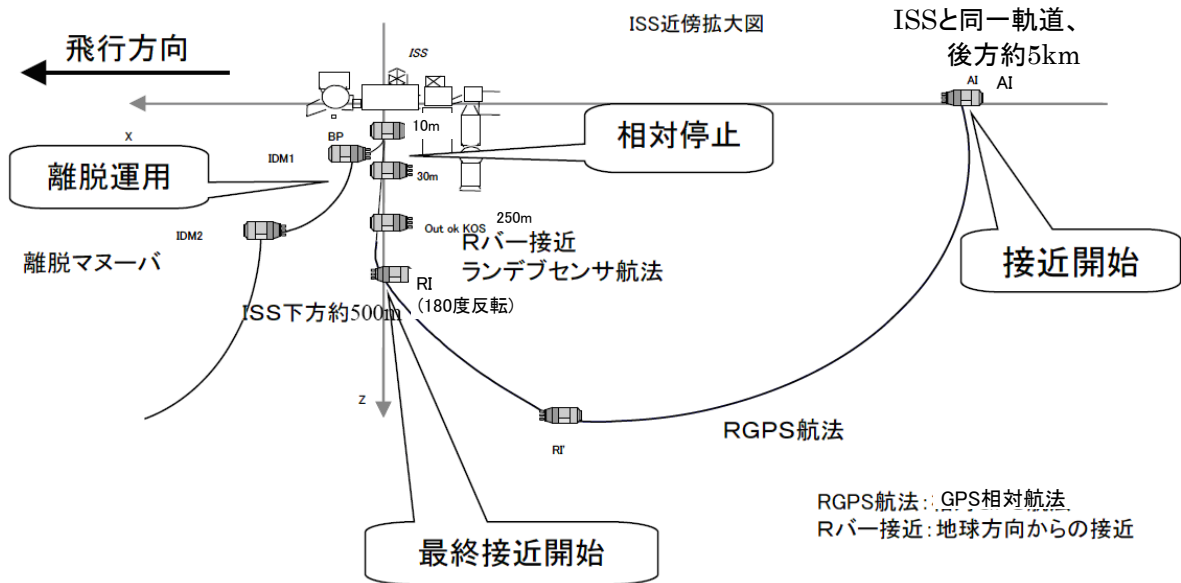
ISSミッションコントロールセンターからHTVのISSへの接近が許可されると、HTV運用管制室からのコマンドでAIマヌーバを実施します。

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。

FD7(飛行7日目)の運用(続き) HTVの把持・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、長さ17.6mの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。HTV3に関するSSRMS操作は、星出宇宙飛行士とNASAのアカバ宇宙飛行士が担当します。

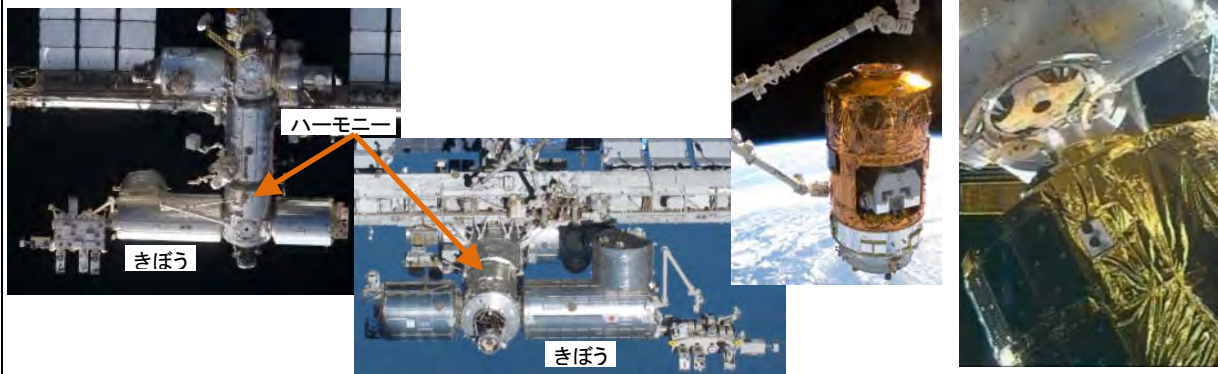


HTVの把持(HTV1)



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。



FD8(飛行8日目) 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(断熱カバーの取り外し、共通結合機構(CBM)の制御装置の取外し、電力と通信配線・空気配管の設置)を実施します。その後、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。クルーはCBMハッチ中央の窓から内部を確認し、浮遊物の飛散などの異常がない事を確認します。

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(最初は安全のために、マスクとゴーグルを装着)し、空気サンプルを取得して異常がない事を確認し、消火器、可搬式酸素マスクの設置を行います。



補給キャリア与圧部の内部(HTV2)

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補給キャリア与圧部内に搭載して運んだ物資輸送用バッグ(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)



左: HTV2入室時の写真 (ESA/NASA)

右: 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。廃棄品は、物資のISSへの搬入がすべて終わり、空になってから行うのではなく、搬入途中でも適宜実施していきます。

曝露パレットの移動運用

ミッション概要

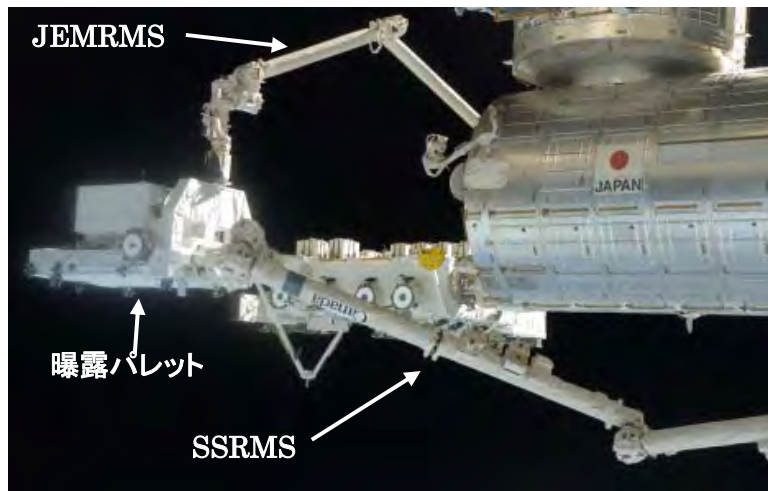
- ・ 曝露パレットのHTV補給キャリア非与圧部からの引き出し／「きぼう」船外実験プラットフォームへの仮置き

- 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

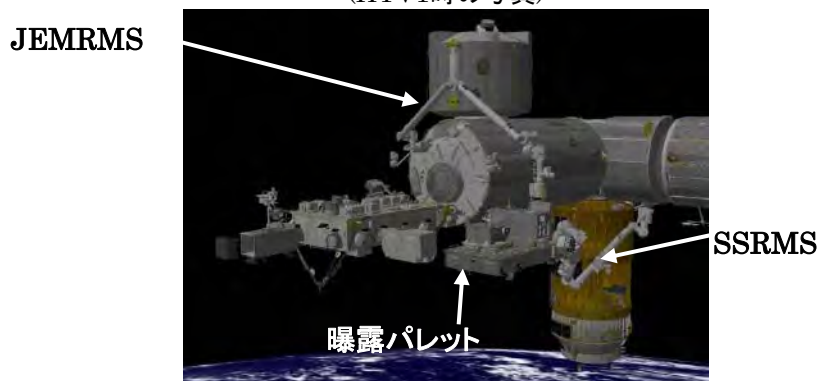
HTV補給キャリア非与圧部に格納されていた曝露パレットが、ISSのロボットアーム(SSRMS)で引き出され、「きぼう」のロボットアーム(JEMRMS)に受け渡された後、「きぼう」船外実験プラットフォームに仮置きされます。



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写真



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」とJEMRMS運用

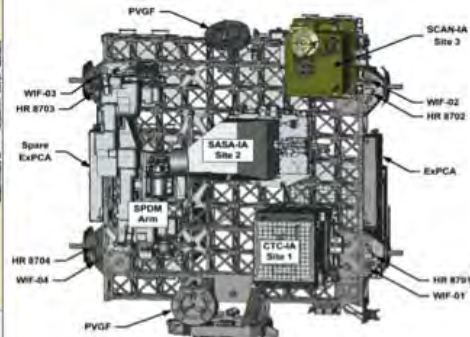
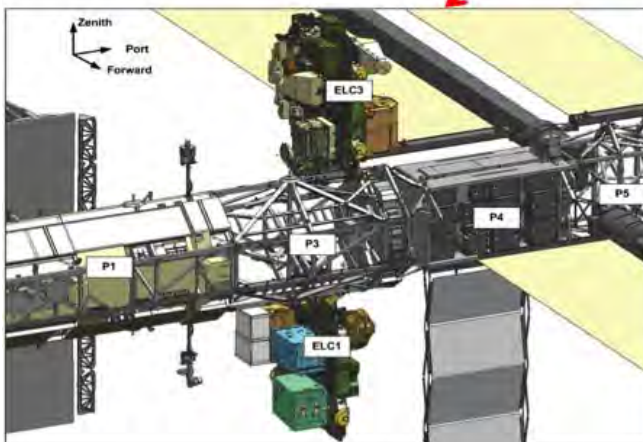
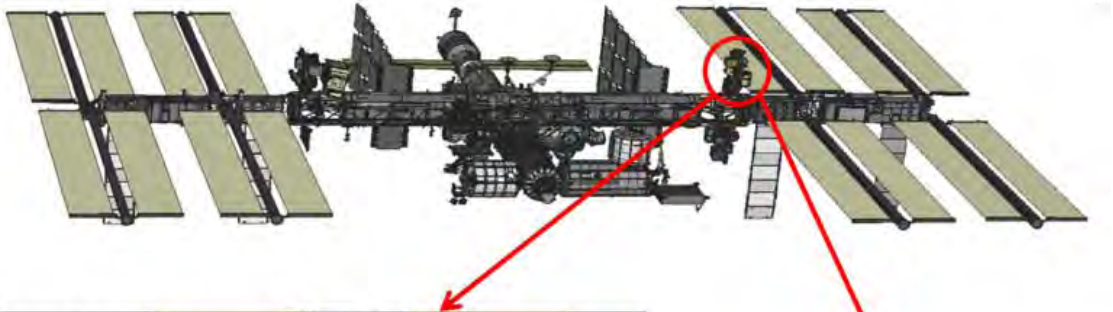
ミッション概要

- HTVの曝露パレットに搭載して運んだJAXAとNASAの実験装置2個を設置場所に移設

- HTVの曝露パレットに搭載して運んだJAXAのポート共有装置(MCE)を、JEMRMSを使って「きぼう」船外プラットフォームに設置します。
- NASAのSCAN Testbed実験装置は、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使用して、左舷トラスのELC-3まで運搬して設置します。このJEMRMS運用とSPDM運用は地上からの操作で行われる予定です(JEMRMSを地上から操縦して実験装置を移動するのは今回が初めてとなります)。地上では、NASA、カナダ、日本の管制センターが調整を行いながらこのような国際的な運用が行われます。



曝露パレット上に搭載されたSCAN Testbed(左)とMCE(右)



SCAN Testbedを設置するELC-3

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船外物資の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います。



HTV補給キャリア非与圧部に収納される曝露パレット(HTV1)

HTVへの廃棄品の積み込み運用

ミッション概要

- ISSからHTVへの廃棄品の積み込み

- ISSからHTVへの廃棄品の積み込み

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内で不用になった物資をHTV3で廃棄するためにHTV内に積み込みます。

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。積み込みにあたっては、重心位置の要求を考慮する必要があるため、搭載する品目は、NASA/JAXA間で調整する必要があります。



HTV1で運搬した物資のISSへの移送作業の様子



ハッチを閉鎖する前の最後の記念撮影(HTV2)

(HTV2では東日本大震災の犠牲者を追悼して、軌道上で折鶴が折られました)

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(2枚のハッチ間の空気を真空引きして減圧したのち、CBM制御装置に16本のボルトを緩めるコマンドを送信(通常はクルーがラップトップPCから送信)し、CBMの固定を解除します)
- 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(スラスタの噴射停止から、噴射が可能な状態に切り替え)
- 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



HTV2の放出

再突入運用

ミッション概要

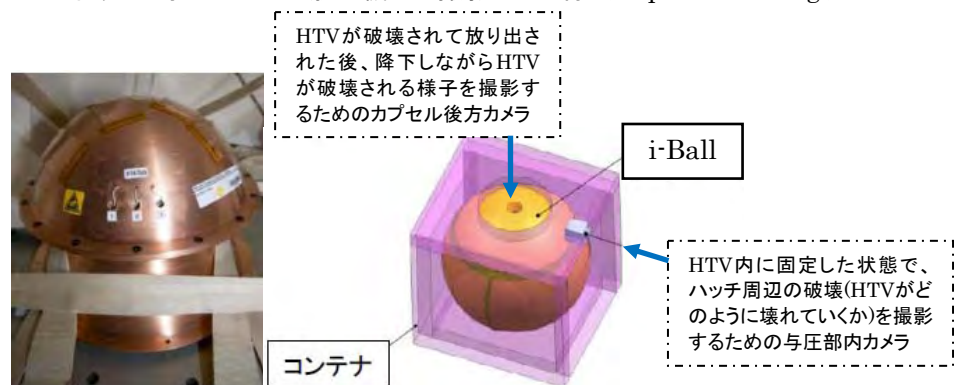
- ・ 軌道離脱制御
- ・ 再突入、再突入環境のデータ取得

- 再突入、再突入環境のデータ取得
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)。

HTV3では、日米の2種類の再突入データ収集装置を搭載し、再突入・分解時の環境データの取得を行う予定です。これらの再突入データ収集装置で、HTV3が再突入・破壊される様子を記録できれば、どのように破壊されるのか理解できるようになるため、落下時の警戒区域の縮小に役立てることができると期待されています。また、HTV-Rなど今後開発を行う再突入機の設計データ取得につながると考えられます。



【参考】ATV-1再突入時にNASAの航空機から撮影した画像 (<http://atv.seti.org/>)



2種類の再突入データ収集装置

左は米国製のREBR(2号機に続いての搭載)、右は国産のi-Ball

i-Ballには2台のカメラが搭載されており、ハッチが高温で破壊される様子の撮影と、降下しながらHTVが破壊される様子の撮影に挑みます(世界でも初めての試み)。i-Ballを起動するためのスイッチ操作は星出宇宙飛行士が行う予定です。

1.6 搭載品

HTVは、船内用、船外用を含めて、合計で最大6トン(仕様値)の物資をISSに運搬可能です。本節では以下の構成で搭載品の説明を行います。

1.6.1 補給キャリア与圧部搭載品

1.6.2 補給キャリア非与圧部搭載品



図1.6-1 HTV補給キャリア与圧部(補給物資の積み込み途中)(HTV2)

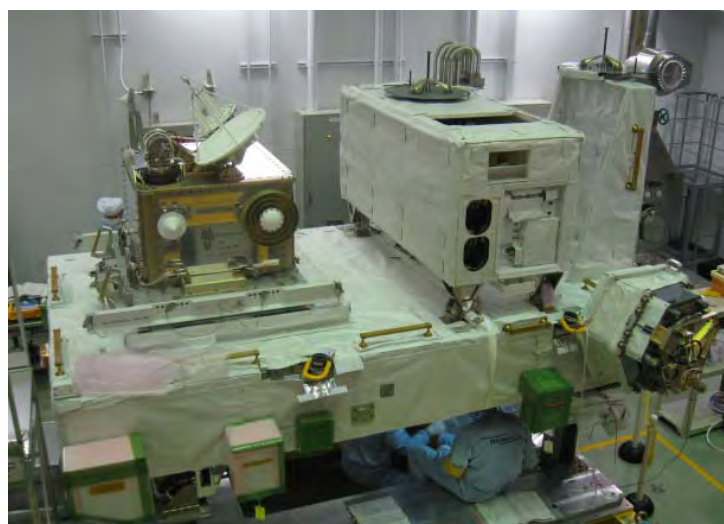


図1.6-2 HTV3の曝露パレット(船外物資が搭載された状態)

1.6.1 補給キャリア与圧部搭載品

HTV3では補給キャリア与圧部には約3.5トンを搭載します(HTV1では3.6トン、HTV2では約4トンの船内用物資を搭載)。

- HTV補給ラック(HTV Resupply Rack: HRR) 計8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)、NASAおよび「きぼう」の保全品・補用品、宇宙飛行士の日用品(衣類、石けん、シャンプーなど)、水棲生物実験装置(AQH)、小型衛星放出機構(J-SSOD)と小型衛星等を輸送用バッグ(Cargo Transfer Bag: CTB)に詰めて搭載。
2012年3月に故障して軌道上予備品がなくなったNASAの水処理装置(WPA)の触媒反応器と、同じく3月末に故障した「きぼう」日本実験棟の冷却水循環ポンプもHTV3に追加搭載することになりました。

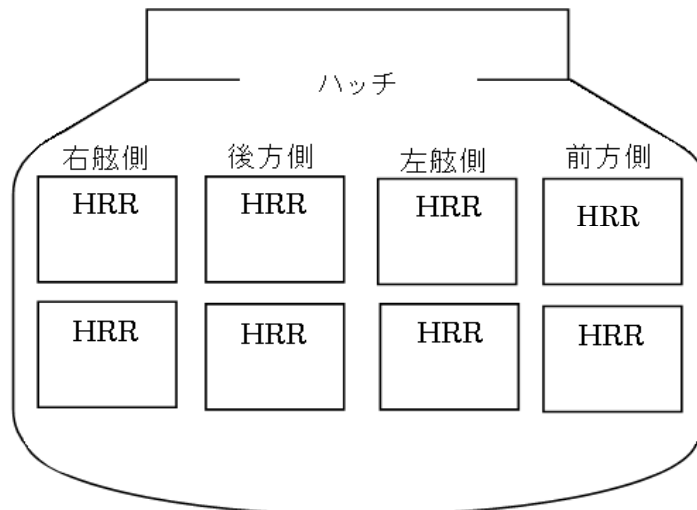


図1.6.1-1 HTV3の補給キャリア与圧部のラック搭載状況



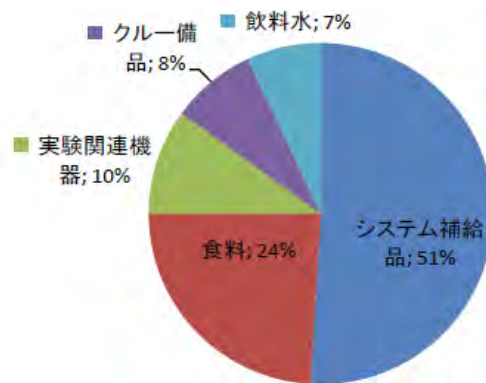
HTV補給ラック(HRR)



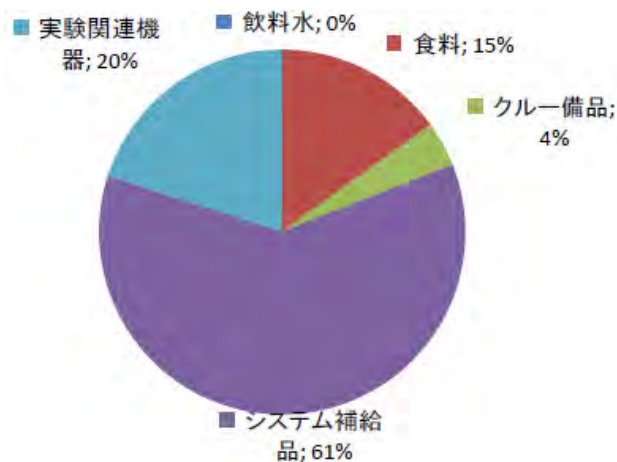
食料、日用品、実験用品などを輸送用バッグに詰めてHRRに搭載

図1.6.1-2 HTV3に搭載される船内物資の例

- ・HRRラック内部へ搭載する物資(例)
 - －通常搭載品 (ISSシステム品、クーラー備品、実験装置等の一部)
 - －緊急搭載品のうちのJEM冷却系ポンプ、等
 - ・HRRラック前面へ搭載する物資(例)
 - －緊急搭載品のうちのNASA水処理装置(WPA)触媒反応器ORU
 - －J-SSOD(「きぼう」搭載用小型衛星放出システム)
 - －全てのレイト搭載品(小型衛星、REBR、i-Ball等)
- *:これらの物資搭載にあたっては、重心要求を考慮して積み込み場所が決められています。



HTV2(参考)



HTV3

図1.6.1-3 HTV3の船内物資(貨物質量)の比率

実験関連機器の内訳には、水棲生物実験装置(AQH)、小型衛星放出機構(J-SSOD)、NASAと日本の実験試料などが含まれます。

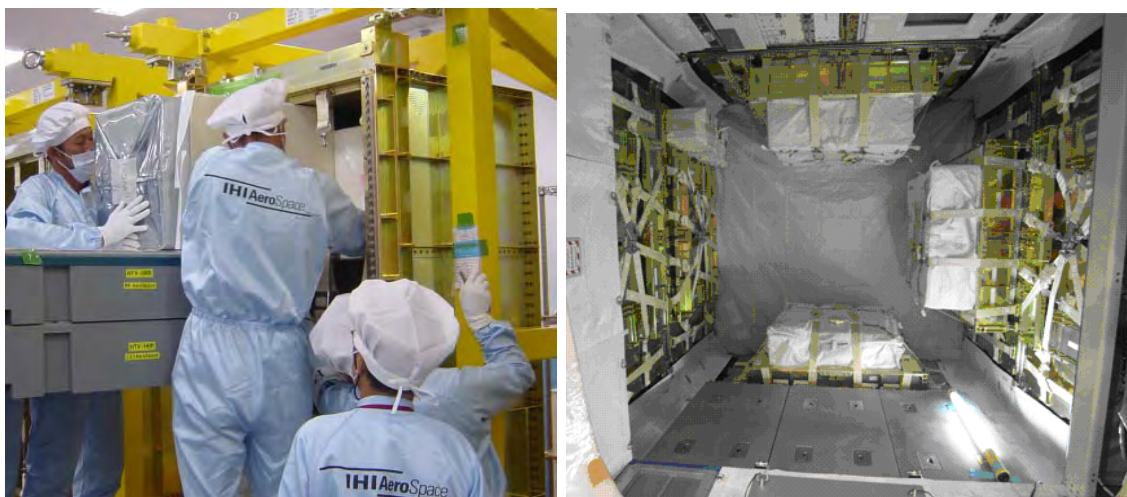


図1.6.1-4 HTV補給ラック(HRR)に搭載される物資輸送用バッグ(CTB)
 右:HTV補給ラック(HRR)の補給キャリア与圧部への搭載状況 (HTV2)
 *この写真は積み込み途上のもので、HRRの前面にはCTBがさらに搭載されます。



図1.6.1-5 ラック前面へ搭載された物資輸送用バッグ(CTB)の例 (HTV2)
 (右側は温度勾配炉(KOBAIRO)ラック)



図1.6.1-6 物資輸送用バッグ(CTB) (写真はシングルとハーフサイズ)
 *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。

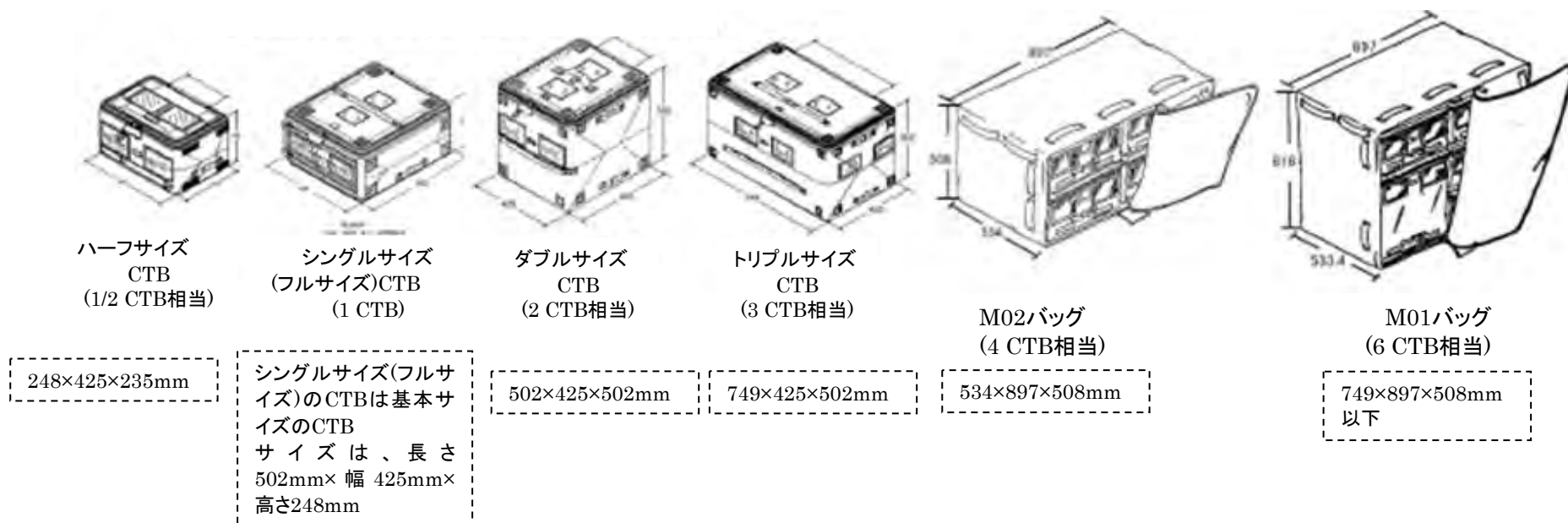


図1.6.1-7 ISSへの輸送に使われている物資輸送用バッグ(CTB)の各種サイズ


緊急輸送—触媒反応器(水再生システム) 空へ送る、宇宙を拓く JAXA

- ### 1. 水再生システム


軌道上で尿や水を再生処理することが可能なシステム。
尿を加熱して蒸留することで水分を抽出する尿処理装置(UPA)と、その水分と他の排水から有機物や微生物などを除去する水処理装置(WPA)から構成。
- ### 2. 触媒反応器

WPAの主要部品で、質量57 kg、寸法83 cm x 43 cm x 33cm。
WPA初期処理(イオン交換)では除去できない揮発性有機物や微生物を触媒酸化反応(反応温度 約130℃)によって除去する機器。
- ### 3. 「こうのとり」3号機での緊急追加搭載

3月9日にISS軌道上の予備品を使い果たしたため、NASAから、地上にある予備品を搭載して欲しいという緊急要請があった。搭載品の受領期日を3週間も過ぎていたが、作業を中断し、3月26日に搭載。



搭載中の触媒反応器



触媒反応器

© NASA

水再生システム水処理装置

緊急輸送(NASA開発品)

緊急輸送—冷却水循環ポンプ(「きぼう」用) 空へ送る、宇宙を拓く JAXA


- ### 1. 冷却水循環ポンプ概要

「きぼう」内の各ラックへ冷却水を供給。
「きぼう」内の温度や湿度を調整し、空気清浄を制御する”空調／熱制御ラック”に搭載。
「きぼう」内に2台あり、それぞれ中温冷却水、低温冷却水を常時循環。
- ### 2. 主要性能

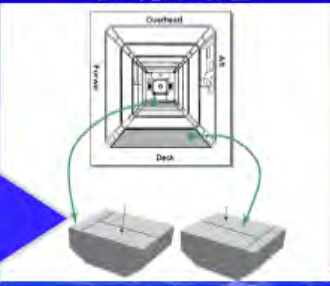
冷却水循環ポンプは、本体とポンプを制御するインバータで構成。主な性能は以下の通り。

 - ① 質量：47.3 [kg]
 - ② 寸法：439(L) x 512(W) x 503(H) [mm]
- ### 3. 経緯


 - ・「きぼう」の2つの冷却水系のうち、低温冷却水系に異常が発生。
 - ・原因究明中であるが、ポンプ交換が必要な可能性があるため、地上保管しているスペア品をHTV3号機に搭載することとした。
 - ・4月5日に緊急搭載。
 - ・現在は1台のポンプで2つの冷却水系を運用中。



空調／熱制御ラック
(ECLSS/TCS Rack)



