

宇宙ステーション補給機「こうのとり」5号機(HTV5)に
係る安全対策について
(調査審議結果)

平成27年7月2日
科学技術・学術審議会
研究計画・評価分科会
宇宙開発利用部会

目 次

1. 概要
2. 調査審議の方法
3. 調査審議の結果

参考 1 科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会
宇宙開発利用部会 委員名簿

参考 2 科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会
宇宙開発利用部会 調査・安全小委員会 委員名簿

付録 1 宇宙ステーション補給機「こうのとり」5号機（HTV5）の概要

付録 2 宇宙ステーション補給機「こうのとり」5号機（HTV5）の接近・係留・離脱
フェーズに係る安全検証結果について

付録 3 宇宙ステーション補給機「こうのとり」5号機（HTV5）の再突入に係る安全
評価について

1. 概要

宇宙ステーション補給機「こうのとり」5号機（以下「HTV5」という。）の打上げが予定されている。H-II B ロケット5号機で打ち上げられるHTV5は、国際宇宙ステーション（ISS）に接近・結合して輸送物資を補給した後、ISSから回収した不要品等を搭載してISSを離脱し、その大部分が大気圏で燃焼するように大気圏に再突入して南太平洋に廃棄される予定である。

このHTV5のISS近傍での運用（接近、係留、離脱フェーズ）に際しての安全対策について、JAXA（国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構）は、NASA（米国航空宇宙局）との役割分担に則して安全審査を終了した。また、HTV5の大気圏への再突入に際しての安全対策についても、JAXAは安全審査を終了した。

科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会宇宙開発利用部会（以下「宇宙開発利用部会」という。）では、上記のJAXAによる安全対策の妥当性について調査審議を行った。本報告書は、その調査審議の結果を取りまとめたものである。

2. 調査審議の方法

宇宙開発利用部会及び宇宙開発利用部会が設置した調査・安全小委員会は、以下の観点で調査審議を行った。

- ・HTV5のISS近傍での運用（接近、係留、離脱フェーズ）に際しての安全対策の妥当性については、「宇宙ステーション補給機「こうのとり」（HTV）に係る安全対策の評価のための基本指針（平成24年9月6日 科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会宇宙開発利用部会）」（以下「評価指針」という。）に基づいて調査審議を行った。
- ・HTV5の大気圏への再突入に際しての安全対策の妥当性については、「ロケットによる人工衛星等の打上げに係る安全対策の評価基準（平成27年6月3日 科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会宇宙開発利用部会）」（以下「評価基準」という。）に基づいて調査審議を行った。

調査審議は、以下の日程で、全て公開で行った。

- ・平成27年6月9日 調査・安全小委員会（第14回）
- ・平成27年7月2日 宇宙開発利用部会（第22回）

3. 調査審議の結果

JAXA は、HTV5 の ISS 近傍での運用（接近、係留、離脱フェーズ）に際して、号機横断的な審査結果と 4 号機までの審査・運用実績を踏まえた安全対策について、NASA との役割分担を含む所定のプロセスに則した安全審査を実施し、安全対策の妥当性が確認されたとしている。JAXA の安全対策について調査審議を行った結果、評価指針に定める各要件を満たしていると判断できる。

また JAXA は、HTV5 の大気圏への再突入に際して、4 号機までの再突入運用の経験を踏まえた安全対策について安全審査を実施し、安全対策の妥当性が確認されたとしている。JAXA の安全対策について調査審議した結果、評価基準に定める飛行安全対策と安全管理体制の各要件を満たしていると判断できる。

以上のとおり、JAXA による安全審査により妥当と判断された HTV5 に係る安全対策は、評価指針・評価基準に定める各要件を満たしており、妥当であると判断する。

(参考 1)

科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会 宇宙開発利用部会 委員名簿

(五十音順)

(委員)

部会長代理	佐藤 勝彦	自然科学研究機構長
部会長	白石 隆	政策研究大学院大学長／日本貿易振興機構アジア 経済研究所長

(臨時委員)

青木 節子	慶應義塾大学総合政策学部教授
井川 陽次郎	読売新聞東京本社論説委員
柴崎 亮介	東京大学空間情報科学研究センター教授
白井 恭一	慶應義塾大学法学大学院講師(非常勤)／元東京海上 日動火災保険株式会社航空保険部部長
鈴木 真二	東京大学大学院工学系研究科教授
高橋 德行	トヨタ海運株式会社代表取締役社長
永原 裕子	東京大学大学院理学系研究科教授
林田 佐智子	奈良女子大学大学院自然科学系教授
藤井 良一	名古屋大学太陽地球環境研究所教授
星出 彰彦	国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構有人宇宙 技術部門宇宙飛行士運用技術ユニット宇宙飛行士 グループ技術領域リーダー
松尾 亜紀子	慶應義塾大学理工学部教授
安岡 善文	東京大学名誉教授
横山 広美	東京大学大学院理学系研究科准教授
吉田 和哉	東北大学大学院工学研究科教授
米本 浩一	九州工業大学大学院工学研究科教授

(参考2)

科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会
宇宙開発利用部会 調査・安全小委員会 委員名簿

(五十音順)

	飯田光明	国立研究開発法人産業技術総合研究所環境安全 本部安全管理部審議役
主査代理	折井武	衛星設計コンテスト実行委員会 会長
	門脇直人	国立研究開発法人情報通信研究機構執行役兼経営 企画部長
	鈴木和幸	電気通信大学大学院総合情報学専攻教授
	田村圭子	新潟大学危機管理室教授
主査	中島俊	帝京大学理工学部航空宇宙工学科教授
	野口和彦	横浜国立大学大学院環境情報研究院教授
	馬嶋秀行	鹿児島大学大学院医歯学総合研究科教授
	松尾亜紀子	慶應義塾大学理工学部教授
主査代理	渡邊篤太郎	元独立行政法人宇宙航空研究開発機構執行役

宇宙ステーション補給機5号機 (HTV5) の概要



2015年7月2日
宇宙航空研究開発機構

(付録1)



目次

1. HTVの概要	
- HTVシステムの目的	.....4
- ハードウェア構成	.....5
- 補給物資例(HTV4の場合)	.....6
2. HTVの運用概要	
- 運用概要図	.....8
- 安全評価の対象	.....9
- 打上げフェーズ	.....10
- ランデブ/近傍運用フェーズ	.....11
- 近傍運用フェーズ(キャプチャーフェーズ)	.....12
- 係留フェーズ	.....14
- 離脱フェーズ	.....17
- 再突入フェーズ	.....18
3. HTV4号機から5号機への変更点	
- HTV5号機主要変更点(機体編)	.....21
- HTV5号機主要変更点(ISS編)	.....22



1. HTVの概要



HTVシステムの目的

- HTV(H-II Transfer Vehicle)はH-IIBロケットにより打ち上げられ、国際宇宙ステーション(ISS:International Space Station)に、最大6トンの物資を補給する。
 - － 輸送される物資は、与圧キャリア内に搭載されるISS船内向け補給品(内部補給品:衣類、食料、水、実験装置、システム補用品など)と、非与圧キャリアの曝露パレットに搭載されるISS船外向け補給品(外部補給品:システム補用品、曝露実験装置など)がある。
- なお、ISSへの物資補給後、ISSの不要品を最大6トン搭載してISSを離脱し、HTV本体ともどもその大部分が大気圏で燃焼するように大気圏に再突入して南太平洋に廃棄する



ハードウェア構成

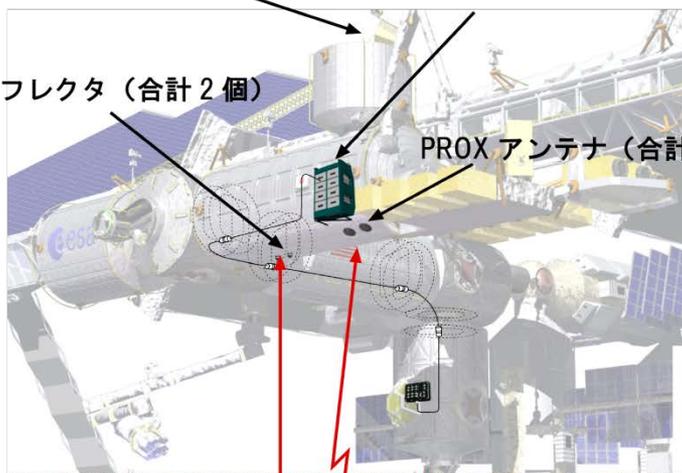
HTV 支援システム (きぼう内)

