

# 1. HTV1の概要

[日時は日本時間、2009年(平成21年)]

## 1.11 技術実証機のミッション運用結果

HREP(NASA), SMILESをJEMに取付

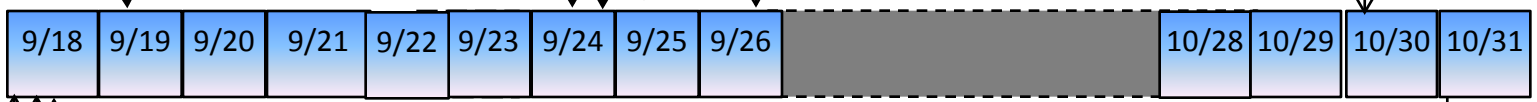
宇宙飛行士入室

EPをHTV取外/JEM取付

EPをHTVに再取付

ハッチ閉

ISSタイムライン



結合

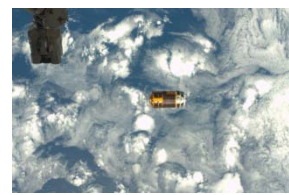
休日

船内荷物運び出し

廃棄品運び込み

ISS離脱

SSRMSによる把持  
最終接近開始



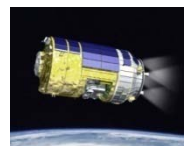
軌道離脱マヌーバ

HTVタイムライン



初期高度調整マヌーバ  
姿勢確立

衝突回避マヌーバ等軌道上デモ

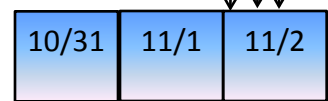


第1回高度調整マヌーバ

第2回高度調整マヌーバ

ISS近傍到着

ISS離脱



再突入



SSRMS: 宇宙ステーションロボットアーム、EP: 曝露パレット  
JEM: 「きぼう」日本実験棟



## 2.1 成果(アウトプット)

### 2.1.1 国からの要求条件に対する達成状況

「宇宙開発に関する長期的な計画」(平成20年2月22日 総務大臣・文部科学大臣)における要求を全て達成した。

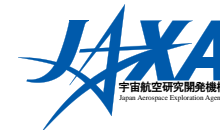
「宇宙開発に関する長期的な計画」 (平成20年2月22日)	達成状況
<p>①国際宇宙ステーションの日本実験棟「きぼう」(JEM)において必要となる我が国の物資輸送と、我が国が国際約束で分担している国際宇宙ステーションへの補給義務の履行のため、宇宙ステーション補給機(HTV)の開発を引き続き進める。</p> <p>②HTVは無人輸送機であるが、有人施設である国際宇宙ステーションに接近することから、有人宇宙機に相当する安全性設計がなされており、これを着実に開発、運用することにより、将来の軌道間輸送や有人化に関する基盤技術の習得が図られることとなる。</p>	<p>①-a 技術実証機は我が国の補給義務が発生するJEM組立・点検直後の時期に遅れることなく、以下の物資を計4.5トン輸送した。</p> <ul style="list-style-type: none"><li>i. JEMの子アーム、与圧補給ラック1基、曝露実験装置2基</li><li>ii. 宇宙ステーション共通の食料、衣類等</li></ul> <p>①-b 運用機において、我が国が国際約束で分担している6トンの貨物を輸送できる解析結果を得た。</p> <p>②-a 有人宇宙機に相当する安全性設計として、対2故障安全化要求を満足する設計を行い、これを開発・運用した。</p> <p>②-b HTVの開発と運用を通じて得た経験や技術データによって、将来の軌道間輸送や有人化に関する基盤技術を習得した。</p>

