

宇宙ステーション補給機
「こうのとり」8号機 (HTV8)
【ミッションプレスキット】



2019年8月30日 B改訂版

2019年7月17日 A改訂版

2019年7月12日 初版

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構

改訂履歴 (1/5)

訂符	日付	改訂ページ	改訂理由
初版	2019.7.12	-	-
A版	2019.7.17	1-5	(1) 船外物資輸送に関する詳細情報の参照先を修正 (5.2項→4.2項)
		1-7	新型ラックによる船内用補給物資輸送能力の増強 2ポツ目 ・「搭載用ラック (図1-4) を採用し～」:「～を採用することで、6号機の248個から～」へ修正
		2-1	開設前のため、JAXAホームページ (fanfun.jaxa.jp) のリンクを削除
		3-2	打ち上げ後、「4～5日目」を「3～4日後」に修正
		4-1	図4-1 Hourglassの画像をより分かりやすい図に差し替え
		4-2	表4-1 「主な船内物資」の修正 ・ JAXA : 食料・生活用品の削除 ・ NASA : 食料・生活用品に「生鮮食品※」、 「※」の追記
		4-9	【ここがポイント!】1ポツ目の括弧 (2018年5月現在～開発しているところです。) を削除
		4-10	「途上国の宇宙技術力の向上に貢献」の見直し ・ 2015年より3年間にわたり～ : <u>2015年度より、国際宇宙～</u> ・ 2018年に協力を～ : <u>2021年まで延長することが～ (募集期間2019年3月～)</u> ・ 募集サイトのURLを追記
4-13	記述の見直し ・ Hourglassは「きぼう」～ : <u>「きぼう」日本実験棟のみが有する人工重力発生機～</u> ・ 人工重力発生機上に惑星の～ : <u>CBEF上に惑星の～</u> ・ 【実験環境】の重複文の削除		
4-17	静電浮遊炉 (ELF) の英語名称を追加		

改訂履歴 (2/5)

訂符	日付	改訂ページ	改訂理由
A版	2019.7.17	4-22	<p>※各リチウムイオンバッテリーの重量について、「約」を追加</p> <ul style="list-style-type: none"> リチウムイオンバッテリーの重量：195kg → 約195kg アダプタプレートの重量：29kg → 約29kg ニッケル水素電池：165.5kg → 約165.5kg 2台分の重量：330kg → 約330kg
		4-23	図4.2-6 の削除
		4-24	<p>P4-23 図4.2-6の削除に伴い、図番号の修正</p> <ul style="list-style-type: none"> 図4.2-7 → 図4.2-6 図4.2-8 → 図4.2-7 図4.2-7 URLを移行先の新URLに修正
		5-3	<p>(1) 軌道 (LEO) 利用の民間事業化の促進 2ポツ目</p> <p>「さらに、2019年3月に～」を追記</p>
		付録1-1	図A1-1 「共通結合機構 (CBM)」の文字が図に被っていたため、修正
		付録1-3	<p>表A1-2 「こうのとり」ミッションの実績値の修正</p> <ul style="list-style-type: none"> 3号機 <ul style="list-style-type: none"> ISS滞在期間「49日間」から「47日間」へ修正 4号機 <ul style="list-style-type: none"> ミッション期間の「計画35日」を削除 6号機 <ul style="list-style-type: none"> 船内物資「4.3」トンから「3.9」トンへ修正 合計「6.2」トンから「5.9」トンへ修正 ランデブ飛行期間「4日間」から「5日間」へ修正 ISS滞在期間「42日間」から「44日間」へ修正 7号機 <ul style="list-style-type: none"> 船内物資「3.9」トンから「4.3」トンへ修正 合計「5.9」トンから「6.2」トンへ修正 ISS滞在期間「44日間」から「41日間」へ修正

改訂履歴 (3/5)

訂符	日付	改訂ページ	改訂理由
A版	2019.7.17	付録1-5	図A1.1-3のラック写真をHTV8号機へ差し替えおよび本文の見直し
		付録1-5、2-15、2-16	ハイパーリンクの設定修正 (URLは変更なし)
		付録1-11、3-4	「こうのとりの」8号機から、HTVバーシングカメラシステム(HBCS)をJAXAバーシングカメラシステム(JBCS)に置き換えたため、説明を追記し、略語集にもJBCSを追記
		付録1-13	表A1.4-1 より正確な記述となるよう以下の下線部を追記または修正 <ul style="list-style-type: none"> 航法誘導制御系：～ISSとの相対位置誤差を～ 通信系：～確立し、宇宙飛行士がISSとの通信回線を接続するまで使用。 電力系：バッテリーは1次電池～(6号機に続いて7号機でも～)の括弧内を削除 太陽電池：非与圧部の外壁：20枚
		付録1-18	A1.8 より正確な記述となるよう表中の以下の下線部を追記 「Cygnus」の列「ISSの軌道変更、ISSへの燃料補給」欄：△/×(実証実験段階)
		付録2-2、2-11、2-13	概要欄上段(黄色部分)に記載されていた“ミッション概要”の記述を、他のページと記載を統一し削除。
		付録2-2	写真のURLを移行先の新URLに修正
B版	2019.8.30	全般	著作権、出典を明記
		表紙、1-1、1-3	表紙、図1-1、図1-3の機体写真を鮮明な写真へ差し替え
		1-4	スタートラッカの取付け位置についてより分かり易くなる様に記述の見直し
		1-5	図1-4(左)国際標準実験ラックの写真を鮮明な写真へ差し替え

改訂履歴 (4/5)

訂符	日付	改訂ページ	改訂理由
B版	2019.8.30	1-6	図1-5 バッテリーの写真を差し替え
		1-7	文章中の図番号を適切な番号に修正 ・ 図1-4 → 図1-6
		1-8	図1-7をより鮮明な図に修正
		1-9、4-23	バッテリーの単位を、「台」に統一 ・ 24個 → 24台 ・ 6式 → 6台
		2-1	・ 表2-1 「このとり」8号機の打ち上げ/飛行計画の概要を追記 ・ H-IIBロケットプロジェクトページURLの追記
		3-1	表3-1 「このとり」8号機運用スケジュールを追記
		3-2	「3～4日」を「4日」に修正
		4-1	輸送物資量についてレイトカーゴの最新値（最終値）を反映 約5.4 トン（船内物資約3.5トン、船外物資約1.9 トン） → 約5.3トン（船内物資約3.4トン、船外物資約1.9 トン）
		4-1、4-7	図4-1、図4.1.1-1 CBEF-Lの写真を鮮明な写真へ差し替え
		4-2、4-8、4-11	装置名称の修正 超小型衛星放出機構を小型衛星放出機構
		4-2、4-12	装置名称の修正 小型衛星光通信システムを小型衛星光通信実験装置
		4-3	図4-2をより鮮明な図に修正
		4-4	図4.1-2 船内物資の搭載例（HTV補給ラック（HRR））の写真を鮮明な写真へ差し替え
		4-7	図4.1.1-1 Configuration1～3の図を鮮明な図へ差し替え
		4-8	文中時制の記述を修正 「ISSに輸送しました。」 → 「ISSに輸送します。」
		4-16	図4.1.1-8 実験用ガスボトルの写真を鮮明な写真へ差し替え
4-19	図4.1.3-1 NORSTANKの画像を追加		

改訂履歴 (5/5)

訂符	日付	改訂ページ	改訂理由
B版	2019.8.30	4-23	記述を統一 「EVA」 → 「船外活動」
		5-1	図5-1の【参考】を出典に変更
		5-2	図5-2の出典を明記
		付録1-12	図A1.4-2の写真を鮮明な写真へ差し替え
		付録1-13	表A1.4-1 より正確な記述となるよう以下の下線部を追記または修正 <ul style="list-style-type: none"> 航法誘導制御系：～地球センサ(7号機まで)/スタートラッカ(8号機以降)～ 太陽電池：6号機以降 48枚
		付録1-16	図A1.6-1、図A1.6-2の写真を鮮明な写真へ差し替え
		付録1-18	A1.8 <ul style="list-style-type: none"> Cygnus、ATV、Progressの写真を鮮明な写真へ差し替え Dragon、ProgressのISSへの補給実績を修正
		付録2-4	FRGFの写真を鮮明な写真へ差し替え
		付録2-5	結合直前の写真（右上）の削除
		付録2-8	図A2-1の図を鮮明な図へ差し替え
		付録2-11	廃棄するISSバッテリーについての記述を追記
		付録2-17	左上「国際宇宙ステーション（ISS）搭乗員」、左下「NASA ISSミッション管制センター（ヒューストン）」の写真を鮮明な写真へ差し替え

「こうのとりの」8号機では将来の宇宙探査技術を試したり宇宙利用を拡大するための機器などを運び、信頼性の高い輸送でISS運用の根幹を支えています。

■ 将来の宇宙探査につながる技術を実証するための機器を運びます。

- ✓ 将来の宇宙探査に向けた「きぼう」日本実験棟での技術実証として、地球低軌道において将来の宇宙探査の実現に向けた技術実証を行うための各種実験装置を宇宙ステーションへ輸送します。(4.1.1(1)(3)(4)項参照)

■ 低軌道利用による宇宙利用の発展と産業振興に貢献します。

- ✓ 「きぼう」のみが実現可能なISSからの超小型衛星の放出は、その利便性の高さから利用者からのニーズが非常に高く、低軌道利用の拡大による我が国の宇宙開発利用の発展と産業振興に貢献しています。(4.1.1(2)項参照)

■ ISS運用の根幹を支える物資を輸送します。

- ✓ 「こうのとりの」8号機では、これまで同様、宇宙飛行士の長期滞在に必要な食料、生活物資(4.1.2項)や窒素/酸素、飲料水(4.1.3項)といった物資に加え、「こうのとりの」6号機より始めたISSの運用維持に必要な不可欠な日本の技術が使われたISSバッテリー(4.2項)を輸送します。

目次

1. 「こうのとりの」概要	1-1
2. 「こうのとりの」8号機ミッションの打ち上げ/飛行計画概要.....	2-1
3. 「こうのとりの」8号機運用スケジュール.....	3-1
4. 「こうのとりの」8号機が運ぶ物資.....	4-1
4.1 補給キャリア与圧部搭載品（船内物資）	4-4
4.1.1 実験装置等	4-6
4.1.2 食料・生活用品関連品	4-18
4.1.3 NASA システム搭載品	4-19
4.2 補給キャリア非与圧部搭載品（船外物資）	4-20
5. 新型宇宙ステーション補給機（HTV-X）の開発 ～ 地球低軌道（LEO）の利用 ～	5-1
付録 1「こうのとりの」の構成	付録 1- 1
A1.1 補給キャリア与圧部(PLC)	付録 1- 4
A1.2 補給キャリア非与圧部(ULC)	付録 1- 6
A1.3 曝露パレット(EP)	付録 1- 8
A1.4 電気モジュール(AM).....	付録 1-12
A1.5 推進モジュール(PM)	付録 1-14
A1.6 近傍通信システム(PROX).....	付録 1-16
A1.7 反射器(レーザーダリフレクタ)	付録 1-17
A1.8 【参考】ISS 補給機の比較.....	付録 1-18
付録 2「こうのとりの」(HTV)の運用概要	付録 2- 1
付録 3「こうのとりの」/ISS 関連略語集.....	付録 3- 1

1. 「こうのとり」概要

宇宙ステーション補給機「こうのとり」(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、日本が開発した世界最大の補給能力を誇る無人の物資補給船で、今回が **8機目の打ち上げ**になります。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。「こうのとり」の構成や仕様等、詳細は付録1をご参照下さい。

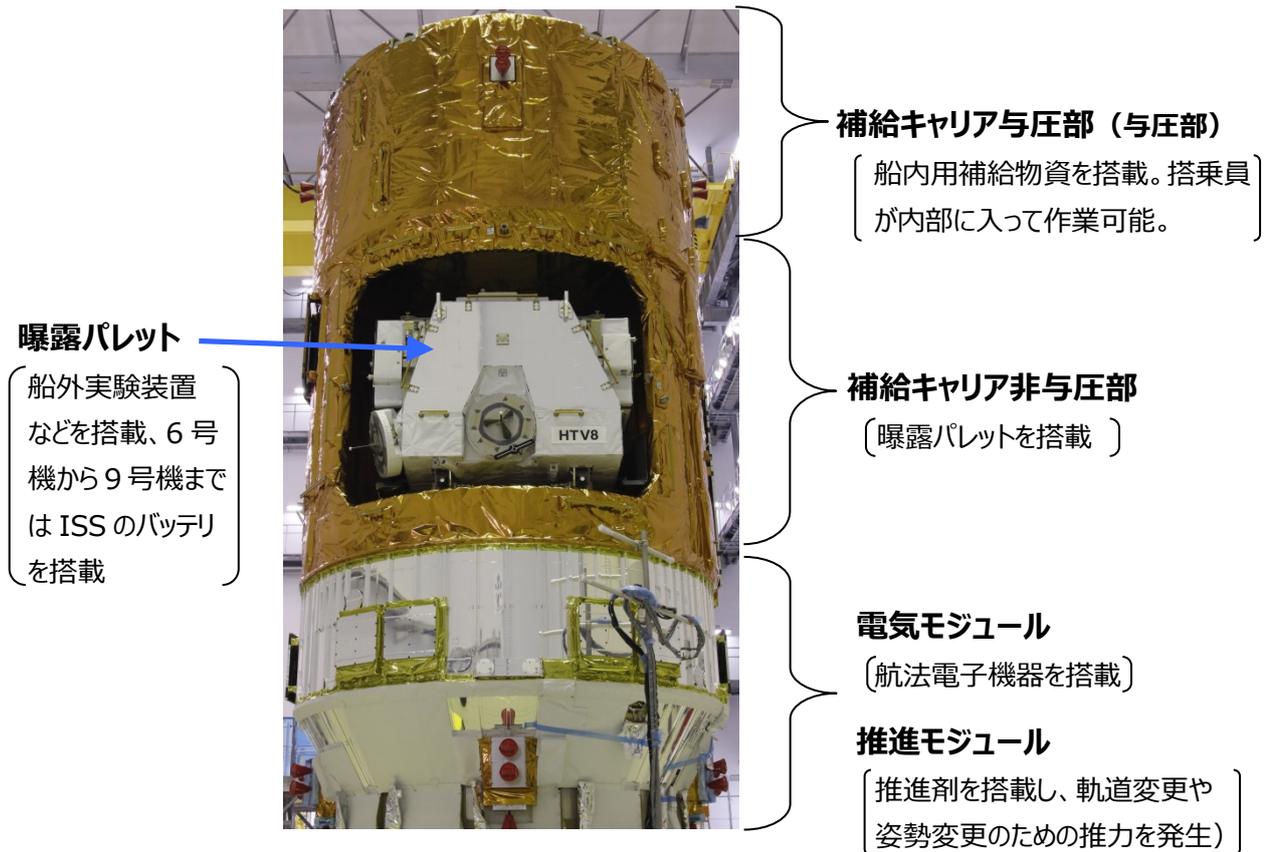


図 1-1 「こうのとり」の構成 ©JAXA

<http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=6b1814545fc39b5ce17ee3b5bb91eb89>

「こうのとり」は、ISSに接近した後、ISSのロボットアーム（Space Station Remote Manipulator System: SSRMS）で把持（キャプチャ）され、その後 SSRMS を使って「ハーモニー」（第2結合部）の下側（地球方向側）に取り付けられます。

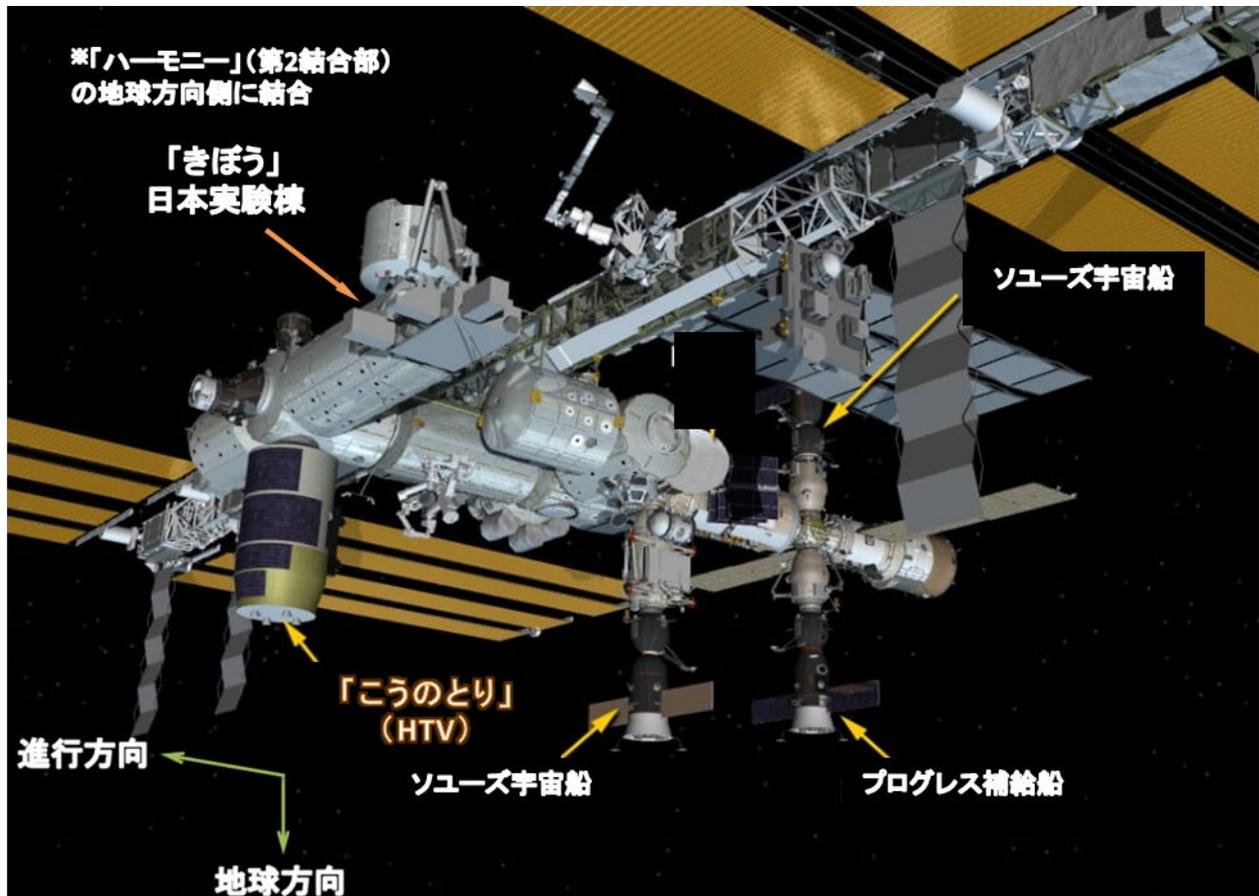


図 1-2 「こうのとり」の結合場所 ©JAXA/NASA

(注：ミッションによっては米露の補給機等の結合場所は変わります)

【参考】<https://blogs.nasa.gov/spacestation/2018/09/27/japans-kounotori-spaceship-attached-to-station/>

「こうのとり」8号機について～姿勢制御センサの変更～

「こうのとり」7号機までは、姿勢決定のために地球のエッジ(縁)を検出する「地球センサ」を用いていましたが、星の配置をもとに制御する「スタートラッカ（恒星センサ）」に変更します。

スタートラッカは、現在運用中の多くの人工衛星で一般的に使用されている姿勢決定用センサで、地球センサに比べて高精度な姿勢決定が可能です。

なお、スタートラッカは地球ではなく恒星データを使用するため、地球から離れたところでの飛行においても姿勢制御が可能となるため、現在開発中の新型宇宙ステーション補給機（HTV-X）にも使用されます。

