

将来宇宙輸送システム調査検討小委員会 提言（中間取りまとめ）
革新的将来宇宙輸送システム実現に向けた我が国の取組強化に向けて

令和2年5月19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

1. 緒言

宇宙開発利用は、今日、測位、衛星通信、気象観測等、安全保障や国民生活等の社会経済活動に不可欠となっており、それらの人工衛星を宇宙空間に運搬する宇宙輸送システムは、その根幹のインフラとして、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。

我が国は、これまで大型ロケットとして、米国からの技術導入を契機に国産化・高度化を進めた液体燃料ロケット（現在の H-IIA/B ロケット）と、独自技術により発展させてきた固体燃料ロケット（現在のイプシロンロケット）の開発・運用を行い、我が国としての宇宙開発利用の自立性を確保してきた。現在、H3 ロケット、イプシロンロケットシナジー開発といった着実な研究開発と、H-IIA/B ロケットの実運用を通じ、我が国の基幹ロケットシステムを維持・発展させ、安全保障等を含む国益の確保に貢献している。〈1〉

これまで実現してきた宇宙輸送システムについて、将来にわたってその能力を維持・強化し、宇宙開発利用の飛躍的拡大を図るとともに、あわせて宇宙開発利用を通じた我が国の安全保障、経済成長や科学技術イノベーション等の持続的発展につなげていくためには、現在技術開発が進められている再使用型宇宙輸送システムを含めて将来宇宙輸送システムの発展及び関連技術を継続的に取得して、維持・強化し、革新的な将来宇宙輸送システムを確立していく必要がある。

2. 現状

（1） 宇宙輸送システムの意義（自立性確保）

宇宙先進国である欧米やロシアのみならず、中国・インドのように欧

〈1〉 資料 56-3-3 「革新的将来宇宙輸送システム研究開発に向けて」参考資料集（以下「JAXA 参考資料集」16P-29P

米等に続けて独自の宇宙輸送システムを確立してきた国の台頭を含めて世界的に宇宙開発利用は急速に拡大しており、あわせて新興産業・関連産業の民間事業者による活動も発展している。また、戦略的な空間としての宇宙領域の重要性がサイバーの領域とともに安全保障上の観点でも意義・価値が高まっている<2>。そのような中、宇宙輸送システムは、あらゆる宇宙活動の根幹であるため、国としてその自立性を確保していくことが引き続き重要である。

宇宙輸送システムの自立性の確保については、政府及び政府関係機関による研究開発・運用に加え、民間事業者が事業として運用でき、かつ、それを継続的に発展できることがその産業・技術・人的基盤の維持に不可欠である。このため、宇宙輸送システムについては、民間事業者の事業としての持続性確保の観点からの競争力強化も必要となっている。

なお、基幹ロケットについては、平成 25 年に内閣府宇宙政策委員会の宇宙輸送システム部会において、「安全保障を中心とする政府のミッションを達成するため、国内に保持し輸送システムの自律性を確保する上で不可欠な輸送システム」<3>と位置付けられている。今日、安全保障や国民生活等に不可欠となっている宇宙開発利用のために、必要なときに必要な人工衛星等を宇宙空間に運搬するための根幹となるインフラとして、国益の確保と宇宙政策においてその継続的な自立性の確保が求められる手段が基幹ロケットであり、その産業・技術・人的基盤の維持のため、政策的にこのシステムを優先的に使用することとしている。

また、ロケット等の宇宙開発利用にはこれまで多額の国費が投じられてきたが、ここには国民の理解・支持が前提としてあった。これまでの H-IIA/B ロケット、イプシロンロケットの開発に引き続き、このような国民的理解の継続も将来宇宙輸送システムの発展に向けて重要である。

(2) 内外の動向

① 国内における宇宙輸送システム研究開発と運用

我が国では、これまで自立性確保と競争力強化を目指して、H-IIA/B ロケット・イプシロンロケットの開発・運用、イプシロンシナジー対応開発、H3 ロケット開発等を我が国の基幹ロケットとして推進してきた。

2000 年まで液体燃料ロケットは、大型ロケットである H-II ロケッ

<2> 「平成 31 年度以降に係る防衛計画の大綱について」(平成 30 年 12 月閣議決定)、令和元年版防衛白書等。米国においては新軍種としての「宇宙軍」の創設が進められている。

<3> 「宇宙輸送システム部会の中間とりまとめ」(平成 25 年 5 月宇宙輸送システム部会)

トとして高性能エンジン等の基幹技術の国産化・大型化を進め、2001年からH-IIA ロケットの開発・運用を行っている。2007年のH-IIA ロケット 13号機からは、民間事業者の主体的役割を重視し、打上げサービス事業を民間事業者が担っている。以降も国としても継続的な改良を実施し、現在までの打上げ成功率は98%と世界最高水準である。また、2009年からは国際宇宙ステーション（ISS）への必要な物資輸送のため、宇宙ステーション補給機「こうのとり」を打ち上げるH-IIB ロケットの運用を行っており、当該ロケットでの打上げ成功率は100%となっている。加えて、次世代の新型基幹ロケットであるH3 ロケットの開発を進めてきており、2020年・2021年度に試験機の打上げを実施し、その後、民間事業者主体による打上げサービス事業に移行していくこととしている。

固体燃料ロケットについては、科学目的として我が国独自の固体ロケットシステム技術を発展させてきた。我が国初の人工衛星「おおすみ」を50年前に軌道上へ打ち上げたのも固体燃料ロケットL（ラムダ）-4S ロケットであり、その後科学衛星打上げ用ロケットとして、世界最大級の固体燃料ロケットであるM（ミュー）-V ロケットが2006年まで運用された。戦略的技術であるこの固体ロケットシステム技術とH-IIA ロケットの技術を糾合して開発され、低コストで運用性を向上させたのが現在のイプシロンロケットであり、これも基幹ロケットとして位置づけ、これまで4機打上げに成功している。現在、イプシロンロケットについても民間事業者主体による打上げサービス事業に移行しつつあり、また、H3 ロケットの固体燃料ブースター技術との相乗効果（シナジー）を目指して開発を進めている。