## 2.1 成果(アウトプット)

### 2.1.2 開発基本方針に対する達成状況

JAXAの「有人宇宙環境利用ミッション本部事業計画書(平成20年9月)」(JAXA-2008022)にて設定した開発方針に対する実績・評価を下表に示す。

	開発方針	実績	評価
(1)	我が国の輸送系での宇宙ステーションへの定常的な補給を行うため、宇宙ステーション計画のスケジュールに整合する短期、低コストでの開発と諸外国並の定常運用コストの達成を目指す。	宇宙ステーション計画のスケジュールに整合するよう開発を行い、計画通り2J/AミッションによるJEM建設完了直後に初飛行を行った。開発コスト、運用コスト(4章)とも諸外国よりも安価で達成した。	達成
(2)	HTV 技術実証機を平成21 年度にH-IIB ロケットにより打ち上げることを目標とする。	HTV技術実証機は日本時間平成21年9月11日にH-IIBロケット初号機にて打上げた。	達成
(3)	将来の軌道上活動に不可欠な技術(ランデブ技術、有人技術等)を獲得することを考慮する。	PROX及び電気モジュール開発などを通じて、有人システムへのランデブ技術を習得した。また、与圧キャリア、非与圧キャリア、曝露パレットの開発を通じて、JEMIにて習得した有人技術を発展・応用した。	達成
(4)	安全性、信頼性、保全性及び品質の確保・向上について、設計の初期段階から適切な基準に基づく安全・開発保証活動を行い、搭乗員の死傷や宇宙ステーションの機能喪失を防ぎ、プログラムのミッション達成の確実化を図っていくものとする。	有人安全ミッション保証室が中心となり、設計の初期段階から適切な基準に基づく安全・開発保証活動を行い搭乗員の死傷や宇宙ステーションの機能喪失を防いだ。	達成



## 2.1 成果(アウトプット)

	開発方針	実績	評価
(5)	国内関係機関との協力及び国際パートナーとの調整・協力を図りながら進める。また、我が国の自主技術による技術基盤の確立等に十分配慮すると共に、他国との技術交流等も考慮して、効率的に開発を行う。	国内関係機関として、地方自治体、警察署、電波監理局、税関、海上保安庁等と調整・協力を図りながら進めた。国際パートナーとして、NASAとISSインタフェース全般、CSAとロボティクス運用、ESAとATVとの情報交換、コンポーネント共同開発等の調整・協力を行った。既開発品コンポの採用によって効率的に開発を進めると共に、ランデブ技術基盤の中核となるソフトウェアは自主技術にて開発した。	達成
(6)	先行するJEM や人工衛星等のプロジェクトの開発成果を活用し効率的な開発を行うと共に、JEM 運用システムとの整合を図る。	補給キャリア開発は技術・人ともにJEMの成果を、ランデブ技術等については、技術・人ともにETS-7の成果を中心に人工衛星技術を、再突入や構造については、輸送系技術を活用。HTV運用システムはJEM運用システムと整合を取って開発した。	達成
(7)	開発での技術成果の移行を円滑に進めるべく、体制等の整備・要員の育成を段階的に進めるとともに、HTV 運用機の運用を考慮した体制を構築する。	開発での技術成果の移行を進めるため、技術実証機では主要開発メンバを運用管制要員としたことが有効であった。運用機においても、体制を継続するべく信頼性推進委員会等に提案をしている。運用体制についても要員の維持に努めるとともに、要員の追加育成を進めている。	達成
(8)	研究開発本部のプロジェクト協力や点検チーム活動など有人宇宙環境利用ミッション本部内外の支援を受けつつ確実な開発・運用に努める。	特に、GNC系、推進系、機構系の分野で研究開発本部の協力を得ながら開発・運用を行った。また、運用管制隊にも多数の参加を得た。点検チーム員の各種審査会への参加を受け、貴重な助言を得た。	達成

