

宇宙ステーション補給機
「こうのとり」6号機 (HTV6)
【ミッションプレスキット】



2016年11月24日

国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構

「こうのとりの」6号機はISS運用の根幹を支え、宇宙利用を拡大する機器などを運び、将来の宇宙技術を実証するミッションです

■ ISSの運用期間が2024年まで延長されてからの初フライト。 ISS運用の根幹を支える物資を輸送します。

- ✓ ISS運用の根幹の一つであるバッテリーは、電源を確保するために欠かせない機器ですが老朽化に伴い交換する必要があるため、日本製のリチウムイオン電池(セル)を搭載したバッテリーを一度に6台(搭載構造含めて約1.9トン)運びます。(詳細は5.2項参照)
- ✓ ISSで宇宙飛行士が吸う空気を作るための生命維持装置のうち、二酸化炭素を除去するための装置(CDRA(シードラ))の交換部品(二酸化炭素吸着剤)の予備が無くなったため、運びます。(詳細は5.1.1項参照)
- ✓ 「こうのとりの」5号機に引き続き、宇宙飛行士の飲料水(600リットル:種子島で取水)や生鮮食品を運びます。(詳細は5.1.2項参照)

■ 宇宙利用を拡げるための機器などを輸送します。

- ✓ 宇宙利用拡大のため、これまで一度にCubeSATサイズで6Uしか放出できなかった超小型衛星を12U放出できるように能力増強を行った放出機構を運びます。そしてその能力増強を受けて、7機(13U)の超小型衛星と共に運びます。(詳細は5.1.3項参照)
※ CubeSAT(キューブサット)は、10cm立方体を基本とした衛星です。1U=10cm x 10cm x 10cmで、2U、3Uとなるごとに長さが20cm、30cmとなります。
- ✓ また、アジアで唯一のISS計画参加国として「きぼう」船外における簡易曝露実験装置(ExHAM)の利用機会をトルコとの国際協力の一環として材料サンプルを運びます。(詳細は5.1.3(5)項参照)

■ 将来の宇宙技術を獲得するための装置を輸送します。

- ✓ 宇宙機の高度化・大型化には高効率な冷却システムが必要です。今回、沸騰・二相流ループを用いて、クリティカル機器の一つである除熱器の熱伝達係数制度の知見を獲得し、JAXA宇宙機設計基準案を示します。そのための“沸騰・二相流実験装置”(TPF: Two Phase Flow)を運びます。(詳細は5.1.3(3)項参照)
- ✓ より精度の高い宇宙放射線をリアルタイムで計測できるように“宇宙放射線のリアルタイムモニタ装置”(PS-TEPC: Position Sensitive Tissue Equivalent Proportional Chamber)を運びます。(詳細は5.1.3(4)項参照)

■ ISSでのミッションを終え、再突入までの機会を利用して未来につながる技術実証を行います。

- ✓ 宇宙開発利用の長期持続性のためには、効率的なデブリ(宇宙ゴミ)対策が必要です。低コスト・早期のデブリ除去を実現するためにまだ軌道上実績がない、電気を帯びることで推進力を得るための導電性テザーの要素技術実証“KITE”(カイト)を行います。(詳細は6.1項参照)
- ✓ 将来の宇宙機の性能向上/軽量化につながる薄膜太陽電池フィルムアレイシートの技術実証“SFINKS”(スフィンクス)を行います。(詳細は6.2項参照)

目次

1. はじめに.....	1-1
2. 「こうのとり」概要	2-1
3. 「こうのとり」6号機ミッションの打上げ／飛行計画概要.....	3-1
4. 「こうのとり」6号機運用スケジュール.....	4-1
5. 「こうのとり」6号機が運ぶ物資	5-1
5.1 補給キャリア与圧部搭載品(船内物資)	5-2
5.1.1 システム関連品	5-5
5.1.2 飲料水、食糧・生活用品関連品	5-6
5.1.3 実験関連品	5-7
5.2 補給キャリア非与圧部搭載品(船外物資)	5-15
6. 「こうのとり」を活用した技術の蓄積	6-1
6.1 導電性テザー実証実験 (KITE).....	6-1
6.2 「こうのとり」6号機搭載宇宙用薄膜太陽電池フィルム アレイシート モジュール (SFINKS).....	6-4

1. はじめに

運ぶだけじゃない、未来へつながる「こうのとりの」

- ◆ 国際宇宙ステーション(International Space Station: ISS)で宇宙飛行士たちが活動するためには定期的に物資(食糧、水、酸素、ISSで行う実験の装置やサンプルなど)を地球から送り届ける必要があります。
- ◆ ISS参加各国は、ISSの共通運用経費を国際宇宙基地協力協定に基づき分担しています。日本が分担義務に相応する物資及び「きぼう」の運用・利用に必要な物資の輸送手段として開発したのが「こうのとりの」です。
- ◆ 現在、物資補給能力を有するのは日米露の3国のみであり、「こうのとりの」の重要度が増しています。 ※欧州の無人補給船(ATV)は2015年2月に退役。
- ◆ 2009年の「こうのとりの」(HTV)初号機(技術実証機)以降、これまでに5機の打上げ・運用に成功し、今後9号機までの打上げ・運用が計画されています。

2. 「こうのと里」概要

宇宙ステーション補給機「こうのと里」(H-II Transfer Vehicle: HTV)は、ISSに補給物資を運ぶための輸送手段として、日本が開発した無人の物資補給船で、今回が**6機目の打上げ**になります。なお、2号機からは「こうのと里」という愛称が使われています。「こうのと里」の構成や仕様等、詳細は付録1をご参照下さい。

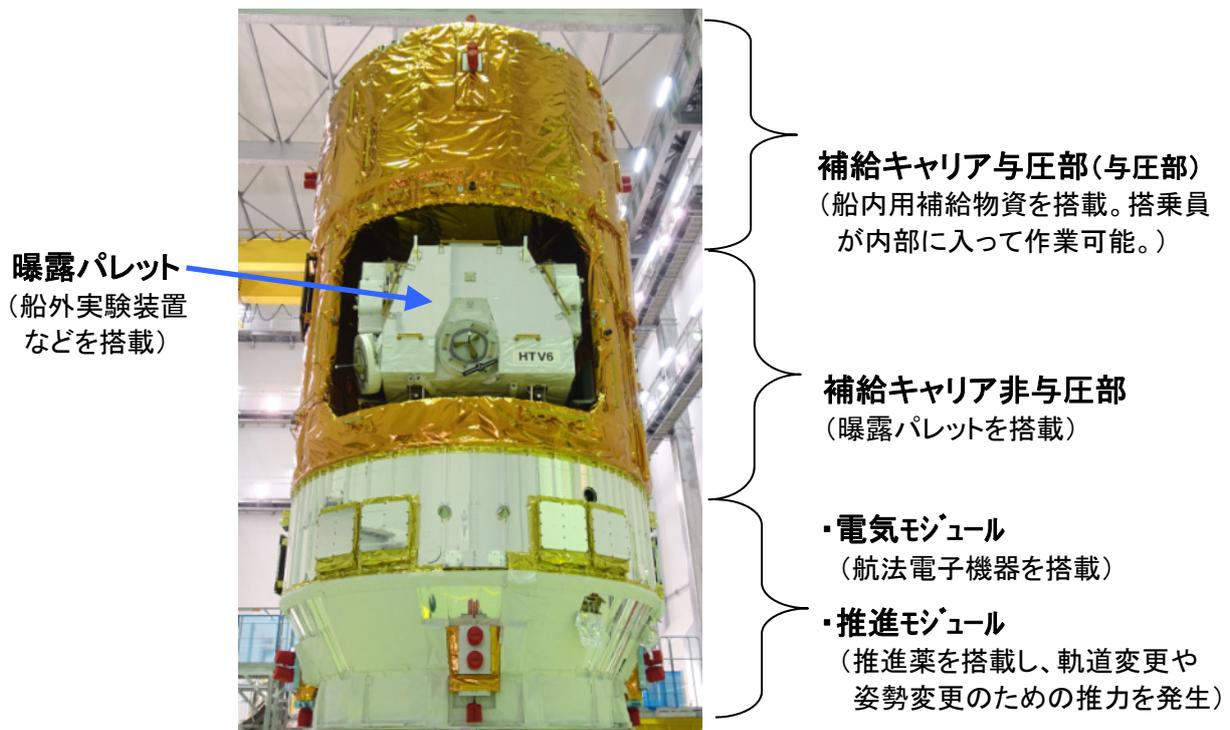


図 2-1 「こうのと里」の構成 (写真は 6 号機) (JAXA)

(1) 世界最大の補給能力

～「こうのとりにしかできない仕事がある～

- ◆ 「こうのとりの」の特長である大型・大量物資の輸送能力(最大6トン:カーゴ搭載用の棚構造の質量含む)を生かし、ISSの利用・運用の維持・拡大に貢献しています。
- ◆ ISSの大型の標準ラック複数と「きぼう」船外プラットフォームで使用する大型実験装置やISS用バッテリーを同時に輸送できるのは「こうのとりに」だけです。

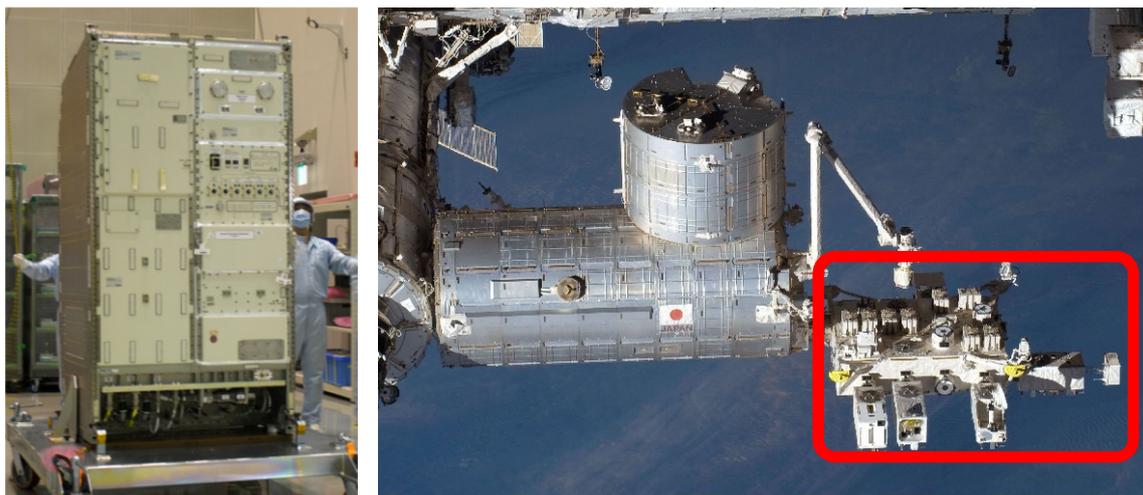


図 2-2 (左) 国際標準実験ラック(ISPR)[高さ約 2m、幅・奥行約 1m] (NASA)
(右) きぼう曝露部(JAXA)

(2) ISS 運用の根幹を支える技術

～縁の下の力持ち～

- ◆ 2009年の技術実証機(初号機)以降、ISS作業計画に支障をきたすことなく円滑な物資補給を実現しました。(ミッション達成率 100%)
- ◆ 我が国の技術力の高さの証となる安定した運用により国際パートナーからの更なる信頼を獲得しています。

(3) 日本独自の技術で新たな国際スタンダードを確立 ～実績が裏付ける「世界に信頼される確かな技術」～

- ◆ 「こうのと里」は ISS への接近・結合方式として、安全性の高いロボットアームを使ったドッキング方式を世界で初めて実現しました。
- ◆ このドッキング方式は、米国民間企業の宇宙船にも採用され、ISS におけるスタンダードとして定着しています。
- ◆ 「こうのと里」が ISS に安全に接近していくための通信システム(近傍通信システム、Proximity Communication System: PROX)は、米国シグナス補給船も使用しています。このため、JAXA は NASA の求めに応じてシグナスの運用支援を行っています。
- ◆ この他にも「こうのと里」で採用した通信機器、軌道変更用エンジン、バッテリー等の国内技術が海外の宇宙機、ISS 交換品として採用されており、「こうのと里」の複数機製造と合わせ国内宇宙産業の発展にも貢献しています。



シグナス補給船



米国宇宙船の運用支援



ISS 接近用の通信機器
(シグナスに採用)



バッテリー
(「こうのと里」のバッテリーを
NASA がISS交換用に採用)

軌道変更用エンジン
(衛星等用として輸出)



(4) ユーザーサービスの向上 ～進化し続ける補給能力～

◆ 船内用補給物資の補給能力増強（約20%向上）

- ・ 物資搭載方法の効率化により、「こうのとりの」の与圧部に搭載可能な物資輸送用バック※(CTB: Cargo Transfer Bag; 付録 2-8 参照)数は、初号機(208個)から6号機(248個)までに **40個(約20%)増やしました。**

※ 1CTBの目安: 502mm x 425mm x 248mm

表 2-1 「こうのとりの」と米国補給船の船内搭載可能量(速達サービス含む)の実績比較

号機	船内物資として 搭載可能な CTB 換算総数	内、速達サービス 対応可能な CTB 換算数
初号機	208	4
2号機	230	30
3,4号機	230	80
5号機	242	92
6号機	248	92

補給船		
ドラゴン(米)	108	10
シグナス(米)	226	22



図 2-3「こうのとりの」6号機の与圧部に搭載される輸送物資

◆ **船外用補給物資の補給能力増強（約60%向上）**

- 「こうのと里」6号機ではISSの外に取り付けられるバッテリー[※]を上げます。このバッテリーを一度に6台上げるために船外用物資の補給能力を増強しました。（従来の1.2トンから1.9トンに増強）

※ ISSに搭載されている48台のニッケル水素バッテリーを能力の高い日本製のリチウムイオン電池（セル）を使用したバッテリー24台に置き換える計画。（詳細は5.2項参照）



図2-4（左）ISS用バッテリーが1台搭載された状態の曝露パレット
（右）ISS用バッテリーが6台搭載された状態の曝露パレット

◆ **打上げ80時間前[※]までの物資積み込みサービス（通常約4か月前）**

- ユーザーのニーズに合わせて、打上げ直前（80時間前）まで品質保持が必要な生物系（ライフサイエンス系）の実験試料や生鮮食品、ISSの機器故障による至急必要となる交換部品などの物資を積みこみ、ISS到着後、一番最初に取り出せる速達対応サービス（レイトアクセス：Late Access）に対応しています。
- 速達サービスの対応が可能な荷物の量およびサイズは世界の補給船の中で最大です。

※ 通常搭載：打上げ約4か月前に積み込み
速達サービス：打上げ10日前～80時間前まで

【参考】速達対応サービス(レイトアクセス:Late Access)

レイトアクセスでは“積み込む時間が厳しい物資”“フレッシュな状態でISSに輸送する必要がある物資”“急遽打上げる必要があるISSの補給品”などを打上げ10日前～80時間前までに搭載することができるサービスです。

この時点では「こうのとりの」は既にロケットのフェアリングに収められているため、レイトアクセスによる積み込みを行うためにはフェアリングのアクセスドアを開き、「こうのとりの」のハッチ(扉)を開き、物資の積み込みを行います。

最後に積み込むため、搭載できる容積は限定されますが、ISSでの実験が多様化する中、「こうのとりの」は初号機以降、レイトアクセスの対応を拡大しています^{※1}。

なお、「こうのとりの」のレイトアクセスの能力(速達サービスで搭載可能な量)は、米国のドラゴンやシグナスなどのISS補給船の中で最大を誇ります。

※1 『レイトアクセス量を増やすための工夫』

「こうのとりの」4号機以降、様々な工夫をして、レイトアクセスの搭載量を増やしています。

✓ 搭載可能な物資輸送用バッグ^{※2}の許容体積の拡大

従来のダブルCTBバッグ(約50×43×50cm)から約2倍の体積のM02バッグ(約90×51×54cm)を搭載できるようにしました。

✓ 搭載可能バッグの許容質量の拡大

バッグへ搭載可能な質量を5号機から70kg(それまでは20kg)へ引き上げました。

✓ 搭載可能な容積(「こうのとりの」内のスペース)の拡大

「こうのとりの」5号機からレイトアクセスで搭載可能な容積を92CTB相当^{※3}(4号機まで80CTB相当)へ増加させました。

✓ 特殊形状/サイズ搭載品への対応

「こうのとりの」6号機では特殊な形状/サイズの二酸化炭素除去装置(CDRA)の交換部品を搭載方法を工夫することで2台の搭載を実現しました。

※2: ISSへの輸送に使われている物資輸送用バッグの各種サイズについては付録3-8をご参照ください。

※3: 1CTB分を(502mm×425mm×248mm)として、容積をCTB個数で換算。実績の搭載バッグ数とは異なります。



図 2-3 ダブル CTB (JAXA)



図 2-4 M02 バッグ (JAXA)

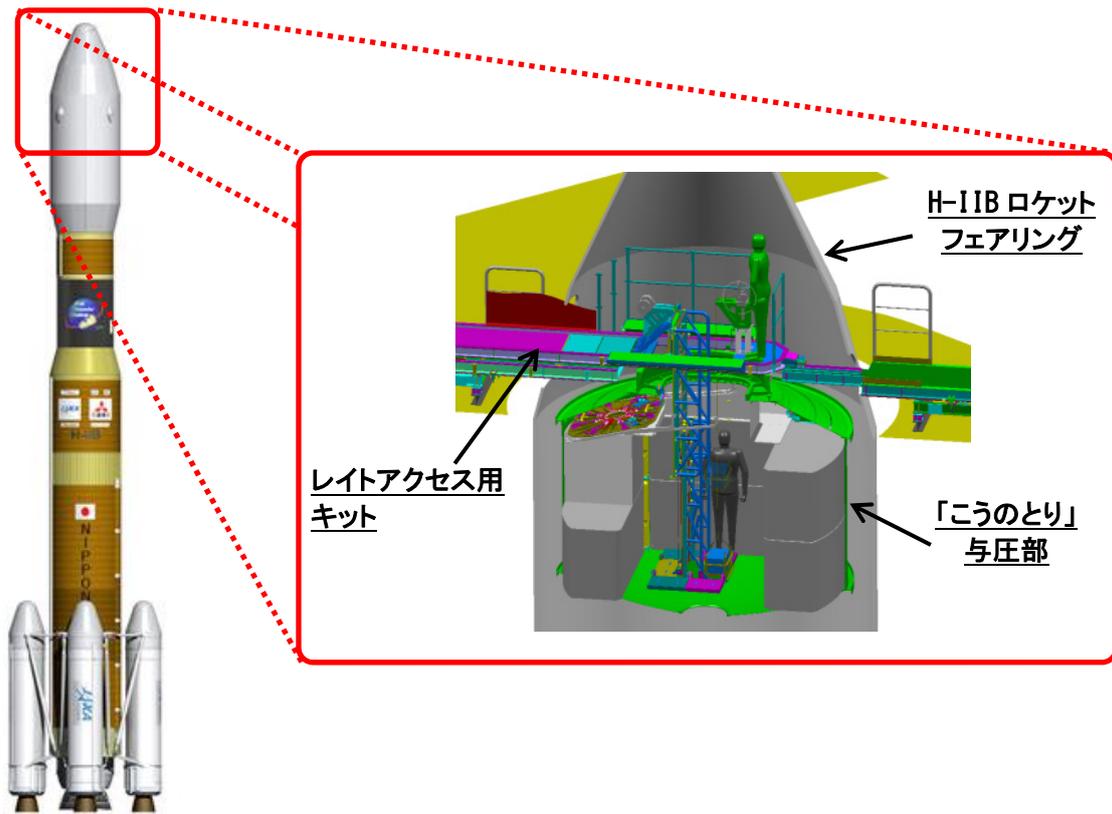


図 2-5 大型ロケット組立棟（VAB）内でのレイトアクセス模式図（JAXA）



図 2-6(1/2) レイトアクセス時の作業風景(4号機) (JAXA)



図 2-6(2/2) レイトアクセス時の作業風景(4号機) (JAXA)

(5) 産業競争力強化への貢献

「こうのとりの6号機」が継続してISSに物資補給することは、宇宙産業のみならず中小企業を含む国内約350社によるものづくり技術の発展と人材の継承に繋がっています。

(6) 宇宙開発利用の発展への貢献

「こうのとりの6号機」では、ISSへの物資の補給以外にも“KITE”と“SFINKS”という2つの軌道上実証試験(詳細は6章を参照下さい)を行い、将来に備えた技術実証試験を行います。「こうのとりの6号機」はこのような宇宙での実証試験機会の提供にも役立っています。

3. 「こうのとりのり」6号機ミッションの打上げ／飛行計画概要

以下は「こうのとりのり」6号機ミッションの打上げ／飛行計画の概要です。

記載している時刻は全て日本時間となっております。

なお、ミッションイベントの日程についてはISSの運用状況などにより変更となる可能性がありますのでご了承ください。

表 3-1 「こうのとりのり」6号機の打上げ／飛行計画の概要

2016年11月1日現在

項目	計画
フライト名称	宇宙ステーション補給機「こうのとりのり」6号機 (HTV6)
打上げ日時(予定)	2016年12月9日 22時26分ころ ^{※1} (日本時間) ※1 最新の国際宇宙ステーションの軌道により決定する。
打上げ予備期間	2016年12月10日～12月31日 予備期間中の打上げ日及び時刻については、国際宇宙ステーションの運用に係る国際調整により決定する。
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(予定)	ISSのロボットアームによる把持 2016年12月13日(20時頃) ISSへの結合 2016年12月14日(2時頃) (注: 電力・通信ラインの結合完了を持って「結合完了」となります)
ISSからの分離(予定)	2017年1月中 ^{※2} ※2 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(予定)	ISS離脱後 約9日後 ISS離脱後、7日間 KITEの実証試験運用を実施予定。 ※2 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