GPS アンテナ (合計 2 個)

PROX (近傍通信システム)

レーザーリフレクタ (合計 2 個)

PROX アンテナ (合計 6 個)

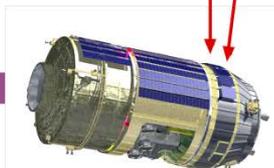


レーザー光:
HTVとISSの間の距離、
相対速度を求めるため
にHTVからレーザー光
を出し、レーザーリフレ
クタで反射して帰って
くるまでの時間を測定
するランデブセンサ(RVS)
で使用

レーザー光

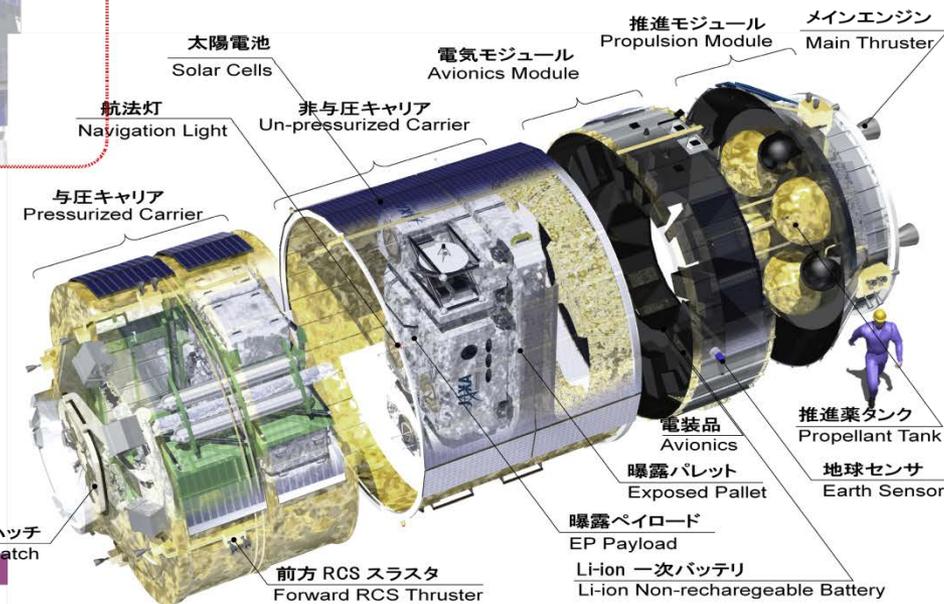
RFリンク

RFリンク
: Radio Frequency
無線通信リンク
HTVへのコマンド、
HTVからのデータ送信
のために使用



項目	諸元
全長	約10.0m (ノズル含む)
直径	約4.4m
質量	約16.5トン (打上時)
輸送目標軌道 (宇宙ステーション軌道)	高度: 350 km ~ 460 km 軌道傾斜角: 51.6度

HTV 機体構成





補給物資例 (HTV5の場合)

ISS船内向け補給品 (内部補給品)



搭乗員用
食料・衣服

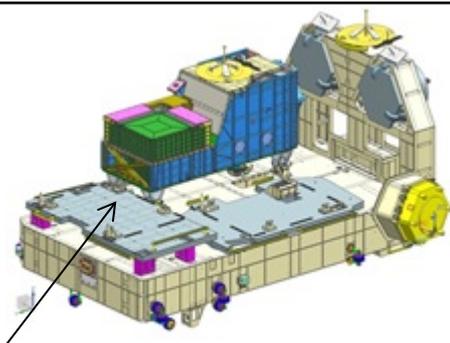


飲料水600リットル

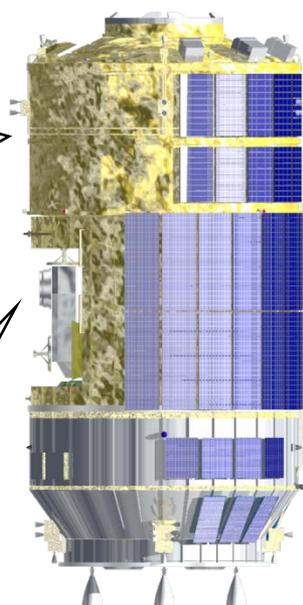


MSPR2¹⁾

ISS船外向け補給品 (外部補給品)



CALET: Calorimetric Electron Telescope (JAXA)



与圧キャリア

非与圧キャリア
／曝露パレット

電気モジュール

推進モジュール

宇宙ステーション補給機(HTV)

1) MSPR2: Multi-purpose Small Payload Rack2 (JAXA)