## 2.1 成果(アウトプット)

### 2.1.3 ミッションサクセスクライテリアに対する達成状況

ミッションサクセスクライテリアに対し、技術実証機の評価としてエクストラサクセスを達成した。

ミッションサクセスクライテリア		結果	
ミニマムサクセス	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 軌道間輸送の技術実証として、HTV技術実証機がISSにランデブ飛行し、ISSロボットアームで把持可能領域まで最終接近ができ、運用機の運用開始に支障がないことが確認できること。</li> </ul>	達成	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ ISSにランデブ飛行し、ISSロボットアームで把持可能領域まで最終接近ができる事を実証し、運用機の運用開始に支障がないことを確認した。</li> </ul>
フルサクセス	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ HTV技術実証機がISSロボットアームにより把持された後、ISSとの結合ができること。</li> <li>▶ ISSと結合した後、与圧カーゴ及び曝露カーゴのISSへの移送ができること。</li> <li>▶ ISSからHTV技術実証機が分離・離脱した後、再突入させ、安全に洋上投棄ができること。</li> </ul>	達成	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ ISSロボットアームにより把持された後、ISSとの結合を実証した。</li> <li>▶ 与圧カーゴ及び曝露カーゴのISSへの移送を完了した。</li> <li>▶ ISSから分離・離脱した後、再突入し、安全に洋上投棄を行った。</li> </ul>
エクストラサクセス	<p>フルサクセスに加え、以下のいずれかを達成すること。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 実運用結果に基づき、余剰能力を再配分し、運用機的能力向上の見通しが得られること。</li> <li>▶ 前提とする運用条件以外での運用実証等を通じて、運用機の運用の柔軟性を拡大できる見通しが得られること。</li> </ul>	達成	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 実運用結果に基づいて再評価をした結果、ヒータ消費電力削減の可能性があることがわかった。</li> <li>▶ 余剰能力として、H-IIBとのインタフェース条件を0.3トン低くすることが出来た。</li> <li>▶ 仕様と異なる高度へのランデブ要求にも柔軟に対応することができ*、また係留期間を延長して廃棄品を搭載するなど、運用の柔軟性を拡大できる見通しを得た。</li> <li>▶ 打上環境計測を行い、カーゴに対する環境をシャトル相当まで緩和できた。</li> </ul>

\*)ただし、位相調整に必要なランデブ日数を1日延長した。

## 2.2 成果(アウトカム)

### 2.2.1 国際的プレゼンスの向上

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

### 2.2.2 我が国の宇宙開発技術の維持発展

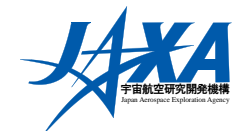
- HTVは、人工衛星、ロケット、宇宙ステーションの技術を統合した我が国初めての有人施設対応の輸送機(宇宙船)。
- 今後、HTVの量産を計画しており、宇宙船量産化の技術と経験を蓄積していくことが可能となった。
- HTVを年1機程度定常的に打上げを実施することで、H-IIBロケット技術の成熟化を図っていくことが可能。



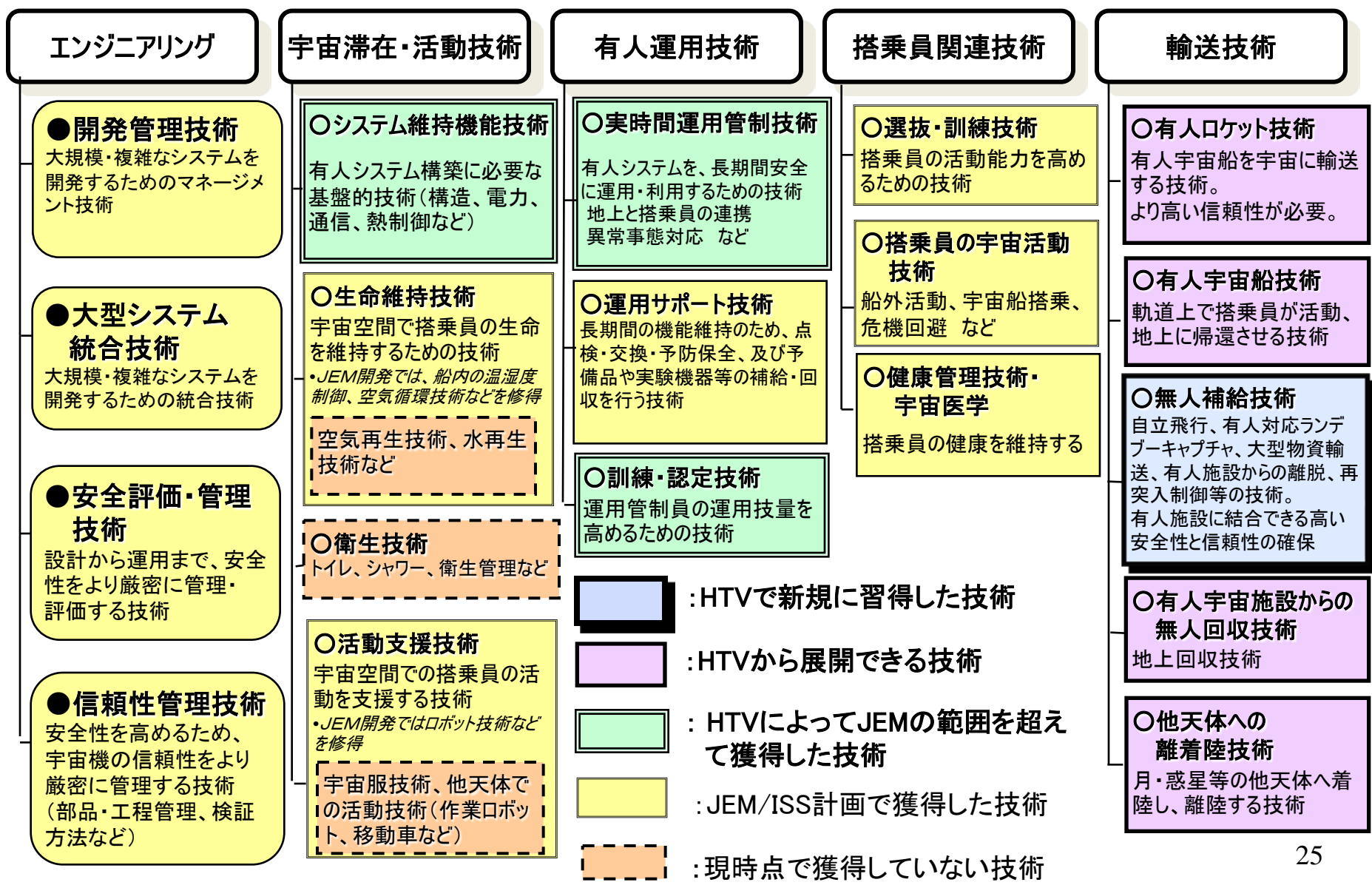
## 2.2 成果(アウトカム)

