



日本初の宇宙船 — HTVの挑戦 —

2010年4月22日

宇宙航空研究開発機構
HTVプロジェクトマネージャ 虎野吉彦

目次

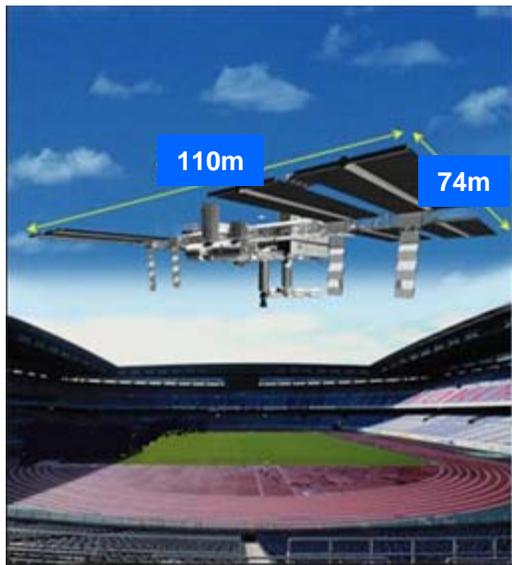
1. 我が国はHTVで何を目指したか
 - ISS計画とは
 - HTV概要
2. HTVの技術
 - 有人仕様を満足した宇宙船
 - ランデブ・ドッキング技術
 - 大型物資を輸送できる唯一の宇宙船
3. 技術実証機の運用結果
4. HTVのもたらしたもの
 - HTVの見る目の変化
 - 日本独自の有人宇宙活動への発展構想

1. 我が国はHTVで何を目指したか
 - ISS計画とは
 - HTV概要
2. HTVの技術
 - 有人仕様を満足した宇宙船
 - ランデブ・ドッキング技術
 - 大型物資を輸送できる唯一の宇宙船
3. 技術実証機の運用結果
4. HTVのもたらしたもの
 - HTVの見る目の変化
 - 日本独自の有人宇宙活動への発展構想

国際宇宙ステーション(ISS)計画とは

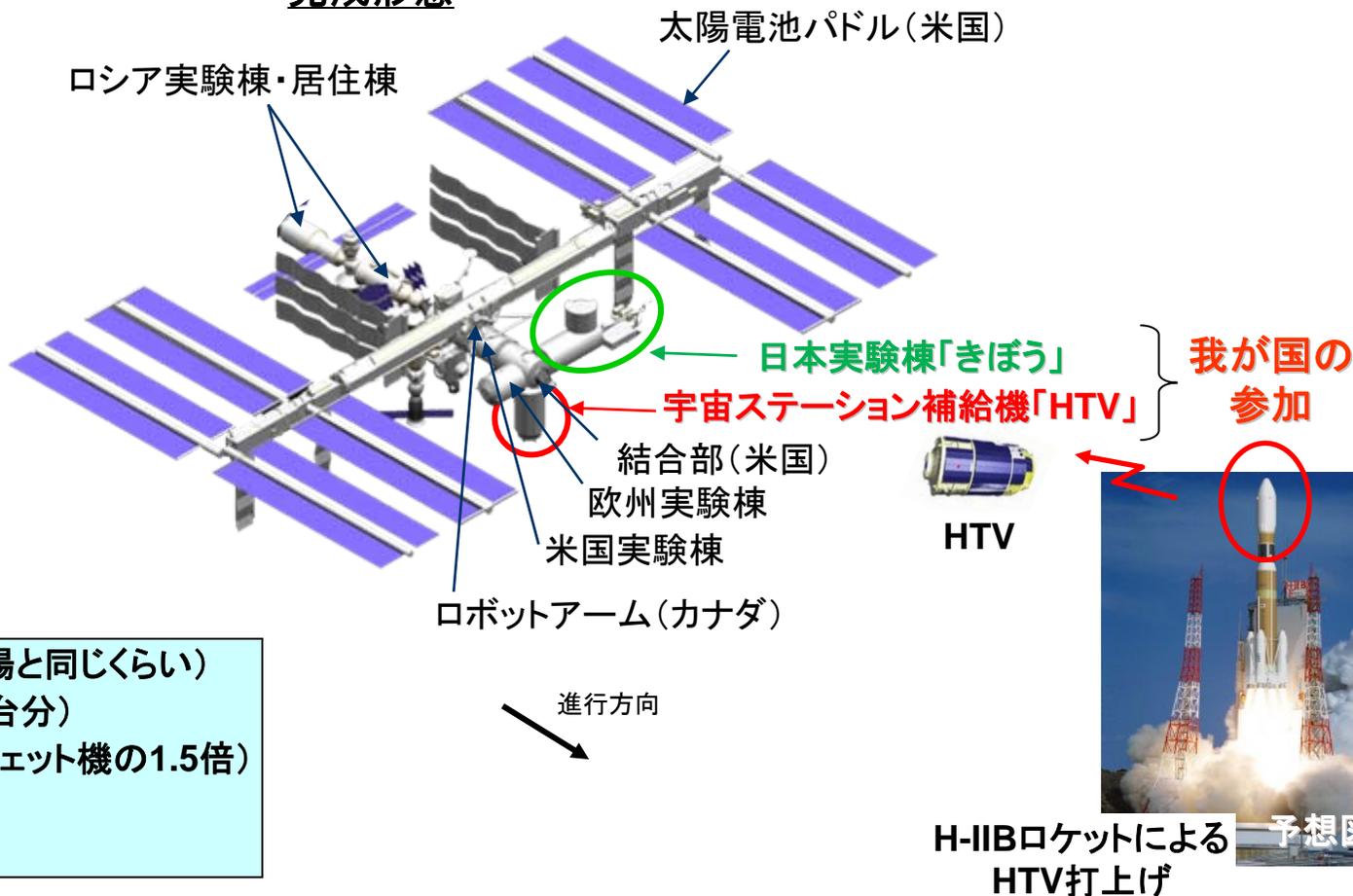
- 日本、米国、ロシア、欧州、カナダの世界15カ国が協力して、人類が今まで宇宙で経験したことのない大規模で複雑な有人宇宙施設を建設し、運用。
- 1984年にレーガン米大統領が提唱し、1988年に日、米、欧、加の4極間で宇宙基地協力協定(IGA)に署名して開始。1998年から軌道上での建設着手。

ISS完成時(2010年)



- 大きさ: 約110m×74m (サッカー場と同じくらい)
- 重さ: 約420トン (小型乗用車420台分)
- 船内の広さ: 約935m³ (ジャンボジェット機の1.5倍)
- 軌道: 地上から400km上空
- 速度: 秒速約8km

完成形態



1. 宇宙ステーション補給機 (HTV) の特徴

(1) 宇宙ステーション補給機 (HTV) の位置付け

- ① ISSへ安全に物資を輸送する我が国初の国産無人宇宙船
- ② ISS全体の運用で生じる共通システム運用経費の分担責任を、資金拠出でなく、国産輸送機 (HTV) での物資輸送で果たす
- ③ 今後の宇宙活動の展開に不可欠な基盤技術を習得

(2) HTVの特長

- ① ISSドッキング中、宇宙飛行士の乗り込みが可能な有人対応設計
- ② クルーの食料や水、大型の実験装置や機器を輸送
2010年のスペースシャトル退役後、ISS全体の運用を支える重要な役割

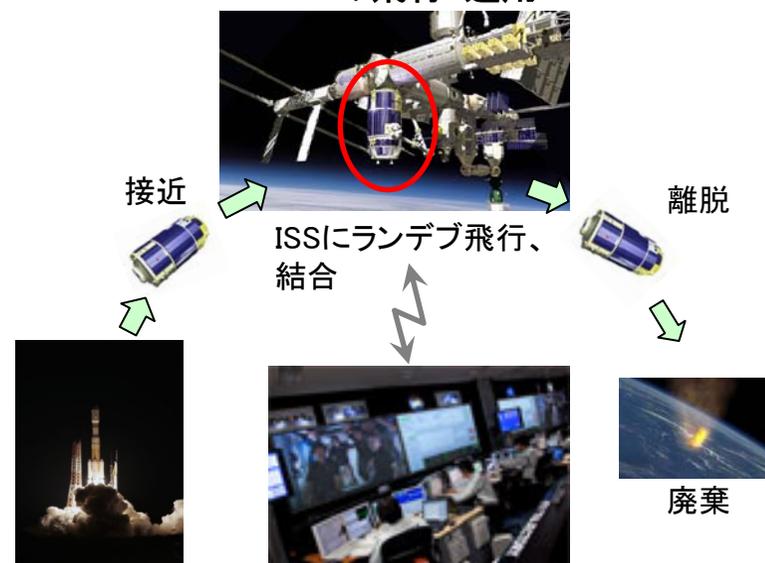
(3) HTVの運用

- ① H-IIBロケットにより種子島から打ち上げ、つくばで地上運用管制を実施
- ② 2009年から毎年1機程度 (計7機) を打ち上げ
(国内宇宙企業がHTV/H-IIBを継続的に製造・運用)



