

中間取りまとめ以降の検討結果（案）

令和 3 年 6 月、「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中間取りまとめ」（以下「中間取りまとめ」という。）を取りまとめた。中間取りまとめでは、市場規模が大きく、かつ、民間が関心を持つミッションへ適用可能な将来宇宙輸送システムの開発について、国と民間が連携して取り組むことの重要性や、安全保障や防災利用、深宇宙探査等の官ミッションに対応する「基幹ロケット発展型宇宙輸送システム」と、二地点間高速輸送や宇宙旅行、低軌道衛星の打ち上げ等のミッションに対応する「高頻度往還飛行型宇宙輸送システム」の二本立ての研究開発を推進することの必要性が明記されている。

さらに、中間取りまとめにおいて、今後官民が連携して事業化を前提とした開発を進めていくため、官民の役割分担や、長期（20 年程度）にわたる研究開発期間に対して民間事業者に予見性を持たせるための方策、将来宇宙輸送システムの実現に必要な環境整備、制度的課題等が「引き続きの検討事項」と整理されており、本検討会において、令和 3 年 12 月から令和 4 年 6 月にかけて検討が行われた。その検討の結果を以下に示す。

（1）官民の役割分担

- 「高頻度往還飛行型宇宙輸送システム」の開発を官民共同で推進していくための、官民の協議体制、官の支援方策等

サブオービタル軌道での有人飛行、宇宙空間を利用した二地点間高速輸送（P2P: Point to Point）、民間人向けの低軌道への宇宙旅行等、大きなマーケットポテンシャルのある事業を民間主導のビジネスとして実行することのできる環境を作るため、令和 3 年 5 月に一般社団法人宇宙旅客輸送推進協議会が発足する等、本検討会で示された「高頻度往還飛行型宇宙輸送システム」の開発・事業の担い手が現れるための環境醸成が進んでいる。

そのような中での開発の流れとして、まずは開発・事業を行う者が「高頻度往還飛行型宇宙輸送システム」に関する事業計画を検討する。そして JAXA からの支援（例：解析モデル検討）も踏まえ、事業成立性が見込まれる飛行形態や機体の規模等を検討し、システム実現のために今後更に必要となる技術を示す。JAXA は、開発・事業を行う者が提案する飛行形態や機体の規模等について技術的成立性があるか、今後必要とされる技術がどの程度の費用・期間で獲得できるかの見込みについて、開発・事業を行う者と対話を行う。技術的成立性を評価するに当たっては、現

時点の技術レベルのみでなく、将来の技術的ブレークスルーの可能性も見込んだ対話を行う。こうした JAXA との対話を通じて開発・事業を行う者は、事業成立性を確保・維持しつつ、技術的に成立する飛行形態や機体の規模等に収れんさせていく。仮に開発・事業を行う者が必要とする技術が、JAXA との対話を踏まえて、技術的成立性が見込めないものや今後必要となる技術の獲得が困難なものであったとしても、JAXA が進める「基幹ロケット発展型宇宙輸送システム」との共通技術等を基盤として、開発・事業を行う者の責任・投資で技術レベルを高めることができる。

国は、開発・事業を行う者から（開示できる範囲で）技術実証への取組途中経過の報告を受けるとともに、外部専門家等の技術的意見を受け場を設け、必要に応じて官民の役割分担や「革新的将来宇宙輸送システムロードマップ」の見直しを行う。

- 国と民間の研究開発の分担（知財の持ち方に係るものを含む。）

JAXA は現在、オープンイノベーション共創体制のもと、民間事業者に対して個別要素技術の情報提供要請（RFI: Request for Information）を行い、それに基づくテーマ設定及び提案要請により、オープン・クローズのそれぞれの体制で研究開発を進めている。JAXA は今後、将来宇宙輸送システムの実現に必要な「技術ロードマップ」を策定し、それに基づく要素技術の獲得を進めるとともに、JAXA における既存技術の活用や既存技術を踏まえた民間企業等からの技術提案について、対話を通じて必要な技術を絞り込む。またその技術は、一民間事業者に限らず我が国全体の宇宙輸送システムの振興に重要であることについて、アカデミアを含む宇宙輸送業界関係者、宇宙輸送事業者らの意見を集約・確認し、官民共同研究により獲得すべき要素技術として研究開発を進める。

