

宇宙輸送システム 長期ビジョン素案の検討状況

平成 2 5 年 1 2 月

宇宙輸送システム長期ビジョン素案の検討状況

宇宙基本計画(平成25年1月25日宇宙開発戦略本部決定)において、宇宙輸送システムの維持は我が国の宇宙活動の自律性確保の観点から重要であるとされている。

また、今後長期にわたり我が国が自律的な宇宙輸送能力を保持し続けていくために、これまでの我が国ロケット開発の実績を十分に評価しつつ、より中長期的な観点から、我が国の宇宙輸送システムの在り方について速やかに総合的検討を行い、その結果をふまえ必要な措置を講じることとされている。

このため、宇宙基本計画に基づき、2040年から2050年頃の宇宙輸送システムに関し、我が国が取り組む方向性について総合的に検討を行った結果を宇宙輸送システム長期ビジョン素案(以下、長期ビジョン素案)として取りまとめるべくワーキンググループにて審議を行ってきた。

従来の長期的な宇宙輸送システムの検討では、主として技術的な研究開発の観点から行われていたのに対し、本検討では2040年から2050年頃までの宇宙利用の姿を描き、それら宇宙利用の飛躍的な拡大をドライブする将来宇宙輸送システムは何かという観点から、敢えて挑戦的な目標を設定するという考え方で検討を行った。

本資料はこれまでの検討状況を取りまとめたものである。

(参考)

○宇宙輸送システム長期ビジョンワーキンググループ構成員

主査 白坂 成功 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准教授
渥美 正博 三菱重工業株式会社宇宙事業部宇宙システム技術部 部長
稲谷 芳文 (独)宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所 副所長
井元 隆行 (独)宇宙航空研究開発機構宇宙輸送ミッション本部
イプシロンロケットプロジェクトチームサブマネージャ
坂田 公夫 航空総合技術政策フォーラム 代表幹事、(独)宇宙航空研究開発機構 元理事
牧野 隆 株式会社IHI航空宇宙事業本部 宇宙開発事業推進部長

○開催状況

第1回	2013年 8月23日(金)
第2回	2013年10月 2日(水)
第3回	2013年10月17日(木)
第4回	2013年10月31日(木)
第5回	2013年11月 4日(祝)
第6回	2013年11月14日(木)
第7回	2013年12月 8日(日)

宇宙輸送システム長期ビジョン素案 (ドラフト)の概要

平成 2 5 年 1 2 月

宇宙輸送システム長期ビジョン素案(ドラフト)の概要①

第1章 宇宙輸送システムの歴史及び動向

我が国を含む各国の宇宙輸送システムの主力は使い切り型ロケットであった。使い切り型ロケットは、打ち上げ費用の低下の傾向がみられるものの、打ち上げの度に機体の製造費用が発生することは原理的に避けられないため、打ち上げ費用を大幅に低減させることは限界がある。

しかし打ち上げ費用を大幅に低下させることができれば、これまで高い輸送コストのために採算に合わなかった宇宙利用に道が開けることになり、その結果、将来的に宇宙輸送需要の大幅な伸びが予測される。

この課題に対し、打ち上げ費用の大幅な低減を目標とした再使用型宇宙輸送システムの開発が近年再び各国で行われている。

第2章 将来宇宙輸送システムの姿

2-1. 将来の宇宙利用の姿

将来、次のような新たな宇宙利用の出現や拡大が考えられる。※低軌道領域: 低軌道及びサブオービタルの領域を指す。

高軌道領域: 静止軌道等の中・高軌道、地球重力圏脱出の領域を指す。

(1) 低軌道領域※における宇宙利用

(一般大衆の宇宙旅行、地球上の高速二地点間輸送)

2010年代中にも米国で実用化が見込まれる宇宙体験飛行は高価であるが、今後、一般大衆も利用できる価格になれば、大幅な需要拡大が見込まれる。また、2040-2050年頃には宇宙空間を飛行するスペースプレーンを利用した二地点間高速輸送が実現し、航空旅客・高速貨物輸送需要の一部を取り込むことが期待される。

(民間宇宙ステーション)

政府の運用する宇宙ステーションに加え、民間が運営する宇宙ステーションが2010年代後半には登場してくることが見込まれる。こうした民間宇宙ステーションは、滞在型宇宙旅行や無重力環境下での実験・生産拠点としての用途が期待される。

