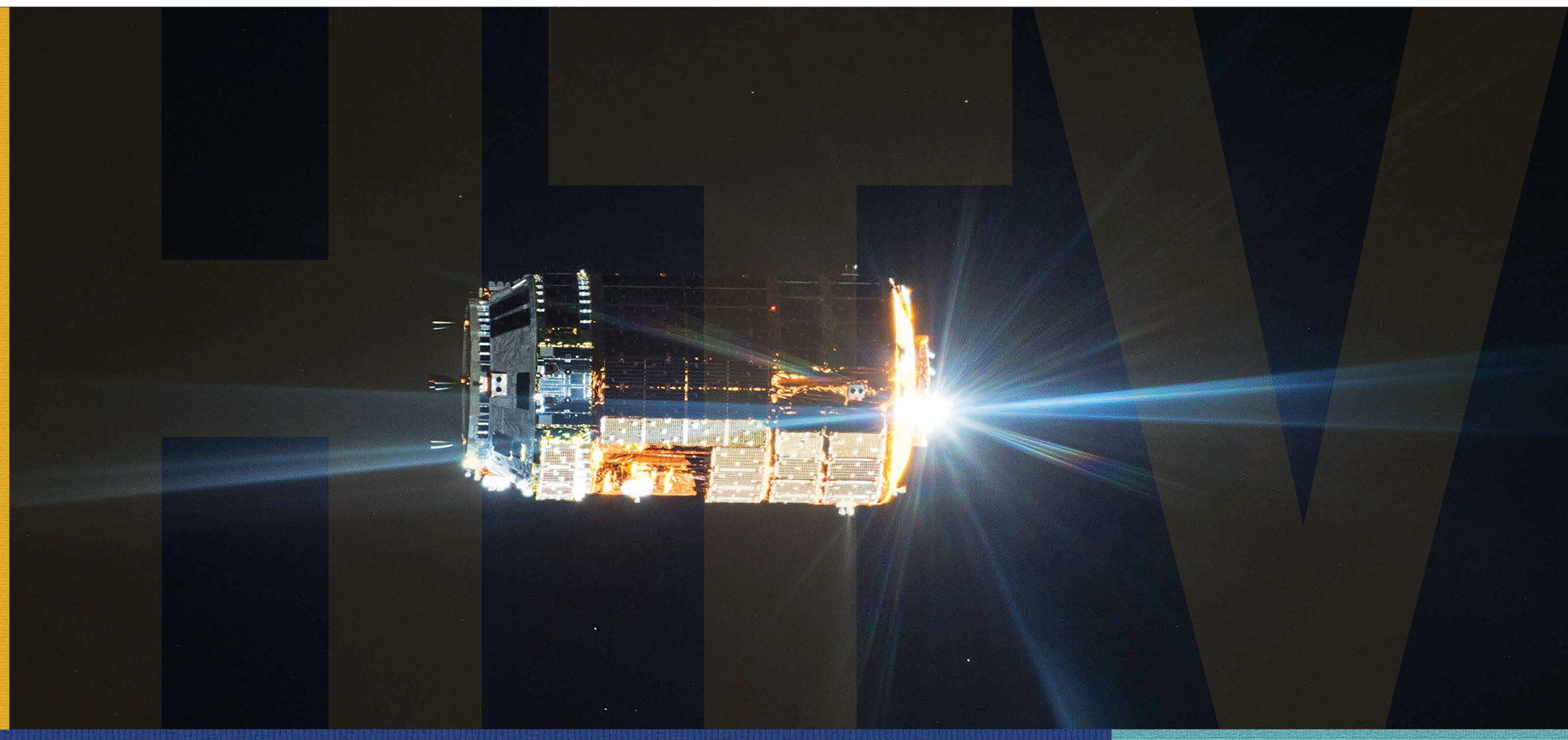
JAXA

10th

きぼう＆こうのとり
ANNIVERSARY



「こうのとり」初号機打上げ10周年記念　企画展示

宇宙ステーション補給機「こうのとり」

～世界が信頼する安全で正確な輸送技術～

2009年9月11日、今から10年前に「こうのとり」初号機が打ち上げられました。それから7号機までのミッションを100％達成し、ますますの活躍が期待されています。ISSを支え続ける「こうのとり」の輸送の流れや運用技術を紹介いたします。