開発・事業を行う者（開発・事業を検討中の者を含む）は、更に必要と考える要素技術について、JAXA と対話を行う。そして JAXA は、「革新的将来宇宙輸送システムロードマップ」を踏まえつつ、アカデミアを含む宇宙輸送業界関係者、宇宙輸送事業者らの意見を集約・確認した上で、「技術ロードマップ」へ適時に反映を行う。開発・事業を行う者は技術開発を進める上で、JAXA が実施するオープンイノベーション共創体制で得られ

た将来輸送系の要素技術研究¹の成果や1段再使用飛行実験（CALLISTO²）プロジェクト等で得られた技術の提供を受けることができる。それを踏まえて開発・事業を行う者は、飛行実証機等の開発・試験、実機の製造、機体のインテグレーション、地上系も含めた再使用を伴う整備運用システムの開発を行う。

- これまでの我が国の宇宙開発で、JAXA や民間の培われた技術や知見などの効率的活用のための仕組みづくり

開発・事業を行う者が、飛行形態や機体の規模等を検討するに当たっては、JAXA が現在保有する技術、JAXA が現在実施している要素技術研究等についての状況把握が必要となる。そのため、国及び JAXA はこれに対応する窓口を整備し、開発・事業を行う者との対話を定期的に行いながら、必要な技術を絞り込む。加えて JAXA は、これまでの研究開発を通じて得た成果から活用できる既存技術があれば、これを開発・事業を行う者に提供する。

- 開発を担う民間事業者の選定方法

開発・事業を行う者に対して、「高頻度往還飛行型宇宙輸送システム」の飛行形態や機体の規模等をまとめた後に国及び JAXA と議論を行い、段階的に技術実証ステージゲートを設け、今後行う開発への支援について協議を行う。現時点から 2040 年代前半までを想定する場合、開発・事業を行う者にとっては非常に長い期間を要する取組であることから、事業の予見性が見通しにくく、民間から資金を得ることが難しくなること

¹ 個別要素技術の研究開発は、民間企業等と JAXA が共同で行う。知財等の保有割合は、資金や人員等の分担等の貢献に応じて設定される。民間企業側は主に自らの製品（地上分野）にその技術を適用し、将来宇宙輸送に係る分野への適用は原則非独占とし、開発・事業を行う者が使用できるものとする。

² CALLISTO : Cooperative Action Leading to Launcher Innovation for Stage Toss-back Operation（1段再使用飛行実験）
これまで1回の使い切りであったロケット第1段の再使用化を目指したプロジェクト。フランス国立宇宙研究センター及びドイツ航空宇宙センターとの国際協力の下、再使用可能な小型実験機の開発と飛行実験を通じて、打ち上げから着陸・再使用までの一連の運用における重要技術（キー技術）である誘導制御技術、推進薬マネジメント技術、エンジン再整備技術に関する知見を蓄積。

が考えられる。そのため、段階的に技術実証ステージゲートを設けることにより、一定の期間を区切り、予見性の得られる範囲での事業化を前提として、開発・事業を行う者は段階的に将来宇宙輸送システムに向けての技術を獲得していく。さらに、開発・事業を行う者が段階的な技術実証を行うことにより、技術・能力の保持等の実績や市場等からも信頼を得ることで、開発・事業を行う者が市場からの資金調達を円滑に進められることが期待される。

本検討会で示した技術実証方策としては、4段階の技術実証ステージゲートを数年おきに設け、具体的には例えば、①再使用技術をはじめとする技術の実証専用の機体を開発し、続いて、②機体に有人宇宙飛行技術を盛り込んでステップアップし、さらに、③大型化を行い、④2040年代の二地点間高速輸送等の実用機につなげる等、段階的な技術獲得を図ることが想定される。段階的な技術実証ステージゲートは、最終的に開発・事業を行う者等との飛行形態や機体の規模等について対話を行った上で、国が設定する。現下の国際情勢等も踏まえ、第1段階の技術実証ステージゲートで開発される機体は、2040年代前半を待たずに打ち上げの低コスト化の早期実装につなげ、我が国の輸送能力の増強を図る。