「きぼう」内の配置



冷却水循環ポンプ
(写真は打上げ支援装置に設置されている状態。
白色の断熱材の内部にポンプが突装されている。)

緊急輸送(JAXA開発品)

図1.6.1-8 HTV3で運搬される緊急輸送品

【参考】国際宇宙ステーション・「きぼう」の低温冷却水系の異常発生について(2012/3/29 JAXAきぼうHP) http://iss.jaxa.jp/topics/2012/03/20120329_release.html

NASAの水再生システムの触媒反応器は、故障したため3月9日に軌道上に保管されていた予備品と交換され正常に復旧しました。しかし、これにより軌道上の予備品の在庫がなくなったことから、HTV3での運搬が要請されました。

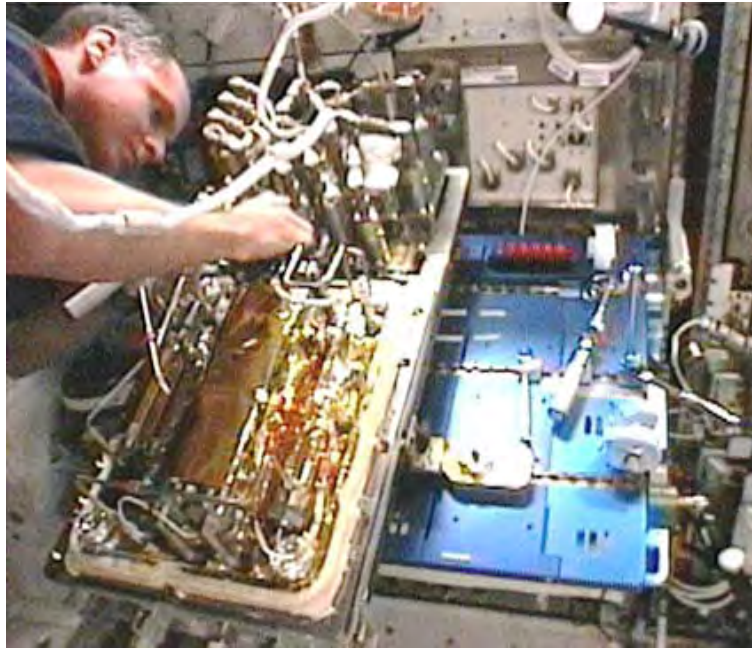


図1.6.1-9 水再生システムの触媒反応器(NASA)

(2010年3月に水漏れ箇所を調べるために、軌道上で白いカバーを外して内部を確認した時の様子)

(1) 水棲生物実験装置(AQH)

水棲生物実験装置(Aquatic Habitat: AQH)は、HTV2で運搬した多目的実験ラック(Multi-purpose Small Payload Rack: MSPR)のワークボリューム(Work Volume: WV) (幅900 mm、奥行700 mm、高さ600 mm)に設置して使用される実験装置で、メダカやゼブラフィッシュなどの小型魚類を最大90日間飼育(10月のソユーズ宇宙船で運ぶ予定の最初のメダカの実験では60日間飼育予定)できます。

日本では、1992年の「ふわと'92」第1次材料実験以降、様々な水棲生物の実験を行ってきました。その経験を活かし、ISSで長期間水棲生物の実験が可能な装置を世界で初めて開発しました。

その結果、スペースシャトルでの実験では実現できなかった、親から孫の3世代に渡る飼育が可能となり、地上の重力を経験したことのない宇宙水棲生物の誕生や、将来の長期宇宙旅行に備え、宇宙環境が世代を超えてどのように影響するか観察することができるようになりました。

飼育環境の制御や給餌、水槽内の観察、データモニタ等は全て自動化され、宇宙飛行士操作による生物試料の採取・化学固定・凍結や胚発生等の顕微鏡観察も実施できます。

<http://iss.jaxa.jp/kiboexp/pm/mspr/area/aqh/>

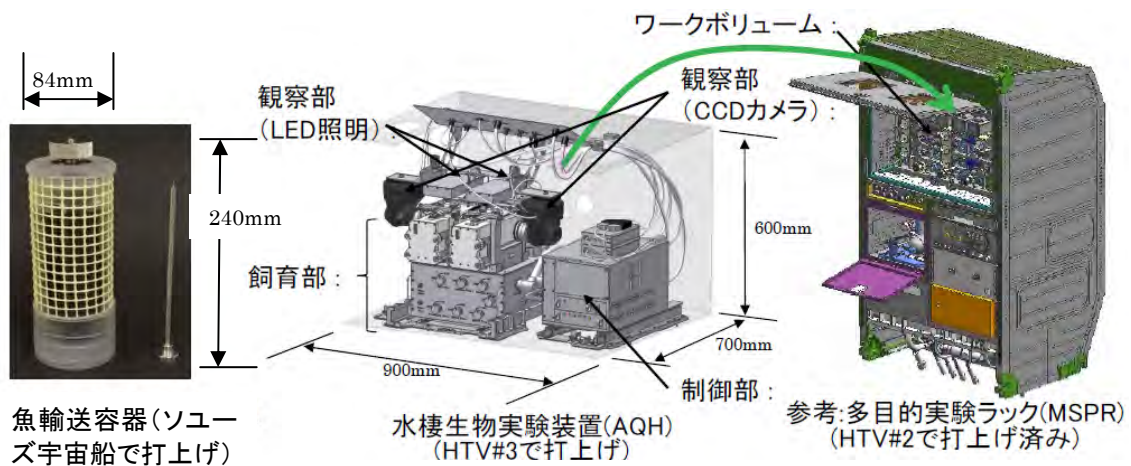


図1.6.1-10 水棲生物実験装置(イメージ図)



図1.6.1-11 多目的実験ラックの写真（右は軌道上の写真）

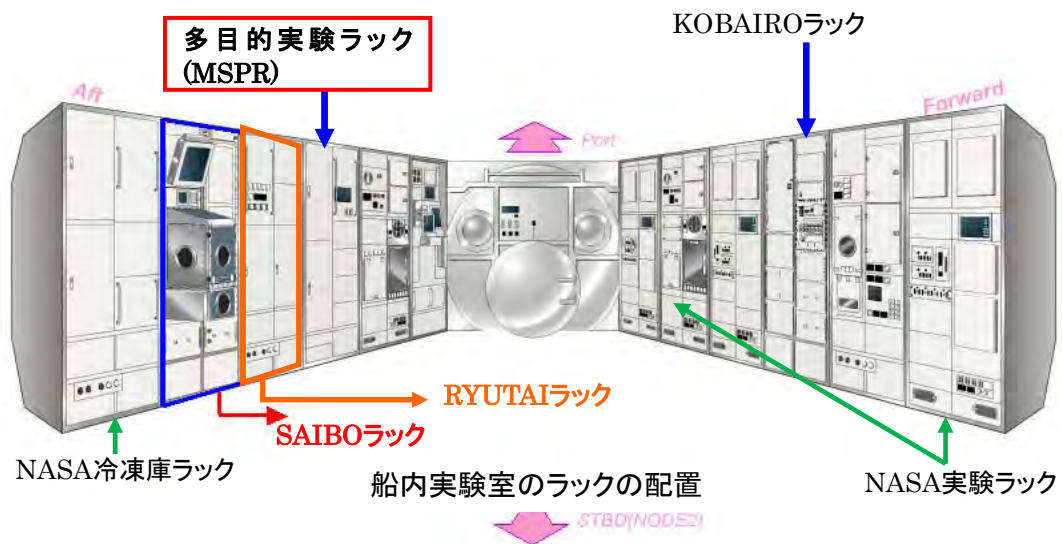


図1.6.1-12 【参考】多目的実験ラックの設置場所

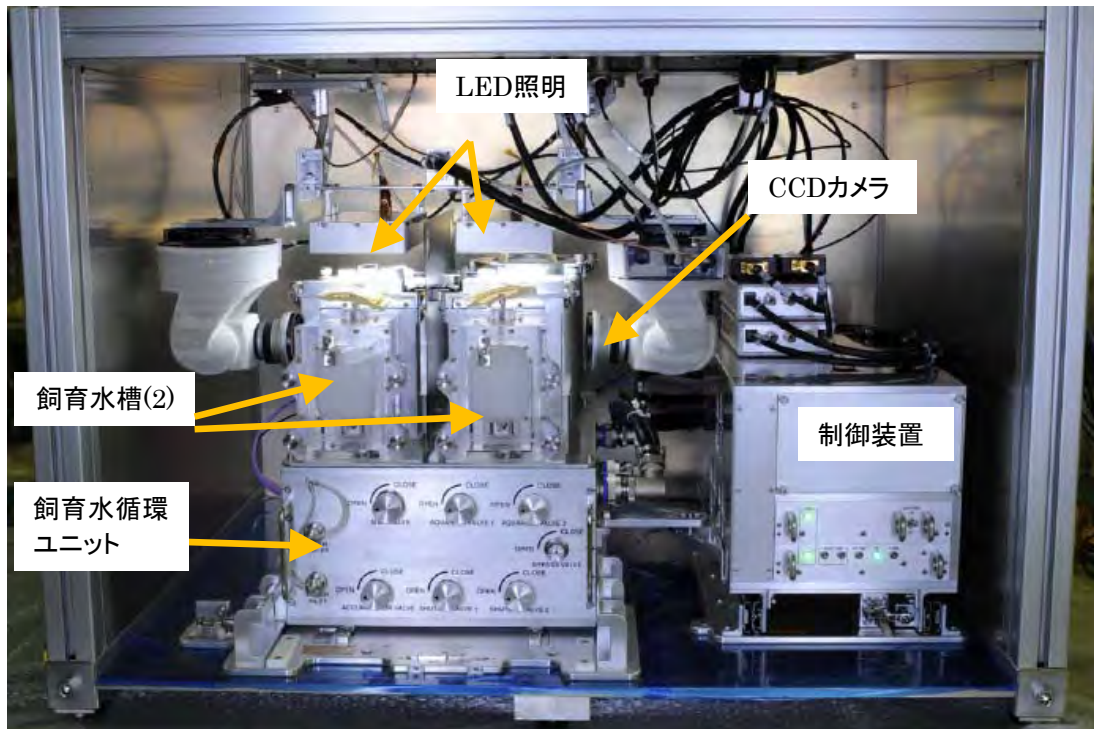


図1.6.1-13(1/2) 水棲生物実験装置(フライト品:周囲の金属boxは地上設備)

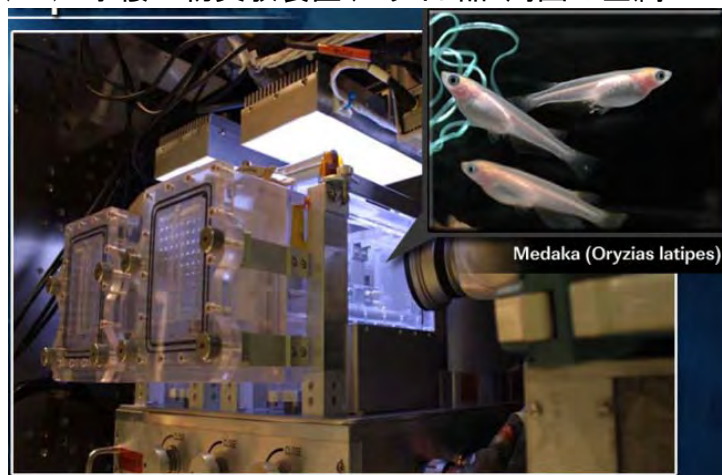


図1.6.1-13(2/2) 水棲生物実験装置でメダカを飼育・観察するイメージ (NASA)

表1.6.1-1 水棲生物実験装置の主な仕様

重量	打上げ時75kg
寸法	高さ約600mm×幅900mm×奥行700mm
飼育水槽 内寸	150×70×70mm
飼育水水温	25~30°C (±1°Cの設定で制御可能)
水質維持	生物フィルタ(硝化バクテリア附着濾材)によるアンモニア/亜硝酸処理、飼育水交換による硝酸除去、ウエストフィルタ(濾布・活性炭)による固形物捕捉と有機物質吸着
消費電力	180W(最大)
設計寿命	5年 (年1回、最大90日間の実験を5回)
地上からの制御	飼育水の温度設定と流量設定、LED照明による昼夜サイクル制御、給餌制御、観察制御

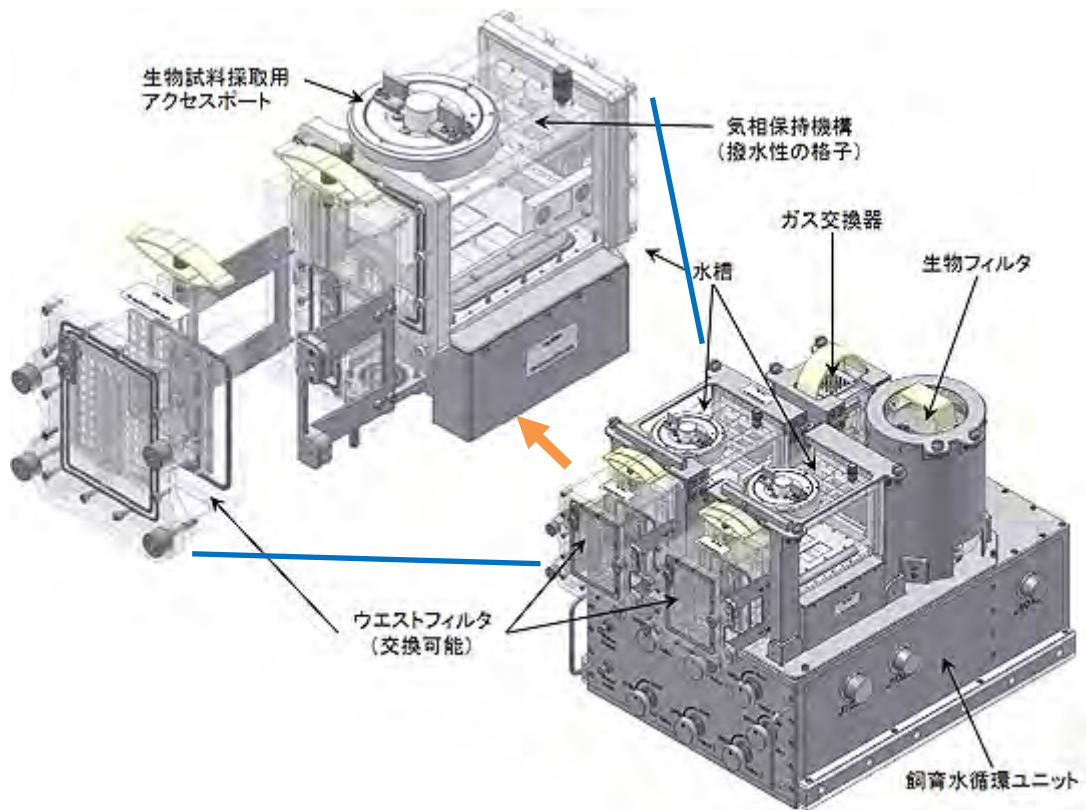


図1.6.1-14 水棲生物実験装置(AQH)の飼育部
(初回実験ではメダカを一水槽あたり幼魚 8匹飼育)

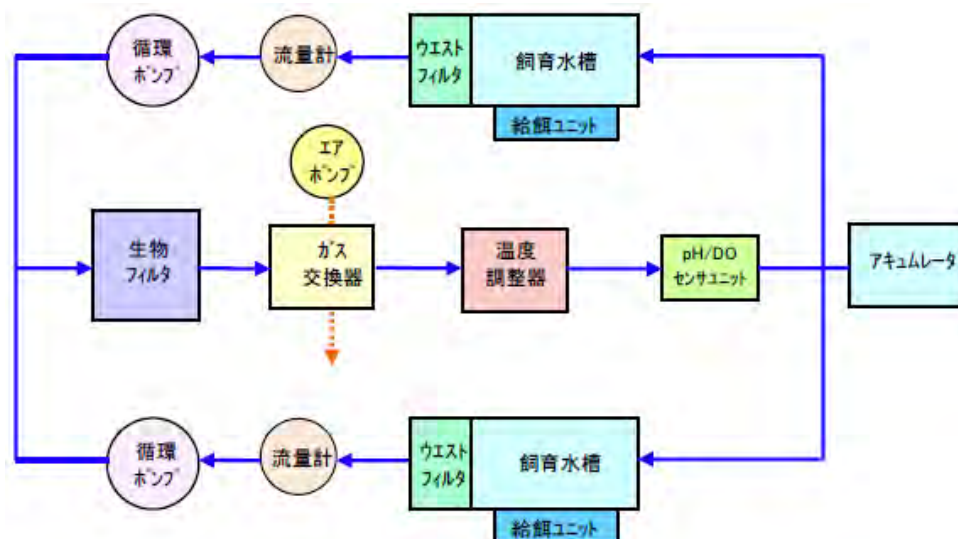


図1.6.1-15 AQHの飼育水循環系統図

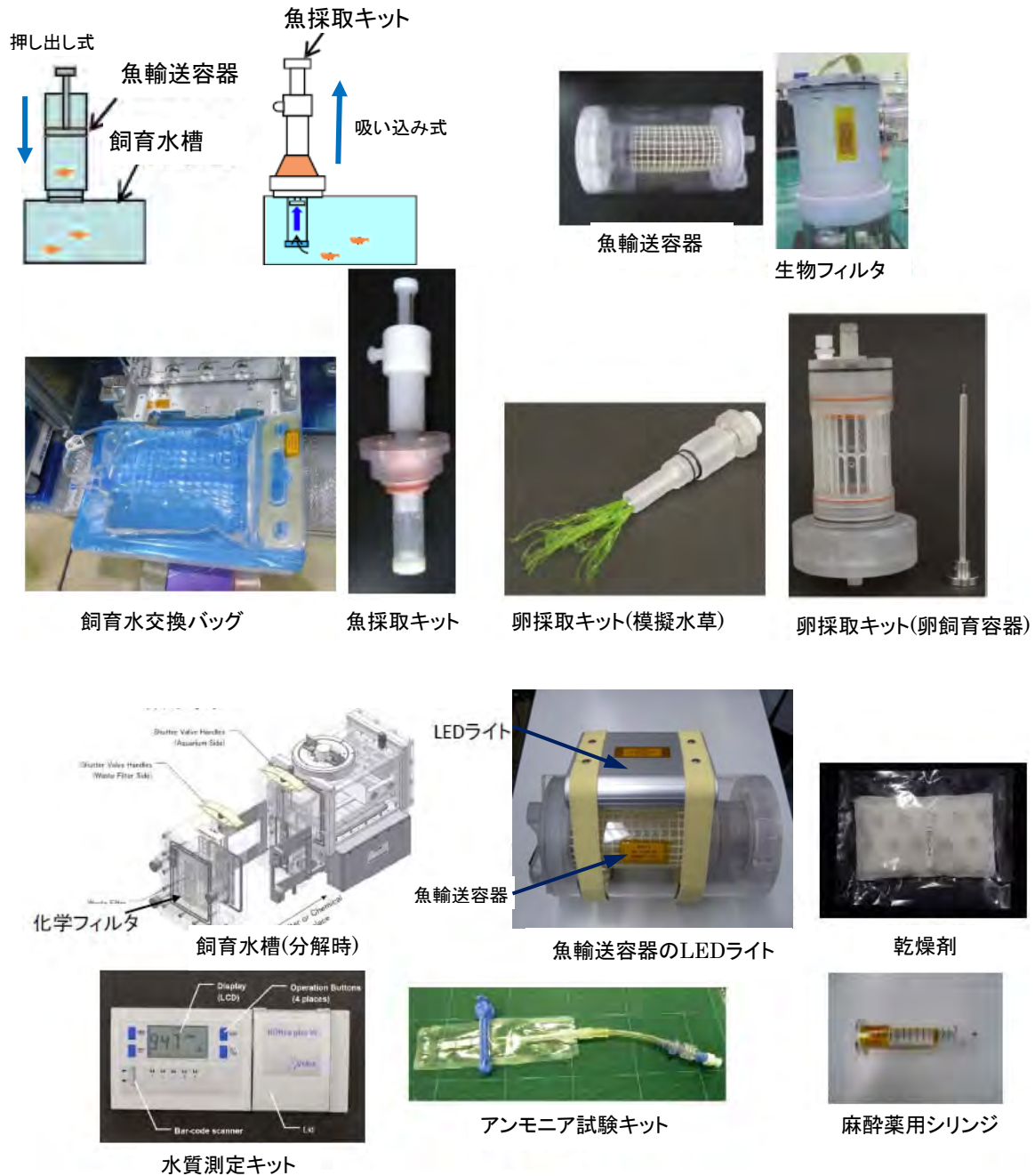


図1.6.1-16 AQHの様々な構成部品

- ・魚輸送容器： 魚を「きぼう」上のAQHにまで輸送するための容器
- ・魚採取キット： 生物試料の処置、継代飼育時の世代交代等のため、飼育水槽内の魚をアクセスポートを介して採取する器具
- ・化学固定キット： 採取した生物試料を化学固定し、解析のために地上に回収
- ・卵採取キット： 飼育水槽内で産卵されたメダカの卵を採取し、孵化するまで維持を行う
- ・水質測定キット： サンプルした飼育水の亜硝酸、硝酸濃度を測定
- ・アンモニア試験キット： サンプルした飼育水のアンモニア濃度を測定
- ・飼育水交換キット： 硝酸蓄積時、あるいは水質悪化時に飼育水の置換を行う

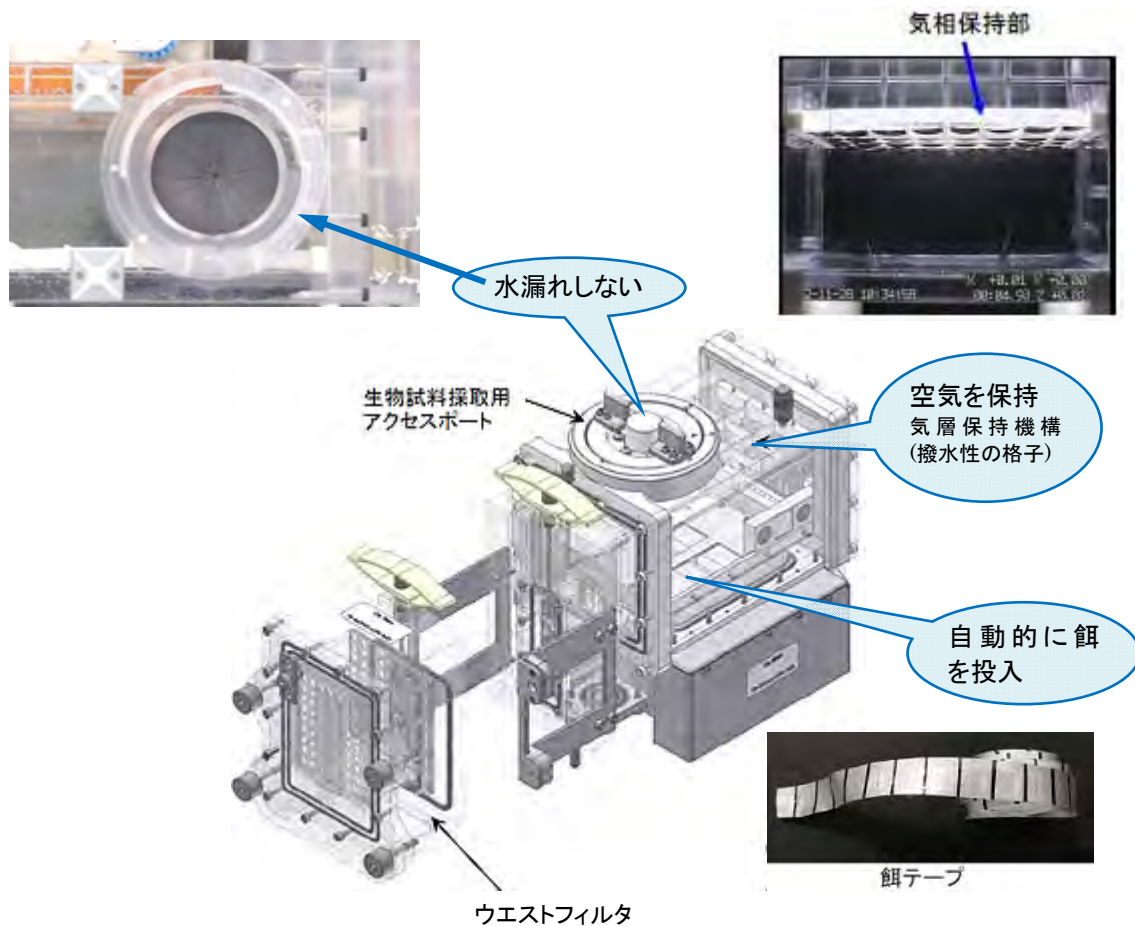


図1.6.1-17 AQHの水槽部の工夫

微小重力下では、蓋がない容器を使用すると水が浮いてふわふわと外に飛び出してしまふので、完全閉鎖循環系(密閉システム)となっています。また、宇宙での水の使用量の制限を考慮し、飼育水はバクテリアを使って濾過し、少ない水量でも健康に飼育できるようにしてあります。

また、餌を1回分ずつ封入した給餌テープを順番に開いて、水槽の下部から自動的に餌を与えることができる自動給餌機構を備えています。

稚魚が浮き袋を膨らませる為には空気層が必要となります。装置内に水をはじく撥水性の格子を水槽上部に取り付けて空気を保持し、上方向から照明を照らす ことによって微小重力下でも地上と同じように、光の方向に浮上すれば空気を吸うことができるようになっています。



水棲生物実験の特徴

モデル生物である メダカ、ゼブラフィッシュを選択



(写真) メダカー日本が育てたモデル動物
東京大学 武田洋幸教授 (生命誌ジャーナル)

マウスに比べ宇宙での飼育が容易

⇒ 排泄物処理と水質維持を一元化

世代交代が早い (1~2カ月サイクル)

胚が透明で内部の観察が容易

⇒ 発生過程の研究ができる

ナショナルバイオリソースプロジェクトで供給体制を整備

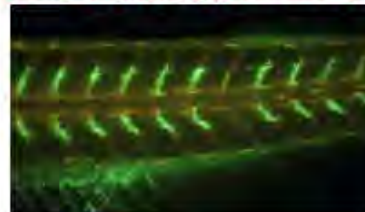
⇒ 蓄積されたゲノム情報

変異体が豊富

透明メダカ

GFP(緑色蛍光タンパク質)組み込みメダカ など

これらの特徴を最大に生かすために長期飼育に挑戦



メダカトランスジェニックライン(緑に光っているものが破骨細胞)

(解説)メダカは優れた実験動物



100年を超える、実験動物としての歴史

⇒ とくに日本での研究の蓄積

⇒ 全ゲノム塩基配列がすでに明らかにされている

毎週100~200個の産卵。2ヶ月ほどで成長する短い世代サイクル

⇒ 遺伝学的研究が容易

胚が透明で発生速度が速い

⇒ 発生学の対象として優れた特徴

胚操作が容易にできる

(マウスと違って)体外受精であるため、胚の直接操作により外来遺伝子導入などが容易にできる。これらの技術をつかって特定遺伝に着目した研究が容易にできる。

基本的に哺乳類と同等の器官・組織を備えている

ヒトの遺伝子疾患のモデルとして扱う場合、致死的な疾患であっても発生過程から観察が可能のため、実験として取り扱える

(参考) メダカー日本が育てたモデル動物

東京大学 武田洋幸教授 (生命誌ジャーナル)

図1.6.1-18 宇宙実験でメダカを使う理由



宇宙での水棲生物実験の歴史



図1.6.1-19 日本が実施してきた宇宙での水棲生物実験の歴史

【参考】

ISSで水棲生物の飼育実験を行うのは、日本が初めてとなります。シャトル時代を含めても、日本はこの分野では非常に積極的に活動しています。上に示した図以外にも、日本は1998年のSTS-95でもガマンコウを使った実験を行っている他、IML-2/STS-65ではイモリを使った実験を行っています。

日本以外で魚の実験を行った例としては、ドイツが開発した装置を使ってSTS-89とSTS-90、STS-107でソードテイルフィッシュの実験を行ったくらいであり、他には貝、小型のエビ、クラゲ、カエル、オタマジャクシ、アメリカによるメダカの実験は行われていますが、日本のように比較的大きな魚や長期間の飼育にチャレンジしている国はありません。