「こうのとりのり」6号機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-6/> (「こうのとりのり」6号機の情報)

<http://fanfun.jaxa.jp/countdown/htv6> (主にH-IIBロケット中心の情報)

4. 「こうのとりの」6号機運用スケジュール

表 4-1 「こうのとりの」6号機運用スケジュール

飛行日	「こうのとりの」関連主要作業
1日目	打上げ／軌道投入、「こうのとりの」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「こうのとりの」 運用管制室との通信接続)、ランデブ用軌道制御開始
1～4日目	ISS とのランデブ
4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"> ・ 「きぼう」が結合しているハーモニーモジュール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
	補給キャリア非与圧部からの曝露パレットの引き出し／「きぼう」の船外実験プラットフォームへの移送・取付け 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 「こうのとりの」から ISS への船内物資の運び出し 曝露パレットで輸送した ISS のバッテリーをロボットアームで移設し、船外活動を行って交換 廃棄する ISS バッテリーを搭載した曝露パレットを補給キャリア非与圧部へ回収 物資の移送作業／船内廃棄品の積み込み
ISS 分離前日	「こうのとりの」の分離準備 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	「こうのとりの」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「こうのとりの」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「こうのとりの」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
分離から7日間	KITE 実証試験を実施
再突入	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。

【参考】主要イベント

6号機ミッションでは、飛行4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の不用品や役目を終えたバッテリーを積み込み、ISSから分離した後、7日間にわたるKITE実証試験を行った後、大気圏に再突入する予定です。

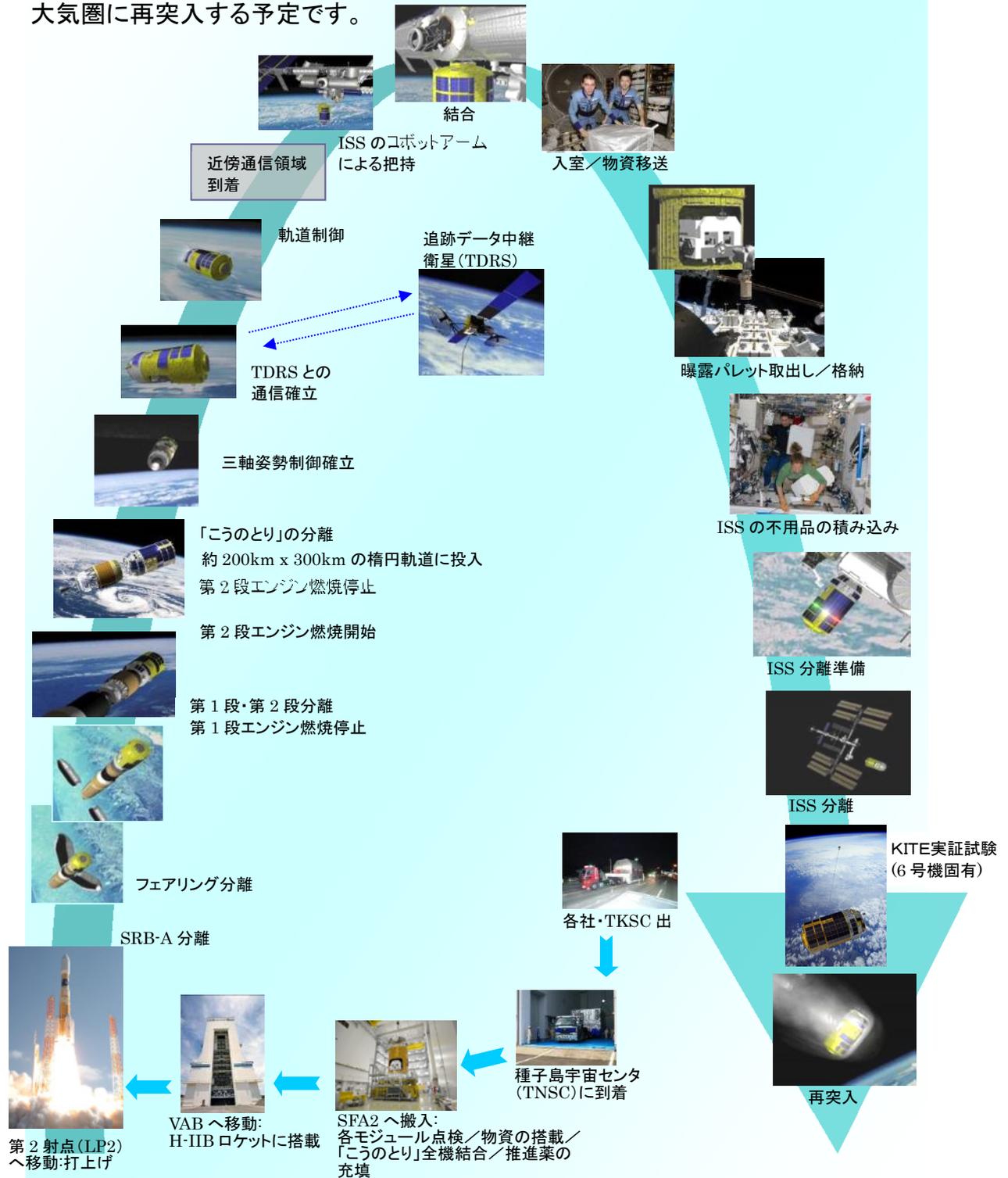


図 4-1 「このとり」ミッション主要イベント (JAXA)

5. 「こうのとりの」6号機が運ぶ物資

6号機では船内、船外物資を含めて合計で約5.9トン(船内物資約3.9トン、船外物資約1.9トン:カーゴ搭載用の棚構造の質量を含む)をISSに運びます。

(1) 船内物資

6号機では、補給キャリア与圧部に約7/8のNASA物資と約1/8のJAXA物資を運びます。

表 5-1 「こうのとりの」6号機で輸送する主な船内物資

機関	分類	物資例
NASA	システム補給品	二酸化炭素除去装置(CDRA)の軌道上交換ユニット
	飲料水	飲料水用の水バッグ30個(600リットル)
	食料・生活用品	生鮮食品、衣類等の生活用品、宇宙食
JAXA	システム補給品	きぼう保全用品など
	実験関連機器	小型衛星放出機構(JSSOD)と超小型衛星7基 沸騰・二相流実験装置(TPF) 宇宙放射線リアルタイムモニタ装置(PS-TEPC) ExHAMサンプル



図 5-1 通常搭載完了時(レイトアクセス前)の「こうのとりの」5号機船内の様子 (JAXA)

(2) 船外物資

今回はISSでの電力維持に必要な日本製のリチウムイオン電池（セル）を搭載したリチウムイオンバッテリー6台（NASAの物資）を輸送します。

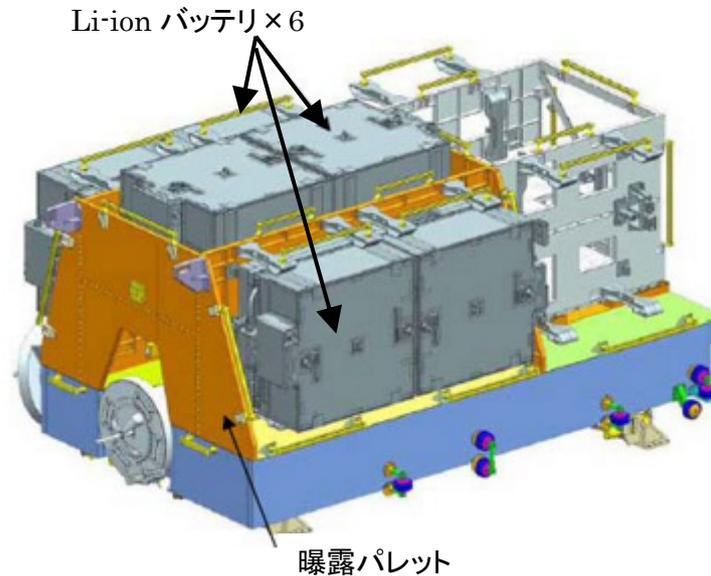


図 5-2 6号機打上げ時の曝露パレット上の搭載イメージ（JAXA）

5.1 補給キャリア与圧部搭載品（船内物資）

「このとり」(HTV)6号機で運ぶ船内物資は、計8台搭載されるHTV補給ラック（HTV Resupply Rack: HRR）に収めて輸送します（全体で8箇所あるラック搭載スペースのうち、全てをHRRに使用して物資を輸送）。

食料、NASAおよび「きぼう」の保全品・補用品、宇宙飛行士の生活用品、超小型衛星(CubeSat)等を収納した様々なサイズの輸送用バッグ(Cargo Transfer Bag: CTB)が、このHRRに収納されます。「このとり」内の搭載可能な容積を最大限に活用するため、これらのCTBはHRRの前面にも張り出す形で、ストラップで固定されて運ばれます。

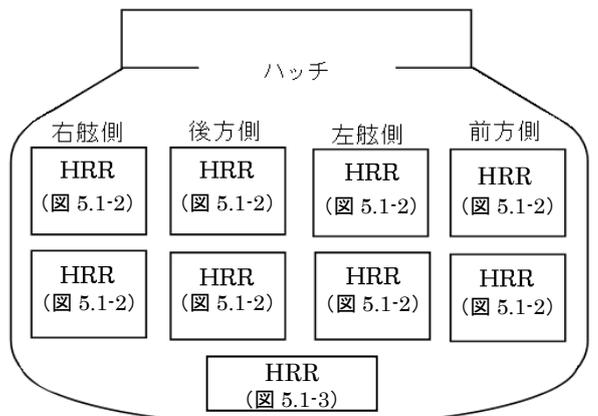


図 5.1-1 6号機の補給キャリア与圧部のラック搭載状況（JAXA）

「このとおり」6号機プレスキット



食料、生活用品、実験用品などを
詰めた輸送用バッグ(CTB)



HTV 補給ラック(HRR)

図 5.1-2 6号機の船内物資の搭載例 (JAXA)

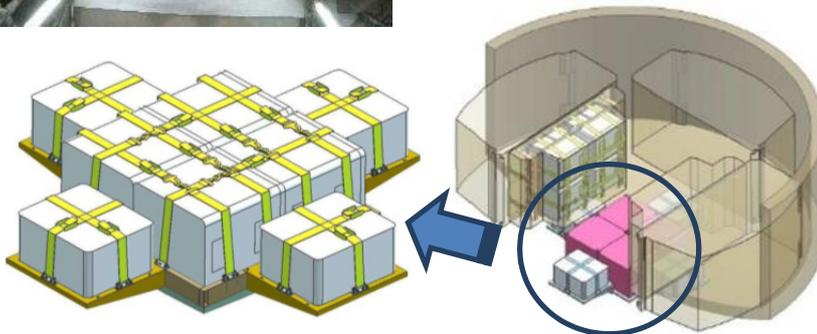


図 5.1-3 5号機から新設した HRR の搭載構造 (JAXA)



図 5.1-4 HTV 補給ラック(HRR)に搭載される物資輸送用バッグ(CTB)(JAXA)



図 5.1-5 ラック前面へ搭載された物資輸送用バッグ(CTB)の例 (2号機)(JAXA)



図 5.1-6 物資輸送用バッグ(CTB)(JAXA) (写真はシングル(標準)サイズ(左)とハーフ(1/2)サイズ(右))
*CTBには様々な大きさの物資に対応できるよう、複数のサイズが存在します。
(付録 3-8 ページに各サイズの図を紹介していますので参照下さい)

5.1.1 システム関連品

二酸化炭素除去装置(CDRA)の軌道上交換ユニット

ISSシステムの運用維持に共通に必要な補給品を輸送します。「こうのとり」6号機では、「こうのとり」の安定した輸送実績が評価され、NASAからの依頼によりISSに滞在する宇宙飛行士の生命維持に極めて重要な装置である二酸化炭素除去装置(CDRA: Carbon Dioxide Removal Assembly; シードラ)の交換部品である二酸化炭素吸着剤(CDRA ベッド)2台を搭載します。

CDRAは、ISS内の二酸化炭素を吸着する米国製の装置で、CDRA ベッドはゼオライトを使った二酸化炭素の吸着部のことです。CDRA ベッドは2つあり、ヒータで加熱することで再生できるため、2台で交互に吸着と再生を繰り返すことで連続運転されています。ISS内には予備系を含めて2台のCDRAが設置されています。



図 5.1.1-1 修理のために CDRA を空気再生ラックから引き出した状態
(下側の箱状の部分が CDRA ベッド、以下の写真を参照)

<http://spaceflight.nasa.gov/gallery/images/station/crew-16/html/iss016e020614.html>



図 5.1.1-2 CDRA ベッドを持つ若田宇宙飛行士

<http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=8bf593ac5440b11f2e0b9aff33637fc9>

5.1.2 飲料水、食糧・生活用品関連品

「こうのとり」6号機では5号機に引き続き、生鮮食品などの食料品、飲料水用の水バッグ30個(計600リットル)などを輸送します。



図 5.1.2-1 「こうのとり」5号機で運ばれた生鮮食品



図 5.1.2-2 「こうのとり」5号機でも運ばれた日本の水

5.1.3 実験関連品

NASA の利用実験に使用する物品や、「きぼう」で継続的に行っている JAXA の利用実験に関連する実験機材や実験試料を輸送します。

(1) 超小型衛星放出機構(J-SSOD)

～新たな需要に応える超小型衛星放出機能の増強～

「このとり」6号機では超小型衛星の放出機会の頻度を高めるために、従来の6Uの2倍にあたる12Uの超小型衛星を放出する機構を開発し、輸送します。

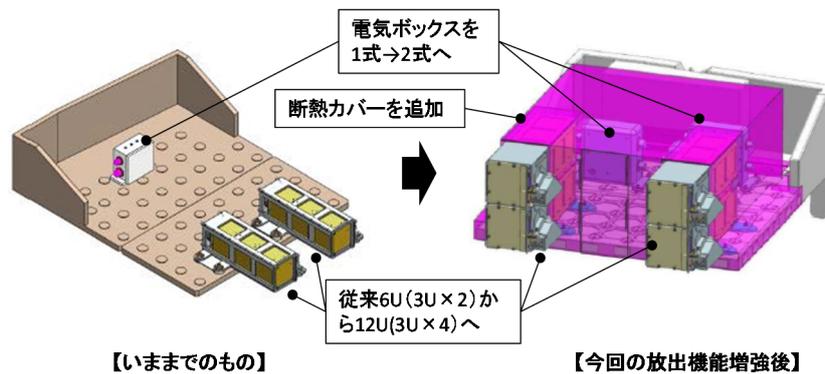


図 5.1.3-1 (左)超小型衛星のこれまでの6U対応(3Ux2基)の放出機構
(右)超小型衛星の放出数と容積を倍増させた計12U対応(3Ux4基)の放出機構のイメージ

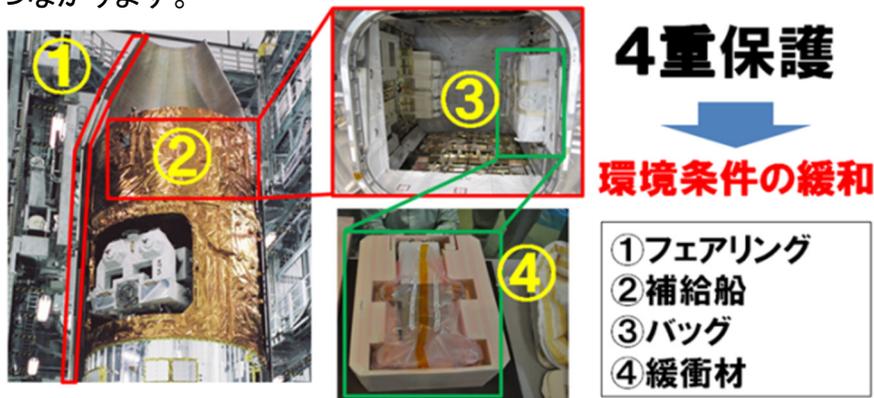
【ここがポイント！】

●需要が高まる超小型衛星に応える日本のJ-SSOD

(1) 4重保護(4重包装)での打上げは、利用者にやさしい！

超小型衛星を収納した衛星搭載ケースは、ISS向けの船内貨物としてCTB (Cargo Transfer Bag)と呼ばれる、緩衝材を詰めたバッグに入れて打上げられるため、ロケット打上げ時のランダム振動等の機械環境条件が緩和されます。(自動車の荷台に載せるのと同じくらい緩やかです。)

衛星開発に要求される試験が軽減され、民生機器などを生かして開発期間短縮につながります。



(2) 年数回の打上げ機会、柔軟な放出時期が設定できる！

超小型衛星のISSへの輸送は、JAXAが開発した「こうのとりの6号機」だけでなく、各国が開発しているISS向け輸送手段を利用でき、打上げ機会を選ぶことができます。

そして、放出時期も自在です。これまでの実績では、ISSに輸送されてから、数か月以内で放出しています。希望する利用時期に応えることができます。

(3) 需要に応える放出能力の増強

2019年(平成30年)までに現能力(6U)の8倍である48Uまで放能力を増やせるように段階的に超小型衛星放出機構の機能向上を図ります。

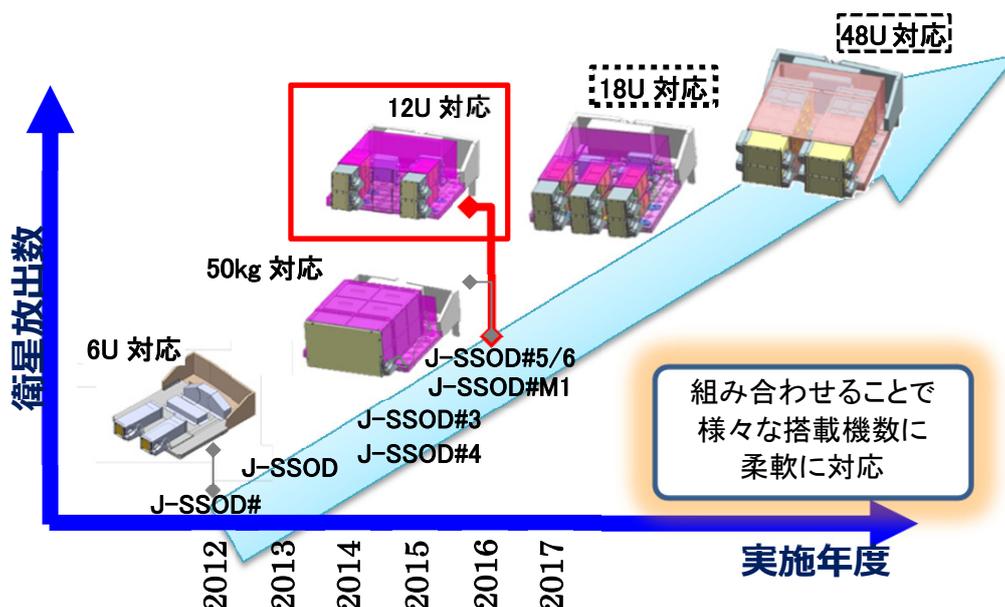


図 5.1.3-2 超小型衛星放出機構の段階的な放出能力拡大計画

【参考】超小型衛星放出機構(J-SSOD)について

超小型衛星放出機構(J-SSOD)は昨今の超小型衛星利用の市場拡大[※]に対応するために段階的に放出能力を拡大するための取組を行っております。

※ 超小型衛星市場の拡大

2013年頃から、超小型衛星(CubeSat)の利用が拡大しており、2012年は30機/年程度。2013年には90機超、2014年には135機/年となっております。(2015年 社団法人航空宇宙工業会資料より)。

なお、超小型衛星(CubeSat)は、3Uサイズを多数連携したコンステレーションの商業利用から、大学発の人材育成、打上げ手段を持たない途上国での利用など、多様化しつつあります。

・JAXAのJ-SSOD紹介ページ

<http://iss.jaxa.jp/kiboexp/equipment/ef/jssod/>

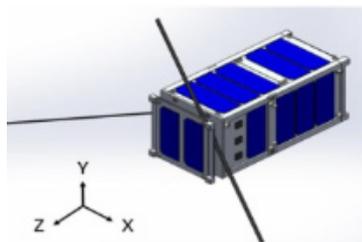
(2) 超小型衛星(CubeSat)

～宇宙開発利用の発展と産業振興への貢献～

- ISSからの超小型衛星の放出は、エアロックとロボットアームを併せ持つ「きぼう」だからこそ実現できる世界で唯一のシステムです。
- これまでに、日本以外にも、米国、ベトナム、ペルー、リトアニア、ブラジル等の超小型衛星 合計 147 機(2016年10月末現在)が「きぼう」から放出しています。
- 「きぼう」から放出される超小型衛星は、年に数回あるISSへの輸送機会を使い、また放出のタイミングも柔軟に設定できるため、利用者にとって利便性が高く世界のユーザーからの期待が高まっています。
- この高頻度で利便性の高い「きぼう」の超小型衛星鳳珠津を通じて、民間企業や大学等教育機関による利用を更に促進し、我が国宇宙開発利用の発展と産業振興に貢献します。
- 「こうのとりのり」6号機では、JAXAの超小型衛星放出機構から放出する超小型衛星7機をISSに輸送します。