一方、海外では、ロケット第1段の再使用による競争力強化を目指した取組が進められており、我が国でもそのような国際動向を踏まえ、第1段再使用型宇宙輸送技術の欧州の宇宙機関との国際共同実験に向けた取組を国として推進している。

これらを通じ、我が国の宇宙輸送システムを担う研究者・技術者等の育成・能力向上を通じた人的基盤の強化、サプライチェーン、熟練技能者の技術継承等の関連産業基盤の育成・成熟、射場・試験設備基盤が構築され、これを維持してきた。過去のロケット開発は、国主導により行われてきたが、国内における技術・産業・人的基盤の成熟により、H-IIB ロケット、H3 ロケットの開発・運用等においては、民間事業者の役割が増してきている。

国内においても市場獲得に向け、民間事業者主導による小型ロケッ

トによる打上げサービスや有翼サブオービタル飛行ビジネス等、様々な宇宙輸送サービスの実現に向けた取組が活性化している。〈4〉

② 宇宙利用の拡大及び将来宇宙ビジネスの可能性

近年、火星探査までを見据えた深宇宙探査といった宇宙開発利用の国際的な広がりや、民間事業者による小型衛星を用いたメガコンステレーション、宇宙旅行、さらに、高速二地点間輸送（P2P: Point to Point）等の様々な宇宙輸送ビジネスの可能性が出現している。これらは、将来大きな需要を生み出し、更なる宇宙開発利用の拡大につながる可能性がある。

また、近年、低軌道領域への打上げ需要が民間事業者による活動の活性化により増大している。日本は、静止軌道への打上げにおいて高緯度地域という地理的不利があったが、射場の周辺環境にも依存するが、既存の宇宙輸送システムの技術基盤を踏まえれば、低軌道領域への打上げ拡大傾向は、打上げ事業環境を改善する方向にあると考えられる。

同時に、一方で、スペースデブリといった宇宙環境の悪化〈5〉も進行しており、その低減に向けた取組が国際的に検討される等、世界的に宇宙輸送システムに関する周辺環境は大きく変化している。

③ 国外の宇宙輸送システムの動向

諸外国でも、宇宙分野の先進諸国は、引き続き、基幹ロケットシステムの維持・発展に注力している。米国では、月探査用の有人大型ロケット SLS（Space Launch System）の開発を推進するとともに、既存の国際宇宙ステーション（ISS）への物資・人員輸送については、民間事業者の主体性を重視する宇宙輸送システムの開発・運用に対する支援を講じている。欧州では、基幹ロケットであるアリアン5の運用を行うとともに、次期基幹ロケットとしてアリアン6の開発を推進している。ロシア、中国においても基幹となる大型主力ロケットの研究開発と運用を通じて自立性の維持・発展を推進している。なお、現在、ISS に対する有人宇宙輸送システムは、ロシアのソユーズロケットのみが担っているが、米国でも民間事業者による有人宇宙輸送システムの開発・運用を促す取組を進めており、本年中にも ISS への有人輸送の実証が行われることとなっている。中国では、長征ロケットによる

〈4〉 インターステラテクノロジズ社、スペースワン社による小型ロケットや、PD エアロスペース社、スペースウォーカー社によるサブオービタル飛行等。（JAXA 参考資料集 30・31P）

〈5〉 スペースデブリの数は、カタログ化された 10 cm 以上のものが約 2 万個存在。

有人宇宙輸送システムを実現しているが、将来の有人月探査に向けたロケットの開発を推進している。大型ロケットだけでなく、米国、欧州、中国、インドでは小型ロケットシステムの開発・運用も活発に行われており、これらの取組を通じて技術・産業基盤を支える人材・設備の維持・更新が図られている。

これらの動向もあいまって、スペース X 社のような新興民間事業者による宇宙輸送サービスが発展しており、また、当該民間事業者の巨大資本や政府支援等を背景に、その価格戦略も相まって打上げサービスの国際競争は更に激化している。特に海外の民間市場では、小型メガコンステレーションによる地球規模の通信サービス網の構築、宇宙旅行事業の提供において宇宙輸送システムがその事業の一部として位置づけられている等、市場の形成と一体化した宇宙輸送システム開発・運用が進行している。

また、各国においては、宇宙輸送システム技術基盤の充実・強化と将来市場の獲得に向け、新型ロケットエンジン技術、エアブリージングエンジン技術、材料技術等の最先端技術を踏まえながら、再使用型宇宙輸送システムを含む将来宇宙輸送システムの実現に向けた様々な研究開発を積極的に推進している。

(3) 将来宇宙輸送システムの必要性

今後とも将来にわたって宇宙輸送システムの自立性を確保し、発展させていくためには産学官の役割分担の下、内外における将来の宇宙開発利用、宇宙輸送システム事業の在り方を見据えながら、基本的な調査分析と政策・戦略の提示、基盤的な研究開発、産業・人的・設備の基盤の充実、市場獲得に向けた事業者への適切な支援等、国として適切な関与を行いながら、革新的な技術による将来宇宙輸送システム全体の方向性を提示していくことが必要である。

あわせて、基幹ロケットを含む宇宙輸送システムの自立性継続のため、また、その技術基盤を継承し、発展させていくためには、これまでの国主導による枠組みだけでなく、これらを支える民間事業者や大学等との共創関係を構築しつつ、将来拡大が期待される市場獲得を企図した経済的な自立性にもつながる宇宙輸送システムを目指していく必要がある。

同時に、これまでの我が国の基幹ロケットシステム開発に対する国民的な理解についても継承し、将来宇宙輸送システムに向けても国民の理解・支持を得ていくことが重要である。

なお、新型コロナウイルス感染症の拡大は、人類の生活、社会経済に

深刻な影響を及ぼしているが、そのような状況においても、将来の安全保障、社会経済の発展や科学技術イノベーション創出にとって、宇宙開発利用の重要性はますます高まり、不可欠なものとなっている中、宇宙輸送システムはその根幹となるインフラであり、国家として着実に維持し、発展させていく必要がある。このため、感染症といった危機的事態にあっても、基幹ロケットの維持・強化と併せて将来宇宙輸送システムの研究開発を進めることが重要であると考えられる。