HTV技術実証機
(今回打ち上げた機体)

HTVの飛行・運用



H-IIBロケット
(2009.9.11 種子島宇宙センター)



地上運用管制



廃棄

HTV全体図

(1)宇宙ステーションへの補給能力

補給物資量	約6トン[約4.5トン]
船内物資量	約4.5トン[約3.6トン]
船外物資量	約1.5トン[約0.9トン]

(2)目標軌道(宇宙ステーション軌道)

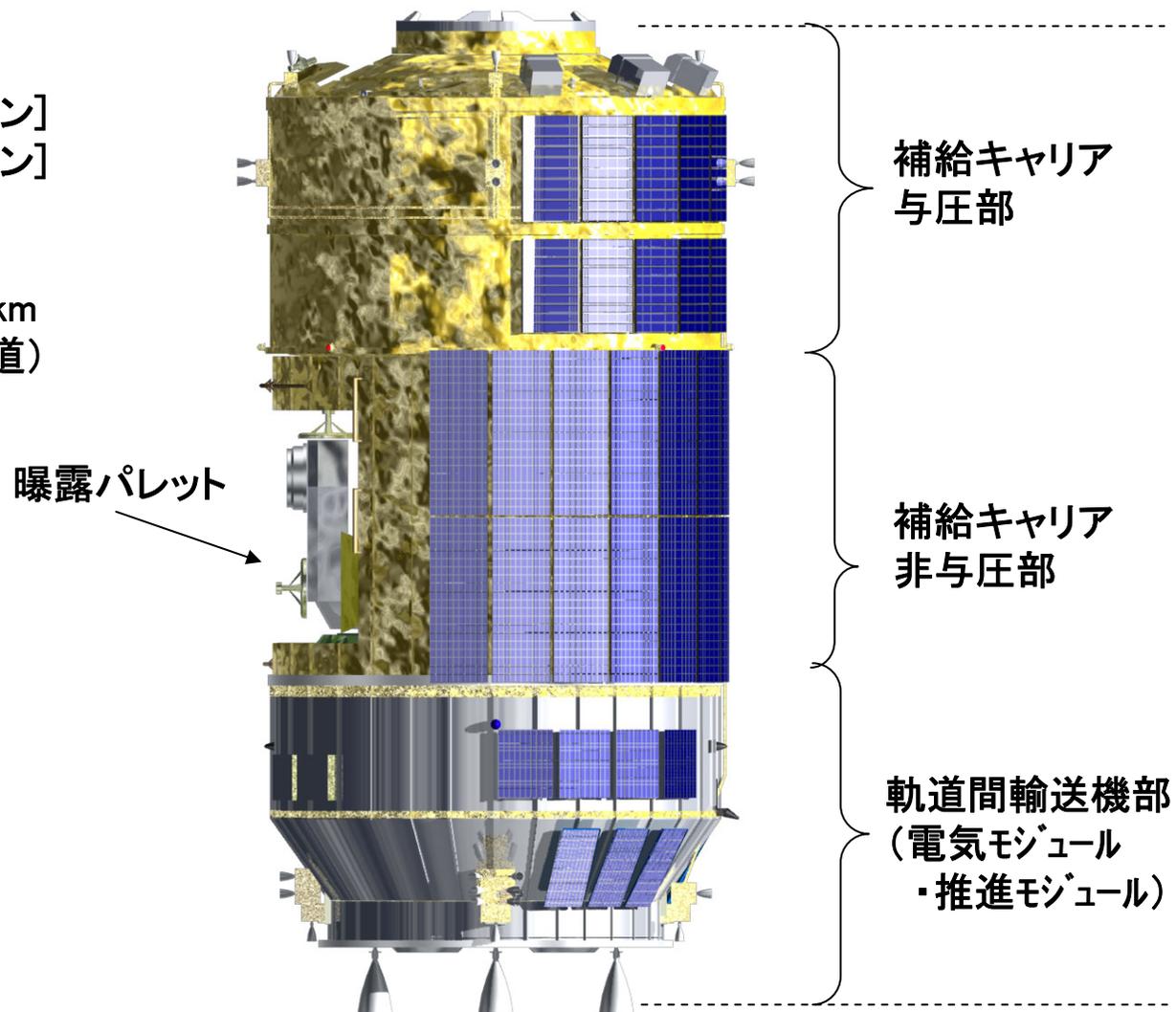
高度	350km~460km
軌道傾斜角	51.6度(円軌道)

(3)主要諸元

全長	約10m
最大直径	約4.4m
全備質量	約16.5トン

(4)飛行計画

計画飛行時間	約100時間
軌道上待機可能期間	1週間以上



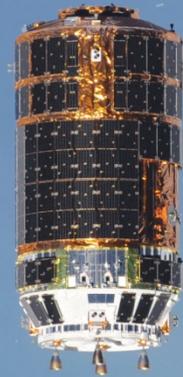
[] 内は技術実証機の数値

1. 我が国はHTVで何を目指したか
 - ISS計画とは
 - HTV概要
2. HTVの技術
 - 有人仕様を満足した宇宙船
 - ランデブ・ドッキング技術
 - 大型物資を輸送できる唯一の宇宙船
3. 技術実証機の運用結果
4. HTVのもたらしたもの
 - HTVの見る目の変化
 - 日本独自の有人宇宙活動への発展構想

2. HTVの技術

我が国の宇宙開発技術
の集大成

有人仕様を満足した
宇宙船



ユニークな
ランデブ・ドッキング方式

大型機器を輸送する唯一の
輸送機

HTVの開発に寄与した技術

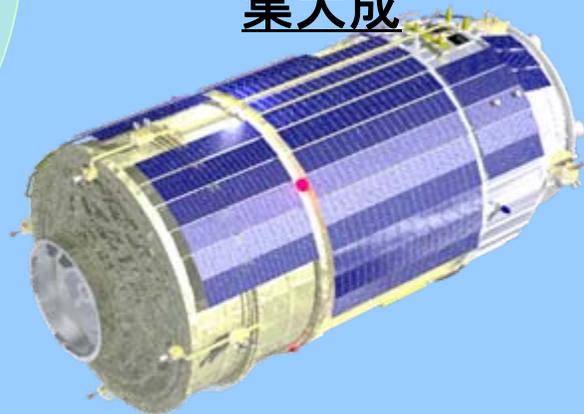
ロケット・輸送系技術



衛星技術

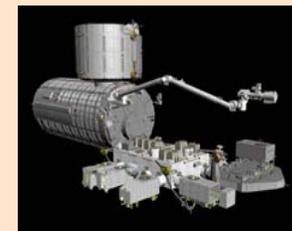


我が国における
ロケット・衛星・有人技術の
集大成



宇宙ステーション補給機(HTV)

ISS/きぼうで獲得 した技術



- (1) 有人宇宙ステーションへのランデブ(遠方/近傍)飛行技術・安全化技術・管制技術
- (2) 大型機体構造(国内最大のロケットペイロード)
- (3) 多重化したアビオニクス、推進系の構成(部品点数約80万点) (参考:ロケットや衛星は約30万点)
- (4) 宇宙飛行士の乗り込みが可能な有人対応設計(ISSドッキング中)

宇宙船とは？

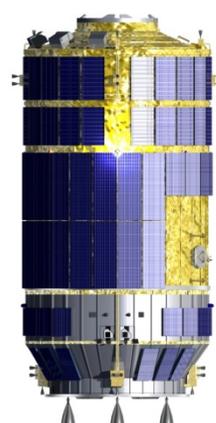
宇宙船の条件は？

- 自分自身で飛行することができる
- 人が乗り込むことができる

有人宇宙船

スペースシャトル、ソユーズ、神舟

無人宇宙船の仲間



HTV	ATV	プログレス
日本	ヨーロッパ	ロシア
16.5トン	20.5トン	7.2トン



HTVのユニークなランデブ・ドッキング技術

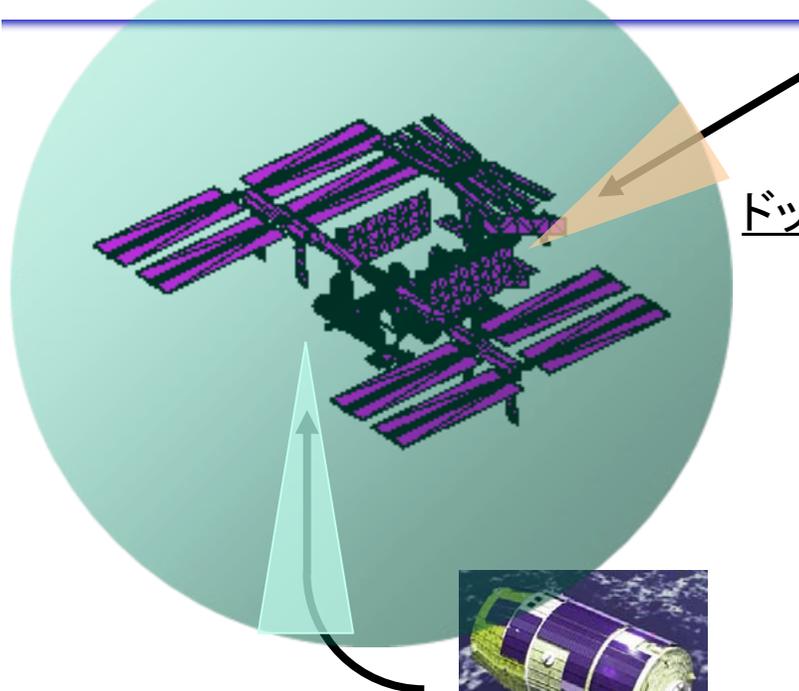
- ランデブー・ドッキングには日本で独自に開発した技術(キャプチャー方式)を使用しており、特にロシアのドッキング機構を使わずロボットアームによりドッキングする方式は独創性がある。
 - 高価なドッキング機構を使用しない効率的なシステム
 - 大きなハッチを採用可能
- 現在宇宙船を開発している米国企業なども参考にしている。
 - 米国企業で補給宇宙船の開発を進めているは、スペースX社、オービタル社の2社であるが、両社とも同じ方式を採用している。
 - 特にオービタル社は、HTVの近傍接近システムを日本から購入。