### 2.2.3 有人宇宙システム技術の獲得(次ページ)

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



# 2.2 成果(アウトカム)



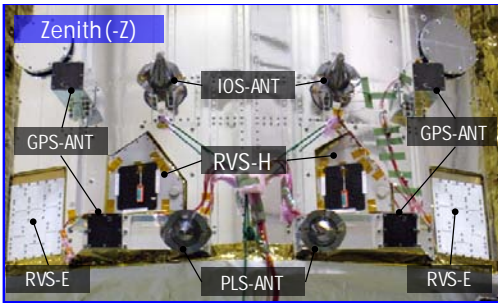
- : HTVで新規に習得した技術
- : HTVから展開できる技術
- : HTVによってJEMの範囲を超えて獲得した技術
- : JEM/ISS計画で獲得した技術
- : 現時点で獲得していない技術



# 2.2 成果(アウトカム)

## 無人補給技術(有人安全を考慮した自立飛行)

有人安全要求を満足した(信頼性の高い)自立飛行システムを実現  
 如何なる組合せの2個の故障もしくは誤操作が発生しても安全上問題を生じさせない  
 有人安全に配慮した電源、推進薬、完全独立のアビオニクスシステム



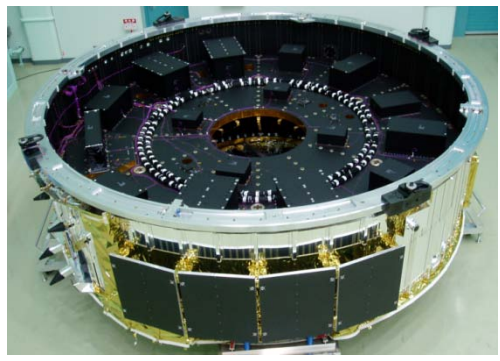
完全冗長通信系・誘導制御系センサ



技術実証機の飛行



システム燃焼試験  
(ヘリウムサチレーション・動的応答)



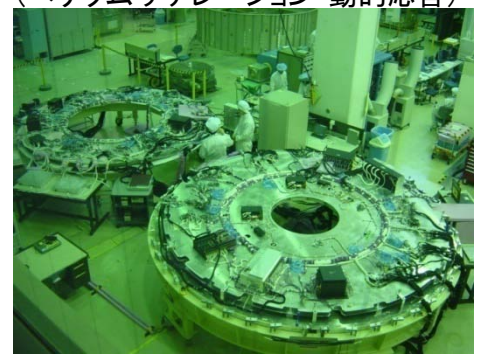
完全冗長電源バス



電池(リリーフ機能)