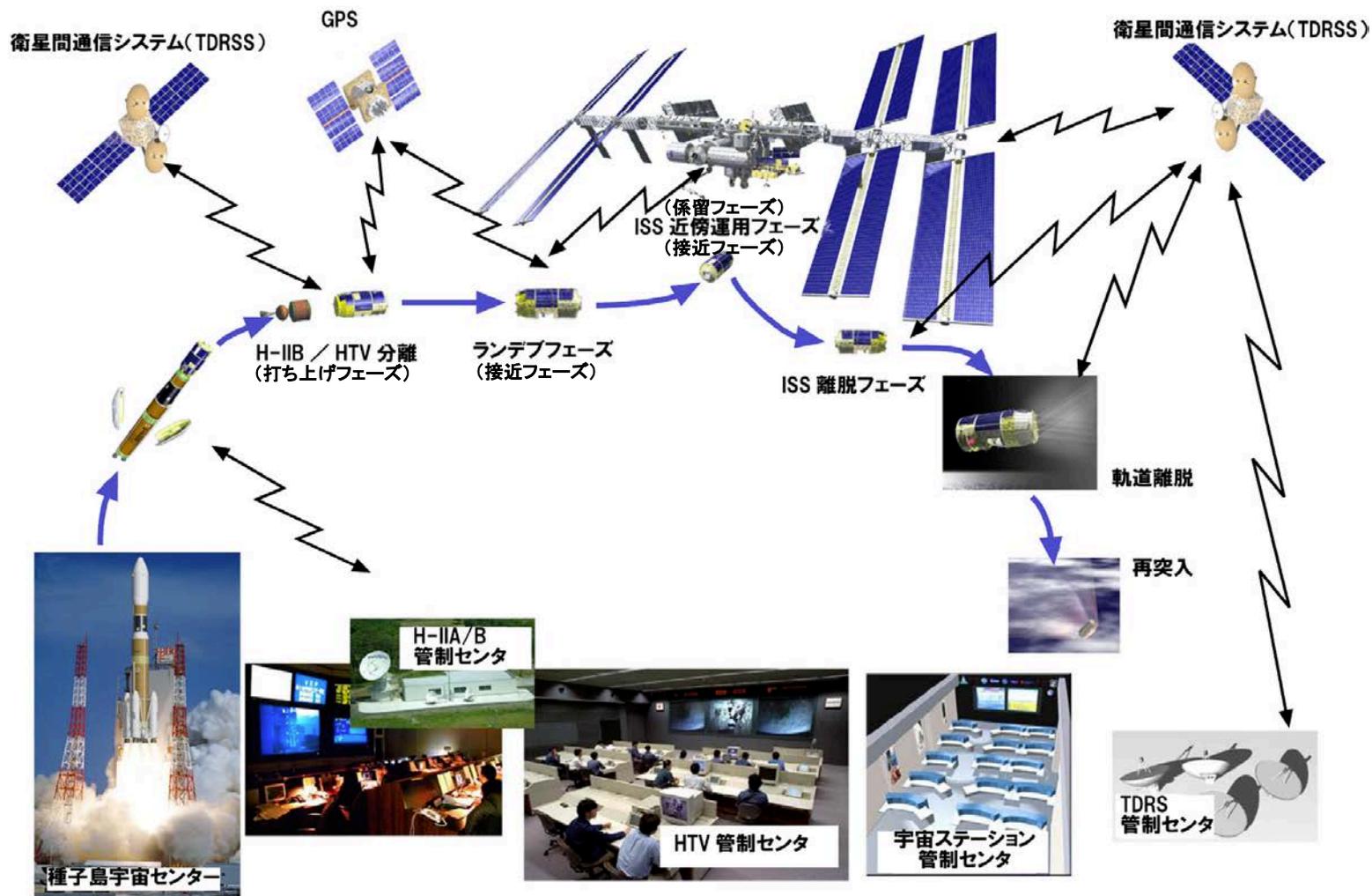


2. HTVの運用概要



運用概要図

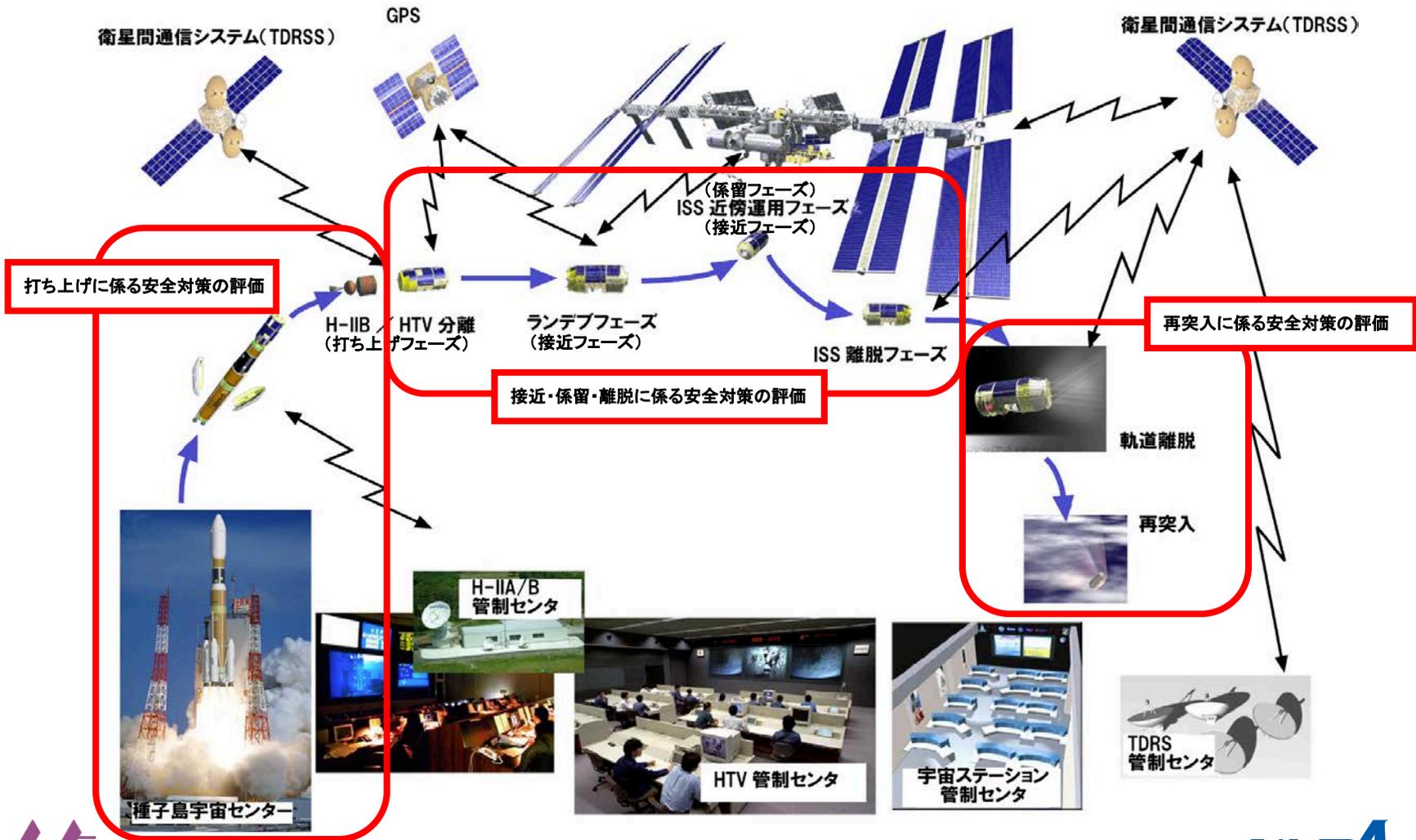
TDRS (Tracking and Data Relay Satellite、追跡・データ中継衛星)





安全評価の対象

TDRS (Tracking and Data Relay Satellite、追跡・データ中継衛星)