3. 課題

(1) 基幹ロケット技術の維持と強化

我が国の宇宙輸送システムについては、国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構（JAXA）といった国中心の研究開発を通じ、これまで基幹ロケットの開発・運用を行い、自立的なシステムを実現してきた。今後は、これまでの研究開発を通じて宇宙輸送システム技術に関する能力を向上させてきた民間事業者の主体性を重視しつつ、現在の基幹ロケットシステムとその関連技術、人的基盤を維持・強化させ、射場・試験設備の更新を進めながら、安全保障や社会経済に不可欠な人工衛星等の打上げ能力の自立性のため、将来にわたって宇宙輸送システムの継続とその更なる発展へつなげていく必要がある。

(2) 政策や市場に対応する宇宙輸送システムの発展

安全保障政策においても宇宙は、サイバー、電磁波と並んでその領域の利用が不可欠とされており<6>、宇宙空間の戦略的重要性は、将来にわたってますます高まることが見込まれる。ビジネスの面では、小型衛星メガコンステレーション、旅客輸送につながる宇宙旅行、高速二地点間輸送、高頻度輸送等の可能性にみられる世界的な宇宙市場の拡大に対する期待がある。また、月周回軌道への輸送、深宇宙探査といった国際宇宙探査も各国の政策として今後進展していくことを見込まれている<7>。このような内外の宇宙開発利用の動向とともに、今後、スペースデブリ環境の悪化といった混雑化する低軌道等の動向も宇宙輸送システムの発展に向けては適切に考慮していく必要がある。

<6> 「平成 31 年度以降に係る防衛計画の大綱について」・「中期防衛力整備計画（平成 31 年度～平成 35 年度）について」（平成 30 年 12 月閣議決定）（JAXA 参考資料集 86-89P）

<7> 我が国は、「米国提案による国際宇宙探査への日本の参画方針」（令和元年 10 月宇宙開発戦略本部）により、月周回有人拠点の整備を含む国際協力による月探査計画への参画を決定。（JAXA 参考資料集 87P）

これらに対応する公共インフラとして、政策ニーズに対応する自立性ととも、市場に対応した経済的自立性も見据えた共通基盤としての宇宙輸送システムとその関連技術を取得し、維持・発展していく必要がある。このとき、安全保障面に配慮した国家間や、市場における民間事業者間の競争領域と協調領域を意識しながら、国だけではなく、市場獲得を目指す民間事業者や大学等を含めて、新たな需要と供給を創出する多様な主体とともに、現行の基幹ロケットシステムとともに革新的な将来宇宙輸送システムの発展等に向けた取組を進めていくことが必要である。

(3) 将来宇宙輸送システムの研究開発の進め方

将来の政策ニーズへの対応とともに、将来の成長・拡大が期待される市場の獲得・形成、そのための産業・人的基盤構築も目指して、再使用型宇宙輸送システムに加え、推進技術（LNG 推進、エアブリージング推進）等の将来の革新的宇宙輸送システム（以下「革新的将来宇宙輸送システム」という。）技術の獲得を進めていく必要がある。一方、革新的将来宇宙輸送システムの実現に向けては、現在、複数の方式、技術候補が考えられるものの、それぞれの技術的成立性や課題、見込まれるコストについて不明確であり、現段階での特定の方式や技術の絞り込みは困難である。このため、それぞれの方式や技術について、重要性の評価、目標・道筋の設定、効果的・効率的な開発推進・管理体制、枠組み設定等を国として政策的、計画的に推進し、様々な主体との協力・連携を行いながら進めていくことが必要である。

研究開発においては、国内外の動向等の変化のスピードに対応できるようにするとともに、これまでの宇宙分野だけでなく、非宇宙分野（異分野）を含め最先端の技術や多様な知見を取り込むことで宇宙輸送システムにおけるイノベーションを創造していくことが必要である。あわせて、幅広い産学官の主体による参画・協力に向け、国民の理解・支持を獲得していくための周知・広報活用にも引き続き努めていく必要がある。

(4) 社会実装や市場獲得・形成に向けた取組

技術だけではなく、公共インフラとしての社会実装と市場の獲得・形成に向け、関係省庁や多様な主体との連携を含む適切な体制とともに、民間事業者の主体的参画が得られるようなルール設定や資金調達といった制度的枠組みの構築を国として推進するとともに、将来のアンカーテナンシーを見据えた民間事業者によるビジネスプランの策定を得られるような、産学官共創の新たな関係が必要である。

また、現在の基幹ロケットシステムを通じて確立してきた関連産業・人的・設備基盤を着実に将来へ継承・発展させ、それを新たなユーザーや非宇宙分野を含む民間事業者等の広範な活動へ裨益させていくことが必要である。

我が国の自立性と競争力確保に留意しつつ、宇宙輸送システムの発展の観点から、海外の宇宙関係機関、ユーザーを含む民間事業者、大学等の関係者との適切で効果的な連携・協力方策も検討することに留意する。

4. 今後の取組方策

(1) 基幹ロケットの維持・強化

H-IIA/B ロケット、イプシロンロケット及び H3 ロケットといった現行の基幹ロケットについては、現段階から当面の間、我が国にとって唯一の宇宙空間にアクセスできる手段であることから、現下の国際競争の激化、今後の宇宙開発利用の拡大や宇宙環境の変化に対応した技術の高度化、産業・人的・設備基盤、関連インフラの維持を国（JAXA を含む。）と民間事業者の役割分担によって着実に行う。これらを着実に継承・強化させる活動を通じ、その関連技術を有機的に革新的将来宇宙輸送システムへ発展させる。

(2) 革新的将来宇宙輸送システムの実現

安全保障や宇宙探査といった将来の政策ニーズへの対応や高速二地点間輸送等の将来の大きな需要を生み出す発展性と可能性のある市場形成と一体となり、利用形態や市場主導で将来のあるべき事業形態からバックキャストしつつ、それぞれの領域に対して必要となる革新的将来宇宙輸送システムの実現を関係省庁や民間事業者等の関係者とともに目指す。そのとき、自立性確保や将来の宇宙開発利用の飛躍的拡大に向け、抜本的低コスト化等を実現する革新的技術をはじめとして国が革新的で基盤的な研究開発を先導し、民間事業者や大学等の関係者が資金分担も含めてそれぞれの役割を果たす。