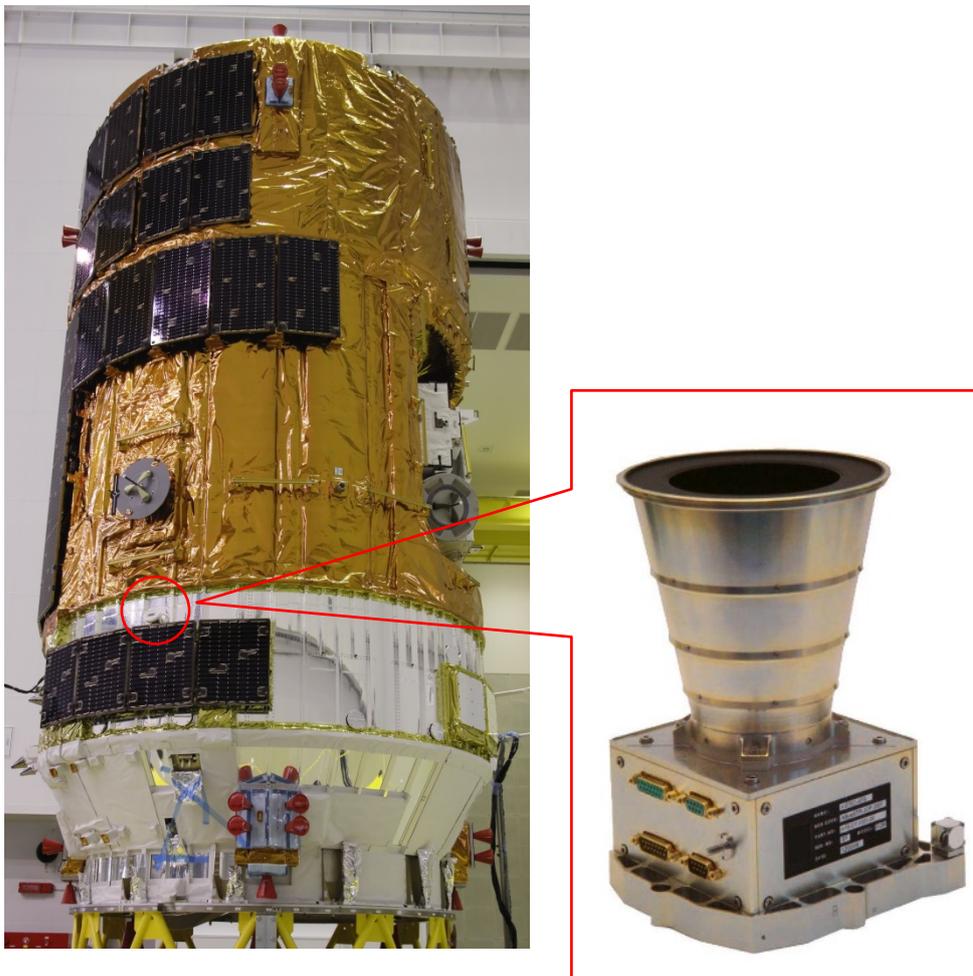


図 1-3 スタートラッカ機体搭載部 ©JAXA

<http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=30a151c5d2255469634525f036e2a815>

スタートラッカ単体（右）：©JenaOptronik 社（独）

https://www.jena-optronik.de/en/aocs/astro-aps.html?file=tl_files/pdf/Data%20Sheet%20ASTRO%20APS.pdf

【参考】スタートラッカ（恒星センサ）について

スタートラッカ（恒星センサ）は輸送機や人工衛星、探査機が星の配置を見て自分の姿勢（向き）を知るための装置です。

輸送機や人工衛星、探査機は普段、電力を得るために太陽電池パドルを太陽のほうに向けたり、地球と通信するためにアンテナを地球のほうに向けたりしなければなりません。

そのためには「今自分がどちらを向いているのか？」を知ることが大変重要です。

しかし宇宙は上下左右前後の区別がありませんから、周囲に広がる星々を目印として自分の姿勢を把握するのです。

ちょうど昔の船乗りや飛行機乗りが、星を頼りに海や空を進んでいたのと似ています。

例えば地上でも、目の前に北極星が見えたら、自分がいま北を向いているとわかりますよね。

「こうのとり」のスタートラッカも常に星を捉えていて、見えた星を自分の持っている星の一覧表（スターカタログ）と比べて、自分の姿勢を計算しています。

【参考】スタートラッカによる火星の撮影

http://www.hayabusa2.jaxa.jp/topics/20161226_02/

(1) 世界最大級の補給能力

～「こうのとりの」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**（最大約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**と、「きぼう」日本実験棟船外実験プラットフォームで使用する**大型の船外実験装置**やISS用バッテリーを同時に輸送できるのは「こうのとりの」だけです。詳細は4.2項をご参照下さい。

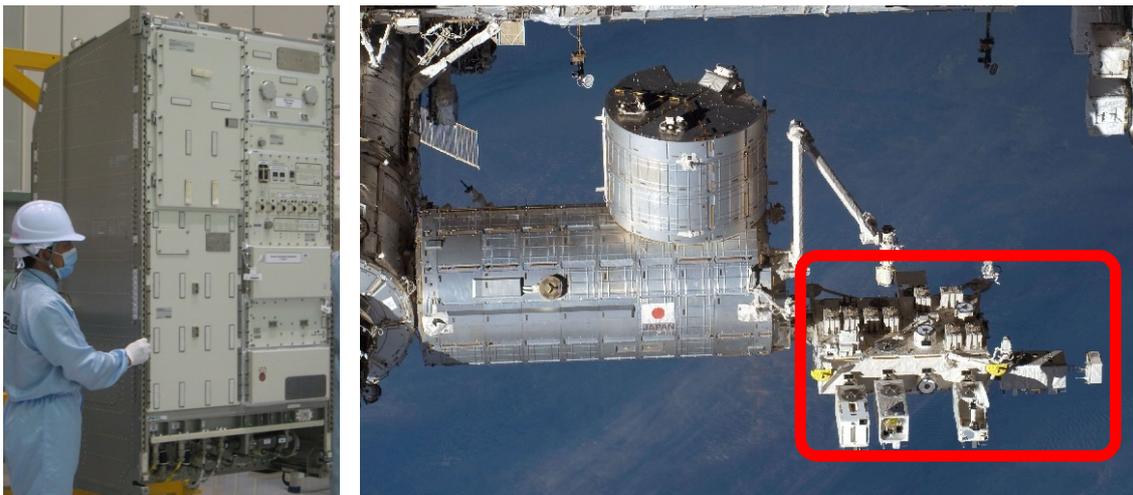


図 1-4 (左) 国際標準実験ラック (ISPR) [高さ約 2m、幅・奥行約 1m] ©JAXA

<http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=16c9fbdc79773220e029ad61b1000879>

(右) 「きぼう」船外実験プラットフォーム ©JAXA/NASA

<http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=83fb9b789daf08fc4b87fbb2e43da76d>

(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（**10 年間ミッション達成率 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」～

- ◆ 「こうのとり」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。
- ◆ この他にも「こうのとり」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や、ISS の交換品としても採用されており、「こうのとり」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。



軌道変更用エンジン ©IHI エアロスペース
(衛星等用として輸出)

<https://www.ihico.jp/ia/products/space/apogee-engine/index.html>



バッテリー ©GSYUASA
(HTV 用)



バッテリー ©GSYUASA
(ISS 交換用)

図 1-5 「こうのとり」で採用した技術の波及例

(4) ユーザーサービスの向上

～進化し続ける補給能力～

◆ 新型ラックによる船内用補給物資輸送能力の増強

- 物資搭載方法の効率化により、「こうのと」の与圧部に搭載可能な物資輸送用バック
※（Cargo Transfer Bag: CTB; 付録 2-8 ページ参照）数を、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。
- 8 号機では、HTV-X のために開発している物資搭載用ラック（図 1-6）を採用することで、6 号機の 248 個から 316 個に約 30% の搭載能力の向上の実証や地上及び軌道上でのオペレーションの評価を行います。

※ 1 CTB の目安：502mm x 425mm x 248mm

表 1-1 「こうのと」と米国商業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
7 号機 ^{*1}	92	20 ^{*1}
8 号機	316	48 ^{*2}

注：CTB 換算総数は、初号機から 7 号機までは実績値、8 号機は理論値

*1：7 号機は小型回収カプセル運用のため、船内物資搭載可能数、速達サービス搭載量が減少

*2：8 号機では速達サービスエリアの一部を通常搭載で使用するため、速達サービス搭載量が減少

米商業補給船		
ドラゴン（米）	108	10
シグナス（米）	226	22

（米商業補給船については、2016 年末時点の情報）



図 1-6 HTV8 与圧部内の写真 ©JAXA

<http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=615a16142503acacae92c7e3a48477bd>



図 1-7 HTV7 与圧部内の写真 ©JAXA

<http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=3d9f1ee6f9de46b438b0e66a28043ffd>

(5) ISS 運用の根幹を支える物資の輸送

ISS にて有益な成果を創出するためには、軌道上にて宇宙飛行士が安全かつ快適に滞在できる環境を整えることが重要です。「こうのとりの」8号機では、これまでと同様に食料、生活物資に加え、以下のような宇宙飛行士の長期滞在、ISSの運用維持に必要な不可欠な物資を輸送します。

◆ 窒素/酸素、飲料水

ISS には NORS (Nitrogen Oxygen Recharge System) と呼ばれる窒素と酸素を補充するための装置があります。今回、このシステムに充填する窒素と酸素を専用のタンク (NORS タンク) を用いて輸送します。

「こうのとりの」での飲料水の輸送は 2、4～6 号機に続き 5 回目となります。これまでは飲料用水バッグ (CWC-I) に日本で充填していましたが、今回は NASA が新たに開発したタンク (WSS タンク) に米国にて充填された飲料水を輸送します。

◆ ISS バッテリー

ISS のバッテリーの老朽化に伴い、「こうのとりの」6、7 号機に続いて、8 号機でも ISS の外に取り付けられる交換用のバッテリーを 6 台輸送します。

「こうのとりの」6～9 号機で 24 台のバッテリーを輸送する計画です。一度に 6 台輸送するのは「こうのとりの」だからこそできることであり、効率的な輸送が可能となっています。



図 1-8 リチウムイオンセルからバッテリー 1 台への組み込み

(左) <http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=125a6a47bc73b0269276cd2dd58d84f1>

(中) <http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=3c82e5302aac1dcc1460622df5a79c57>

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

(6) 産業競争力の強化や振興への貢献

「こうのとり」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。

超小型衛星の利用は、その利便性の高さから利用者からのニーズが非常に高く、その輸送を通して低軌道利用の拡大によるわが国の宇宙開発利用の発展と産業振興に貢献しています。

(7) 宇宙開発利用の発展への貢献

「こうのとり」は将来の宇宙開発に向けて新たな技術を獲得するためのさまざまな技術の実証を行う役割も果たしています。今回の 8 号機では、将来の宇宙探査や輸送機開発に向けた技術を獲得するための実験機器の輸送や実証を行います。

Blank ページ

2. 「こうのとり」8号機ミッションの打ち上げ/飛行計画概要

以下は「こうのとり」8号機ミッションの打ち上げ/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 2-1 「こうのとり」8号機の打ち上げ/飛行計画の概要

2019年8月30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」8号機（HTV8）
打ち上げ日時 （予定）	2019年9月11日6時33分頃 ^{※1} （日本時間）
打ち上げ予備期間	2019年9月12日～10月31日 予備期間中の打ち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します。
打ち上げ場所	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 2019年9月14日（夜） ISSへの結合 上記把持の約8時間後 （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）	2019年10月頃 ^{※2} （約30日間ISSに滞在予定）
大気圏再突入（予定）	ISS離脱 約2日後 ^{※2}
ミッション期間（予定）	35日間
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

※1 最新の国際宇宙ステーションの軌道により決定します。

※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。

「こうのとり」8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-8/>（「こうのとり」8号機の情報）

http://www.jaxa.jp/projects/rockets/h2b/index_j.html（H-IIB ロケットプロジェクトページ）

3. 「こうのとり」8号機運用スケジュール

表 3-1 「こうのとり」8号機運用スケジュール

飛行日	「こうのとり」関連主要作業
1日目	<u>打ち上げ/軌道投入</u> <ul style="list-style-type: none"> 「こうのとり」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（TDRS）との通信確立、筑波の「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開始
1～4日目	<u>ISSとのランデブ</u>
4日目	<u>最終接近</u> <u>ISSのロボットアーム（SSRMS）によるキャプチャ（把持）</u> <u>ISSとの結合（係留）</u> <ul style="list-style-type: none"> 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
(ISS結合中)	<u>補給キャリア与圧部への入室</u> <ul style="list-style-type: none"> ハッチ開、モジュール間通風換気（IMV）起動 <u>「こうのとり」からISSへの船内物資の運び出し、ラックの移設</u>
	<u>補給キャリア非与圧部からの曝露パレットの引き出し/曝露パレットのトラスへの移動</u> <u>曝露パレットで輸送したISSのバッテリーをSSRMS/SPDM操作と船外活動で交換</u>
	<u>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</u>
	<u>物資の移送作業/船内廃棄品の積み込み</u>
ISS分離 前日	<u>「こうのとり」の分離準備</u> <ul style="list-style-type: none"> 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	<u>「こうのとり」のISSからの離脱</u> <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 SSRMSで「こうのとり」を把持、共通結合機構（CBM）のボルト解除、SSRMSで「こうのとり」を放出ポジションへ移動 誘導・航法及び制御（GNC）の起動、スラスト噴射準備 SSRMSの把持を解放、ISS軌道からの離脱噴射
再突入	<u>軌道離脱制御</u> <u>再突入</u>

【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

8号機ミッションでは、打ち上げ4日後に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、大気圏に再突入する予定です。

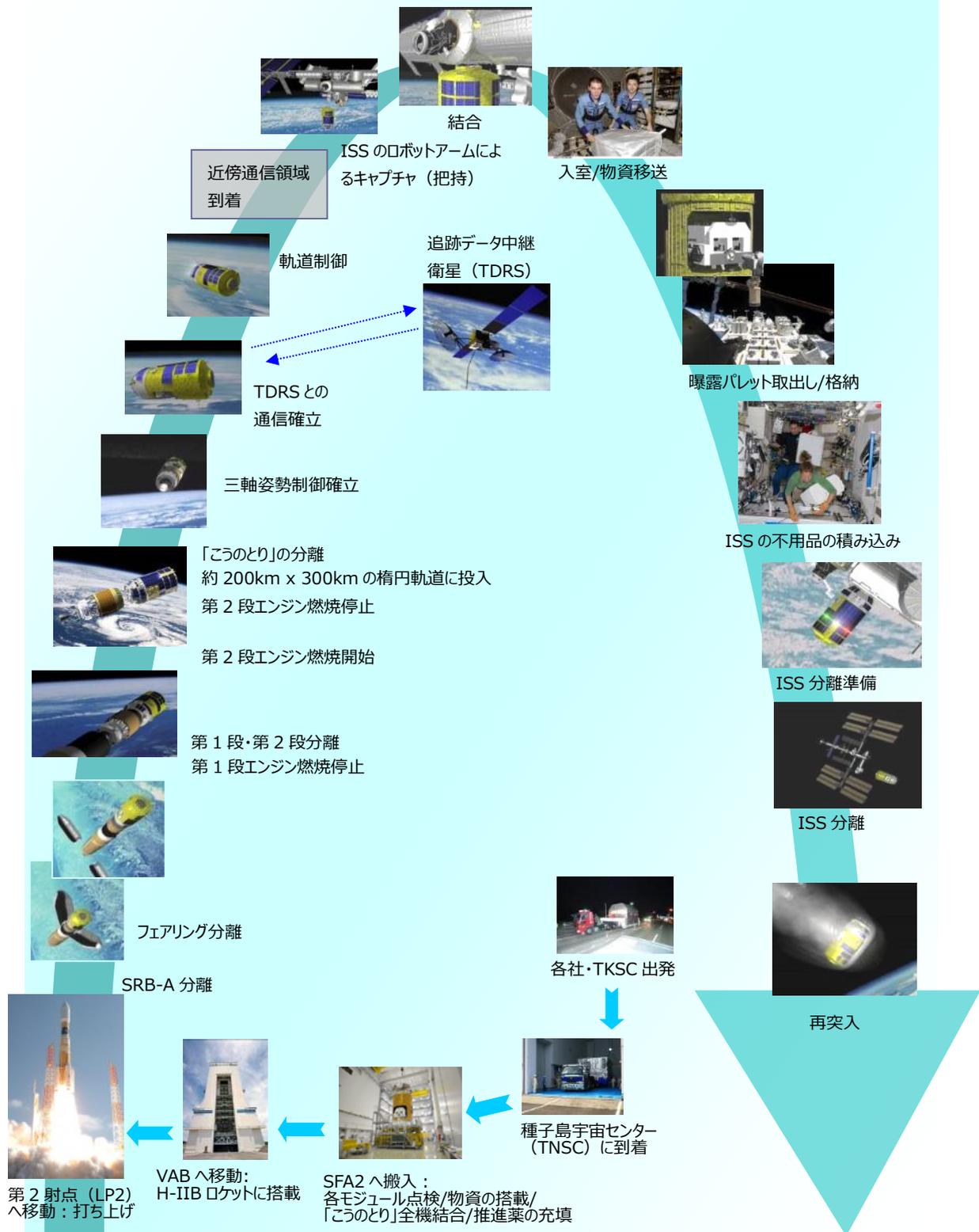


図 3-1 「こうのとり」ミッション主要イベント ©JAXA

【参考】<http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=4b2cf6d32595484d10087126940f212e#>

4. 「こうのとり」8号機が運ぶ物資

8号機では船内、船外物資を含めて合計で約**5.3トン**（船内物資約3.4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。

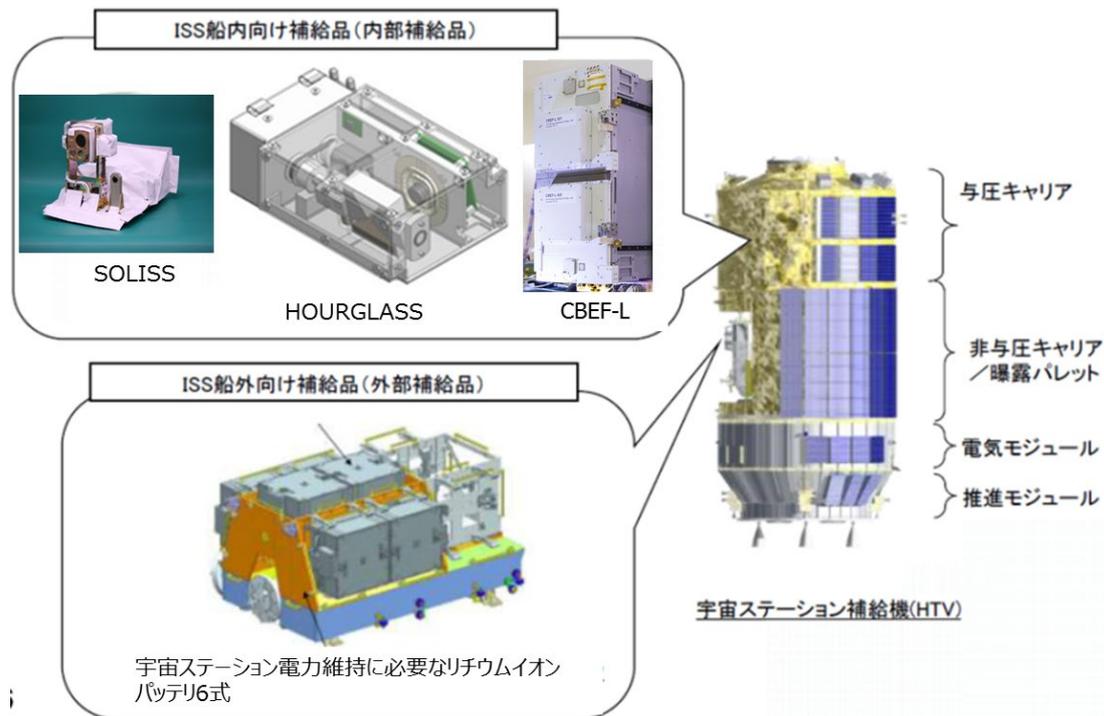


図 4-1 「こうのとり」8号機が運ぶ主な貨物 ©JAXA

(1) 船内物資

「こうのとり」8号機では、補給キャリア与圧部に NASA、JAXA の物資を搭載します。

表 4-1 「こうのとり」8号機で輸送する主な船内物資

機関	分類	物資の例
JAXA	システム補給品	<ul style="list-style-type: none"> 「きぼう」保全用品など
	実験関連機器	<ul style="list-style-type: none"> 細胞培養装置追加実験エリア (CBEF-L) 小型衛星放出機構 (J-SSOD) と超小型衛星 (CubeSat) 小型衛星光通信実験装置 (SOLISS) 惑星表面の柔軟地盤の重力依存性調査 (Hourglass) 実験用ガスボトル 静電浮遊炉 (ELF) のサンプルカートリッジ
NASA	食料・生活用品	<ul style="list-style-type: none"> 生鮮食品[※]、衣類等の生活用品、宇宙食など
	システム搭載品	<ul style="list-style-type: none"> 貯水システム (WSS) 用新型の水タンク 8 台 窒素と酸素を補充するためのシステム (NORS) タンク (酸素、窒素各々 1 台) 計 2 台