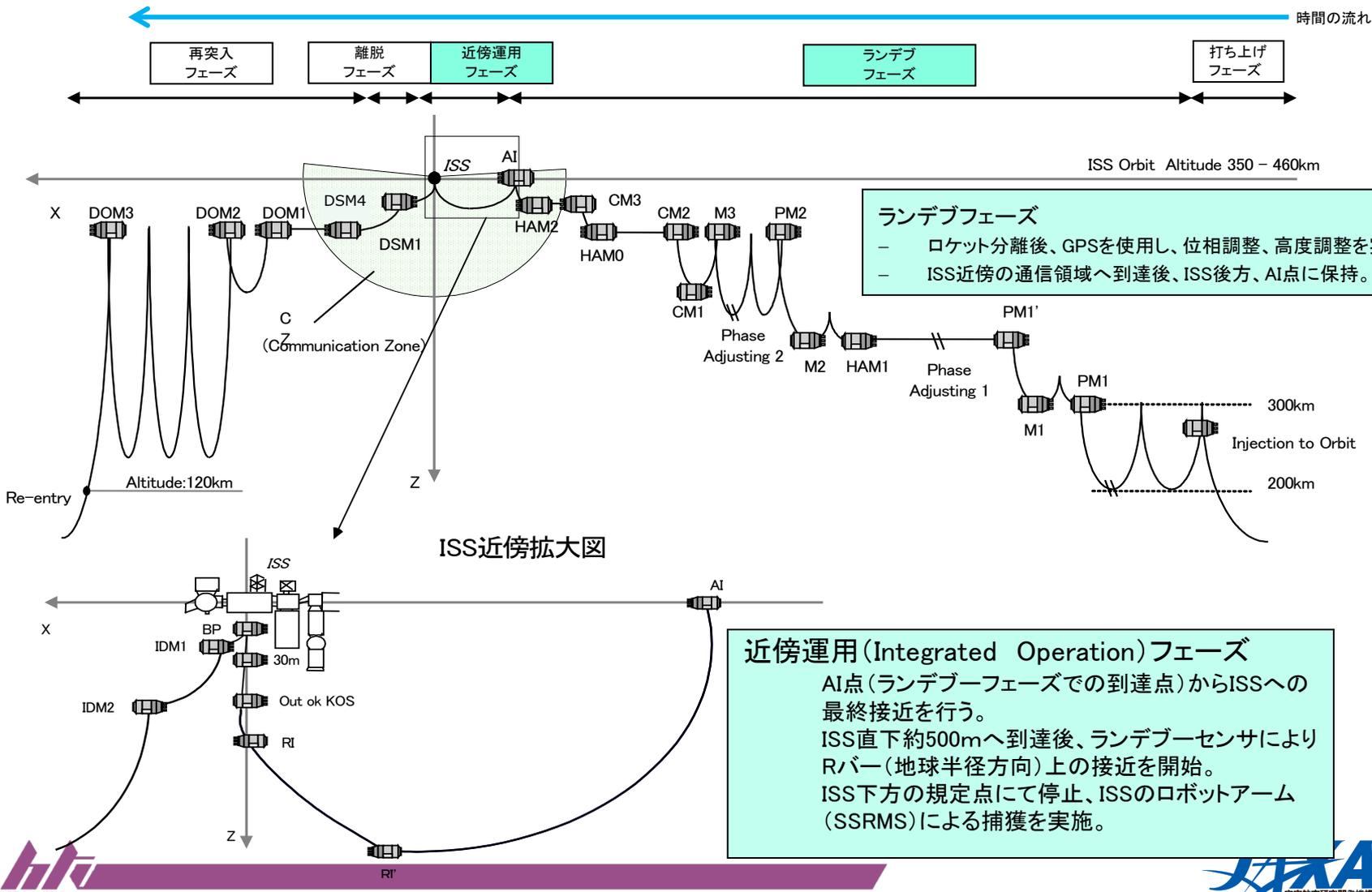


打上げフェーズ

- H-IIIBロケットはHTVを搭載し、種子島宇宙センターから打ち上げられる。ISSとのランデブーのため、ISS軌道面が種子島宇宙センタ上空にあるときに発射され、軌道傾斜角51.6度、軌道高度200km-300kmの楕円軌道にHTVを投入する。
- ロケットは、以下のように順次燃焼分離を行い、HTVを所定軌道へ投入する。
 - － 固体ロケットブースタを打上げ約2分後に分離。
 - － フェアリングを約4分後に分離。
 - － 約6分後に第1段主エンジンの燃焼を停止／分離。
 - － その後第2段エンジンを燃焼させ、打上げ約15分後に所定の軌道にHTVを分離投入。



ランデブ／近傍運用フェーズ



ランデブフェーズ

- ロケット分離後、GPSを使用し、位相調整、高度調整を実施。
- ISS近傍の通信領域へ到達後、ISS後方、AI点に保持。

近傍運用 (Integrated Operation) フェーズ

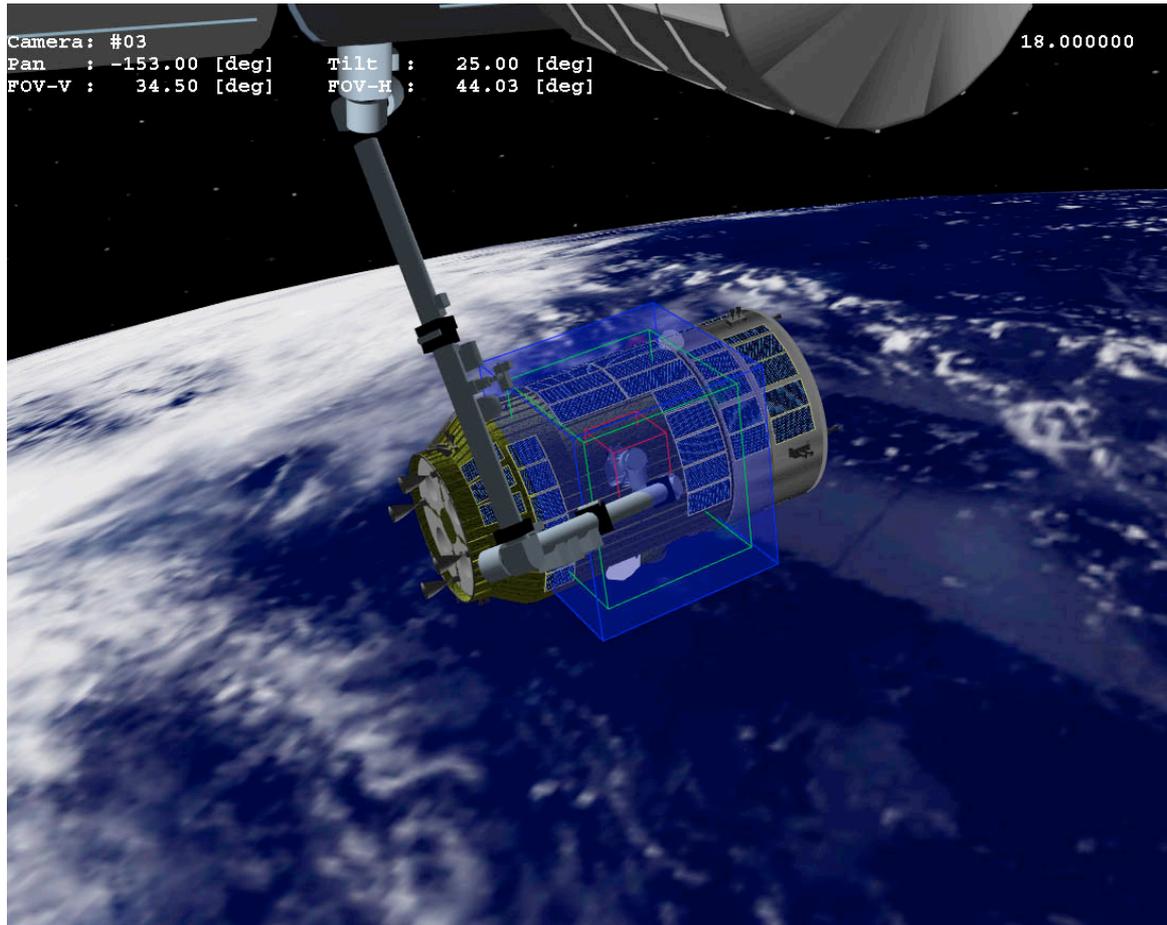
AI点 (ランデブフェーズでの到達点) からISSへの最終接近を行う。

ISS直下約500mへ到達後、ランデブセンサによりRバー (地球半径方向) 上の接近を開始。

ISS下方の規定点にて停止、ISSのロボットアーム (SSRMS) による捕獲を実施。



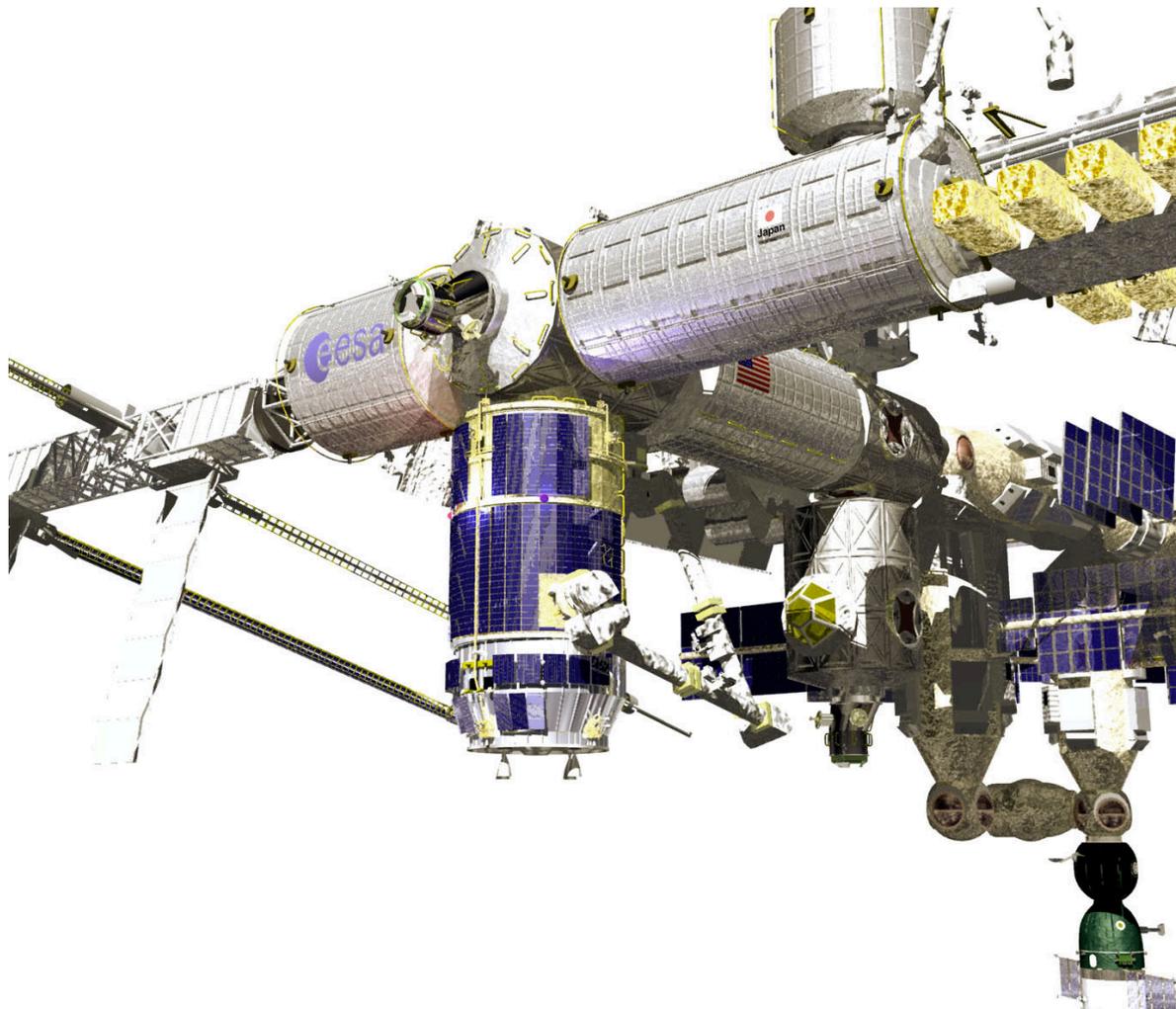
近傍運用フェーズ(キャプチャフェーズ)