① 研究開発課題の設定と進捗管理

「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）の複数の発展経路（パス）を踏まえ、再使用型宇宙輸送技術を含む革新的将来宇宙輸送システム技術の実現に向けた複数の研究開発課題を設定し、それぞれの技術的成立性、コスト見通しや、我が

国としての優位性、将来の拡張性等の観点に基づき、適切な選択と集中を図りつつ、進捗管理（ステージゲート審査）を行う。

研究開発課題については、将来の政策ニーズや市場形成の可能性を踏まえ、開発・運用を含むシステム全体を俯瞰しつつ、非宇宙分野を含む最新の知見・技術を取り入れながら、最初から一つの経路・技術を絞りこむのではなく、将来のイノベーションを生み出す難易度の高い、挑戦的なものを含めて技術候補を明確化する。

（実用システムを前提として考えられる個別技術の例）

- ・再使用技術（熱防御、自動ヘルスマモニタリング等）
- ・革新的推進系技術（エアブリージングエンジン、LNG 推進等）
- ・革新的材料技術（超軽量構造材料等）
- ・革新的生産技術（モジュール化、製造工程/多量生産方式等の革新等）
- ・有人化にも資する信頼性・安全性技術（自動ヘルスマモニタリング、自律飛行安全技術等）
- ・高頻度運航管理技術 等

※上記個別技術は事例であり、既に研究開発に着手されているものから、未着手のものが含まれ、革新的将来宇宙輸送システム技術はこれらに限定されない。また、JAXA による技術、コスト試算課題については更なる精査が必要であり、JAXA 資料に記載している。

※将来における有人宇宙輸送システムの重要性に留意して市場形成や国際動向を踏まえつつ、我が国の方向性を検討する。

② ロードマップの策定

実用システムの目標形態（ゴール）、実現時期や官民の役割の在り方を明示しつつ、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（将来宇宙輸送システムの研究開発を担う文部科学省研究開発局）が中心となり、JAXA の協力を得ながら、民間事業者や大学等の関係者の創意工夫を取り入れながらともに検討し、策定する。（別添：「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の視点」参照。）

③ 共創体制（オープンイノベーション）の構築

非宇宙分野のものを含め、上記に必要な最新の知見・技術を取得し、また、革新的将来宇宙輸送システムの研究開発を通じて得られた最新の知見・技術等を関連・隣接する民間事業者や非宇宙分野の関係者へ移転して活用・波及させる。このため、技術に関する研究

開発の方針作成、研究開発の実施において JAXA を中心としつつ、JAXA や宇宙輸送関連産業だけではない、ユーザー・他業種を含む幅広い産学官の主体の参画によるオープンイノベーションの共創体制を構築する。

具体的には、ロードマップに適合する複数の発展経路が想定される宇宙輸送システムに対し、それぞれに必要な技術の分類を行い、その技術ニーズをイノベーションに向け、幅広い民間事業者や大学等と協調しながら、技術シーズの掘起こし、技術的成立性の向上等の研究開発を通じて選択と集中を行う。そのような自立性・競争力等に優れた革新的将来宇宙輸送システムの実用化・事業化に向けて、特定された民間事業者等の参画を得て、社会実装のための技術開発を協働して行う。このとき、産学官による技術開発だけでなく、将来のビジネスプランを基に金融機関等を含めた様々な主体の協力を得て資金分担を含めた共創体制の構築を目指す。

このとき、宇宙輸送システム技術の戦略性・機微性に配慮し、また、民間事業者等との競争領域と協調領域に留意し、他の政府機関や民間事業者との連携を行いながら、我が国の安全保障と経済成長に適切に整合させる。

④ 研究開発マネジメントの推進

これらの技術に関するマネジメントは、JAXA を中心として推進し、研究開発政策の策定・推進について、文部科学省が関係省庁と協力しながら継続的に担う。

変化の激しい内外の宇宙輸送システムの動向に迅速・機動的に対応できるよう、調査分析、ベンチマーキング、評価を行い、適切な研究開発システムを確立する。

(3) 宇宙輸送システム発展に向けての留意事項

① 宇宙輸送システム発展等に関する相乗効果の発揮

連続的なイノベーション（持続的イノベーション）としての上記（1）基幹ロケットの維持・強化の活動と、非連続的なイノベーション（破壊的イノベーション）を要する上記（2）革新的将来宇宙輸送システム実現に向けた活動について、現行の基幹ロケットの高度化に関する取組は一つの事業として着実に進めつつ、これらを車の両輪として相乗効果を発揮させる。

② 関係省庁との協力

政策ニーズや将来の市場形成を見据え、産業基盤構築やビジネス化に向けては経済産業省、安全保障分野との協力可能性については防衛省、他府省庁との多方面にわたる調整は内閣府が担う等、政策領域ごとに適切な関係省庁間との連携・協力を行う。

革新的将来宇宙輸送システムの実現に向けて、今後、研究開発課題だけでなく、民間事業者の予見性確保等のための制度的枠組みの整備等に向け、関係省庁の施策・関連機関（所管研究機関等）との連携を図っていく。

③ 産学官の役割分担

基幹ロケットの開発・運用や革新的将来宇宙輸送システムの研究開発においては、それぞれのシステムの目指す領域、形態、技術ごとにその政策的意義や事業性・市場性、技術的成立性が異なるため、産学官の役割の在り方は異なる。このことから、それぞれの領域において適切な分担の在り方を検討していく必要がある。

ア) 産業界においては、将来のユーザーや顧客の意図、行動を分析して新たな宇宙市場の形成を目指し、民間事業者の競争力につながる技術開発、資金調達を含めた民間事業者中心によるビジネスプランの策定・事業化と事業者間の競争と協調を進める。

イ) 大学等においては、教育研究を通じた宇宙輸送システムの技術や事業化に関連する人材育成、将来の革新につながる学術研究や先導的な基礎的研究の実施及び民間事業者と連携したそれらの成果の事業化の促進、国内外を含む幅広いネットワーク形成を進める。

ウ) 政府等（政府及び JAXA 等関係機関を含む。）においては、革新的な研究開発を担うことで基幹技術としての宇宙輸送システム基盤技術を蓄積し、他分野にも応用するとともに、将来の社会実装に向けたルール設定・資金調達等の制度的枠組み整備の推進、将来の産学官にわたる取組として持続可能な事業としての方向性としてのロードマップの取りまとめ、産業・人的・設備基盤の充実や国内外との連携・協調を進める。将来のアンカーテナンシーの方策を明確化する。