※・・・NASA の補給枠として、JAXA が準備。

(2) 船外物資

6、7号機に続いて今回も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。

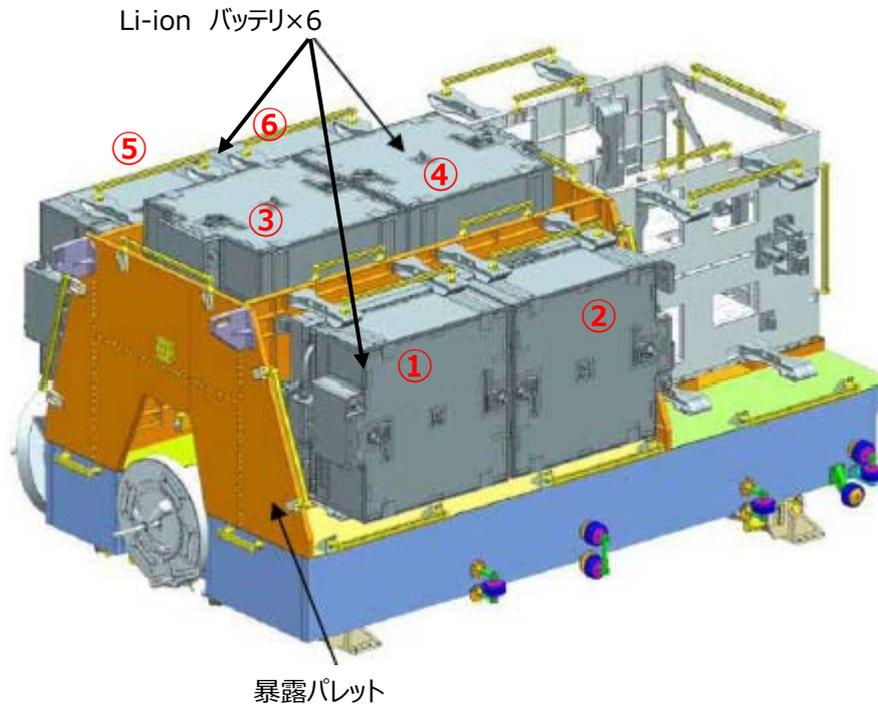


図 4-2 打ち上げ時の暴露パレット上の搭載イメージ ©JAXA

4.1 補給キャリア与圧部搭載品（船内物資）

船内物資は HTV 補給ラック（HTV Resupply Rack: HRR）に収められて輸送されます。

食料、NASA 及び「きぼう」の保全品・補用品、宇宙飛行士の生活用品、実験用品等を収納した様々なサイズの物資輸送用バッグ（Cargo Transfer Bag: CTB）が、この HRR に収納されます。「こうのとり」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。

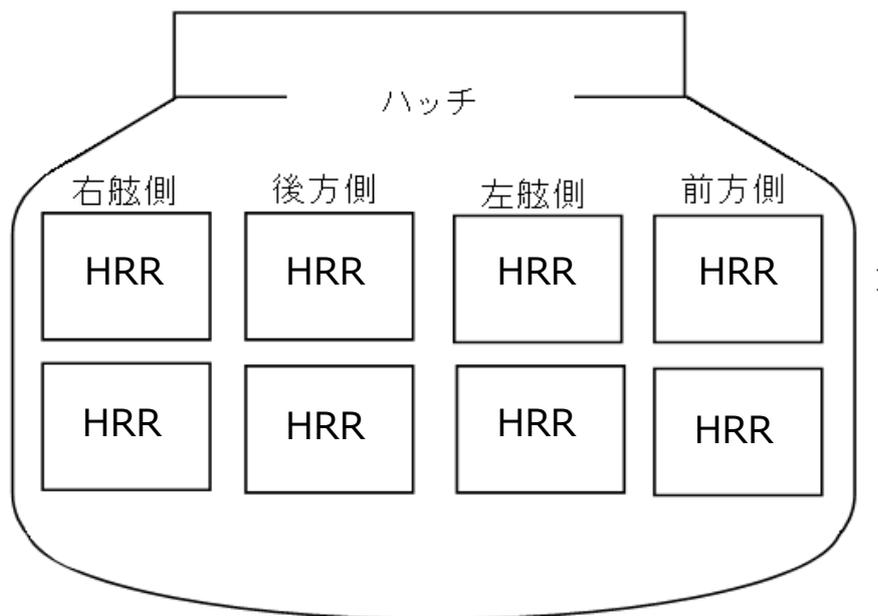


図 4.1-1 8号機の補給キャリア与圧部のラック搭載状況 ©JAXA



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 4.1-2 船内物資の搭載例 ©JAXA

(左)

http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/uchuu/017/gjjiroku/_icsFiles/afieldfile/2012/03/19/1316991_2.pdf

(右) <http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=014311942dbfade71799c74ca9e3071f>

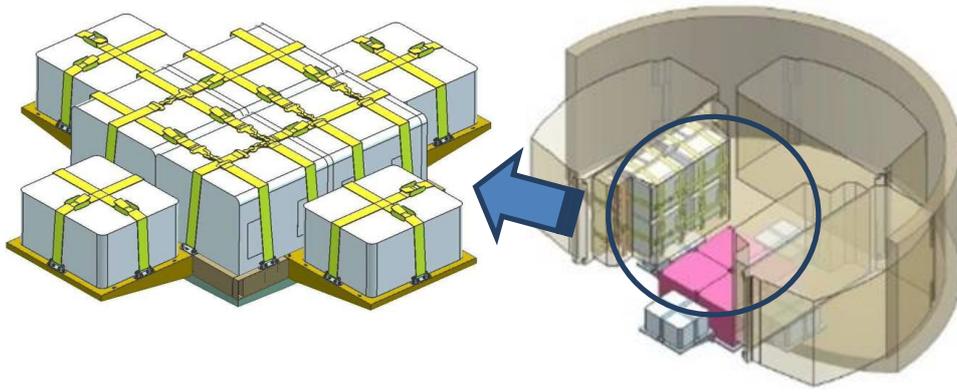


図 4.1-3 5号機から新設したHRRの搭載構造 ©JAXA



図 4.1-4 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 2-8 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)

4.1.1 実験装置等

(1) 細胞培養装置追加実験エリア

(Cell Biology Experiment Facility-Left : CBEF-L)

細胞培養装置(CBEF)は、細胞、植物、マウスなどの生物サンプルを培養または飼育して、無重力や放射線などの宇宙環境における生物への影響を調べるための実験装置として運用されています。CBEFには人工重力発生機が搭載されており、地上と宇宙で比較した実験よりも、純粋な重力による影響の比較ができます。また、地球の重力以下の月や火星などの重力を模擬することも可能です。しかし細胞や種子のような小さなサンプルでは問題ありませんでしたが、より大きなサイズのサンプルになると、回転中心からの位置でかかる人工重力の差が場所により大きく異なってしまう課題となりました。

CBEF-Lはこうした課題を解決するため、半径を倍以上にした大型の人工重力発生機を搭載可能とし、重力差を緩和することができるほか、マウスよりも大きな動物の飼育も可能になりました。さらに従来のCBEFと同時に運用することで、サンプル数を増やしたり、無重力と1G以外の重力比較も同時に行ったりする実験が可能となります。(例えば、無重力、地球上1G、月上1/6G、火星上1/3Gを同時に実験するなど)

CBEF-LはCBEFの左側、細胞実験ラックの現クリーンベンチ(CB)と交換・搭載されます(図4.1.1-1)。生物試料を培養(飼育)するための、温度・湿度・二酸化炭素濃度が制御可能な培養室(インキュベータ)を有しています。さらに24Vユーザー電源やLANインタフェースの追加といった改善も行われています。

CBEF-Lの運用は、CBEFと同様、微小重力の培養室と重力をコントロールできる人工重力発生機がついた培養室の二つで運用する形態(Configuration 1)に加え、両方の培養室に人工重力発生機を取付けて運用する形態(Configuration 2)、及び二つの培養室の仕切りを外して一つの培養室にし、人工重力発生機を大型化して取付けて運用する形態

(Configuration 3)を取ることができるため、生命科学分野の様々な研究領域のユーザーニーズを満足することが可能となり、新たな発展利用の実現が見込まれています。

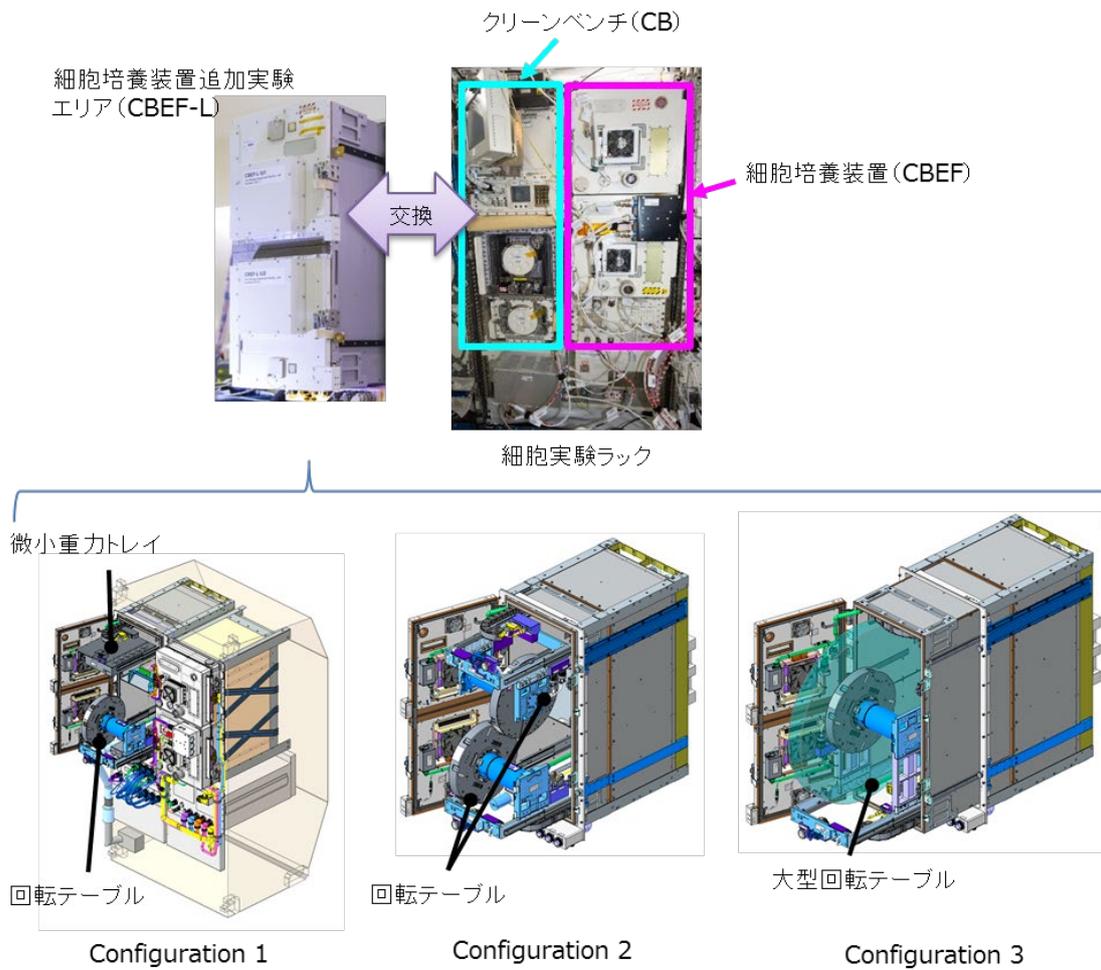


図 4.1.1-1 CBEF-L 運用コンフィギュレーション ©JAXA

(左上) <http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=5c3b51cb7e29ce1aa76e39bec3853422>

(上右) <http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=680c84f58f1c02ed0af19ef5b8c1899b>

(2) 小型衛星放出機構 (J-SSOD) と超小型衛星 (CubeSat)

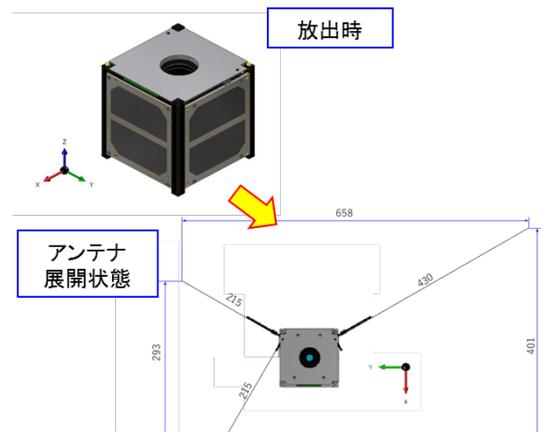
「こうのとり」8号機では超小型衛星 CubeSat と、それらを放出するための小型衛星放出機構 (JEM Small Satellite Orbital Deployer : J-SSOD) を輸送します。

【8号機で運び、小型衛星放出機構 (J-SSOD) から放出する超小型衛星 CubeSat】

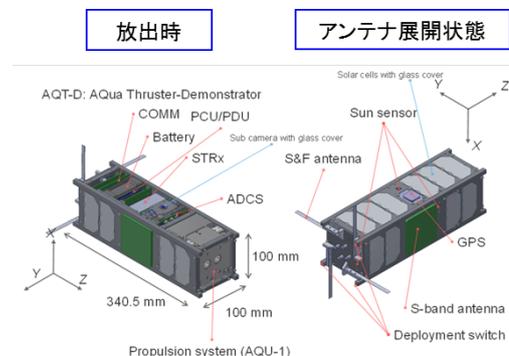
「こうのとり」8号機では、九州工業大学とエジプト国立リモートセンシング宇宙科学機関 (National Authority for Remote Sensing and Space Science : NARSS) が共同で開発した超小型衛星の他、Space BD 株式会社や東京大学が開発した超小型衛星を JAXA の小型衛星放出機構 (J-SSOD) の衛星搭載ケースに収納して ISS に輸送します。2012 年から実施してきた J-SSOD を利用した CubeSat 放出としては 12 回目のミッションとなります。

※ CubeSat (キューブサット) は、10 cm 立方体を基本とした衛星です。1U=約 10 cm x 10 cm x 10 cm で、2U、3U となるごとに長さが 20 cm、30 cm となります。

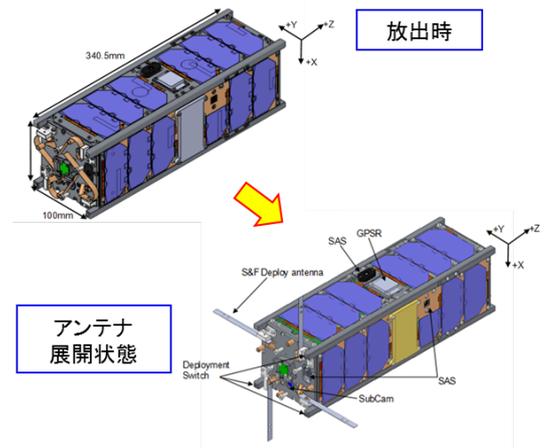
- 【衛星名】 NARSSCube-1 [サイズ : 1U]
- 【機関】 代表 : 九州工業大学
共同開発 : エジプト国立リモートセンシング宇宙科学機関 (NARSS)
- 【ミッション】
- 共同開発国であるエジプトによる衛星の開発及び運用の確立
 - 衛星に搭載された解像度 200m のカメラ実証実験



- 【衛星名】 AQT-D [サイズ : 3U]
- 【機関】 代表 : Space BD株式会社
開発 : 東京大学
- 【ミッション】
- 1Uサイズの水を推進剤としたレジストジェットスラスタモジュールの技術実証
 - UHFアンテナを用いた山岳地帯との通信



- 【衛星名】 RWASAT-1 [サイズ：3U]
 【機関】 開発：東京大学
 関連組織：
 Ministry of Commerce,
 Industry, & Tourism
 Rwanda Utilities Regulatory
 Authority
 Smart Africa secretariat (ルワン
 ダ共和国)



- 【ミッション】
- ルワンダ共和国研究者の人材育成及び技術力向上
 - 弱電波受信器を搭載し、地上のセンサ情報を収集

【ここがポイント！】

● 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、ケニア、トルコ、コスタリカ等の小型衛星 合計 241 機（2019年7月4日現在）が「きぼう」から放出されています。
- 「きぼう」から放出される超小型衛星は、年に数回あるISSへの輸送機会を使って運搬し、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、世界中のユーザーからもさらに放出機会を増やして欲しいとの要望が出ています。
- この高頻度で利便性の高い「きぼう」の超小型衛星放出を通じて、民間企業や大学等教育機関による利用を更に促進し、我が国の宇宙開発利用の発展と産業振興に貢献します。
- JAXAでは「きぼう利用戦略」（平成29年8月第2版制定）に基づき、「きぼう」の利用事業について、民間等による事業自立化（民間への開放）を目指しています。その第一弾として、超小型衛星放出事業の事業者を2018年選定しました。

【参考】

国際宇宙ステーション（ISS）「きぼう」日本実験棟からの超小型衛星放出事業民間事業者の選定結果（「きぼう」利用初の民間開放）について（2018年5月29日 JAXAプレスリリース）

http://www.jaxa.jp/press/2018/05/20180529_microsat_j.html

● 途上国の宇宙技術力の向上に貢献

- JAXAと国連宇宙部（UNOOSA）は、2015年度より、国際宇宙ステーション（ISS）「きぼう」日本実験棟からの超小型衛星放出の機会提供に関する連携協力（KiboCUBE）を進めています。KiboCUBEは、持続的な開発目標（SDGs）の目標4「質の高い教育をみんなに」、及び目標9「産業と技術革新の基盤をつくろう」に資するプログラムであり、途上国の宇宙技術力の向上に貢献します。2021年まで延長することが決定され、現在第5回募集を行っています。（募集期間：2019年3月26日～9月30日）

<http://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/psa/hsti/kibocube/kibocube/3.2019.html>

【参考】

JAXAと国連宇宙部との連携協力（KiboCUBE）に基づく第4回選定の結果について（2019年6月10日 JAXA プレスリリース）

http://www.jaxa.jp/press/2019/06/20190610a_j.html

● 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）での打ち上げは、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ち上げられるため、ロケット打ち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。

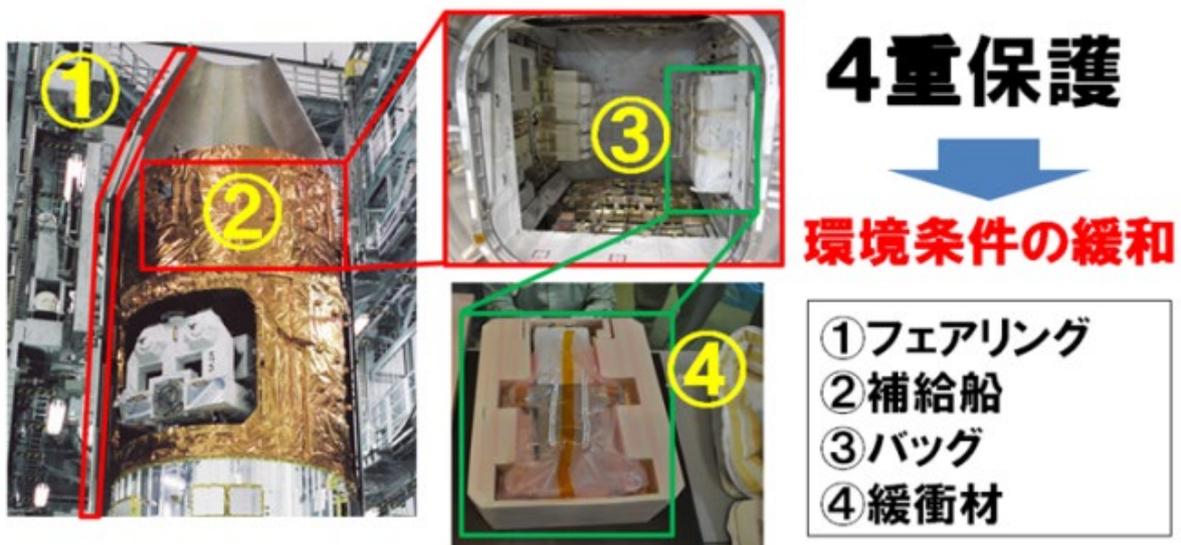


図 4.1.1-2 「こうのとり」で超小型衛星を打ち上げる際の環境 ©JAXA

② 年数回の打ち上げ機会、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の「このとり」だけでなく、各国が開発したISSへの補給機を利用できるため、打ち上げ機会を柔軟に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

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、2020年度以降に当初の能力（6U）の8倍である48Uまで放出能力を増やせるよう、段階的に放出能力を拡大するための取組を行っています。現在は18Uに対応可能な能力向上型J-SSODを運用しています。

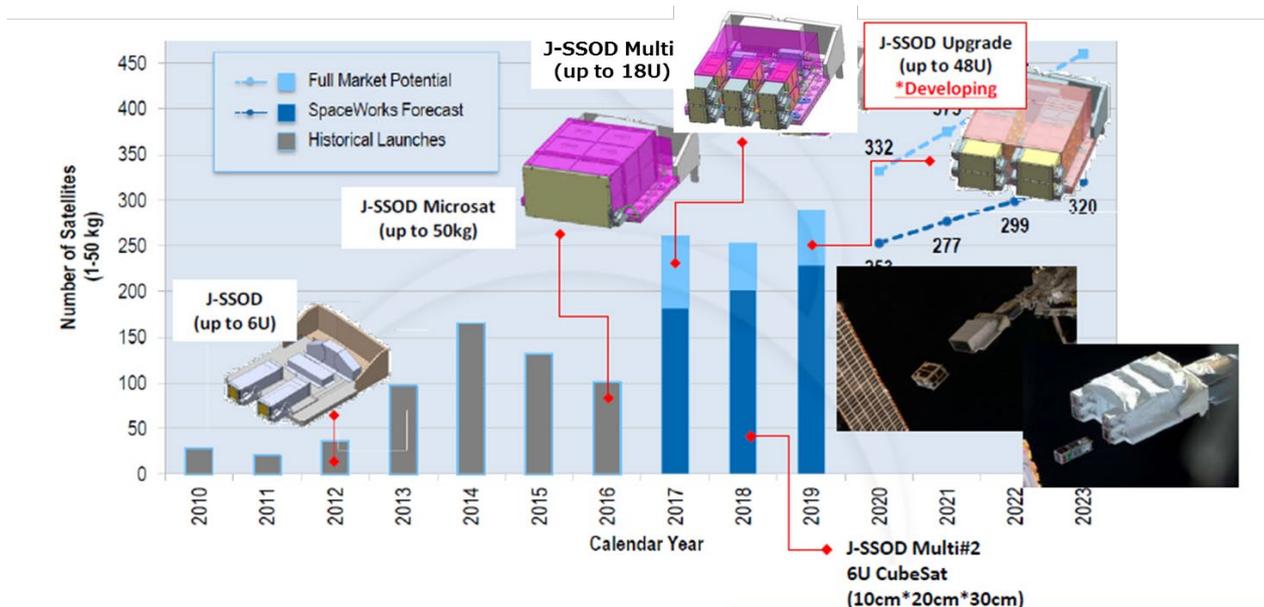


図 4.1.1-3 小型衛星放出機構の段階的な放出能力拡大計画 ©JAXA

※ 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/年程度でしたが、2017年には240機以上/年となっております。
（2017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、打ち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。