- ・ HTVはISSから約10m離れた点に相対停止。
- ・ HTVがキャプチャボックスと呼ばれる仮想インタフェースボックス内に規定どおり相対停止したことを確認してHTV側制御を完全停止。
- ・ クルーがロボットアームによりHTVを捕獲。
- ・ 異常時対応の運用調整が最も複雑な箇所。

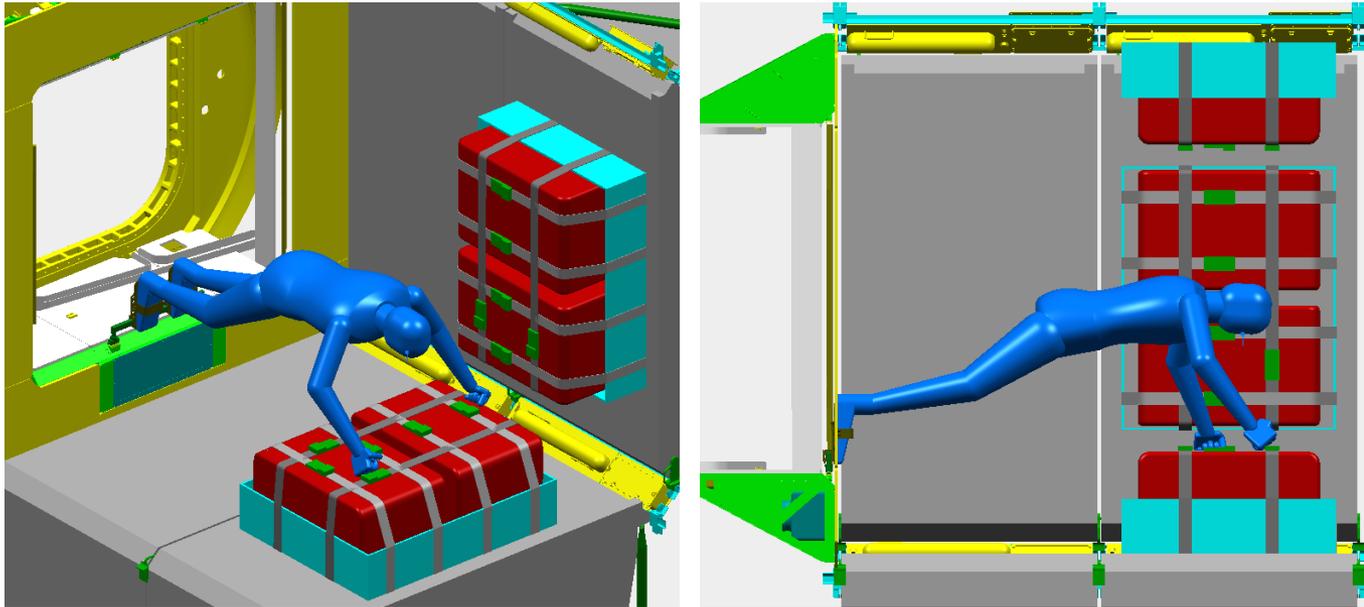


近傍運用フェーズ(キャプチャフェーズ)



- ・ キャプチャされたHTVは、そのままISSのロボットアームによって、Node2 (ISSの実験モジュール結合機構) のNadirポート (地球に面したポート) にISS結合機構 (CBM: Common Berthing Mechanism) を介し、結合される。

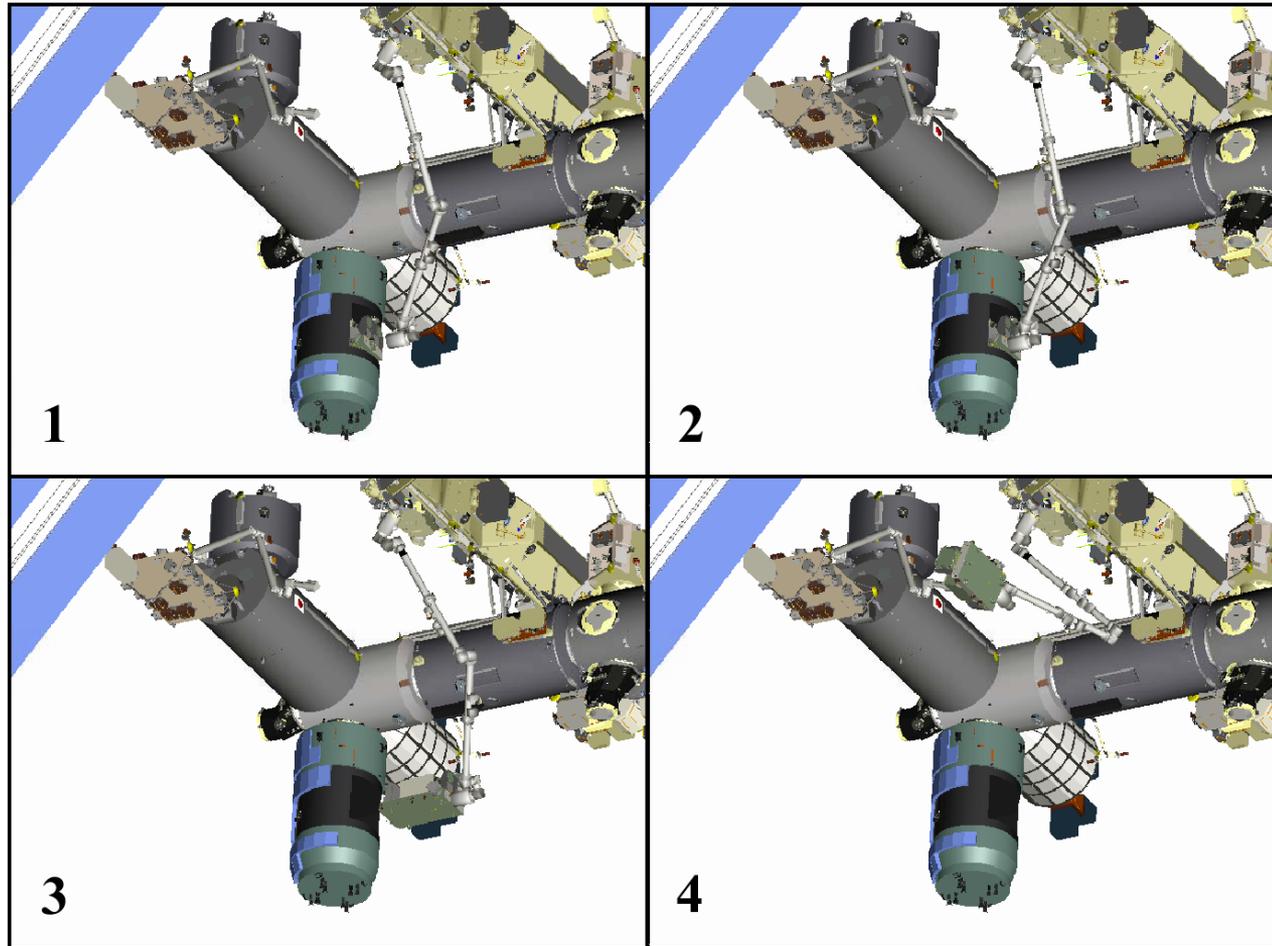
係留フェーズ (CTB (Cargo Transfer Bag) 移送)