【6号機で運び、超小型衛星放出機構(J-SSOD)から放出する超小型衛星】

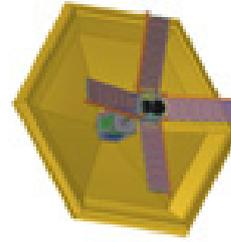
- 【衛星名】 あおば [サイズ:2U]
【機関】 九州工業大学
【ミッション】 PPT(Pulsed Plasma Thruster)実証及び性能評価



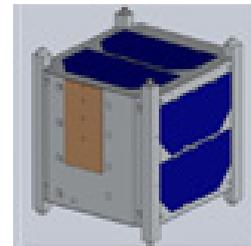
- 【衛星名】 UbatubaSat [サイズ:2U]
【機関】 ブラジルUbatuba市のTancredo小学校(ブラジル国立宇宙研究所(INPE)が支援)
【ミッション】 PPT(Pulsed Plasma Thruster)実証及び性能評価



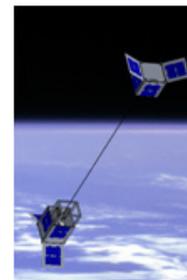
- 【衛星名】 EGG [サイズ:3U]
【機関】 東京大学
【ミッション】
 - ・トーラス状インフレータブル構造の展開実証
 - ・イリジウム衛星通信とGPSの位置特定システム実験
 - ・インフレータブル構造の大気抵抗による軌道崩壊実証



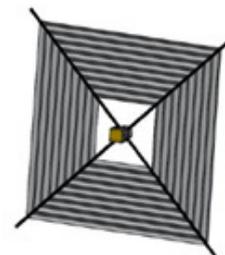
- 【衛星名】 ITF-2 [サイズ:1U]
【機関】 筑波大学
【ミッション】
 - ・衛星データを用いたネットワークの構築
 - ・超小型アンテナの動作実証
 - ・新型マイコンの動作実証



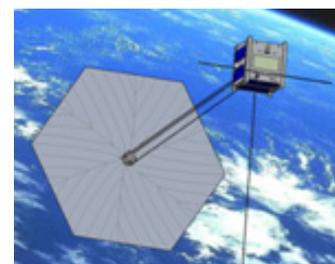
- 【衛星名】 STARS-C [2U]
【機関】 静岡大学
【ミッション】
 - ・人工衛星によるテザー伸展方式の技術実証



- 【衛星名】 FREEDOM [1U]
【機関】 (株)中島田鉄工所
【ミッション】
 - ・膜展開式軌道離脱装置の宇宙実証



- 【衛星名】 WASEDA-SAT3 [1U]
【機関】 早稲田大学
【ミッション】
 - ・LCDによるアクティブ熱制御機構の軌道上実証
 - ・デオービットシステムの実証
 - ・薄膜太陽光電池による発電実証



(3) 沸騰・二層流実験装置(TPF)

宇宙機の高度化・大型化に伴い、より高効率な冷却システムが求められています。

そのためには従来の单相流(液体のみの流体)に比べ、5倍以上の熱輸送能力を有する沸騰二相流(沸騰した気泡が混ざった流体)を導入することが最も有効だと考えられています。

TPFを用いた実験では、フロリナートによる沸騰・二相流ループで、微小重力においても温度57℃と47℃との間で動作することを検証し、单相方式と比しラジエータ面積を49%小型化する目処について実証します。そして、宇宙機応用を目指し、地上では予測困難かつ最もクリティカルとなる除熱器の熱伝達係数が、重力の影響を受けない流速の下限値を±10%の精度で決定し、JAXA宇宙機設計基準案の提示を目指しています。

【ここがポイント！】

● 革新的な宇宙機への応用に向けた設計基準を目指す

この実験成果は、微小重力での精緻な熱伝達係数や気泡挙動の観測でしか得られず、沸騰現象を大きく支配する気泡離脱や加熱面への液供給のメカニズム解明に対して知見を与える学術的な成果が期待できます。

そして、設計基準の提供は、衛星、宇宙探査機、宇宙基地など広範な排熱システム設計期間の大幅な短縮とコンパクト化による、2030年頃の革新的宇宙機への展開が期待できます。さらに、宇宙機用排熱システムにおいて、单相流などよりも格段に性能が高くコンパクト化できる沸騰二相流体システムの設計基準を得ることで、最適設計による技術的なアドバンテージを築き、我が国の優位性を確保できます。

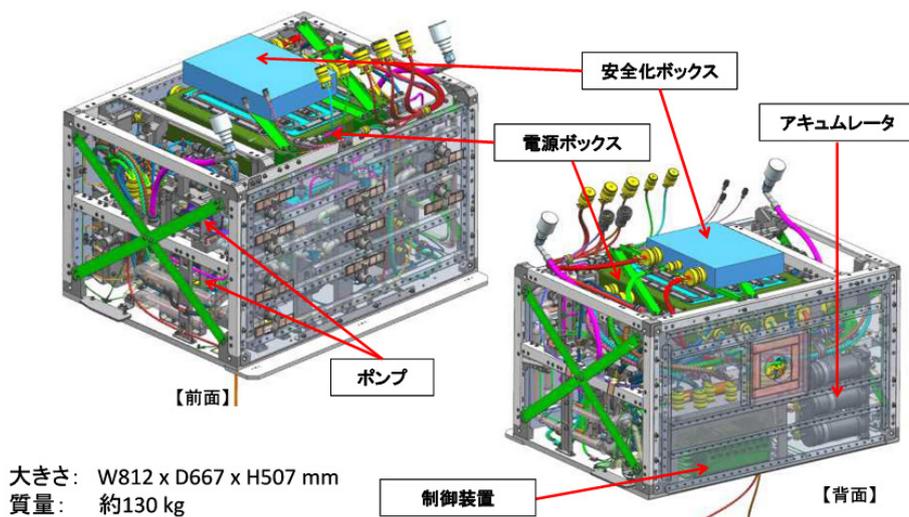


図 5.1.3-6 沸騰二層流体ループ装置(TPF)のイメージ図

http://www.mext.go.jp/component/b_menu/shingi/toushin/_icsFiles/afieldfile/2016/10/06/1377906_4.pdf

【装置の仕組み】

試験流体を、ポンプにより設定流量でループ内に流動させます。予熱器で所望の温度まで加温し、テストセクションで加熱し沸騰させ、その様子をカメラで観察します。その後、凝縮器で除熱し、単相流(すなわち液体)に戻します。

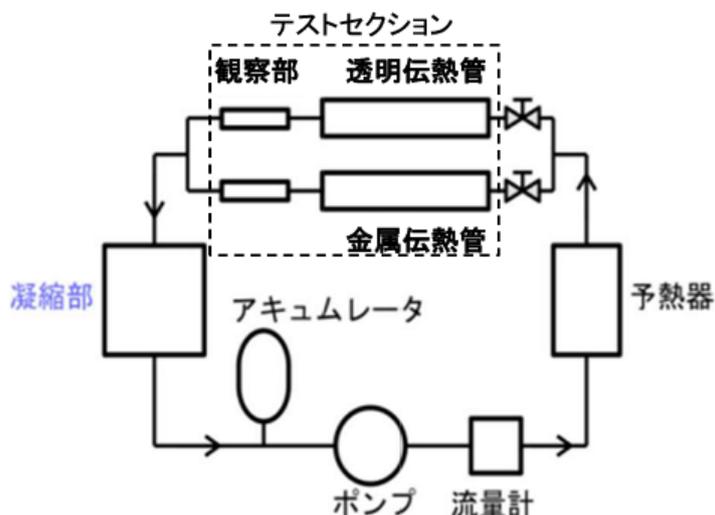


図 5.1.3-7 沸騰二層流体ループ装置の動作概要

沸騰・二層流実験装置(TPF)は、「きぼう」の多目的実験ラック(MSPR)のワークボリューム(WV)内に設置して実験が行われます。

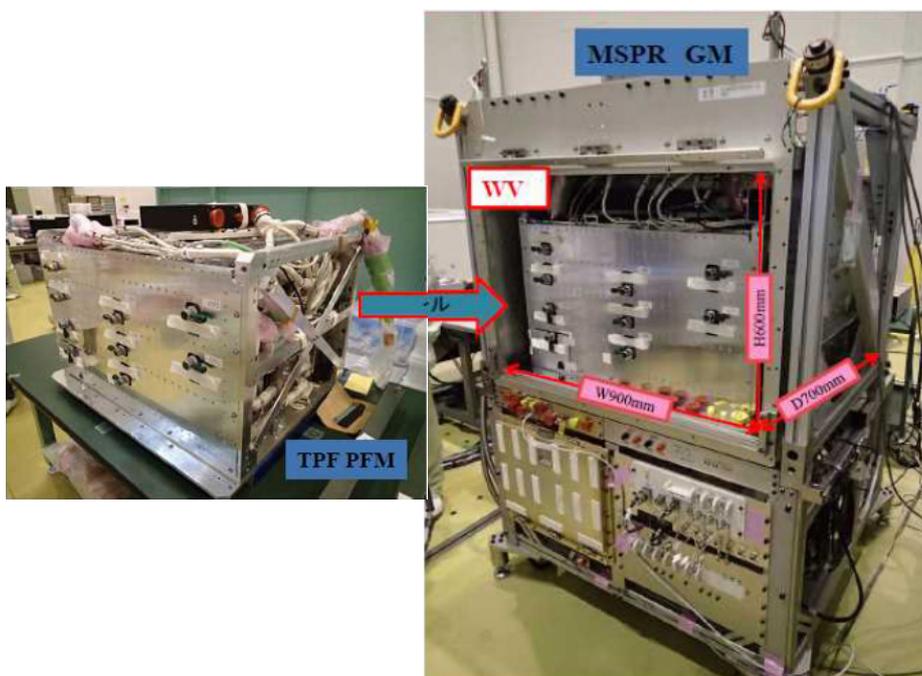


図 5.1.3-8 MSPR の地上モデルの WV(Work Volume)部に TPF を設置した写真
http://www.mext.go.jp/component/b_menu/shingi/toushin/_icsFiles/afieldfile/2016/10/06/1377906_4.pdf

(4) 宇宙放射線のリアルタイムモニタ装置(PS-TEPC)

宇宙での人の滞在期間は、放射線被ばく線量により制限されるため、宇宙放射線を正確に把握する必要があります。将来の超長期滞在では、ISS 以遠での活動も想定されそこでは、太陽フレアによる緊急退避などの即時判断が重要となってきます。

そのため、リアルタイムで正確な線量計測が可能な計測技術の確立に向けて、ISS・きぼうで、PS-TEPC(Position Sensitive Tissue Equivalent Proportional Chamber)を用いた技術実証を行います。計測が仕様通り実現できれば、世界で最も高精度なリアルタイム線量計となります。

今回、最大6か月の軌道上実証・データ取得により、NASAが持つ同様な計測装置(NASA TEPC)との比較計測や宇宙飛行士の被ばく線量算定解析モデルを用いた解析精度の改善評価を行います。

【ここがポイント！】(誤差を減らす最新のリアルタイム計測)

被ばく線量算定解析モデルの精度向上は、放射線影響の観点からの宇宙飛行士の宇宙滞在条件をより明確にすることができます。PS-TEPCの実験成果を通じて宇宙飛行士の放射線被ばく線量算定誤差を、現在から1/5程度を目指します。

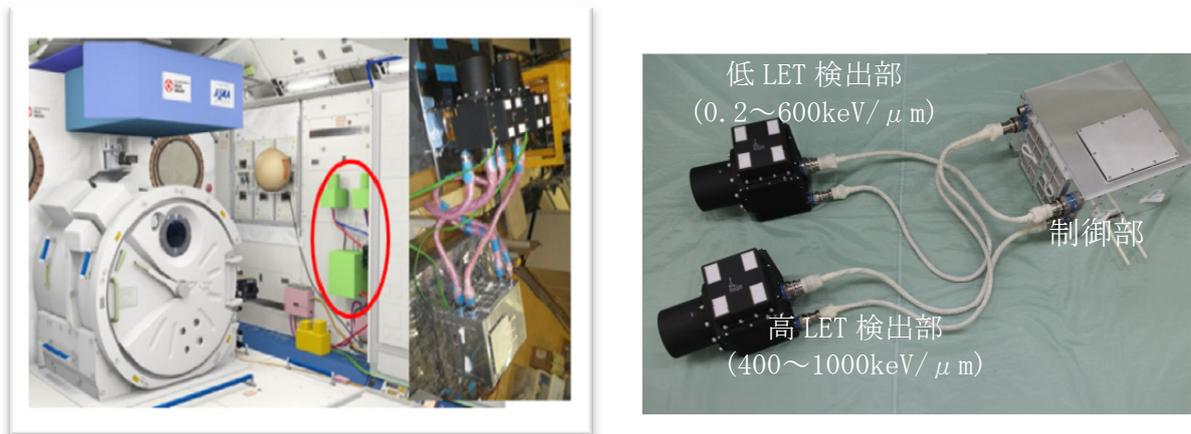


図 5.1.3-5 (左)「きぼう」の船内への PS-TEPC の設置イメージ
(右)PS-TEPC 本体

(5) トルコ共和国の材料曝露実験用試料(ExHAM を用いた船外での材料長期曝露実験)

本年9月、JAXA とトルコ共和国 運輸海事通信省(MTMAC)の間で締結した「きぼう」利用協力合意^{*}の一環として「きぼう」の船外に取付けられた簡易曝露実験装置(ExHAM)を用いた長期材料曝露実験を実施します。

^{*} 「きぼう」の船外に取付けられた簡易曝露実験装置(ExHAM)を用いた長期材料曝露実験と超小型衛星放出に関する「きぼう」利用の協力合意。



図 5.1.3-3 (左)トルコの材料サンプルを簡易曝露実験装置(ExHAM)に取付けた状態
(右)トルコが準備した「こうのとりの6号機」で打上げられる材料サンプル

(6) 次世代ハイビジョンカメラ(HDTV-EF2)システム

自然災害の速報発信、定点観測のほか、民間利用などでの活用を目指した、4次世代ハイビジョンカメラ(HDTV-EF2)システムを運搬します。

このカメラシステムは、カメラ視野方向を制御するための2軸の雲台を持ち、地上からの操作によりカメラを目的の方向に動かすことができます。また、2種類のハイビジョンカメラ(民生品)を搭載し、夜間の観測や光学20倍ズームができるようになっています。

画素数	1920×1080 画素(フル HD リアルタイム伝送)[カメラ1、カメラ2] 3840×2160 画素(4K 動画 SD カード記録)[カメラ 2] 4240×2832 画素(1200 万画素静止画 SD カード記録)[カメラ 2]
拡大撮影と分解能	光学20倍ズーム、地表分解能 15m程度で撮影可能(中分解能)。 [カメラ1]
感度	夜間観測可能(ISO 感度 102400 ノミナル max)[カメラ2]

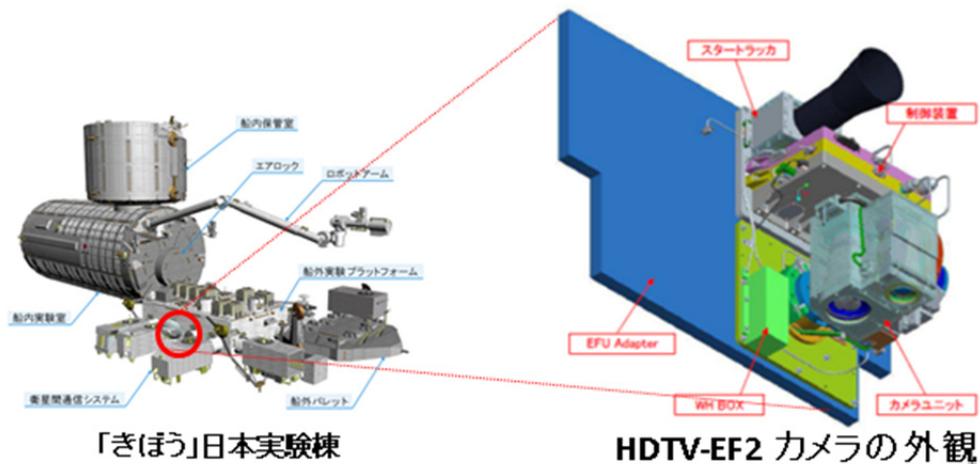


図 5.1.3-3 4K 船外カメラの設置場所

5.2 補給キャリア非与圧部搭載品(船外物資)

「このとり」6号機では、補給キャリア非与圧部の曝露パレットにISS用の新型バッテリー(日本製のリチウムイオン電池セルを採用)6台が搭載されます。この量のバッテリーを一度に搭載/運搬が可能な補給機は、実質的には「このとり」だけといえます。

ISSバッテリー輸送形態曝露パレット

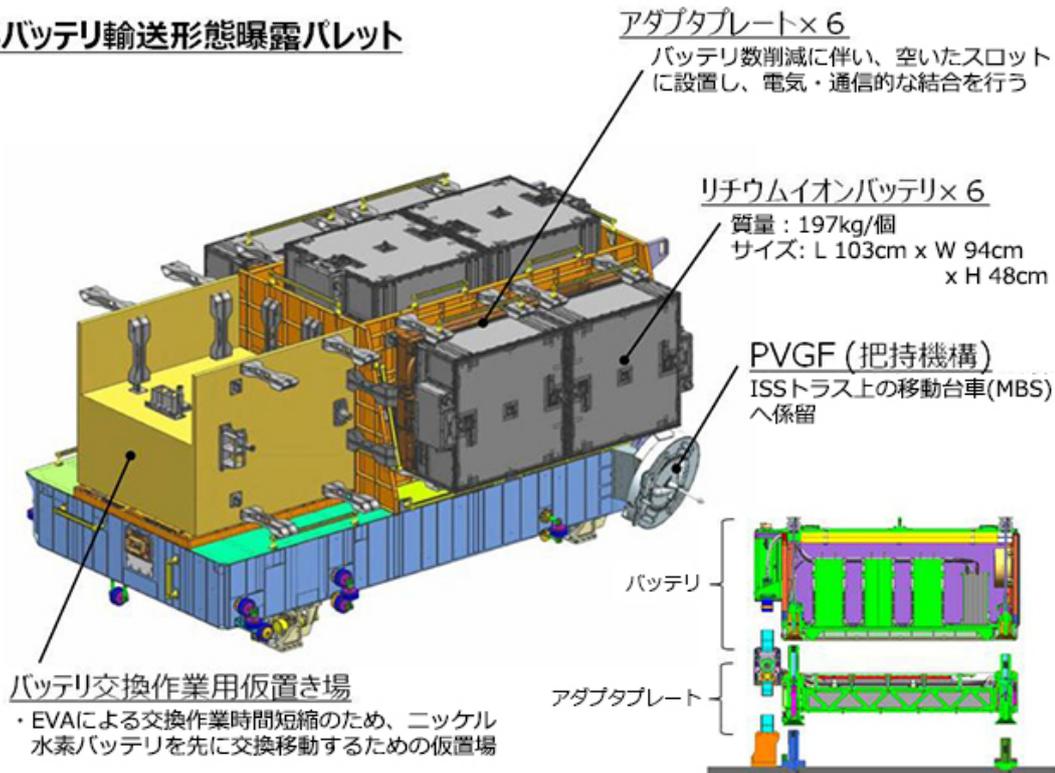


図 5.2-1 6号機の曝露パレットへの搭載イメージ (JAXA)

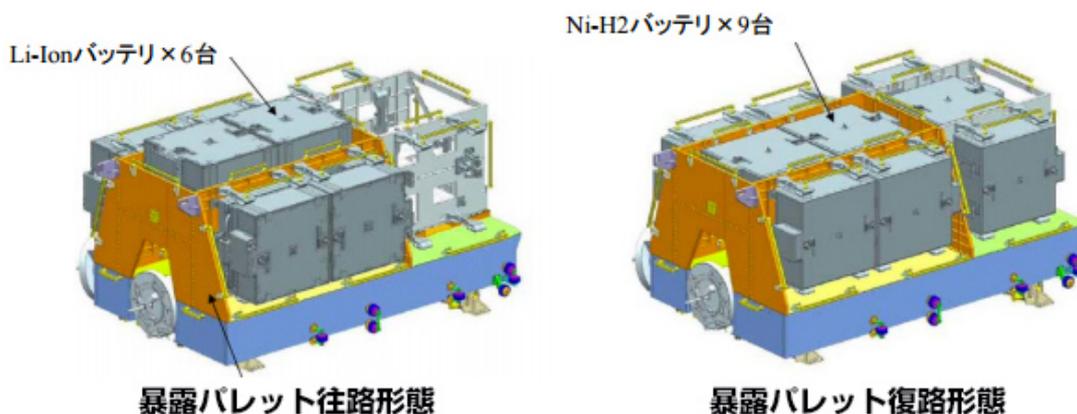


図 5.2-2 6号機の曝露パレットの往路と復路の搭載形態 (JAXA)

http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/060/shiryo/_icsFiles/afieldfile/2016/07/08/1374186_2.pdf

この新型バッテリーは、ISSで現在使われている48台のニッケル水素バッテリーを置き換えるもので、「こうのとりの」6号機から9号機までの4機を使って6台ずつ計24台が運搬されます。新型バッテリーは能力が強化されたため、既存のバッテリー2台分の容量を1台で賄うことができます。