技術実証ステージゲートの具体的な進め方として、国はまず、開発・事業を行う者が作成した事業計画と併せ、それを実現するための飛行形態や機体の規模等についての技術的成立性を評価し、開発・事業を行う者との協議を通じて収れんさせていく。その後、外部専門家等からの意見等も踏まえた上で、国は第1段階の技術実証ステージゲートを示し、JAXAは技術実証提案募集（RFP: Request for Proposal）を行う。開発・事業を行う者は、このRFPに応じ、飛行形態や機体の規模等を示す。国は示された飛行形態や機体の規模、必要となる技術等を確認し、技術実証ステージゲートへの参加者を選定する（この段階での選定は、参加する者が技術的な能力を持っているか否かの選考を想定）。その後、開発・事業を行う者は、対話を通じてJAXAが保有する要素技術や今後得られる予定の要素技術について提供を受けるとともに、技術実証のための研究開発に対してマイルストーンペイメント方式による支援を受けることが想定される。第1段階のステージゲートに向けたこれらの支援は、民間における機体の開発体制の強化とロケット産業のすそ野拡大を図り、民間主導で機体を開発する基盤を整備する観点も考慮する必要がある。

マイルストーンペイメント方式での支払は、一例として、基本設計・詳細設計・製造・技術実証等の各段階で行われることが考えられる。

技術実証ステージゲートの技術実証を確認する手段としては、デモン

ストレーション飛行等、達成又は不達成の判定が明確な形で行われる方法を採用する。技術実証に成功した際には、アンカーテナンシーとして一定の打ち上げ枠買取り等の方策を国は検討する。これらを通じて開発・事業を行う者は、初期運用段階の実績作りを行い早期の実装化を図るとともに、国は 2040 年代前半を待たずして、低コスト化した宇宙アクセス手段を活用する機会の創出に努める。開発・事業を行う者は、開発した機体の初期の運用実績をアンカーテナンシーで確保することにより、その後は自らその機体を活用した輸送、宇宙旅行等のビジネス展開を図ることが期待される。

- 我が国の宇宙輸送システムの自立性を確保するために、国が責任を負うべきキー技術の維持方策

衛星や科学探査機等の打ち上げにおいて、基幹ロケットは宇宙アクセスに必要な根幹のインフラであり、その運用を含め、宇宙活動の自立性を確保することが我が国の宇宙政策の基本となっている。そのため、基幹ロケットの開発・維持・高度化は継続的に進める必要がある。JAXA は、H-IIA/B、H3 ロケットの開発・運用で培われたこれまでの技術を継承するとともに、ロケット機体の再使用化をはじめとした低コスト化技術を適用して「基幹ロケット発展型宇宙輸送システム」の開発を進める。特に、我が国が自立的な宇宙活動を行うに当たり、他の産業からの転用が難しいロケット固有の技術（キー技術の例：液体ロケットエンジン技術、誘導制御技術、飛行安全関連技術等）は、他国からの影響を受けることのないよう国内で確保すべき基幹技術であることから、国が責任を負うべき分野の技術として、官民の役割分担（H3 では JAXA が開発）を明確にした上で継続的に開発を進める必要がある。

- 機体以外のシステム（地上施設設備・打上安全監理）の開発、運用主体と役割分担

民間主導の開発体制を支えるため、JAXA が保有するロケットエンジンの燃焼試験場については、開発段階に合わせて民間も利用できることを目指して環境整備を行う。具体的には、エンジン開発に必要なエンジン燃焼試験施設について、民間が開発するエンジンとのインターフェースの簡素化等、民間の利便性を高めた「官民共創推進系開発センター」の

整備が今年度より開始されている。

また、開発・事業を行う者が自らシステム検討に活用できるよう、JAXAにおいて検討ツールの整備やモデルベース開発環境の整備を行うとともに、開発・事業を行う者の求めに応じて、開発の効率化に向けて、モデル較正に必要な要素試験の実施やモデルベース開発環境の更新等を進める。