- クルーの船内活動により補給物資をISSに搬入。その後今度は不要品をISSからHTVに搬入する。
- 補給ラックに取り付けられたソフトバッグ(CTB)類は、直接バッグごとラックからはずして移送する。

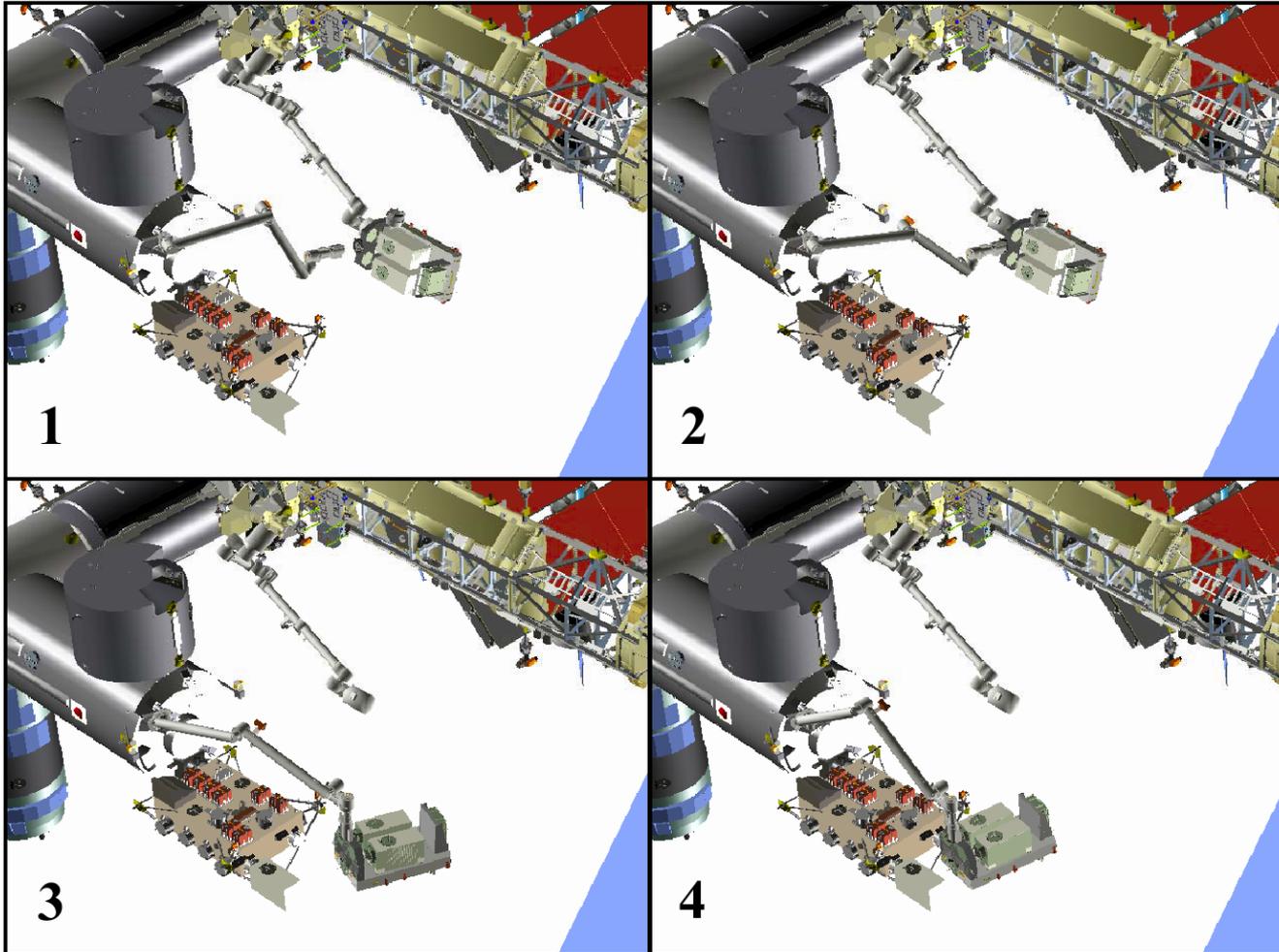


係留フェーズ(曝露パレット運用)



・ 係留した後に、ISSのロボットアームによって、HTVから曝露パレットを取り出す。

係留フェーズ(曝露パレット運用)

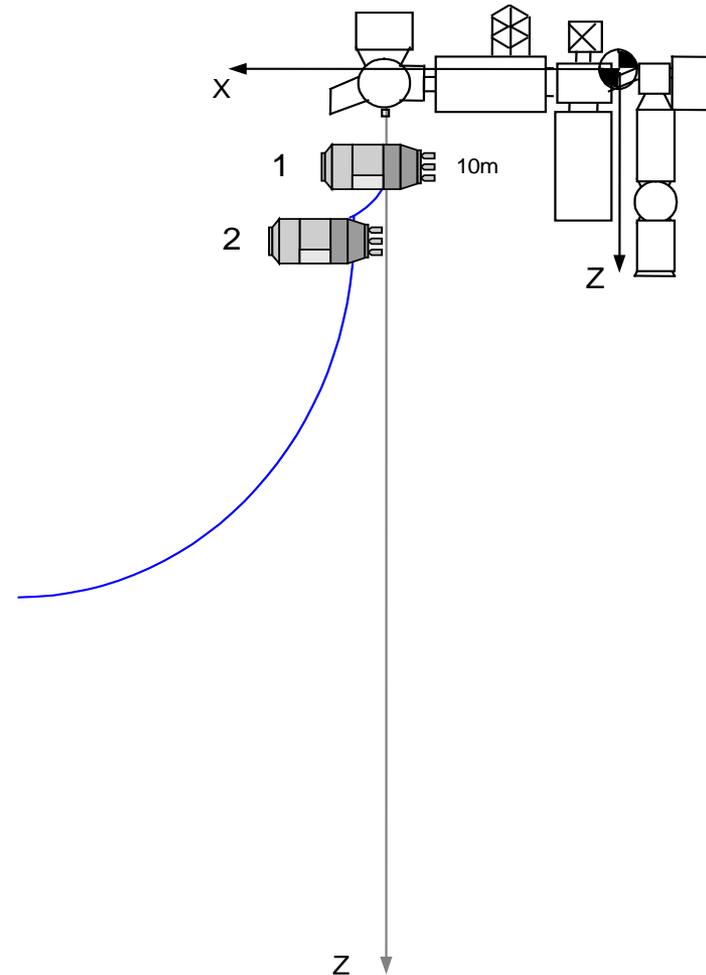


- ・ 取り出された曝露パレットは、きぼうロボットアームに引き継がれ、きぼう船外実験プラットフォームに一時固定される。
- ・ きぼうロボットアーム等によって曝露パレット上の物資補給を行った後、必要に応じて不要品を回収・固定し、帰還に向けてHTVに再度収納される。