太陽電池(シャープエッジ対策)



不具合に対する冗長性確認試験

電源系安全対策例

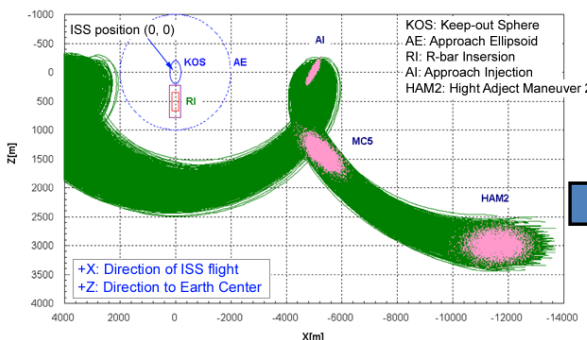
# 2.2 成果(アウトカム)

## 無人補給技術(有人対応ランデブ・キャプチャ技術)

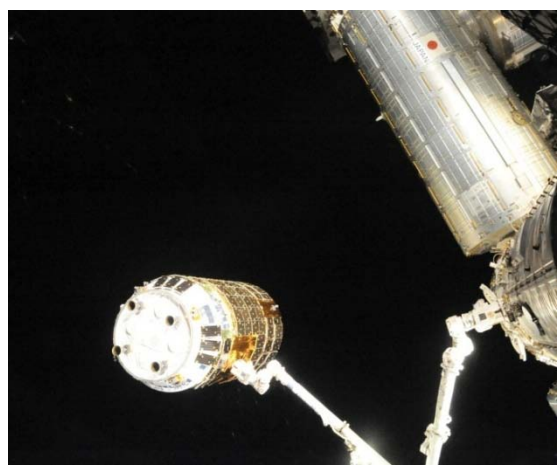
有人安全要求を満足したランデブシステムを実現

如何なる組合せの2個の故障もしくは誤操作が発生しても、絶対に宇宙ステーションへ衝突しない

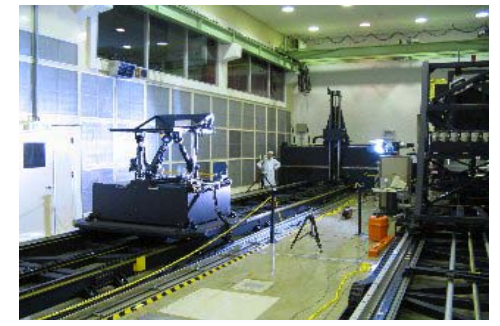
世界に先駆けてキャプチャ方式によるドッキング(バーシング)を実証  
 ⇒米企業が追随、技術の購入



膨大な軌道シミュレーション



技術実証機のキャプチャの瞬間



実ハードウェアによる動的シミュレーション試験



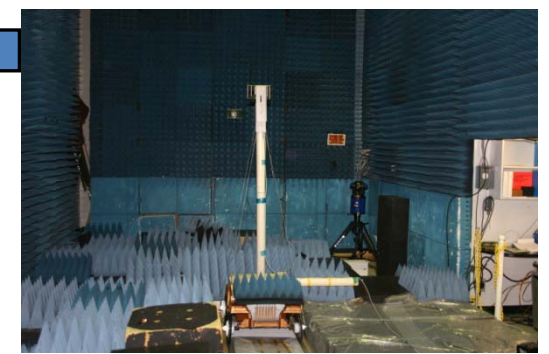
不具合を考慮した運用訓練



キャプチャ時緊急分離機構



独立モニタ機能  
(距離・速度計測機能)

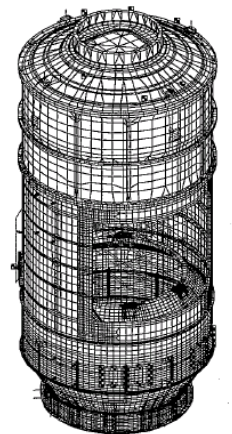


ランデブ用近傍通信システム開発  
(マルチパス解析)