(2)小型衛星放出機構(JEM-Small Satellite Orbital Deployer:J-SSOD)及び、親アーム先端取付型実験プラットフォーム

ISSの中では「きぼう」だけがエアロックとロボットアームを装備しています。これらを使うことにより、船外活動をしなくても小型衛星を放出できるよう、今回これらの放出装置と5機の小型衛星(CubeSat)がHTV3で運ばれ、技術実証が行われます。

このような方法だと、衛星をバッグに梱包して打ち上げることができるため、打上げ時の振動環境が緩やかになることから、衛星の設計が楽になります。

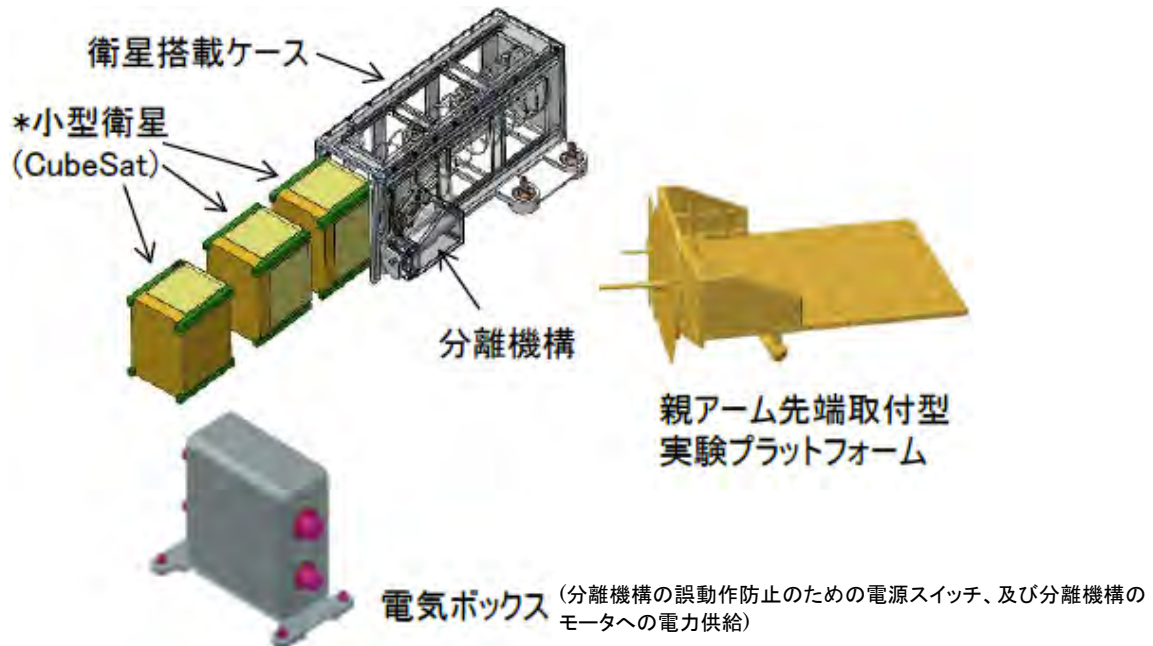


図1.6.1-20(1/2) 小型衛星放出機構(J-SSOD)、親アーム先端取付型実験プラットフォーム

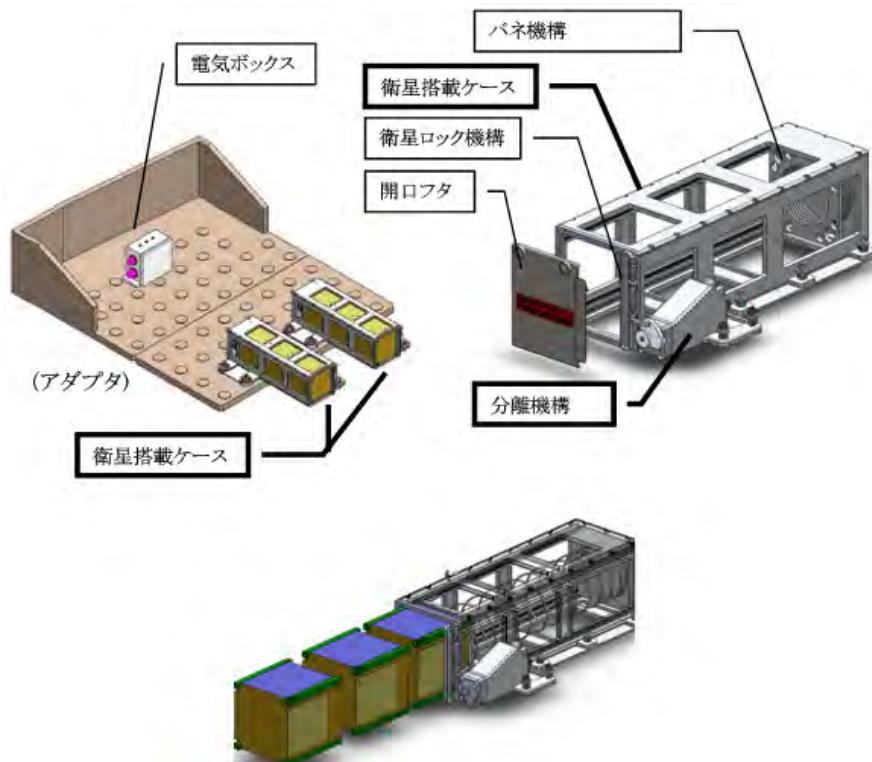


図1.6.1-20(2/2) 小型衛星放出機構(J-SSOD)、親アーム先端取付型実験プラットフォーム

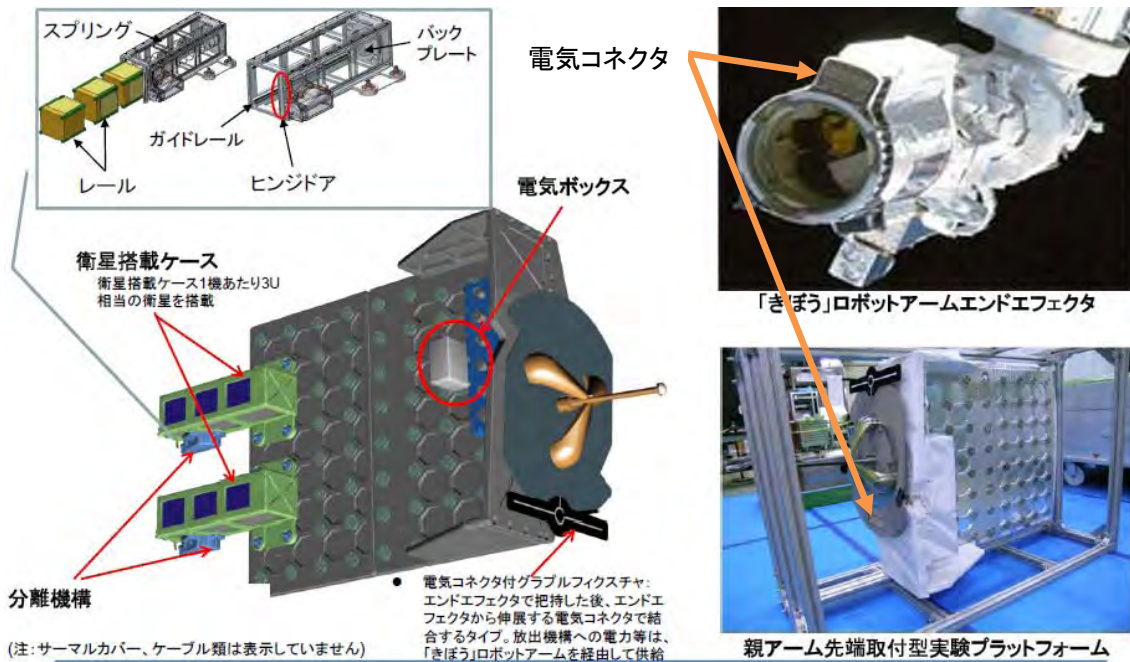


図1.6.1-21 親アーム先端取付型実験プラットフォームとロボットアームの結合インタフェース部

(2-1) 小型衛星の放出手順の概要

- ① 衛星は、衛星搭載ケースに収納した後、ソフトバッグに梱包して輸送機でISSに運ばれます。今回はHTV3で運搬しますが、ロシアや米国、欧州の補給機でも打上げ可能です。



- ② ISS到着後、ソフトバッグは「きぼう」内に搬入されます。
- ③ 「きぼう」のエアロックの内側ハッチを開けて、エアロック・スライドテーブルを船内側に伸展させます。
- ④ 衛星を搭載した小型衛星放出機構(J-SSOD)及び、親アーム先端取付型実験プラットフォームをエアロック・スライドテーブルのアダプタに取り付けます(この状態で、放出機構の動作確認を行い、問題ない事を確認します。最後にロンチカバーの取り外しなど放出前の最終作業を実施)。
- ⑤ スライドテーブルをエアロック内に収納し、エアロックの内側ハッチを閉鎖し、内部を減圧します。
- ⑥ エアロックの外側ハッチを開けて、エアロック・スライドテーブルを船外側に伸展させます。
- ⑦ 「きぼう」のロボットアームで親アーム先端取付型実験プラットフォームを把持し、スライドテーブルから外します。
- ⑧ ロボットアームで放出位置まで移動し、位置決めを行います。
- ⑨ 軌道上もしくは地上からのコマンドで、放出機構(片側)から衛星を放出します。終了するともう片方の放出機構からも衛星を放出します。放出は、分離機構のカムを回転させると正面の蓋が開き、バネの力で押し出される仕組みです(1Uタイプなら3個まとめて放出)。
- ⑩ ロボットアームで親アーム先端取付型実験プラットフォームをエアロック・スライドテーブルに戻し、ハッチを閉じて内部を再加圧して、船内に放出機構を戻します。

- ①衛星は放出から30分が経過するまではアンテナなどの展開はせず、電波の放射も行わないよう設定されます。

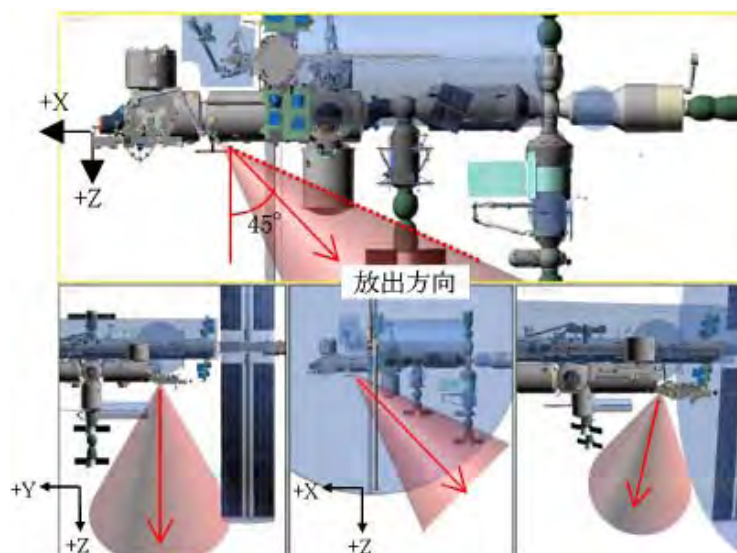
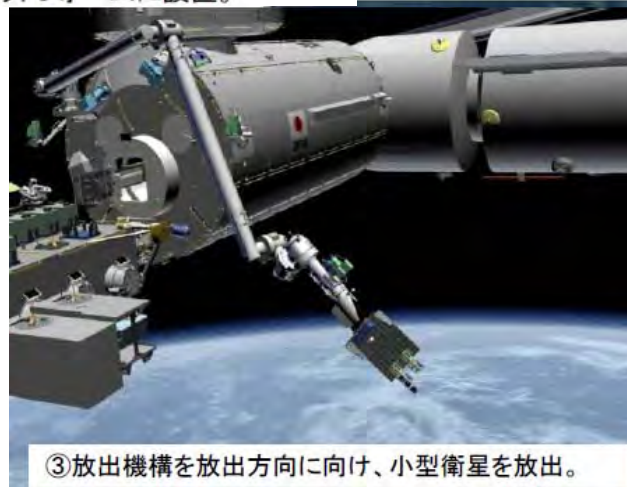
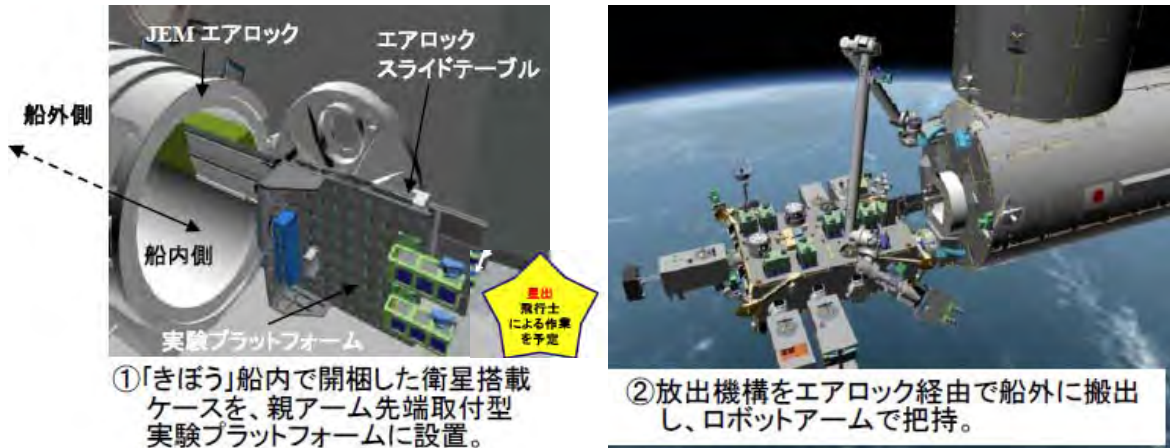


図1.6.1-22 小型衛星の放出運用イメージと放出方向

小型衛星は、高度400kmで放出した場合、250日程度で大気圏突入し、ミッション終了する。(参考:放出高度が350kmの場合、100日程度のミッション期間は確保可能。)

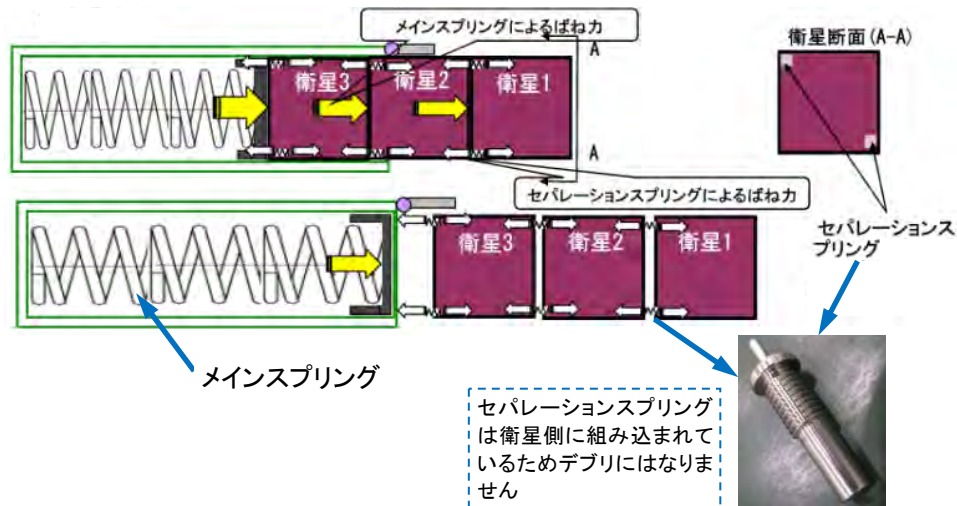


図1.6.1-23 小型衛星の放出に使われる2種類のバネ

【参考】誤動作で衛星を放出させてしまわないように、放出するためには3個の電源スイッチを投入しないと動作しないような設計となっています。

この小型衛星放出技術実証ミッションについては、以下のSPACE@NAVI-Kibo WEEKLY NEWS 第158号で動画が紹介されています(5分40秒以降)。

http://iss.jaxa.jp/library/video/spacenavi_wn120301.html

(2-2) 小型衛星(CubeSat)について

小型衛星にもいろいろ種類がありますが、今回のJ-SSODで放出するものはCubeSatと呼ばれる10cm四方の大きさの片手で持てるサイズの小型衛星です。CubeSatは、サイズや仕様が国際的に決められており、10×10×10 cmサイズ(重量は1.33kg以下)のものを1U、20×10×10 cmサイズのを2U、30×10×10 cmサイズのを3Uと呼びます。CubeSatは、2003年6月にロケットに相乗りして余剰能力を利用する形で初めて打ち上げられました(この時打ち上げられた6機のうち2機は日本の大学のCubeSatでした)。CubeSatは、通常の衛星と比べると短期間で開発でき、費用も安いことから主に大学や企業などが教育や人材育成、技術実証などの目的で利用しています。

J-SSODの今回の衛星搭載ケースには、1Uサイズであれば、3機、2Uと1Uサイズであれば2機、3Uサイズであれば1機が搭載可能で、バネの力で放出されます。

今回、HTV3で運ぶCubeSatはJAXAが公募した3機(2Uサイズ1機を含む)と、NASAが提供する2機の計5機です。



図1.6.1-24 CubeSat (JAXA)(星出宇宙飛行士が手に持っているのが1UサイズのCubeSat)

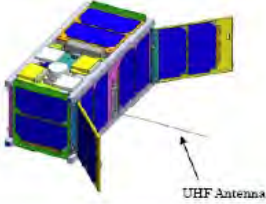

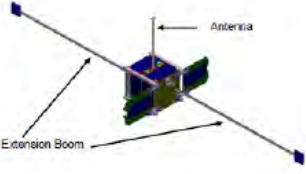
衛星名	RAIKO	FITSAT-1	WE WISH
外観			
サイズ	2U	1U	1U
機関	和歌山大/東北大	福岡工業大	明星電気
ミッション	<ul style="list-style-type: none"> ①魚眼カメラによる地球撮像 ②カメラ撮像によるISS放出時の相対運動計測 ③スターセンサの宇宙実証実験 ④膜展開による軌道降下実験 ⑤小型衛星可搬地上局の開発及び国際共同受信 ⑥Ku帯ビーコン電波のドップラ周波数計測による軌道決定実験 ⑦Ku帯通信機による高速データ通信実験 	<ul style="list-style-type: none"> ①小型衛星用高速送信モジュールの実証実験 ②高出力LEDによる可視光通信実験 	<ul style="list-style-type: none"> ①地域技術教育への貢献と小型衛星取得データの利用促進 ②超小型熱赤外カメラの技術実証

図1.6.1-25 JAXAが公募した3機のCubeSat

(RAIKOとWE WISHが一緒の衛星搭載ケースに格納され、FITSATはNASA側の2機と共に放出されます。図1.6.1-27を参照。)

(参考ホームページ)

・RAIKO (東北大学)

<http://www.astro.mech.tohoku.ac.jp/RAIKO/>

・FITSAT-1 (福岡工業大学)

<http://www.fit.ac.jp/~tanaka/fitsat.shtml>

・WE WISH (明星電気)

http://www.meisei.co.jp/news/2011/0617_622.html

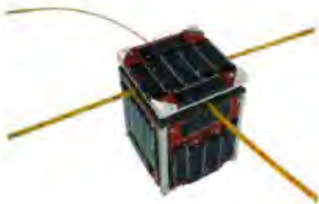

衛星名	F-1	TechEdSat
外観		
サイズ	1U	1U
機関	NANORACK社 /FPT Univ/UPPSALA Univ	NASA Ames Research Center/San Jose State Univ
ミッション	<ul style="list-style-type: none"> ①CubeSat Magnetometer実証実験 ②C328低解像度カメラの実証実験 ③温度センサの実証実験 	<ul style="list-style-type: none"> ①SPA Hardware/Softwareの実証実験 ②Iridium 又はOrbComm衛星を介した衛星間通信実験

図1.6.1-26 NASAが提供する2機のCubeSat

(参考ホームページ)

・F-1(ベトナムのFPT大学の学生たちのチームFSpace Laboratory)

http://fspace.edu.vn/?page_id=23

・TechEdSat (AMSAT-UK)

<http://www.uk.amsat.org/5018>

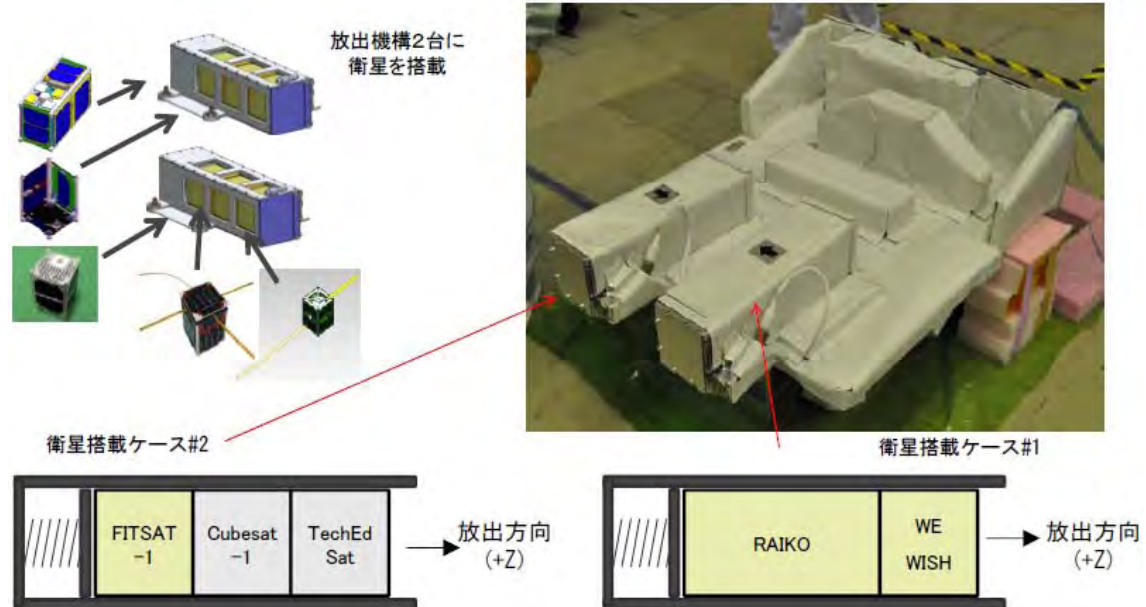


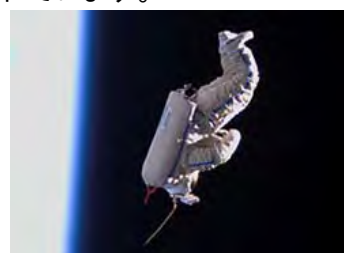
図1.6.1-27 小型衛星の搭載位置

(2-3)これまでにISSの船外活動時に放出された小型衛星(参考)

- ・Nanosatellite (Nanosputnik) 重さ5kg 2005年3月28日のロシアEVA-13で放出
 - ・RadioSkaf (SuitSat-1) 重さ約110kg 2006年2月3日のロシアEVA-15で放出
(不要になったOrlan宇宙服に無線機を設置するなど改造して放出)
 - ・Kedr(RadioSkaf-V/ARISSat-1) 重さ30kg 2011年8月4日のロシアEVA-29で放出
- いずれも、船外活動時に手でつかんで後方に押し出す(次の周回でISSと衝突しないよう減速して高度を下げるように放出)方式で放出されています。



Nanosputnik



SuitSat-1



Kedr

図1.6.1-28 これまでにISSから放出された小型衛星の写真

(3)再突入データ収集装置

HTV2ではアメリカのAerospace Corporationが開発したREBR(Reentry Breakup Recorder)「リーバ」2基を運び、HTV2と欧州補給機2号機(ATV-2)内に1機ずつ設置して再突入させ、再突入時の環境データを測定しました。ATV-2の方はREBRと中継衛星との通信ができずに失敗しましたが、HTV2では世界で初めて再突入して分解する宇宙機のデータ取得に成功しました。

HTV3では、このREBRを再び搭載するとともに、国産のi-Ballも搭載して再突入時のデータ取得に再び挑戦します。

本データ取得の目的は、再突入する宇宙機の破壊現象を特定することにより、落下の予測精度を高めて着水警戒区域の縮小につなげると共に、大気・加熱率等の再突入機の設計(回収機であれば耐熱性の検証、廃棄する機体であれば耐熱性や強度の余裕を減らして燃え尽きやすい設計)に役立てるためのデータ取得を行う予定です。

REBR、i-Ball概要




名称	i-Ball	REBR (Reentry Breakup Recorder)
開発元	(株)IHIエアロスペース	Aerospace Corporation (米)
取得データの特徴	<ul style="list-style-type: none"> 温度データ 加速度/角速度データ カメラ静止画データ GPS航法データ: 高度50km以下 	<ul style="list-style-type: none"> 温度データ(ただし開示不可) 加速度/角速度データ 画像撮影機能なし GPS航法データ: 高度18km以下
サイズ	重量: 15.5kg(カバー込: 17kg) i-Ball外径: φ400mm コンテナ込み: 410×440×435mm	重量: 4kg(8.6kg) 直径: 300mm(360mm)、高さ: 230mm(280mm) ※()内はハウジング込みの値
着水方式	パラシュート開傘により減速し着水	弾道飛行のまま落下し着水

図1.6.1-29 HTV3に搭載される日米の再突入データ収集装置の概要

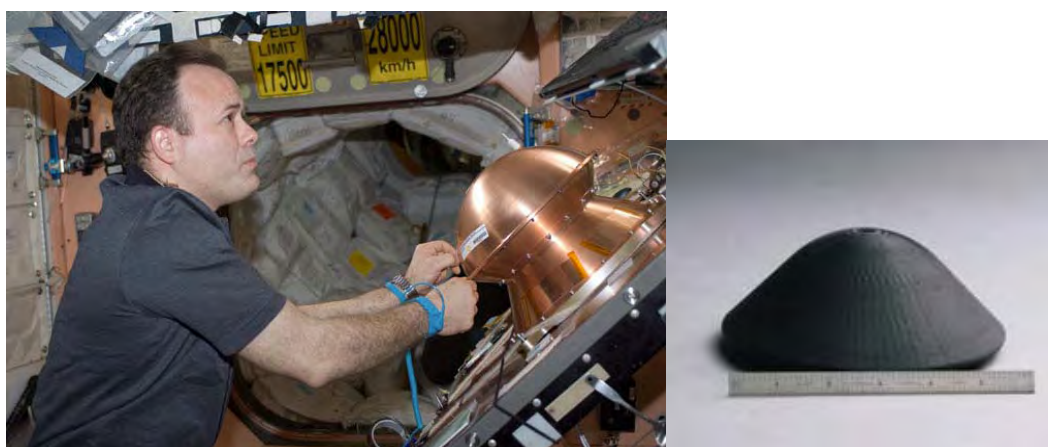


図1.6.1-30 REBR (左: ATV-2への設置前準備の様子。REBRは銅製の容器内に収納して壁に固定(銅製の容器は熱で溶けてREBRが放出される)。右: REBRの耐熱シールド)

REBR(Reentry Breakup Recorder)は回収せずに使い捨てる装置です。再突入時の約5分間のデータを記録でき、HTVの機体が分裂してREBRが外に飛び出し、高度約18kmから落下中にイリジウム衛星を経由してデータを送信する方式です。REBRはパラシュートを使わずに落下するため、着水の衝撃に耐え、さらに沈まないような設計にはなっていませんでしたが、HTV2に搭載したものは着水後も、数時間データの送信を続けたと報告されました。REBRは、まだHTV2とATV-2で使用されただけで、HTV3が3回目、ATV-3が4回目の試験となります。

i-Ballは球形をしており、アブレータで高熱に耐えたのち、パラシュートを使って降下し、着水してからイリジウム衛星経由でデータを送信する方式です。データ送信を行うためにしばらくは浮いていますが、いずれ沈む設計となっており回収はしません。

i-Ballは、HTVの与圧部から放出される機構を持っているわけではなく、HTVの破壊と共に外へ放出されます。放出後しばらくは、姿勢が安定しない状態になると思われます。従って、落下中に複数の写真を撮影することにより、HTVの破壊の様子が収められるかもしれないという前提で撮影を試みます。写真に関しては撮れていれば基本的に公表する方針ですが、取れるかどうかは試してみないと分かりません。