今回は船外活動で既存のニッケル水素バッテリー12台を外し、打上げた6台の電池と交換します。

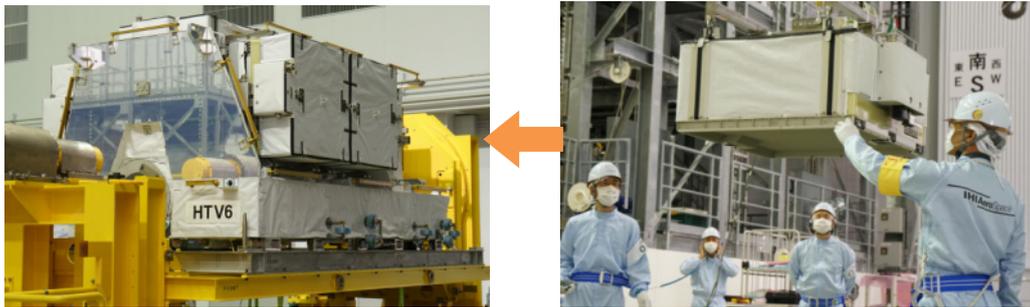
なお、取り外した12台のうち、「こうのとりの」6号機は9台を搭載して(残り3台はISSに残された状態)、その他使用済みの資材などを搭載して最終的に大気圏に再突入します。



リチウムイオンセル LSE 134
容量 134A (GS ユアサ社)

リチウムイオンセルのバッテリーへ組み
込み (Aerojet Rocketdyne 社)

バッテリー
(種子島宇宙センター)



「こうのとりの」曝露パレットへのバッテリー 6 台の設置

図 5.2-3 バッテリー搭載までの流れ (JAXA)

<http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=11bee7cab0be2a74e920eaca91e9344b>

【参考】ISSのバッテリーについて

ISSは約90分で地球を1周していますが、うち約35分間は地球の影に入るため、この間の電力は太陽電池パネルからではなく、バッテリーから供給されます。

現在、ISSの米国側では太陽電池パネルなどを支えるトラス構造の4ヶ所に計48台のニッケル水素バッテリー(1ヶ所につき12台)が使われています。(ロシア側は独自の電力系を有しています)

「こうのとりの6号機から9号機までの合計4機で、これらのバッテリーを質量・体積共に約3倍の高エネルギー密度を実現した日本製のリチウムイオン電池セル(1セルあたりの容量134Ah、質量3.53kg)を搭載したバッテリー^{*}に交換することで、ISSの運用を根幹であるバッテリーの数を半減させることができます。

^{*}各リチウムイオンバッテリーの重量は約430ポンド(195kg)、アダプタープレートの重量は65ポンド(29kg)なので、ニッケル水素電池ORU365ポンド(165.5kg)2台分の重量(330kg)と比べると約106kgの軽量化となります。

ISSのバッテリー交換はこれまでに2009年7月のスペースシャトルミッションSTS-127(2J/A)で一番古くから使われていたP6トラスの6個、2010年5月のSTS-132(ULF-4)でもP6トラスの残り6個が交換されていますが、リチウムイオンバッテリーへの交換は初めてになります。

このリチウムイオンバッテリーの寿命は10年間であるため、ISSの運用末期までこのまま使い続けられる予定です。

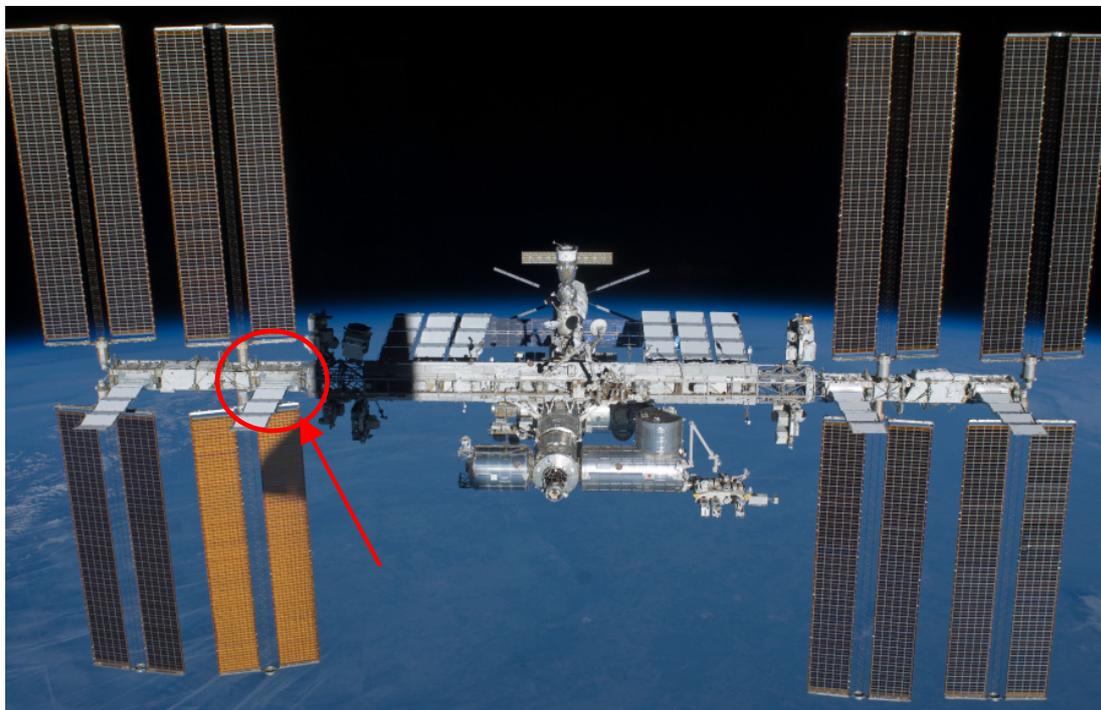


図 5.2-4 今回交換を行う S4 トラスのバッテリーの位置 (NASA)

<http://spaceflight.nasa.gov/gallery/images/station/crew-28/html/s134e010590.html>

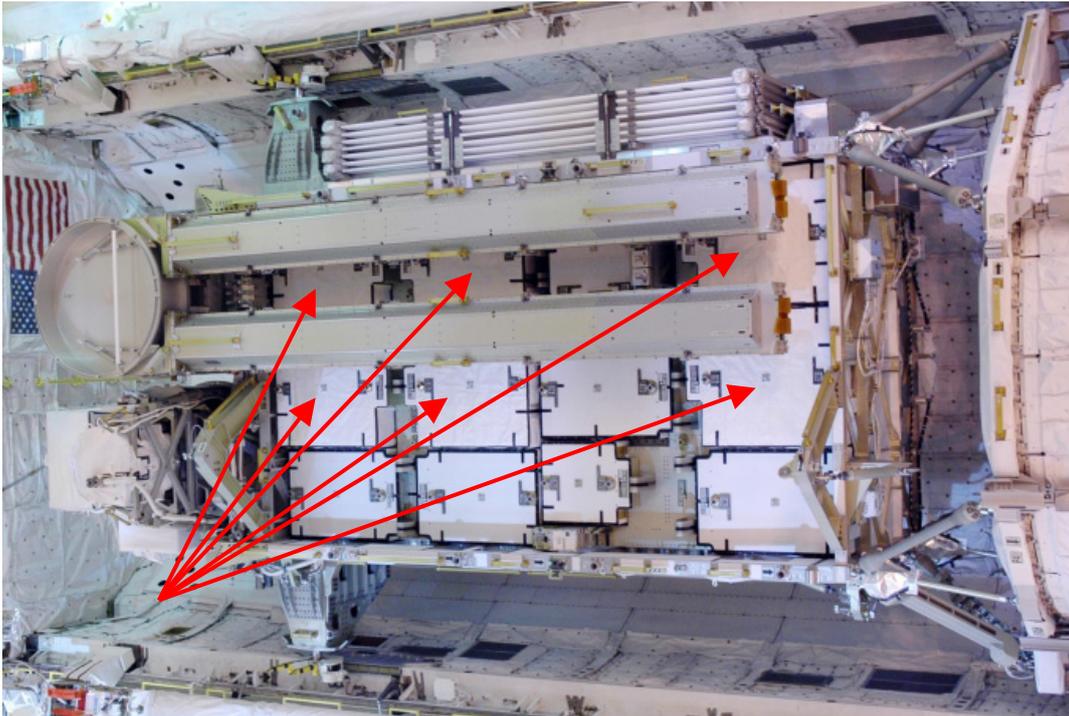


図 5.2-5 スペースシャトルに搭載された P4トラス上の 6 台のバッテリー(NASA KSC)
 (他の ORU は別の電力系の装置、裏側も同様の配置)
<http://mediaarchive.ksc.nasa.gov/#/Detail/864>

バッテリー交換手順(概要)

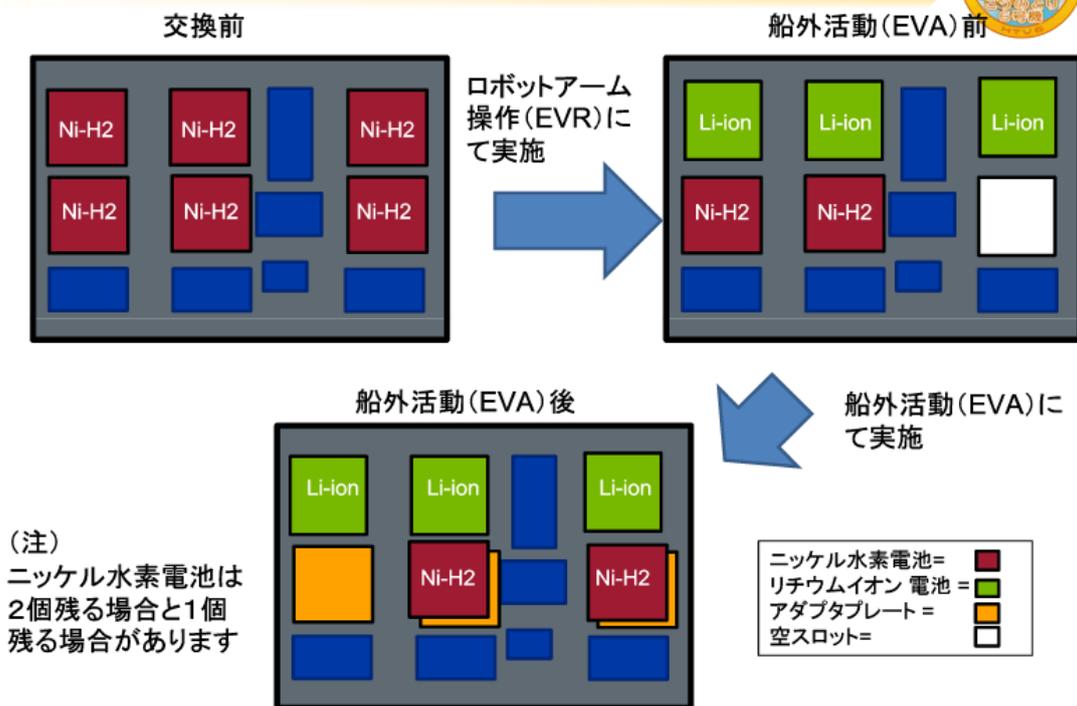


図 5.2-6 軌道上でのバッテリーの交換手順 (JAXA)

ISS バッテリーの交換作業には船外活動が4回必要と見積もられていましたが、今回はISSのロボットアーム(SSRMS / SPDM)を使ってバッテリーの交換を行うことで、船外活動に必要な回数を約半分の2回にまで削減できる予定です。

ロボットアームによる作業では実施できないアダプタプレート[※]の設置とISSにそのまま残される3個のニッケル水素(Ni-H₂)電池の移設などが船外活動クルーによって行われる予定です。

※アダプタプレートは、これまでのニッケル水素バッテリー2台を接続して1台のバッテリーとして使用しているモノを今回新たに交換するリチウムイオンバッテリー1台でも使えるようにするためのアダプターです。

なお、ISSに残されることになる3個のニッケル水素バッテリーは電氣的に遮断された状態にされます。

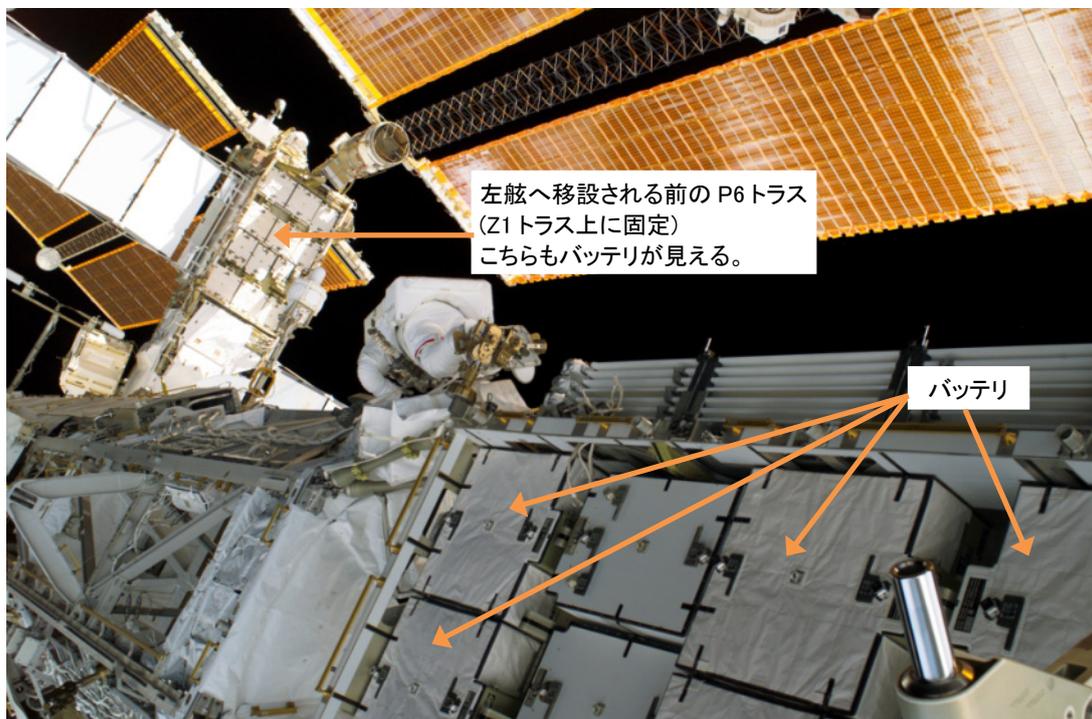


図 5.2-7 バッテリー交換場所付近で船外活動を行うクルー(STS-115 ミッション)
<http://spaceflight.nasa.gov/gallery/images/shuttle/sts-115/html/s115e05704.html>



図 5.2-8 STS-127 ミッション時に行われた船外活動によるバッテリー交換作業の様子 (NASA)
<https://spaceflight systems.grc.nasa.gov/sopo/ihho/iss-technology-demonstration/sustaining-engineering-of-eps-hardware/s127e008452/>

6. 「このとり」を活用した技術の蓄積

「このとり」は4号機以降、ISSへの物資輸送だけでなく、将来の我が国の宇宙機開発に役立つ技術の蓄積のための小型の実証実験にも活用されています。6号機では従来よりも規模の大きな以下の2つの実験を行います。

6.1 導電性テザー実証実験 (KITE)

KITE(Kounotori Integrated Tether Experiment)は、宇宙ゴミ(スペースデブリ)除去に関する要素技術である導電性テザー(Electrodynamic Tether: EDT)の性能を宇宙空間で実証するための試験で、ISSから離脱した後、700mの長さまでテザー(ワイヤー)を伸展して、電子収集、及び電界放出型電子源による電子放出等を行います。

NASAの検討によれば、今後の宇宙機にデブリ低減対策を施すと共に、年間5機ずつ大型のデブリを除去していけば、軌道上のデブリ環境をこれ以上悪化させずに維持できると予測されています。JAXAではこのデブリ除去を低コストかつ早期に実現するためには、推進薬が不要なEDTが有望と考えています。このため、「このとり」6号機でベア(被覆なし)テザーの伸展と10mA級の電流駆動の特性を取得するという軌道上実証を行います(デブリ除去に有効な小型軽量のEDTの要素技術やスラストによるテザー振動制御の宇宙実証は世界初となります)。

本実験は、「このとり」6号機がISSから離脱した後、ISSの軌道下方20km以上離れた位置で7日程度かけて実施する予定です。実証実験後は切断機構によりテザーを切断(切り離れたテザーとエンドマスは3-6か月以内に再突入する予測)し、「このとり」は大気圏に再突入します。ミッション機器の質量は60kg(エンドマス: 20kg、「このとり」本体側: 40kg)です。(参考 URL:

<https://www.youtube.com/watch?v=AIBXnRz5-7g>)

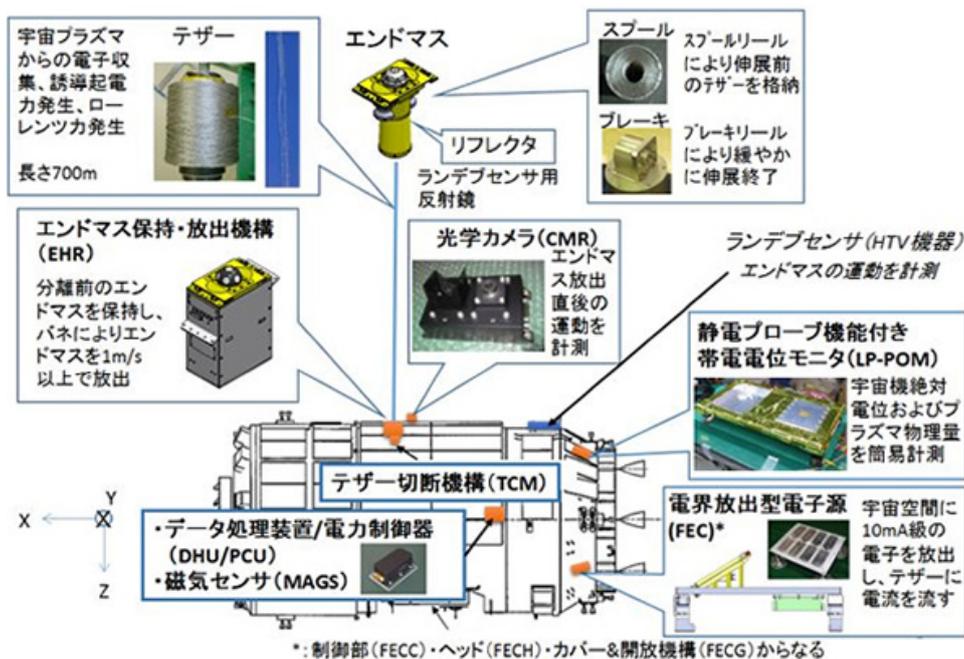


図 6.1-1 KITE の機器構成

<http://www.ard.jaxa.jp/research/kite/kite-details.html>

【参考】EDT テザーの解説ページ: <http://www.ard.jaxa.jp/research/debris/deb-edt.html>

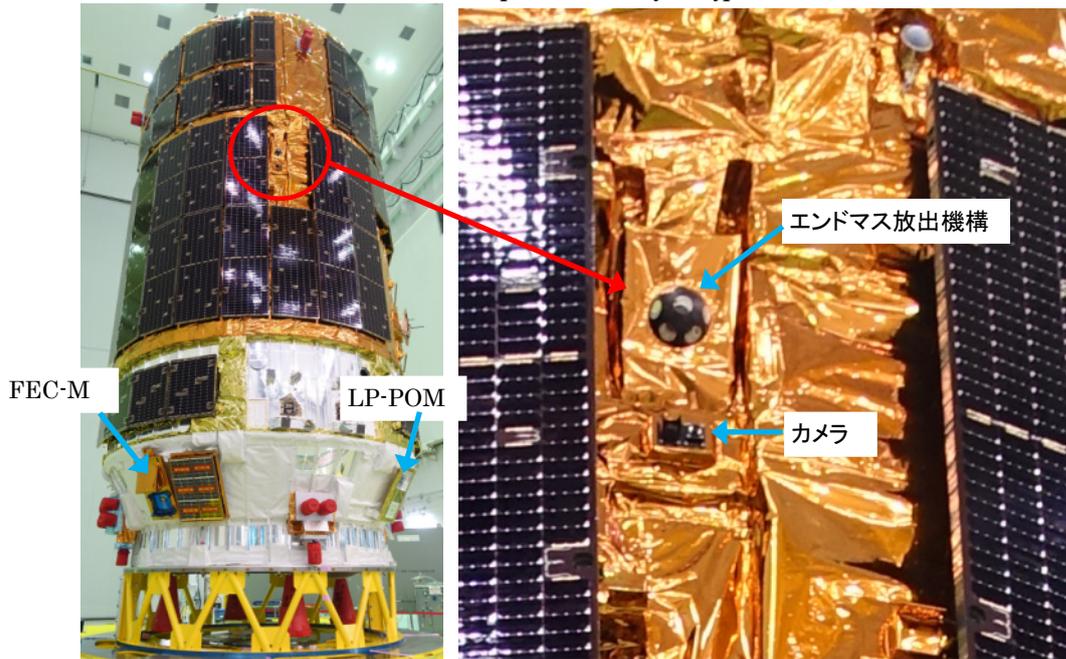


図 6.1-2 KITE の機器配置場所 (JAXA)

<http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=550e6f43ea79ee45b1540abfe3d67145>

FEC (Field Emission Cathode): 電界放出型電子源

LP-POM (Large probe Plasma current monitor and POTential Monitor module): 静電
プローブ機能付き帯電電位モニタ