【参照】JAXAのJ-SSOD紹介ページ

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

(3) 小型衛星光通信実験装置 (Small Optical Link for International Space Station: SOLISS)

SOLISSはソニー株式会社（以下、ソニー）とJAXA 宇宙探査イノベーションハブとの共同研究による基盤技術に基づいて、株式会社ソニーコンピュータサイエンス研究所とJAXA 宇宙探査イノベーションハブが軌道上技術実証のために共同開発した小型衛星光通信実験装置です。軌道上試験ではISSの「きぼう」船外実験プラットフォームに設置されている中型曝露実験アダプター (i-SEEP) に SOLISS を設置し、1550nm 帯のレーザーを用いて地上との通信試験を行います。今回搭載した光通信部は、ソニーが1970年代より研究を行い実用化してきた光ディスク技術を用いて、高精度、低消費電力、小型であり量産化が容易であることを特徴としています。

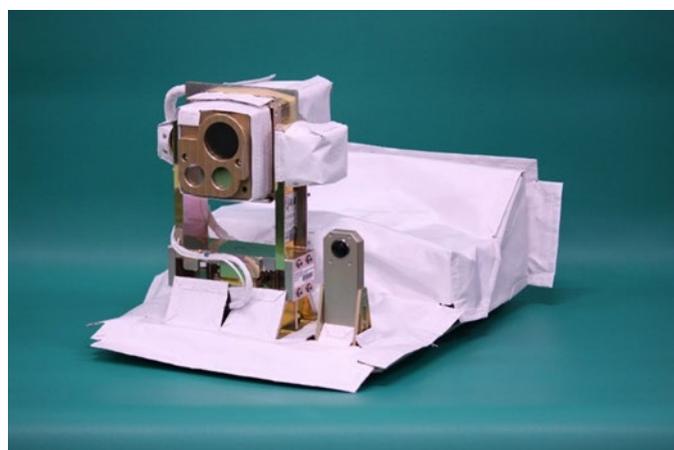


図 4.1.1-4 SOLISS システム FM
©JAXA/ソニー-CSL

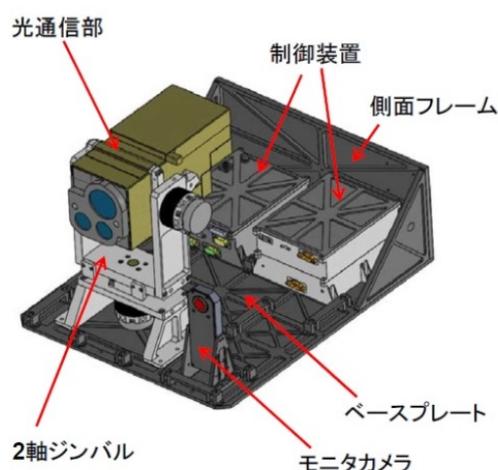


図 4.1.1-5 SOLISS システム FM 概要図
©JAXA/ソニー-CSL

図 4.1.1-4 は SOLISS システム FM (フライトモデル) の写真です。また図 4.1.1-5 は当該システム FM の概要図を示しています。光通信部、2 軸ジンバル及びモニタカメラ部分が外部に露出しており、そのほかは断熱材である MLI (Multi-Layer Insulator) で覆われています。光通信部は約 1.2kg で断面のサイズは 90mm x 100mm であり、内部には光ディスク技術を用いた小型の光制御機構が内蔵されています。本光通信部は、双方向通信が可能であり、Ethernet 規格を利用した接続により、宇宙においても地上のネットワーク同様に扱うことを想定したものになっています。

SOLISS に搭載されているモニタカメラは、2 軸ジンバルの動作確認のために全天球カメラを採用しています。撮像した写真は ISS 経由で地上に送信するだけでなく、SOLISS の光通信を利用して地上に送ることも可能です。

【参考】国際宇宙ステーション・「きぼう」日本実験棟を利用した長距離空間光通信軌道上実証、並びに共同研究契約締結について (2018 年 2 月 8 日 JAXA プレスリリース)
http://www.jaxa.jp/press/2018/02/20180208_i-seep_j.html

(4) 惑星表面の柔軟地盤の重力依存性調査 (Hourglass)

「きぼう」日本実験棟のみが有する人工重力発生機である CBEF を用いる実験です。

CBEF 上に惑星の模擬砂等の粉粒体が入った砂時計型及びメスシリンダ型の実験装置を搭載し、低重力が粉粒体の特性に及ぼす影響を調査することを目的としています。実験の実施や解析等のメンバーは、JAXA の宇宙科学研究所、有人宇宙技術部門と国内大学等研究機関を含め、日本の分野横断的（工学・科学両方）な構成となっています。

次に掲げる成果が期待されます。

- 天体成長過程に対する理解への貢献
- 月・惑星における土質力学や Terramechanics[※]の構築に向けた基礎データの提供
- 将来的な着陸機、探査ローバ、月面拠点の自動建設機械、月面有人と圧ローバなどの設計に必要なシミュレーションパラメータの取得
- 「きぼう」人工重力環境の価値・能力のアピールと異分野への利用拡大

主な仕様は次のとおりです。

【実験環境】

- 保管時・実験時温度：キャビンエア温度(18.3 ~ 26.7 °C)
- 重力条件：低重力環境(0.1G ~ 2.0G)
- 装置設置場所：細胞培養実験装置(CBEF)内の人工重力発生機（ターンテーブル）
- 電源：乾電池

【実験試料】

- 8 式の供試体中の砂時計、メスシリンダに異なる種類の粉粒体が封じられます。

※ Terramechanics

ブルドーザなどの建設機械の作業やオフロード車両の走行は、ブルドーザのブレードや車両の車輪などの機械と地表を構成する土(粉粒体)との相互作用によって影響を受けます。このようなオフロード、不整地面における機械性能と地表との力学的な相互関係の研究をテラメカニクス(Terramechanics)と言います。月面や火星表面を探索する着陸機やローバの動作挙動を理解するためには、テラメカニクスに基づき機械に生じる力などの力学モデルの構築及び定式化が重要です。

【参考】

- 田中孝、笈田昭、“車両・機械と土系の力学 -テラメカニクス-”、学文社、1993 年。

● 軌道上実験

- ① クルーがスイッチON後自動実行。
(重力環境は地上から操作)
- ② 砂時計/メスシリンダを用い試験を行う。
- ③ SDカードに試験時に取得した動画, 加速度データを保存し、
いくつかの試料の動画を軌道上PCからダウンロード。
- ④ 終了後スイッチをOFFにし、供試体は破棄。

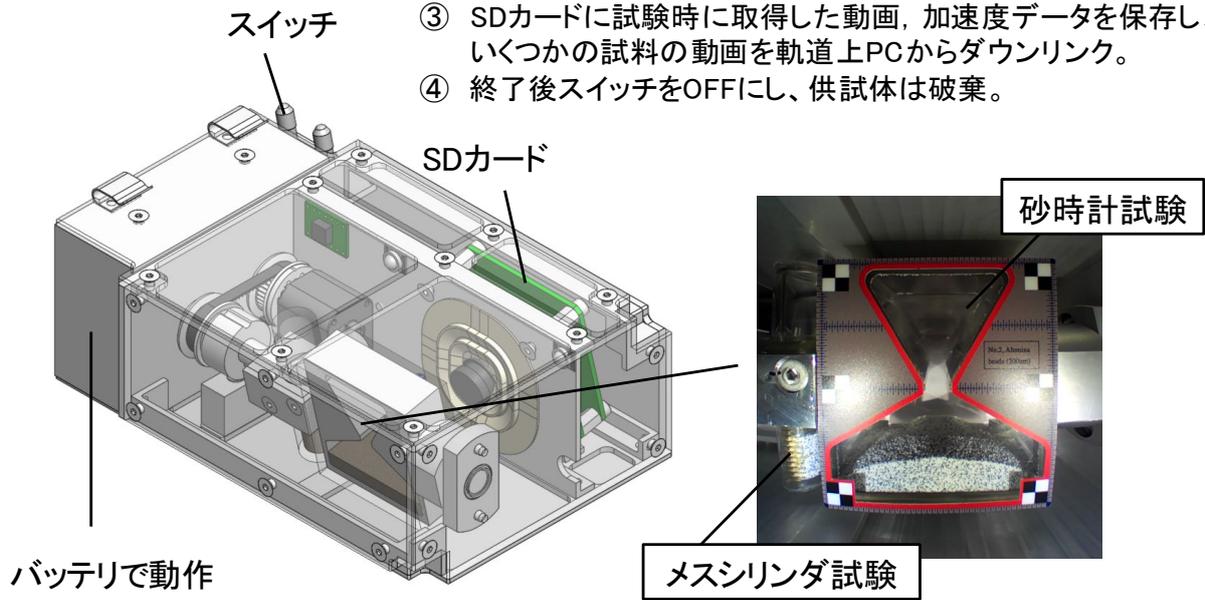


図 4.1.1-6(1) 実験装置 (供試体) イメージ図 ©JAXA

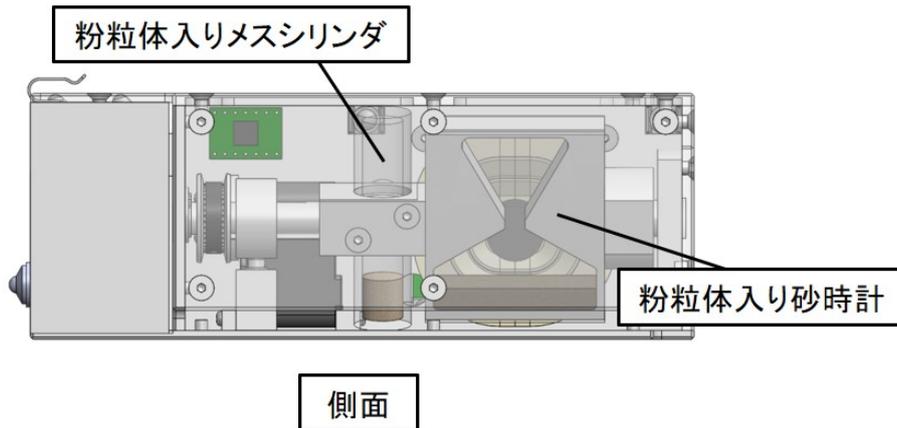


図 4.1.1-6(2) 実験装置 (供試体) イメージ図 ©JAXA

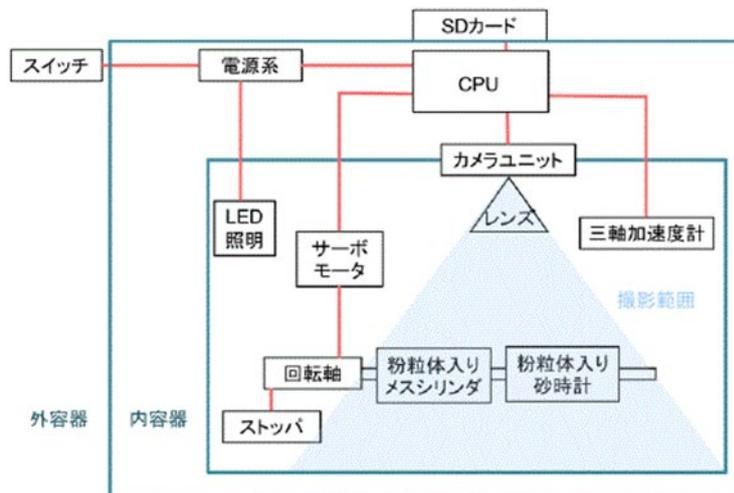


図 4.1.1-6(3) 実験装置 (供試体) システム概念図 ©JAXA

- 細胞培養装置(CBEF)搭載のターンテーブルを使用する。

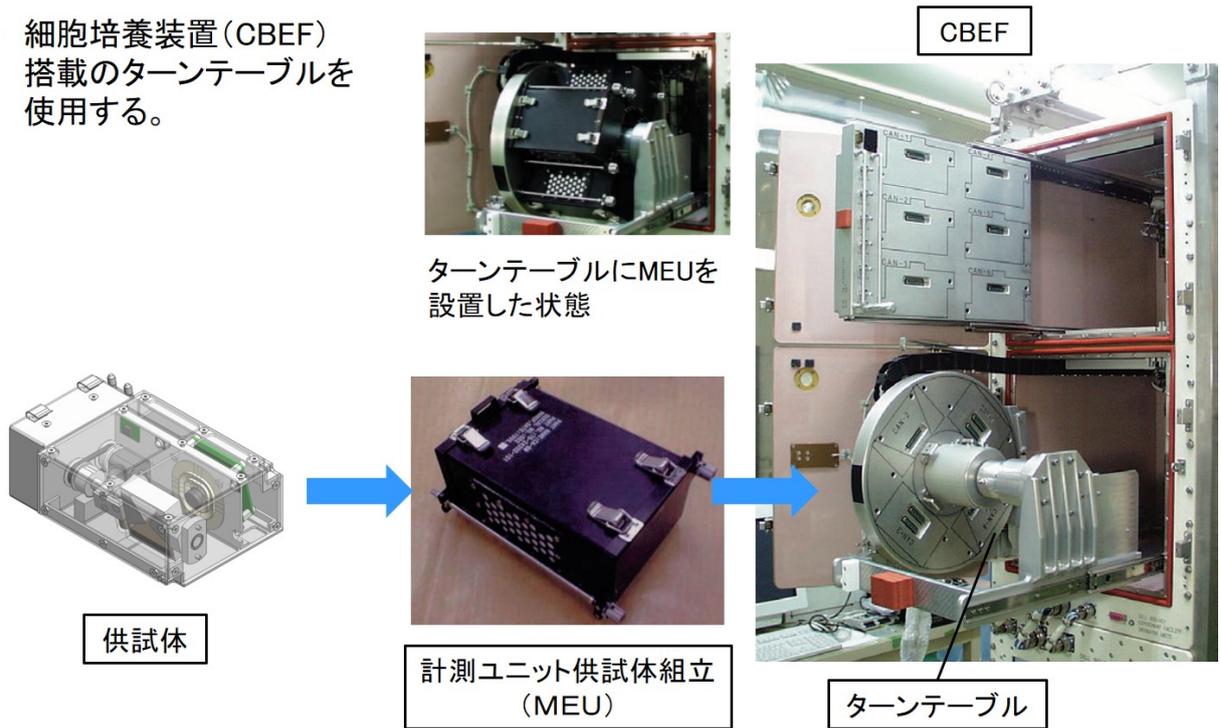


図 4.1.1-7 実験に使用する細胞培養装置 (CBEF) と供試体の取り付け箇所 ©JAXA

(5) 実験用ガスボトル（高濃度酸素空気）

多目的実験ラックで実施する燃焼実験に使うガスボトル（空気）を運搬します。

ガスボトルには厳密に成分調製された約 100 気圧の空気（酸素 45%、窒素 55%）が充填されており、ここから燃焼容器で使用する空気を供給します。数多くの実験を実施するためには多くの空気が必要ですので、ガスボトル内の空気残量が少なくなった場合は、宇宙飛行士により新しいガスボトルへの交換が行われます。



図 4.1.1-8 実験用ガスボトル ©JAXA

表 4.1.1-1 実験用ガスボトル仕様

項目	仕様
ガス組成	酸素 45 % + 窒素 55 %
最大充填圧	9.73 MPa abs
内容積	2.2L
空質量	約 2.5kg （バルブ、配管、着脱コネクタ（Quick Disconnect: QD）を含む）
主材質	アルミニウム合金（A6061-T6）、炭素繊維、ガラス繊維、エポキシ樹脂

【参考】

- ・ 火災安全性向上に向けた固体材料の燃焼現象に対する重力影響の評価
http://iss.jaxa.jp/kiboexp/participation/application/fy24priority_selection.html#selection03

(6) 静電浮遊炉 (Electrostatic Levitation Furnace : ELF) のサンプルカートリッジ

静電浮遊炉 (ELF) のサンプル (試料) カートリッジは、サンプル (試料) を浮遊及び加熱・溶融させるための空間 (チャンバ) を有する実験用容器です。

実験用試料を入れた試料ホルダのカートリッジへの装填とカートリッジの ELF への装填はクーレにより実施されます。

試料ホルダには実験用試料を 15 個入れることができます。

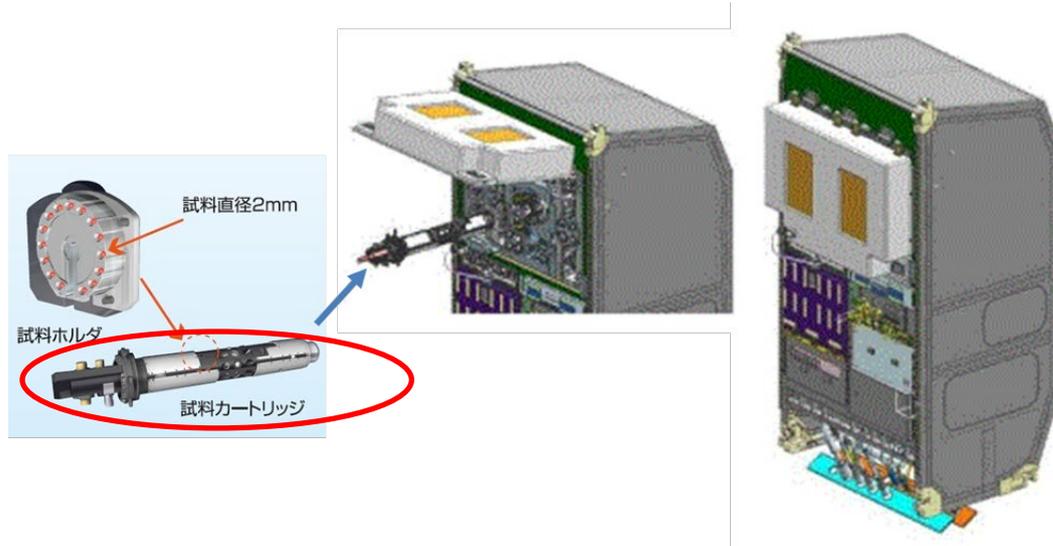


図 4.1.1-9 実験装置イメージ図 (左 : 試料カートリッジ、右 : ELF を搭載した多目的実験ラック)

©JAXA

【参考】

静電浮遊炉 (ELF)

http://iss.jaxa.jp/kiboexp/equipment/pdf/jaxa_elf_201803.pdf

- ISS 搭載用静電浮遊炉の概要

http://www.jasma.info/journal/wp-content/uploads/sites/2/2015/01/2015_p320104.pdf

4.1.2 食料・生活用品関連品

「こうのとり」8号機でも引き続き、生鮮食品を輸送します。

生鮮食品は、都道府県を通じて提供された生鮮食品情報を元に、調達可能時期と打ち上げ時期が合うこと、調理性、保存性、衛生性、安全性、食品残さ、搭載量の制約等の技術的要件と味（官能評価）を評価し、選定委員会が選定します。



図 4.1.2-1 「こうのとり」で運ばれた生鮮食品 ©JAXA/NASA

<http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=187d9ca628dd4459e152eb9bc419fd87>

4.1.3 NASA システム搭載品

(1) 貯水システム（WSS）用新型の水タンク

新型水タンクは新しい貯水システム（Water Storage System: WSS）の一部として、水の保管量が増加され、宇宙飛行士の水システムにかかるメンテナンス時間削減等への貢献が期待されています。

(2) 窒素と酸素を補充するためのシステム（NORS）タンク

窒素と酸素を補充するためのシステム（Nitrogen Oxygen Recharge System: NORS）は「クエスト」エアロック船外に設置されている窒素タンクと酸素タンクに、窒素と酸素を補充するための米国のシステムであり、このタンクに高圧の窒素ガスと酸素ガスを充填して補給船で運搬します。