打上安全監理について、ニュースペース事業者において安全監理や宇宙活動法対応を自ら既に実施している者もあることから、今後「高頻度往還飛行型宇宙輸送システム」の事業化等を見据えると、開発・事業を行う者が自ら安全監理を担う形が主流となることが考えられる。

(2) 射場・スペースポート

「基幹ロケット発展型宇宙輸送システム」及び「高頻度往還飛行型宇宙輸送システム」のいずれにおいても、再使用型の機体を開発することにより打ち上げコストを抜本的に低下させることを目指しているが、現在、JAXAが打ち上げを行っている種子島、内之浦のいずれの射場も、機体の再使用、すなわち打ち上げた機体（の一部）を射場に戻す運用を想定した仕様とはなっていない。そのため、国及びJAXAは、機体再使用を前提としたシステムの開発を支える施設として、着陸を伴う飛行試験を行う試験場（以下「飛行試験場」という。）のスペックや再使用機の回収方策、整備方策や安全を確保するための飛行管制について検討を開始する。その飛行試験場については、開発・事業を行う者も試験で活用されることが想定される。

飛行試験場の整備、運用を通して得られるデータ、ノウハウ等は、「基幹ロケット発展型宇宙輸送システム」のみならず、「高頻度往還飛行型宇宙輸送システム」における射場・スペースポート設置の際のスペック、運用方法を定める際の材料となることから、国及びJAXAは、飛行試験場の整備・運用データ等を必要に応じて、開発・事業を行う者に提供する。

(3) 制度的課題（法律・条約事項等）

再使用技術を伴う打ち上げの運用（特に一段目等の部分帰還）や有人宇宙飛行は、現時点で我が国が保有していない技術であり、今後の飛行試験を見据えて、制度的課題への対応があらかじめ必要となる。

段階的な技術実証ステージゲート等の進捗に伴い、想定される開発の

技術パスとして、再使用を伴うフルサイズではないトライアルの機体→有人対応→大型化→高頻度化（地上も含めた運用体制が整備）が想定されることから、開発の進捗具合を考慮し、先んじて、制度面からの機体への対応、人への対応、商業化の認定等、段階的に明確な期限を区切って、関係機関と連携し、実現に必要な環境の検討及び整備を進める。現段階で考えられる制度的課題例としては、以下が挙げられる。

○再使用技術の獲得：

- ・飛行実験実証を多頻度を実施するための手続緩和

○機体等への対応：

- ・宇宙機体の航行安全等を図る法令
- ・スペースポート設置基準を定める法令
- ・再突入の許認可

○有人飛行への対応：

- ・宇宙機体への搭乗資格や医学的基準
- ・有人飛行の許認可
- ・有人飛行事故の責任区分や補償

○商業化への対応：

- ・宇宙機体を操縦する資格
- ・宇宙機体を整備する資格
- ・安全運航管理する資格
- ・宇宙旅客運送事業の許認可
- ・高頻度大量輸送の国際的なルール

（４）国際協業の在り方

我が国では JAXA は、仏・独の宇宙機関と国際協力の下、1 段再使用飛行実験（CALLISTO）プロジェクトを進めている。開発・事業を行う者においても、検討する事業計画によっては宇宙輸送システムの大幅な低コスト化を目指し、国際的に企業間で共同調達や技術協力が想定される。

（５）利用ミッション動向を含む将来市場環境及び宇宙輸送事業者に関する継続的な分析・評価

「高頻度往還飛行型宇宙輸送システム」における研究開発プロジェクトの進捗について、世界の市場環境や海外競合動向、外部専門家等の意

見等も踏まえ、文部科学省によるレビューを行い計画等の見直しを行う。

将来輸送系に関わるロードマップは、研究開発プロジェクトにとどまらず、宇宙輸送系は我が国が自立的に宇宙活動を展開する上で必要なインフラであり、また、低コストの宇宙アクセスは、宇宙利用の更なる拡大、宇宙産業発展にもつながることから、国は関係機関と連携し、分析・評価を行っていく。

以上