「こうのとり」（ＨＴＶ）初号機 打上げ 10 周年を迎えて

「こうのとり」の構想が生まれたのは 1993 年になります。日本は、「物資を運ぶこと」で国際宇宙ステーションの運営に貢献していくことを決め、「こうのとり」の開発を始めました。その後、数々の機能試験が繰り返し行われ、2009 年 9 月 11 日に「こうのとり」初号機（技術実証機）が打ち上げられました。

「こうのとり」は、安全性の高い「ランデブ・ドッキング方式」を世界で初めて実現しました。現在では ISS への物資補給機におけるスタンダードな方式として定着しています。また、スペースシャトルが 2011 年に退役してからは、大型の船内船外物資を輸送できるのは「こうのとり」のみとなり、世界最大級の補給能力を活かして、ISS の運営には必要不可欠な存在となりました。

そして、補給能力の進化を続けながら、第 1 回目のフライトから 10 年間に渡り ISS 計画を支え、7 号機までミッション達成率 100％という実績を積み上げてきました。

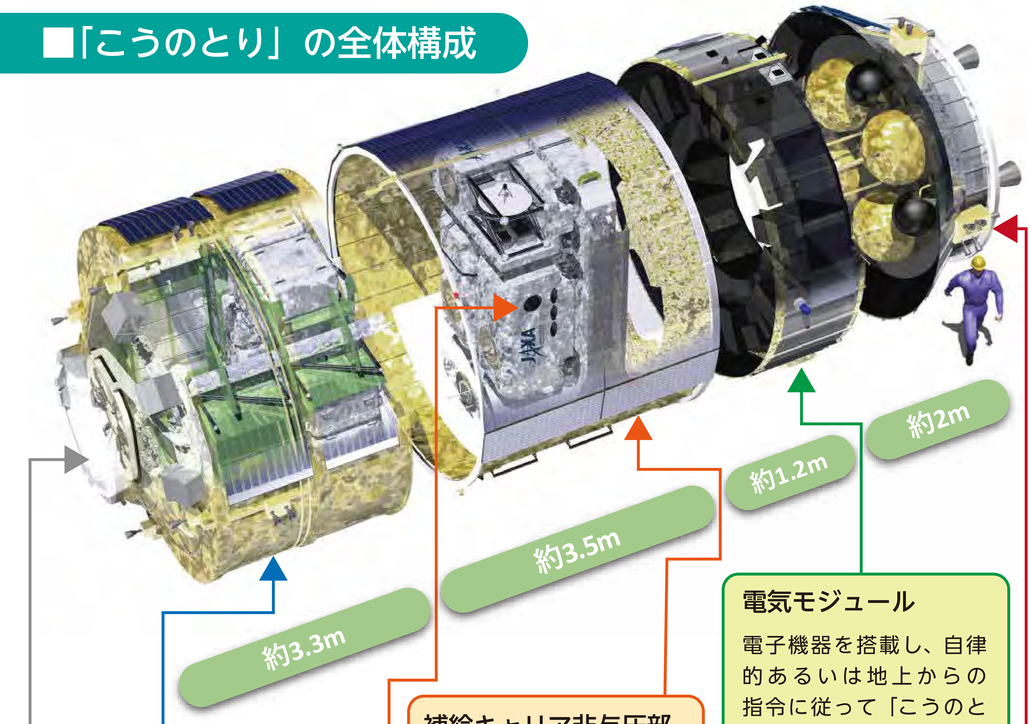
「こうのとり」8 号機、そして最後となる「こうのとり」9 号機の確実な運用を通じて、ISS の運用に貢献するとともに、将来の探査に繋がる技術獲得を行っていきます。

	打ち上げ日	ミッション期間	ISS への補給量
初号機（技術実証機）	2009 年 9 月 11 日	53 日間	約 4.5 トン
2 号機	2011 年 1 月 22 日	67 日間	約 5.3 トン
3 号機	2012 年 7 月 21 日	56 日間	約 4.6 トン
4 号機	2013 年 8 月 4 日	35 日間	約 5.4 トン
5 号機	2015 年 8 月 19 日	42 日間	約 5.5 トン
6 号機	2016 年 12 月 9 日	59 日間	約 5.9 トン
7 号機	2018 年 9 月 23 日	49 日間	約 6.2 トン
8 号機	2019 年 9 月 11 日予定	35 日間予定	約 5.3 トン

「こうのとり」って？

「こうのとり」は日本が開発した無人宇宙船です。食糧や衣類、実験装置などを上空 400ｋｍにある国際宇宙ステーション（ISS）へ送り届けます。そして、補給が済むと用途を終えた実験機器や使用後の衣類などを積み込み、大気圏に再突入して燃やします。