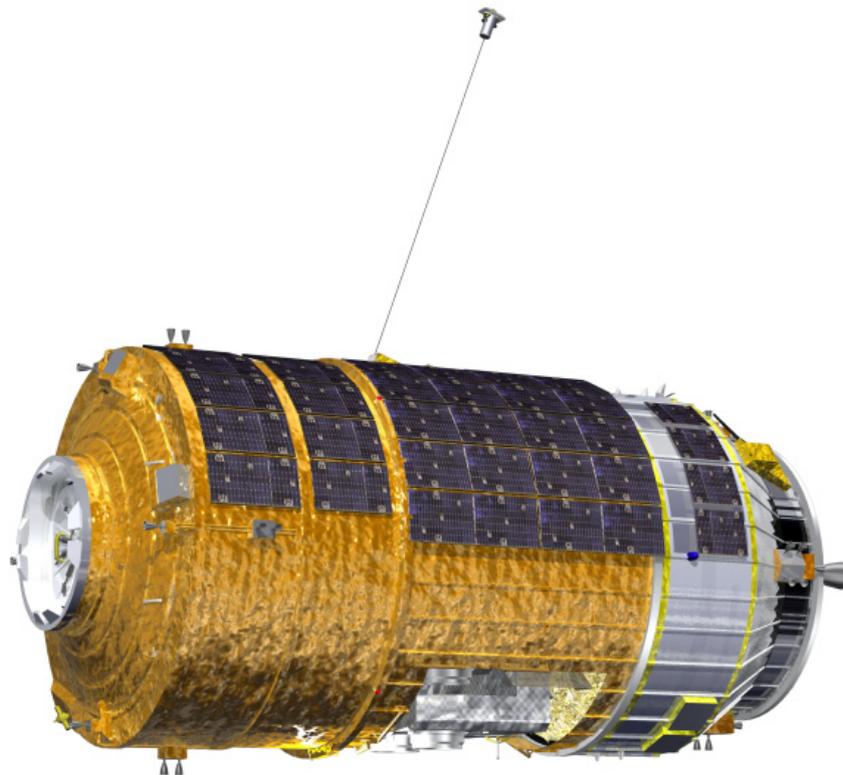


図 6.1-3 KITE のテザー放出イメージ図(JAXA)

<http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=0a2a0dbe0defbd4c8edc314718c21e08>

「このとおり」6号機プレスキット

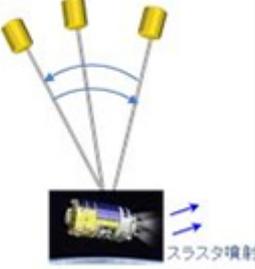
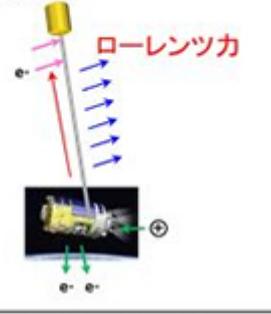
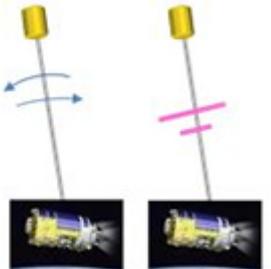
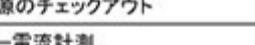
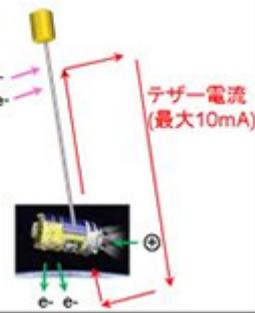
No	運用内容	No	運用内容	No	運用内容
1	ISS軌道から離脱し、20km以上低い軌道へ移動	5	HTV スラスタを用いたテザー振幅低減	8	テザー振幅変化の検出によるローレンツ力の計測
2	ミッション機器立ち上げ				
3	エンドマス放出とテザー伸展(約700m)				
4	テザーダイナミクスおよび誘導起電力の計測	6	電子源のチェックアウト		
		7	テザー電流計測		
			9	実験終了後にテザーを切断	
		10	HTV再突入		

図 6.1-4 KITE 運用シーケンス概要

<http://www.ard.jaxa.jp/research/kite/kite-details.html>

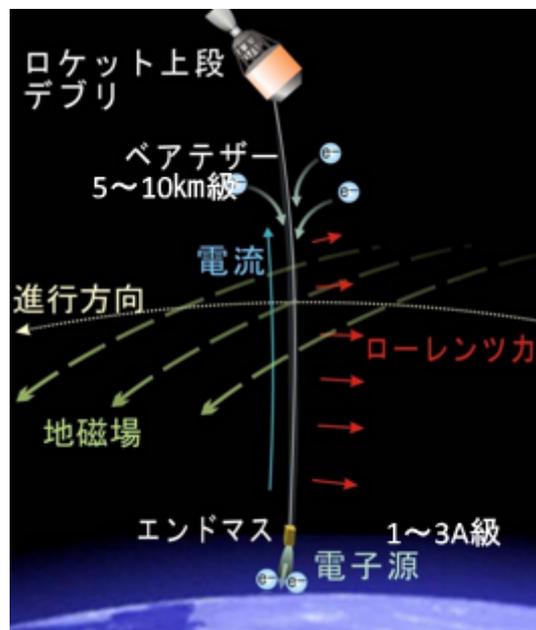


図 6.1-5 EDT を使用した実用レベルのデブリ除去イメージ (JAXA)

6.2 「こうのとり」6号機搭載宇宙用薄膜太陽電池フィルムアレイシート モジュール (SFINKS)

Solar cell FIIm array sheet for Next generation on KOUNOTORI Six

JAXA がシャープと共同開発した薄膜太陽電池アレイシートは、現在実用可能な宇宙用太陽電池の中で、世界一の変換効率と軽さを実現したもので、今後の宇宙機への採用が期待されています。今回の軌道上実証試験では、アレイシートの電流 (Isc)、電圧 (Voc) を測ることで、打ち上げ時の衝撃環境や、宇宙放射線や紫外線などの厳しい環境に耐えるかを実証します。

また、この薄膜太陽電池アレイシートは太陽電池セルがストリングごとにアレイ化された形状で供給されるため、従来のアルミハニカムパネルと比較して簡易にパネル化することが可能です。従来方式のアルミハニカムパネルと太陽電池アレイシートを導入した場合の製造工程を比較すると、数週間レベルから数日レベルにまで工程を短縮できると期待されています。

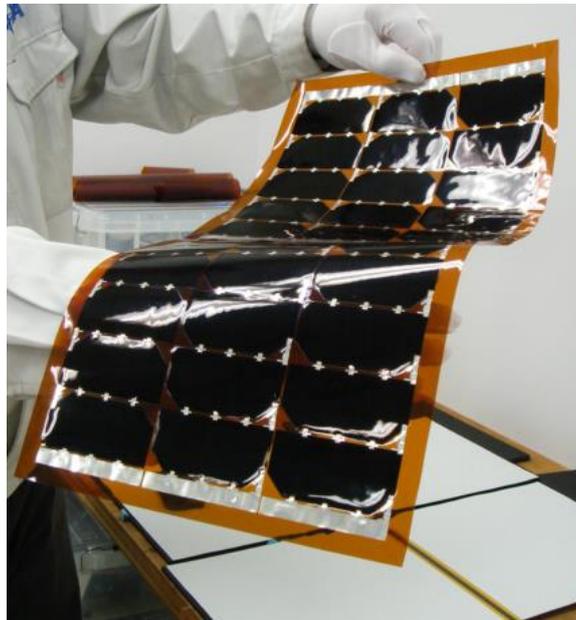


図 6.2-1 フィルムアレイシート外観 (JAXA)

(写真は 5 直 × 3 並シートと 6 直 × 3 並シートを接続(モジュール化)したシート:SFINKS ではアレイシート 6 枚を接続、5 直 × 3 並シートの重さは約 30g、変換効率は約 32%)
<http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=c573b8f8d51c3f7429e00e61cea2665d>

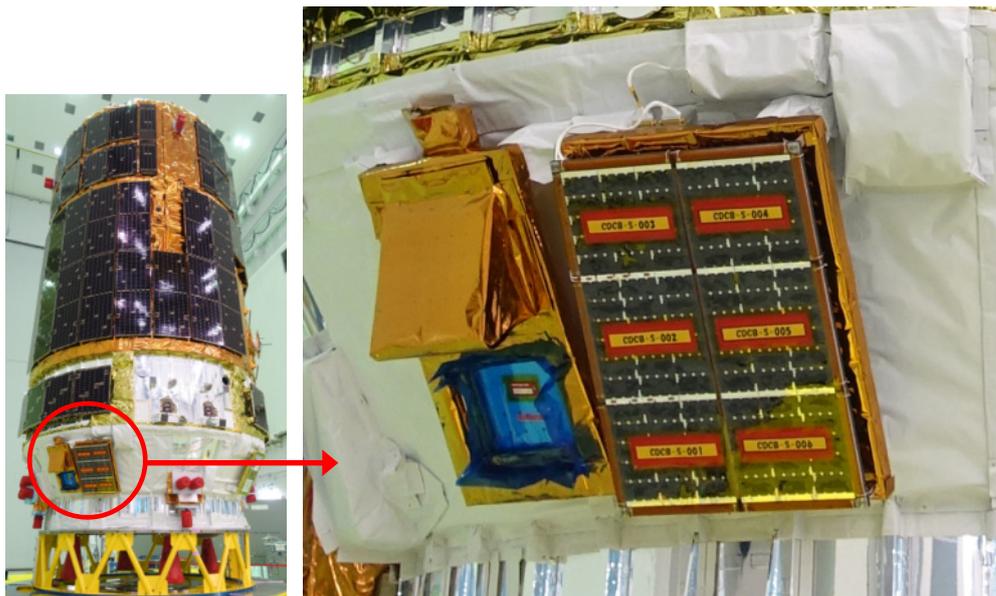


図 6.2-2 SFINKS の設置状況 (JAXA)

(注: 左側の装置は KITE の FEC-M、打上げ前に SFINKS の地上用カバーは外します)
<http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=550e6f43ea79ee45b1540abfe3d67145>



図 6.2-3 参考: 4号機の ATOTIE-mini と 5号機の KASPER の搭載写真 (JAXA)
ATOTIE-mini (Advanced Technology On-orbit Test Instrument for space Environment - mini)
KASPER (Kounotori Advanced Space Environment Research equipment module)
(「こうのとりの6号機」に搭載される帯電電位モニタ LP-POM は、KITE 実験の一部ですが、ATOTIE-mini と KASPER の設計をベースに開発した機器で、帯電電位計測の後継実験でもあります。)

付録目次

付録 1 「こうのとりのり」の構成	付録 1-1
付録 2 「こうのとりのり」(HTV)の運用概要	付録 2-1
付録 3 「こうのとりのり」/ISS 関連略語集.....	付録 3-1

付録 1 「こうのとりに」の構成

「こうのとりに」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。

「こうのとりに」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。

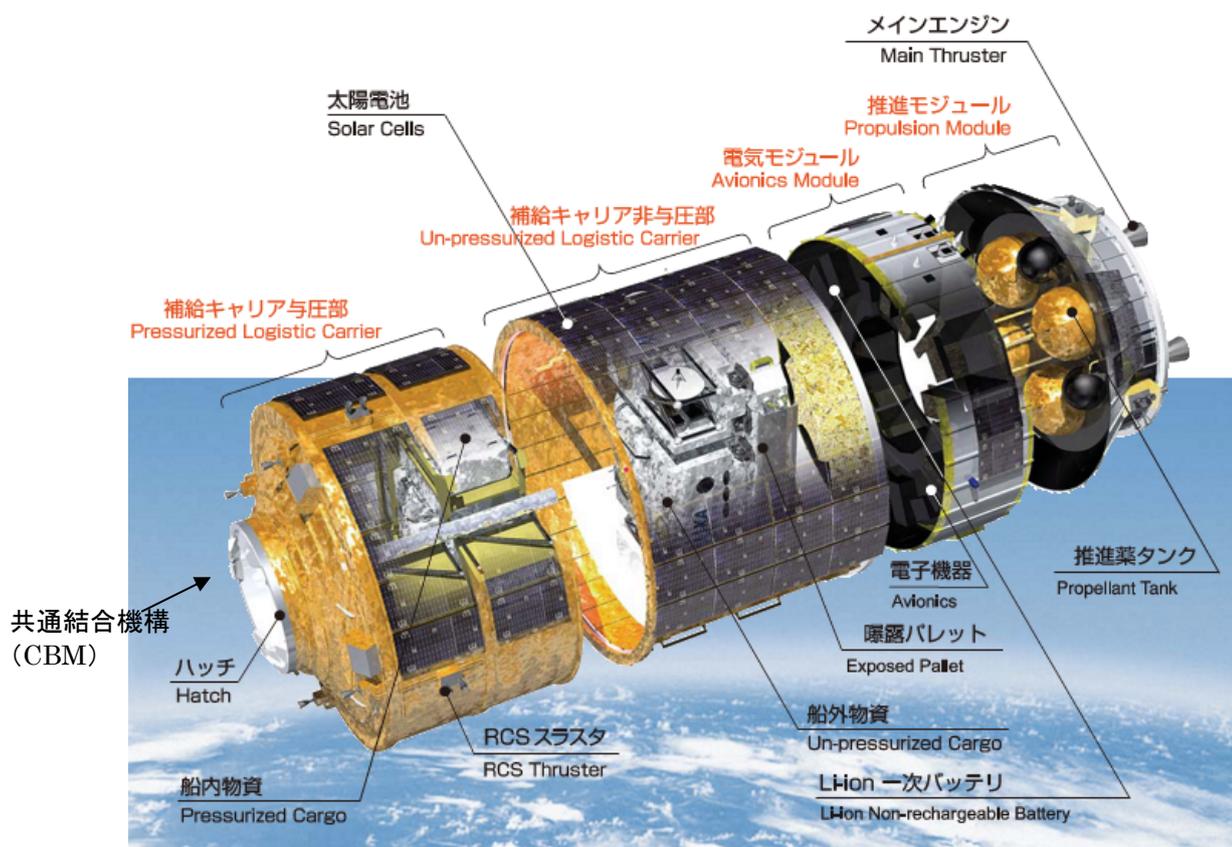


図 A1-1 「こうのとりに」の全体構成 (JAXA)

表 A1-1 「こうのとり」運用機の主要諸元

項目	仕様	
全長	約 10.0m	
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 4.5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→6号機より 1.9トンへ強化 (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: 通常 5 日間 ISS 滞在期間: 最長 45 日間 軌道上緊急待機期間: 最長 7 日間	

表 A1-2 「こうのとりの」ミッションの実績

	1号機 技術実証機	2号機	3号機	4号機	5号機
打上げ日	2009年9月11日	2011年1月22日	2012年7月21日	2013年8月4日	2015年8月19日
再突入日	2009年11月2日	2011年3月30日	2012年9月14日	2013年9月7日	2015年9月30日
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	約3.9トン	約4.5トン
うち船外物資	0.9トン	約1.3トン	約1.1トン	約1.5トン	約1.0トン
合計	4.5トン*1	約5.3トン	約4.6トン*2	約5.4トン	約5.5トン
ミッション期間	約53日間 (計画37日)	約67日間 (計画37日)	56日間 (計画49日)	34日間 (計画35日間)	42日間
ランデブ飛行 期間	7日間	5日間*3 (計画7日間)	6日間	6日間	5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 間へ)	48日間	26日間	35日間
離脱・ 再突入期間	3日間	2日間	2日間	2日間	1日間

2号機以降は、技術実証機(1号機)を運用機に改良したため、物資の補給能力が異なります。

*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) 補給量に関しては、**質量は小さくてもかさばる貨物もあるため、質量だけでは単純比較できません**。3号機は船内物資の輸送量が小さいように見えますが容積的には一杯でした。

*3) 悪天候で打上げを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。

A1.1 補給キャリア与圧部 (PLC)

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(1.3m×1.3m)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。

受動側共通結合機構
(Passive CBM)



図 A1.1-1 補給キャリア与圧部の外観(6号機)(JAXA)



図 A1.1-2 軌道上で撮影された補給キャリア与圧部の内部
(左: 1号機(JAXA)、右: 2号機(NASA))

「こうのとりの」プレスキット(付録)

補給キャリア与圧部の内部は、ハッチ側が第1ラックベイ(Bay#1)、奥側が第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。「こうのとりの」に搭載するラックは、ISSのラックと同じ大きさであり、高さ約2m、幅・奥行1mです。



図 A1.1-3 「こうのとりの」5号機内部のラック配置 (JAXA)
(ハッチ側から撮影:レイトアクセス前)

<p>第1ラックベイ (Bay#1)</p>	<p>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、「こうのとりの」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。</p>
<p>第2ラックベイ (Bay#2)</p>	<p>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。</p>

HRR(HTV Resupply Rack):HTV 補給ラック

A1.2 補給キャリア非与圧部 (ULC)

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 に輸送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、「こうのとりの」が ISS に結合する際に ISS のロボットアームで「こうのとりの」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。

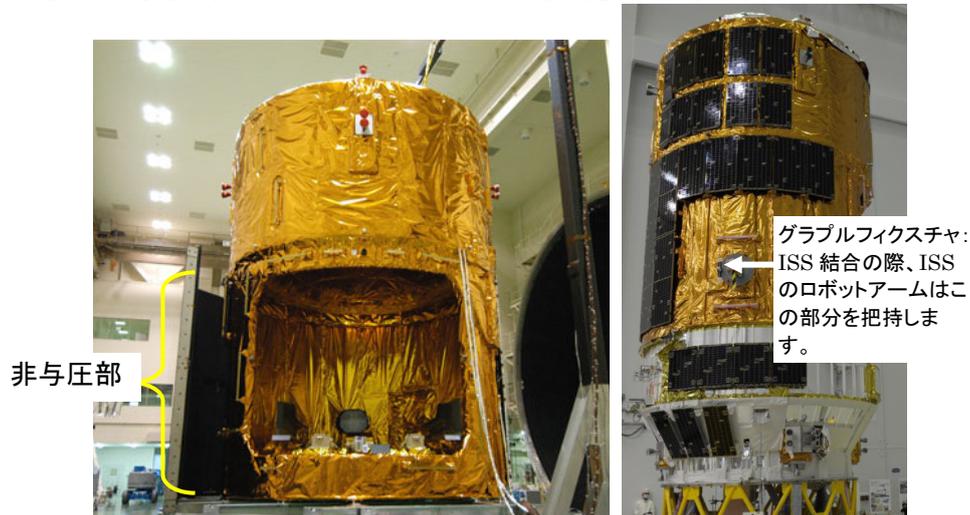


図 A1.2-1 補給キャリア非与圧部(1号機)(左は曝露パレット搭載前)(JAXA)

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(「きぼう」の船外実験プラットフォームか、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 A1.2-2 曝露パレットの積み込み作業(6号機)(JAXA)

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、「このとり」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。

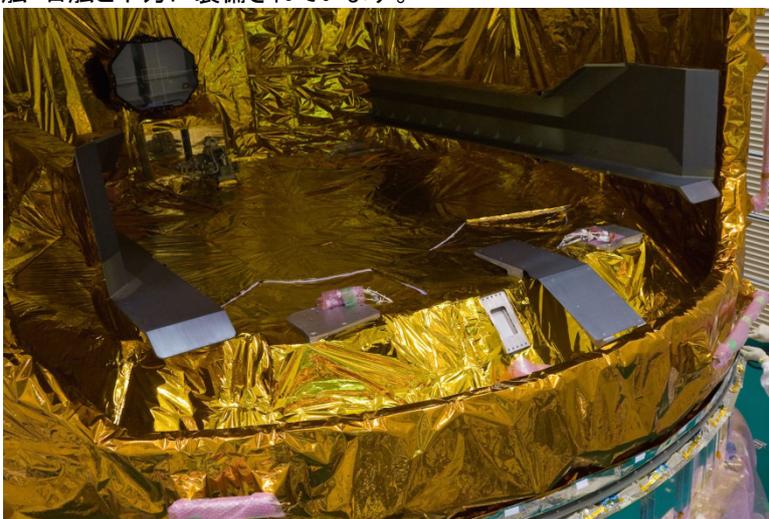


図 A1.2-3 (上)補給キャリア非与圧部の内部(1号機)、
(下)曝露パレットのローラー(2号機)【参考】(JAXA)

A1.3 曝露パレット (EP)

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、「こうのとりの」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1.9トンまで搭載可能(6号機から搭載量を強化)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等に結合している間はISS側から電力供給を受けられます。

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 A1.3-1(1/2) 曝露パレット (3号機用の EP-MP) (JAXA)

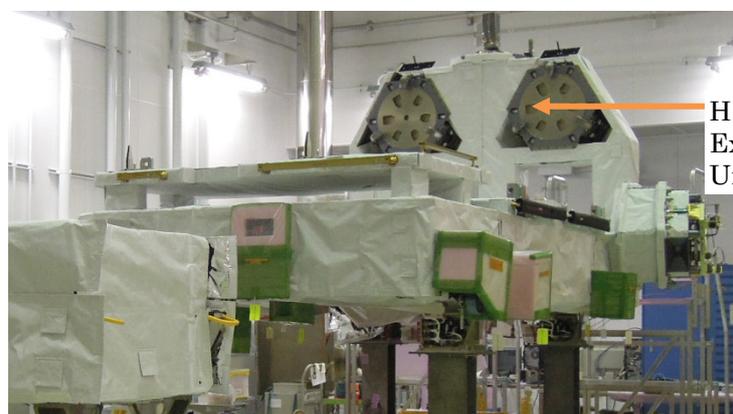


図 A1.3-1(2/2) 曝露パレット (5号機用の EP) (JAXA)
(5号機では、「きぼう」の曝露ペイロードを回収・廃棄するための固定機構として HEFU を初装備した)