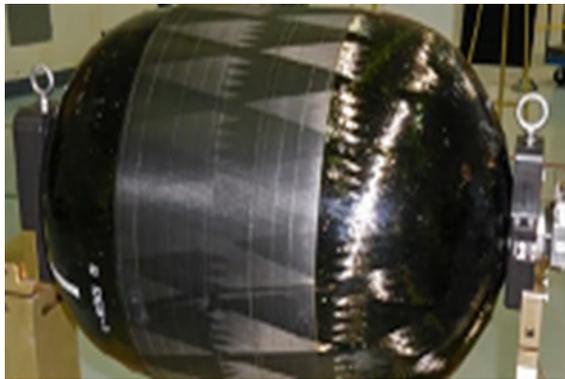


図 4.1.3-1 NORS タンク ©JAXA/NASA

【参考】

- 油井宇宙飛行士による NORS 関連作業（JAXA）
http://iss.jaxa.jp/iss/jaxa_exp/yui/news/151116.html

4.2 補給キャリア非与圧部搭載品（船外物資）

「こうのとり」8号機では、6、7号機に続いて、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「こうのとり」だけといえます。

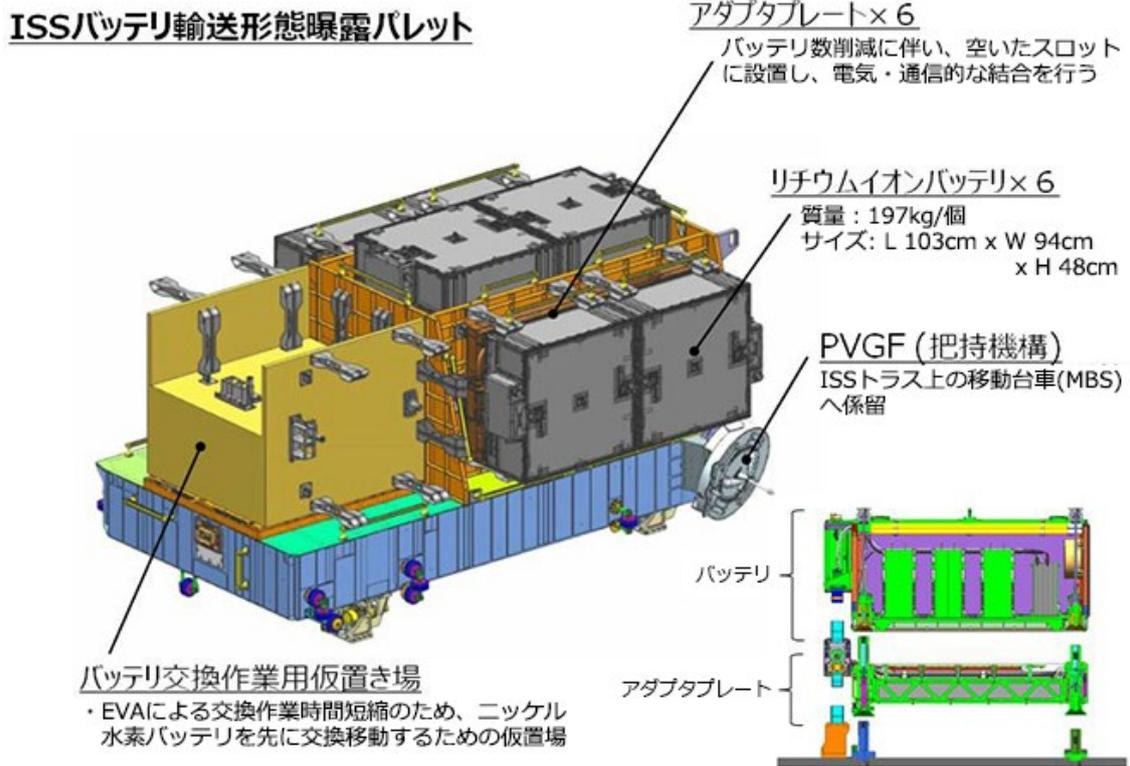


図 4.2-1 8号機の曝露パレットへの搭載イメージ ©JAXA

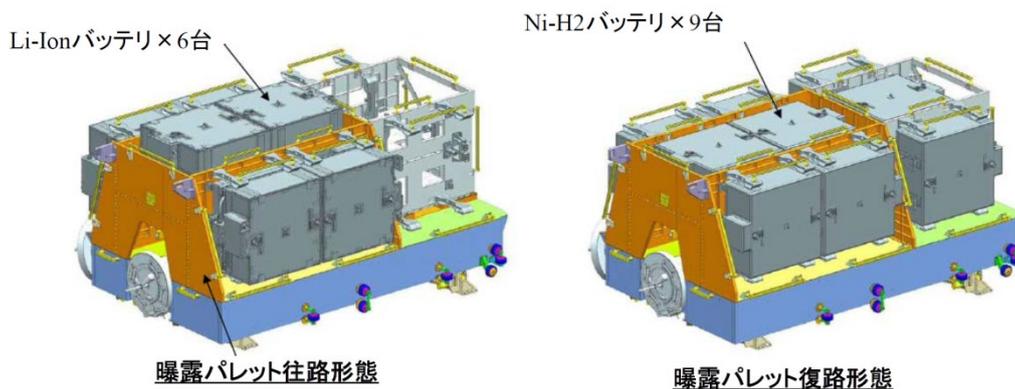


図 4.2-2 8号機の曝露パレットの往路と復路の搭載形態 ©JAXA

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。

地上からのロボットアーム操作と、船外活動を行って、既存のニッケル水素バッテリー12台を外し、打ち上げた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」は9台を搭載して（残り3台はISSに残されたままの状態）大気圏に再突入します。



リチウムイオンセル LSE 134
容量 134A (



リチウムイオンセルのバッテリーへ組み込み
©JAXA/AEROJET ROCKETDYNE



バッテリー
(種子島宇宙センター)



「こうのとりの」の曝露パレットへのバッテリー6台の設置



バッテリーの移動作業

図 4.2-3 バッテリー搭載までの流れ ©JAXA

(上左) <http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=125a6a47bc73b0269276cd2dd58d84f1>

(上中) <http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=3c82e5302aac1dcc1460622df5a79c57>

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

(下左) <http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=484eed033eb278d725ec20e6d9d580a9>

(下右) <http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=43731286f0baebbbc8bc47e5daca7f6d>

【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。

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）が使われていました（ロシア側は独自の電力系を有しています）。

「このとり」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の運用の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（約195kg）、アダプタプレートの重量は65ポンド（約29kg）なので、ニッケル水素電池ORU 365ポンド（約165.5kg）2台分の重量（約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個が交換されており、「このとり」6号機（HTV6）でS4トラス、「このとり」7号機（HTV7）でP4トラスのバッテリーがリチウムイオンバッテリーへ交換されています。今回は3回目のリチウムイオンバッテリーへの交換となります。

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の運用末期までそのまま使い続けられる予定です。

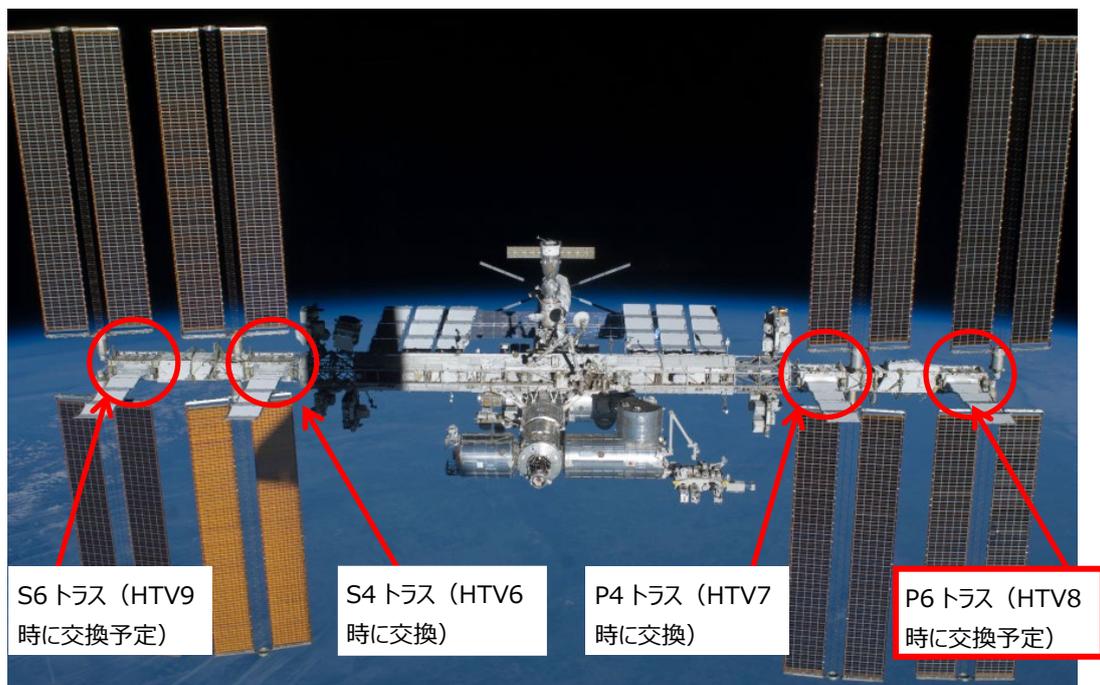


図 4.2-4 交換を実施または予定のバッテリーの位置 ©JAXA/NASA

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

HTV8号機/9号機で輸送するISSバッテリー(各6台)については、ISSのバッテリー設置エリアがロボットアームでは届かない外側であるため、全てを船外活動で移設することとなります。そのため、各号機の船外活動の回数は5-6回と見積もられています。

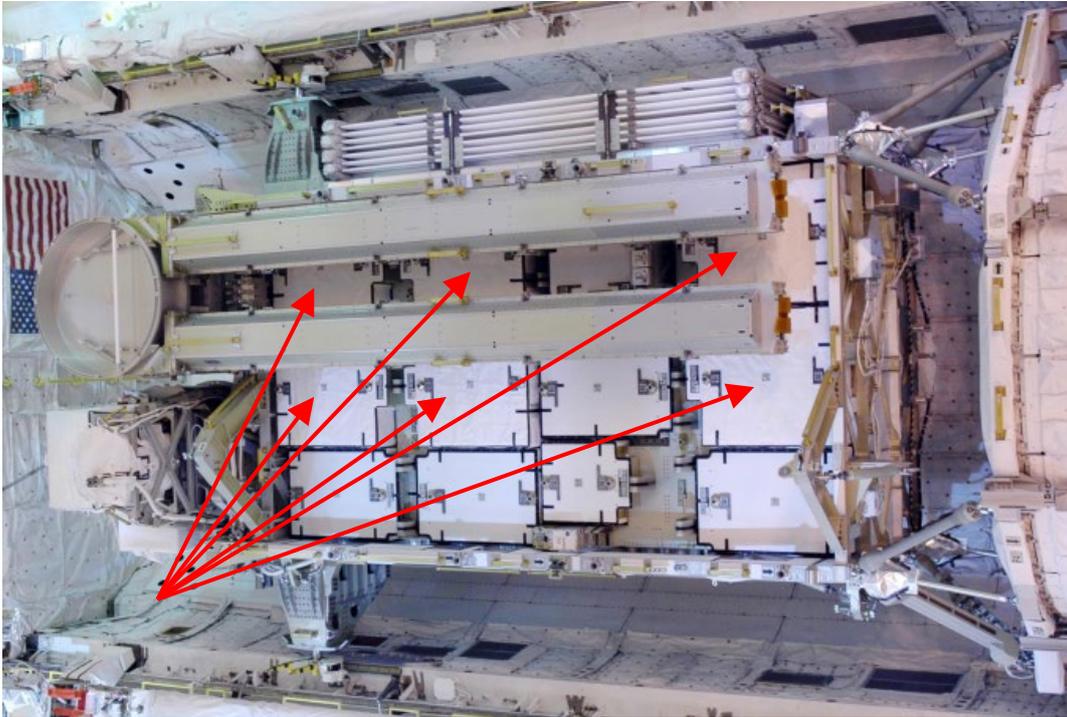


図 4.2-5 スペースシャトルに搭載された P4 トラス上の 6 台のニッケル水素 (Ni-H₂) バッテリ

©JAXA/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>

ISS計画の初期段階では、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、7号機まではISSのロボットアーム（SSRMS / SPDM）を地上から操作し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半分の2回にまで削減できるようになっていました。

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ます。

※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に、電氣的に接続するアダプターです。

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。

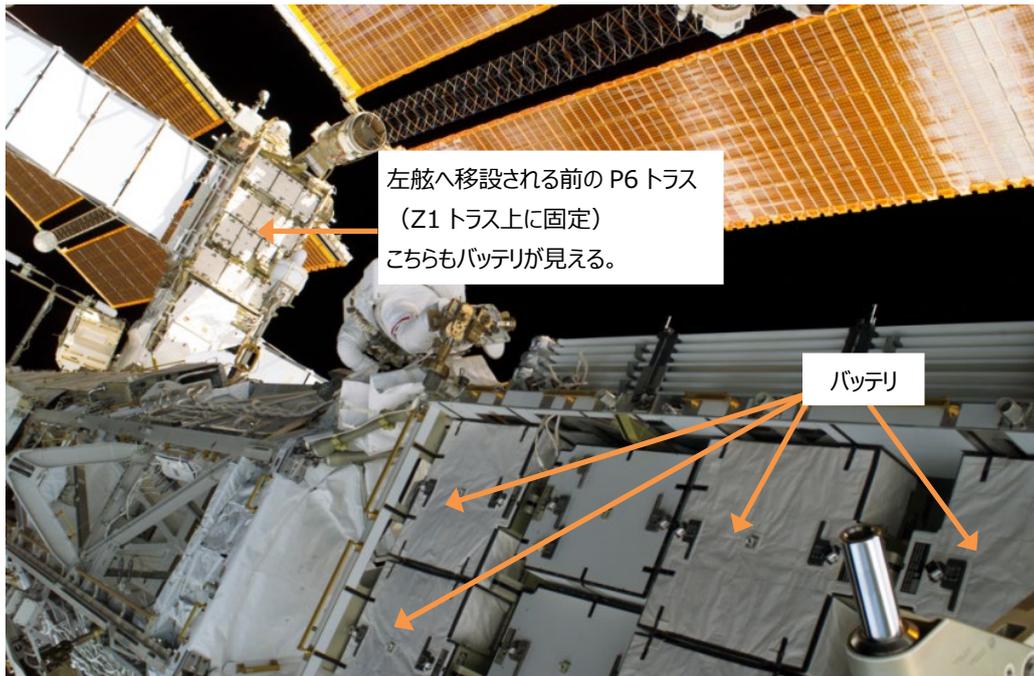


図 4.2-6 バッテリー交換場所付近で船外活動を行うクルー（STS-115 ミッション） ©JAXA/NASA
<http://spaceflight.nasa.gov/gallery/images/shuttle/sts-115/html/s115e05704.html>

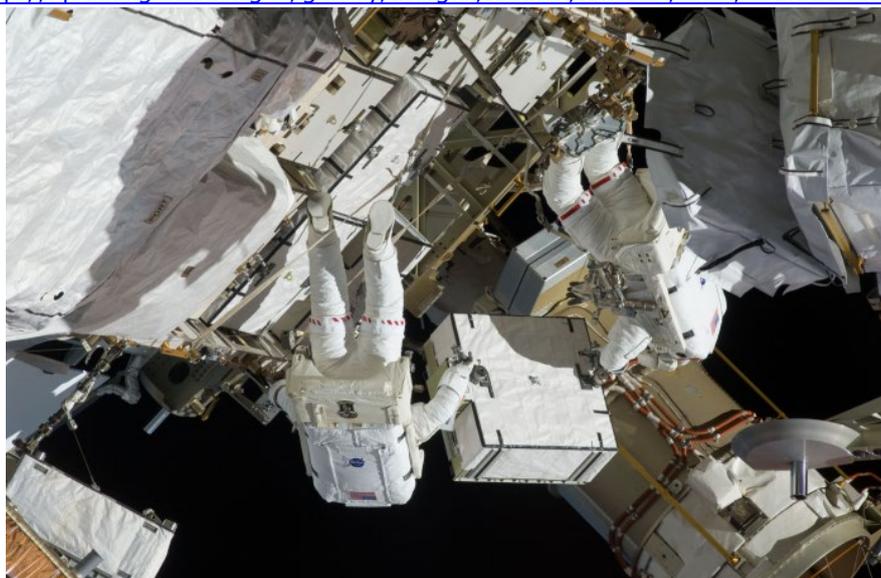


図 4.2-7 STS-127 ミッション時に行われた船外活動によるバッテリー交換作業の様子 ©NASA
<https://www1.grc.nasa.gov/space/iss-research/international-space-station/sustaining-engineering-of-eps-hardware/>

5. 新型宇宙ステーション補給機（HTV-X）の開発

～ 地球低軌道（LEO）の利用 ～

現在、「このとり」の運用終了後のISSへの物資補給や国際宇宙探査/ポストISSへの活用等を目的とした新型宇宙ステーション補給機（HTV-X）の開発を進めており、「このとり」8号機、9号機では、そのHTV-Xにて用いる技術を先行投入し、事前検証を行います。

HTV-Xでは、そのミッション要求を以下のとおり分類しています。

(A) ISSへの物資輸送要求

- HTVの物資輸送能力と運用性を向上するとともに、機体コスト及び運用コストの費用対効果を最大化すること。これにより、2024年までのISS計画への参加のために我が国が義務として分担すべきISS共通システム運用経費（CSOC）の分担に効率よく対応すること。

(B) 発展化要求

a. 技術実証ミッション

- ISSへの物資輸送の機会を活用して、HTV-Xを技術実証のためのプラットフォームとして用い、先進的技術の実証を行うこと。

b. 国際宇宙探査/ポストISSへの活用

- 開発するHTV-X全体もしくは主要部の技術が、国際宇宙探査やポストISSにおける有人宇宙活動等の将来ミッションに活用できること。

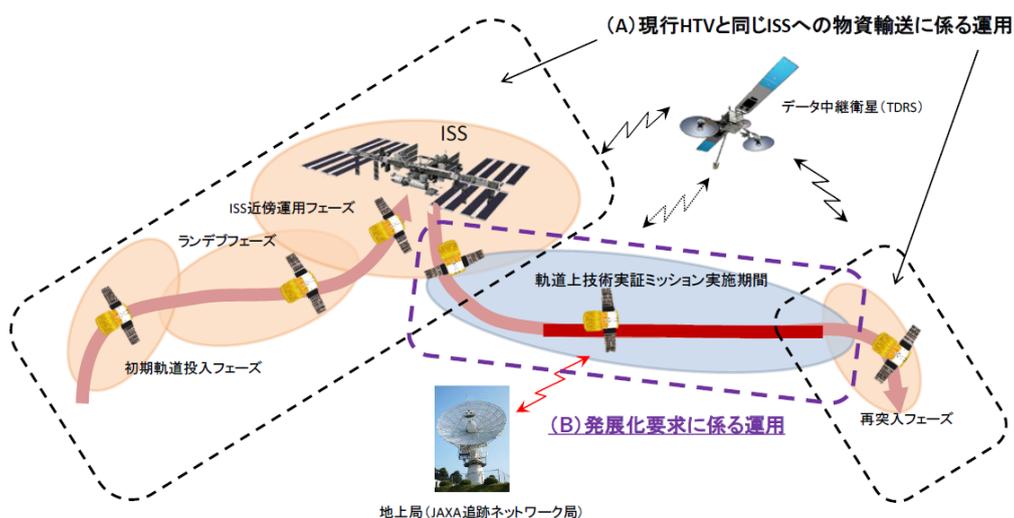


図 5-1 HTV-X の運用概要 ©JAXA

出典：新型宇宙ステーション補給機（HTV-X（仮称））プロジェクト移行審査の結果について

http://www.jaxa.jp/press/2017/12/files/20171206_HTV-X.pdf

HTV-XをISSへの輸送手段としてだけでなく、将来の技術実証の場として活用する背景として、現在の国際的な宇宙探査の議論や、将来の地球低軌道（LEO）の活用を見据えた議論があります。

各国宇宙機関が参加する国際宇宙探査協働グループ（ISECG）では、ポストISSの国際有人宇宙探査に向け、月面探査及び月近傍の有人拠点（Gateway）の構想が議論されており、我が国でもGatewayへの参画について検討を進め、国際調整を含む活動を行うとともに、当面の国際宇宙探査シナリオを検討しております。

また、ISS計画を含む有人宇宙活動については、2024年度までのISSの利用を継続するとともに、低軌道における有人宇宙活動の在り方について整理することとなり（図5-1）、検討を進めているところです。

「低軌道における2025年以降の我が国の有人宇宙活動の在り方について、各国の検討状況も注視しつつ、民間活力の積極的な活用も含めて、月軌道での活動計画等を踏まえて2019年度に整理する。」（宇宙基本計画工程表（2018年12月11日）より）

【参考】宇宙基本計画工程表（平成30年度改訂）平成30年12月11日宇宙開発戦略本部決定 https://www8.cao.go.jp/space/plan/plan2/kaitei_fy30/kaitei_fy30.pdf