ISS020E041309



キャプチャー方式とドッキング方式の比較



ドッキング方式



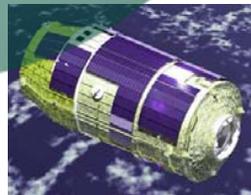
ATV



プログレス

- ・ドッキングは、相対速度を持った「衝突」なため、ノミナルからの少しのずれに危険が伴う。
- ・ドッキング機構は高度で高価な機構である。
- ・ロシア側への接近する現在の標準。

キャプチャー方式



HTV

- ・キャプチャーは、10mほど離れた位置で、相対速度0で停止すればよいため、より安全性が高い。
- ・キャプチャー方式はドッキング専用の機構を必要としない(通常のコネクタ結合機構でよい)。
- ・今後、USOS側への接近する標準となる。

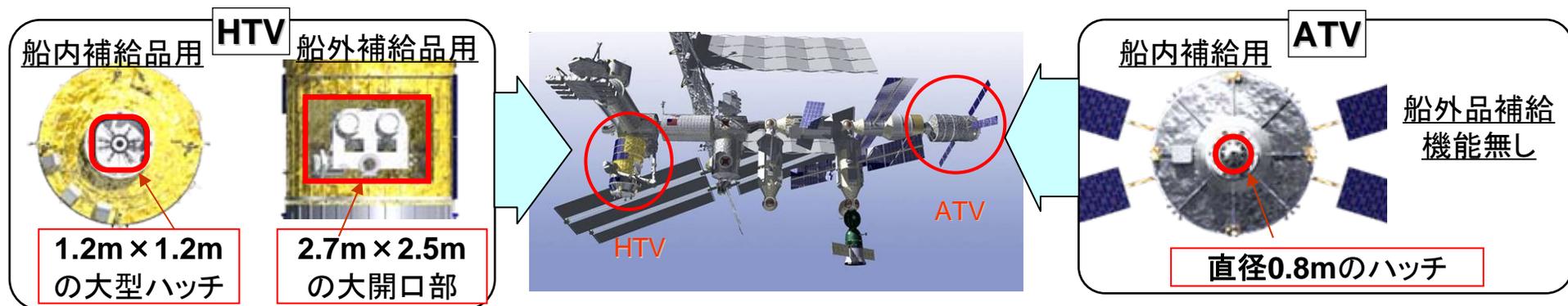
HTVの大型ハッチ/大型開口部(ATVとの比較)

(1)HTVの特徴

- ① ISSへの出入り口がATVよりも大きく、ATVでは運べない大型の船内実験装置(ラック)を運ぶことが可能。
- ② ISSの機能維持に不可欠な船外の機器等を運ぶことが可能(ATVにこの機能はない)。
- ③ ISSへのランデブ飛行技術は、我が国が新規開発(NASAも実績のない、世界初の技術)

(2)ATVの特徴

- ① 出入り口がHTVよりも小さく大型の荷物は運べない。
- ② ATV自身のエンジンを使用し、ISSの高度を上昇させることが可能(HTVにこの機能はない)。
- ③ ISSで使用する燃料をISSに補給可能(HTVにこの機能はない)。
- ④ ISSへのドッキングシステムはロシアの技術を導入。



HTVのみで輸送可能

HTVでもATVでも輸送可能

ATVのみで可能

HTVのみで輸送可能

- 船内実験ラック
- 大型船外実験装置
- 大型船外機器 (ジャイロ等)

HTVでもATVでも輸送可能

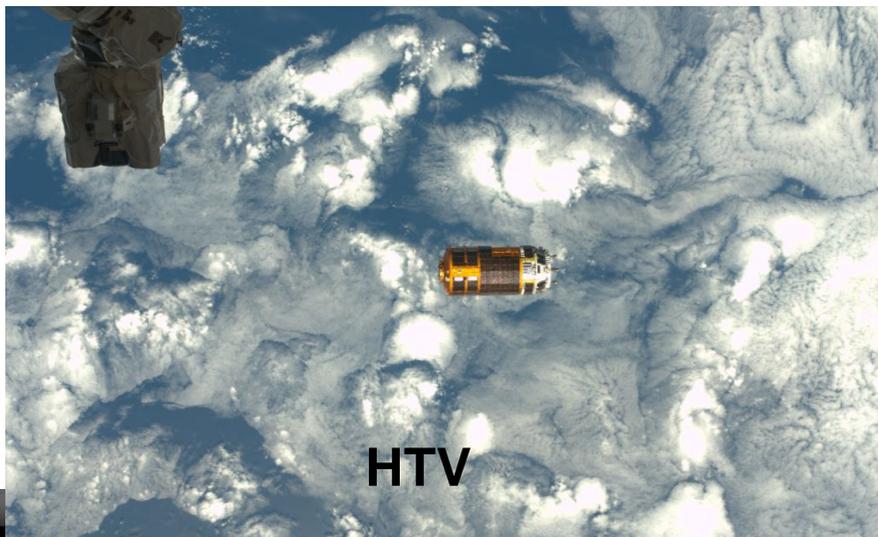
- 食料・日用品・水・実験試材など

ATVのみで可能

- ATVによるISSの高度上昇
- 推進薬・空気の補給

1. 我が国はHTVで何を目指したか
 - ISS計画とは
 - HTV概要
2. HTVの技術
 - 有人仕様を満足した宇宙船
 - ランデブ・ドッキング技術
 - 大型物資を輸送できる唯一の宇宙船
3. **技術実証機の運用結果**
4. HTVのもたらしたもの
 - HTVの見る目の変化
 - 日本独自の有人宇宙活動への発展構想