■「こうのとり」の全体構成



補給キャリア与圧部
船内物資を搭載します。内部は 1 気圧に保たれ、温度もコントロールされます。

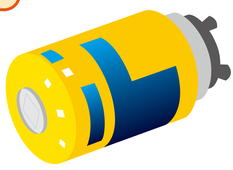
補給キャリア非与圧部
側面の開口部から曝露パレットが収納され、船外物資が搭載されます。

電気モジュール
電子機器を搭載し、自律的あるいは地上からの指令に従って「こうのとり」を制御します。各部への電力供給も行います。

推進モジュール
メインエンジンとスラスタがあり、軌道変更や姿勢制御のための推力を発生します。

曝露パレット
船外物資（最大 1.5 トン）を搭載して運ぶための荷台です。

共通結合機構
ISS との結合部です。クルーがハッチから「こうのとり」船内に乗り込みます。



【2019 年 7 月現在】

補給機・名称	運用期間	ISS への補給実績	総重量	ISS への物資補給能力
「こうのとり」（日本）	2009 年～	7 回成功 /7 回	16.5 トン	約 6 トン
シグナス（アメリカ）	2013 年～	11 回成功 /12 回	増強後 6(～ 7.5) トン	増強後 2.4(～ 3.5) トン
ドラゴン（アメリカ）	2012 年～	16 回成功 /17 回	8.7 トン	補給：約 2 ～ 3 トン 回収：約 2 トン
プログレス（ロシア）	1978 年～	70 回成功 /72 回	7.2 トン	約 2.4 トン

成功率 100%

世界最大級

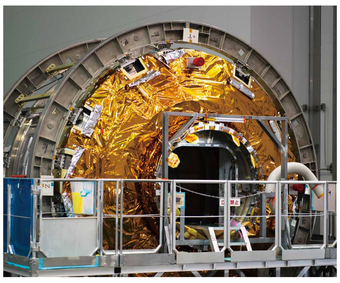
物資はどんなふうに積み込まれる？

世界最大級の ISS への物資補給能力を持ち、与圧部 / 非与圧部合わせて、約 6 トンの物資を運ぶことが可能です。

■世界最大級の物資補給量

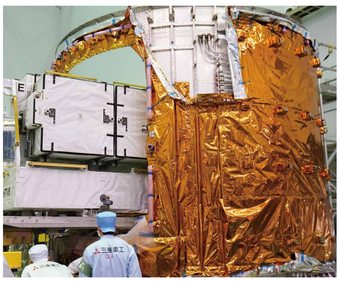
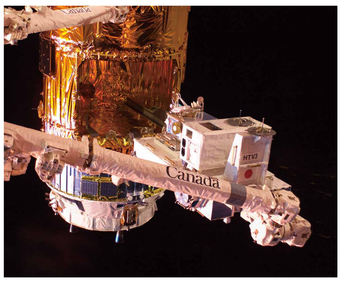
与圧部（船内物資）移送

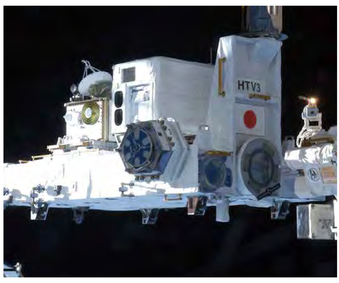
さまざまな大きさの荷物をパズルのように組み合わせて搭載します。



非与圧部（船外物資）移送

曝露パレットを使って大きな装置をまとめて移送できます。



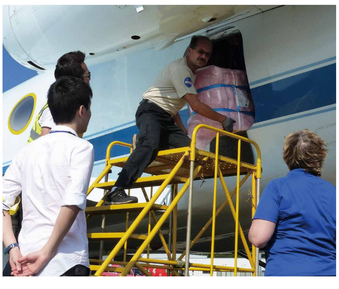
レイトアクセス

打ち上げ直前まで荷物の搭載が可能です。

通常の物資の搭載は打ち上げの約 4 カ月前ですが、打ち上げ直前まで品質保持が必要な実験試料や生鮮食品などの物資は、打ち上げ 80 時間前まで搭載することが可能です。