④ 人材育成と国民理解の充実

宇宙輸送システムの自立性確保のためには、H3 ロケット・イプシ

ロケットの開発等を通じてこれまで蓄積された研究者、技術者、製造に携わる熟練技能者を含め、宇宙輸送システム関連人材を着実に継承しつつ、共創体制の構築、革新的将来宇宙輸送システムの研究開発の実施を通じて我が国の宇宙輸送システム関連の人的基盤を強化・拡大する。

このとき、これらの人的基盤が国の先導する研究開発等の活動だけでなく、民間事業者の事業活動に貢献できるように配慮する。これらの活動に対し国民の理解を充実させる取組を人文学・社会科学系の知見を得ながら進め、多様で幅広い人材が宇宙輸送システムに対して理解・支持することで、自然科学系に限らず、人文学・社会科学系を含めた優秀な人材の獲得を目指す。大学等との連携については、学会等を含む宇宙科学コミュニティの機能を活用する。

⑤ 海外との戦略的連携・協力

革新的将来宇宙輸送システムの実現に向けては、海外の技術、制度、ビジネスの動向を踏まえるとともに、競合関係を適切に把握しながら競争領域と協調領域の違いに留意しつつ、国際機関や海外の宇宙関係機関、民間事業者、大学等との協力が重要となるため、既存のネットワークの活用と強化を含めた必要な方策を検討する。

(4) 速やかに取り組むべき事項（本年度から次年度に向けて）

上記の具体的な実現方策の検討・推進体制を文部科学省等において構築し、実現時期を明確にしつつ、そのロードマップの策定を行うため、本年度秋に検討に着手し、来年度中に初版を策定する。ロードマップは、研究開発の状況だけでなく、政策ニーズ、市場動向を踏まえながら内外の調査分析を着実にを行い、適宜必要な見直しを図る。これに協力し、また、これらに基づく各種方針策定と研究開発活動の実施のため、必要な調査分析・研究開発等の事業計画や組織機構の立案を JAXA において検討を行う。

宇宙イノベーションパートナーシップやイノベーションハブ等<8>のオープンイノベーションに関する既存の取組例も参照しつつ、ユーザ

<8> 宇宙イノベーションパートナーシップ事業（J-SPARC）は、事業意思のある民間事業者等と JAXA の間でパートナーシップを結び、共同で新たな発想の宇宙関連事業の創出を目指す研究開発プログラム。（<https://aerospacebiz.jaxa.jp/solution/j-sparc/>）（JAXA 参考資料集 95・96P）

宇宙探査イノベーションハブ（TansaX）は、様々な異分野の人材・知識を集めた組織を構築し、これまでにない新しい体制や取組で JAXA 全体に宇宙探査に係る研究の展開や定着を目指す取組。（<http://www.ihub-tansa.jaxa.jp/>）（JAXA 参考資料集 99・100P）

一を含めた産学官によるオープンイノベーションの取組による共創体制を JAXA に構築し、民間事業者、大学等を含む新たな需要と供給を創出する主体等の幅広い外部の参画や創意工夫・アイデアを得て、ロードマップとその下の各種方針の策定に貢献し、適宜反映させる。また、共創体制を通じて宇宙輸送システム技術に関する成果・知見を適切に共有する。宇宙輸送ニーズや社会実装を見据え革新的将来宇宙輸送システムの実現に必要な具体的な技術課題、開発規模とともに、期待される市場規模やそれに必要となる事業計画、制度・基準、国際協力等の検討も民間事業者や大学等の関係者とともに検討と戦略策定を進める。

革新的将来宇宙輸送システム実現に向けて JAXA における現行の将来宇宙輸送システムに係る関連施策・事業を糾合し、調査分析・方針策定や共創体制構築を含めた総合的なプログラムとして実施を図る。

以上

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の視点

本視点では、革新的将来宇宙輸送システムの実現に向けて目指すべき事業とその研究開発や関連施策の発展に応じた段階的な計画・道筋（以下「ロードマップ」という。）の策定に当たっての基本的な考え方を示す。

1. 目標

ロードマップにおいて目指すべき目標は、遅くとも 2040 年代前半までに、継続的に我が国の宇宙輸送システムの自立性確保、併せて競争力確保及び産業発展を目指した将来の国益確保と新たな宇宙輸送市場の形成・獲得に向け、抜本的低コスト化等も含めて革新的技術による革新的将来宇宙輸送システムを実現し、我が国の民間事業者が主体的に事業を展開することで、自立した宇宙開発利用を飛躍的に拡大するとともに、宇宙輸送をはじめとする宇宙産業が我が国の経済社会を支える主要産業の一つとする。

2. ロードマップの位置付け

ロードマップは、目標達成のために 2040 年代前半の革新的将来宇宙輸送システムの実現のために、2030 年頃の技術実証とその後の実用システムの事業化に向けて、今後 10 年から 20 年にわたり、可能な限り、目指すべき形態と時期を明確化して研究開発から実用化までの道筋とその実現方法を示す。ロードマップを通じ、国は、施策の進捗管理、評価、改善を不断に実施するとともに、非宇宙分野を含む産学官等の多様な関係者が革新的将来宇宙輸送システムの実現に参画し、その波及効果をそれぞれの分野の発展に活かすよう促す。盛り込むべき主な事項は以下のとおり。

- (1) 将来宇宙輸送システム実現の意義・価値の明確化（自立性・競争力、また、低軌道領域や高軌道領域への輸送要件・規模等を含む。）
- (2) 将来の国としてのビジョン、政策動向、市場動向（産業創造）に対応して事業化等を含む実用システム（出口）の在り方
- (3) イノベーションを生み出す挑戦的なものを含む研究開発課題の洗

い出しと研究開発対象とする技術の方向性（技術的成立性、コスト見通し、優位性、将来の拡張性、リスク等、また、開発・製造手法の革新を含む。）

- (4) 産学官の役割・費用分担と共創・競争体制の在り方
- (5) 戦略的な国際協力の在り方（役割分担、基準・ルール形成等）
- (6) 研究開発・事業化における優先度・順序設定、選択と集中、評価・改善の在り方（マイルストーンの設定、ステージゲート方式における評価の視点等）