3. HTV技術実証機の運用概要



HTV



ISS宇宙飛行士



つくば/HTV運用管制室



ヒューストン/運用管制センタ

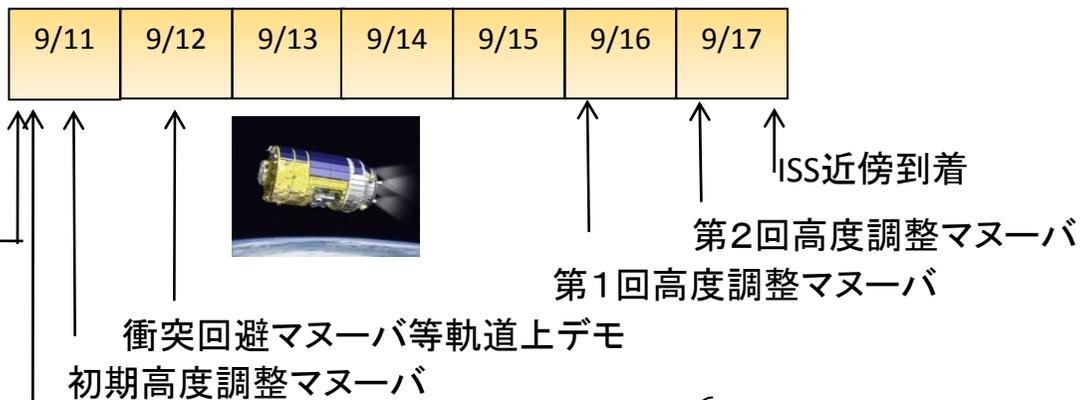
HTV技術実証機ミッションスケジュール

ISSタイムライン

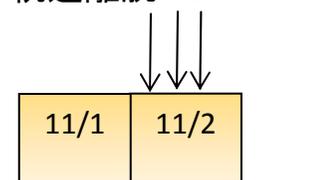


52日間のミッション終了

HTVタイムライン



軌道離脱マヌーバ



再突入

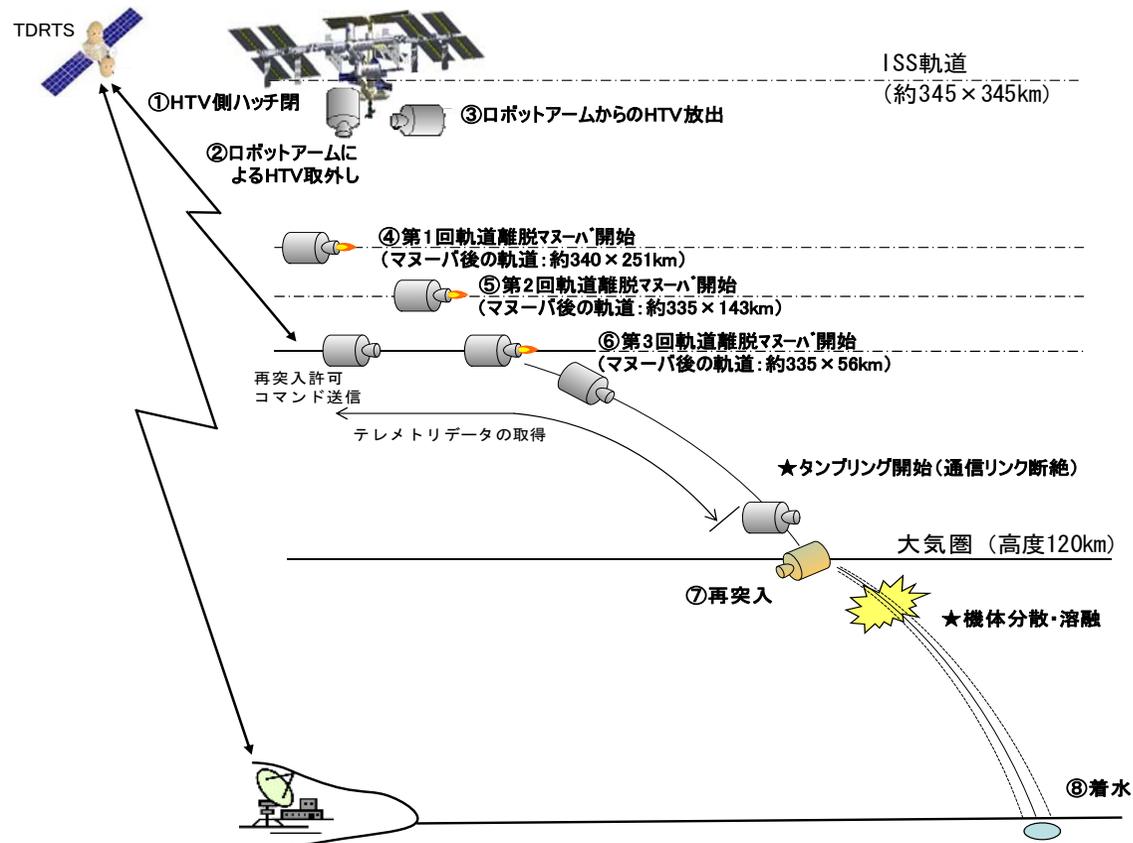


SSRMS: 宇宙ステーションロボットアーム
 EP: 曝露パレット JEM: 日本実験棟

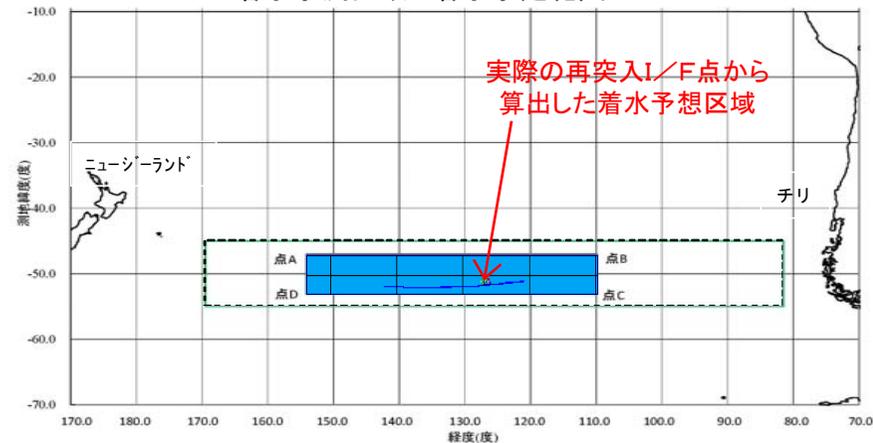
ISS離脱・再突入飛行結果概要

イベント実施結果

イベント	計画日時	実績
①HTV側ハッチ閉	10/30 2:00	10/30 2:32
②SSRMSによるHTV取り外し	10/31 0:00	10/31 0:02
③SSRMSからのHTV放出	10/31 2:30	10/31 2:32
④第1回軌道離脱マヌーバ	11/1 23:55	11/2 0:01
⑤第2回軌道離脱マヌーバ	11/2 1:25	11/2 1:34
⑥第3回軌道離脱マヌーバ	11/2 5:53	11/2 6:01
⑦再突入インタフェース点	11/2 6:25	11/2 6:26
⑧着水(推定)	11/2 6:38~6:58	11/2 6:38~6:58