一方、与圧部内カメラは、機体内の温度分布の把握に使います。ハッチ周辺から破壊が進んでいくと思われるので、ハッチ方向に向けて撮影します。

i-BallのHTV3への積み込みは、7月のレイトアクセス(最終積み込み)時に行われる予定です。

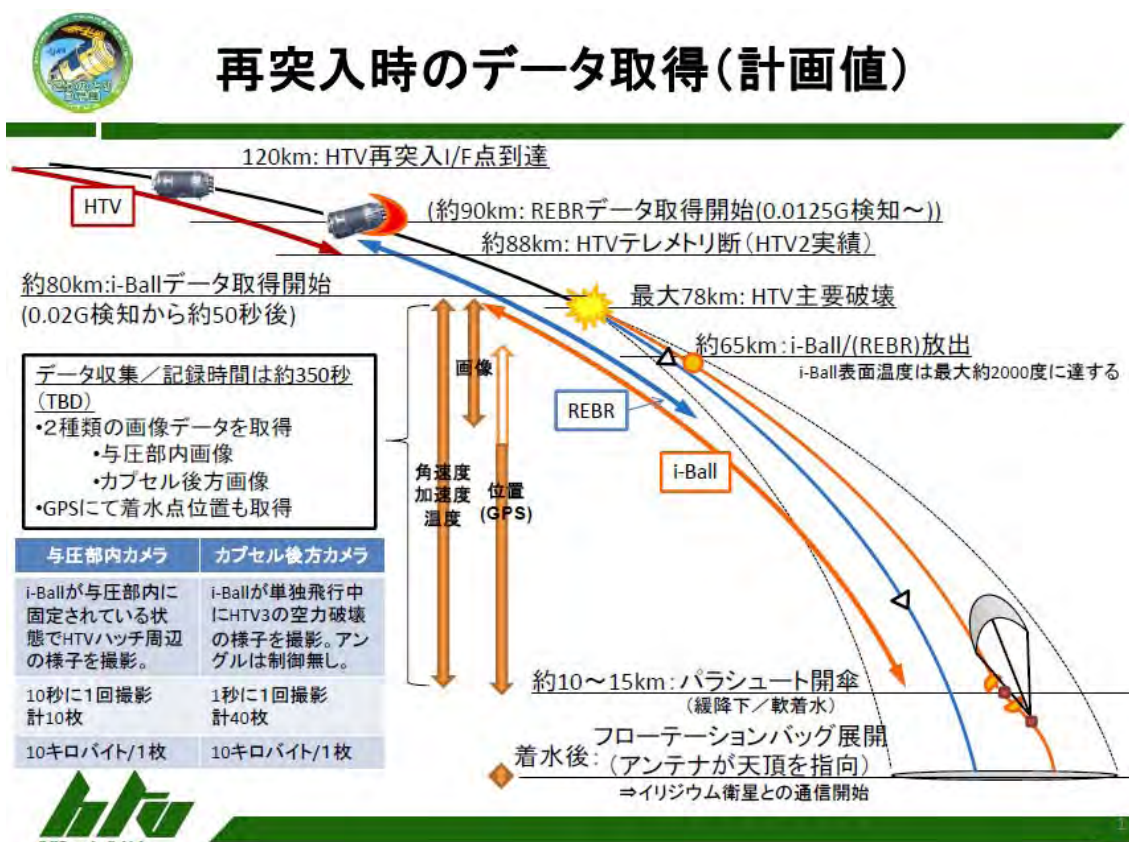


図1.6.1-31 i-BallとREBRの再突入時のデータ取得計画

(4)ISERV

ISERV(ISS SERVIR Environmental Research and Visualization System)は、NASAが開発した地球観測用の自動カメラシステムであり、デスティニー下部のWORF(Window Observational Research Facility)という地球観測用の窓に設置して、災害監視や環境の変化などを観測するために使用されます。

使用する装置は、口径9.25インチ(23.5cm)のセレストロン製のシュミットカセグレン反射望遠鏡(リデューサを使って焦点距離を短くし、視野を拡大)にデジタルカメラを装着し、2軸制御のモータ駆動式の架台で23度の範囲で指向方向を変えることができるようにしています。解像度は3m程度の予定です。



図1.6.1-32 WORFに設置したISERVのイメージ写真（地上で撮影した写真）

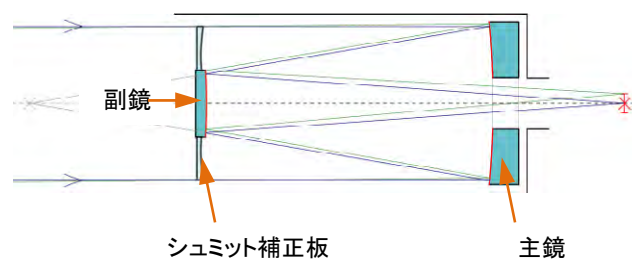


図1.76.1-33 シュミットカセグレン反射望遠鏡の光学原理図

【参考】シュミットカセグレン反射望遠鏡は、凹レンズの主鏡の光を凸レンズの副鏡で反射させて、主鏡の後ろに焦点面が来るようにした望遠鏡で、望遠鏡の全長を短くすることができます。凹面鏡と凸面鏡で生ずる収差は、シュミット補正鏡で補正します。

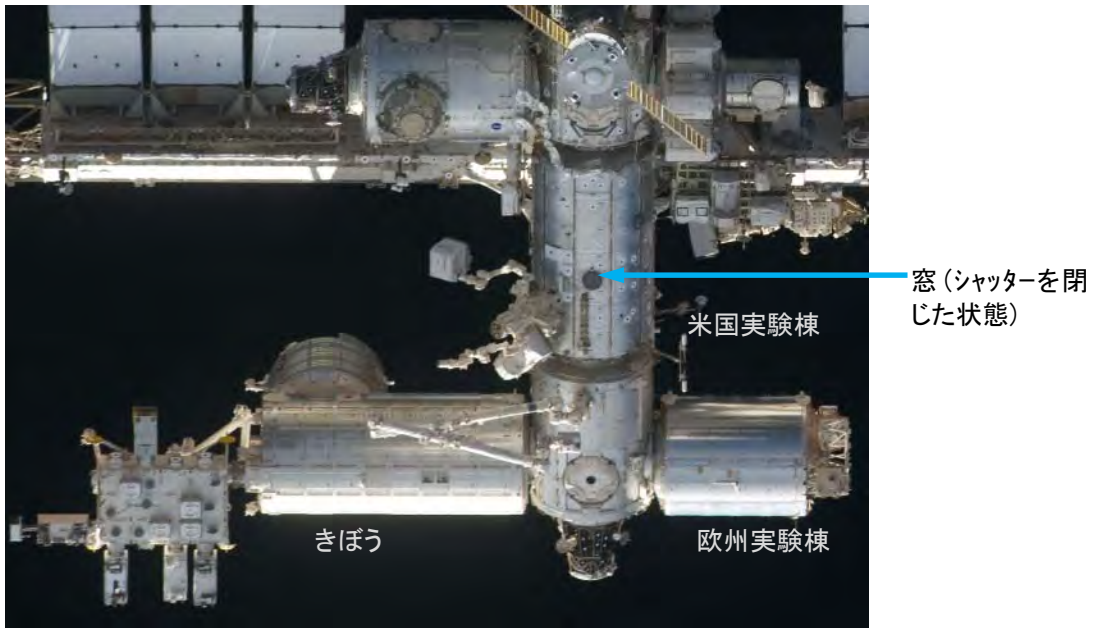


図1.6.1-34 米国実験棟デスティニーの窓の位置(地球側から撮影した写真、写真下側が進行方向)



図1.6.1-35 WORF(WORFは窓の上に設置する専用ラックで中は空洞)
(左はSTS-131で山崎宇宙飛行士がWORFの搬入準備をしている様子、右はWORF内部)



図1.6.1-36 WORF設置前の窓
(直径51cm、ガラスは4層構成)

1.6.2 補給キャリア非与圧部搭載品

HTV3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JAXAとNASAの実験装置各1台が搭載されます。

- ポート共有実験装置 (Multi-mission Consolidated Equipment: MCE)
- NASAの衛星間通信実験装置(SCAN Testbed)

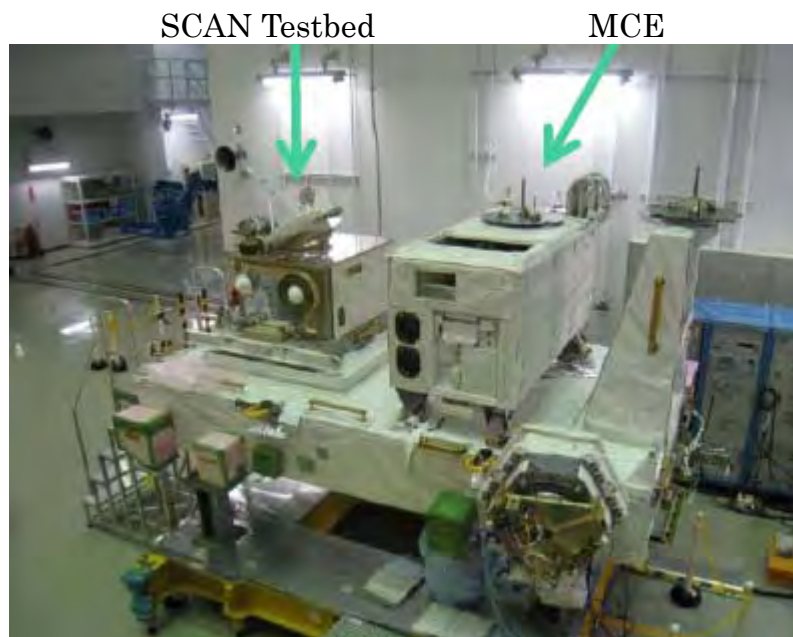
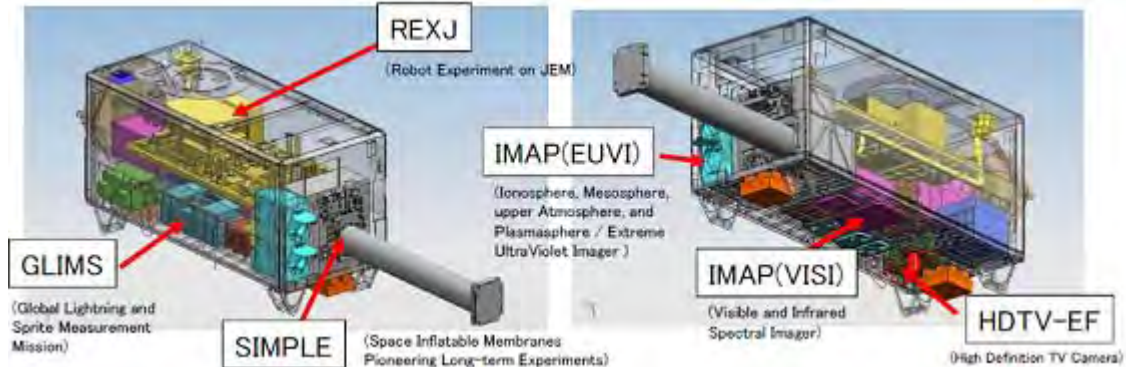


図1.6.2-1 HTV3の曝露パレットに搭載された日米の実験装置(上)
(下は実験装置を搭載する前の曝露パレットの写真)

(1) ポート共有実験装置(Multi-mission Consolidated Equipment: MCE)

ポート共有実験装置(MCE)は、比較的小型の5つのミッションをひとつの実験装置に混載し、ポートを共有して実験・観測を行う実験装置です(船外実験プラットフォームには、実験装置を取り付けるための設置場所である「ポート」が12箇所あり、このひとつを共同で利用する設計です)。

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



項目	主な仕様等
ミッション機器	1. 地球超高層大気撮像観測 (IMAP) 2. スプライトおよ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支援ロボットの实証実験 (REX-J) 5. 船外実験プラットフォーム用民生用ハイビジョンビデオカメラシステム(HDTV-EF)
打上げ時質量	450kg
寸法	1,000mm(高さ)×800mm(幅)×1,850mm(奥行)の標準エンベロープ
設計寿命	2年
電力	435W(最大)
通信量	低速データ 20kbps、高速データ 27Mbps(ハイビジョン画像データ)
運用後の処置	運用後はHTVの曝露パレットに搭載して、大気圏突入により廃棄。

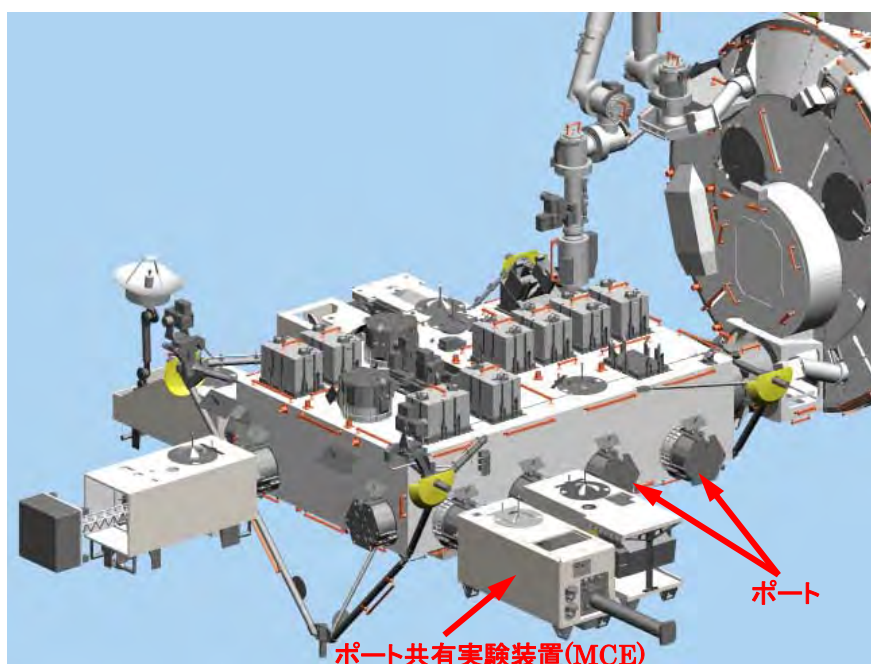


図1.6.2-2 ポート共有実験装置(MCE)と設置場所

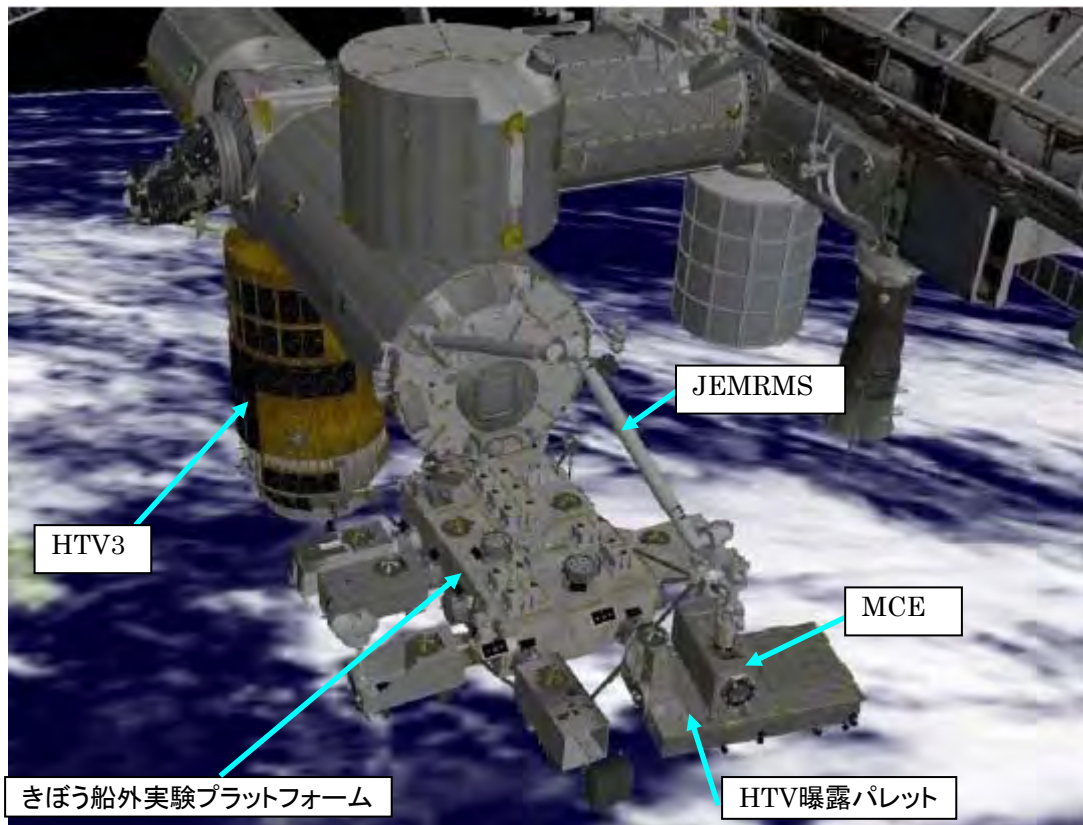


図1.6.2-3 JEMRMSを使ってMCEを移動するイメージ



図1.6.2-4 MCE完成時の写真と、MCEロゴ

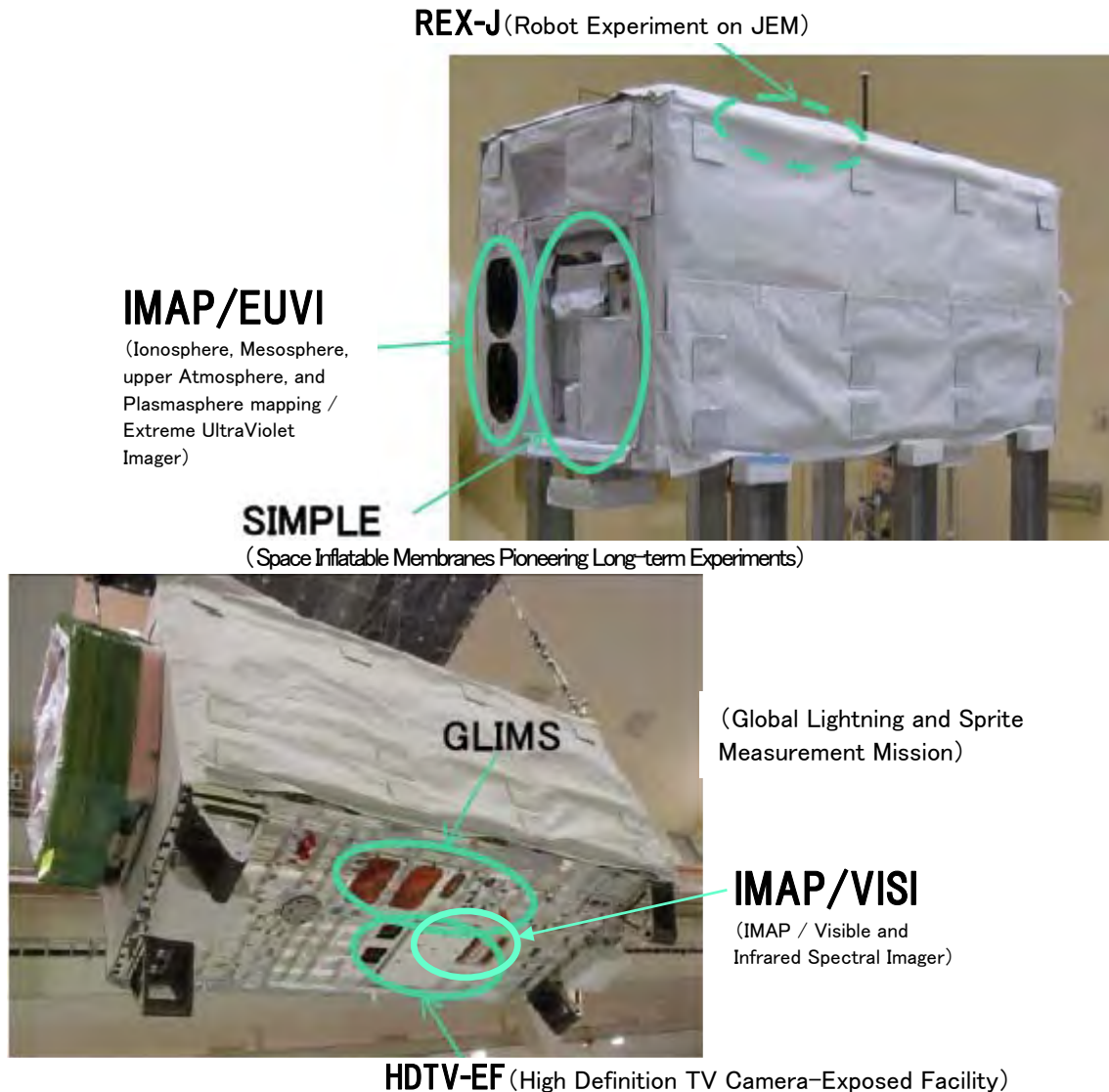


図1.6.2-5 ポート共有実験装置(MCE)の写真

MCEに搭載される5つの実験装置は以下の通りです。

①地球超高層大気撮像観測 (IMAP: Ionosphere, Mesosphere, upper Atmosphere, and Plasmasphere mapping)

地球超高層(高度80kmから20,000km)における、大気光とプラズマ共鳴散乱光の2つの光学現象(目には見えない弱い光)を可視、近赤外、極端紫外の3つの波長域で観測し、地球大気と宇宙空間のはざままで起こっている様々な現象をとらえます。

観測に使うのは、可視・近赤外分光撮像装置(VISI)と、極端紫外線撮像装置(EUVI)の2セットのカメラと、そのデータを処理するミッションデータ処理装置(MDP)の3つです。VISIはISSから下を見下ろすように下部に取り付けられ、酸素原子(O)と水酸基分子(OH)、酸素分子(O₂)の3種類の原子・分子が出す大気光を撮像します。EUVIは、ISSから地球の縁とその上の空間を見るように後方に向けて取り付けられ、ヘリウム原子イオンと酸素原子イオンが太陽からの紫外線を反射して出す光を撮像します。ヘリウム原子イオンは、高度500km付近から地球大気のもっとも遠いところ(高度20,000km)まで存在します。

GPS 衛星や通信衛星、放送衛星からの電波は、超高層大気を通り抜けて地球へ送られるため、この領域で起きるプラズマの乱れによって衛星からの信号が利用できなくなることがあります。今回の観測では、こうした乱れがいつ、どこで、どのようにして起こるかを詳しく撮像することで、その謎を明らかにします。



図 1.6.2-6 IMAP 観測機器(左:IMAP/VISI、右:IMAP/EUVI)

②スプライト及び雷放電の高速測光撮像センサ (GLIMS: Global Lightning and Sprite Measurement Mission)

CMOS カメラ 2 台、フォトメータ 6 台、VHF 干渉計 1 式、VLF 受信機 1 台を用いて、地球規模で雷放電及びスプライト現象を観測し、高高度放電発光現象・雷放電の全球分布とその変動、スプライト水平構造の観測と対応する雷放電進展の時間・空間分布の差、高高度放電発光現象の電子エネルギーの特定、雷放電・スプライトとガンマ線放射 生起時間の差と放電過程の特定を行います。

雷による光が検出された瞬間、すべての機器に信号が送られて観測が行われますが、光学観測については、ISS が地球の夜の間に稼働するように調整されています。

(スプライトとは、落雷に伴い高度 40~90km の上空で発光する現象です)

・北海道大学の JEM-GLIMS ホームページ <http://www.ep.sci.hokudai.ac.jp/~jemglims/>

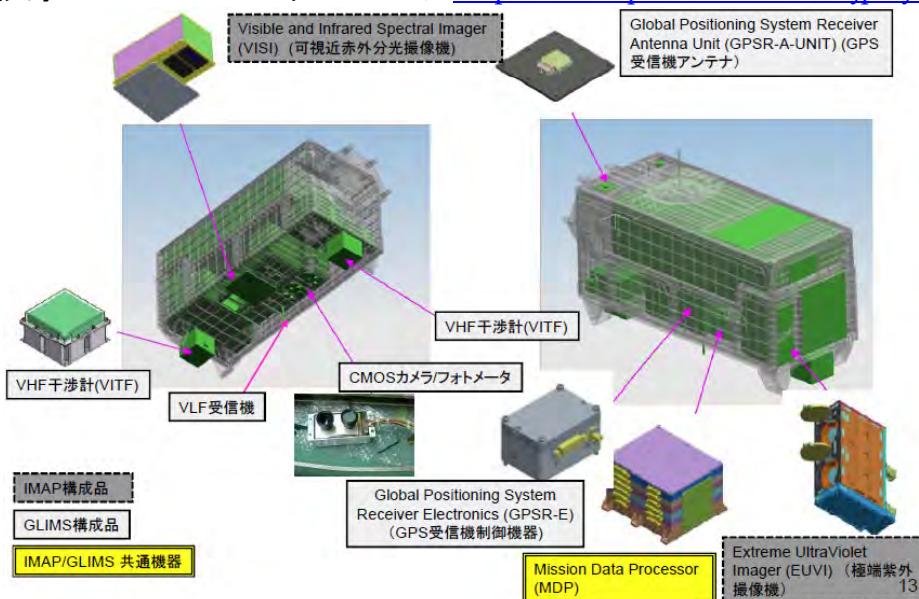


図 1.6.2-7 IMAP/GLIMS 機器の設置場所

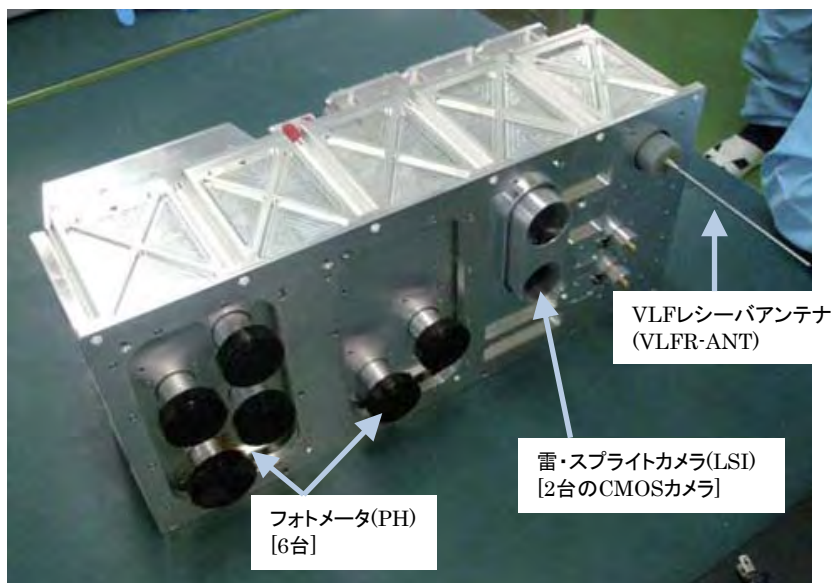


図 1.6.2-8 GLIMS 観測機器

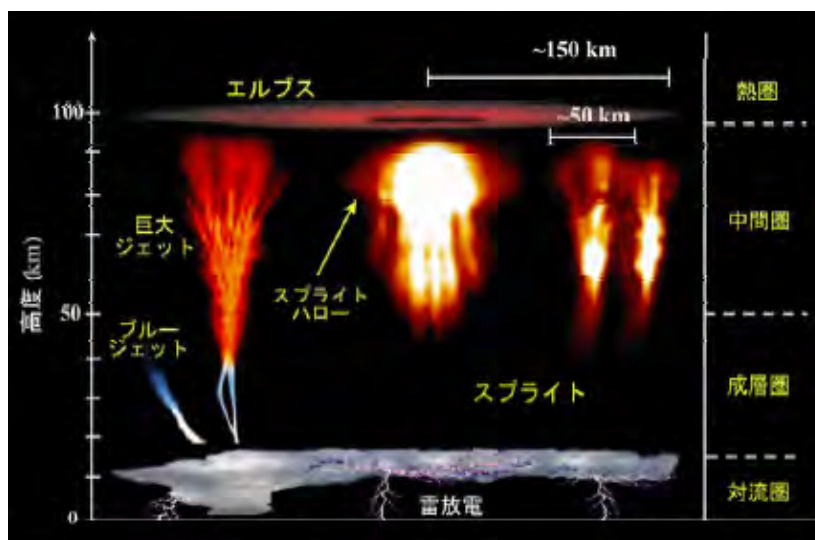


図 1.6.2-9 GLIMS が撮影を狙う高高度放電発光現象

ほんの一瞬のできごとである雷は、短命であるがゆえに観測や研究が容易ではありませんでした。しかしこの GLIMS 実験で広範囲にわたって観測が可能になれば、これまで知られていなかった雷の秘密が明らかになると期待されます。