3. ロードマップ策定・実施に係る留意事項

ロードマップ策定及び研究開発の実施に当たっての主な留意事項は次のとおり。

- (1) 徹底した国内外の政策ニーズや市場動向、競合者分析、また、開発手法を含む革新的宇宙輸送技術動向等の調査分析、結果の反映
- (2) 参画主体の多様化（宇宙科学コミュニティの大学連携機能の活用、非宇宙分野の知見取入れ、国内外の人的ネットワーク強化）とその戦略的な連携と役割分担
- (3) 政策ニーズ等を見据えた関係省庁や研究機関等との連携
- (4) 継続的な研究開発に向けた人材育成・国民への広報と理解の確保
- (5) 現行基幹ロケット技術の応用や基幹ロケットの活用による革新的技術実証（低コスト化、信頼性向上等）
- (6) 国産化・保護すべき技術や、国際協力を通じて獲得すべき技術の在り方
- (7) 環境（デブリ対策等）、SDGs（持続可能な開発目標）への配慮
- (8) 革新的将来宇宙輸送システムの実現に必要な制度・基準の検討・整備

4. ロードマップ策定・実施体制及びスケジュール

ロードマップは、国として策定する研究開発の方針のためのロードマップ（仮称）のほか、具体的な研究開発課題・技術ごとに定めた技術ロードマップ（仮称）を策定する。

ロードマップ（仮称）は、文部科学省研究開発局に置く検討チーム（メンバーは、非宇宙分野やユーザー、社会経済の調査分析・戦略立案の専門家を含む産学官の有識者を想定）により、関係府省庁や政府関係機関の協力を得て調査審議の上、策定する。技術ロードマップ（仮称）は、ロードマップ（仮称）を踏まえ、JAXA が事務局機能を担い、産学官の有識者・専門家から構成される研究開発計画・調査検討タスクフォース（TF）（仮称）において策定する。

ロードマップ策定後は、検討チーム及びTF（仮称）が連携し、事業の進捗管理や評価・改善のために内容に応じてOODA（Observe Orient Decide Act）やPDCA（Plan Do Check Act）により、国内外の動向を踏まえ、不断にこれらのロードマップの見直しを行う。

<具体的な策定スケジュール・進め方>

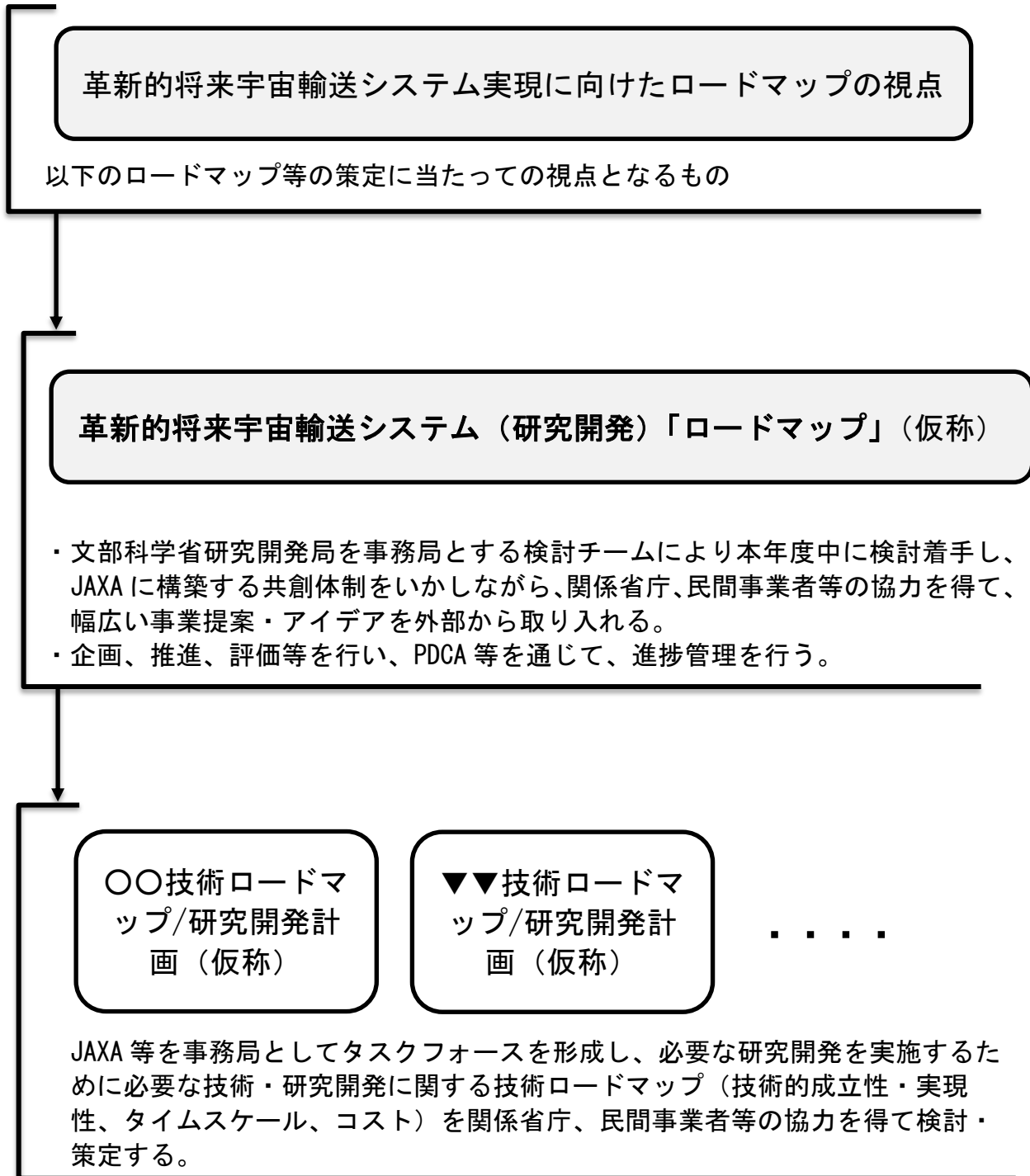
・ロードマップ（仮称）：

令和2年度秋頃に検討着手。令和3年度夏までに中間まとめを行い、令和3年度中に初版を策定。JAXA を中心とする共創体制（オープンイノベーションを実現するコンソーシアム（仮称）等）の機能を活用し、革新的将来宇宙輸送システムの実現に向けた企画提案・意見募集を行う。