着水予測区域と着水予定範囲



実際の再突入I/F点から算出した着水予想区域は、事前に計画(通報)していた着水予測区域の十分内側となっている。

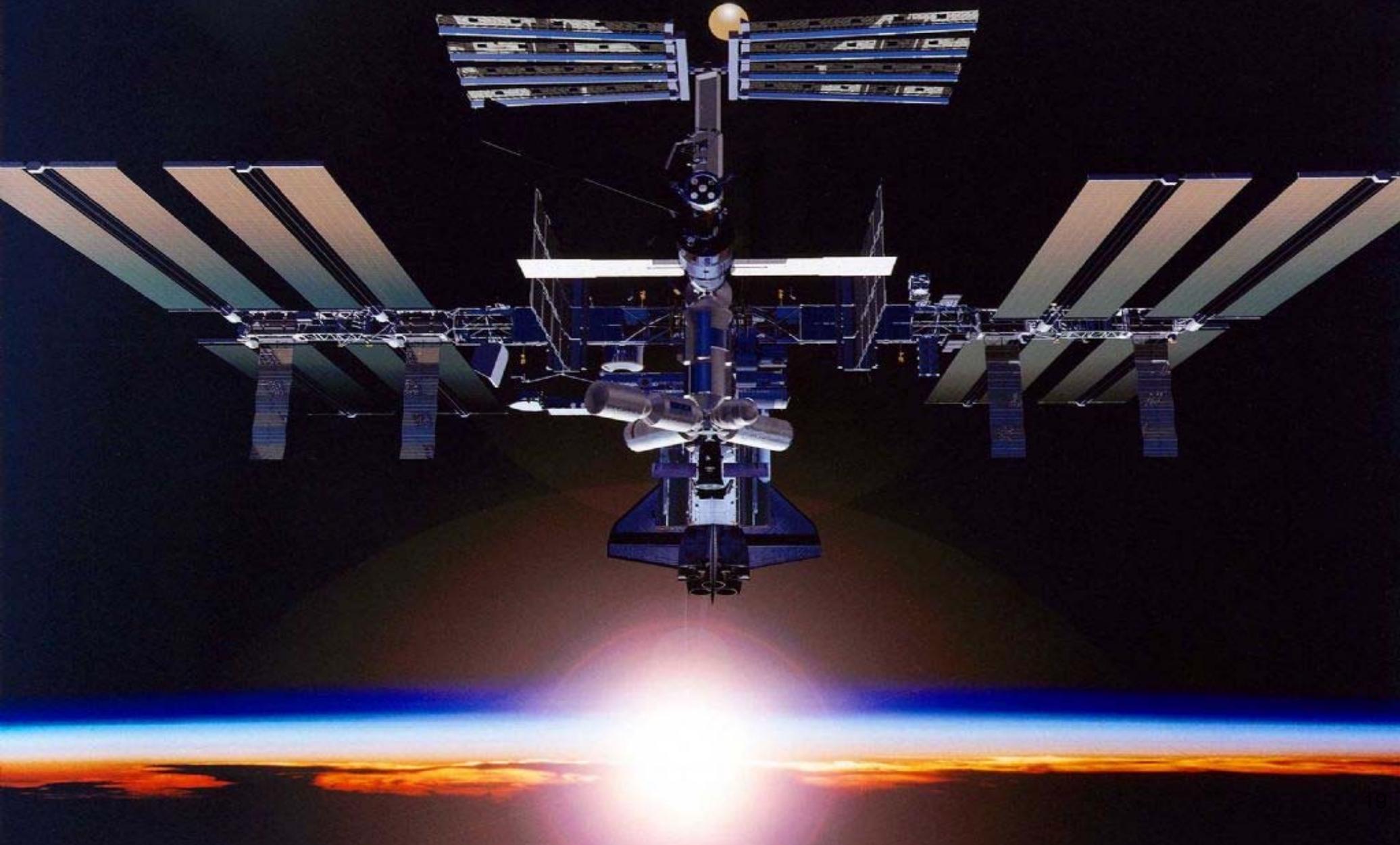
事前通報時の着水予測区域

着水予定範囲

A: 西経153.5度、南緯47度
B: 西経109.5度、南緯47度
C: 西経109.5度、南緯53度
D: 西経153.5度、南緯53度

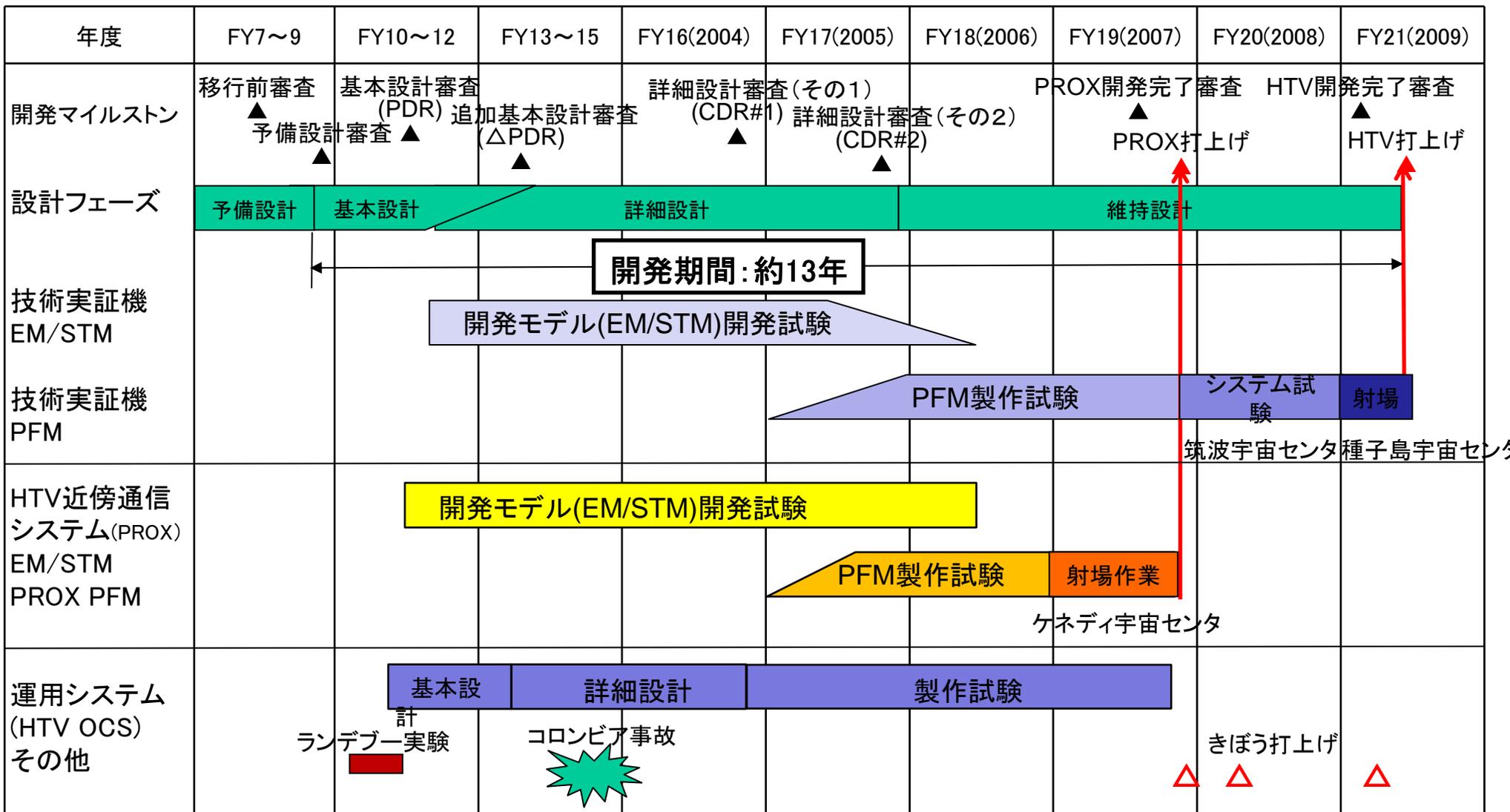
1. 我が国はHTVで何を目指したか
 - ISS計画とは
 - HTV概要
2. HTVの技術
 - 有人仕様を満足した宇宙船
 - ランデブ・ドッキング技術
 - 大型物資を輸送できる唯一の宇宙船
3. 技術実証機の運用結果
4. HTVのもたらしたもの
 - HTVの見る目の変化
 - 日本独自の有人宇宙活動への発展構想

4. HTVのもたらしたもの(現在・未来)





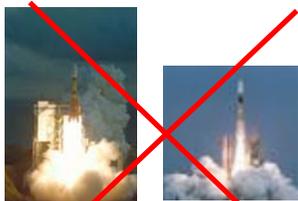
HTV技術実証機 開発経緯



海外機関のHTVに対する見る目の変化

開発当初 2000年ごろ

- ・HTV開発に対する懐疑的な目
- ・ランデブ技術に対する低評価
- ・米国は物品の搭載拒否



H2/8F H2A/6F
打上げ失敗



Adeos Adeos2
衛星事故



議論を通して技術者としての信頼の獲得



おりひめ・ひこぼし
自動ランデブ実証



10回連続成功



きぼうの完成

現在 2010年

- ・有人宇宙船への発展の期待
- ・技術、運用に関するサポート依頼
- ・輸送の問合せ増加



初号機の
計画通りのランデブ

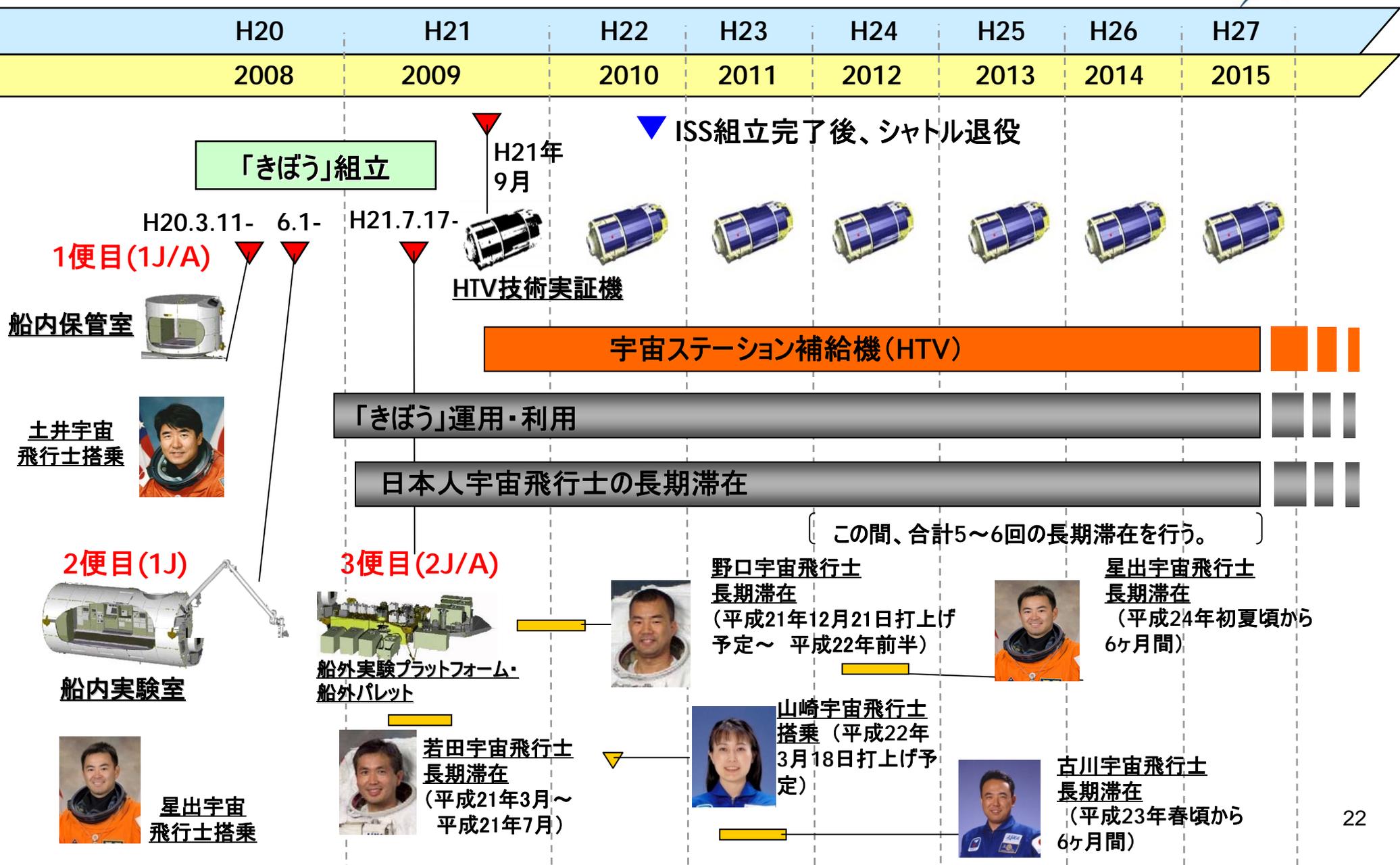


初号機の
計画通りの打上げ

宇宙後発国

頼れるパートナーへ

ISS計画とHTV打上げスケジュール



日本独自の有人宇宙活動への発展構想

- HTVの開発・運用により、軌道間輸送、ランデブ、再突入軌道制御などの高度な技術を獲得
- これら技術は、月探査や有人輸送システムの実現に不可欠



HTV(ISS計画)