③宇宙インフレータブル構造の宇宙実証 (SIMPLE : Space Inflatable Membranes Pioneering Long-term Experiments)

インフレータブル構造(袋状の膜材内に、ガスカートリッジまたは小型圧力容器からガスを放出することで、内圧を上げて膨らむ力を利用する超軽量構造)を実際の宇宙環境のもとで長期間運用し、その実用性を実証するとともに今後の宇宙構造物への適用のための基礎データを集めます。SIMPLE では以下の3つの実験を行います。

- インフレータブル伸展マスト IEM (Inflatable Extension Mast) の展開実験: インフレータブルチューブによってマストを伸展させます。長さ 1.3m。その固有振動数を計測することで長期にわたる構造特性を調べます。
- インフレータブル・スペース・テラリウム IST (Inflatable Space Terrarium): 長さ 30cm、外部へ伸展するのではなく、MCE 内部に伸展。内部を 1 気圧に保ち、植物の種を発芽させる実験。
- インフレータブル材料実験パネル IMP (Inflatable Material Experiment Panel): 形状記憶ポリマの伸展 (形状回復) や紫外線硬化樹脂の硬化機能の実証や、宇宙環境での劣化を調べる実験を行います (回収はせずに、映像で確認します)。

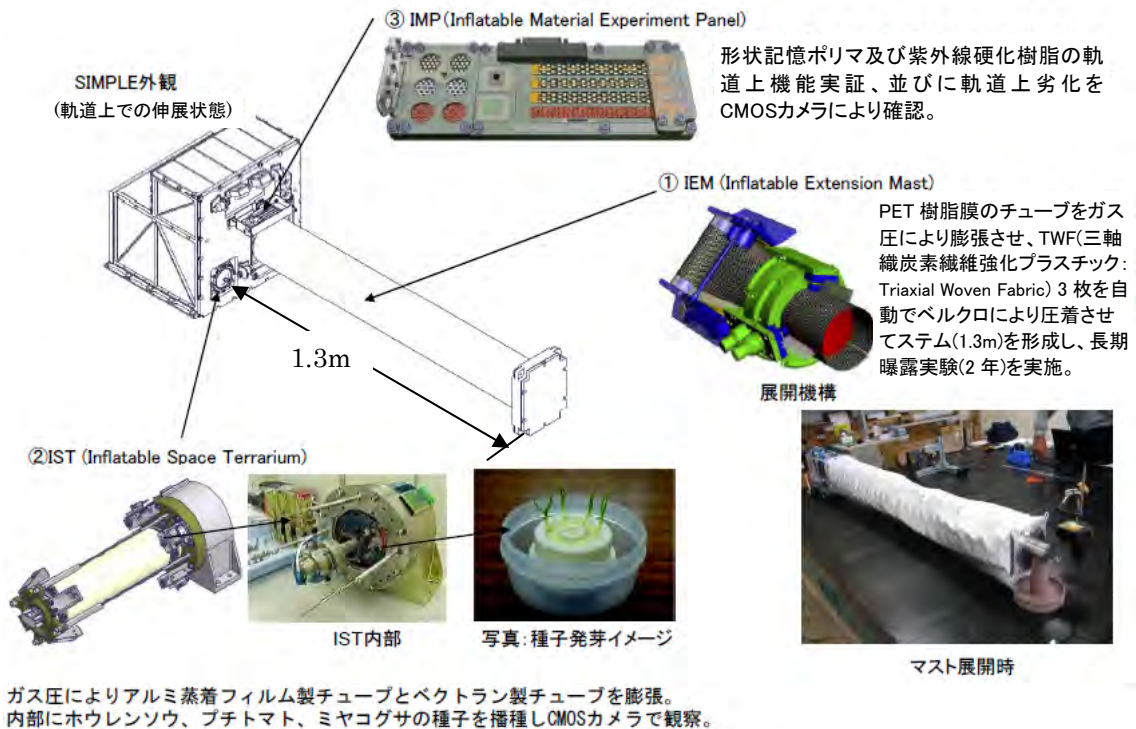


図 1.6.2-10 SIMPLE の 3 つの実験

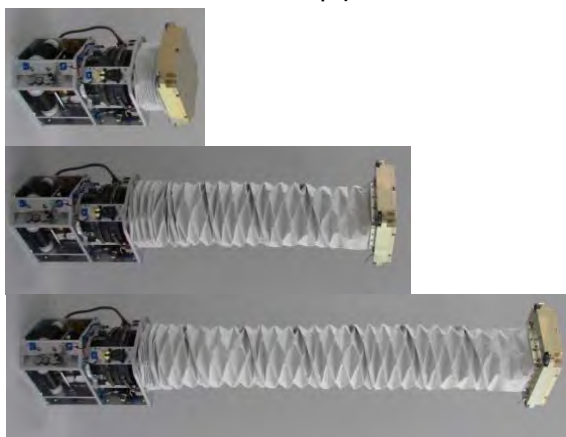


図 1.6.2-11 SIMPLE IEM の展開イメージ

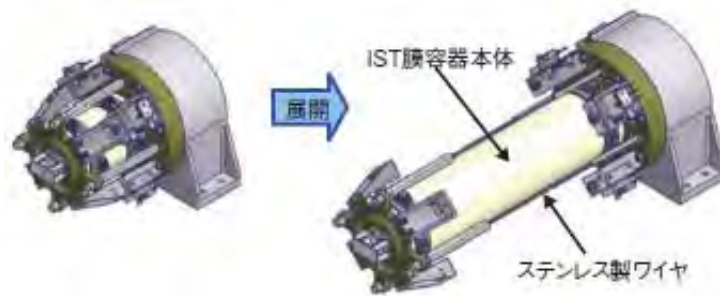


図 1.6.2-12 SIMPLE ISTの展開イメージ

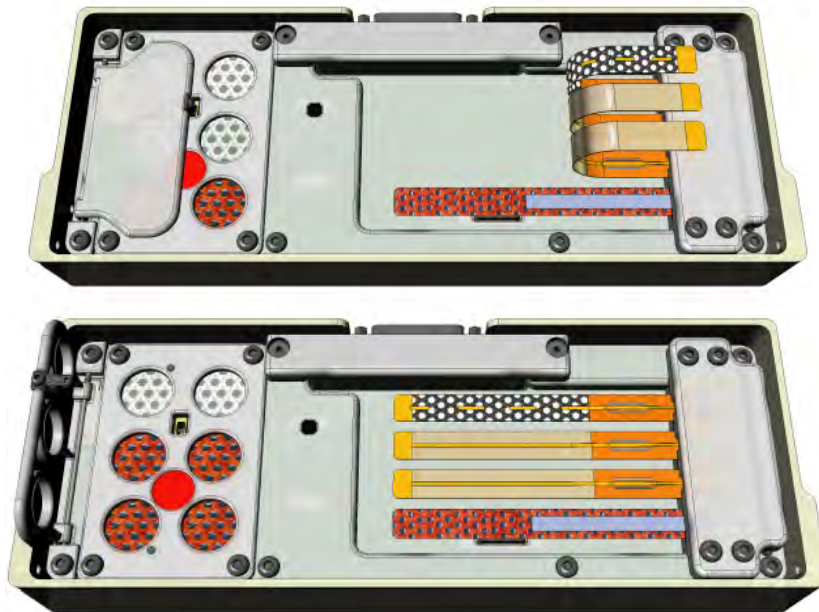


図 1.6.2-13 SIMPLE IMPの実験イメージ(上:実験開始時、下:全実験終了時)



図 1.6.2-14 SIMPLEの技術を発展させた将来構想の例

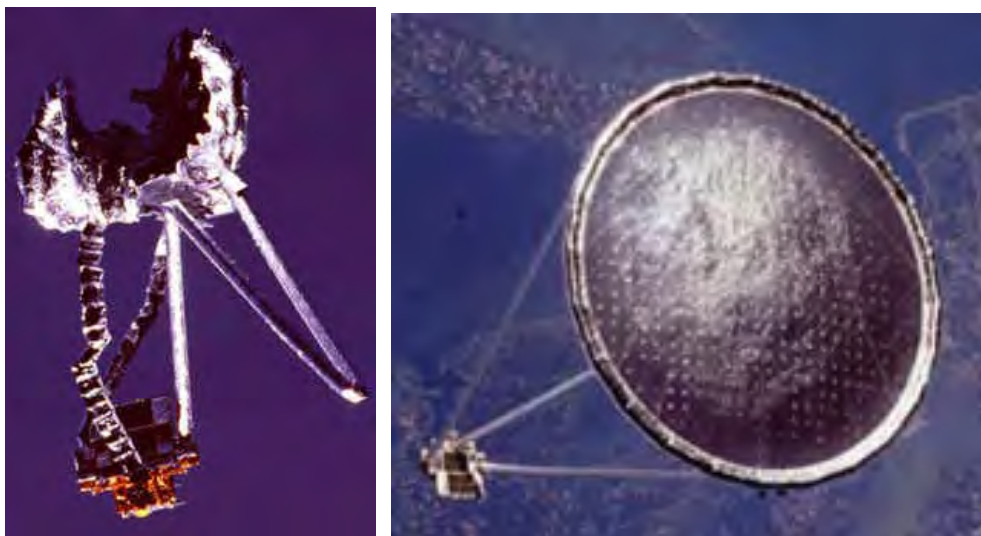


図1.6.2-15(1/3) インフレータブル実験の海外事例
 1996年5月のSTS-77でのSpartan/IAE(Inflatable Antenna Experiment)実験
 (L'garde社HP) <http://www.lgarde.com/gsfsc/spdeploy.htm>



図1.6.2-15(2/3) インフレータブル実験の海外事例
 RIGEX(Rigidizable Inflatable Get-Away-Special Experiment) (NASA)
 STS-123で土井宇宙飛行士がシャトルの貨物室の小型の容器内で伸展させるRIGEX実験を担当



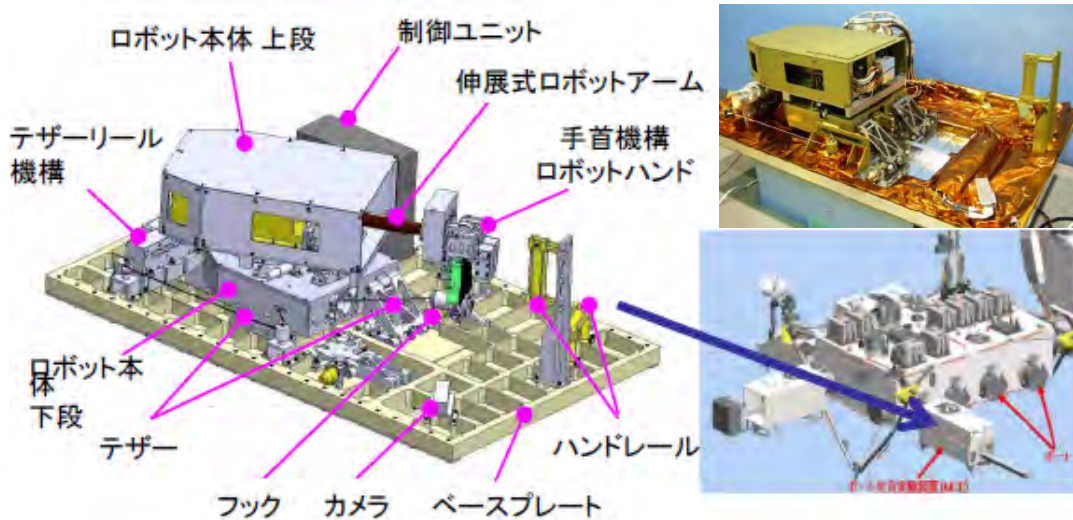
図1.6.2-15(3/3) インフレータブル実験の海外事例
 右:ビゲローエアロスペース社の Genesis-I の軌道上写真
 [ジェネシスI 2006年7月12日打上げ、ジェネシスII 2007年6月28日打上げ]
 この試験機を元に大型化した与圧モジュールを2014年に打上げ、宇宙ホテルにする計画

④EVA 支援ロボットの実証実験 (REX-J: Robot Experiment on JEM)

宇宙飛行士の船外活動 (EVA) を支援するロボットに不可欠な空間移動機能、作業機能を伸展式のアームとテザーを内蔵するロボットにより実証します。

本ロボットは、巻尺のように伸び縮みする伸展式ロボットアームにより、ロボット本体に内蔵するテザー先端のフックをつかんで引き出し、ISSの各所に取り付けられているハンドレール (宇宙飛行士の船外活動用に設置されているもの) に固定した後、テザーの長さを調整する (テザーで引っ張る) ことで移動するというコンセプトを実証するもので、今回の REX-J では、以下のロボット実験装置 (ハンドレールは1個のみで、実験装置の外に移動することもできません) を使って、容易なロボットの空間移動、物資搬送が可能となる技術蓄積を図ります。

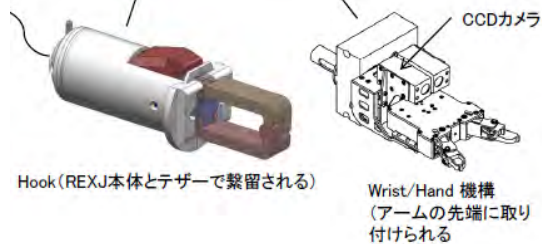
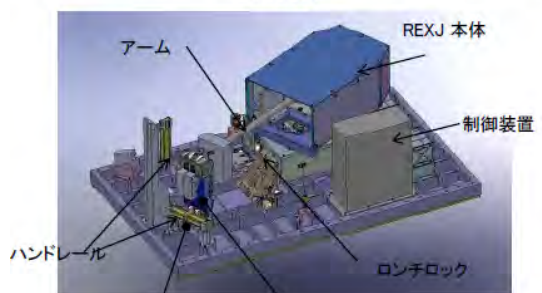
・REX-J ホームページ <http://robotics.jaxa.jp/rexj/rexj.html>



搭載ロボット実験装置

きぼうへの取り付け

・伸展式のアームとテザーを内蔵するロボットが移動
REXJ 外観



①初期位置



②Wrist/Hand機構がHookを挿んだまま、アームを伸展させ、Hookをハンドレールに取り付ける。(その後アームは本体内に退避)



③Hookに取り付けたテザーを巻き取りREXJ本体が移動

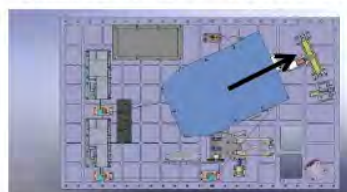


図 1.6.2-16 REX-J

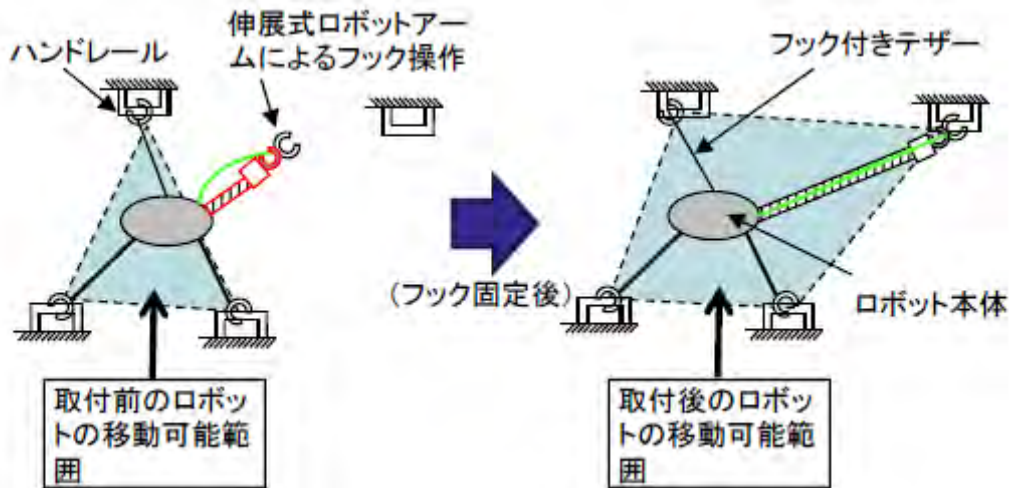


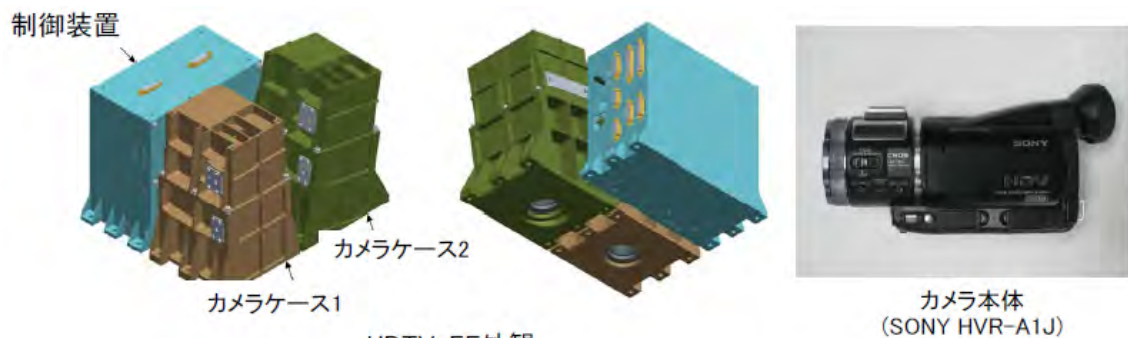
図 1.6.2-17 REX-J のロボットの移動原理

本ロボットのように、巻尺のように伸び縮みするロボットアームとテザーを使って移動するロボットは、ロボットそのものの大きさを小さくでき、広範囲に移動できるのが特徴です。

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: Commercial off-the-shelf High Definition TV Camera-Exposed Facility)

日本製の民生品ハイビジョンビデオカメラ2台を搭載して、高度400kmから国際宇宙ステーション直下の地球表面(画面内範囲200km×350km)を動画撮影し、家庭用カメラが宇宙の曝露環境でも使えるかどうか画質や寿命のデータを取得して、その有効性を評価します。宇宙空間は放射線が強いので、耐放射線特性に優れたCMOSセンサを持つカメラを使います。2台のカメラを切り替えながら使って1年間にわたって撮影を行う予定です。カメラの1台はISSの直下方向に向けられ、もう1台は進行方向に対して左へ10度傾けて設置されています。2台とも地上からの制御でズームができるようになっています。



HDTV-EF外観

図1.6.2-18 HDTV-EF



図1.6.2-19 HDTV-EFによる日本列島の撮影予想イメージ

【参考】2013年夏ごろには、NASAも同様の実験装置HDEV(High Definition Earth Viewing)をISS船外に設置する予定であり、こちらも民生品のHDTVカメラ4台を搭載します。搭載されるのはパナソニック、東芝、ソニー、日立とすべて日本のメーカーのカメラが使われます。

(2)米国の衛星間通信実験装置 (SCAN Testbed)

SCAN(Space Communications and Navigation) Testbedは、米国の追跡・データ中継衛星(TDRS)を介してKaバンドとSバンド通信を行う実験装置で、次世代のSDR(Software Defined Radios)技術の試験を行います。重量は約363kg。2年間の実験運用が行われる予定です。

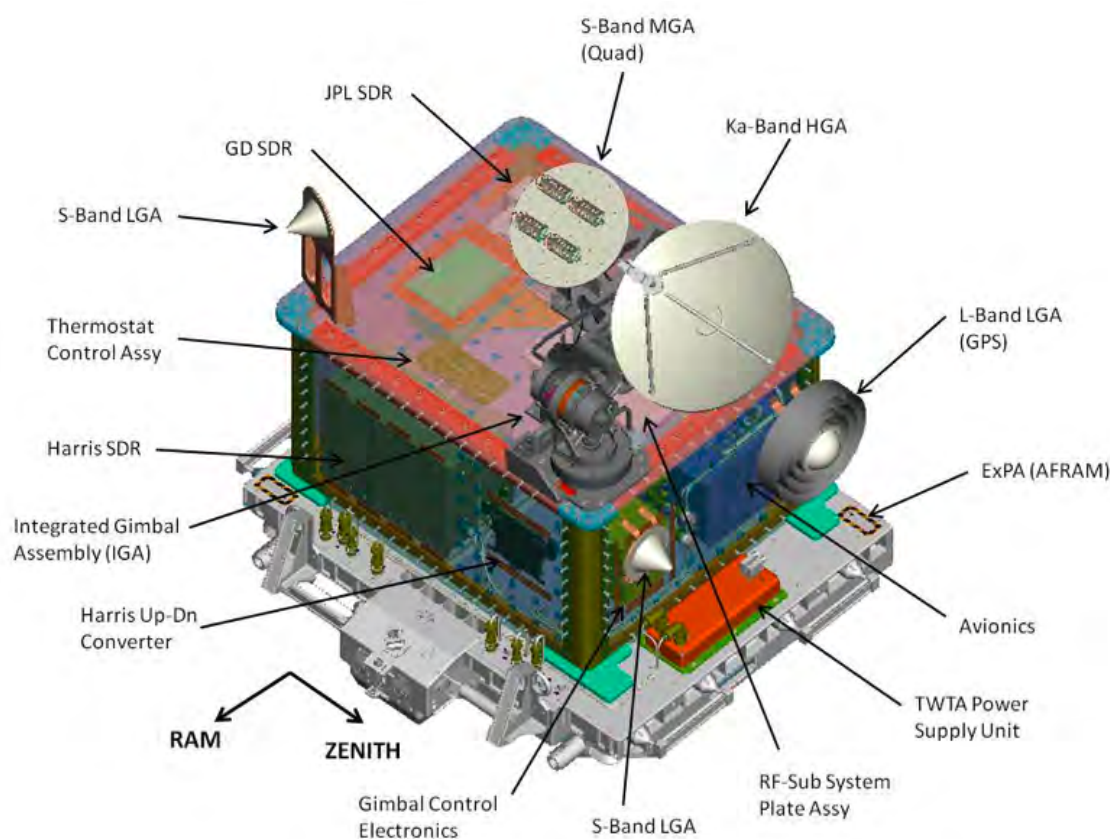
Kaバンドは、現在、ISSで使われているKuバンド帯よりも高速のデータ通信が可能ですが、アンテナの追尾精度も高精度が要求されます。

NASAではCoNNeCT (Communications, Navigation and Networking re-Configurable Testbed)プロジェクトと呼ばれていますが、NASA外あるいはISS運用部門では(混乱を避けて誤解を招かないように)SCAN Testbedと呼ぶことになっています。

<http://spaceflight systems.grc.nasa.gov/SpaceOps/CoNNeCT/>

http://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/experiments/SCAN_Testbed.html

SDR(ソフトウェア無線): 携帯電話、PHS、無線LANなど、出力や周波数帯、変調方式などが異なるさまざまな無線通信手段を1台の無線機のソフトウェアを書き換えることで対応させる技術。



Ka-Band HGA [Kaバンド高利得アンテナ] 100Mbpsクラス、周波数22-26GHz

S-Band MGA [Sバンド中利得アンテナ] 10Mbpsクラス、周波数2.0-2.3GHz

S-Band LGA [Sバンド低利得アンテナ]

L-Band LGA(GPS) [Lバンド低利得アンテナ(GPS受信アンテナ)], 周波数0.4-1.6GHz

図1.6.2-20 SCAN Testbed



図1.6.2-21 SCAN Testbedの写真

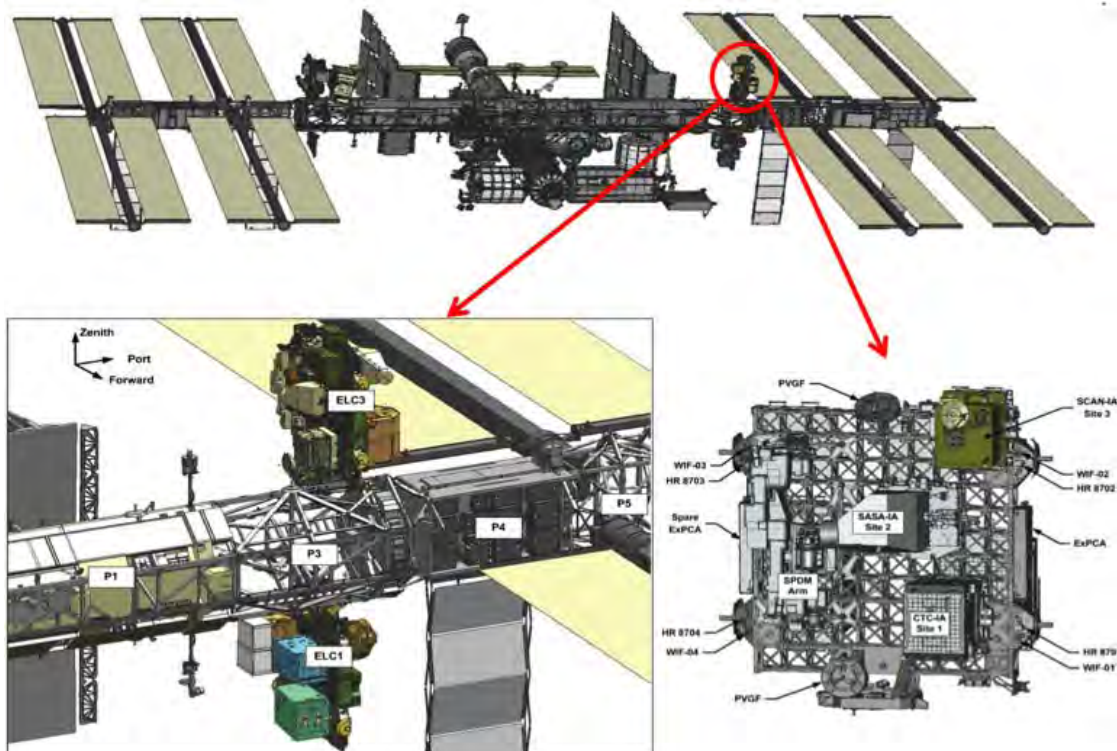


図1.6.2-22 SCAN Testbedの設置場所(左舷のELC-3に設置)

SCAN Testbedは、SDR(Software Defined Radio)技術を使うことで、ソフトウェアを変更することにより電波の周波数を切替えることができる。打上げ前は知られていない機能でも、今後のソフトウェア変更で使えるようになる可能性がある。これまでの無線機器は、打上げ後はアップグレードできなかった。この技術を使えばミッションの必要性に応じて新しいソフトウェアを開発し、異なったデータフォーマットや信号を使うようになれば、科学データをより高速に下ろすことができるようになる。

(3)MCEとSCAN Testbedの移動作業

HTV3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、HTV3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。

SCAN TestbedのELC-3への移動は、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、その「デクスター」を使って行われます。MCEの方は、きぼうのロボットアームを使って移動が行われます。

これらの移動が終わると、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HTV3の補給キャリア非与圧部に戻します。