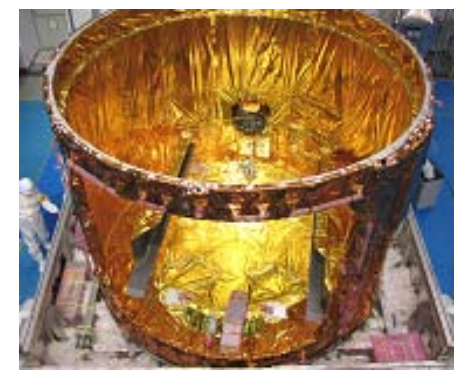
# 2.2 成果(アウトカム)

## 無人補給技術(大型物資輸送技術)

大型船外物資の輸送能力を実現  
⇒国際宇宙ステーションの補給機としては唯一



膨大なカーゴケースの  
計算機シミュレーション

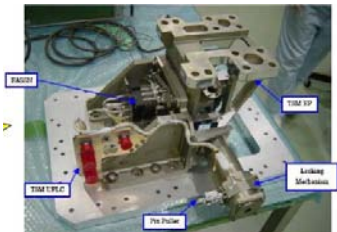


ガイドレール/ホイール開発等機構系開発



(開口部を含む)大型構造物強度試験

### 大型物資搭載作業



低衝撃分離機構



真空高温槽でのホイール試験

## 2.2 成果(アウトカム)

### 2.2.4 人材育成

- JAXA及び各企業の技術者に、極めて高い信頼性を要する有人施設対応輸送機の技術開発を通して宇宙システム技術等を習得させ、今後の宇宙開発に大きな人的資産を形成した。
  - HTVは、ロケット、衛星、宇宙ステーションの技術の集大成であり、それぞれ独立して育成されてきたJAXA、各企業の技術者が、開発を通して互いの設計思想に触れ、技術を共有することができた。
  - 国際会議、審査会等において、他国の技術者と設計、検証に関する議論を通して、技術の向上を図るとともに、国際感覚も養うことができた。今後の国際共同プロジェクトや海外展開を主体的に引き受けられる人材を育てた。
  - HTV1 直接契約企業技術者数： 約350名
- きぼうと同様に、NASAと同等の運用管制要員の育成を行い、我が国初の「宇宙船」の運用を実施し、ミッションの成功に大きく貢献した。その結果、運用管制要員の技量は国際的にも高い評価を獲得し、NASAより今後計画されている他の宇宙船の実運用の支援や運用訓練の協力を求められることとなった。
  - HTVは複雑なシステムであり、短時間で衝突や喪失のリスクがあり、NASAとの協調した運用が必要であることから、運用管制要員は、技術力、瞬時の判断力、会話力などが必要である。
  - HTV1での認定者： 67名

## 2.3 成果(インパクト)

### 2.3.1 経済波及効果

#### ○分析結果

経済波及効果: 約1,568億円(概算)

(1) 開発費(約480億円)による生産誘発効果 約1,214億円

(2) 製造費(約200億円)による生産誘発効果 約 354億円※

※輸入分(約60億円)については国内に生産誘発は発生しないため、除外して算出。

#### ○分析手法

(1) 契約企業に発注がなされることに伴う、契約企業の生産増、原材料の購入、雇用所得・雇用者増に伴う消費増の効果である研究開発投資の直接効果を産業連関分析に基づき算出する方法を適用。

(2) これまで人工衛星で実施された類似スタディから、波及倍率の概算は可能であり、今回の分析では、簡易的試算によりHTVの波及倍率を2.53※と設定。

(※出典:「宇宙開発による波及効果の体系化に向けた調査・分析」47～48頁(2006年・三菱総合研究所)による)

#### (参考)他分野との比較

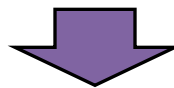
①建設投資:1.77～1.99倍 ②住宅建設:2.1倍 ③情報通信:1.65倍

(産業連関表による波及効果が高い産業:輸送機械、鉄鋼、化学製品など)