(軌道上サービス、衛星機能の代替)

宇宙輸送コストが大幅に低下した場合、人工衛星に対する軌道上での燃料補給や修理・改修によって、より長期間にわたって衛星の運用が可能となることが期待される。また、スペースプレーン自体に観測や通信用のミッション機器を搭載し、衛星としてのミッションを実施して地球に帰還するような利用法も出現すると考えられる。

(2) 高軌道領域※における宇宙利用

国際協働による有人宇宙探査に向けて技術検討を行う枠組であるISECGでは、現在、2020-30年代以降に月ラグランジュ点ステーションや月・火星やそれらの軌道上に有人基地などを設置する構想が議論されている。こうした構想が実現した場合、有人アクセスや補給のために軌道間輸送機(OTV)ネットワークを構築することが必要になると考えられる。長期的な将来には、宇宙太陽光利用システム(SSPS)など、大規模構造物を宇宙空間に建設することも想定される。地球環境のコントロール(日照コントロール)なども国際的な合意が得られた場合には検討され得ると考えられる。

※2-1. 将来の宇宙利用の姿は、別添1の図を参照。

宇宙輸送システム長期ビジョン素案(ドラフト)の概要②

第2章 将来宇宙輸送システムの姿

2-2. 将来宇宙輸送システムの姿

(1) 将来の宇宙利用を実現するための宇宙輸送システム

新たな宇宙利用に対応する将来の宇宙輸送システムは、宇宙に人や物を運ぶだけでなく、宇宙から人や物を持ち帰る、宇宙で輸送機自体が任務を果たす、宇宙空間を利用して高速に人や物資を輸送する、などの機能を有するものになると見られる。そのために、航空機並みの運用性能と安全性を持ち、かつ宇宙輸送コストを現在よりも二桁低下させた安価な宇宙輸送システムが必要となる。

(2) 想定される宇宙輸送システムの発展過程

① 低軌道領域における宇宙輸送システム

サブオービタル(地球周回軌道に至らない軌道)宇宙体験飛行により、基礎的な技術やノウハウの蓄積が図られると見込まれる。2020年代から2030年代には再使用型宇宙輸送システムが実用化され、低軌道領域への宇宙輸送を主に担うことになると考えられる。ただし、その過程は、システムおよび安全技術の成熟に応じた段階的な発展になると想定される。

② 高軌道領域における宇宙輸送システム

中・高軌道への衛星打ち上げや地球重力圏を脱出して行う宇宙探査には、当面、使い切り型ロケットが使用されることになると見られるが、月ラグランジュ点ステーションや月・火星基地などへの大量の輸送需要が生じた場合には、再使用型のOTVネットワークが構築されることになると考えられる。こうしたネットワークは、静止衛星などの打ち上げや衛星の修理・燃料充填などにも利用可能になると期待される。二地点間高速輸送システムとOTVは統合されたネットワークを形成し、宇宙空間の人および物の輸送を効率的・低価格で実施できるようになると想定される。

宇宙輸送システム長期ビジョン素案(ドラフト)の概要③

第3章 将来宇宙輸送システムの実現に向けて

3-1. 実現に向けた取組

(1) 将来宇宙輸送システムの開発アプローチ

将来宇宙輸送システムの開発アプローチは次のように考えられる。

① 低軌道領域における将来宇宙輸送システム

安全性・運用性が高く低コストである再使用型宇宙輸送システムの実現に関しては、イノベーションの実現される分野により、次の三つの発展経路(パス)が考えられる。

(第一のパス:再使用型ロケット)

現在、第一段ロケットの再使用化(フライバック・ブースター)が構想されているが、さらに多段式、単段式再使用型ロケットへの発展が考えられる。そのためには、材料技術の革新による超軽量機体、推進系構造材料、極低温タンクの断熱、高度補償ノズルなどの実現が必要である。

(第二のパス:エアブリージングエンジン搭載の単段式スペースプレーン)

大気中の酸素を取り込むエアブリージングエンジンが実現した場合、水平に離陸して大気圏内で加速しながら宇宙空間へ到達する単段式スペースプレーンの実現が可能になると考えられる。その実現のためには、極超音速エンジン技術、大気圏内で長時間の空力加熱に耐えるための耐熱・熱制御技術、機体システム構築技術を獲得することが必要となる。また、環境性能や運用採算性を達成することで、高速二地点間輸送システムとしての使用も可能になると見込まれる。