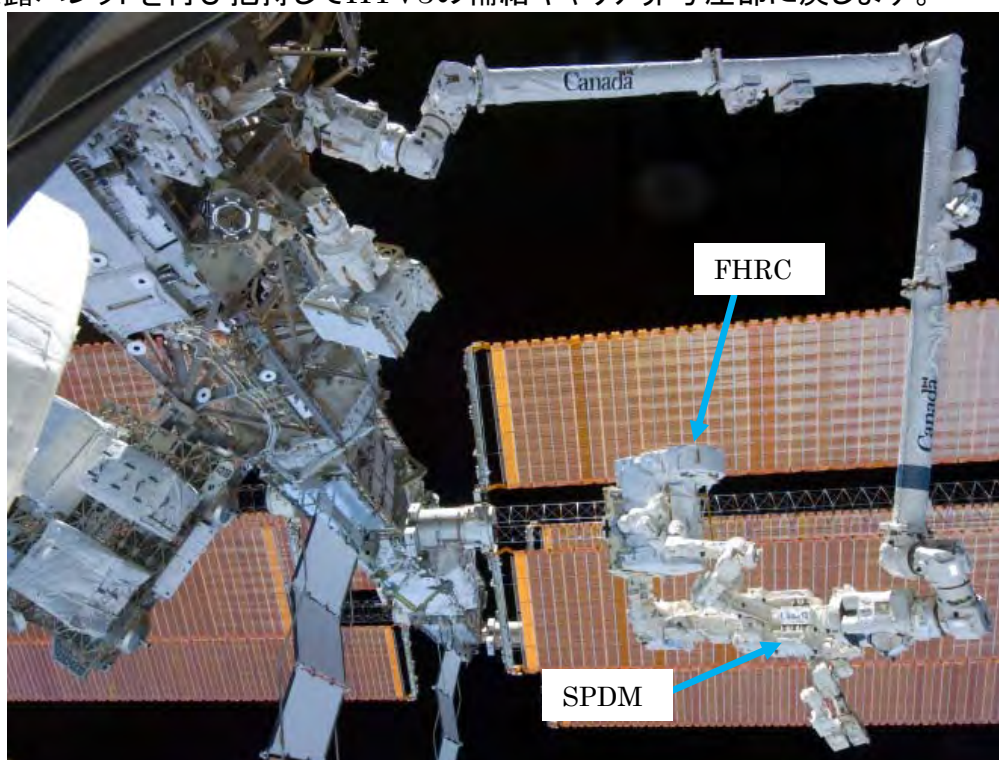


図1.6.2-23 SPDMを使って米国の船外物資を運搬する様子
(HTV2で運搬したFHRCの移動)



図1.6.2-24 SPDM「デクスター」

1.7 「このとり」3号機(HTV3)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センター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ーの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。

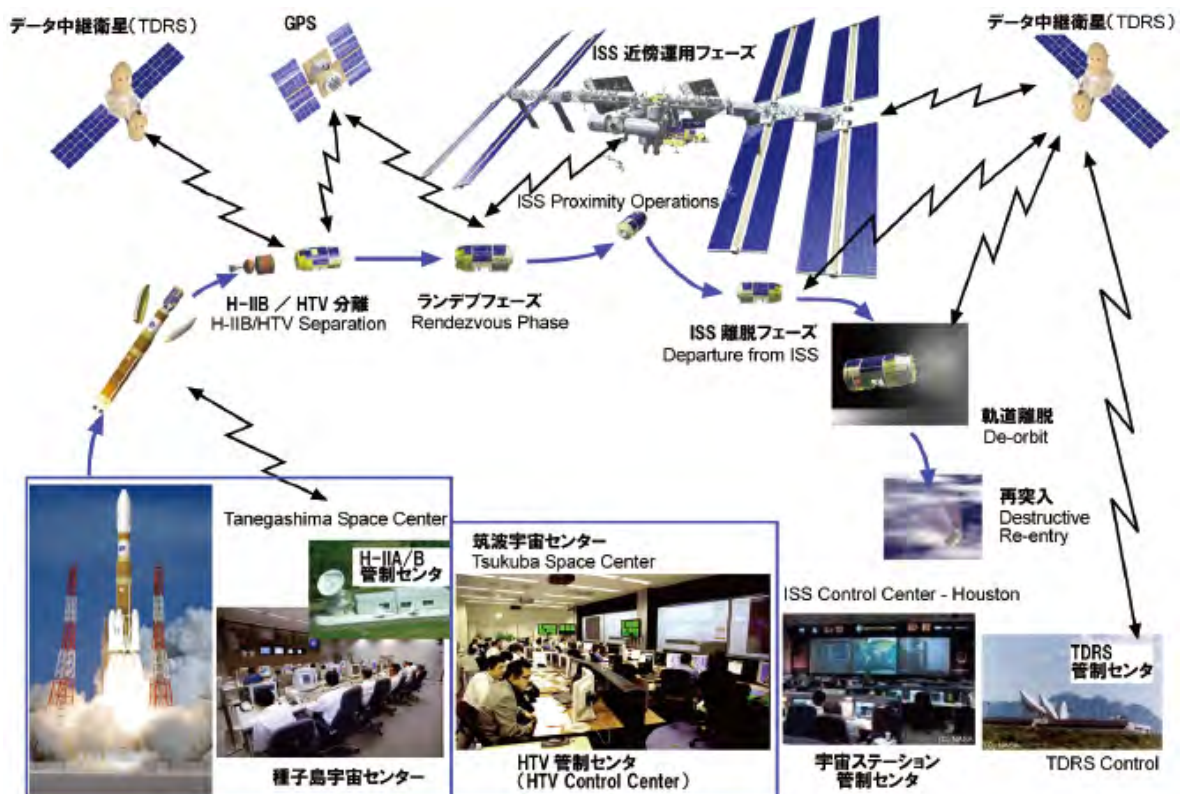


図1.7-1 HTVの運用管制概要

※: HTV2号機ではミッション中に東日本大震災が発生し、一時、宇宙ステーション運用棟の管制設備が使えなくなったため、急きょNASAの管制センターに運用者を派遣して対応することになった教訓から、筑波宇宙センター内の別の建物内にHTVの予備管制センターを用意することとなりました。



図1.7-2 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。

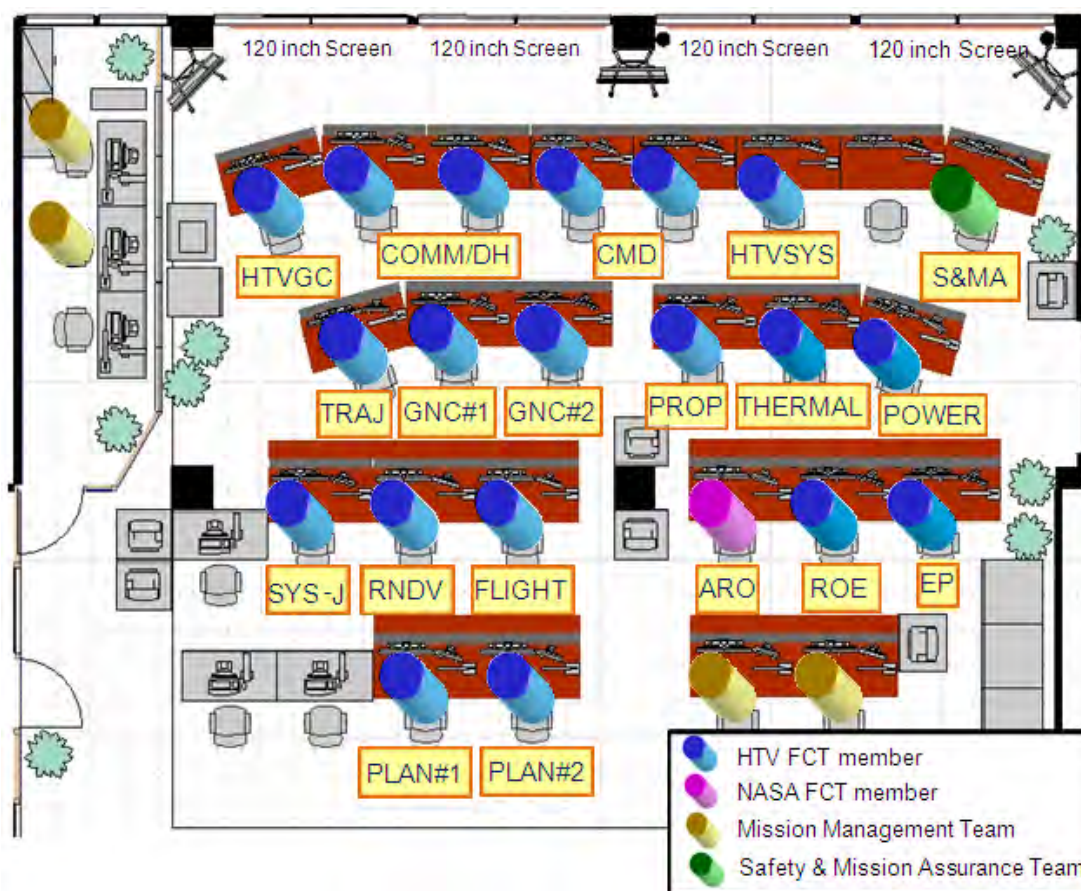


図1.7-3 HTV運用管制室のレイアウトと運用ポジション

HTV-FLIGHT:

HTV FCT全体を統括し、HTV運用全体の最終決定を行う。

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「こうのとり」(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、衣類などの不用品を積み込み、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号機(HTV2)からは運用機への改良が加えられ、2011年1月22日に打上げられて、3月30日に突入しました。



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。
- 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)、米国の民間補給機ドラゴンと、シグナス(開発中)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。2011年7月にスペースシャトルが退役したため、ISSに船外物資を運搬できるのはHTVのみとなっています(米国の民間補給機ドラゴンも運搬可能な能力を有していますが、運搬できるようになるのは実用2号機からのため、早くても2012年12月以降の予定です)。

また、以下も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(1.27m×1.27m)、大型の船内実験装置(実験ラックの幅は1.05m)を運搬することが可能(シャトル退役後は、HTVでしか実験ラックは運搬できません)。
- 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 「こうのとりの」(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。

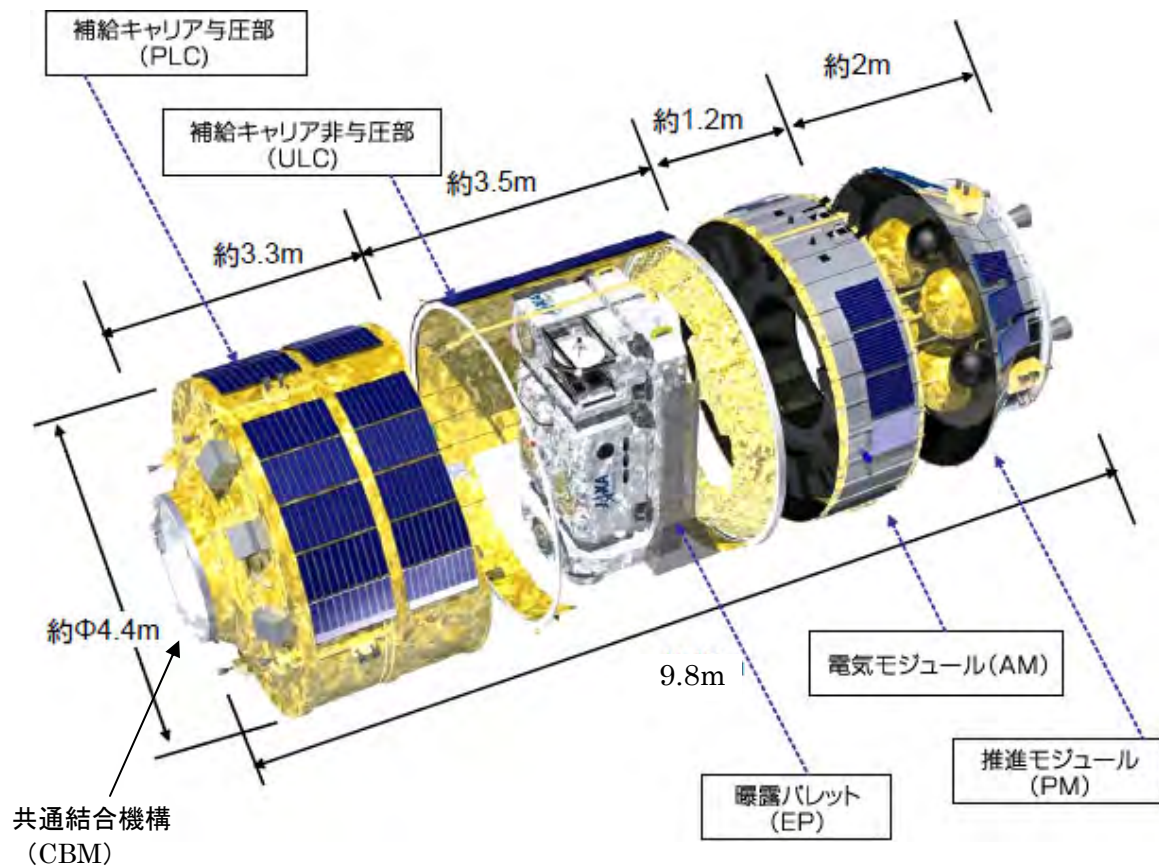


図2.4-1 HTVの全体構成

表2.4-1 HTV運用機の主要諸元

項目	仕様	
全長	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45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用品などを搭載します。

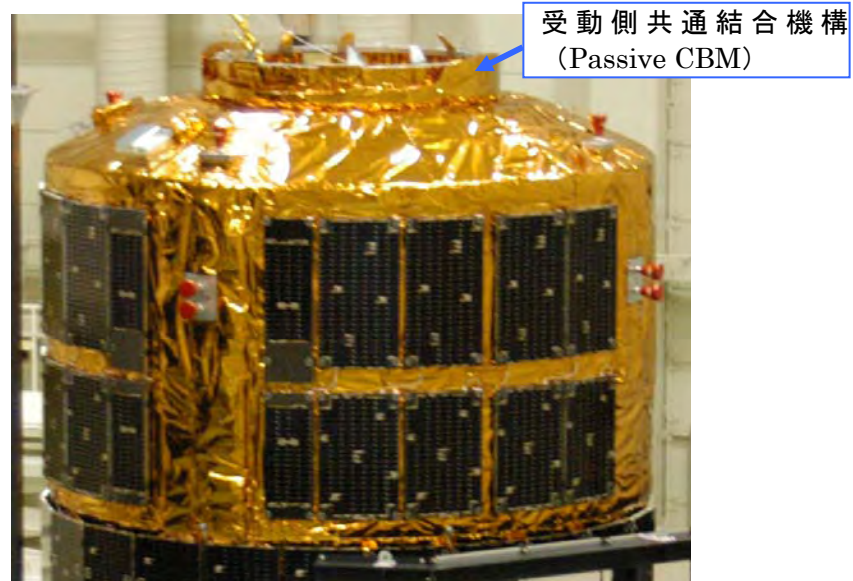


図2.4.1-1 補給キャリア与圧部の外観(HTV1)



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(左:HTV1、右:HTV2)

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8台のラックを搭載できます。HTVに搭載するラックは、ISSのラックと同じ大きさであり、長さ約2m、幅1.05mです。



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、設置されます。空いたラックベイには、軌道上で不要になったISPRを搭載して廃棄することができます。
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2.9×2.5mの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(HTV3)

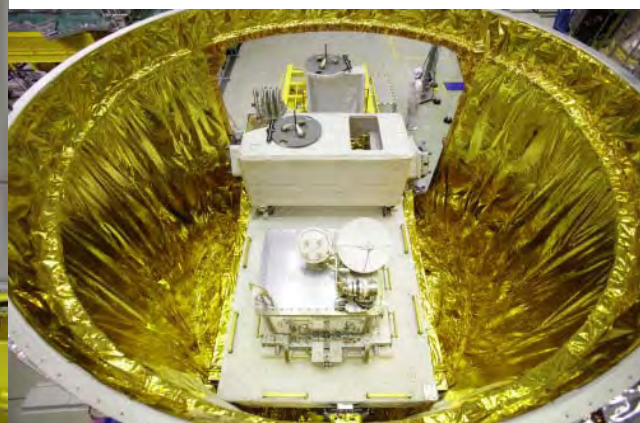


図2.4.2-3 曝露パレットを搭載した状態(HTV3)

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。

● 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。

曝露パレットは、打上げからISS係留までの期間、補給キャリア非与圧部から電力供給を受けます。船外実験プラットフォームに結合している間は船外実験プラットフォーム側から電力供給を受けられます。

HTV3では、多目的曝露パレット型(Exposed Pallet - Multi-Purpose: EP-MP)が初めて使用されます。

曝露パレットのサイズは、(縦)約2.8m×(横)約4.1m、(高さ)約2.3m、重量は約0.6トンです。



図2.4.3-1 曝露パレット (HTV3用のEP-MP)

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台を搭載しました)。

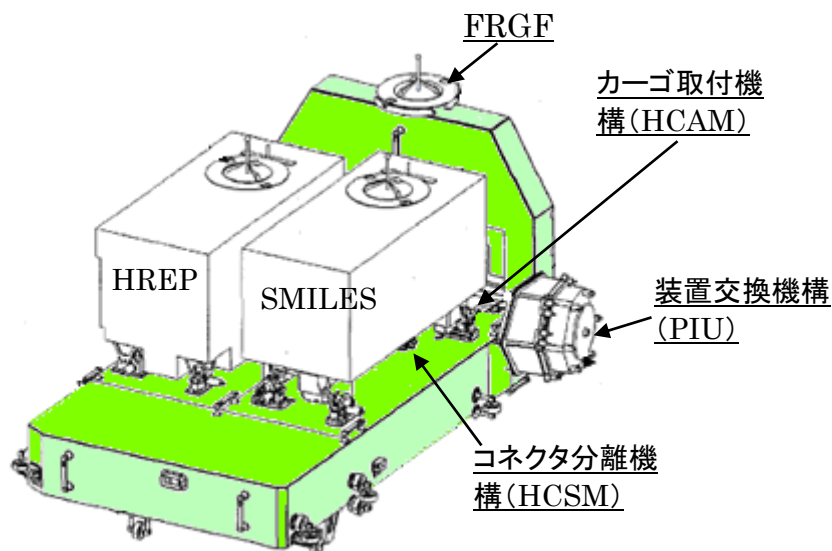


図2.4.3-2 「きぼう」船外実験プラットフォーム係留専用型(I型)
(図はHTV1のコンフィギュレーション)

● 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(HTV3ではこれを初使用)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。

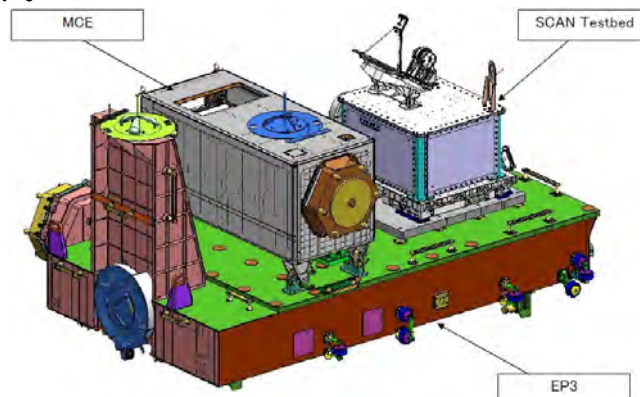


図2.4.3-3 多目的曝露パレット型(EP-MP型)
(図はHTV3のEP-MPでJEF仮置きタイプ)

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)

- カーゴ取付機構(HTV Cargo Attachment Mechanism: HCAM)

カーゴ取付機構は、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。

- 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。

- 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。

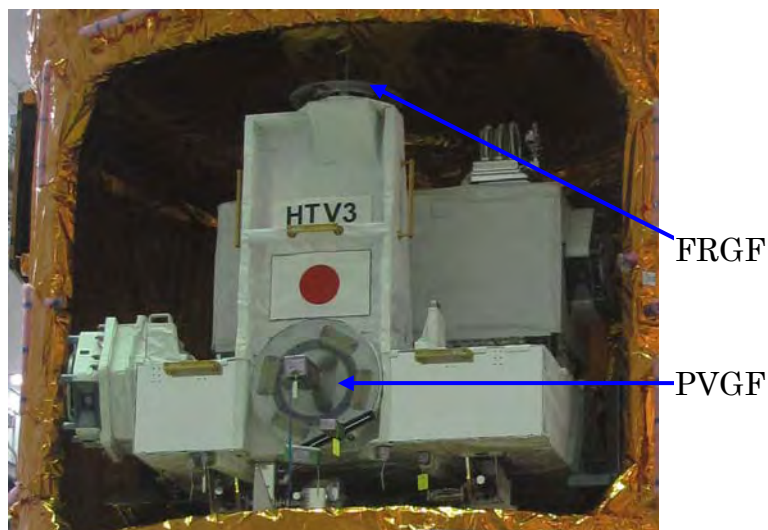


図2.4.3-5 曝露パレット (HTV3)

● 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。

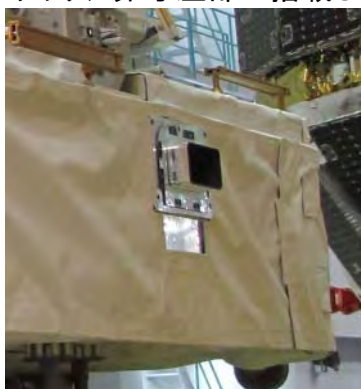


図2.4.3-6 HTVバーシングカメラシステム(HBCS)

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。電気モジュールは直径約4.4m、高さ約1.2mのモジュールで、質量は約1,700kg。そのサブシステム概要を表2.4.4-1に示します。

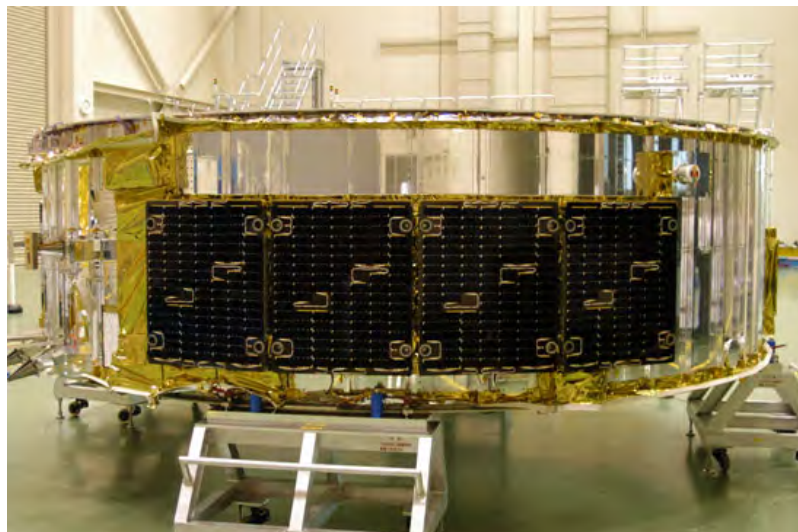


図2.4.4-1 電気モジュール(横からの外観)(HTV1)

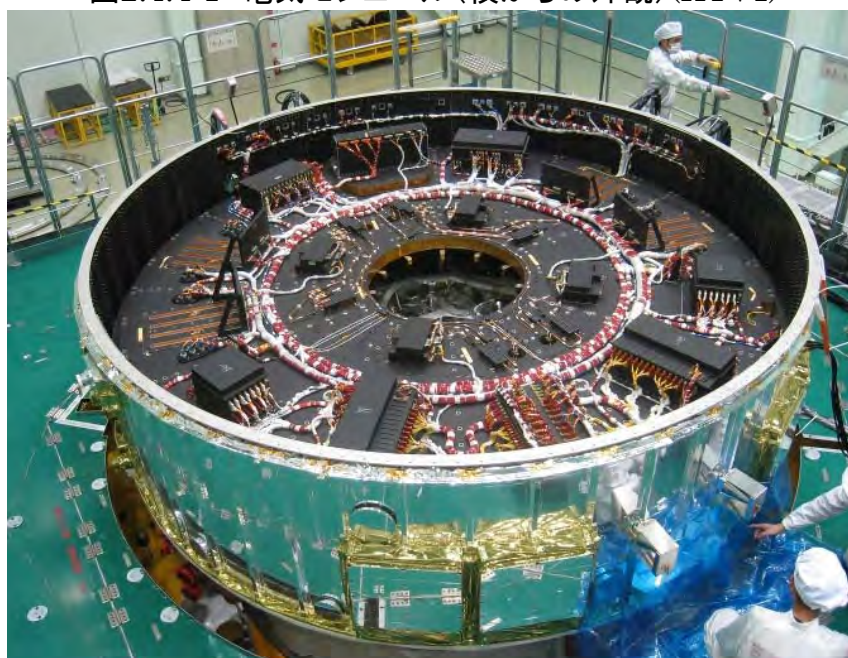
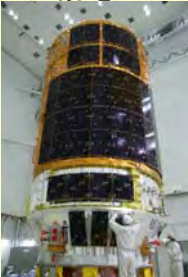


図2.4.4-2 電気モジュールの内部 (HTV2)

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 style="text-align: center;">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手し、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、アボート制御ユニットから構成されます。 ・ ロボットアームで把持される直前には、ISSとの相対位置を76cm以内、相対速度を秒速7mm以内に制御します。ISSおよびHTVはそれぞれ秒速約8,000mで飛行しており、相対速度をその0.0001%にまで制御します。
<p style="text-align: center;">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。 ・ PLSに関しては、ISS近傍約200kmで通信確立し、ISS直下10mのキャプチャ点に到達するまで使用されます。すなわち送受信距離は、2×10^4のダイナミックレンジをカバーすることとなります。
<p style="text-align: center;">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 style="text-align: center;">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(Secondary Battery: S-BAT)1個が搭載されています。 ・ 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(120V)をDC/DCコンバータで所定の電圧(50V)に変換／安定化してHTVの各機器類に供給します。
<p style="text-align: center;">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56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: 5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、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基のメインエンジン(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。

HTV3号機からは、メインエンジンと姿勢制御用スラスタを国産品に切り替えました。

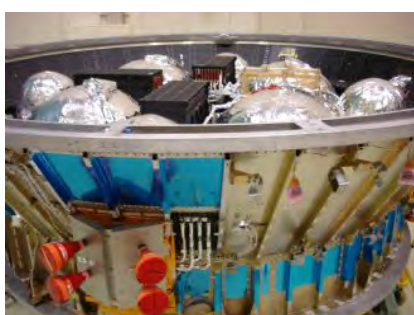


図2.4.5-1 推進モジュール
(多層断熱カバー取付け前)



図2.4.5-2 推進薬タンク

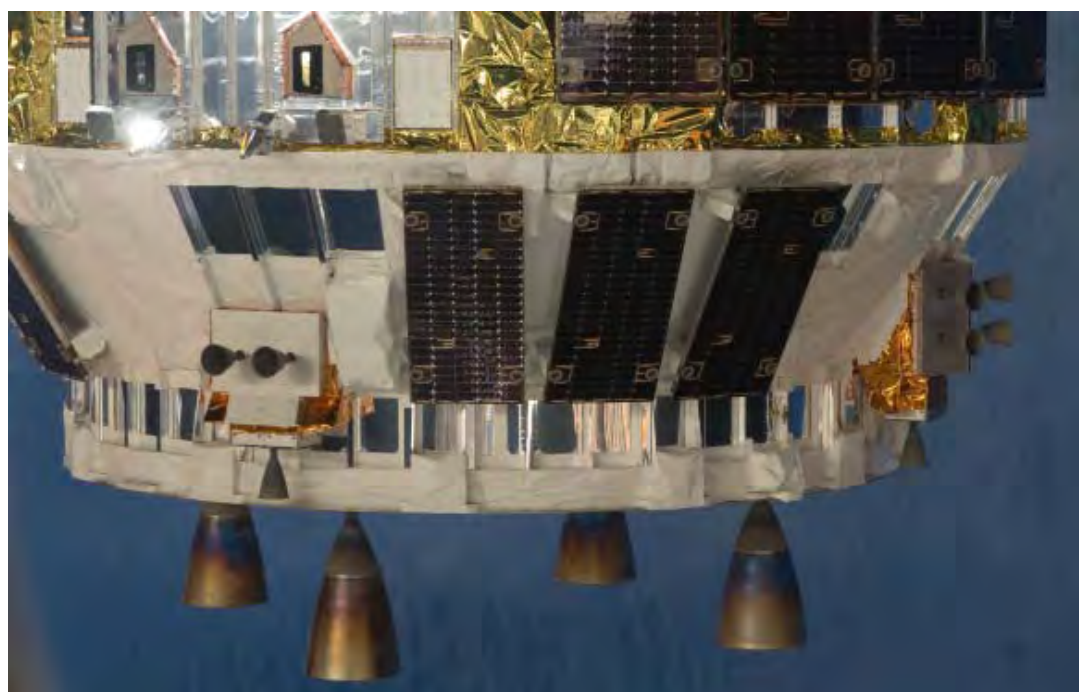


図2.4.5-3 軌道上で撮影された推進モジュール(HTV1)
(写真下部に見える4基のノズルがメインエンジン)