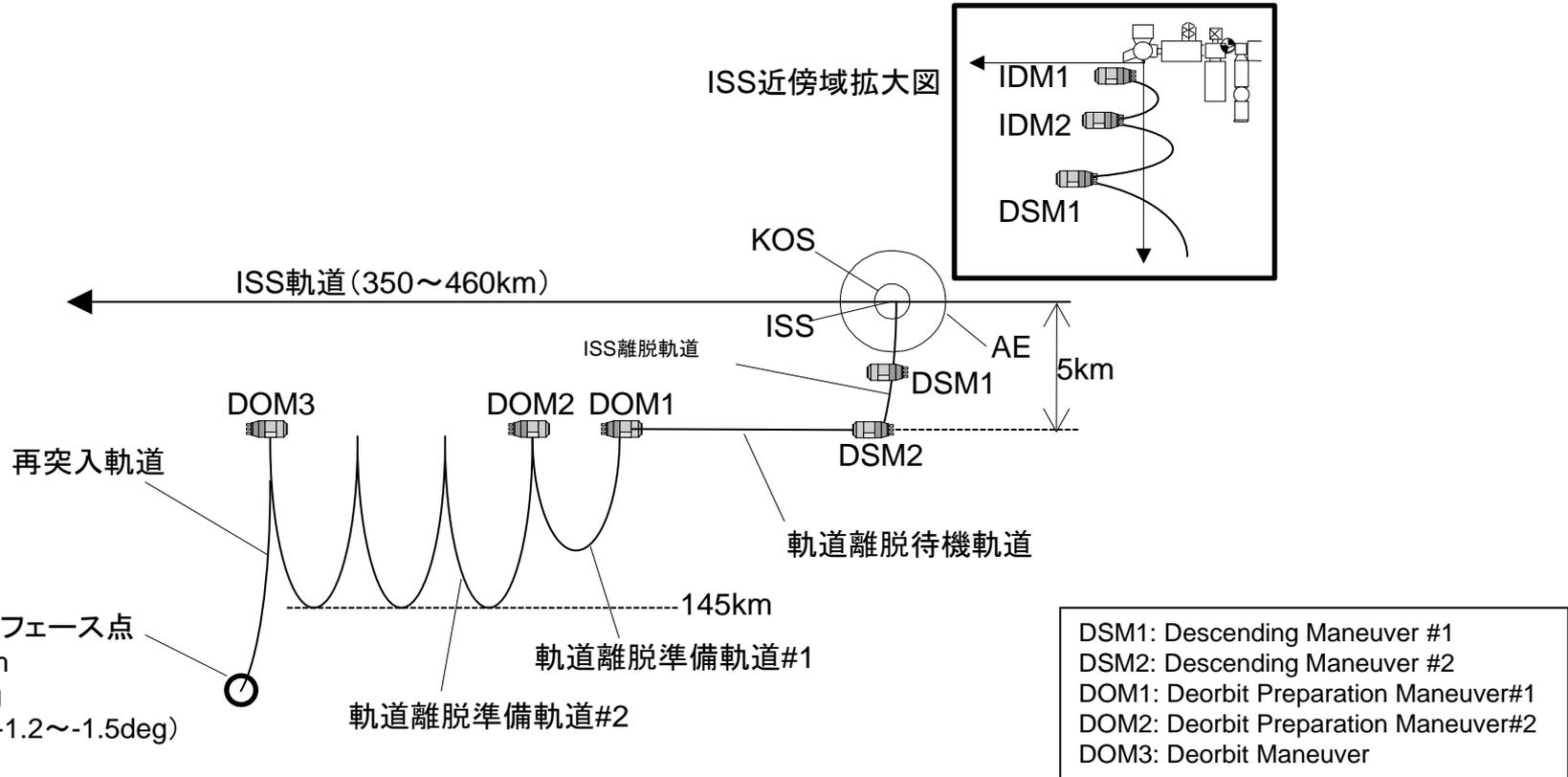
離脱フェーズ

- ・ HTVの航法系を動作させた状態でHTVをリリース
- ・ リリースを確認後クルーコマンドによりHTVを制御開始
- ・ HTVは小さいインパルスマヌーバを2回行いISSから離脱していく





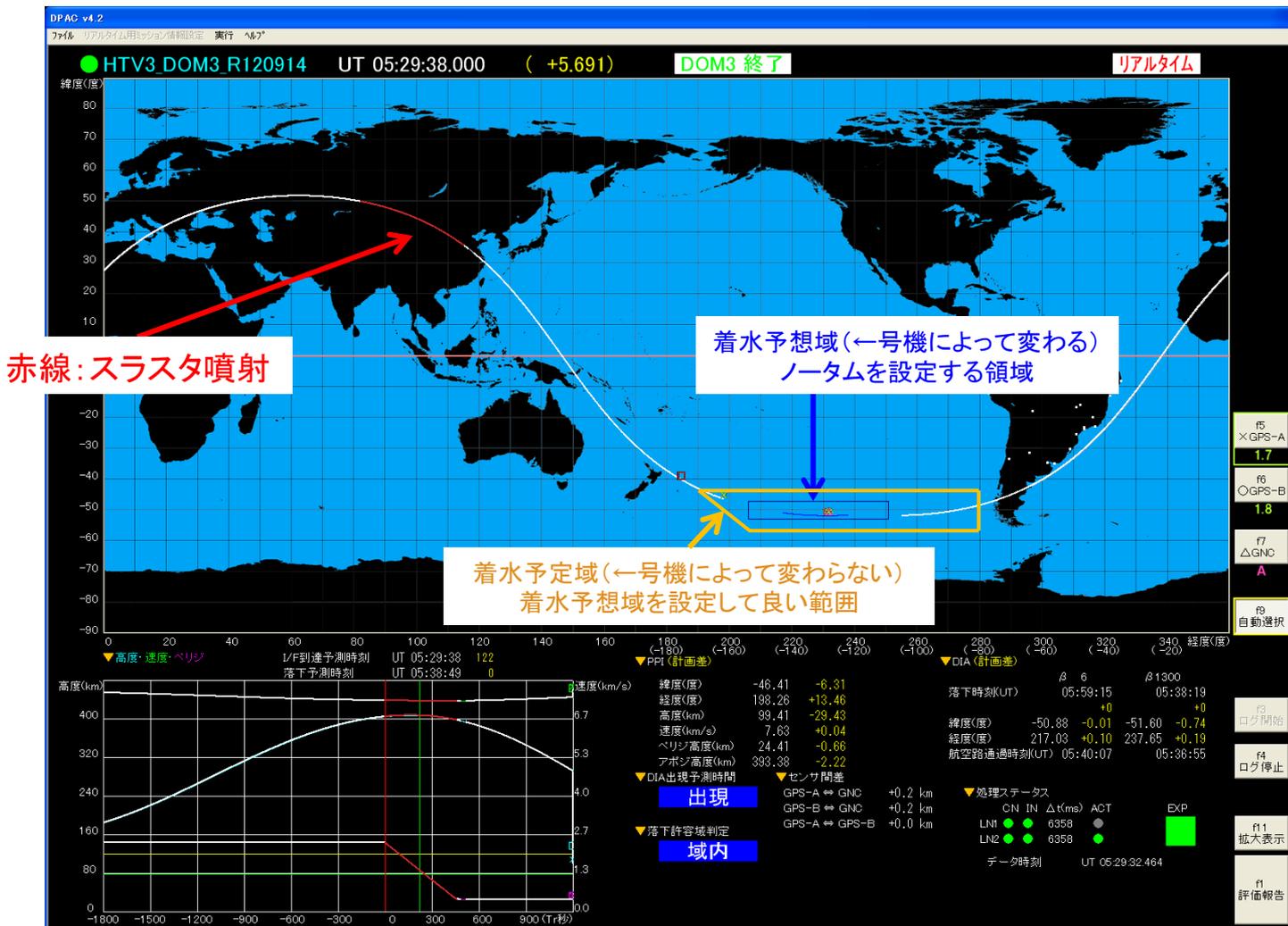
再突入フェーズ



- ISS離脱後、地球上に設定した落下地点へ経度方向が一致するまで待機。
- 2回のマヌーバで徐々に近地点高度を下げ3回目のマヌーバでGPS絶対航法機能を使用し、再突入を実施。



再突入フェーズ(参考) (再突入マヌーバと落下領域)