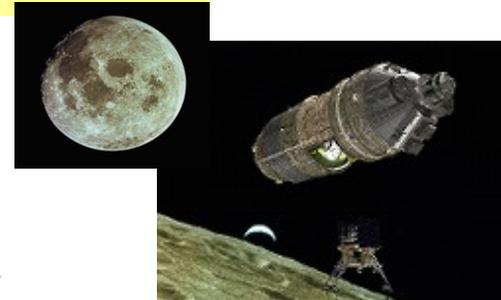


軌道間輸送機

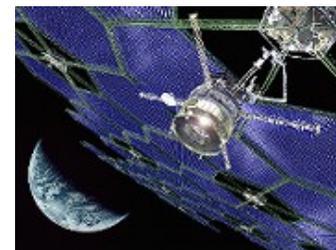


地球回収システム搭載

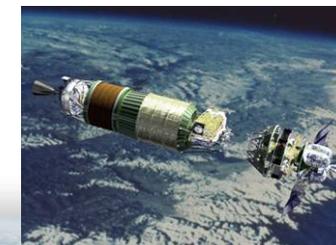
月探査・利用



月・惑星への探査機、物資輸送手段



軌道上組立て大型プラットフォームの建設



有人輸送機への発展

5. まとめ

- (1) HTV技術実証機(初号機)は、計画通り安全に全てのミッションを完了した。
ミッション期間中、当初の要求と異なるISS軌道、シャトルとの干渉、係留期間延長などの条件変更にもかかわらず、1分もずれないスケジュールで運用。
- (2) 今回の成功により、我が国は今後の宇宙活動の展開に必要な軌道間輸送機や有人宇宙船に不可欠な技術を習得したことになり、有人宇宙環境利用の更なる促進や将来の日本独自の有人宇宙開発活動に道を拓く大きな一歩を記した。

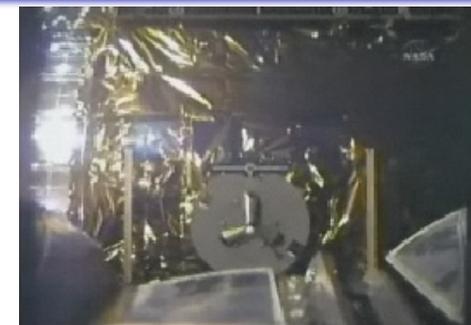


HTVチームに対する
宇宙飛行士によるメッセージ

(参考)

参考1 HTV技術実証機の輸送ミッション概要

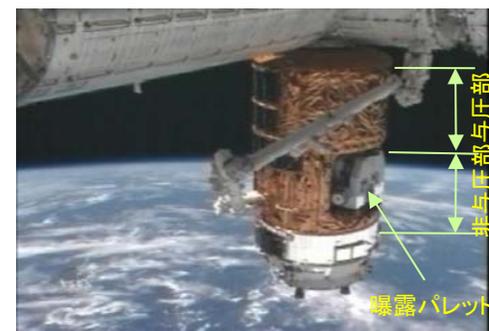
- (1) 9月11日(金)午前2時01分46秒(日本標準時)に、種子島宇宙センターからH-IIロケット試験機により打ち上げられた。
- (2) ロケット分離後、国際宇宙ステーション(ISS)に接近するための高度調整マヌーバ等を計画通り実施し、9月18日(金)午前4時51分、宇宙飛行士(ニコル・ストット)が操作するISSのロボットアーム(SSRMS)により把持された。
- (3) 同日午前7時26分、SSRMSでISSの第2接合部(ノード2)下部(地球側)に結合した。
- (4) 9月19日、HTV与圧部のハッチを開け、宇宙飛行士が与圧部内に入室。
- (5) 9月22日より与圧部内の貨物のISSへの運び込みを開始し、10月20日完了。
- (6) 9月23日に曝露パレットの船外実験プラットフォーム(EF)への取付け完了。
- (7) 9月24日にHREP*1とSMILES*2の船外実験装置をEFの所定の位置に取付け。
- (8) 9月25日に空の曝露パレットをHTV非与圧部に収納。



SSRMSがHTVのグラブルフィクスチャーに接近する様子



SSRMSによる把持



ISSの第2接合部へ結合

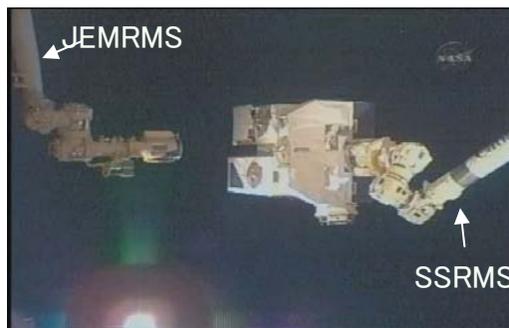
*1)沿岸海域用ハイパースペクトル画像装置及び大気圏／電離圏遠隔探査システム実験装置(NASA)

*2)超伝導サブミリ波リム放射サウンダ(JAXA/NICT)

↑ 進行方向(Fwd)



与圧部内部の状況



SSRMSからJEMRMSへ曝露パレットのハンドオーバーの状況

参考2 HTV技術実証機 の輸送品・廃棄物

① 船内物資【約3.6トン】

② 船外物資【約0.9トン】

(1) 搭載物資



食料、実験用試料類(種など)、きぼう交換品、子アーム、宇宙飛行士用品(衣類など)



SMILES (超伝導サブミリ波リム放射サウンダ)
JAXA/NICTが開発した実験装置で、成層圏大気中のオゾン等の微量分子の3次元グローバル観測を行う。



HREP: NASAの実験装置であり、海洋観測および大気成分観測を行う。



ISS搭乗員による運用支援

輸送・補給



廃棄品の回収



(2) 廃棄物資

【約1.6トン(空ラック含む)】

廃棄品	代表的な物品
NASAシステムラック	搭乗員健康管理システム: CHeCS
宇宙飛行士日用品	搭乗員排泄物、搭乗員仮寝床用毛布、水再生装置用バクテリアフィルタ、ゴミ箱
「きぼう」装置関係	JEM補給ラック打上げ用フロントパネル
実験関係	使用済みの実験用試料キット
フォーム材、バッグ類	打上げ梱包用フォーム材、クッション

参考3

HTVの開発体制

JAXAの役割

- (1)アメリカ航空宇宙局(NASA)、カナダ宇宙庁(CSA)を中心とした他国際機関との調整を実施。
- (2)機体開発、地上設備開発、運用管制をとりまとめる他、ロケット/きぼうとのインターフェース調整を実施。

開発担当企業

- (3)三菱重工が機体設計のとりまとめを実施する他、国内宇宙企業の先端技術を結集して開発：三菱重工、三菱電機、IHIエアロスペースなど国内約100社が参画。

各モジュール開発

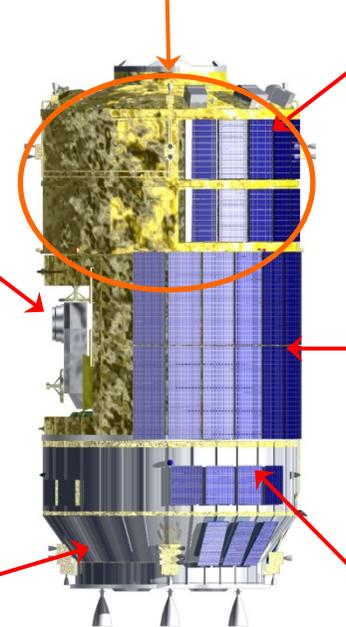
曝露パレット
(IHIエアロスペース)



推進モジュール
(三菱重工, IHIエアロスペース)



宇宙飛行士が軌道上で乗り込む部分



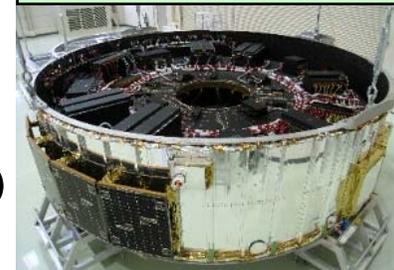
補給キャリア与圧部
(三菱重工)



補給キャリア非与圧部
(三菱重工)