表2.4.5-1 HTVのスラスタ構成

	仕様	
	メインエンジン	姿勢制御用スラスタ (RCS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	IHIエアロスペース社HBT-5 500N(ニュートン)級 (HTV3以降※) Aerojet社R-4D 490 N(ニュートン) (HTV1, 2, 4)	IHIエアロスペース社 120N(ニュートン)級 (HTV3以降※) Aerojet社R-1E 110 N(ニュートン) (HTV1, 2, 4)

* 全28基のうち、12基は補給キャリアと圧部外壁に設置されています

※ HTV4は輸入品を使用します

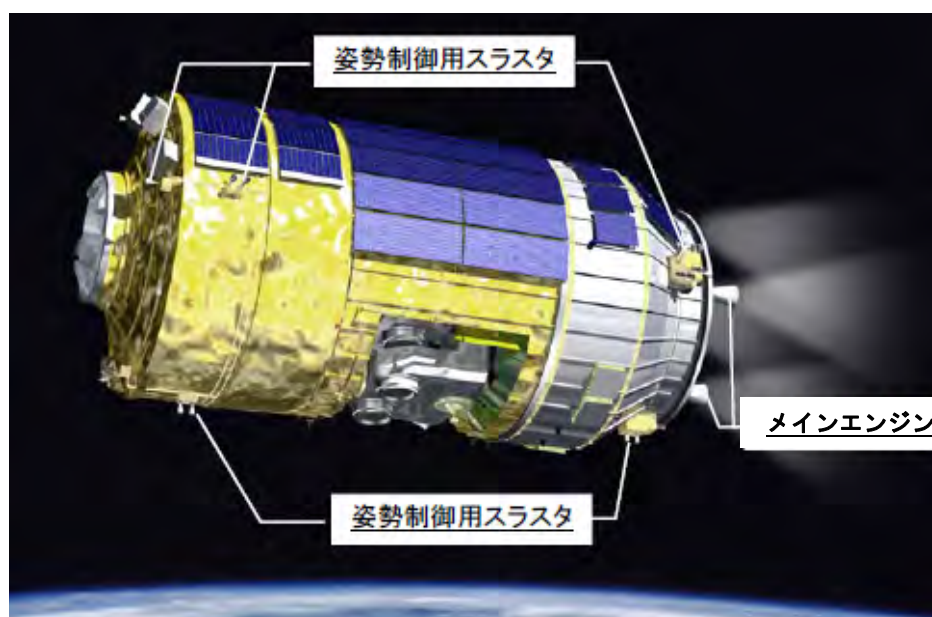


図2.4.5-4 メインエンジンと姿勢制御用スラスタの位置

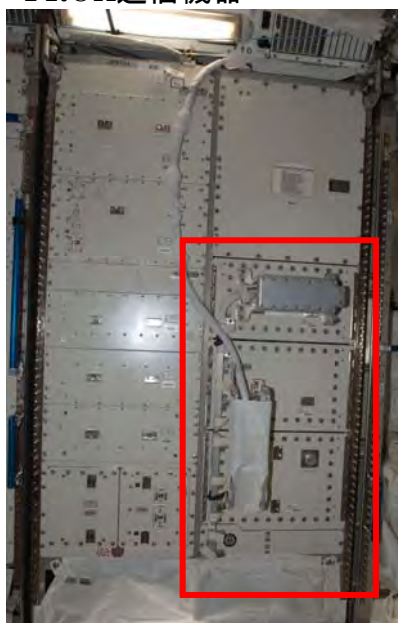
2.4.6 近傍通信システム(PROX)

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。

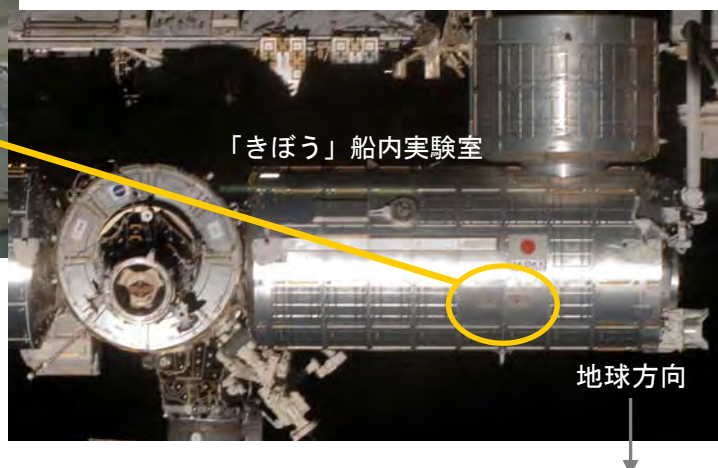
【参考】米国Orbital Sciences社は、同社が開発中のシグナス(Cygnus)輸送機で使用するため、HTVと同等の近傍通信機器を三菱電機(株)から購入(9機分:約60億円(6,600万米ドル))しました。

日本の宇宙技術(ISSでの成果)が海外への輸出と産業化につながった最初のケースです。

● 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)



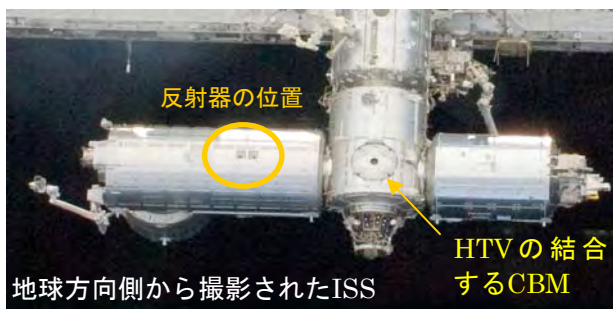
- ABORT(強制退避)
アボート、緊急退避
- FRGF SEP(アームからの強制分離) SSRMSのトラブルで把持が開放できなくなった場合に、HTVのFRGFを分離する事で強制的に分離
- RETREAT(一時後退)
30mまたは100m点へ後退
- HOLD(相対位置保持)
- FREE DRIFT(制御停止)
HTV把持のため、HTVの制御をオフにする

搭乗員用コマンドパネル(Hardware Control Panel: 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。

右に示す写真はSpace X社のCCP(Crew Command Panel)です。HTVでの経験が米国の商業宇宙機にも活かされていることがここからも分かります。PROXを使用するシグナス補給船では、HTVと同様にHCPが使われます。



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。

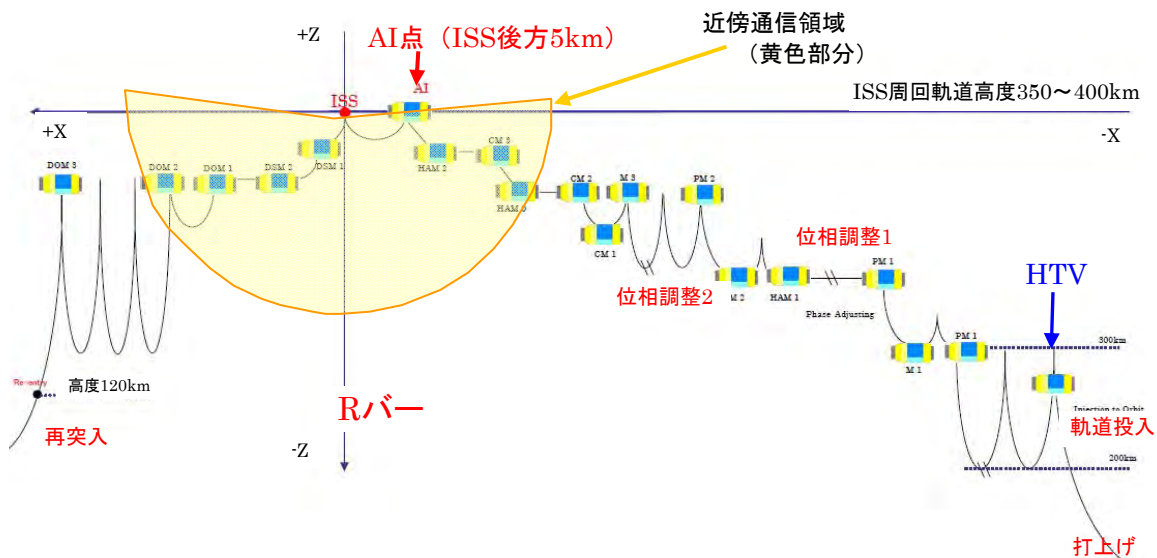


図2.5.1-1 ランデブ飛行概要

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。

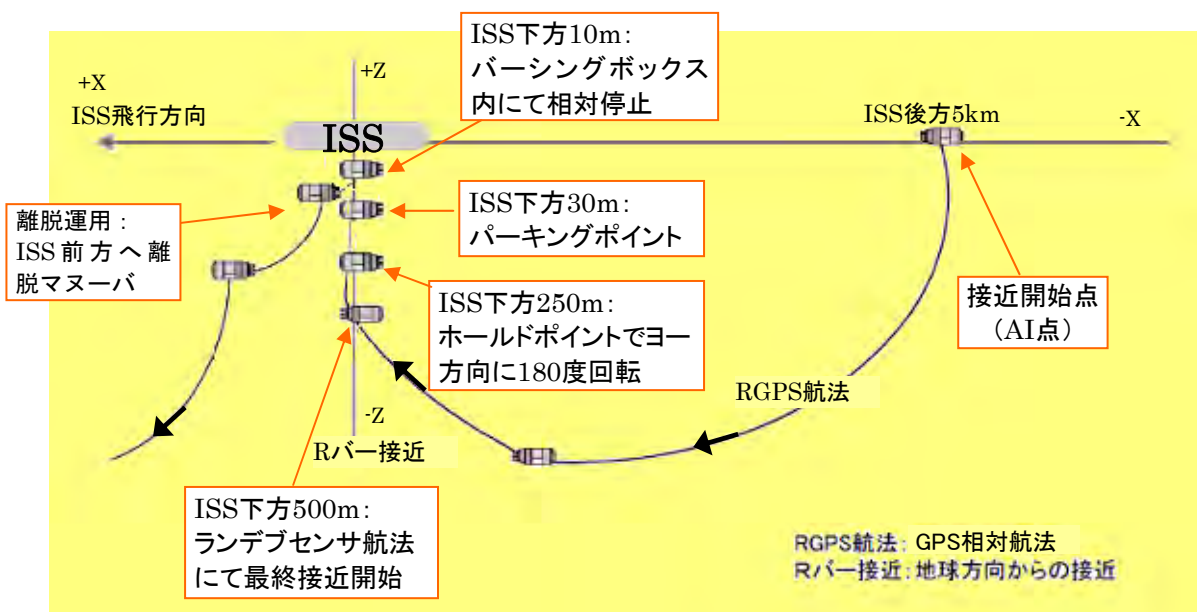


図2.5.2-1 ISS近傍運用拡大図

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2.5.2-2 フリードリフト状態のHTV (HTV1)



図2.5.2-3 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のスラストが停止され(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。

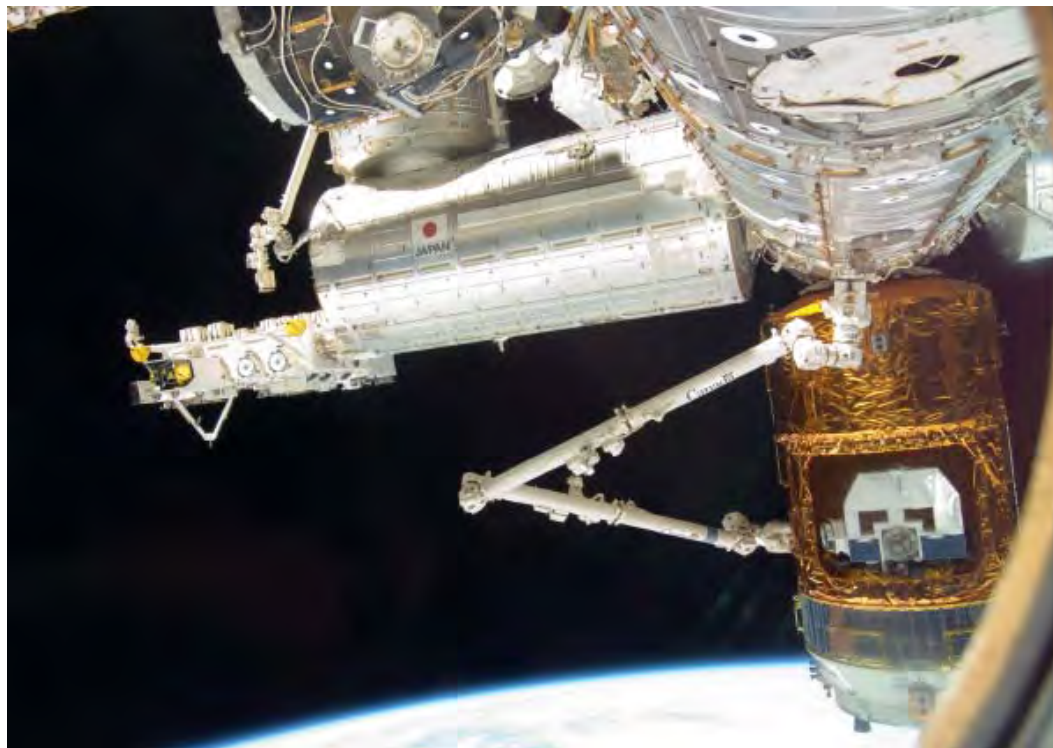


図2.5.2-4 ISSへ結合したHTV1

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への不用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を実施。
2. ISSのロボットアームによりHTVを把持。
3. 共通結合機構(CBM)を解放(ISSクルーの操作で16本のボルトを緩め、最後に4箇所のラッチを解放することで結合を解除)。
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。
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。

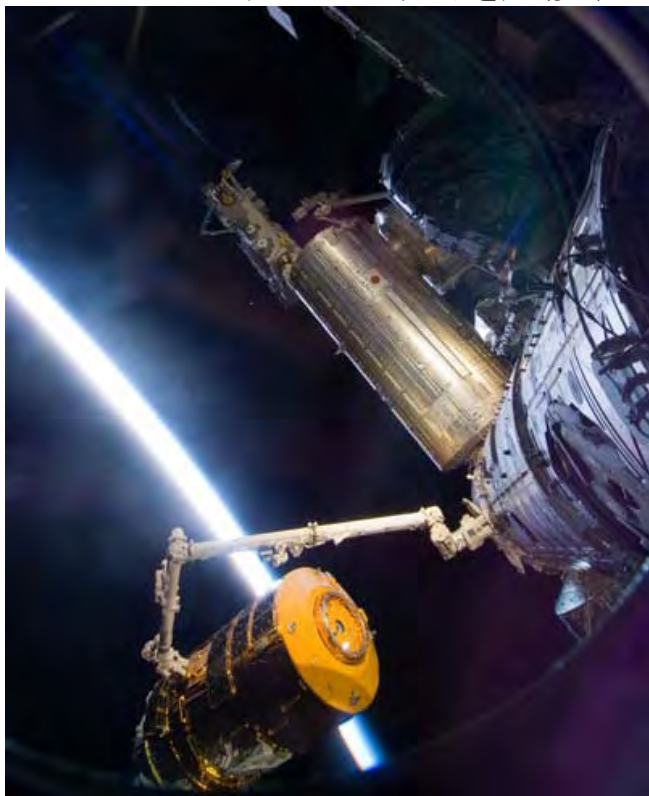


図2.5.4-1 ISSの結合機構から解放されたHTV1

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、人が居住している島から離れたエリアで船舶の航行も少ない海域です(他国の排他的経済水域外)。

これらの宇宙機を廃棄するには、事前にノータム(NOTAM)の通知を行って、船舶・航空機が進入しないようにしておくのが国際的なルールになっています。

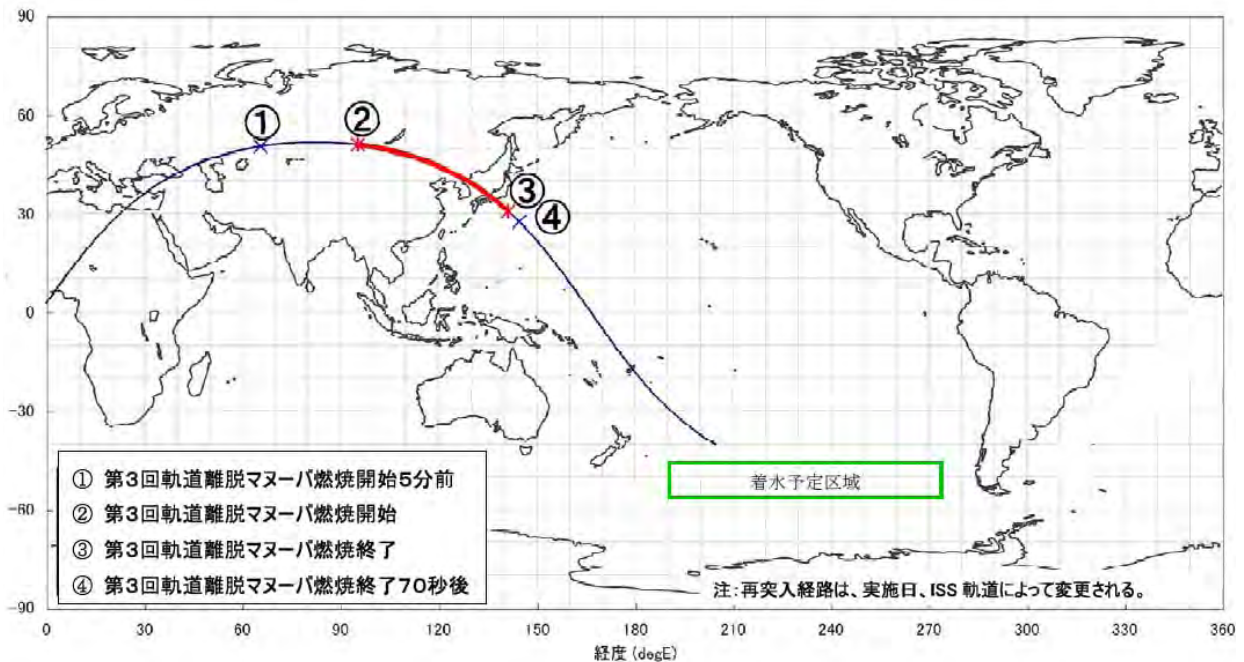


図2.5.4-2 着水予定区域とHTVの軌道(赤線)(HTV1)

【参考】宇宙ステーション補給機「こうのとり」3号機 (HTV3) の再突入に係る安全対策について
 平成24年4月4日 宇宙開発委員会 安全部会
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/uchuu/reports/1321150.htm

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) 	約16.5 トン	約6トン	H-II B	2009年～ <ul style="list-style-type: none"> ・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) 	約20.5 トン	約7.5 トン	アリアン5 (ES-ATV)	2008年～2014年(5号機で終了予定) <ul style="list-style-type: none"> ・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) 	約7.2 トン	約2トン	ソユーズ U	1978年～ ISSミッションには2000年から使用。 <ul style="list-style-type: none"> ・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) 	約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 <ul style="list-style-type: none"> ・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)  <small>ESA/NASA</small>	約9.8 トン	約3 トン ※ ※輸送計画から想定される輸送カーゴ質量	ファルコン 9	商業輸送機として開発 2012年補給飛行を開始予定(2010年12月試験飛行・回収に成功、2012年5月の2回目の飛行でISS結合に成功)。 <ul style="list-style-type: none"> ・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	約2 トン	アンタレス	商業輸送機として開発中 2013年補給飛行を開始予定。 国内メーカーも開発に参加。 <ul style="list-style-type: none"> ・ハッチ開口部は0.94×0.94m

2.7 「こうのとりのこり」(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。
(現在、船外物資及び大型の船内物資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を実施することで、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ISSで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）(すなわち、スペースX社のドラゴンと、Orbital Sciences社のシグナス)が採用。
- ・米国Orbital Sciences社は、同社が開発中のシグナス(Cygnus)輸送機で使用するため、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。契約の一部を締結済み。

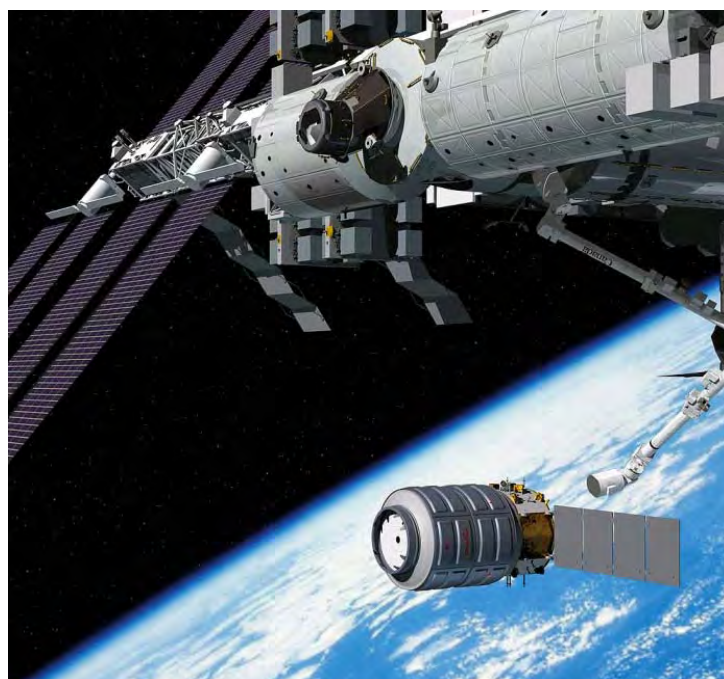


図2.7-1 【参考】シグナス輸送機のイメージ図 (Orbital Sciences Corporation)

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3.1-3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。

・今後の船外物資の運搬予定

「こうのとり」4号機(HTV4)では、NASAの実験装置、システム補用品を運搬する予定です。

「こうのとり」5号機(HTV5)では、JAXAの高エネルギー電子、ガンマ線観測装置(Calorimetric Electron Telescope: CALET)を運搬する予定です(図3.1-1参照)。

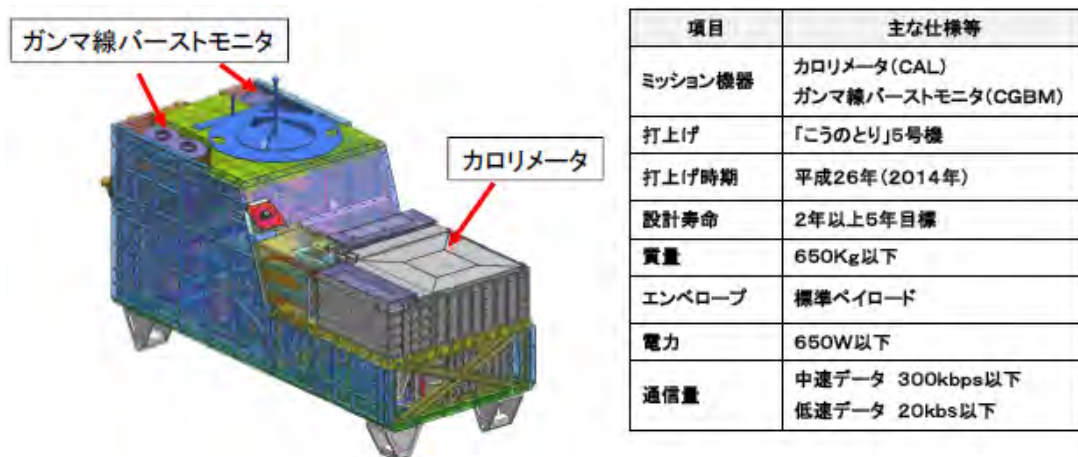


図3.1-1 HTV5で運ぶCALETのイメージ図(宇宙開発委員会報告資料より)

「きぼう」に搭載されている実験装置(船外)

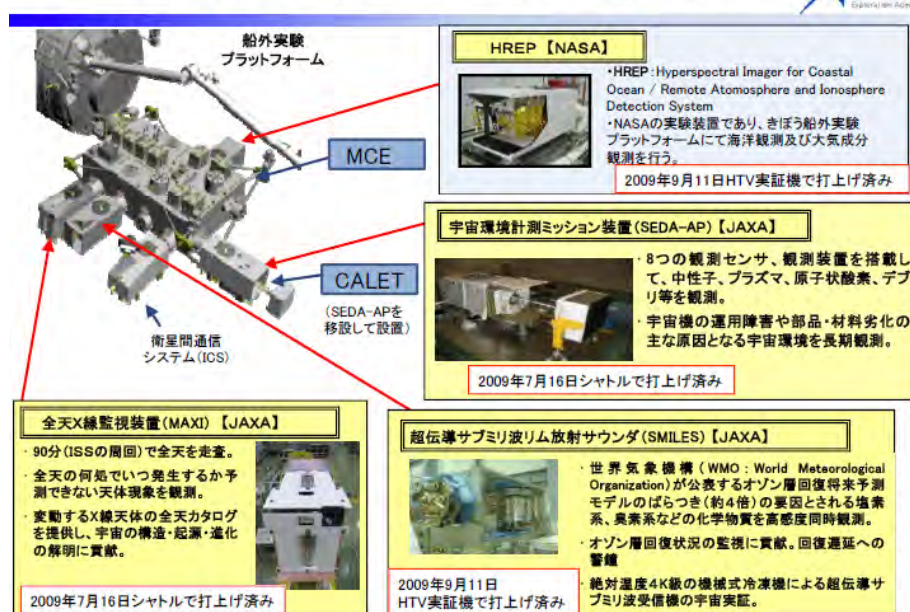


図3.1-2 CALETの設置予定場所(宇宙開発委員会報告資料より)