■「こうのとり」5 号機へ緊急搭載要請！

「こうのとり」5 号機打ち上げ前に、NASA から ISS の運用維持に不可欠な機材の緊急搭載要請が入りました。JAXA は、既に決まっていた搭載計画を細かく再検討し搭載の方法をさらに工夫して、NASA の緊急要請に応えました。



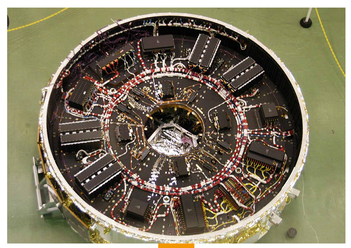
打上げに向けての準備

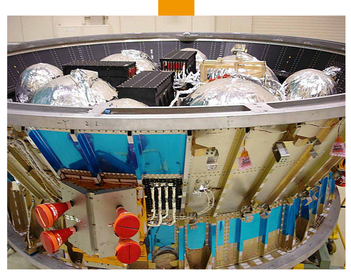
荷物の積み込み

重心を考えながら
バランスよく荷物を配置

ラックなどの重い荷物は
専用の装置を使って収納

電気モジュール

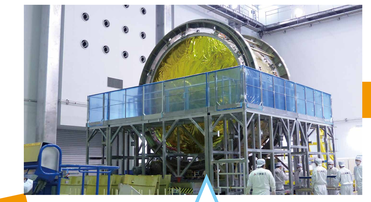




推進モジュール

組み立て

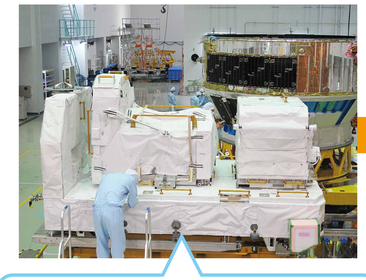
補給キャリア与圧部



船内物資を詰め込む場所

補給キャリア非与圧部

船外物資を積み込む場所

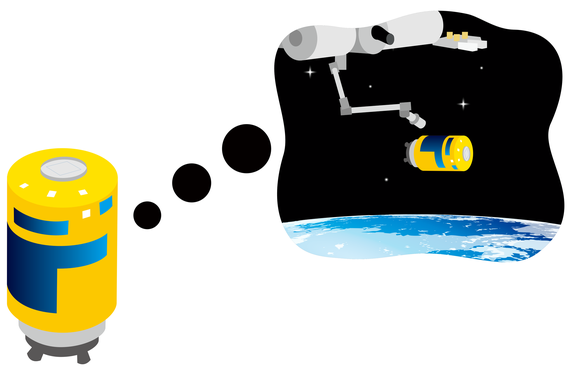


曝露パレット（大きな引出し）

本体組立

キャリア組立

大きな引き出し
