

資料14-3

研究開発局宇宙開発利用課
革新的将来宇宙輸送システム実現
に向けたロードマップ検討会
(第14回) R4.3.9

日本の有人飛行実現に向けた検討すべき事項について

令和4年3月9日

(国研)宇宙航空研究開発機構

日本の有人飛行実現に向けた検討すべき事項について

有人ミッションを達成する機体形態として、「リファレンスタイプA(ロケット)+カプセル型(有人宇宙船)」の検討すべき事項と制約を識別した。

なお、「リフティングボディもしくは有翼宇宙船」やその他の形態の候補もあるが、本検討では下記の理由からスコープを限定している。

- ✓ スコープとする「リファレンスタイプA(ロケット)+カプセル型(有人宇宙船)」で抽出される検討すべき事項は、これ以外の形態においても、同様に検討すべき事項として識別される(形態固有の検討すべき事項はあるものの、有人達成のための基本的な検討すべき事項は共通)と考えられる。
- ✓ 現在の他国の有人ミッションにおける最新の動向や規則・標準を調査し、国内との比較を行うためには本形態での比較が最適。



Fig. 有人ミッションを達成する機体形態(案)

今後示す検討すべき事項等の識別においては、「ロケット」と「宇宙船」を区別している。形態によってはこれらを一体として考えることもあることに留意。

日本における有人飛行実現に向けた検討すべき事項と制約 —ロケットに対する制約や前提条件—

【ロケットの前提条件】

- 進入・退出口が確保されていること
- 船外活動は行わない
- 宇宙船やその運用等に必要な装備は、ペイロード質量・体積に含めて設定されるものとする
- 帰還や緊急帰還(アポートとは区別される)は、宇宙船にて行うものとする(ロケットシステムの対象外)。

【ロケットに対する制約】

- 打上げ制約・天候条件(落雷等)
- 窓(視界確保)機能の付与

日本における有人飛行実現に向けた検討すべき事項と制約 —ロケットに対する検討すべき事項—

【システムの安全評価・ハザード制御等】

- 有人安全性や確率論的信頼性・リスク評価手法が未成熟
- ハザード制御において、**医学的**ハザードなど未成熟

【故障許容】

“Failure tolerance to catastrophic events”における故障許容の要求は、JAXAの従来の要求を適用することで基本的に満足すると考えられる。ただし、以下について考慮要。

- 故障許容で**対象とする範囲**
- **空力制御エフェクター**やパラシュートなど未開発システム
- **完全独立冗長を確保**すること(二重系ではない異種冗長)

日本における有人飛行実現に向けた検討すべき事項と制約 —ロケットに対する検討すべき事項—

【ロケット操作・動作】

- 搭乗員の生存・重要なシステムやサブシステムの分類とそれに対する自律運用機能の付与。
- 搭乗員によるロケット操作の基準・シナリオの設定とその実現方法。
 - ▶ 基本的には搭乗員よりも先にシステムが検知する方が早いことから、打上げ時は自動動作・判断で搭乗員の操作は基本ない。
 - ▶ ソフトウェアシステムの自動化の解除機能の可否を含め検討が必要。

【検知・監視・通知・記録】

- 検知・監視項目の追加(技テレ等で取得している項目なども踏まえ更に追加を要する場合)、通信・記録データ量の増加やその転送速度の増加

日本における有人飛行実現に向けた検討すべき事項と制約

ーロケットに対する検討すべき事項ー

【アボート】

■ アボート機能の付与

- 射点ハザード時の射点アボート機能(射場拡大へ影響)
- 推力・高度制御喪失時喪失時のアボート機能
- その他のアボート機能(故障モードに紐づいて整理が必要・ロケット側での火災発生(=爆発)など含む)
- アボートフェーズ毎の帰還方法の選択肢の設定

■ アボート区域の設定、飛行経路に反映(低高度飛行経路)

【宇宙船・搭乗員環境の確保】

- ロケット内-地上間通信機能の実現において、ロケットとしては何か制約など増えた場合に考慮
- ロケットから宇宙船や圧カスーツへ与圧・酸素供給などの供給を行う機能(必要な場合)

