

資料54-1-2

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
(第54回)R2.3.25

宇宙輸送に係る主要動向および将来輸送システム 技術ロードマップ構築に向けたJAXAの考え方(案)

令和2(2020)年3月25日

国立研究開発法人
宇宙航空研究開発機構

これまでの小委員会におけるJAXAからの報告

- これまでの将来宇宙輸送システム調査検討小委員会において、JAXAからは宇宙輸送に係る取組、国外動向、周辺状況を踏まえた将来に向けた取組方策、将来宇宙輸送システムロードマップ構築に向けた考え方について報告してきた。
 - 第1回: JAXAにおける宇宙輸送に関わる取り組み
 - 第2回: 宇宙輸送に関わる国外の主要動向
 - 第3回: 宇宙輸送系の取り巻く状況と将来に向けた今後の取組方策について
 - 第4回: 将来宇宙輸送システム ロードマップ構築に向けた検討の視点
- なお、ロードマップ構築に向けた考え方については、小委員会における議論を踏まえ、今後、産学官の主体による共創体制において、国が中心となって策定するロードマップの検討の視点(案)である。

文部科学省資料「将来宇宙輸送システム調査検討小委員会の検討状況について」

革新的将来宇宙輸送システムの実現

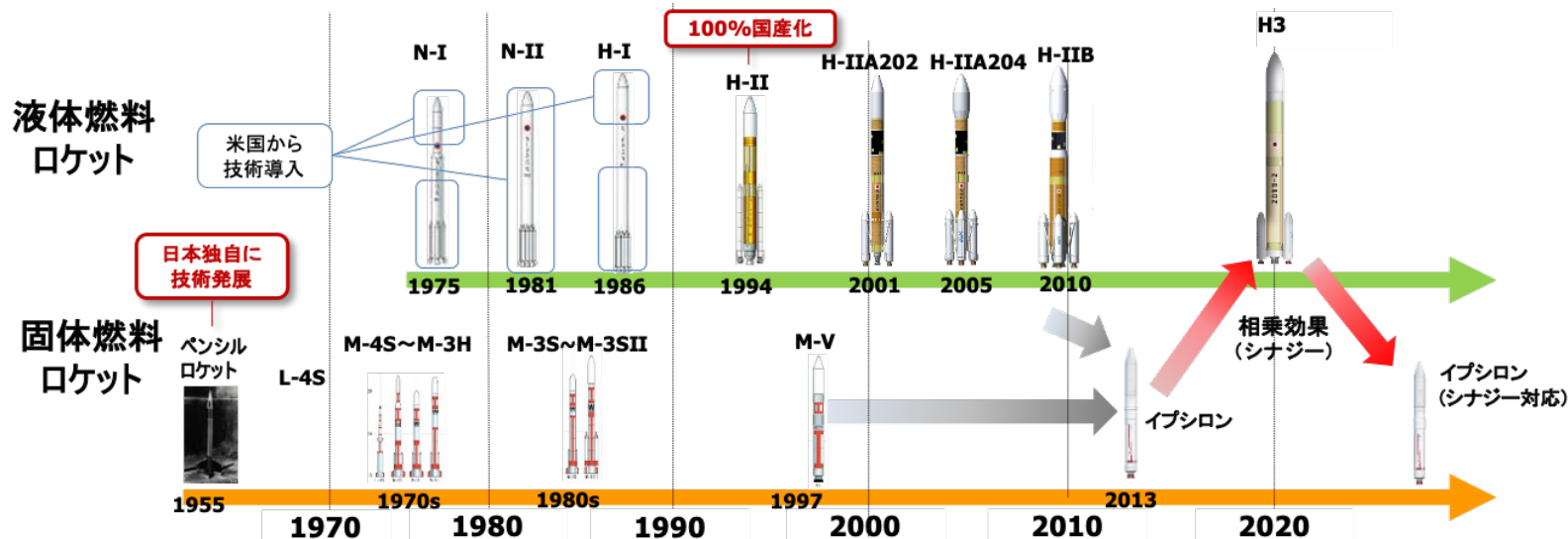
実用システムの実現時期を明示し研究開発の発展に応じた段階的な計画・道筋(ロードマップ)をシステムの実証計画を含めて国が中心となって民間事業者や大学等の関係者とともに検討・策定。

- 本資料では、上記JAXA報告の概要を説明する。

宇宙輸送に係るJAXAにおける取組

■ 我が国の基幹ロケット

- 国産技術によりロケットを開発・製造・運用。我が国の自立的持続可能な宇宙輸送システムを確保。
- 液体燃料のH-IIA/Bロケット及びそれらの後継のH3ロケット並びに固体燃料のイプシロンロケットを我が国の基幹ロケットとして位置づけ。政府衛星の打上げに当たっては基幹ロケットを優先的に使用。



■ 宇宙輸送系研究開発

- 自在性確保の観点から研究開発を実施

ex. 再使用型宇宙輸送システム技術 (CALLISTO、RV-X)、LNG推進系の研究、エアブリージングエンジン研究 等

■ 民間事業者との共創型プログラム (J-SPARC)