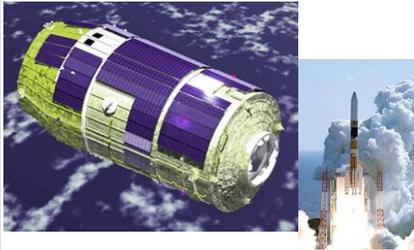
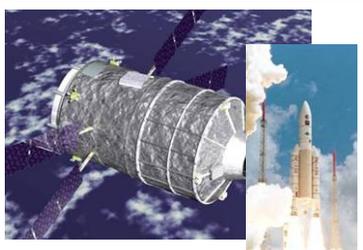
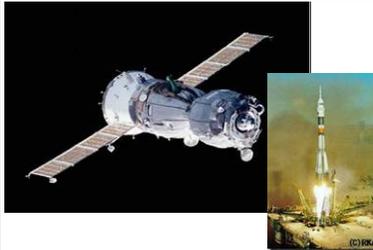


電気モジュール
(三菱電機)



国産化率：約70% (HTV技術実証機)
約80% (HTV2以降)

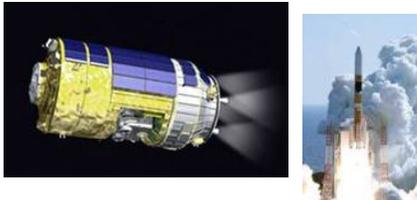
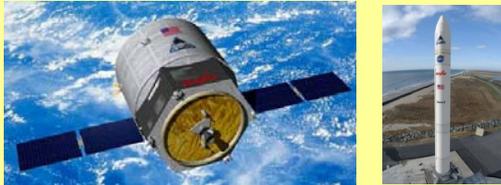
参考4 ISSへの各国補給機の比較

	HTV (日本)	ATV (欧州)	プログレス (ロシア)	スペースシャトル (米国) (2010年引退予定)
補給機				
補給能力	6トン	7.5トン	2トン	16トン(物資)
総重量	16.5トン	20.5トン	7.2トン	94トン (オービタ/カーゴ)
打上げ ロケット	H-IIロケット	アリアン5 ロケッ ト(ES-ATV型)	ソユーズロケット	スペースシャトル システム

参考5

COTS/CRSの概要

NASAは、2011年までのISSへのデモフライト(COTS)、及び2011年以降の商業輸送サービス(CRS: Commercial Resupply Service)を提供する企業として、スペースX(輸送機名ドラゴン)とオービタル・サイエンス(輸送機名シグナス)の2社を選定した。

	HTV	シグナス(Cygnus)	ドラゴン(Dragon)
			
運用開始	2009年9月～	2011年～	2010年～
開発主体	JAXA	オービタル・サイエンス社	スペースX社
概要	(1)打上げロケット:H-IIIB (2)物資補給能力:6トン (3)総重量:16.5トン (4)予定機数:7機(今後6機) (5)ISS近傍通信:PROX	(1)打上げロケット:トールラス2 (2)物資補給能力:2トン (3)総重量:5.3トン (4)予定機数:9機(COTS:1機、CRS:8機) (5)ISS近傍通信:PROX利用	(1)打上げロケット:ファルコン9 (2)物資補給能力:2.5トン(地上回収能力2.5トン) (3)総重量:8.7トン (4)予定機数:15機(COTS:3機、CRS:12機) (5)ISS近傍通信:独自システム(CUCU:COTS UHF Communication Unit)
開発状況	<ul style="list-style-type: none"> ・2011年1月に、2号機を打上げ予定。 ・年1機の頻度で打上げ予定。 	<ul style="list-style-type: none"> ・COTS打上げは、当初2011年3月の予定であったが、遅れる模様。 	<ul style="list-style-type: none"> ・COTS#1、#2、#3の打上げは、当初、2009年11月、2010年6月、2010年8月の予定であったが、それぞれ2010年2月、2010年10月、2010年12月に変更。

参考6 我が国のISS計画参加の意義と成果

(1) 有人宇宙技術をはじめとする広範な技術の獲得・高度化

- 「きぼう」の開発、運用、宇宙飛行士の活動を通じて有人宇宙技術を獲得
 - 国産技術による有人宇宙機、宇宙ロボット、有人滞在
 - 宇宙産業の基盤強化(国産技術で開発)
- 日本のH-IIBロケットで宇宙ステーション補給機(HTV)を継続的に打上げ
 - 日本の宇宙輸送技術(国家基幹技術)向上に貢献
- 大規模で安全なシステム開発・運用に必須のシステムズ・エンジニアリング、プロジェクト・マネジメント手法を獲得



有人安全技術
システム統合技術



輸送技術

(2) 世界をリードする科学的成果や社会のニーズに対応した成果の創出

- 最初の2~3年で、約100程度の実験を実施予定
(今後、さらにタンパク質結晶化実験や有償利用テーマなどを選定、実施する予定)
- 大学、研究機関等の優れた提案の中から課題を厳選し、世界をリードする科学成果を創出
- 今後、高齢者医療など社会のニーズに対応した実用化を目指した課題に重点化



高品質蛋白質結晶



高齢者医療

(3) 国際協力の推進

- 国際的合意形成の場でのリーダーシップや影響力の獲得
- 国際協力での実行力認知、信頼獲得
- 我が国はアジア唯一のISS計画参加国(アジア協力の推進)

(4) 世界で活躍できる人材の育成

- 国際交渉力を持つ人材の育成
- 宇宙の国際標準で仕事ができるエンジニア
- 宇宙飛行士

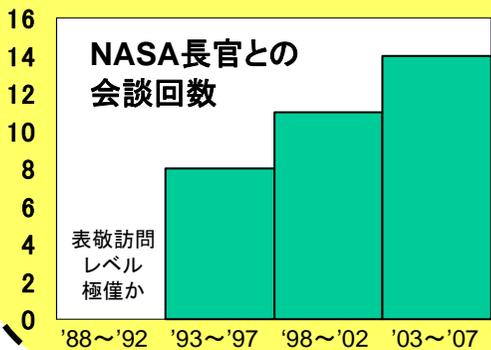
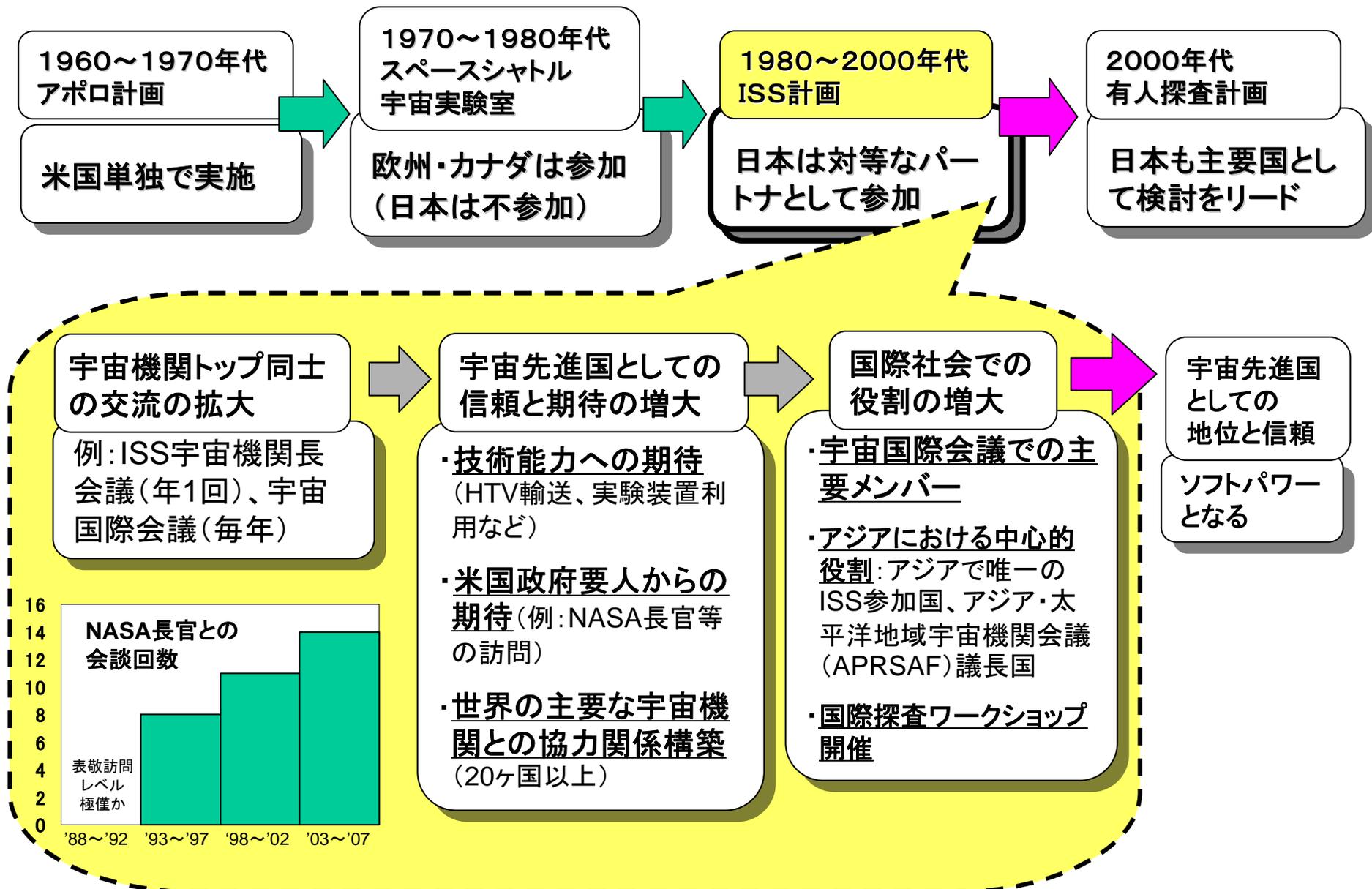
(5) 国民の自信と希望・教育