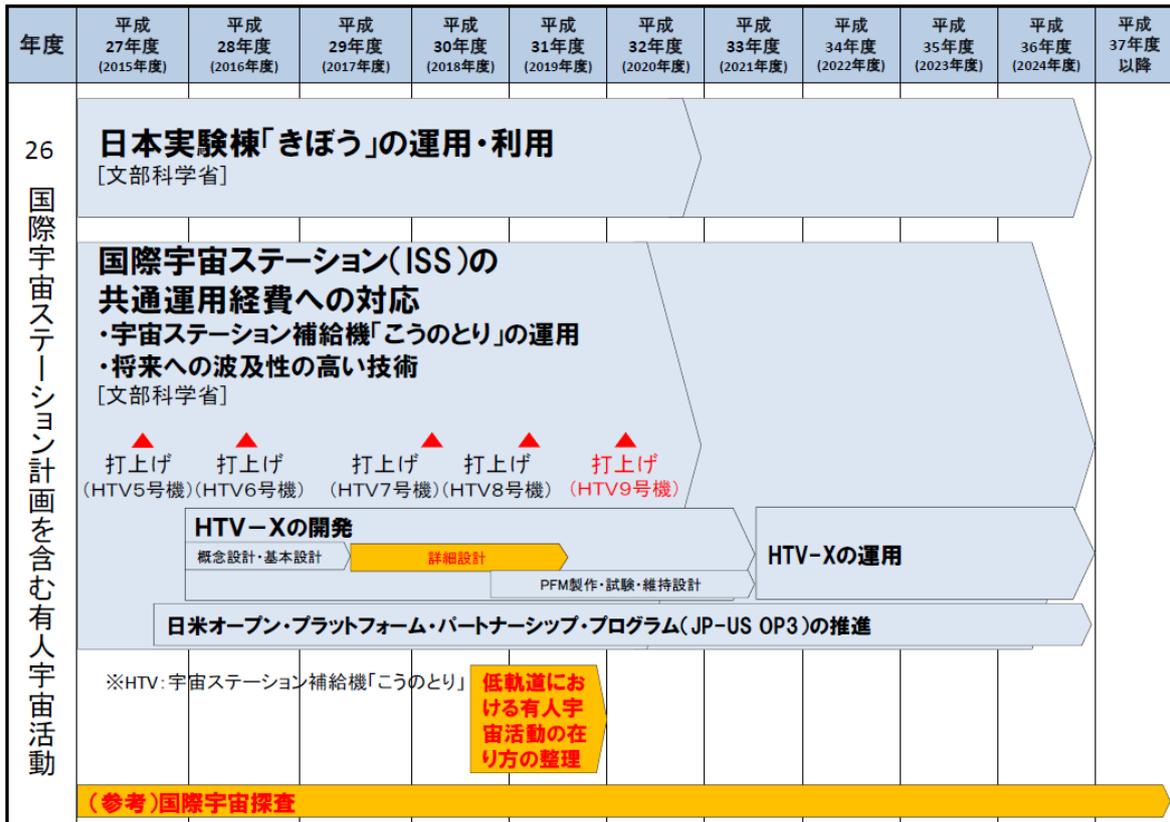


図 5-2 宇宙基本計画工程表抜粋

出典：宇宙基本計画工程表（平成30年度改訂）

https://www8.cao.go.jp/space/plan/plan2/kaitei_fy30/kaitei_fy30.pdf

■ 今後の取り組み方

(1) 地球低軌道（LEO）利用の民間事業化の促進

- ・ 「きぼう」事業の民間開放の取組の促進
- ・ 超小型衛星放出の利用事業については、民間企業2社に移管済。今後、民間開放の範囲を拡大。さらに、2019年3月に船外プラットフォームの利用サービスを民間事業者に開放。
- ・ 民間事業者等との共創により事業化を目指す、JAXAの新しい研究開発プログラム「宇宙イノベーションパートナーシップ（J-SPARC）」において、地球低軌道有人活動における事業提案受付を開始。従来の研究開発主体利用に加え、民間企業等のニーズに沿った多様な利用創出を目指す。

(2) ISSを国際宇宙探査に繋がる自立的な技術と機会の確保の場として利用

- ・ 自立的な輸送機会を活用した将来の探査に繋がる技術獲得や、発展性を確保
- ・ ランデブドッキング技術、軌道間輸送技術（HTV-Xを活用）
- ・ 有人滞在技術、自動化・自律化技術等（「きぼう」を活用）
- ・ 日本人宇宙飛行士の月面探査に向けた技術蓄積・人材育成
- ・ ISSを活用した飛行士の技術・経験の蓄積及び地上の訓練・支援技術をもつ人材の育成

(3) 成果最大化の取り組み

- ・ HTV-Xの開発・運用
- ・ ISS運用に係る年間経費で大きな割合（約7割）を占める物資輸送経費（HTV/H2B）について、システムの簡素化と搭載効率の向上で、費用対効果を最大化。
- ・ 多彩な分野で利用成果の獲得推進
- ・ 利用経費を拡大することなく、科学研究・技術実証だけでなく、民間利用・国際貢献など多彩な分野で利用成果の獲得を促進。
- ・ 米国を始めとする宇宙主要国（5極）の中でのアジア唯一のISS計画参加国としてのプレゼンス維持と拡大。
- ・ インド、UAEなどが有人宇宙飛行に取り組もうとする中、技術と信頼性で優位性を確保し、日本のプレゼンスを拡大していく。

【参考】宇宙政策委員会 宇宙産業・科学技術基盤部会資料（2018/10/16）
<https://www8.cao.go.jp/space/committee/27-kiban/kiban-dai42/pdf/siryou1-2.pdf>

このように、様々な観点で地球低軌道（LEO）活動の継続は、極めて重要であると考えています。

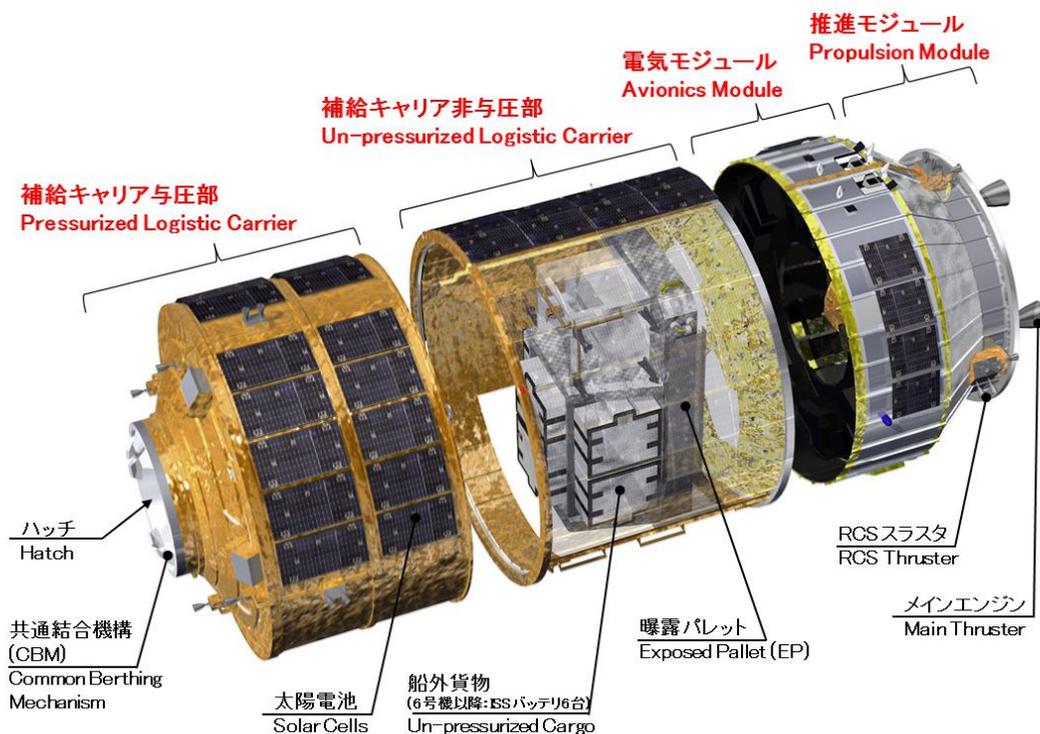
**「こうのとりの」は地球低軌道活動を支えることで、
人類の地球文化圏の活動の発展に寄与します**

Blank ページ

付録1 「こうのとり」の構成

「こうのとり」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」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」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トン	
	与圧部：船内物資 最大約4.1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1.9トン（6号機から増強） （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」ミッションの実績

※日本標準時

	1号機 技術実証機	2号機	3号機	4号機	5号機	6号機	7号機
打ち上げ日	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	2016年12月9日	2018年9月23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	2017年2月6日	2018年11月11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	約3.9トン	約4.3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	約1.9トン	約1.9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	約5.9トン	約6.2トン
ミッション期間	53日間 (計画37日)	67日間 (計画37日)	56日間 (計画49日)	35日間	42日間	59日間	49日間
ランデブ飛行期間	7日間	6日間*3 (計画7日間)	7日間	6日間	6日間	5日間	5日間
ISS滞在期間	43日間 (設計要求は30日)	59日間*4 (HTV2以降設計 要求は45日)	47日間	26日間	34日間	44日間	41日間
離脱・再突入期間	3日間	2日間	2日間	3日間	2日間	10日間 (KITE運用実施)	3日間 (小型回収カプセル 運用実施)

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 悪天候で打ち上げを2日延期した関係で短縮しました。

*4 STS-133の打ち上げ延期に伴い、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（Cargo Transfer Bag: 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

<http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=4a4666027c104d44c93eb635474c3837>



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 ©NASA

<http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=07f8dd46cf4c76fc997346f67d74d98>

(右) 2号機 ©JAXA/NASA

<http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=15e3927ac2cc2e7826c5ad5df1d2ccfe>

8号機では、HTV-Xのために開発している物資搭載用ラックを採用し、搭載能力の向上の実証や地上及び軌道上でのオペレーションの評価を行います。



図A1.1-3 「こうのとりの」8号機内部の写真 ©JAXA

<http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=615a16142503acacae92c7e3a48477bd>

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、打ち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」がISSに結合する際にISSのロボットアーム（SSRMS）で「こうのとり」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

（左） <http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=564c9d2ba0fee7f53ec927631df1332>

（右） <http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=602d2cf6010c8c583e78f849575f8c47>

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、SSRMS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

<http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=bd5d4b8361338dad4483b7e4be375421>

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、「こうのとりの」打ち上げ時に曝露パレットを安全に固定します。SSRMS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。

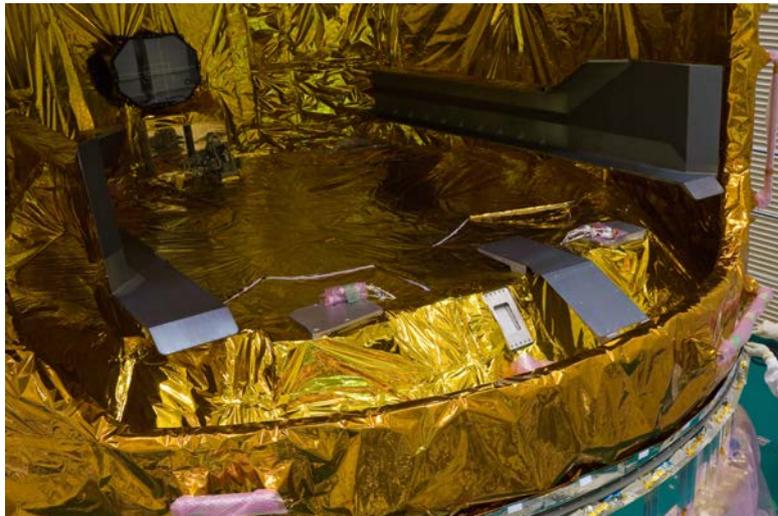
● ハーネス分離機構（Harness Separation Mechanism: HSM）

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

SSRMS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） ©JAXA

<http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=cb2f91932a8faca353d97cde3e829d5f>

（下）【参考】曝露パレットのローラー（2号機） ©JAXA

<http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=eaa20f051a3b3f994addfea83300a7d6>

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、「このとり」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、打ち上げから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



HEFU (HTV Exposed Facility Unit)

図A1.3-1（2/2） 曝露パレット（5号機用のEP） ©JAXA

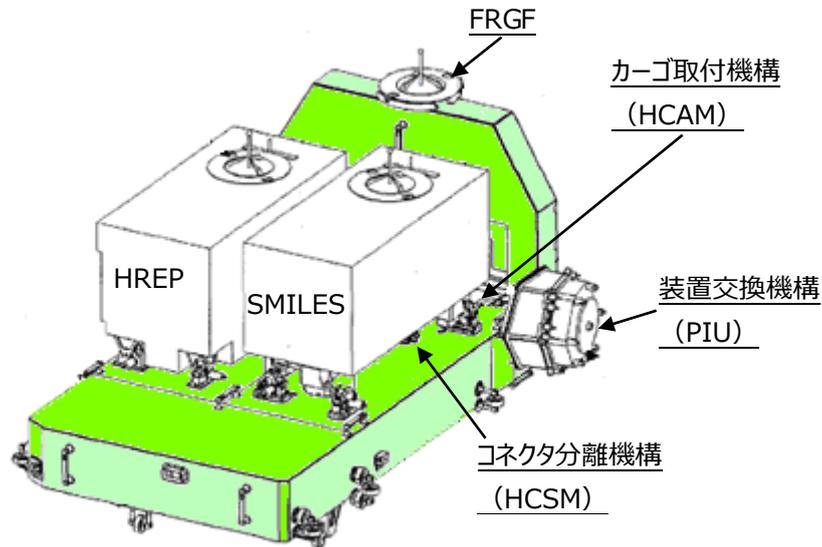
（5号機では、「きぼう」の曝露ペイロードを回収・廃棄するための固定機構としてHEFUを初装備した）

<http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=500c34bea467ff2fb3c345372e4b4140>

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）。

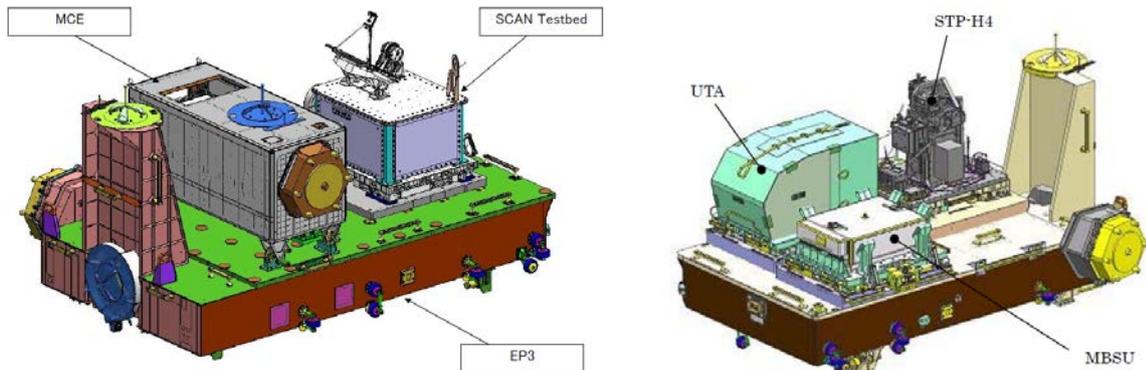


図A1.3-2 「きぼう」船外実験プラットフォーム係留専用型（I型）
（図は1号機のコンフィギュレーション） ©JAXA

● 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のモービル・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。モービル・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号から始まったバッテリーORUの輸送では6台の搭載（離脱時は9台）ができます。



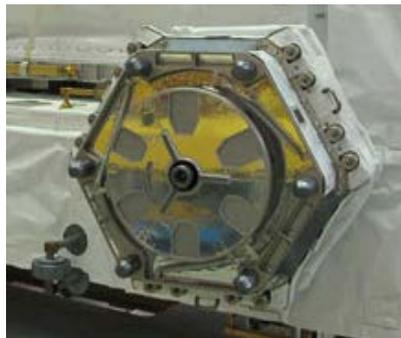
図A1.3-3 多目的曝露パレット型（EP-MP型）（左：3号機、右：4号機） ©JAXA

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

<http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=568d3919074c1f3893369cbdf3c934a9>

● カーゴ取付け機構（HTV Cargo Attachment Mechanism: HCAM）

カーゴ取付け機構は、曝露パレットに船外実験装置を固定する機構で、船外実験装置の四隅を固定します。

● 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。

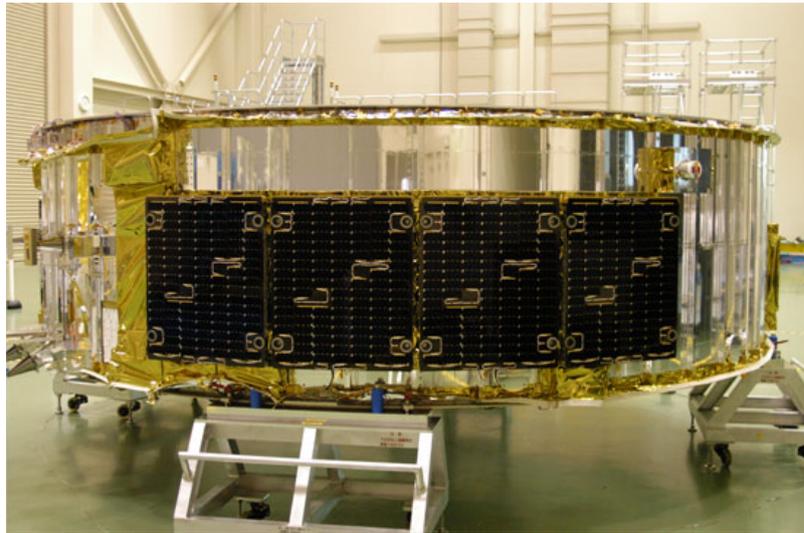
● JAXAバーシングカメラシステム（JAXA Berthing Camera System: JBCS）

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。

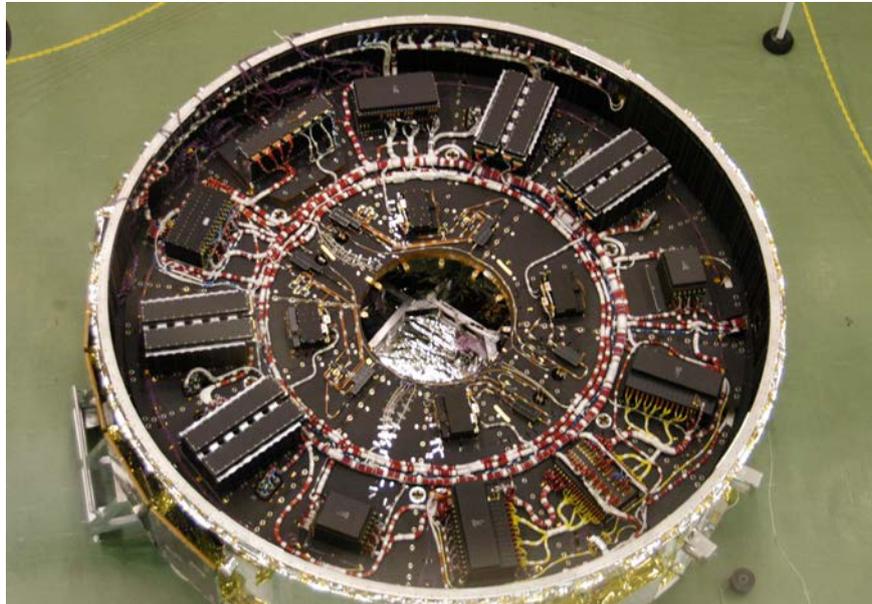
なお、7号機までは外国（カナダ）製のHTVバーシングカメラシステム（HTV Berthing Camera System: HBCS）を搭載していましたが、8号機から日本の国産品であるJBCSに置き換えました。

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」航法制御を行います。また、「こうのとりの」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
<http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=8516f9d98af0f8832862165e6fc7151b>



図A1.4-2 電気モジュールの内部（1号機） ©JAXA
<http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=d5f4e6544dbccd88de44a929ecf3d4af>

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

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力し、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(7号機まで)/スタートラッカ(8号機以降)、誘導制御コンピュータ、アポ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との相対位置誤差を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、宇宙飛行士がISSとの通信回線を接続するまで使用。
<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）5個と、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>  <p>©JAXA</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 「こうのとり」8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号機以降 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：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） <p>注）初号機では6枚。段階的に削減し、6号機以降は0枚</p>

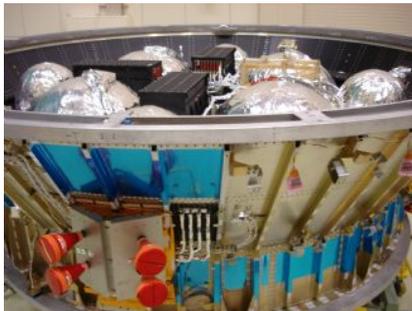
* <http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=3f10b6694e7bc97f1bb4a450368b6c27>

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razin（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）