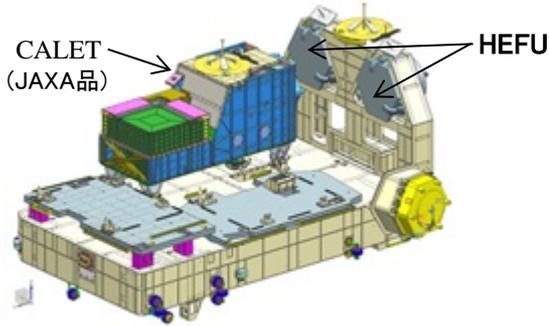
3. HTV4号機からHTV5号機への変更点



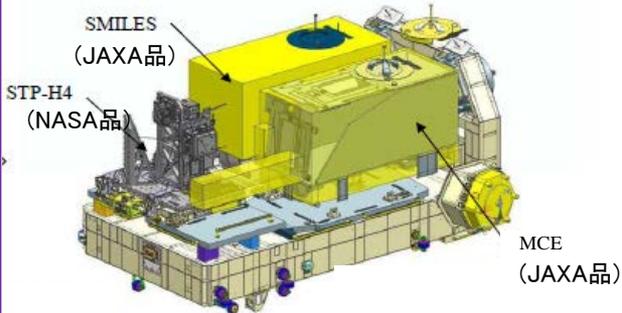
HTV5号機主要変更点(機体編)

【曝露パレット】

復路用に曝露ペイロードを曝露パレット上で把持固定するための新機構HEFU (HTV Exposed Facility Unit) 2式をHTV5で初搭載。



曝露パレット往路形態

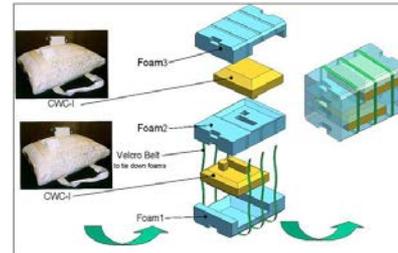


曝露パレット復路形態

CALET: Calorimetric Electron Telescope
 STP-H4: Space Test Program-Houston 4
 MCE: Multi-mission Consolidated Equipment
 SMILES: Superconducting Submillimeter-wave Limb-emission Sounder

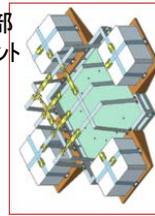
【与圧キャリア】

HTV4号機に搭載したものと同一NASAの水バグに水漏れ対策を追加



【与圧キャリア】

与圧部後方ドーム部搭載構造(アタッチメントリングおよびHRR TYPE-D)追加



【電気モジュール】

- ISS近傍でメインエンジンを使用してアボートした場合のプルーム影響を緩和するため、アボート時の ΔV (増速量)を低減
- 地上からのノイズ干渉対策のため、地球指向通信アンテナに減衰器を追加
- HTV4で発生した遮断弁ステータス異常(遮断弁が物理的に開であるにもかかわらず、ステータスが一時的に閉を示す異常)に対応し、当該ステータスチェックのバイパス機能を追加

【推進モジュール】

HTV3で使用実績のある国産スラスタ(RCS、メインエンジン)を使用。HTV5以降は本国産スラスタを搭載。スラスタコンフィギュレーションはHTV3号機と同一。

【推進モジュール】

宇宙環境装置KASPER (Kounotori Advanced SPace Environment Research equipment)の搭載。HTV4号機同様に太陽電池パネル削減跡地を利用しHTV4号機搭載の表面電位センサに加えてプラズマ電流計測器とデブリセンサを新たに搭載。



【推進モジュール】

太陽電池パネル(SAP)搭載枚数をHTV4より2枚削減。(4枚→2枚)

【非与圧モジュール】

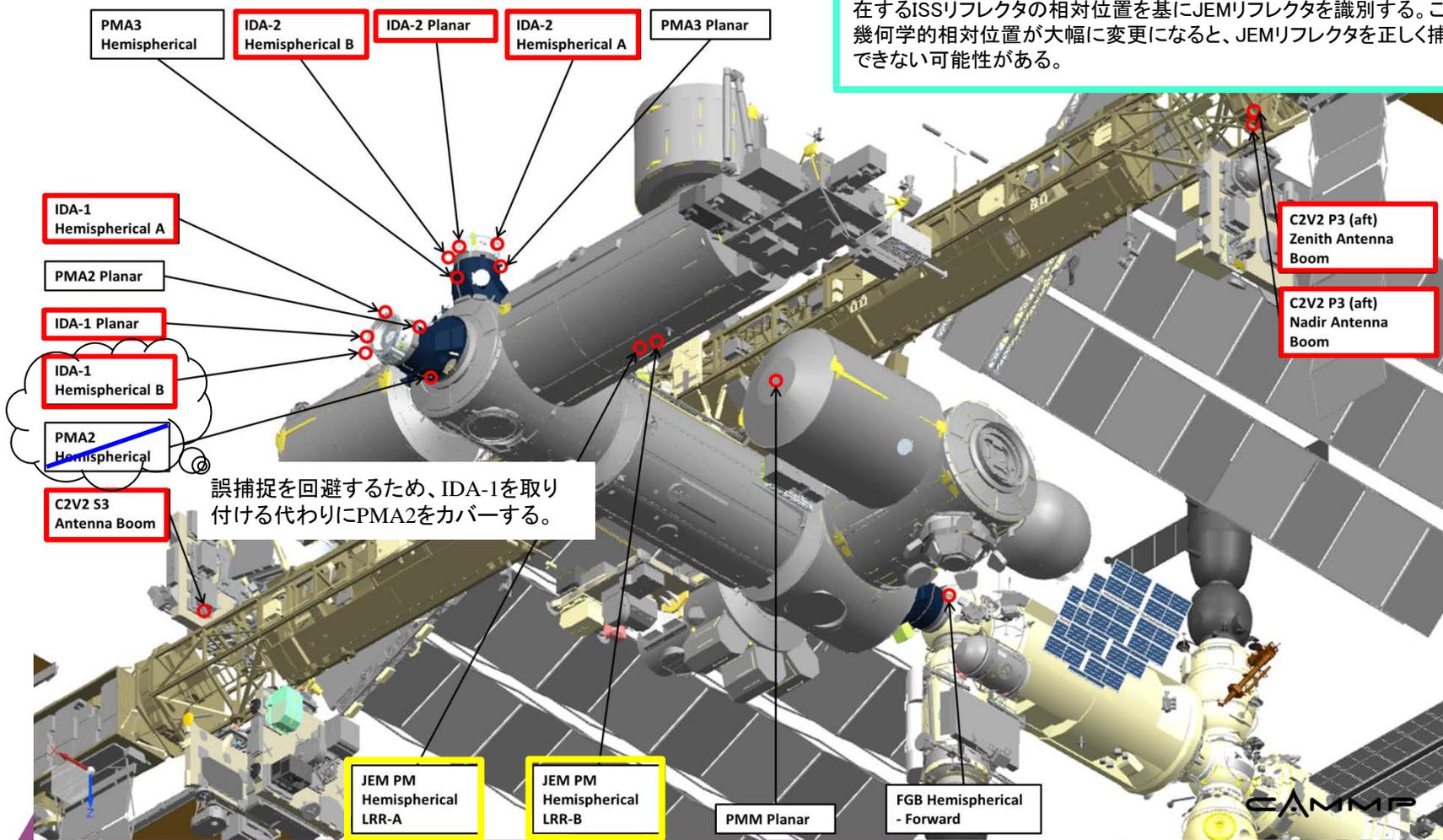
太陽電池パネル(SAP)搭載枚数をHTV4より4枚削減。(23枚→19枚)



HTV5号機主要変更点 (ISS編)

 HTV5打上げ前に新規で追加されるリフレクタ

【ISSコンフィギュレーション】
 ISS下方から接近する際にHTVのランデブセンサの視野に入る範囲に新たなリフレクタが増設される。HTVがISSに最終接近する際、複数存在するISSリフレクタの相対位置を基にJEMリフレクタを識別する。この幾何学的相対位置が大幅に変更になると、JEMリフレクタを正しく捕捉できない可能性がある。



HTVランデブセンサが捕捉すべきJEMリフレクタ