- 日本の技術力の顕示
- 日本人宇宙飛行士の活躍、教育イベント
- 日本文化の発信(宇宙食、芸術、宇宙連詩)

参考7

政策的成果

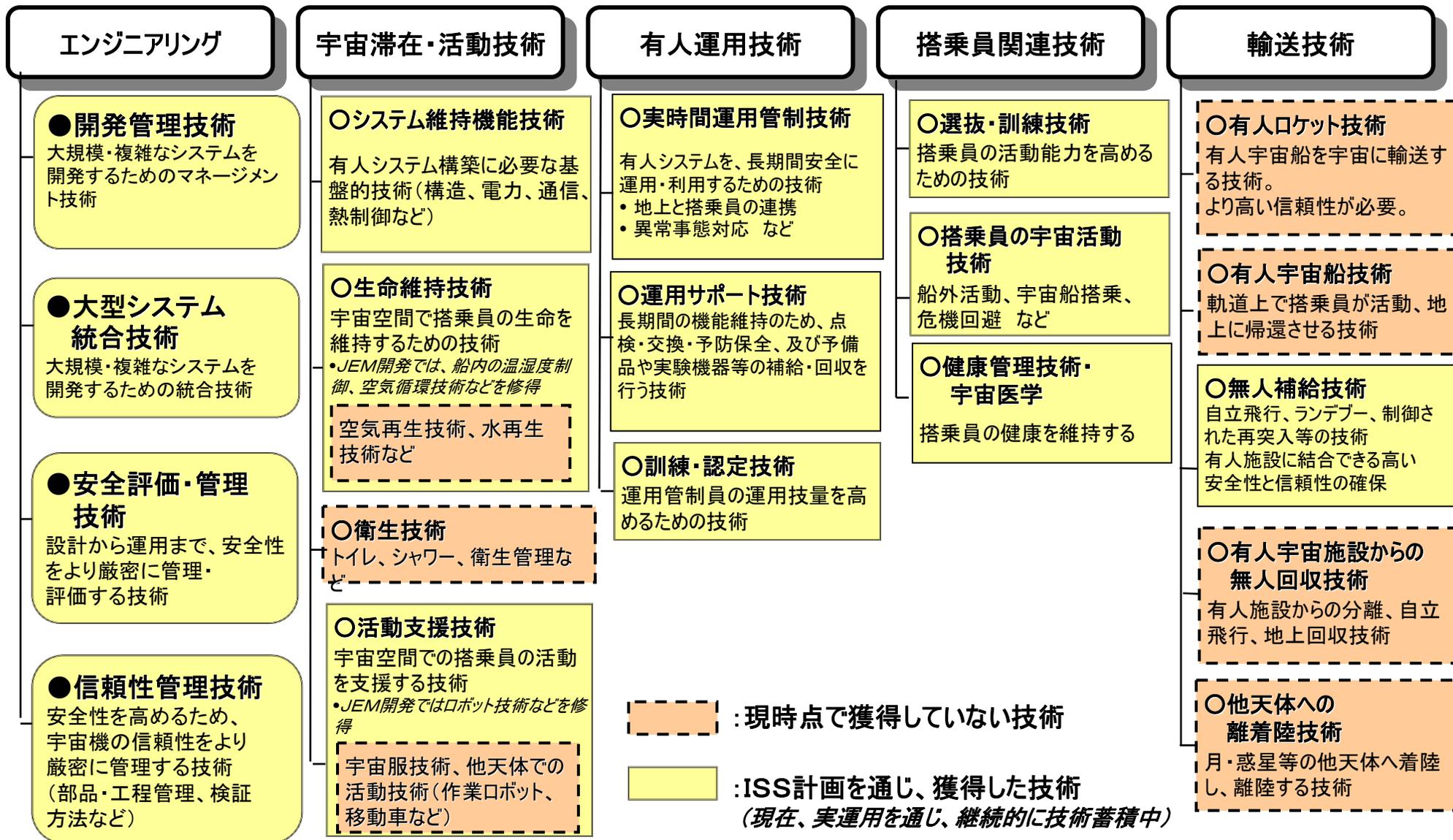
-宇宙先進国としての地位を獲得-





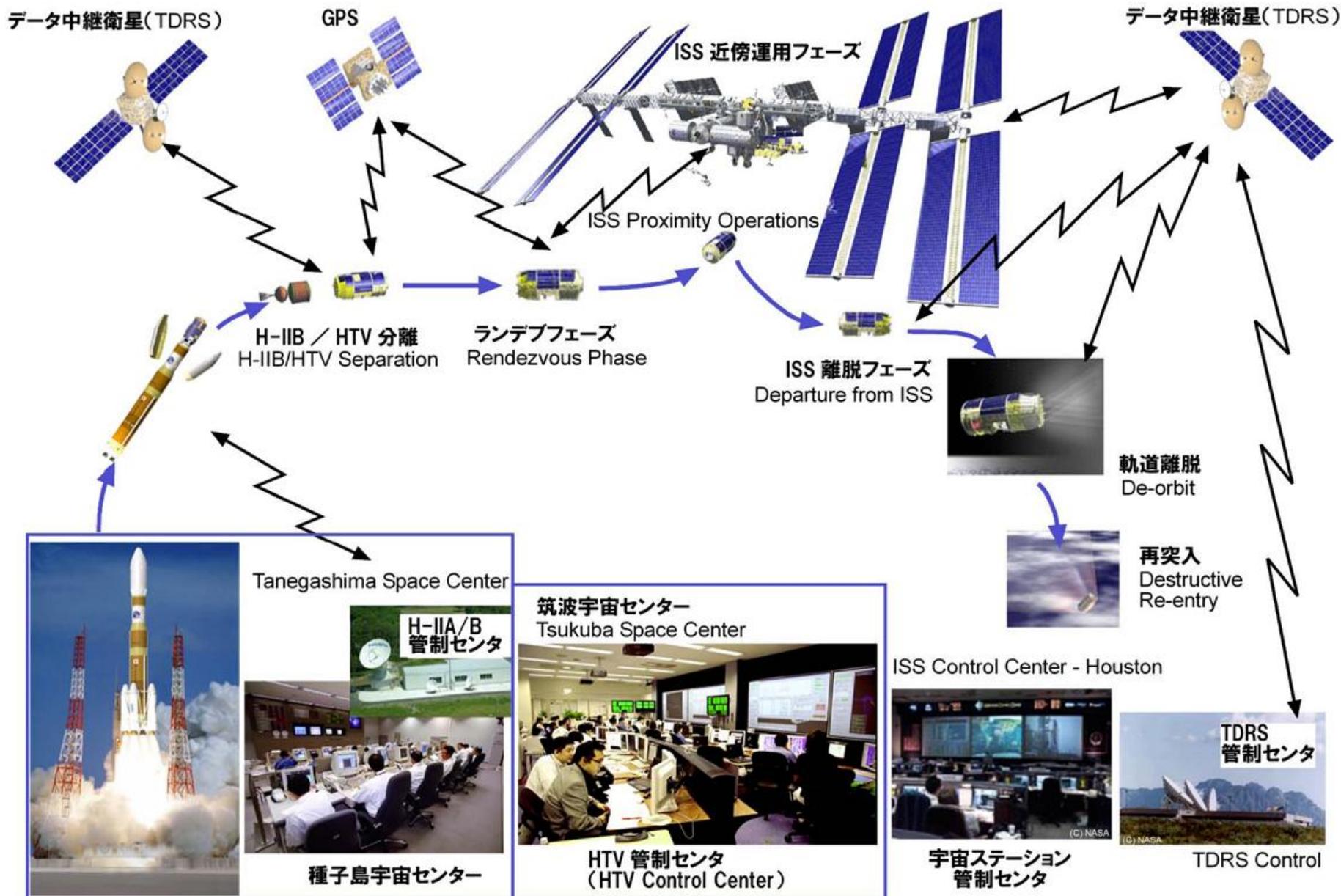
参考8

有人宇宙技術の体系



参考9

HTVの運用概要



参考10

HTVの運用管制システム