図A1.5-2 推進薬タンク ©JAXA

<http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=2c34a230a106f2139a78e5f78ddb4ec8>

©JAXA <http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=850663a6a6bf3a3d2cfaa5c02216e5b0>



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）

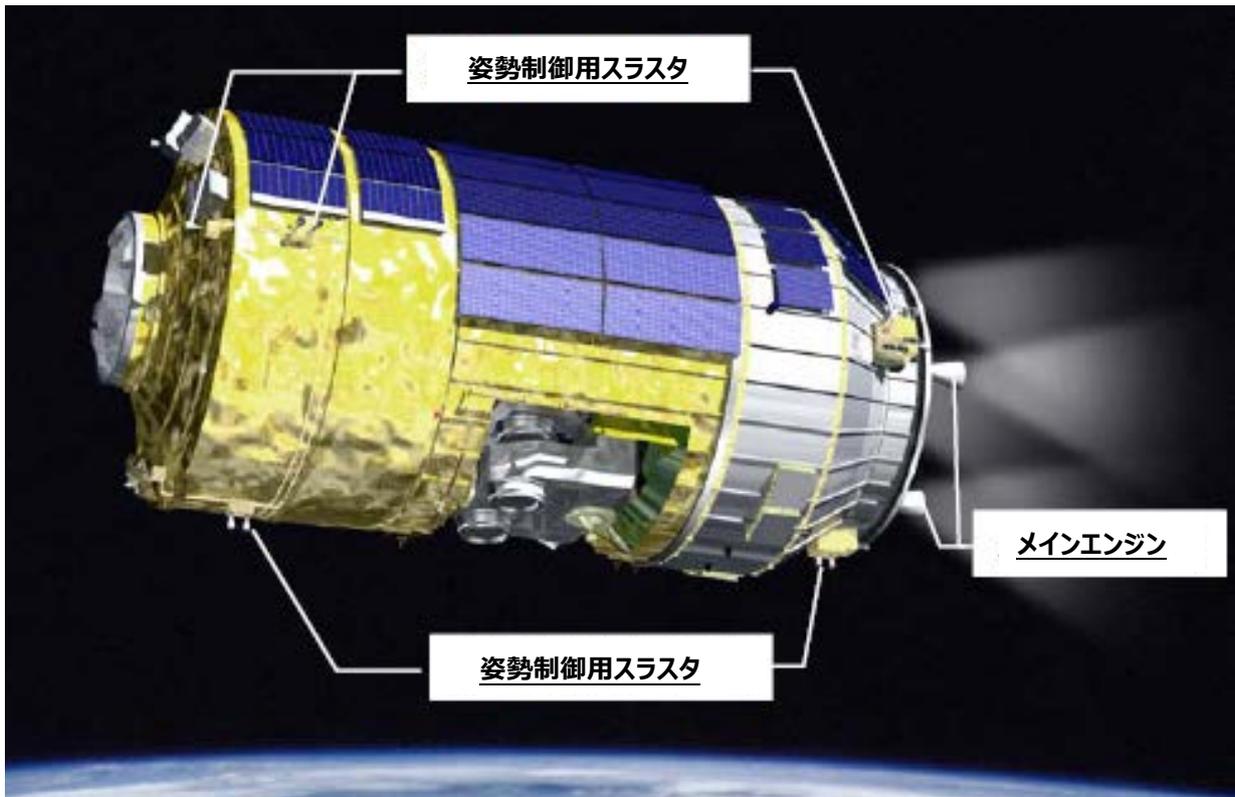
<http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=b3fc749ade2ff12e8a5457a95dc6630b>

表A1.5-1 「このとり」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	IHIE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 500N (ニュートン) (1, 2, 4号機)	IHIE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 120N (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

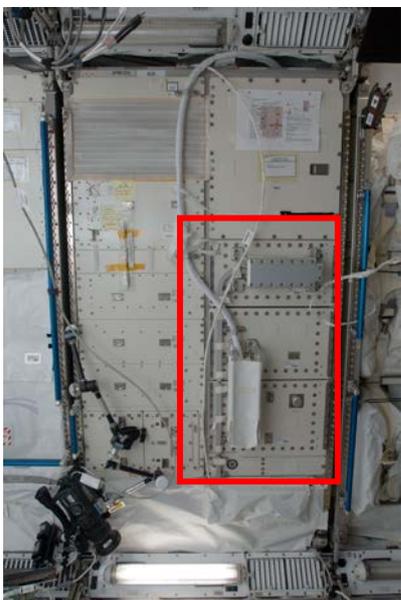
<http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=1f0f33534b95cdcc2587e528cdd98f51>

A1.6 近傍通信システム（PROX）

「このとり」近傍通信システム（Proximity Communication System: PROX）は、「このとり」がISSと通信するための、「このとり」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」船内保管室の天井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。

図A1.6-1 PROX通信機器 ©JAXA/NASA

<http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=186908a1f2edf1e054b8c9fb59c08058>



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

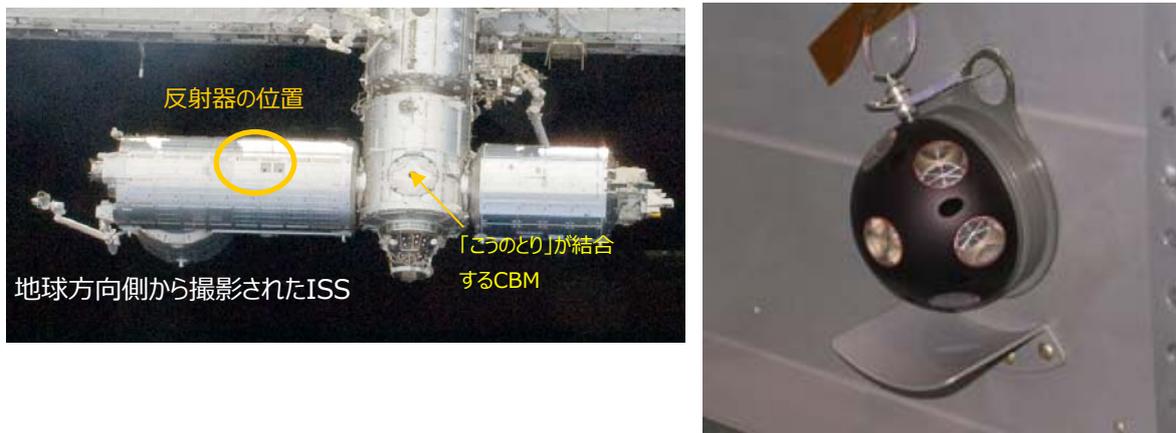


図A1.6-2 PROX通信アンテナ ©JAXA/NASA

<http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=b8248e8a48c474575dd986a767145894>

A1.7 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。「こうのとり」がISSの下方（地球方向）から接近する際に「こうのとり」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することで、ISSと「こうのとり」の間の距離を測定します。



図A1.7-1 「きぼう」に設置された「こうのとり」用の反射器
（左）©JAXA/NASA （右）©JAXA

A1.8 【参考】ISS補給機の比較（2019年8月現在）

	「こうのとり」HTV (日本)	Cygnus (米国 Northrop Grumman Innovation Systems社)	Dragon (米国 SpaceX社)	ATV (欧州)	Progress-M/MS (ロシア)
補給機	 ©JAXA/NASA	 ©JAXA/NASA	 ©NASA	 ©NASA	 ©NASA
運用期間	2009年～	2013年～	2012年～	2008～2015年退役	1978年～
ISSへの補給実績	7回成功/7回	11回成功/12回	18回成功/19回	5回成功/5回	71回成功/73回
総重量	16.5トン	増強後 ^{*1} 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	約6トン	増強後 ^{*1} 2.4（～3.5）トン	補給 約2～3トン ^{*2} 回収 約2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バッグ ^{*3} 程度まで 輸送可 【0.9m x 0.9m】	ラックの搭載は不可 【1.3m x 1.3m】	トリプルサイズCTB（Cargo Transfer Bag）： 749mm x 425mm x 502mm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」 船外実験装置等の大型物資輸 送可	×	○ (通常500-600kg)	×	×
ISSの軌道変更 ISSへの燃料補給	×	△/×（実証実験段階） OA-9より軌道変更能力追加	×	○	○
将来計画	9号機で終了。HTV-X開発中	船外物資も運べるよう改良中	Dragon 2開発中	—	未定

*1)4号機以降搭載能力を増強（括弧内はアトラスV、アンタレス230での打ち上げ時）、*2)船外物資込みでの補給能力、*3)M01バッグ：749mm x 897mm x 508mm

付録2 「こうのとり」（HTV）の運用概要

「こうのとり」ミッションの運用概要を以下に示します。

FD 1（飛行1日目）の運用

- ・ 打ち上げ/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

● 打ち上げ/軌道投入

「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、打ち上げ機会は1日に1回となります。



H-IIBロケットの機体移動と打ち上げ（2号機） ©JAXA

（左） <http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=6966691c711c386ca17aec99ea8da9ea>

（右） <http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=844fae518b542e67d05bf3a4721dd7ec>

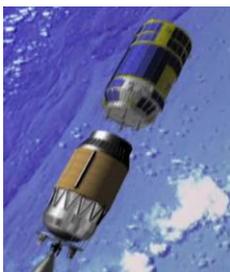
打ち上げから約2分後に計4基の固体ロケットブースタ（SRB-A）が2基ずつ分離され、その後フェアリングが分離されます。第1段エンジンの燃焼を停止した後、第1段が分離されます。その後第2段エンジンが始動され、「こうのとり」を高度200km×300km、軌道傾斜角51.7度の所定の楕円軌道に投入します。第2段エンジンは打ち上げの約14分後に停止し、打ち上げから約15分後に「こうのとり」を分離します。



フェアリング分離* ©JAXA



第1段分離* ©JAXA



第2段分離* ©JAXA

● 軌道投入後の運用

「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。

* <http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=4b2cf6d32595484d10087126940f212e#>

ランデブ運用

- ・ ランデブ用軌道制御

- ランデブ用軌道制御

約4日間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」6号機 ©JAXA/NASA

<http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=0e808d587073f2fa7f78e1b581292922>

近傍運用

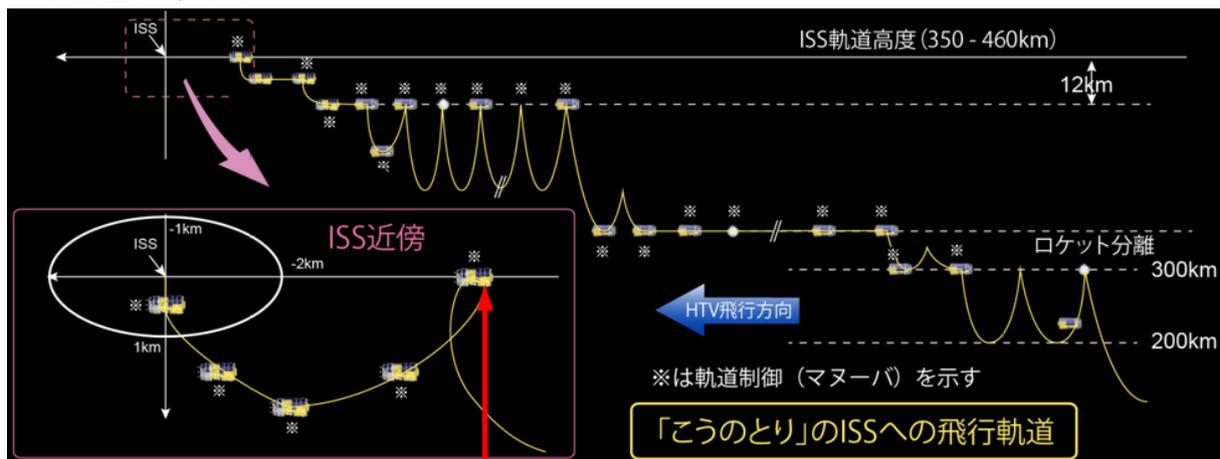
- ・ 近傍運用
- ・ ISSへの最終アプローチ
- ・ ISSのロボットアームによるキャプチャ（把持）
- ・ ハーモニー（第2結合部）下側の共通結合機構（CBM）への結合
- ・ 結合部の艀装（配線・ケーブル設置等）
- ・ 係留電力系起動、通信経路の切替（電波→有線）など

● 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」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」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。



接近開始点 (AI)

©JAXA

http://issstream.tksc.jaxa.jp/iss2/press/150701_HTV5_material_for_press_a.zip

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「こうのとり」運用管制室との統合運用が開始されます。「こうのとり」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）

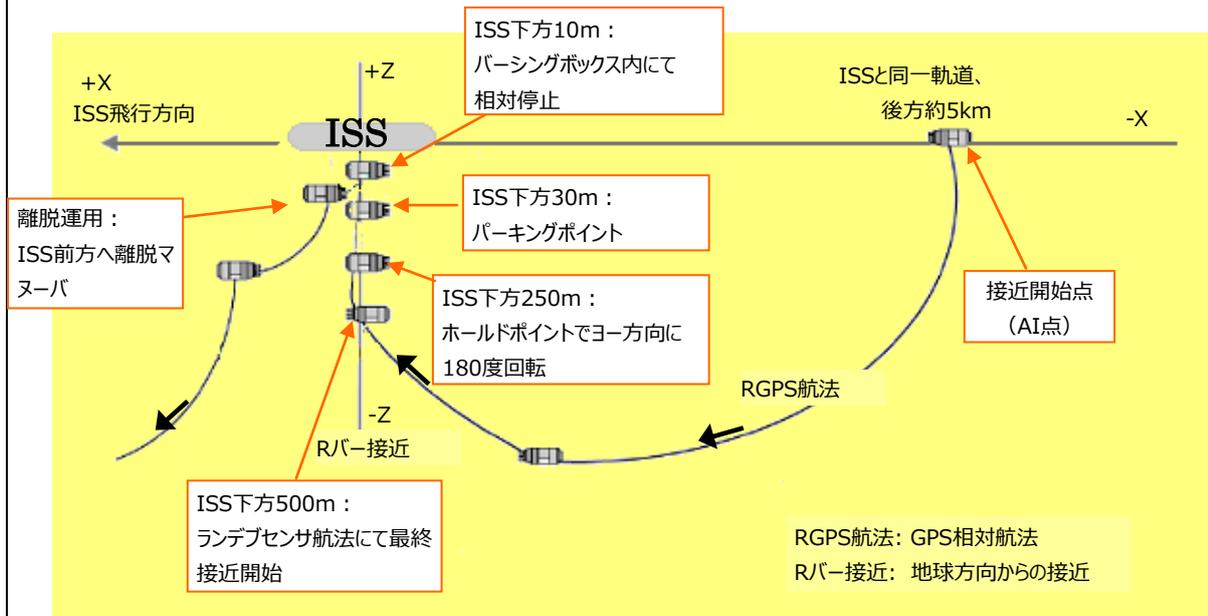
AI地点到達前にISSミッションコントロールセンターから接近許可を得て、「こうのとり」はAI地点到達後に連続してAI軌道制御（マヌーバ）を実施します。

「こうのとり」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。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。

近傍運用（続き）

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に、緊急事態が生じた場合には、ISSクルーが相対位置の保持（HOLD）、一時後退（RETREAT）、強制退避（ABORT）などのコマンドを送信して「このとり」を制御することができます。

なお「このとり」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「このとり」をISSの前方に退避させるために実施するものです。



©JAXA

http://iss.jaxa.jp/htv/mission/htv-1/library/presskit/htv1_presskit_jp_a.pdf

- ISSのロボットアームによるキャプチャ（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」のグラブルフィクスチャ（FRGF）を把持します。



「このとり」の把持（4号機） ©JAXA/NASA

FRGF ©JAXA/NASA

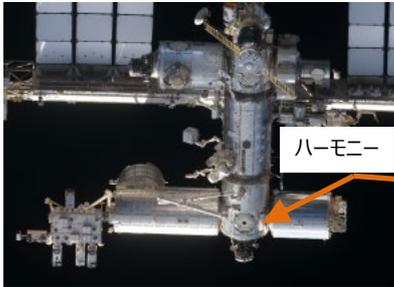
(左) <http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=cc45ef050003fe882cad1e41a4b37ddc>

(右) <http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=b1c22aa948ce507e6fd42ccb0d92015b>

「こうのとり」の把持・結合運用

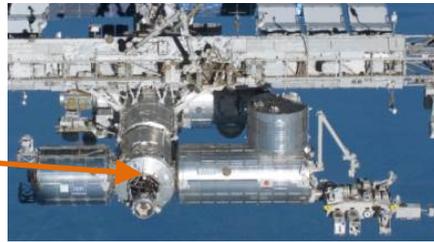
- ハーモニー（第2結合部）への結合

ISSのロボットアームで把持された「こうのとり」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。



「きぼう」（地球側から）

©JAXA/NASA



「きぼう」

©JAXA/NASA



「こうのとり」

©JAXA/NASA

(左) <https://spaceflight.nasa.gov/gallery/images/shuttle/sts-133/html/s133e006373.html>

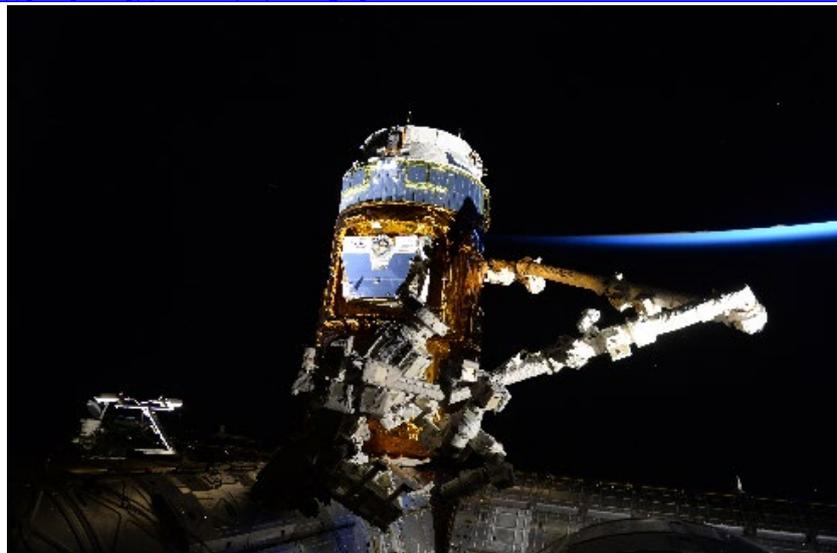
(中) <http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=83fb9b789daf08fc4b87fbb2e43da76d>

(右) <http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=1a6de2ee64a2f8f4b96c3316ffe1a25f>



「こうのとり」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） ©JAXA/NASA

<http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=ccee9141bec62b782086f35c767b7022>



ISSへ結合した「こうのとり」6号機 ©JAXA/ESA/NASA

<http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=db9df1cfbce8b1c2e525ad467e3f5b4a>

「こうのとりに」(HTV) 入室運用

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

● 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）の制御装置の格納、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「こうのとりに」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ます。



左：ハッチを開ける星出宇宙飛行士 ©JAXA/NASA

右：補給キャリア与圧部のハッチを開けて入室した油井宇宙飛行士（5号機）©JAXA/NASA

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

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

「こうのとり」入室～「こうのとり」分離前までの運用

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

- 「こうのとり」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。



食料、生活用品、実験用品などを梱包したCTB ©JAXA

http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/uchuu/017/gijiroku/_icsFiles/afieldfile/2012/03/19/1316991_2.pdf



左：4号機入室時の写真 ©JAXA/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 ©JAXA/NASA

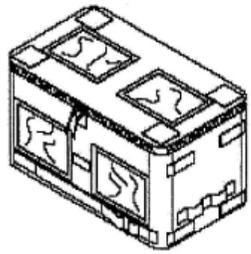
(左) <http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=d6c39cefb92f51a95b2823f2bed5c622>

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

- 搬入終了後の「こうのとり」への廃棄品の積み込み作業

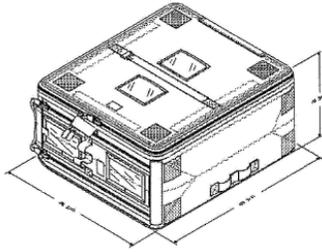
→「「こうのとり」への不要品の積み込み運用」を参照の事。廃棄品は、物資のISSへの搬入がすべて終わり、空になってから行うのではなく、搬入途中でも適宜実施していきます。

「このとおり」プレスキット (付録)



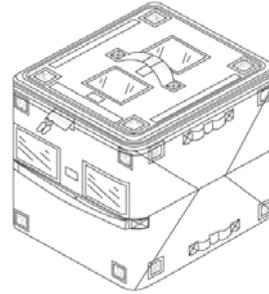
ハーフサイズCTB
(1/2 CTB相当)

248×425×235mm



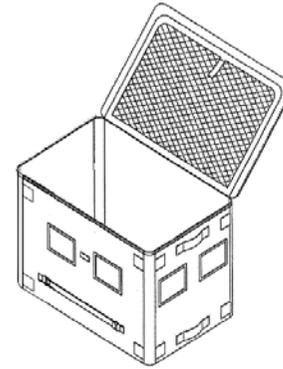
シングルサイズ (フルサイズ) CTB
(1 CTB)