日本のISS計画と「こうのとり」打上げスケジュール

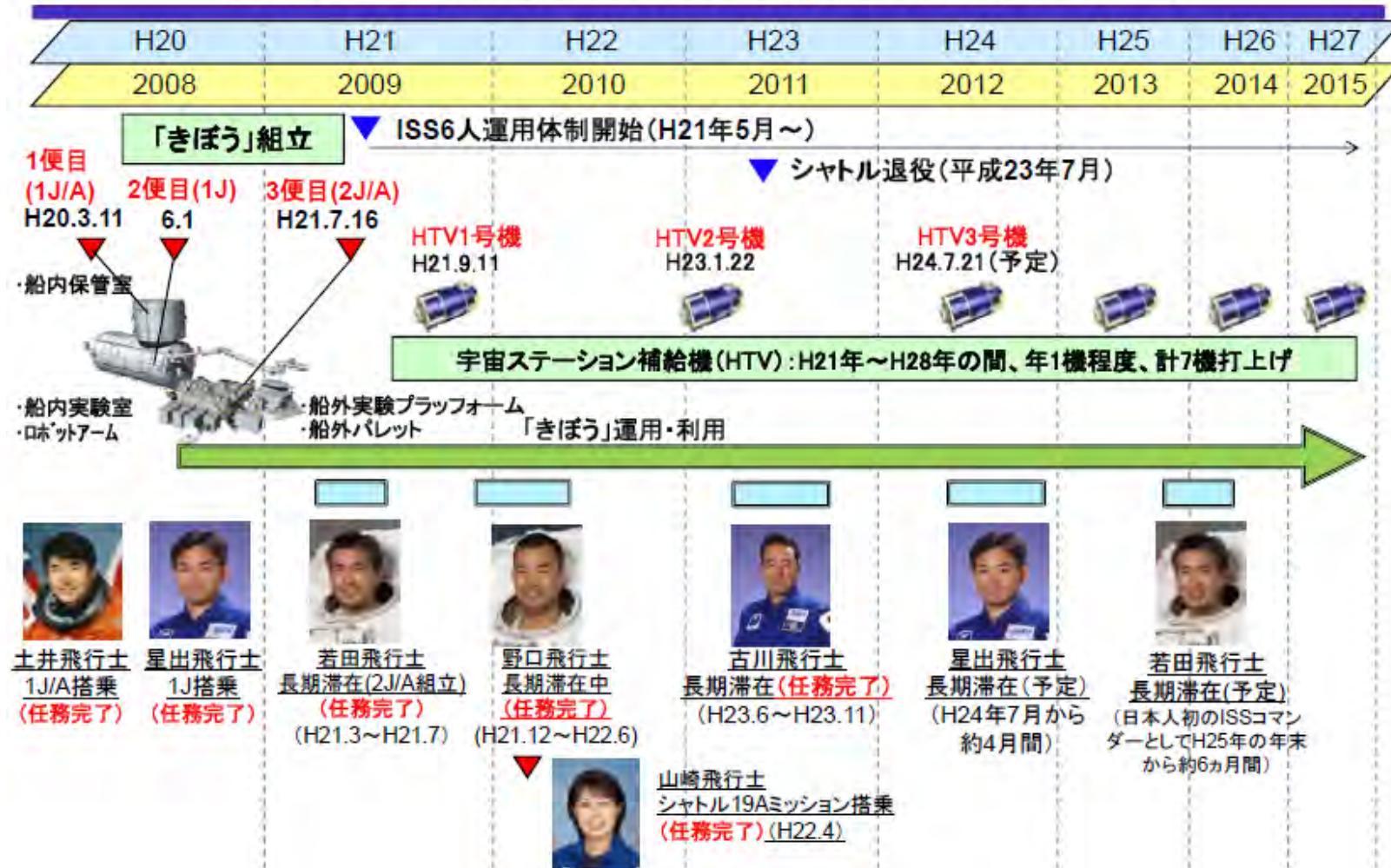


図3.1-3 日本のISS計画と「こうのとり」(HTV) 打上げスケジュール

3.2 宇宙環境を利用した科学実験の実績と予定

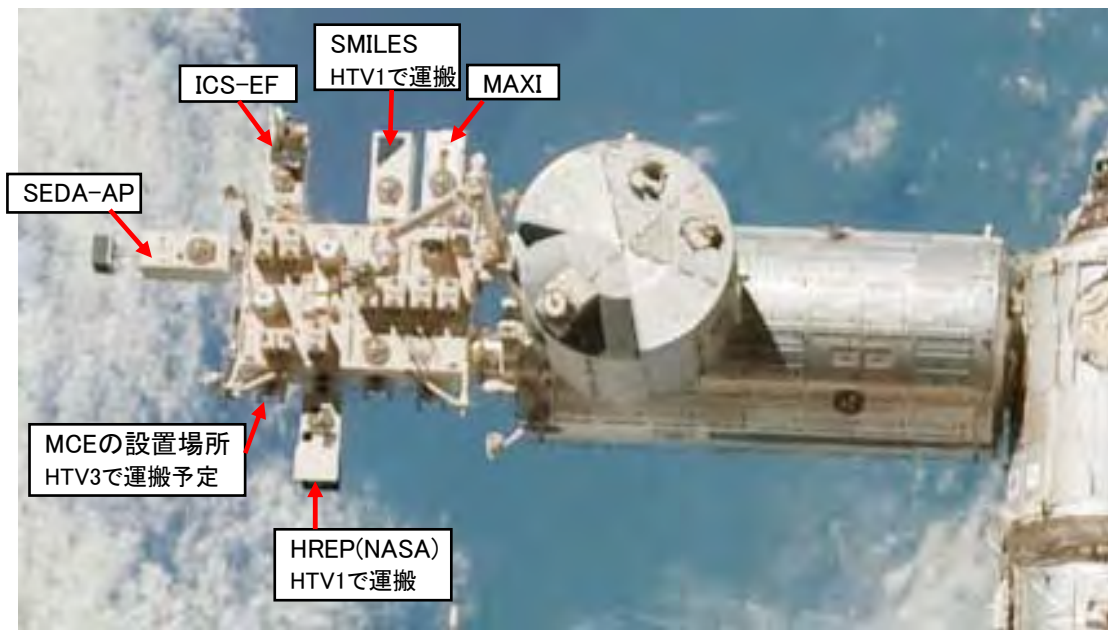
表3.2-1 当面の「きぼう」実験予定(2012年4月~9月)

	4月	5月	6月	7月	8月	9月
流体実験ラック (流体装置) (タンパク) (結晶成長) (画像取得)		①マランゴニ対流実験/テーマ1 #5シリーズ				
		②タンパク質結晶生成実験 装置保全			③タンパク質結晶成長メカニズム解明	
勾配炉ラック (温度勾配炉)	温度勾配炉不具合処置/検証	④省エネCPU半導体材料 の製造実験導体		④半導体実験		④半導体実験
細胞ラック (細胞培養) (クレーンハンチ)		⑤植物成長における重力影響実験				
多目的実験ラック			初期動作確認など			
その他		⑥ナノサイズ鋳型生成実験 ⑦医学実験 毛髪サンプリング			⑦毛髪サンプリング、⑧心臓自律神経	⑨小型衛星
	[継続実施中] ⑩「きぼう」船内放射線計測 「きぼう」船外実験(⑪SEDA-AP、⑫MAXI、⑬SMILES)					

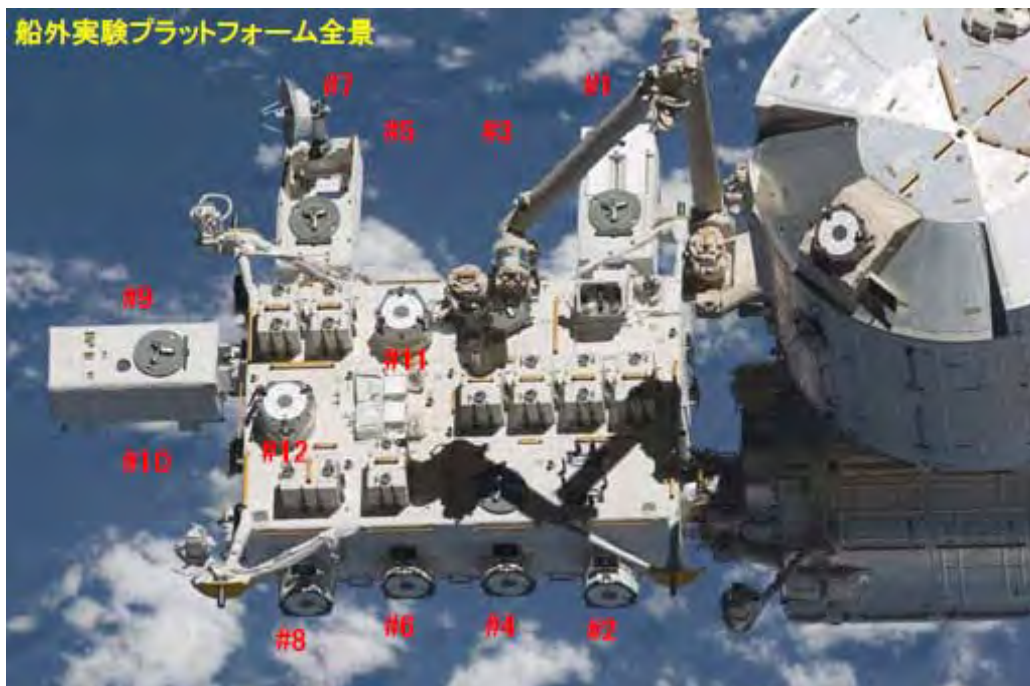
(点線の実験の実施時期は調整中)

- ① マランゴニ対流におけるカオス・乱流とその遷移過程 (西野耕一 横浜国立大学大学院教授)
- ② JEM利用 高品質タンパク質結晶生成実験(大学・民間企業等)
- ③ 微小重力における溶液からのタンパク質結晶の成長機構と完全性に関するその場観察による研究(塚本勝男 東北大学教授)
- ④ 半導体:微小重力下におけるTLZ法による均一組成SiGe結晶生成の研究 (JAXA/ISAS)
- ⑤ 植物の重力依存的成長制御を担うオーキシン排出キャリア動態の解析 (高橋秀幸 東北大学教授)
- ⑥ 微小重力環境を利用した2次元ナノテンプレートの作製 (木下隆利 名古屋工業大学理事・副学長)

- ⑦ 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(JAXA)
 - ⑧ 長期宇宙飛行時における心臓自律神経活動に関する研究(JAXA)
 - ⑨ 小型衛星放出実証ミッション
 - ⑩ 「きぼう」船内放射線計測(JAXA)
 - ⑪ 宇宙環境の計測とその部品・材料に及ぼす影響に関する研究(JAXA)
 - ⑫ 全天にわたるX線天体の長期・短期変動の研究(JAXA・理研)
 - ⑬ 4K極低温機械式冷凍機の技術データ取得(JAXA・NICT)
- ※オープン層破壊大気微量成分の観測ミッションはH29/1/19で終了
(注:記載されている人名は代表研究者または代表提案者)



現在の状態



HTV1ミッション前(STS-127終了時)の状態

図3.2-1 「きぼう」船外実験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	(JAXA)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)
CALET	Calorimetric Electron Telescope	(JAXA)高エネルギー電子、ガンマ線観測装置
CAM	Collision Avoidance Maneuver	衝突回避マヌーバ
CAPCOM	Capsule Communicator	キャプコム(NASA)
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	商業軌道輸送サービス
COTS	Commercial off - the - shelf	民生品
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
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差機構
ELC	EXPRESS Logistics Carrier	(NASA)エクスプレス補給キャリア
EMC	Electro-Magnetic Compatibility	電磁適合性
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)
EUVI	Extreme Ultraviolet Imager	(IMAP)極端紫外線撮像装置
ExHAM	Exposed Experiment Hadrail Attachment Mechanism	汎用宇宙実験用ハンドレール取付機構
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・カップラ

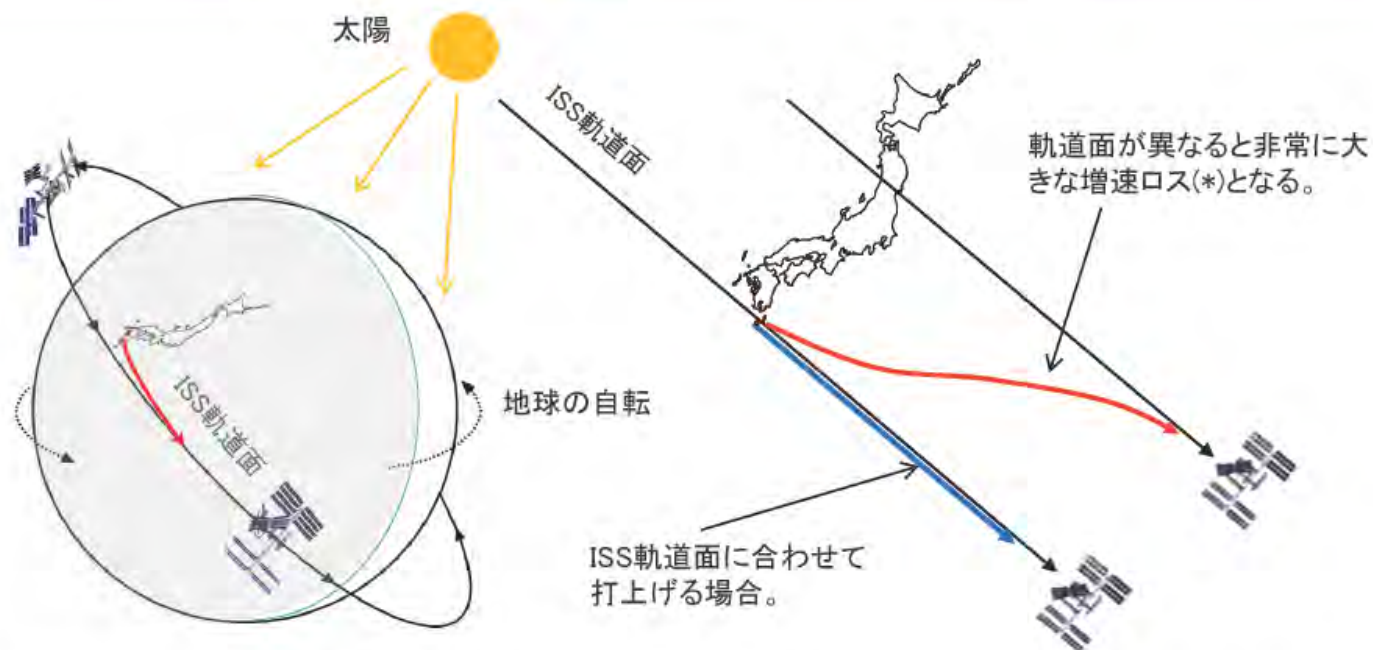
略語	英名称	和名称
FOR	Flight Operations Review	飛行運用審査会
FRAM	Flight Releasable Attach Mechanism	(NASAの)取付機構
FRR	Flight Readiness Review	飛行審査会
FRGF	Flight Releasable Grapple Fixture	グラブルフィクスチャ
FWD	Forward	進行方向側、前方
GCC	Guidance Control Computer	誘導制御コンピュータ(HTV)
GF	Grapple Fixture	グラブルフィクスチャ
GHF	Gradient Heating Furnace	温度勾配炉
GHF-MP	GHF-Material Processing Unit	GHF 炉体部
GLIMS	Global Lightning and Sprite Measurement Mission	スプライト及び雷放電の高速測光撮像センサ(MCE)
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)
HBCS	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	Hardware Command Panel	搭乗員用コマンドパネル(HTV)
HDEV	High Definition Earth Viewing	(NASA)高精細度地球撮像装置
HDM	Holddown Mechanism	軌道上捕捉機構(HTV)
HDTV-EF	High Definition TV Camera-Exposed Facility	船外実験プラットフォーム用民生品ハイビジョンカメラシステム(MCE)
HEFU	HTV Exposed Facility Unit	簡易 EFU(HTV 曝露パレット)
HGA	High Gain Antenna	高利得アンテナ
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ノ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
IMAP	Ionosphere, Mesosphere, upper Atmosphere, and Plasmasphere mapping	地球超高層大気撮像観測(MCE)
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 Inter-Orbit Communication System	衛星間通信装置 (あるいは)衛星間通信システム

略語	英名称	和名称
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)
ISERV	ISS SERVIR Environmental Research and Visualization System	NASA の地球観測装置
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
J-SSOD	JEM Small Satellite Orbital Deployer	小型衛星放出機構
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
LED	Light Emitting Diode	発光ダイオード
LGA	Low Gain Antenna	低利得アンテナ
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(レーザーダリフレクタ)(HTV)
MAXI	Monitor of All-sky X-ray Image	全天域線監視装置
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
MCU		ミッション制御コンピュータ
MET	Mission Elapsed Time	ミッション経過時間
MGA	Medium Gain Antenna	中利得アンテナ
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)
MPEP	Multi-purpose Experiment Platform	親アーム先端対型実験プラットフォーム
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
OBS	On-Board Software	オンボードソフトウェア
ORU	Orbital Replacement Unit	軌道上交換ユニット
OSE	Orbital Support Equipment	軌道上支援装置
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

略語	英名称	和名称
PFE	Portable Fire Extinguisher	(ISS 内の)消火器
PEV	Pressure Equalization Valve	均圧弁
PIM	Position Inspection Mechanism	位置検出機構
PIU	Payload Interface Unit	装置交換機構
PLC	Pressurized Logistics Carrier	補給キャリア与圧部 (HTV)
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把持装置
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
REBR	Reentry Breakup Recorder	再突入データ収集装置 (米 Aerospace 社)
REX-J	Robot Experiment on JEM	(MCE) EVA 支援ロボット実証実験
RGPS	Relative Global Positioning System	GPS 相対航法
RNDV	—	(JAXA の HTV 運用管制チーム)
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	(GHE) 試料自動交換機構
SCAN Testbed	Space Communications and Navigation Testbed	(NASA) 衛星間通信実験装置
SDR	Software Defined Radios	ソフトウェア無線
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)
SIMPLE	Space Inflatable Membranes Pioneering Long-term Experiments	宇宙インフレーター構造の宇宙実証 (MCE)
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

略語	英名称	和名称
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	補給キャリア非与圧部
ULF	Utilization and Logistics Flight	(シャトル)利用補給フライト
UPA	Urine Processor Assembly	尿処理装置
VAB	Vehicle Assembly Building	大型ロケット組立棟(種子島)
VDC	Volt Direct Current	電力単位
VISI	Visible and Infrared Spectral Imager	(IMAP)可視・近赤外分光撮像装置
WB	Work Bench	(MSPR)ワークベンチ
WORF	Window Observational Research Facility	窓を使用する観測研究設備
WPA	Water Processor Assembly	水処理装置
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。

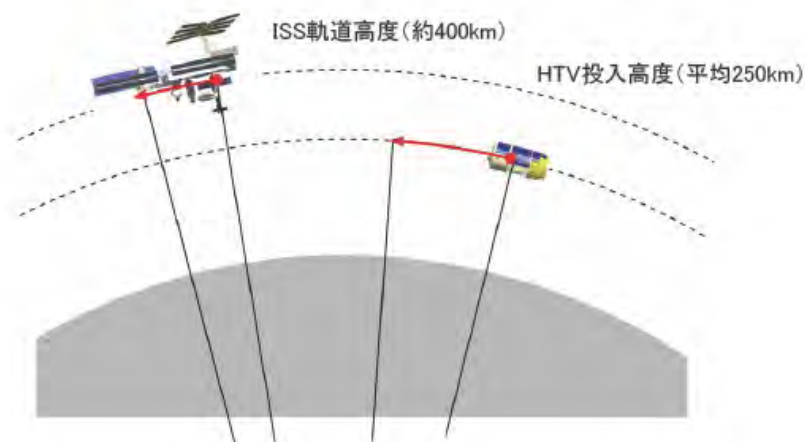


付録2 ランデブ概念2 – 位相調整

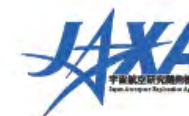
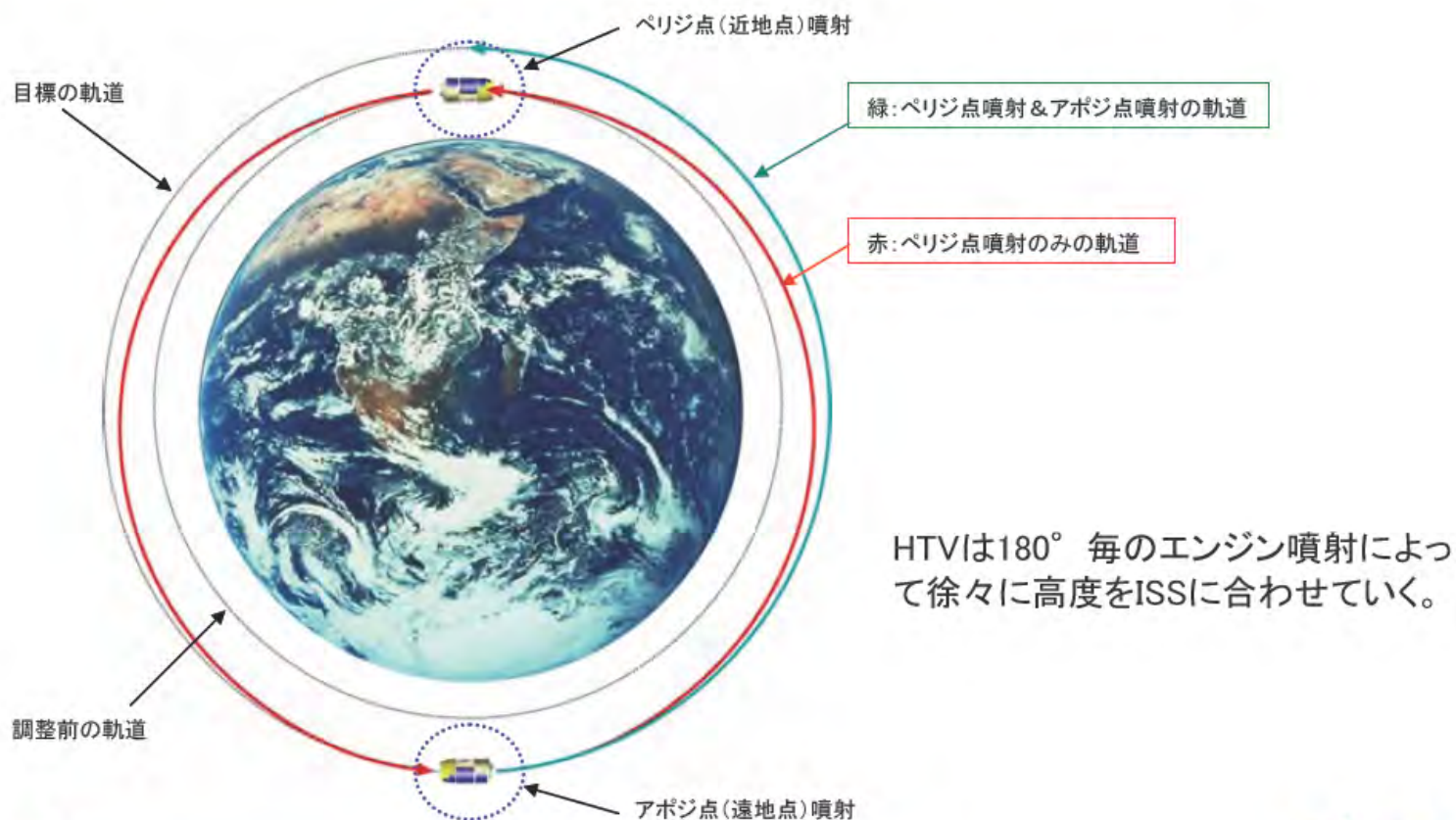


HTVがISSと同じ軌道面に入った時点で、位相を合わせる必要がある。

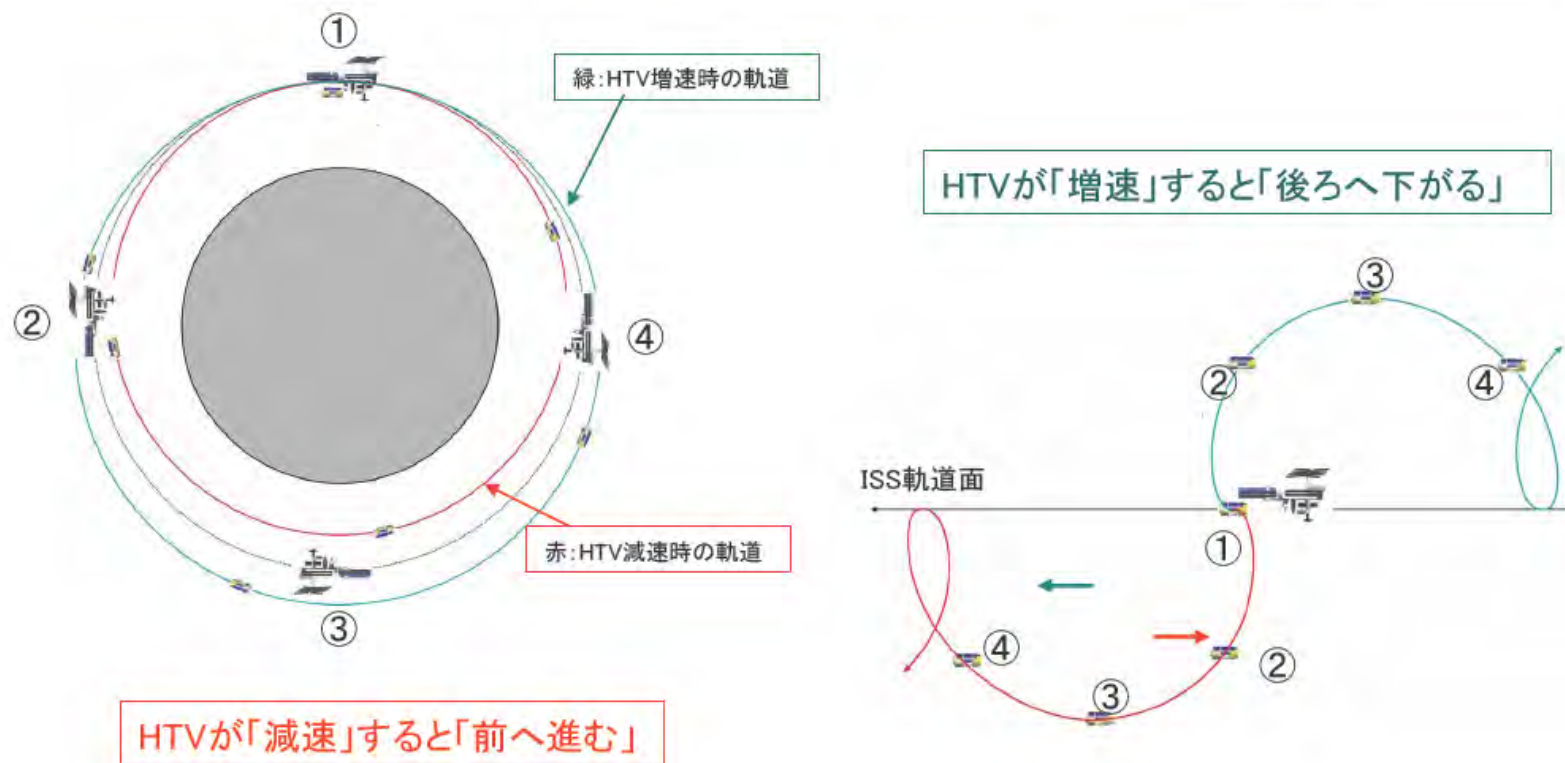
ケプラーの第3法則
「軌道半径の3乗と軌道周期の2乗は比例する」
＝ 軌道高度の低いHTVは、ISSより角速度が速い



付録2 ランデブ概念3 - 高度調整



付録2 ランデブ概念4 - 相対位置調整



付録3 参考情報リスト

本プレスキット以外に、「こうのとり」や「きぼう」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)「こうのとり」3号機の打上げ計画

・H-IIBロケット3号機による宇宙ステーション補給機3号機の打上げ計画概要
(2012年2月8日、宇宙開発委員会報告資料)

http://www.jaxa.jp/press/2012/02/20120208_sac_h2bf3_j.html

・宇宙ステーション補給機「こうのとり」3号機(HTV3)の準備状況について(2012年3月14日、宇宙開発委員会報告資料)

http://www.jaxa.jp/press/2012/03/20120314_sac_htv3_j.html

(2)「こうのとり」3号機(HTV3)で運搬する「ポート共有実験装置」(MCE)及び水棲生物実験装置(AQH)

・国際宇宙ステーションの日本の実験棟「きぼう」(JEM)の実験装置(ポート共有実験装置、水棲生物実験装置)に係る安全評価結果について(2012年1月25日 宇宙開発委員会 安全部会)

http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/uchuu/reports/1316215.htm

・第2期「きぼう」船外利用ミッションの準備状況について(2012年2月15日 宇宙開発委員会報告資料)

http://www.jaxa.jp/press/2012/02/20120215_sac_kibo_j.html

(3)「こうのとり」説明会資料

<http://iss.jaxa.jp/kibo/library/press/index.html#htv>

HTV3 勉強会資料(2012年04月13日)などを掲載

・機関誌JAXA's 040号(2011年9月1日発行)

<http://www.jaxa.jp/pr/jaxas/pdf/jaxas040.pdf>

世界に売り出すメイド・イン・ジャパン 第1回 三菱電機株式会社 鎌倉製作所
→HTVのPROXの紹介

・機関誌JAXA's 042号(2011年12月28日発行)

<http://www.jaxa.jp/pr/jaxas/pdf/jaxas042.pdf>

小さな扉を開いて始まる小型衛星の新しい世界
→JEMから放出する小型衛星を紹介

(4) 「こうのとり」の飛行結果の報告

・「こうのとり」2号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(2011年4月6日)

http://www.jaxa.jp/press/2011/04/20110406_sac_kounotori2.pdf

・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(2009年11月4日)

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

(5) 愛称「こうのとり」、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」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。

(6) きぼう船内実験室利用ハンドブック(2011年7月)

<http://iss.jaxa.jp/kiboexp/theme/application/pm0203/pmhandbook.pdf>

(7) きぼう船外実験プラットフォーム利用ハンドブック(2010年9月)

http://iss.jaxa.jp/kibo/library/fact/data/JFE_HDBK_all.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/>