「こうのとりの」プレスキット(付録)

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) (1,2,5 号機)

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(1号機ではこのI型を使用し船外実験装置 2 台を搭載、2号機では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)。

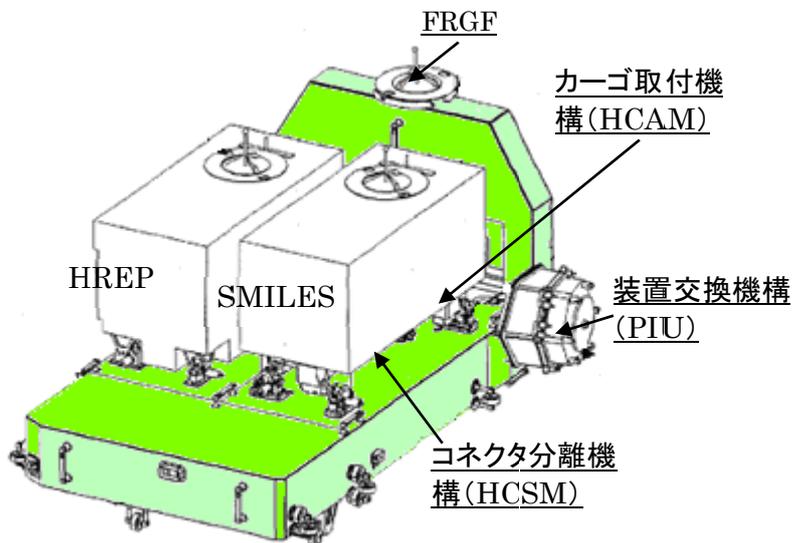


図 A1.3-2 「きぼう」船外実験プラットフォーム係留専用型(I 型)
(図は 1 号機のコンフィギュレーション)(JAXA)

● 多目的曝露パレット型 (EP-MP型) (3,4,6~9号機はこちらを使用)

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輸送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(3号機で初使用)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輸送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輸送する場合に使用されます。6号機から始まるバッテリーORUの輸送では6台の搭載(帰還時は9台)ができます。

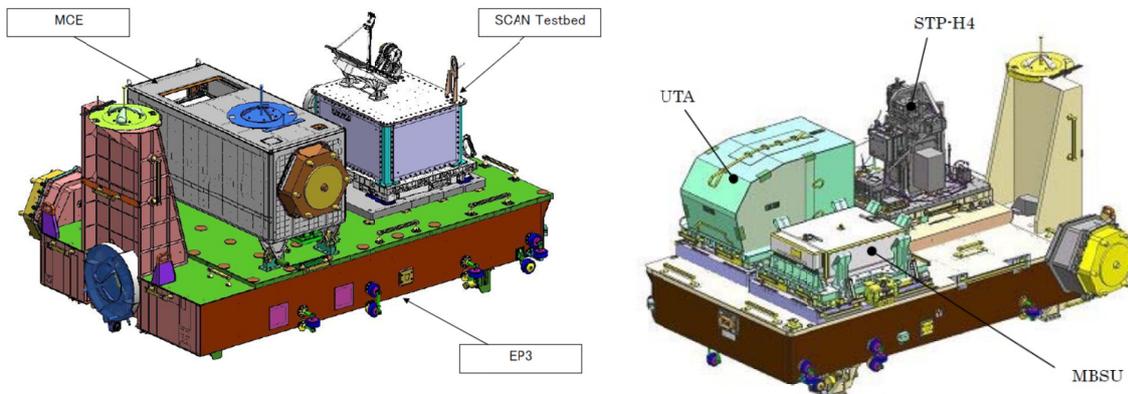


図 A1.3-3 多目的曝露パレット型(EP-MP 型) (左:3号機、右:4号機) (JAXA)

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、輸送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。

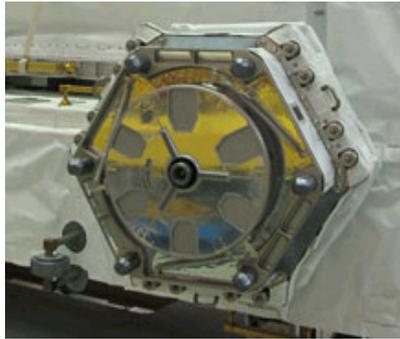


図 A1.3-4 簡易型ペイロード側装置交換機構(HPIU) (JAXA)

- 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ーフェースを有しています。

- 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 A1.3-5 HTV バーシングカメラシステム(HBCS) (JAXA)

A1.4 電気モジュール (AM)

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「こうのとりのとり」の航法制御を行います。また、「こうのとりのとり」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 A1.4-1 に示します。

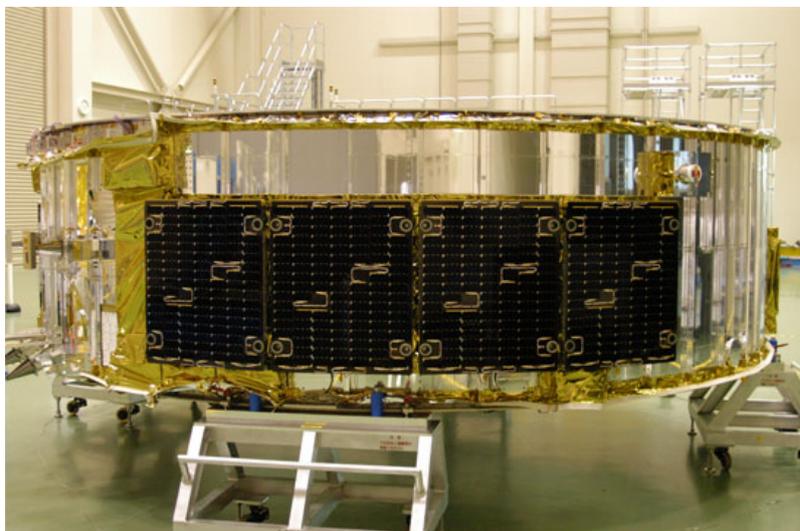


図 A1.4-1 電気モジュール(横からの外観)(1号機) (JAXA)

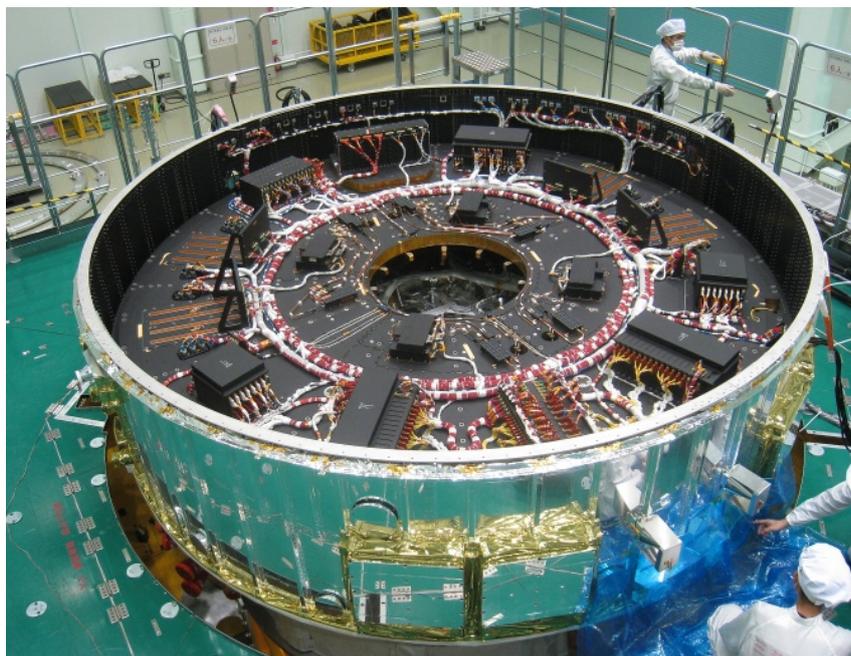


図 A1.4-2 電気モジュールの内部 (2号機) (JAXA)

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、「こうのとりのとり」の各機器に送ります。また、TDRS 及び PROX を経由して、「こうのとりのとり」のデータを地上に送信します。

表 A1.4-1 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"> 「こうのとり」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、「こうのとり」の単独飛行を実施するためのシステム。 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。 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。ISSおよび「こうのとり」はそれぞれ秒速約7,800mで飛行しており、相対速度をその0.0001%にまで制御。
<p>通信系</p>	<ul style="list-style-type: none"> 「こうのとり」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。いずれの通信にもSバンドを使用。 PLSに関しては、ISS近傍約200kmで通信を確立し、ISS直下10mのキャプチャ点に到達するまで使用。
<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する。 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、「こうのとり」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。
<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)6個(6号機では7個から1個を削減)と、2次電池(Secondary Battery: S-BAT)1個を搭載。 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。 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。 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。 「こうのとり」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「こうのとり」の各機器類に供給。
<p>太陽電池</p> 	<ul style="list-style-type: none"> 「こうのとり」6号機の外壁には、計48枚の太陽電池パネルを搭載(4号機55枚、5号機で6枚削減し49枚、6号機 48枚)。 <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→5号機で4枚削減し19枚、6号機は1枚増やし20枚 電気モジュールの外壁:8枚 推進モジュールの外壁:0枚(注) 注) 3号機で1枚削除。4号機で表面電位センサを搭載するために1枚削除。5号機でさらに2枚削除、6号機では全廃[1, 2号機 6枚、3号機 5枚、4号機 4枚、5号機 2枚、6号機 0枚]

A1.5 推進モジュール (PM)

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。

3号機以降は、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(ただし4号機は在庫品活用のため従来品を使用)。

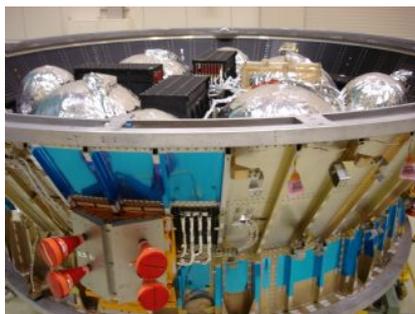


図 A1.5-1 推進モジュール
(多層断熱カバー取付け前)
(JAXA)



図 A1.5-2 推進薬タンク (JAXA)

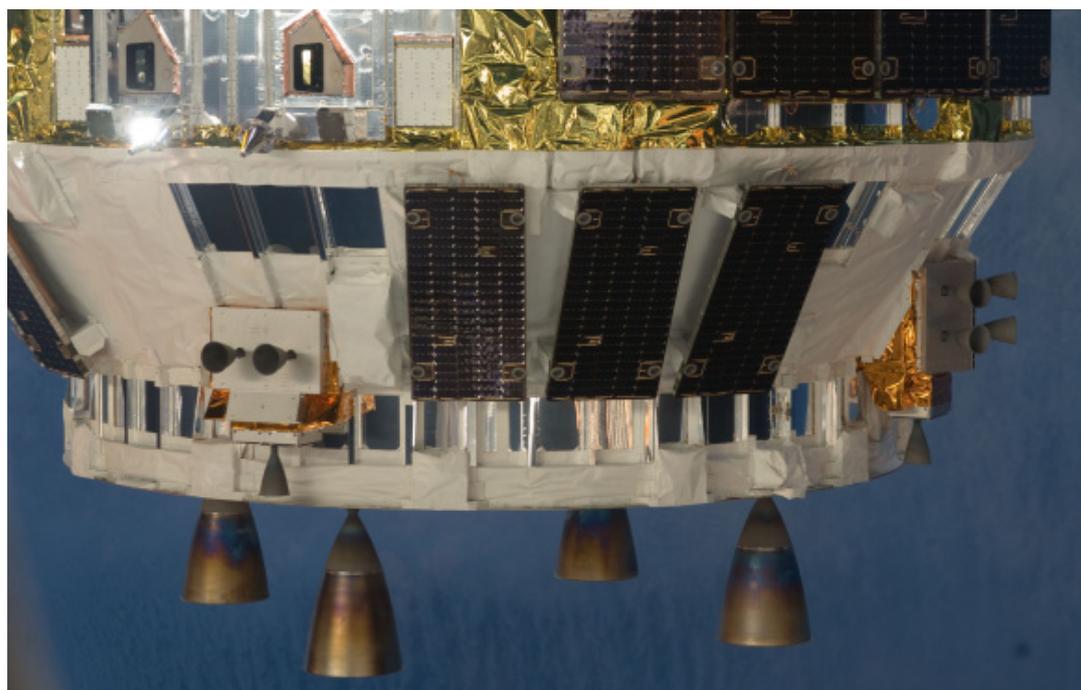


図 A1.5-3 軌道上で撮影された推進モジュール(1号機)(JAXA)
(写真下部に見える4基のノズルがメインエンジン)

表 A1.5-1 「こうのとりの」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 (3, 5 号機以降※) (参考:輸入品) Aerojet 社 R-4D 500 N(ニュートン) (1, 2, 4 号機)	IHI エアロスペース社 120N(ニュートン)級 (3,5 号機以降※) (参考:輸入品) Aerojet 社 R-1E 120 N(ニュートン) (1, 2, 4 号機)

* 全 28 基のうち、12 基は補給キャリアと圧部外壁に設置

※ 4 号機は輸入品(予備品として残っていたもの)を使用。

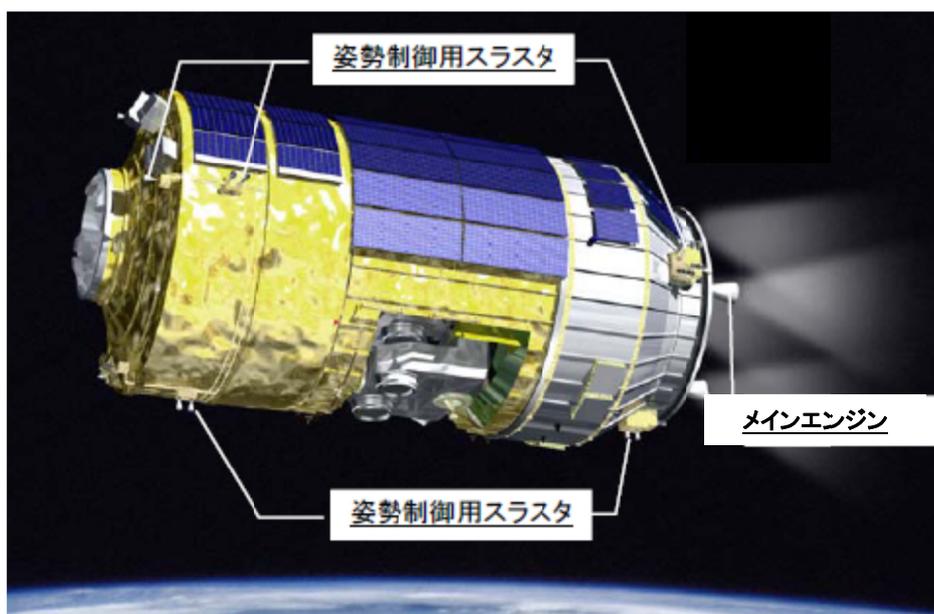


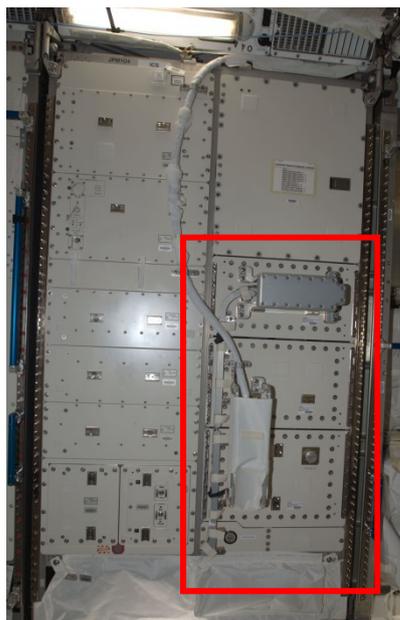
図 A1.5-4 メインエンジンと姿勢制御用スラスタの位置(JAXA)

A1.6 近傍通信システム(PROX)

「こうのとりの」近傍通信システム(Proximity Communication System: PROX)は、「こうのとりの」がISSと通信するための、「こうのとりの」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、「キューボラ」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」船内保管室の天井部に取り付けられています。



「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、「こうのとりの」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。

図 A1.6-1 PROX 通信機器 (JAXA)

PROX通信アンテナは、ISS近傍に接近した「こうのとりの」との直接無線通信に使われます。

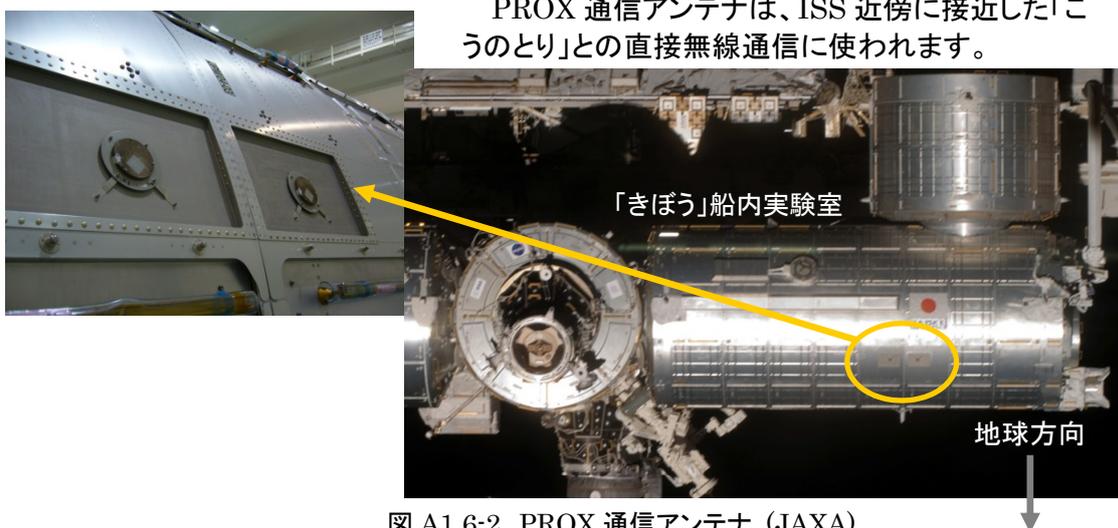


図 A1.6-2 PROX 通信アンテナ (JAXA)

● 搭乗員用コマンドパネル(HCP)



図 A1.6-3 搭乗員用コマンドパネル(HCP) (JAXA)

- 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、「このとり」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)
「このとり」把持のため、「このとり」の制御をオフにする

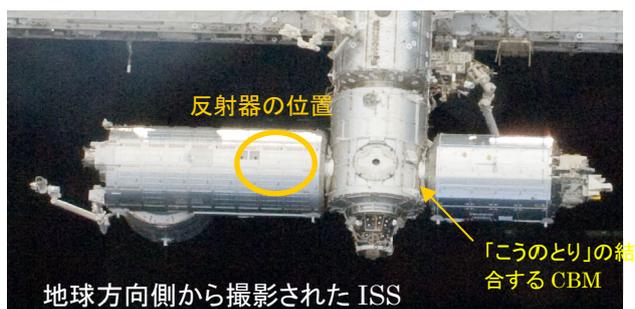
搭乗員用コマンドパネル(Hardware Control Panel: HCP)は、異常時に「このとり」に接近中止コマンドを送信するなど、緊急性の高いコマンドを、ISS クルーが押しボタンで実行できる操作パネルです。HCP は、「このとり」の近傍運用中、ISS のロボットアームのワークステーションに取り付けておきます。

右に示す写真は Space X 社の CCP(Crew Command Panel)です。「このとり」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、「このとり」と同様に HCP が使われます。



図 A1.6-4 Space X 社のドラゴン用の搭乗員用コマンドパネル (CCP)

A1.7 反射器(レーザーダリフレクタ)



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

図 A1.7-1 「きぼう」に設置された「このとり」用の反射器 (JAXA)

A1.8【参考】ISS補給機の比較

補給機	「こののとり」HTV (日本)	Cygnus (米国)	Dragon (米国)	ATV (欧州)	Progress-M/MSS (ロシア)
運用期間	2009年～	2013年～	2012年～	2008～2015年退 役	1978年～
ISSへの補給実績	5回成功/5回	5回成功/6回	8回成功/9回	5回成功/5回	62回成功/64回
総重量	16.5トン	5.3トン/ ^{*1} 増強後6(～7.5)トン	8.7トン	20トン	7.2トン
ISSへの 物資補給能力	6トン	約2トン/ ^{*1} 増強後2.4(～3.5)トン	補給 約2～3トン ^{*2} 回収 約1.5トン ^{*2}	7トン	約2.4トン
船内物資輸送 【ハッチサイズ】	実験ラック(ISPR)等、複数 の大型物資輸送可 【1.3m x 1.3m】	M01ハッチ ^{*3} 程度まで 輸送可 【0.9m x 0.9m】	【1.3m x 1.3m】	トリアルサイズ [*] CTB ^{*4} 程度まで輸送可 【直径0.8m】	トリアルサイズ [*] CTB ^{*4} 程度まで輸送可 【直径0.8m】
船外物資輸送	○ ISS船外バッテリーや、 「きぼう」船外実験装置な どの大型物資輸送可	×	○ (通常500-600kg)	×	×
ISSの軌道変更 ISSへの燃料補給	×	×	×	○	○