・技術ロードマップ（仮称）：

JAXA が事務局機能を担う共創体制の枠組みを生かしながら、挑戦的技術、その実現可能性やコスト等を盛り込む計画として、TFにおいて令和2年度中頃に検討に着手。上記ロードマップ（仮称）等を踏まえて令和3年度以降に必要なものから策定。

ロードマップの階層（イメージ）



将来宇宙輸送システム調査検討小委員会の検討経緯

第1回 (1月15日)

- 将来宇宙輸送システム調査検討小委員会について(設置目的、委員名簿等)(文部科学省【事務局】)
- 我が国の宇宙輸送に係る国内の主要動向について(JAXA、事務局、稲川委員、スペースワン、山崎委員)
- 将来宇宙輸送システム調査検討小委員会における検討項目素案について(事務局)

第2回 (1月30日)

- 宇宙輸送に係る国外の主要動向について(JAXA)
- 宇宙輸送コミュニティにおける次の目標設定の議論及び提言について(稲谷 JAXA 特別参与)
- 将来の宇宙利用の動向(事務局、石田委員、兵頭委員、野口委員、JAXA)
- 将来宇宙輸送システム調査検討小委員会における検討項目について(事務局)

第3回 (2月20日)

- 宇宙輸送システムと宇宙産業について(経済産業省)
- 防衛省の宇宙分野における取組(防衛省)
- 宇宙輸送系の取り巻く状況と将来に向けた今後の取り組みについて(JAXA)
- 将来宇宙輸送システム調査検討小委員会の議論の方向性について(事務局)

第4回 (3月18日)(書面審議)

- 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(JAXA)
- 将来宇宙輸送システム調査検討小委員会提言骨子(案)(事務局)

〔第54回 宇宙開発利用部会(3月25日)(書面審議)〕

- 将来宇宙輸送システム調査検討小委員会提言骨子案について(事務局/JAXA)

第5回 (4月27日)(オンライン審議)

- 宇宙基本計画(案)(令和2年4月6日内閣府宇宙開発戦略推進事務局)における将来宇宙輸送システム研究開発について(事務局)
- 将来宇宙輸送システム調査検討小委員会提言について(案)(事務局/JAXA)

第6回 (5月13日)(オンライン審議)

- 将来宇宙輸送システム調査検討小委員会提言(中間取りまとめ)について(事務局/JAXA)

第56回 宇宙開発利用部会(5月19日)(オンライン審議)

- 将来宇宙輸送システム調査検討小委員会提言(中間取りまとめ)について

革新的将来宇宙輸送システム実現に向けた我が国の取組強化に向けて

1 緒言

宇宙開発利用部会 将来宇宙輸送システム調査検討小委員会提言（中間まとめ概要）

- ・宇宙開発利用は、安全保障、社会経済活動に不可欠。宇宙輸送システムは、根幹のインフラとして自立性確保が我が国の宇宙政策の基本。
- ・これまで液体燃料ロケット・固体燃料ロケットの開発・運用により宇宙開発利用の自立性を確保。現在H3ロケット、イプシロンシナジー開発とH-IIA/Bロケットの実運用を通じ、基幹ロケットシステムを維持・発展して安全保障等の国益に貢献。
- ・将来にわたり宇宙輸送システムの能力を維持・強化し、安全保障・経済成長・科学技術イノベーションにつなげていくには、再使用型宇宙輸送システムを含めて将来宇宙輸送システムの発展・関連技術の継続的な取得、維持・強化により革新的な将来宇宙輸送システムを確立する必要。

2 現状

(1) 宇宙輸送システムの意義（自立性確保）

- ・世界の宇宙開発利用の急速な拡大、戦略的重要性の高まりで、宇宙輸送システムの自立性は引き続き重要
- ・自立性確保のためには競争力強化に向けた民間の活動も必要

(2) 内外の動向

- ①国内における宇宙輸送システム研究開発と運用
 - ・H-IIA/Bロケット、H3・イプシロンの基幹ロケット開発・運用
- ②宇宙利用の拡大・将来宇宙ビジネスの可能性
 - ・宇宙探査、メガコンステ、宇宙旅行、P2P等の宇宙輸送ビジネス需要
- ③国外の宇宙輸送システムの動向
 - ・諸外国の注力、スペースX等の台頭

(3) 将来宇宙輸送システムの必要性

- ・革新的技術による将来宇宙輸送システム全体の方向性提示が必要
- ・国主導だけでなく、民間や大学等との共創と経済的自立性
- ・国民の理解・支持の継続
- ・感染症等の危機的事態でもインフラである基幹ロケット・将来宇宙輸送システムの取組は重要

3 課題

(1) 基幹ロケットの維持と強化

- ・将来にわたり、宇宙輸送システムと技術の取得、継続・発展が必要

(2) 政策や市場に対応する宇宙輸送システムの発展

- ・安全保障等の宇宙の戦略的重要性の高まり、世界的な宇宙市場の拡大、国際宇宙探査の進展、デブリ対策への対応
- ・公共インフラとしての宇宙輸送システムの継続・発展が必要

(3) 将来宇宙輸送システムの研究開発の進め方

- ・政策ニーズ対応と市場獲得・形成に向け、革新的将来宇宙輸送システム技術の獲得を進める必要。
- 再使用型宇宙輸送システム、LNG推進、エアブリージング等
- ・変化に対応し、最先端の技術・治験を取り込むイノベーションが必要