（2m×4m）を収納。
ミリ単位で調整します。

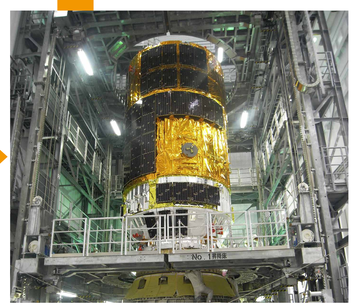


打ち上げ前

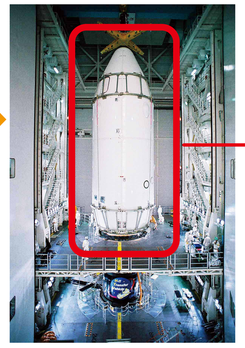
大型ロケット組立棟への移動

熱や空気抵抗から守るために
カバーをつけます。

フェアリング結合



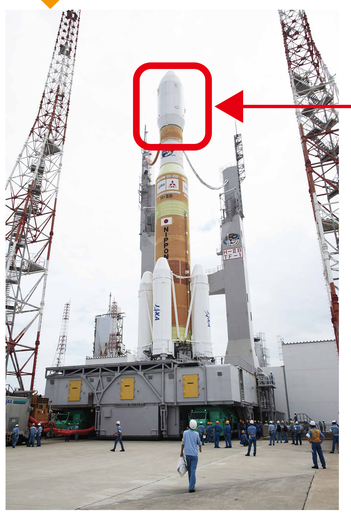
衛星分離部結合



機体搭載

打上げ直前の
最終荷物積み込み
（レイトアクセス）

打ち上げ 80 時間前
というギリギリの
タイミングでも荷物
が積み込めます。



射点到着

荷物の積み込み

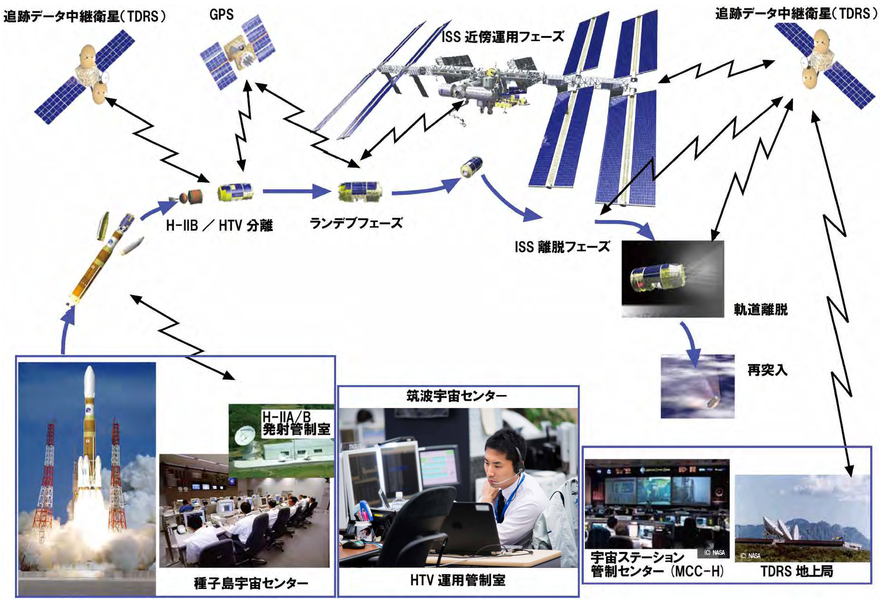
組み立て

打ち上げ前

いざ、ISS に向けて出発！！

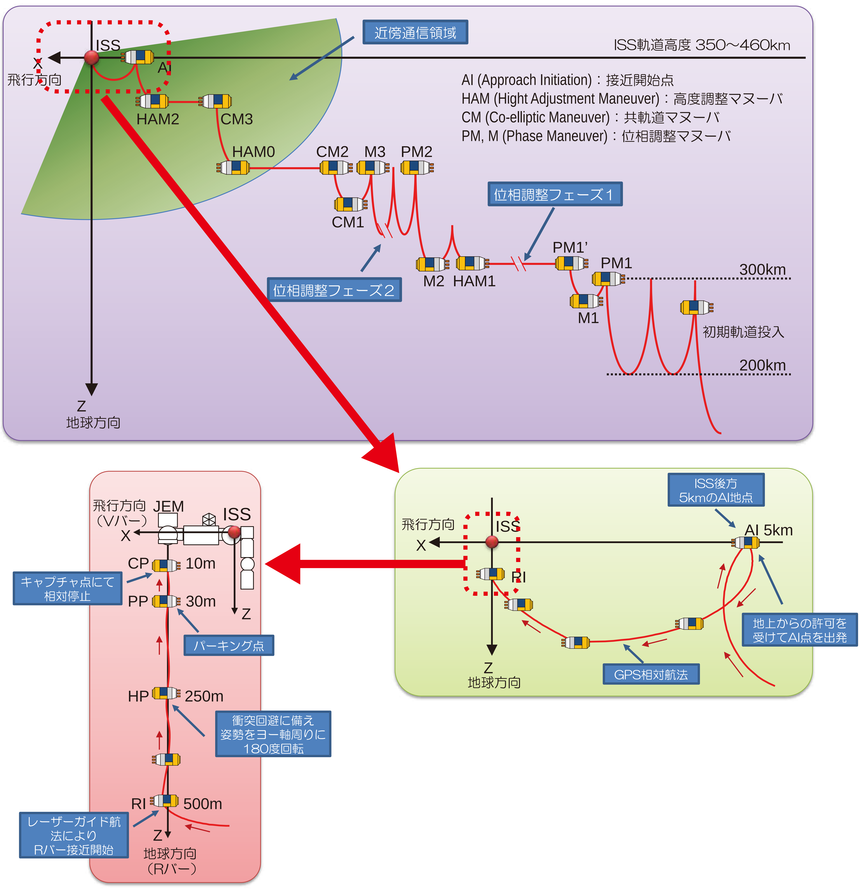
■ISS への接近・把持・結合・離脱

「ISS 滞在中のクルー」、NASA ジョンソン宇宙センターにある「宇宙ステーション管制センター」、そして筑波宇宙センターにある「HTV 運用管制室」の緊密な連携によって実行します。