^{*1}4号機以降搭載能力を増強(括弧内はアトラスV打上げ時)、^{*2}2)船外物資込みでの補給能力、^{*3}M01ハッチの補給能力、^{*4}トリアルサイズ^{*}CTB(Cargo Transfer Bag):749mm x 425mm x 502mm

付録 2 「こうのとり」(HTV)の運用概要

「こうのとり」ミッションで共通的に行われる運用の概要を以下に示します。

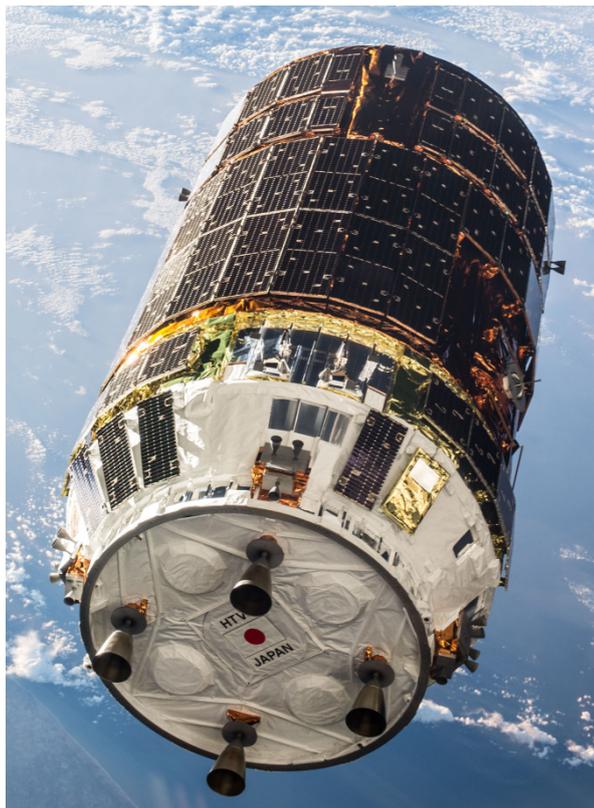
FD1(飛行1日目)の運用	
ミッション概要	
<ul style="list-style-type: none">・ 打上げ／軌道投入・ 自動シーケンスによる軌道投入後の運用(「こうのとり」サブシステムの自動起動、三軸姿勢制御確立、機体の異常点検、「こうのとり」運用管制室との通信接続)・ ランデブ用軌道制御	
● 打上げ／軌道投入	
<p>「こうのとり」は、H-IIB ロケットに搭載されて種子島宇宙センターから打ち上げられます。ISS の軌道面が種子島の上空を通過する時間帯に合わせて打ち上げられるため、打上げ機会は 1 日に 1 回となります。</p>	
	
H-IIB ロケットの機体移動と打上げ (2 号機) (JAXA)	
<p>打上げから約 2 分後に計 4 基の固体ロケットブースタ(SRB-A)が 2 基ずつ分離され、その後フェアリングが分離されます。第 1 段エンジンの燃焼を停止した後、第 1 段が分離されます。その後第 2 段エンジンが始動され、「こうのとり」を高度 200km×300km、軌道傾斜角 51.7 度の所定の楕円軌道に投入します。第 2 段エンジンは打上げの約 14 分後に停止し、打上げから約 15 分後に「こうのとり」を分離します。</p>	
	
フェアリング分離 (JAXA)	第 1 段分離 (JAXA)
	<ul style="list-style-type: none">● 軌道投入後の運用 <p>「こうのとり」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「こうのとり」運用管制室との通信を開始します。</p>
第 2 段分離 (JAXA)	

ランデブ運用

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
約4日かけて高度を徐々に上げながらISSに接近します。



ISSに接近した「こうのとり」4号機 (NASA)

<http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=82bcc47ac89d327a3e1fbcec885452d4>

近傍運用

ミッション概要

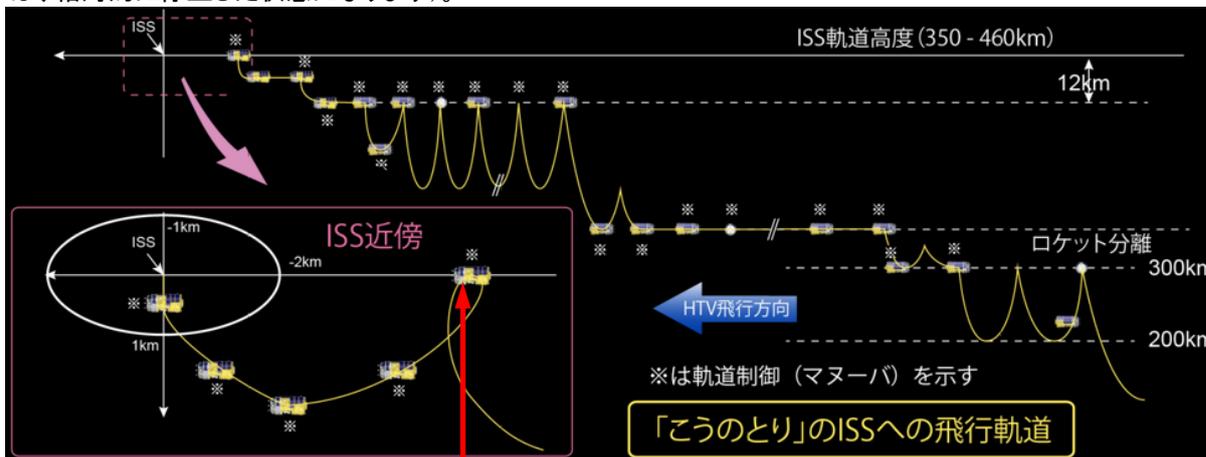
- ・ 近傍運用
- ・ ISSへの最終アプローチ
- ・ ISSのロボットアームによる把持
- ・ ハーモニー(第2結合部)下側の共通結合機構(CBM)への結合
- ・ 結合部の艀装(配線・ケーブル設置等)
- ・ 係留電力系起動、通信経路の切替(電波→有線)など

● 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、「こうのとりの」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 相対航法を用いた軌道制御(マヌーバ)を実施して、ISSの後方約5kmの接近開始点(Approach Initiation: AI)に到達します。

初号機から4号機まではAI地点でISSに対して相対停止を行っていましたが、5号機からは運用効率化のためAI地点を通過して直接ISSへの接近軌道に投入する運用に変更しました。なお、緊急時には従来通りのAI地点で相対停止を行う運用に切り替えることも可能です。

(ISSも「こうのとりの」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)。



「こうのとりの」のISSへの飛行軌道

接近開始点(AI)

(JAXA)

AI 地点に到達する 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「こうのとりの」運用管制室との統合運用が開始されます。「こうのとりの」は、AI 地点に到達する 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。

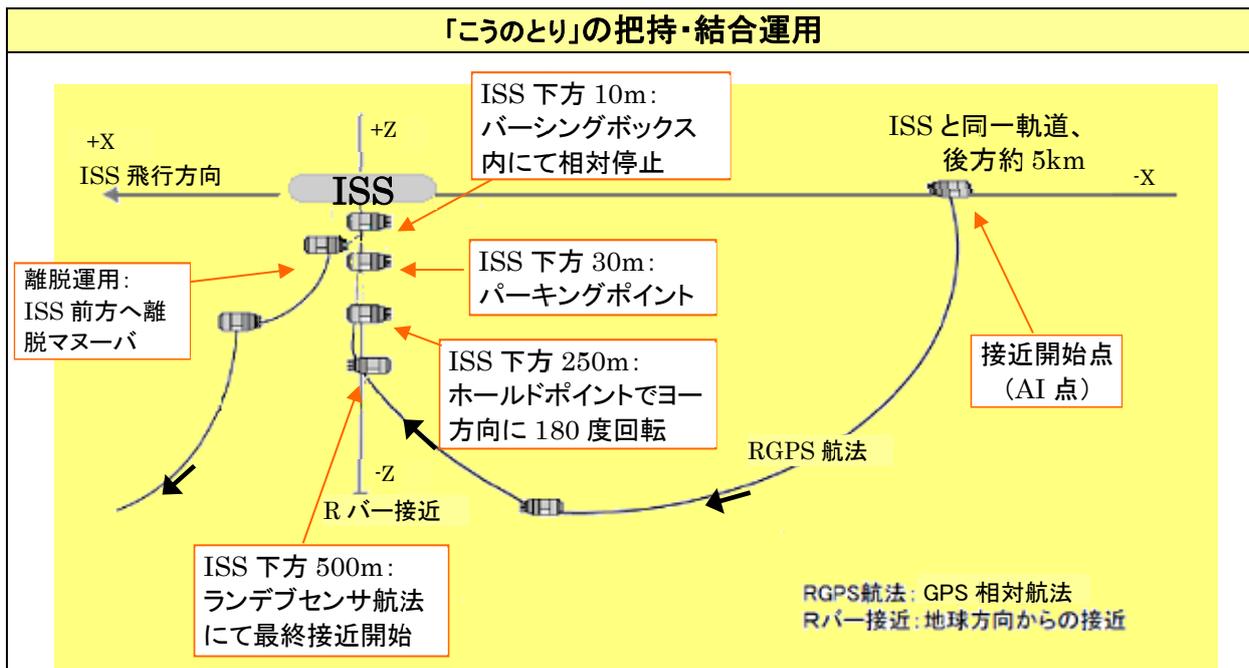
● ISSへの最終アプローチ(次ページの図参照)

AI 地点到達前に ISS ミッションコントロールセンターから接近許可を得て、「こうのとりの」は AI 地点到達後に連続して AI 軌道制御(マヌーバ)を実施します。

「こうのとりの」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(レーザレダリフレクタ)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。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、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して「こうのとりの」を制御することができます。

なお「こうのとりの」は、ISS 下方 250m 地点で、ヨ一方向(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「こうのとりの」をISSの前方に退避させるために実施するものです。



(JAXA)

- ISSのロボットアームによる把持
 「このとり」運用管制室は、「このとり」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、「このとり」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「このとり」のグラプルフィクスチャ(FRGF)を把持します。



「このとり」の把持(4号機) (NASA/JAXA) FRGF (NASA)

- 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「このとり」は、「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。

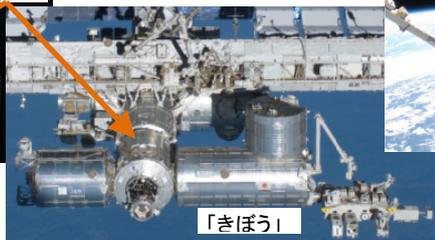
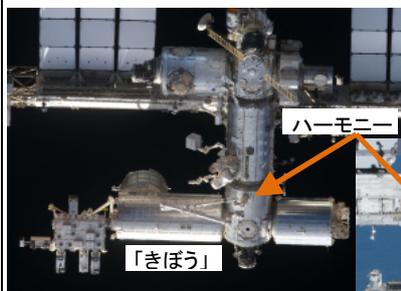


写真: NASA

「こうのとりの」の把持・結合運用(続き)



「こうのとりの」を把持する際に使われるキューポラのロボットアーム操作卓(4号機到着前の軌道上訓練)
(NASA 提供)



ISS へ結合した「こうのとりの」3号機 (NASA 提供)

<https://www.flickr.com/photos/nasa2explore/9397024654/>

「こうのとりの」(HTV)入室運用

ミッション概要

- ・ 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「こうのとりの」船内への移設

● 補給キャリア与圧部への入室

入室前の準備として、ISSクルーは結合部の艀装(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。ISSに結合中は、ISSから「こうのとりの」に電力が供給されます。

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ハッチを開けた時の様子(5号機)(JAXA)

<http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=e1189d1c788266aaf58ffda0130f58ce>

「こうのとりの」入室～「こうのとりの」分離前までの運用

ミッション概要

- ・ 「こうのとりの」からISSへの物資の搬入作業
- ・ 搬入終了後の「こうのとりの」への廃棄品の積み込み作業

- 「こうのとりの」からISSへの物資の搬入作業
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。



ハッチを開ける星出宇宙飛行士(JAXA/NASA)

<http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=b94148cb773e1bebf30b1f5488a96cb7>



食料、生活用品、実験用品などを梱包したCTB



左:4号機入室時の写真(NASA)、右:3号機入室時の様子、星出宇宙飛行士がマスクとゴーグルを装着して内部を点検(NASA/JAXA)

<http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=d6c39cefb92f51a95b2823f2bed5c622>

<http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=cfb32325857e9b4e076699ee4c6afae>



- 搬入終了後の「こうのとりの」への廃棄品の積み込み作業
→「「こうのとりの」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。

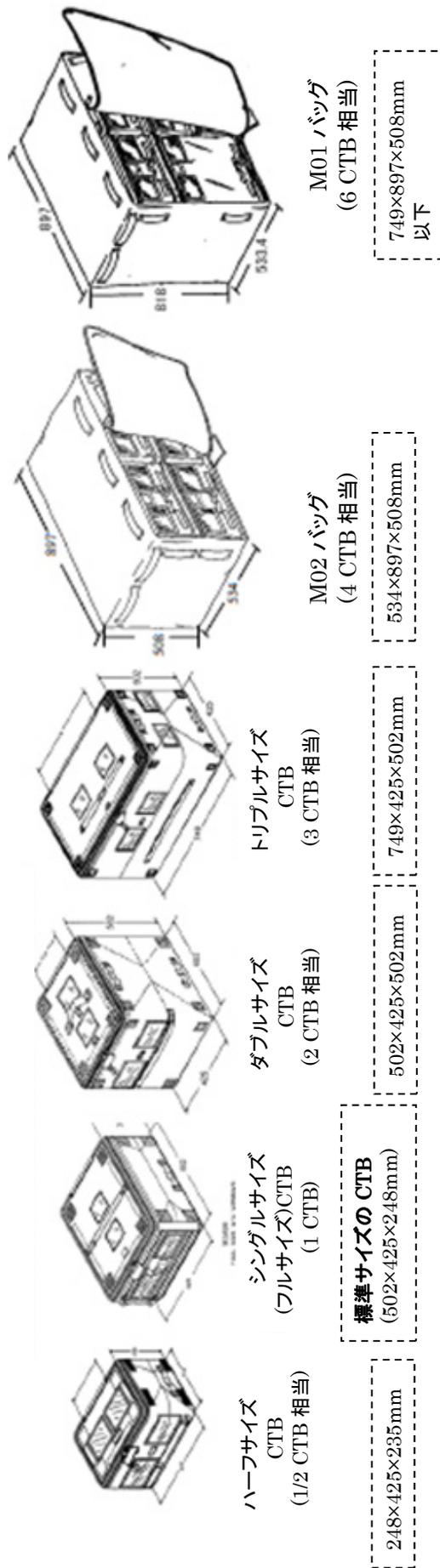


図 A2-1 【参考】 ISS への輸送に使われている物資輸送用バッグ(CTB)の各種サイズ (NASA/JAXA)

【飲料水の輸送】

「このとり」による飲料水の輸送は2号機で初めて行われました。6号機では4回目の輸送を行います。水バッグ(Contingency Water Container-Iodine: CWC-I:容量20リットル)は、2号機の4袋(80リットル)、4号機の24袋(480リットル)からさらに増えて5,6号機では30袋(600リットル)を運搬します。これは宇宙飛行士3人の4ヶ月分を満たせる量です。

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ています。

「こうのとりの6号機」プレスキット（付録）



図 A2-2 飲料水を充填した水バッグ(CWC-I)と梱包材(右下:5号機、残りは6号機)(JAXA)
(左下の写真で紫色のラベルがつけられた袋が水バッグで、周りは梱包材です)

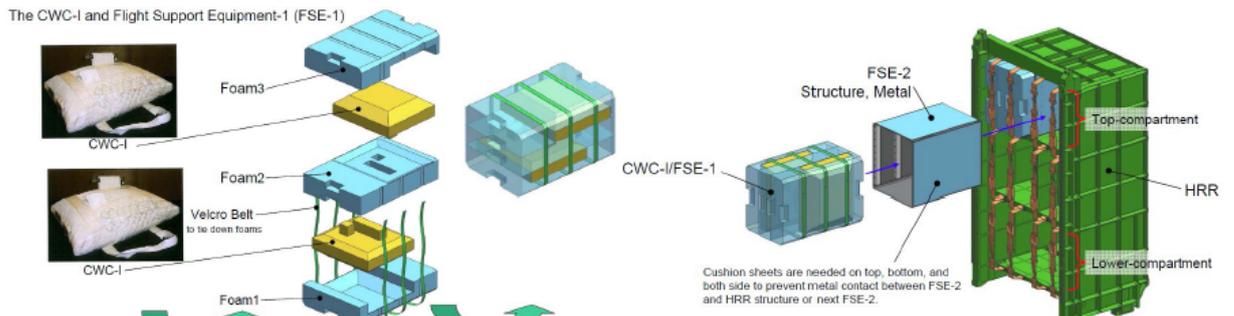


図 A2-3 飲料水の搭載イメージ (JAXA)

曝露パレットの移動運用

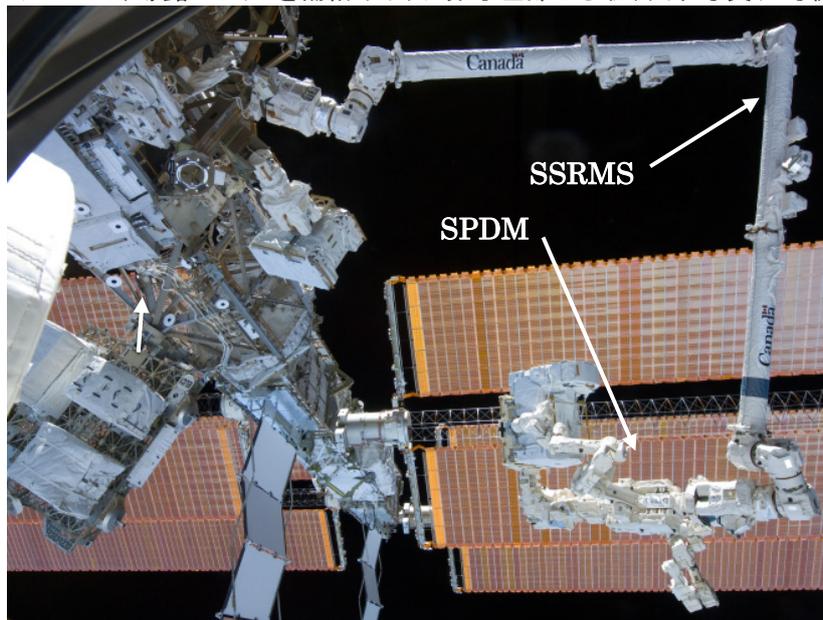
ミッション概要

- 補給キャリア非与圧部からの曝露パレットの引き出し／ISSトラスへの仮置き

- 補給キャリア非与圧部からの曝露パレットの引き出し／ISSトラスへの仮置き
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、バッテリーの交換場所近くのトラスに仮置きされます。



ISSのロボットアームで、曝露パレットを補給キャリア非与圧部から取り出す写真(3号機) (NASA)



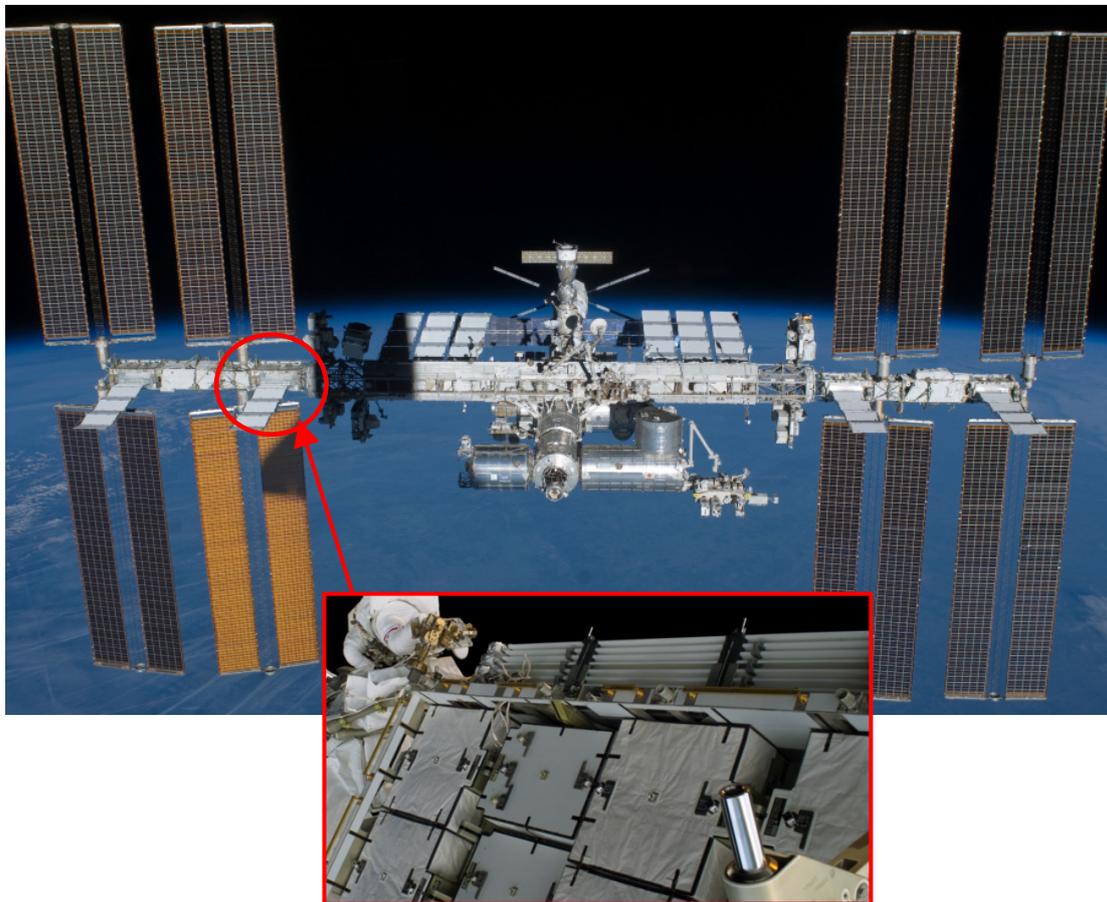
SPDM「デクスター」を使って米国の船外物資を運搬する様子
(HTV2で運搬したFHRCの移動)