(4) 社会実装や市場獲得・形成に向けた取組

- ・多様な主体との連携、制度的枠組みの構築、広範な活動への裨益、海外との連携・協力が必要

4 今後の取組方策

(1) 基幹ロケットの維持と強化

- ・当面の間の唯一の宇宙へのアクセス手段として、技術の高度化と継承・強化により、革新的将来宇宙輸送システムへ発展



(2) 革新的将来宇宙輸送システムの実現

- ・将来の政策ニーズ、将来の大きな需要、市場形成から、革新的将来宇宙輸送システムの実現を目指す。抜本的低コスト化を実現する革新的技術の研究開発を産学官で行う。

 - ①研究開発課題の設定と進捗管理
 - 複数の研究開発の課題、技術的成立性、コスト見通しや、我が国としての優位性、将来の拡張性等の観点に基づき、適切な選択と集中、進捗管理（技術例）再使用、推進系（エアブリージング、LNG）、生産、有人化に資する信頼性・安全性、運航管理等 <有人宇宙輸送の重要性に留意して検討>
 - ②ロードマップの策定
 - 実用システムの目標形態・時期等を明らかにし研究開発の段階を示すロードマップを文部科学省において検討・策定
 - ➡別添：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の視点
 - ③共創体制（オープンイノベーション）の構築
 - ④研究開発マネジメントの推進

(3) 宇宙輸送システム発展に向けての留意事項

- ①(1)と(2)の相乗効果発揮、②関係省庁との協力、③産学官の役割分担、④人材育成と国民理解の充実、⑤海外との戦略的連携・協力

(4) 速やかに取り組むべき事項

- ・ロードマップ策定について本年度秋に検討着手、来年度中に初版策定、JAXAにおける調査分析・研究開発の計画等の立案
- ・産学官によるオープンイノベーションの取組による共創体制を構築
- ・現行の関連施策・事業を糾合し総合的プログラムとして実施

宇宙開発利用部会 将来宇宙輸送システム調査検討小委員会の設置について

令和元年9月26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

1. 設置の趣旨

科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会 宇宙開発利用部会は、文部科学省における宇宙の開発及び利用(以下「宇宙開発利用」という。)に関する重要事項の調査審議を行うよう科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会から付託されている。

文部科学省における宇宙開発利用には、我が国の宇宙活動の自立性の確保のため、政府衛星を優先して打ち上げる基幹ロケットの開発が含まれており、これまで、宇宙開発利用部会等の評価に基づき、H-II A/B ロケット、イプシロンロケット及び新型基幹ロケットとなるH3ロケットの開発を進めてきたところである。他方、海外の状況を見ると、米国では既に再使用ロケットを実運用中であり、その他の国でも、相次いで再使用ロケットなどの次世代宇宙輸送システムに関する計画を発表してきているところであるため、我が国でも宇宙基本計画工程表平成30年度改訂において、再使用型宇宙輸送システムを実現するにあたっての課題(技術・コスト等)の検討を行うこととされている。

このため、再使用型宇宙輸送システムを含む『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)の更新も見据え、宇宙開発利用部会運営規則第2条第1項に基づき、宇宙開発利用部会の下に将来宇宙輸送システム調査検討小委員会(以下「小委員会」という。)を設置する。

2. 調査検討事項

- (1) 再使用型宇宙輸送システムを含む将来宇宙輸送システムの考え方について
- (2) 再使用型宇宙輸送システムを実現するにあたっての課題(技術・コスト等)について
- (3) 国内外の将来宇宙輸送システム研究開発動向について
- (4) その他

3. 設置期間

小委員会の設置が決定した日から令和3年2月14日までとする。

4. その他

小委員会の運営に関し必要な事項は、科学技術・学術審議会令、科学技術・学術審議会運営規則、研究計画・評価分科会運営規則及び宇宙開発利用部会運営規則によるものとする。

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
将来宇宙輸送システム調査検討小委員会 委員名簿

(五十音順)

- 有田 誠 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構宇宙輸送技術部門
H3 プロジェクトチームサブマネージャ
- 石井由梨佳 防衛大学校人文社会科学群准教授
- 石田真康 A.T.カーニー株式会社 プリンシパル
- 稲川貴大 インターステラテクノロジズ株式会社代表取締役社長
- ◎ 遠藤 守 公益財団法人日本宇宙少年団専務理事
- 大貫美鈴 スペースアクセス株式会社代表取締役
- 神武直彦 慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科教授
- 齊藤靖博 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構研究開発部門
CALLISTO チーム副チーム長
- 竹森祐樹 株式会社日本政策投資銀行業務企画部イノベーション推進室長
兼 担当部長
- 永田晴紀 北海道大学大学院工学研究院機械・宇宙航空工学部門教授、副研
究院長
- 中村裕子 東京大学スカイフロンティア社会連携講座 特任准教授
- 野口裕一 株式会社IHIエアロスペース宇宙輸送システム技術部
システム技術室主査
- 野中 聡 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所
宇宙飛翔工学研究系准教授
- 兵頭翔洋 三菱重工業株式会社宇宙事業部技術部計画課主任
- 松尾亜紀子 慶應義塾大学理工学部教授
- 山崎直子 一般社団法人スペースポートジャパン代表理事

◎:主査、○:主査代理

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

令和2年5月19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

(五十音順)

(委員)

部会長代理 青木 節子 慶應義塾大学大学院法務研究科教授
部会長 角南 篤 公益財団法人笹川平和財団常務理事／政策研究大学
院 大学学長特別補佐・客員教授

(臨時委員)

井川 陽次郎 元読売新聞東京本社論説委員
大西 卓哉 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
門宇宙飛行士運用管制ユニット宇宙飛行士
芝井 広 大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻教授
白井 恭一 慶應義塾大学大学院法学研究科講師(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 健吾 株式会社ユーグレナ執行役員研究開発担当
高橋 德行 トヨフジ海運株式会社代表取締役社長
高藪 縁 東京大学大気海洋研究所教授・副所長
鶴岡 路人 慶應義塾大学総合政策学部准教授
永原 裕子 日本学術振興会学術システム研究センター副所長／東京
工業大学地球生命研究所フェロー
林田 佐智子 大学共同利用機関法人人間文化研究機構総合地球環境学
研究所教授／奈良女子大学大学院自然科学系教授
松尾 亜紀子 慶應義塾大学理工学部教授
村山 裕三 同志社大学大学院ビジネス研究科教授
横山 広美 東京大学国際高等研究所カブリ数物連携宇宙研究機構
教授
吉田 和哉 東北大学大学院工学研究科教授
米本 浩一 東京理科大学理工学部機械工学科嘱託教授

(専門委員)

藤井 良一 大学共同利用機関法人 情報・システム研究機構 機構長