■ISS へのコース取り

「こうのとり」は H-ⅡB ロケットから分離後、徐々に高度を上げながら ISS に接近します。



ISS に絶対に衝突しないように軌道が計算されており、ロボットアームによってつかまれるまで、ち密な計算を何度も繰り返し行い、ISS に接近します。

運用管制技術
～築き上げた信頼関係～

■世界から頼りにされる「こうのとり」の運用管制技術

初号機から 7 号機までの全ミッションを完遂し、安定した運用管制技術で世界からの信頼を獲得しました。

■ 不測の事態を想定したリスク管理

合意したルール 500 項目以上、準備した手順書 2000 以上。

■ シミュレータによる徹底的な運用訓練（国内＆NASA 合同）

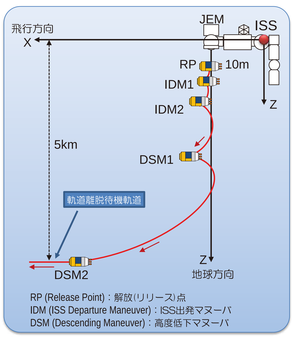
「こうのとり」の運用管制官の養成だけでなく、NASA の ISS の運用管制官の養成にも貢献しています。

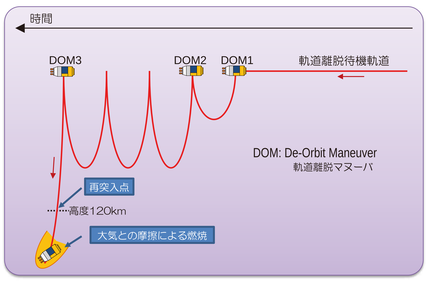
「こうのとり」運用管制チーム（HTV Flight Control Team）

ポジション名	ポジションの意味	役　　割
HTVFD	*HTV Flight Director*	チーム全体を統括し、HTV運用全体の指揮、最終決定を行う。
HTV RNDV	*HTV Rendezvous*	HTVのランデブ飛行状況を把握し、NASAとの連絡・調整を行う。
HTV SYS	*HTV System*	HTVシステムの運用状況を把握しNASAとの連絡・調整を行う。
HTV PLAN	*HTV Planner*	HTVの運用計画立案、運用計画の見直し等を行う。
SYS-J	*System - Japan*	HTV運用手順の進行管理を行うことでHTVFDをサポートする。
CMD	*Command*	手順書に従ってコマンド送信運用を行う。
HTV GC	*HTV Ground Control*	HTV運用で使用する設備、及びネットワークの管理を行う。
COMM/DH	*Communication and Data Handling*	HTVの通信データ処理系の状況をモニタし、技術判断を行う。
GNC	*Guidance, Navigation and Control*	HTVの航法誘導制御系の状況をモニタし、技術判断を行う。
TRAJ	*Trajectory*	HTVの軌道･マヌーバ状況をモニタし、技術判断を行う。
PROP	*Propulsion*	HTVの推進系の状況をモニタし、技術判断を行う。
POWER	*Electric Power*	HTVの電力系の状況をモニタし、技術判断を行う。
THERMAL	*Thermal*	HTVの熱系の状況をモニタし、技術判断を行う。
EP	*Exposed Pallet*	曝露パレットや非与圧部の状況をモニタし、技術判断を行う。
ROE	*Reentry Observation Equipment*	HTVの再突入計画、再突入状況の評価を行う。

ISS を出発、地球へ…

廃棄物資（不要になった物資 ）を積み込んだ「こうのとり」は ISS のロボットアームにより把持されて解放位置（リリース点 ）まで移動、そこから解放されて ISS を出発します。