## 2.3 成果(インパクト)

### 2.3.2 米国民間輸送機への影響

- 宇宙ステーションにおいて、HTVが初めて実証したキャプチャ・バーシング方式を米  
国商業民間輸送機(COTS/CRS)が採用。
- 米国Orbital Sciences社が、開発中のCygnus輸送機に用いるため、HTVと同等の  
近傍通信機器を三菱電機(株)から購入(9機分:約60億円(6,600万米国ドル))。  
その他の国産品(電池、スラスタ)も購入。
- NASAがJAXAに対し、同上Cygnus輸送機ミッションの近傍通信システム運用支援  
を有償にて依頼。現在契約手続き中。



- (1) HTV1で習得した我が国の技術の優位性を国内外へ示している。
- (2) 宇宙用国産コンポーネント量産品の米国への販売実績となり、宇宙産業  
活性化へ繋がっている。

### 2.3.3 NASAの期待

- 本年3月、NASA長官が日本政府閣僚表敬時において、  
HTVを発展させた有人輸送機開発を期待している旨、表明。



チャールズ・ボールドンNASA長官  
(本年3月、宇宙機関長会議にて)

# 2.3 成果(インパクト)

- HTVの開発成果が米国商業民間輸送機(COTS/CRS\*)によって採用されている。

\*)Commercial Orbital Transportation System/Commercial Resupply Service

## HTV開発成果

## 米国商業民間輸送機(開発中)



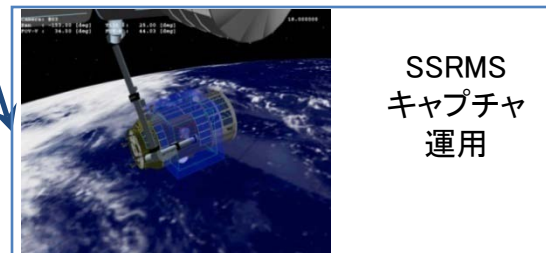
HTV(日本)



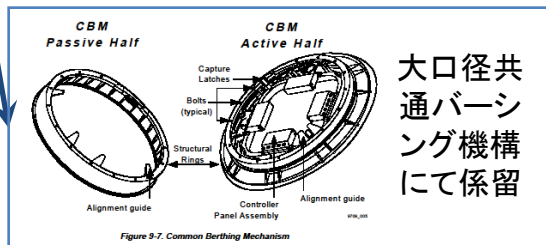
近傍通信用送  
受信機、データ  
処理装置  
(輸送機搭載)



PROXと  
リフレクタ  
(ISS設置)



SSRMS  
キャプチャ  
運用

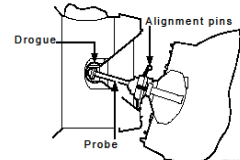


大口径共  
通バーシ  
ング機構  
にて係留

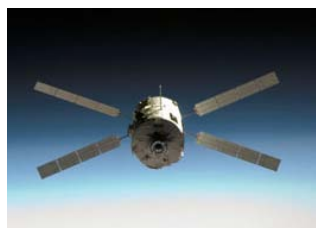
- ISS補給輸送機共通要求の設定
- インタフェース定義文書
  - インタフェース要求文書



プログレス(ロシア)



ドッキング機構(参考)



ATV(欧州)



シグナス(Cygnus)輸送機  
(オービタル・サイエンシス社)  
初飛行:2011年10月予定



ドラゴン(Dragon)輸送機  
(スペースX社)  
初飛行:2010年10月予定

同等品輸出  
MELCO社受注

そのまま利用  
JAXA運用支援

ほぼそのまま利用

同一方式

改修して利用

同一方式

適用

適用

## 2.3 成果(インパクト)

### 2.3.4 外部からの表彰

#### (1) 日本産業技術大賞の受賞(日刊工業新聞社主催)

平成22年4月、第39回日本産業技術大賞において「HTV/H-IIBロケットの開発」として、JAXA及び開発に携わった企業(11社)が文部科学大臣賞を団体受賞。



第39回日本産業技術大賞 授賞式

#### (2) 科学技術への顕著な貢献2009(ナイスステップな研究者)の受賞(科学技術政策研究所主催)

平成21年12月、高度な安全性・信頼性を満足する宇宙ステーション補給機(HTV)の技術実証に対し、JAXA HTVプロジェクトマネージャ他2名がナイスステップな研究者2009を受賞。



左より、佐々木ファンクションマネージャ  
虎野プロジェクトマネージャ、  
小鍵サブマネージャ