標準サイズのCTB
(502×425×248mm)



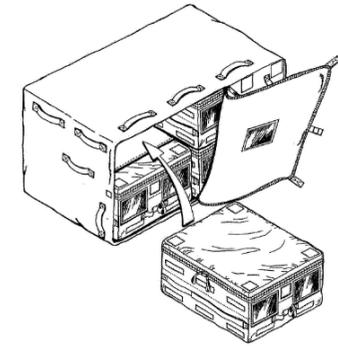
ダブルサイズCTB
(2CTB相当)

502×425×502mm



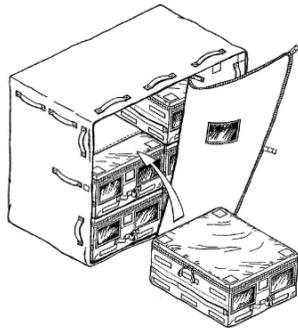
トリプルサイズCTB
(3CTB相当)

749×425×502mm



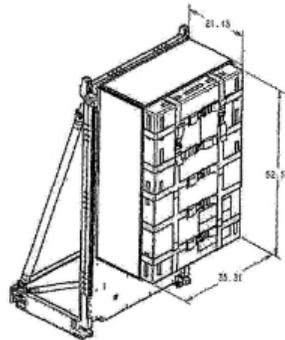
M02バッグ (4 CTB相当)

534×897×508mm



M01バッグ (6 CTB相当)

749×897×508mm以下



M03バッグ (10 CTB相当)

534×897×1335mm



HTV技術実証機の中から大型のCTBを搬出するニコール・ストット宇宙飛行士

©NASA

<http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=35e4e4e1977aa613e40c47cfa7d2bdde>

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 ©JAXA/NASA

曝露パレットの移動運用

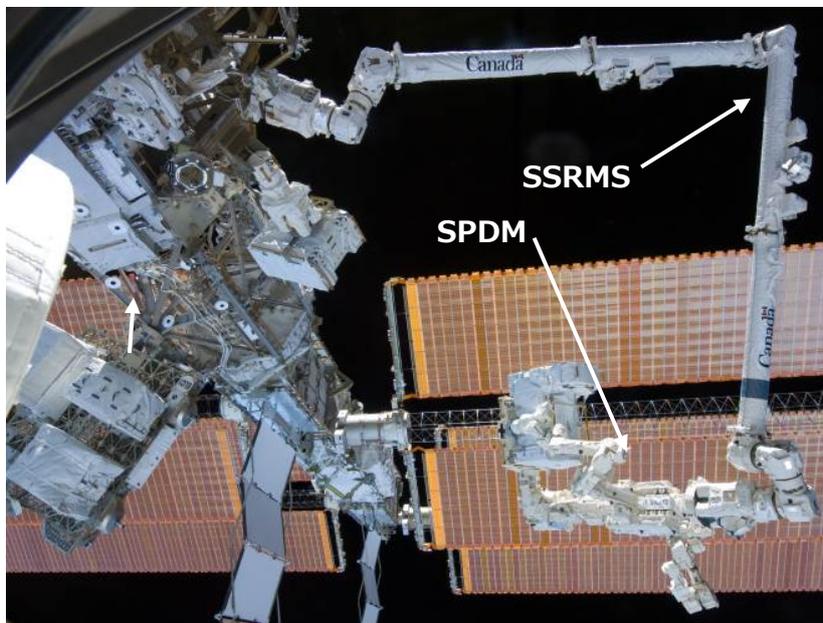
- ・ 補給キャリア非与圧部からの曝露パレットの引き出し/ISSトラスへの仮置き

- 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

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



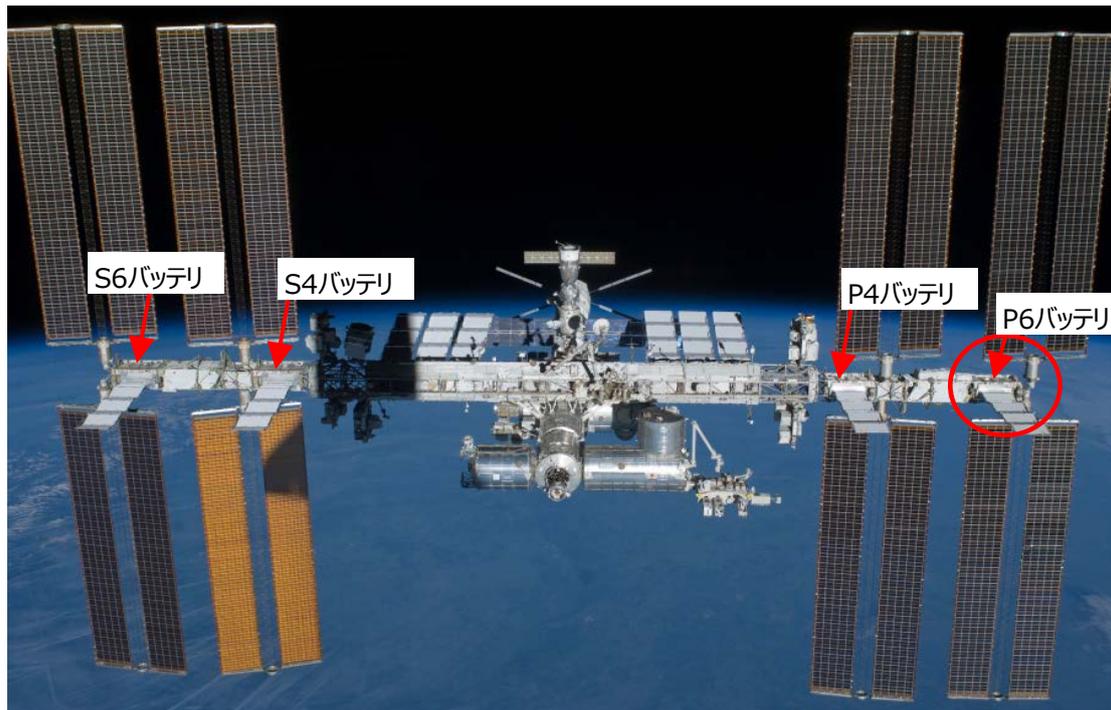
SPDM「デクスター」を使って米国の船外物資を運搬する様子 ©JAXA/NASA
(HTV2で運搬したFHRCの移動)

<http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=1c45ef572d593ea090702ac4e7f70b73>

SPDM「デクスター」とロボティクス運用

- ・ 「このとり」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

- 「このとり」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（6～9号機はこちらに該当）。
- 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。



HTV8で交換するP6トラスの位置 ©JAXA/NASA

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

曝露パレットの回収運用

- ・ 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。

- 廃棄するISSバッテリーがある場合

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します。

また、「こうのとり」8号機では「こうのとり」7号機の曝露パレットを搭載して大気圏に再突入します。



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」への廃棄品の積み込み運用

- ISSから「こうのとり」への廃棄品の積み込み

- ISSから「こうのとり」への廃棄品の積み込み

補給キャリアと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」で廃棄するために「こうのとり」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

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

ISS分離日の運用

- ・ 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」の分離

- 「こうのとり」のISSからの分離

「こうのとり」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」を把持
- 2 共通結合機構（CBM）の解除（「こうのとり」とISSの間の空気を減圧した後、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」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した後、ISS軌道からの離脱噴射を開始



6号機の放出 ©JAXA/NASA

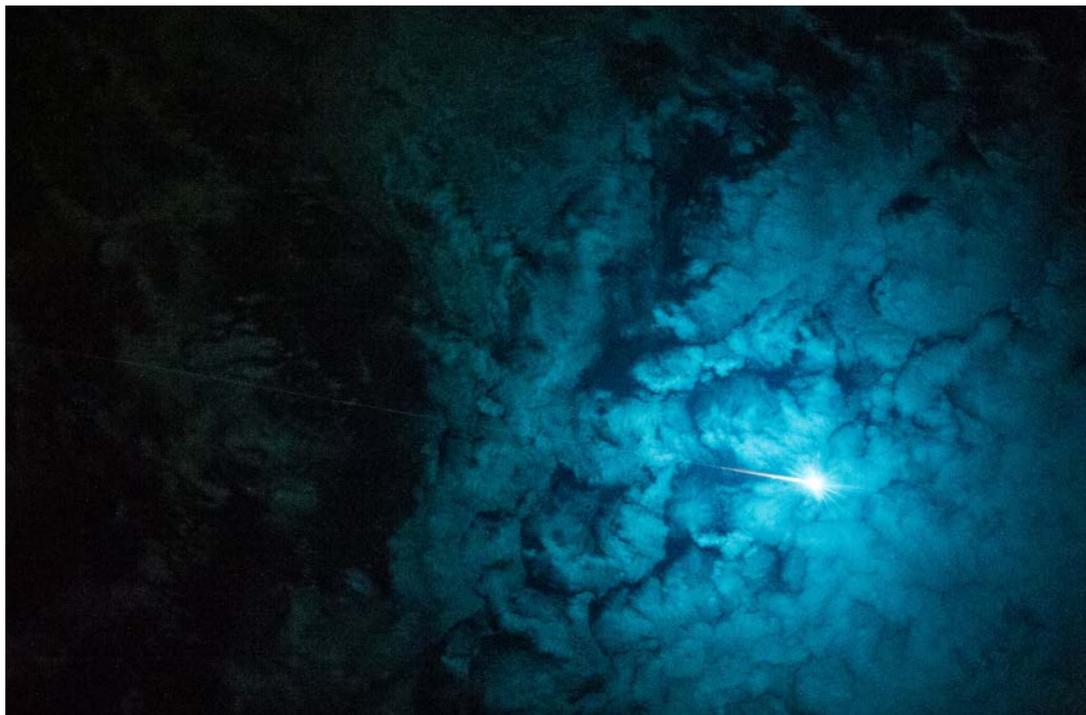
<http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=8d37014dc5ede242329f3b09405411d7>

再突入運用

- ・ 軌道離脱制御
- ・ 再突入

- 再突入

「こうのとり」は再突入のための軌道離脱噴射を実施し、大気圏に再突入します。

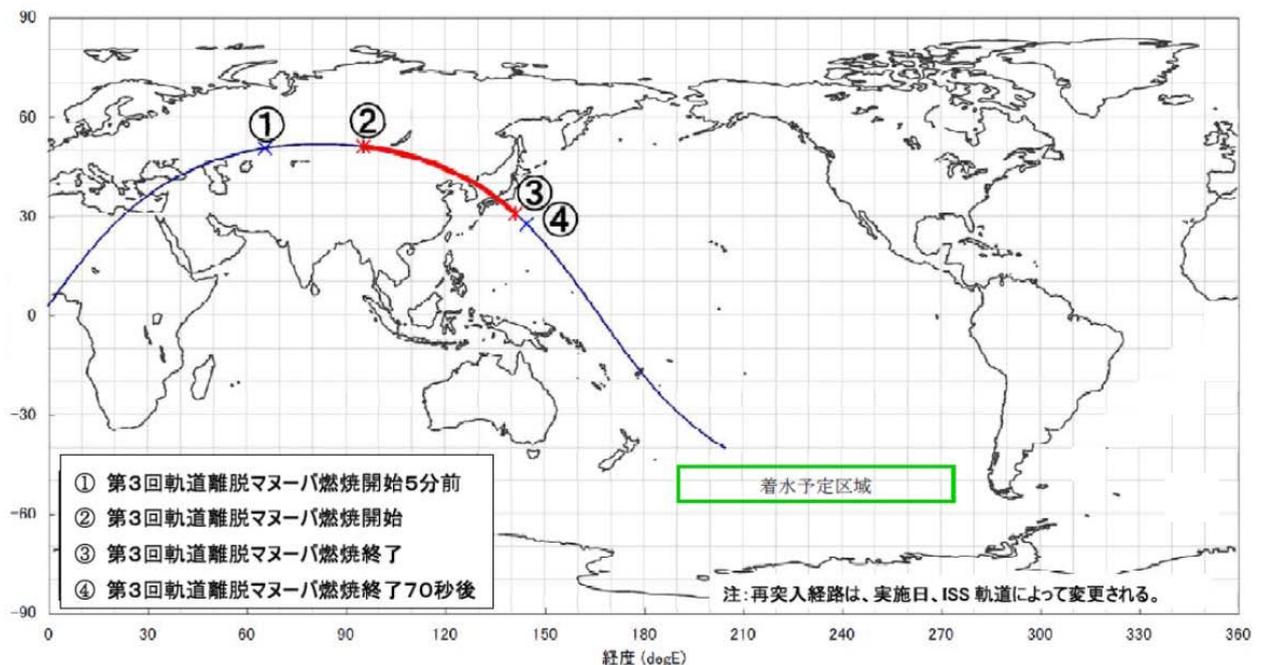


ISSから撮影した「こうのとり」4号機が再突入する様子 ©JAXA/NASA

<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」6号機までと同様に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る他、ロシアのプログレス補給船の廃棄等にも使われる、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（他国の排他的経済水域外）です。（7号機では再突入カプセルを日本近海で回収するため、「こうのとり」本体の落下海域も変わりました。）

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A2-2 「こうのとり」を再突入・廃棄する予定域（宇宙開発委員会） ©JAXA

【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

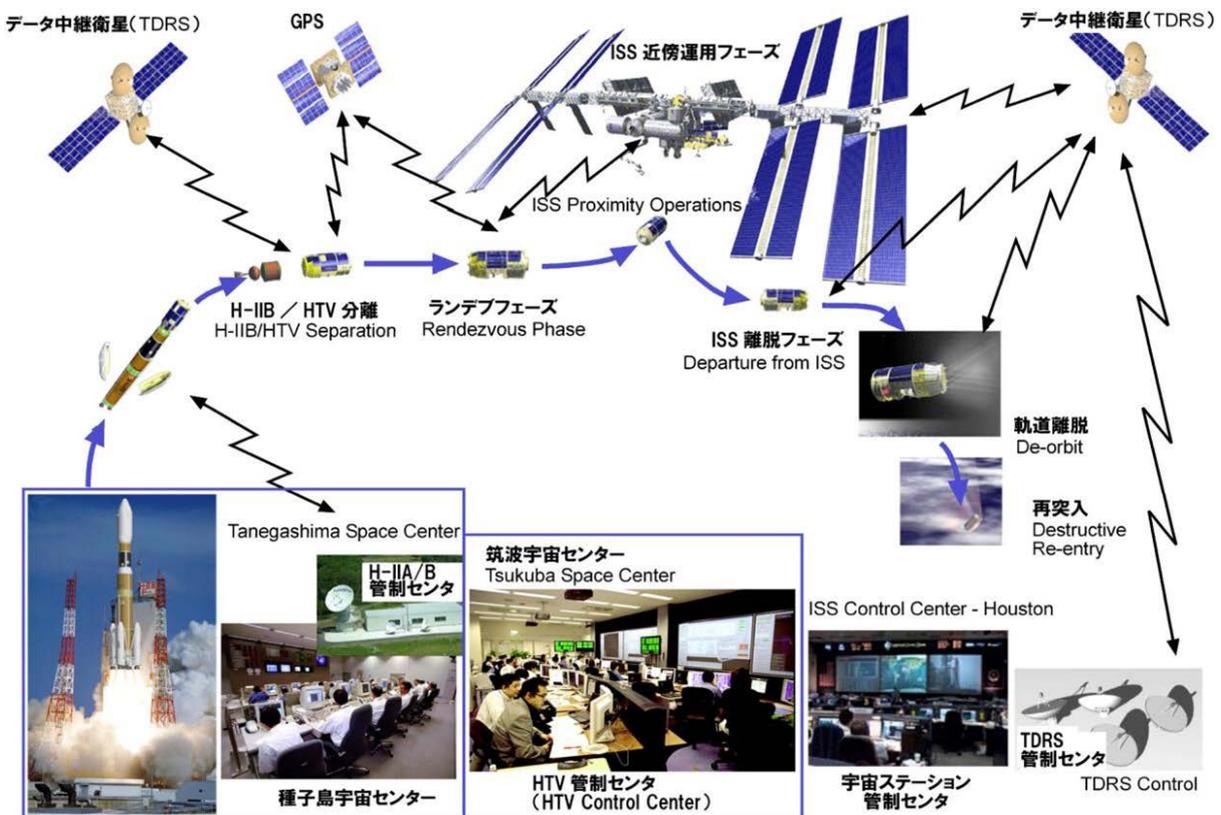
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/uchuu/reports/1321150.htm

「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」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」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A2-3 「こうのとりの」の運用管制概要 ©JAXA

http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/071/shiryo/_icsFiles/afieldfile/2014/04/24/1344413_02.pdf

国際宇宙ステーション (ISS) 搭乗員



NASA ISSミッション管制センター (ヒューストン)

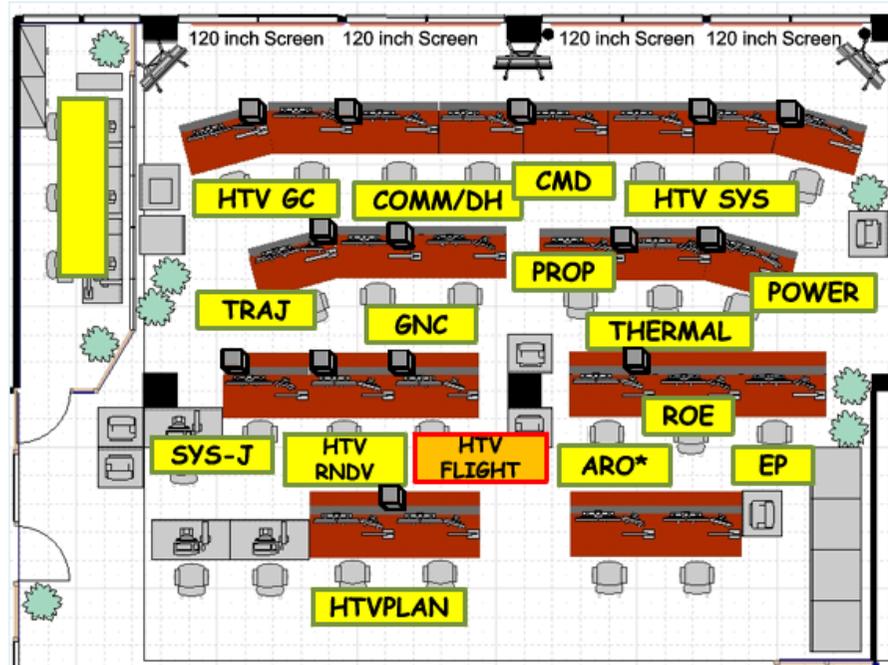
筑波宇宙センター「こうのとり」運用 (ミッション) 管制室

(左下) <https://www.flickr.com/photos/nasa2explore/28167876492/in/album-72157661396262432>

(右下) <http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=dccf189cbe63472d0f4f5b00facfd2e1>

図A2-4 「こうのとり」 (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」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A2-5 「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」/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）
AGB	Adjustable Grapple Fixture	調整可能な把持部
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	表面電位センサ（HTV4搭載）
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
CBEF-L	Cell Biology Experiment Facility-Left	細胞培養装置追加実験エリア
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

「こうのとりの」プレスキット（付録）

略語	英名称	和名称
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
ELC	EXPRESS Logistics Carrier	エクスプレス補給キャリア
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
EVA	Extra Vehicular Activity	船外活動
EVR	Extra Vehicular Robotics	船外ロボットアーム作業
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
FHRC	Flex Hose Rotary Coupler	フレックス・ホース・ロータリー・カブラ
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

略語	英名称	和名称
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）
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
HSRC	HTV Small Re-entry Capsule	小型回収カプセル
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

「こうのとり」プレスキット（付録）

略語	英名称	和名称
ICS	Inter-orbit Communication System	「きぼう」衛星間通信システム
IMMT	ISS Mission Management Team	ISS ミッションマネージメント
IMV	Inter-Module Ventilation	モジュール間通風換気
IOS	Inter-Orbit Link System 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
JBCS	JAXA Berthing Camera System	JAXAバーシングカメラシステム
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
LHP	Loop Heat Pipe	ループヒートパイプ
LHPR	Loop Heat Pipe Radiator	ループヒートパイプラジエータ
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）
LSC	Life Sciences Glovebox	米国生命科学実験ラック

略語	英名称	和名称
LSR	Life Support Rack	ESA生命維持ラック
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
MELFI	Minus Eighty degree Celsius Laboratory Freezer for ISS	冷凍・冷蔵庫
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）
nadir	—	天底
NASA	National Aeronautics and Space Administration	米国航空宇宙局
NET	No Earlier Than	～以降
NORS	Nitrogen Oxygen Recharge System	窒素と酸素を補充するためのシステム
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

「こうのとりの」プレスキット（付録）

略語	英名称	和名称
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
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

略語	英名称	和名称
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
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
SOLISS	Small Optical Link for International Space Station	小型衛星光通信実験装置
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)

「このとり」プレスキット（付録）

略語	英名称	和名称
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
WSS	Water Storage System	貯水システム
WV	Work Volume	(MSPR) ワークボリューム
ZOE	Zone of Exclusion	不可視域
zenith	-	天頂