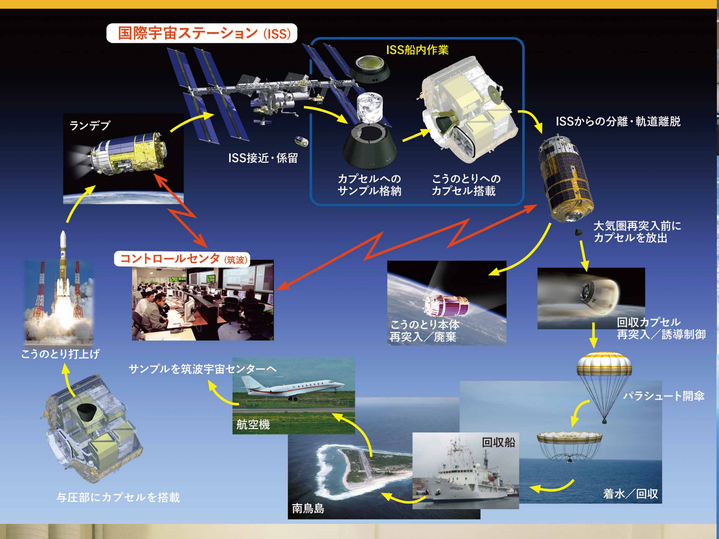




ISS を出発後、「こうのとり」は徐々に ISS から離れていき、大気圏へ再突入、燃焼廃棄されます。

「ISS 滞在中のクルー」、NASA ジョンソン宇宙センターにある「宇宙ステーション管制センター」、そして筑波宇宙センターにある「HTV 運用管制室」の緊密な連携によって実行します。

小型回収カプセルのミッション概要



世界が認めた「こうのとり」の技術

■ランデブ・ドッキング方式

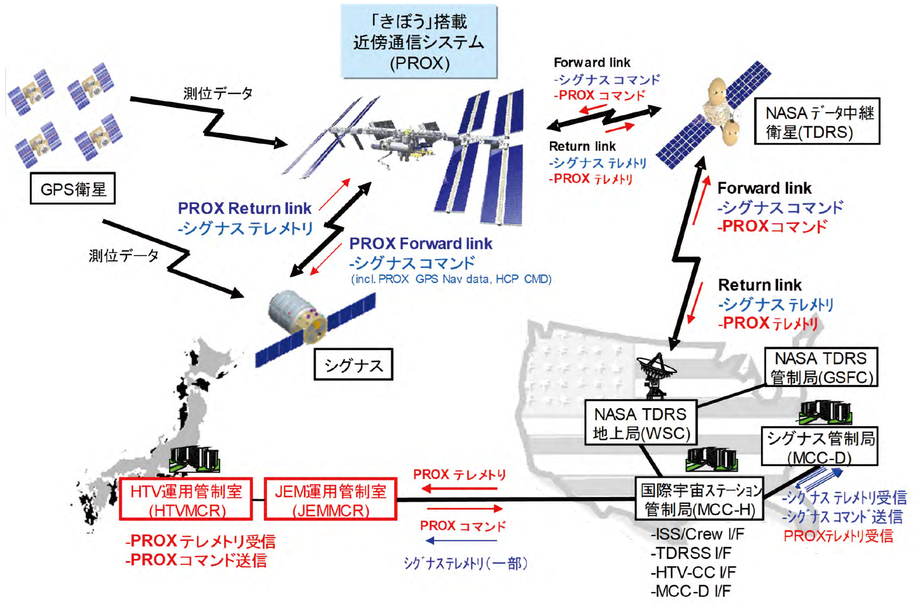
ISS の下方約 10m で ISS に対して相対的に停止し（ランデブ）、ISS のロボットアームにより把持（キャプチャ）されて ISS に結合させるランデブ・キャプチャ方式は、「こうのとり」の開発を通じて世界で初めて実証された技術です。この技術は米国の民間補給船でも採用されており、今や世界標準となっています。

ドラゴン補給船

シグナス補給船

■シグナス補給船の運用支援

シグナス補給船の実証機から 8 号機に至るまで、日本が「こうのとり」のために開発した近傍通信システム（Proximity Communication System:PROX）を利用していました。これに伴い JAXA は 5 年に渡りシグナス補給船の運用支援を行いました。



Orb-D1 Mission Team

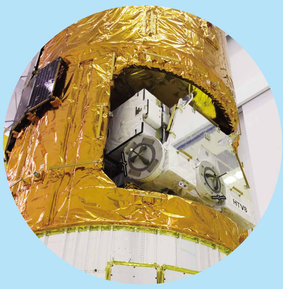
シグナス運用支援終了に伴う記念セレモニー

10th きぼう&こうのとり ANNIVERSARY

「こうのとり」８号機、打上げ!!!