- 民間事業者等を主体とする 事業を出口としつつ、民間事業者等と JAXA がそれぞれの強み・リソース持ち寄り技術開発・技術実証等を伴うパートナーシップ型の共創型プログラム

ex. 有翼サブオービタル事業 (スペースウォーカー、PDエアロスペース)

小型ロケットによる宇宙輸送サービス事業 (インターステラテクノロジズ、スペースワン)



宇宙輸送に係る国外の主要動向

- 各国でも自国で宇宙にアクセスする手段として自立的持続可能な宇宙輸送システムを確保するため、主力となるロケットの開発・運用に対する政策的な支援を実施
- 小型ロケットのベンチャー企業等、宇宙輸送システムへの新規参入者に対する支援を各国実施
- 国の施策の下、将来の宇宙輸送システムに向けた中長期的な戦略的な研究開発に取り組んでおり、革新的イノベーションへの挑戦を推進しつつ、次世代を担う人材の育成にも貢献

(例) NASA、AFRL等の技術ロードマップに基づく中長期的な研究開発、DARPAによるハイリスク・ハイリターン型の研究開発支援・技術実証プログラム、欧州の将来輸送システムに関わる中長期的な研究開発

軌道投入ロケット(部分再使用含む)の国外動向

○米国

- SLSによる有人飛行計画
- SpaceX Falcon9/Heavyによるロケットの部分再使用実用化。
- New Glenn, Vulcan, Electron等も部分再使用ロケット開発。
- SpaceXによる完全再使用ロケットStarship/Super Heavyも段階的に開発中。



Starshipプロトタイプ



Falcon Heavy



New Glenn

○欧州

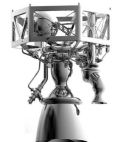
- 大・中・小ロケットを刷新し競争力強化する計画。
- 再使用エンジン等、再使用ロケットに関わる先進技術の研究開発中。
- Callistoの他、Themisも計画。
- 英Reaction Enginesが完全再使用輸送機Skylonを開発中。



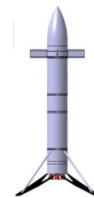
Ariane64



VEGA-C



再使用エンジン
Prometheus



Themis



Skylon

○中国

- 2017年、次世代の有人ロケット「長征7型」打上げ成功。
- SLSと同規模の超大型ロケット「長征9型」(2028年打上げ目標)
- 1段コア、固体ブースタを再利用する「長征8号」を開発中。
- 小型ロケットベンチャーも100社以上。再使用実験も成功。
- 2035年までに完全再使用輸送システムの段階的実現を計画。



長征7型



長征8号



完全再使用
輸送システム

小委員会の議論等を踏まえた基本認識と今後の取組方策

- ① 各国における自立的な宇宙輸送システムの確保・宇宙輸送産業基盤の保持
- ② 民間事業者による宇宙輸送事業の立ち上がり
- ③ 月探査を第一ステップとした宇宙探査活動の構想実現化の動き
- ④ 宇宙利用活動の広がりおよび宇宙領域の戦略的重要性の高まり
- ⑤ 国の施策の下における将来輸送系研究開発の取組
- ⑥ 人的基盤維持・拡大の必要性



<JAXAにおける今後の取組方策>

• 我が国宇宙政策の実現、宇宙輸送産業の確保

- 基幹ロケットの維持・発展
- 活発化する民間による活動・挑戦の支援

• 将来宇宙輸送システムの研究開発

マルチパスアプローチを基本として以下を柱として推進。時間軸を意識しながら選択と集中を図る。

- 将来の選択肢となる複数の有望技術の発展に資する研究開発
- 抜本的輸送コスト低減に資する異業種・異分野と連携したイノベーション活動

• 研究開発の共創体制の構築

- JAXAが中心となり、異業種・異分野・産学官との共創環境の構築を図る。当該連携における研究開発の段階的な成果を我が国の宇宙輸送国際競争力強化等に適宜反映。

革新的宇宙輸送技術の共創体制

(目的1) 我が国宇宙輸送システムの自立性確保・安全保障政策等支える活動
(基幹ロケット競争力強化等)

(目的2) 産業界による
宇宙利用拡大・産業発展

JAXAを中心とした技術マネジメント

産学官連携

国・JAXA事業

- 基幹ロケット発展
 - ・システム開発
 - ・宇宙探査等対応開発
- 軌道上輸送機開発 (HTV-X等)
- 将来宇宙輸送システム開発

戦略共有
連携強化

■ 技術戦略に基づく
研究開発(競争力強化等)

- ・我が国が強みを有する技術 (システム技術、エンジン技術等)
- ・再使用化/低コスト化技術
- ・高機能化技術
- ・LNG・エアブリッジエンジン技術

■ イノベーション創出活動

- ・低コスト化技術他

■ 人材育成

- ・産学官連携による人材流動化
- ・観測ロケット活用による実証機会増加

戦略共有
意見照会
共同実施
実証機会

民間事業

- 民間宇宙輸送事業
 - ・打上げサービス事業
 - ・サブオービタル事業
 - ・高速2地点間輸送事業
- 異分野・異業種企業の宇宙産業参入、異産業での成果活用