日本における有人飛行実現に向けた検討すべき事項と制約 ーロケットに対する検討すべき事項ー

【人体への影響考慮】

- 加速度・回転速度・回転加速度の制約を考慮
- 搭乗員の人体への負傷のリスク・影響評価の確立とそれに基づく設計
- 人体への音響の影響評価の確立、ロケット自体の騒音を評価(特定の周波数における音圧の評価を含む)
- 人体への放射線の影響評価の確立、放射線の波長毎に制約を規定(RF放射、可視・近赤外源なども範囲、スペクトル波長や分光放射など評価)
- 各化学物質における宇宙船の居住空間での毒性危険物レベルを設定し、設計時に使用が許容されるレベルについて記載(居住空間の気体汚染物質の蓄積についても必要に応じ配慮)

日本における有人飛行実現に向けた検討すべき事項と制約 —ロケットに対する検討すべき事項—

【緊急時を想定したI/Fの確保】

- 搭乗員の退避がしやすいロケットI/F
 - 打上げ前と着陸後において、退避判断から90秒以内に支援なしで全搭乗員の退避ができること

【その他、考慮を要する可能性がある事項】

- 軌道上飛行運用中の軌道上デブリとの衝突防止技術

日本における有人飛行実現に向けた検討すべき事項と制約

ー地上設備に対する検討すべき事項ー

【搭乗員との意思疎通】

- 宇宙船内-地上間通信機能の付与・通信設備の追加(着陸・着水後を含む)

【アボート】

- アボート区域における救助のための必要設備
- 異常時に機体側でアボートが自動で機能しない場合の指令

【緊急時を想定したI/Fの確保】

- 搭乗員の退避がしやすい地上設備I/F

【その他、考慮を要する可能性がある事項】

- 有人に伴って追加で監視・運用・制御すべきデータ及び信号がある場合は、それを追加する

日本における有人飛行実現に向けた検討すべき事項と制約 —運用に対する検討すべき事項—

【搭乗員による運用】

- 搭乗員運用評価・使用性検証
- 作業負荷評価の設定

【異常時等の退避】

- 搭乗員の退避時の運用の設定

【アポート】

- アポート区域に着陸・着水時の運用

【着陸・着水】

- サポートされた着地場へ着地した際の救助隊運用や回復処置・医療機関搬送・機材や人員等の輸送
- サポートされていない着地場へ着地した際の救助隊運用やその支援

日本における有人飛行実現に向けた検討すべき事項と制約

－訓練・医学に対する検討すべき事項－

【搭乗員訓練と運用】

- 有人機開発に必要な飛行士訓練
 - 飛行経験飛行士に対し、開発着手前に各種評価・試験に必要な訓練を実施(約1年)
- 一般訓練の開発
- 操縦性の品質評価手法の確立
- 運用管制業務
 - 通信・管制施設の開発・整備、運用要領の開発、管制官訓練
- 疲労マネジメントなど、人に携わる指標づくりやマネジメント

【医学】

- 飛行士支援
 - 医学認定基準の決定、射場の飛行士支援施設整備・運用
- 宇宙医学や医学の疾患の把握と識別
- 疾病時などのフライト計画・対応

日本における有人飛行実現に向けた検討すべき事項と制約

—法的検討すべき事項—

- 乗客搭乗を想定した場合の**リスク説明の義務などの追加**とデータ整理・開示範囲の見直し等の可能性
- **搭乗員・乗員の安全と公衆の安全との関係性の整理**
- 電離放射線の影響(人体へのがんのリスクや子孫への影響)の考慮範囲の設定とそれに対応した設計

日本における有人飛行実現に向けた検討すべき事項と制約

ー日本特有の検討すべき事項・設計手法や検証レベルー

日本特有検討すべき事項:

- 着地場所・天候
 - 着陸場所の制約の把握・着陸場の設定(緊急時着陸場を含む)
 - 天候の変化が激しい
- 安全に対する
 - 有人安全性に非常に厳しい社会(リスクゼロ要求)、そのリスク共有の方法等

設計手法や検証レベルに関する検討すべき事項:

- 宇宙環境の適切な把握
- 人を想定した設計(ヒューマンファクターエンジニアリング)
- システムと人(運用)での役割分担(火災対応など)
- 故障・異常設定時等での搭乗者のオペミス(人的要因)や生命維持の考慮)
- 飛行試験を含む検証レベルの向上(Ex.ソフトウェア検証など)

その他:

- 搜索救難
 - 想定外事象に対し、国際調整が必要