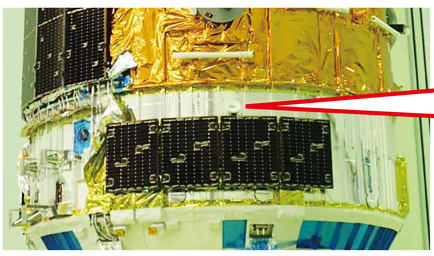
「こうのとり」8号機

打上げ予定日：2019年9月11日（水）



将来の宇宙探査につながる技術実証

星の配置をもとに制御する「スタートラッカ（恒星センサ）」は、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になります。

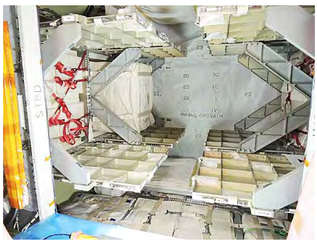


（Jena Optronik 社）

物資輸送能力の増強

新型宇宙ステーション補給機（HTV-X）にむけて開発している物資搭載用ラックを採用。

「こうのとり」５号機の補給キャリア与圧部内

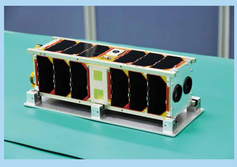


「こうのとり」８号機の補給キャリア与圧部内
（一部物資の搭載前）

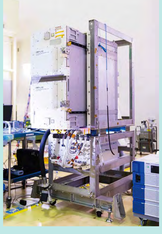
■ 様々な実験装置を ISS へ届けます

Hourglass

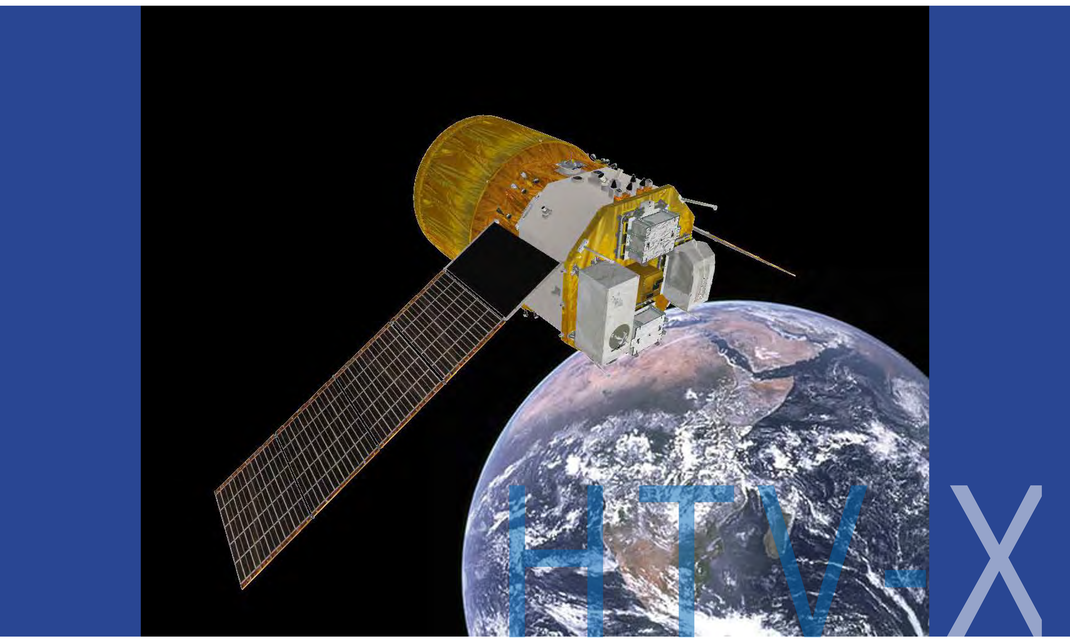
超小型衛星



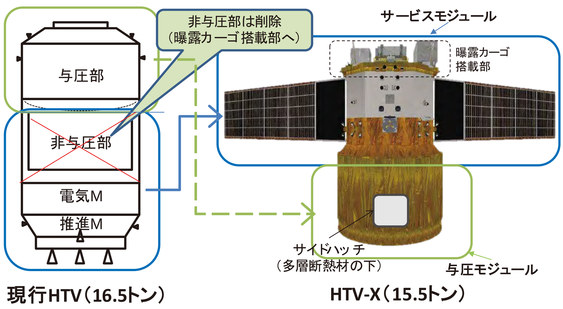
CBEF-L



ただいま開発中！！
『新型宇宙ステーション補給機（HTV-X)』



「こうのとり」の技術を活かし、輸送能力・運用性を向上させた新たな宇宙船です。



軌道高度を変更できるなどの特徴を活かすことにより、これまでにない様々な実験ができます。