外部からの投資も
呼び込める環境に

抜本的低コストを実現した宇宙輸送システムの獲得へ(～2040年代)

ロードマップの目的・位置づけ(案)

- ロードマップは、我が国が2040年代中に目指すべき将来宇宙輸送システムの実現に向けて、研究開発の大きな方向性や道筋、段階的な成果の社会実装計画を国が中心となり定めるもの。

ユーザ及び潜在ユーザを含む、国、JAXA、民間企業、大学等によって共有されるコミュニケーションツールとなる。また、技術動向・成熟度や宇宙市場等を踏まえながら定期的に更新する。

- ロードマップの着実な推進のため、研究開発計画は、各研究開発の取組に関する役割を明確化するとともに、JAXAが主体となつて行う研究開発の内容(民間、他機関支援含む)について具体化を図る。

- 2040年代の革新的将来宇宙輸送システムの実現を最終目標とする。
 - 革新的将来宇宙輸送システムは、長期ビジョン※で示されている輸送コストの抜本的低減、高頻度大量輸送、航空機的な繰り返し運航、民間航空機と同様の水準の安全性を有する宇宙輸送システムに改めて設定。

※「宇宙輸送システム長期ビジョン」(平成26年4月宇宙政策委員会)

- 最終目標達成に向けた研究開発の考え方は以下とし、ロードマップに反映。

① マルチパスアプローチから選択と集中へ

- 最終目標である革新的将来宇宙輸送システムの形態や具体的な仕様は、複数の発展経路(マルチパス)における各技術の成熟度・効果を踏まえ、適切な時期に決定(選択と集中)。当面はマルチパスアプローチとして、共通的な技術及び「選択と集中」の判断に必要な技術の調査研究・研究開発を推進。

② 4つの技術分野(価値)で宇宙輸送技術を洗練

- 当面の取組としては、将来宇宙輸送システムの形態等に拠らず、宇宙輸送システムとして不変の価値である、4つの技術分野(低コスト化、多機能化、デブリ化防止、共通基盤)を追求すべき研究開発課題として設定し、その価値向上に必要な技術発展の道筋を明確化。

③ 我が国宇宙輸送系の国際競争力強化等のための研究開発成果の適用

- 革新的将来宇宙輸送システムの実現に向けた長い道のりの中で、研究開発の段階的な成果を我が国宇宙輸送系の国際競争力強化等(下記)に適宜反映することを明確に意図。
- その際、飛行を模擬した高度な地上検証、早期・段階的な飛行実験・実証や実験機・実証機開発により、実証・実績に基づくベストプラクティスを社会に早期に示しながら、迅速な社会実装を図る。
 - ✓ 基幹ロケット等の短・中期的なニーズへの対応・課題解決
 - H3ロケットのHTV-Xによる月への物資輸送対応、複数衛星打上げ能力の強化、コスト競争力の強化(部分再使用含む)、デブリ化防止等
 - イプシロンロケットのコスト競争力の強化、スラグ規制対策、即応性強化
 - ✓ 民間事業者の事業化支援、国際競争力強化(デファクト・スタンダード戦略を含む)
 - ✓ 宇宙輸送産業に対する新たな民間事業者、投資家等の新規参入の促進
 - ✓ 次世代を担う若手研究者・若手エンジニアの育成・確保
 - ✓ 宇宙利用市場の形成および継続的拡大への貢献
- 有人輸送については、有人化にも資する信頼性・安全性技術を継続的に向上しつつ、民間等の宇宙市場形成状況および国際動向を踏まえ、有人輸送に関わる我が国の方向性を検討する。

(補足1) 技術戦略の方向性(案)

選択と集中 (一本化)

SSTOを実現。また、現在の航空機以上の運用性を実現。将来の有人輸送にもつながり得る高頻度大量輸送、航空機的繰り返し運航、輸送コスト数十分の一、故障許容システム（機体喪失率=百万回に一回）を目指す。



SSTO/スペースプレーン

完全再使用化

完全再使用技術

エアブリージング技術大推力化

再使用化技術 (上段フェーズ)

自律航法誘導制御技術

戦略技術の維持

高頻度開発・高頻度輸送技術

高効率推進系技術

部分再使用化

自動ヘルスマニタリング技術

開発・製造プロセスのデジタル化

基幹ロケット

(液体燃料・固体燃料)

制御再突入技術高度化

自律飛行安全技術

マルチパスアプローチ

1段再使用化技術及び上段再使用化技術の獲得に伴い、**基幹ロケットの低コスト化、多機能化、デブリ対策に貢献していく**

(補足2)ロードマップ(素案) [1/2]

(注) 民間事業や安全保障等政府ユーザの政策等への支援は今後調整予定