SPDM「デクスター」とロボティクス運用

ミッション概要

- ・ 「こうのとりの」の曝露パレットに搭載して運んだ装置を設置場所に移設

- 「こうのとりの」の曝露パレットに搭載してJAXAの実験装置(あるいは「きぼう」の曝露部に設置するNASAの実験装置)を輸送した場合は、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の実験装置やバッテリーなどのシステム予備品を運んだ場合は、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トラス上の保管場所に輸送・設置します。
- この時のJEMRMS運用とSPDM運用は地上からの操作で行われます(JEMRMSを地上から操縦して実験装置を移動するのは3号機のミッション時から導入)。
地上では、NASA、カナダ(ISSロボットアームの制御)、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。



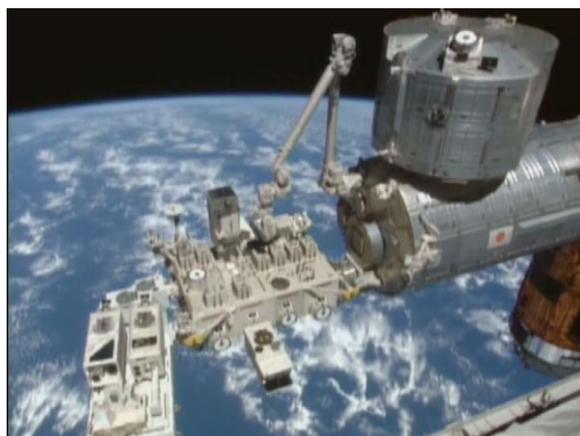
今回交換を行う S4 トラスのバッテリーの位置 (NASA)

曝露パレットの回収運用

ミッション概要

- ・ 補給キャリア非与圧部への曝露パレットの収納

- 補給キャリア非与圧部への曝露パレットの収納
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(または廃棄装置を搭載した)曝露パレットは補給キャリア非与圧部へ ISS のロボットアーム(Space Station Remote Manipulator System: SSRMS)を使って戻されます。



船外プラットフォーム先端に仮置きされ、廃棄物の搭載を終えた曝露パレット(5号機)(JAXA)



補給キャリア非与圧部に収納される曝露パレット(3号機)(NASA)

<https://www.flickr.com/photos/nasa2explore/9397290408/>

「こうのとりの」への廃棄品の積み込み運用

ミッション概要

- ISSから「こうのとりの」への廃棄品の積み込み

- ISSから「こうのとりの」への廃棄品の積み込み
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「こうのとりの」で廃棄するために「こうのとりの」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。



廃棄品が積み込まれた様子 (2号機) (JAXA/NASA)

<http://iss.jaxa.jp/library/photo/iss027e008111.php>

ISS 分離前日の運用

ミッション概要

- ・ 「こうのとりの」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))
- ・ 「こうのとりの」のハッチ閉鎖

- 「こうのとりの」の分離準備
 「こうのとりの」の分離に先立ち、「こうのとりの」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「こうのとりの」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。「こうのとりの」運用管制室からのコマンドにより「こうのとりの」は内部電源への切替えなどが行われます。



左: 消火器 (PFE) (NASA)

右: 可搬式酸素マスク (PBA) (NASA)



- 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。



4 つある四角い箱が CPA

(写真は NASA 提供)

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
- ・ 「こうのとりの」の分離

● 「こうのとりの」のISSからの分離

「こうのとりの」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「こうのとりの」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「こうのとりの」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



4号機(左)、5号機(右)の放出 (NASA)

<http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=ee76aa85ec9eeaf2fde1b183e2bbe8f>

<http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=68130cdcd2d8d1adfa57f777bcfb41f4>

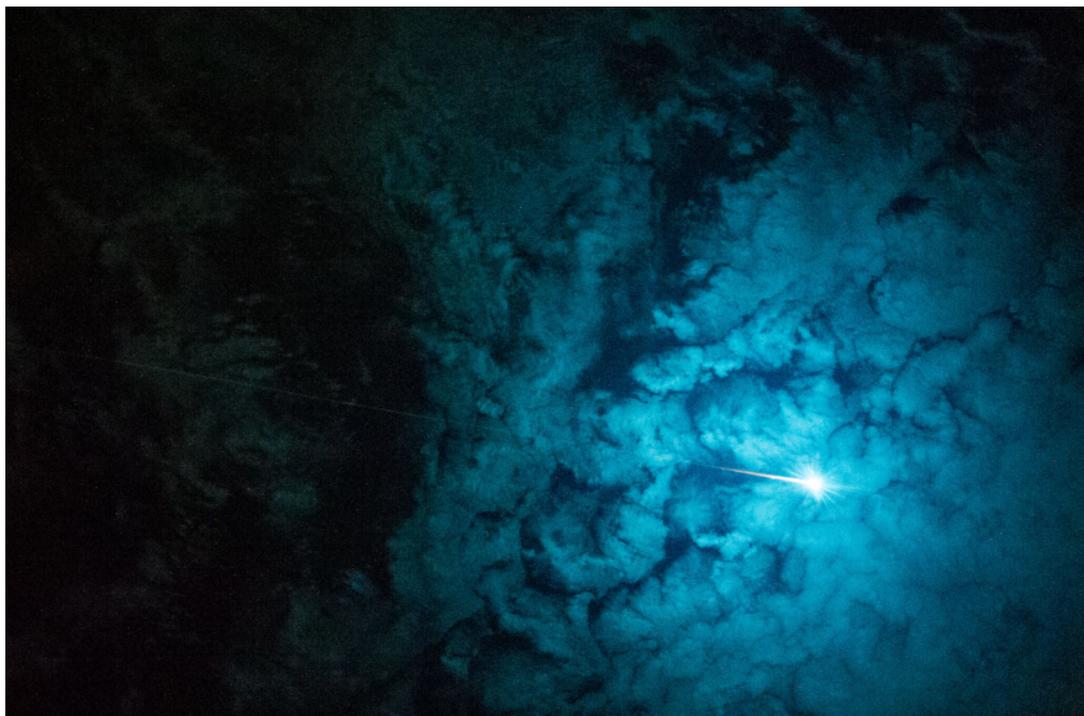
再突入運用

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噴射を実施し、大気圏に再突入します。



ISS から撮影した 4 号機が再突入する様子 (NASA)

<http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=8101e1fa719d8ad941c4a82ba987d124>

ISS から離脱した「こうのとり」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。「こうのとり」の着水予定区域は南太平洋であり、ここはミールや欧州補給機(ATV)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際には、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。

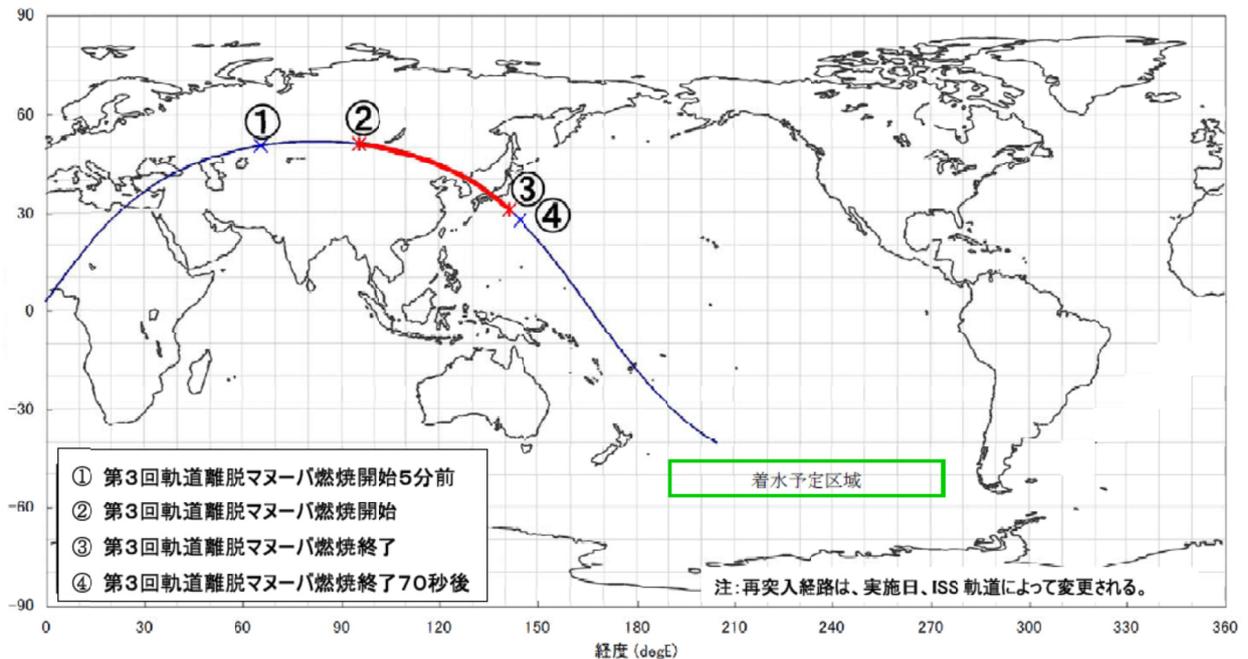


図 A2-4 「こうのとり」を再突入・廃棄する予定域 (宇宙開発委員会)

【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

「こうのとりの」運用管制

「こうのとりの」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「こうのとりの」運用管制室との通信を開始します。

その後の「こうのとりの」の運用・制御は、「こうのとりの」運用管制室により行われます。「こうのとりの」運用管制室は、「こうのとりの」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「こうのとりの」の軌道調整や、サブシステム類の制御を行います。

「こうのとりの」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「こうのとりの」運用管制室との統合運用が開始されます。

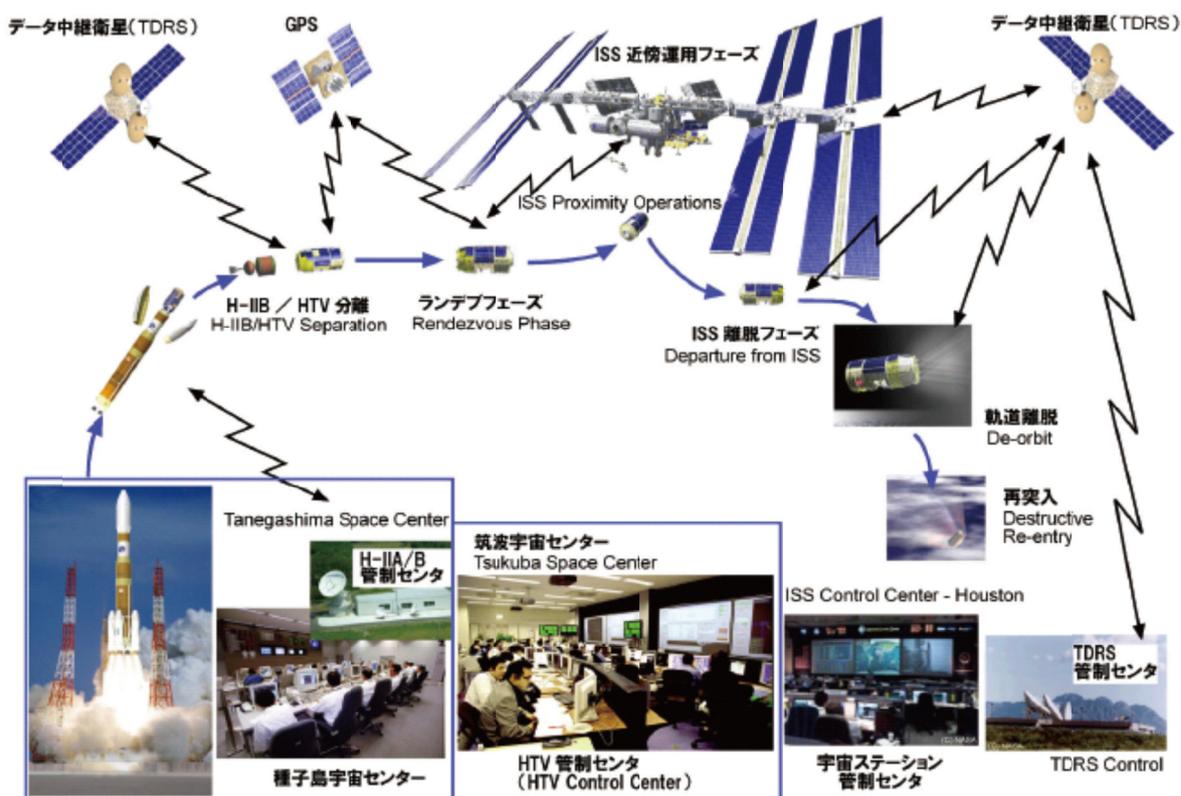


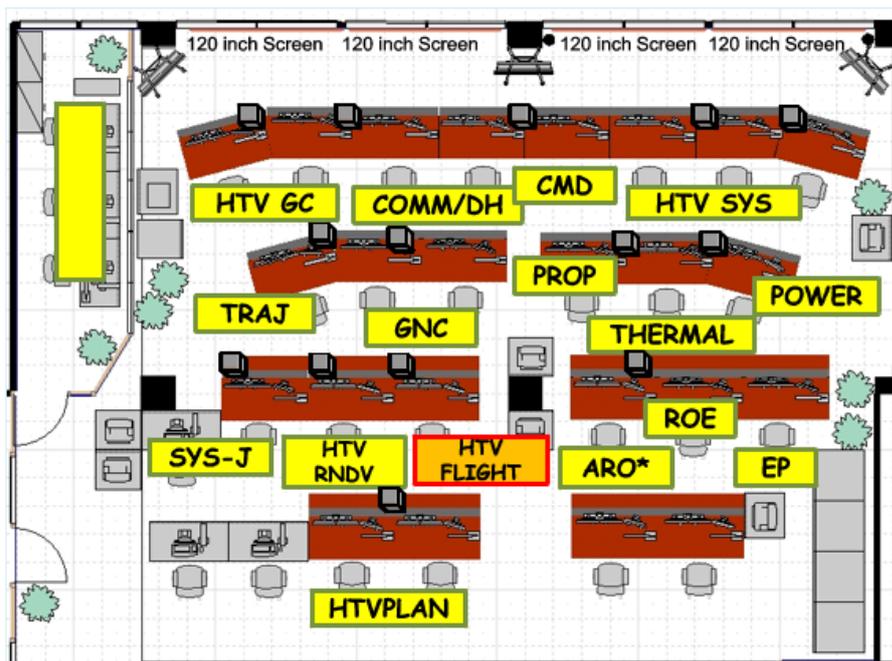
図 A2-5 「こうのとりの」の運用管制概要 (JAXA)

国際宇宙ステーション(ISS)搭乗員



図 A2-6 「こののとおり」(HTV)運用時の NASA との協調運用イメージ(把持運用時)(JAXA)

「このとり」6号機プレスキット（付録）



- **HTV FLIGHT** 管制チームを統括し、「このとり」運用全体の最終決定を行う。
- **HTVSYS** 「このとり」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** 運用で使用する設備及びネットワークの管理を行う。
- **HTVPLAN** 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** 運用手順の進行管理を行うことでHTV FLIGHTをサポートする。
- **HTV RNDV** 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** 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** 「このとり」の軌道制御(マヌーバ)状況をモニタし、技術判断を行う。
- **POWER** 電力系の状況をモニタし、技術判断を行う。
- **THERMAL** 熱・環境制御系の状況をモニタし、技術判断を行う。
- **COMM/DH** 通信データ処理系の状況をモニタし、技術判断を行う。
- **PROP** 推進系の状況をモニタし、技術判断を行う。
- **EP** 曝露パレット / 非与圧キャリアの状況をモニタし、技術判断を行う。
- **ROE** 再突入計画の独立評価、再突入状況の独立評価を行う。
- **ARO** NASA メンバー。筑波の管制室においてNASAとの連絡を担う。

図 A2-7 「このとり」運用管制室(左)、「このとり」運用管制チームの構成・役割(右)
(JAXA)

付録3 「こうのとりのり」／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)
AMS	Alpha Magnetic Spectrometer	アルファ磁気スペクトロメータ
AQH	Aquatic Habitat	(JAXA)水棲生物実験装置
ATOTIE-mini	Advanced Technology On-orbit Test Instrument for space Environment - mini	HTV4 で搭載した表面電位センサ
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)
CATS	Cloud-Aerosol Transport System	(NASA の船外実験装置)
CBEF	Cell Biology Experiment Facility	細胞培養装置
CBM	Common Berthing Mechanism	共通結合機構
CCE	Chamber for Combustion Experiment	(JAXA)燃焼実験チャンバ
CDRA	Carbon Dioxide Removal Assembly	(NASA)二酸化炭素除去装置
CFU	Colony Forming Unit	コロニー形成単位
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)
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)
ECLSS	Environmental Control and Life Support System	環境制御・生命維持システム
EDT	Electrodynamic Tether	導電性テザー
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
EHR	End-mass Hold and Release mechanism	(KITE)エンドマス保持・放出機構
ELC	EXPRESS Logistics Carrier	(NASA)エクスプレス補給キャリア

「このとり」6号機プレスキット（付録）

略語	英名称	和名称
ELF	Electrostatic Levitation Furnace	静電浮遊炉
EMC	Electro-Magnetic Compatibility	電磁適合性
EP	Exposed Pallet	曝露パレット(HTV)
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)
ESP-2	External Stowage Platform-2	船外保管プラットフォーム 2(ISS)
ExHAM	Exposed Experiment Handrail 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
FEC	Field Emission Cathode	(KITE)電界放出型電子源
FHRC	Flex Hose Rotary Coupler	(NASA)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
FROST	Freezer-Refrigerator of Stirling Cycle	JEM 搭載用ポータブル冷凍・冷蔵庫
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
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
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)

「こうのとりの6号機」プレスキット（付録）

略語	英名称	和名称
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	JEM-EFU カーゴ把持機構 (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	(NASA)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「こうのとりの」
HTV OCS	HTV Operations Control System	HTV 運用管制システム
i-Ball	—	再突入データ収集装置
ICE Box	ISS Cryogenic Experiment Storage Box	JEM 輸送用保冷ボックス
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
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
J-SSOD	JEM Small Satellite Orbital Deployer	小型衛星放出機構
JST	Japanese Standard Time	日本標準時
KASPER	KOUNOTORI Advanced Space Environment Research equipment	(HTV5)宇宙環境観測装置
KITE	Kounotori Integrated Tether Experiment	(HTV6)導電性テザー実証実験
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)

「このとり」6号機プレスキット（付録）

略語	英名称	和名称
LP-POM	Large Plasma current probe and Potential Monitor	(KITE)静電プローブ機能付き帯電電位モニタ
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X線監視装置
MBS	Mobil Base System	モバイル・ベース・システム(ISS)
MBSU	Main Bus Switching Unit	ISS 電力システム切り替え装置
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
MHU	Mouse Habitat Unit	小動物飼育装置
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	一酸化窒素添加四酸化二窒素(酸化剤)
MPEP	Multi-purpose Experiment Platform	親アーム先端取付型 実験プラットフォーム
MSPR	Multi-purpose Small Payload Rack	(JAXA)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)
MUSES	Multi-User System for Earth Sensing	
nadir	—	天底
NASA	National Aeronautics and Space Administration	米国航空宇宙局
NET	No Earlier Than	～以降
NREP	NanoRacks External Platform	米ナノラックス社の船外プラットフォーム
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
PADLES	Passive Dosimeter for Lifescience Experiments in Space	(JAXA)受動積算型宇宙放射線量計
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
PCU	Plasma Contactor Unit	プラズマコンタクタユニット(ISS)
PDB	Power Distribution Box	分電箱

「こうのとりのり」6号機プレスキット（付録）

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 Maneuver	位相調整軌道制御(マヌーバ)
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
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
PS-TEPC	Position Sensitive Tissue Equivalent Proportional Chamber	宇宙放射線のリアルタイムモニタ装置
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)
RGPS	Relative Global Positioning System	GPS 相対航法
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)
SAFER	Simplified Aid for	船外活動時のセルフレスキュー用推進装置
SARJ	Solar Array Rotary Joint	太陽電池パドル回転機構(ISS)
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 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

「こうのとり」6号機プレスキット（付録）

略語	英名称	和名称
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)
SFINKS	Solar cell Film array sheet for Next generation on KOUNOTORI Six	「こうのとり」6号機搭載宇宙用薄膜太陽電池フィルムアレイシートモジュール
SIGI	Space Integrated GPS/INS(Inertial Navigation System)	宇宙用GPS/INS (GPS/慣性航法システム)
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
STP-H	Space Test Program-Houston	(米国の船外実験装置)
TCM	Tether Cutting Mechanism	(KITE)テザー切断機構
TDRS	Tracking and Data Relay Satellite	追跡・データ中継衛星(NASA)
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
TPF	Two Phase Flow	沸騰二層流体ループ装置
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
UTA	Utility Transfer Assembly	ISS電力システム通信機器
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
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