(第三のパス:エアブリージングエンジン推進の第一段と再使用型ロケット段の組み合わせ(二段式スペースプレーン))

第一段にエアブリージングエンジンを使用し、大気圏内で必要な速度に達した後、再使用型ロケットの第二段がペイロードを宇宙空間に投入するパスである。この第三のパスは、第一と第二のパスを実現する過程で実現すると考えられる。

※3-1. (1)①低軌道領域における将来宇宙輸送システムの開発アプローチは、別添2の図を参照。

② 高軌道領域における将来宇宙輸送システム

低軌道領域で将来型宇宙輸送システムが実現した場合の、低軌道領域から高軌道領域への軌道間輸送機のネットワークによる宇宙輸送システムについては、使用目的によって開発のアプローチが異なる。例えば、SSPS等の大規模構造物を建設する場合、目的の軌道までのペイロード遷移時間は大きな問題とはならないため、加速度は低いが経済性に優れた電気推進が主としたアプローチとなると考えられる。一方、月ラグランジュ点ステーションや月・火星基地に対する有人アクセスなどは速やかに目的の軌道に到達する必要があり、推力の高い化学推進によるアプローチになると考えられる。

宇宙輸送システム長期ビジョン素案(ドラフト)の概要④

第3章 将来宇宙輸送システムの実現に向けて

3-1. 実現に向けた取組

(2) 将来宇宙輸送システムに必要な技術

以上で述べた将来宇宙輸送システムの実現には、下記の主要な技術について我が国において着実な研究開発を進める必要がある。

① 低軌道領域における将来宇宙輸送システム

- A) 機体の再使用運用のためのシステムアーキテクチャ(システムとりまとめ技術、ヘルスマニタリング、自律飛行、クイックターンアラウンド、故障許容)
- B) 推進系の高性能化(ロケットエンジン、エアブリージングエンジン)
- C) 革新的な軽量化技術、耐熱構造・材料技術
- D) 宇宙輸送コスト低減に必要とされる、開発プロセスや製造技術のイノベーション、運用の簡素化
- E) 他分野の技術の積極的活用(航空技術、自動車技術、ICT技術の導入)

② 高軌道領域における将来宇宙輸送システム

軌道間輸送機の実現に必要な、誘導技術、ロボット技術、燃料デポ技術等

(3) 将来宇宙輸送システムの開発プロセス

現在、JAXAを中心に行われている再使用型宇宙輸送システム開発は主として要素技術の研究であり、システムレベルでの新たな知見や経験を獲得する機会は限定的であると考えられる。そこで実験機を開発してシステム全体の実証や新たな研究課題の抽出を行い、その成果を要素研究にフィードバックするサイクルを確立して、研究開発を加速する必要がある。そして、その成果を順次実証機、試験機の開発へと発展させる一連のプロセスが必要である。当面は、2010年代中にJAXAを中心としてロケット型とエアブリージング型の小型実験機の開発に向けた検討を開始すべきである。

また、軌道間輸送機については、低軌道領域の再使用型宇宙輸送システムの実証機開発段階を目途に実験機を開発すべきである。

※3-1. (3)開発プロセスは、別添3の図を参照。

宇宙輸送システム長期ビジョン素案(ドラフト)の概要⑤

第3章 将来宇宙輸送システムの実現に向けて

3-1. 実現に向けた取組

(4) 国際優位性の確保

将来の再使用型宇宙輸送システムや高速二地点間輸送システムで大規模なものは、国際共同開発となることが想定される。

また、研究開発が進捗し技術が成熟していく過程においては、例えば航空機の運用における国際民間航空機関 (ICAO) のような認定制度が宇宙機に関しても策定されることが想定され、のちの我が国の国際競争力に大きな影響を及ぼす可能性がある。

このため、我が国は単にコンポーネント提供国の立場に留まらず、国際共同開発におけるシステム・インテグレーターとしての立場や基準策定プロセスに参画できるだけの技術力を有しておくことが重要であり、これにより将来宇宙輸送システムの開発において主導的立場を獲得することが重要である。

3-2. その他の課題

(1) 官民の役割

再使用型宇宙輸送システムの開発には技術的なリスクが伴うため、国が主体となり実験機の研究開発を進め、実証機や実用機の段階からは、我が国の航空宇宙産業の国際競争力を見定めつつ、民間投資の取り込みについても検討を行う。

(2) 人材育成

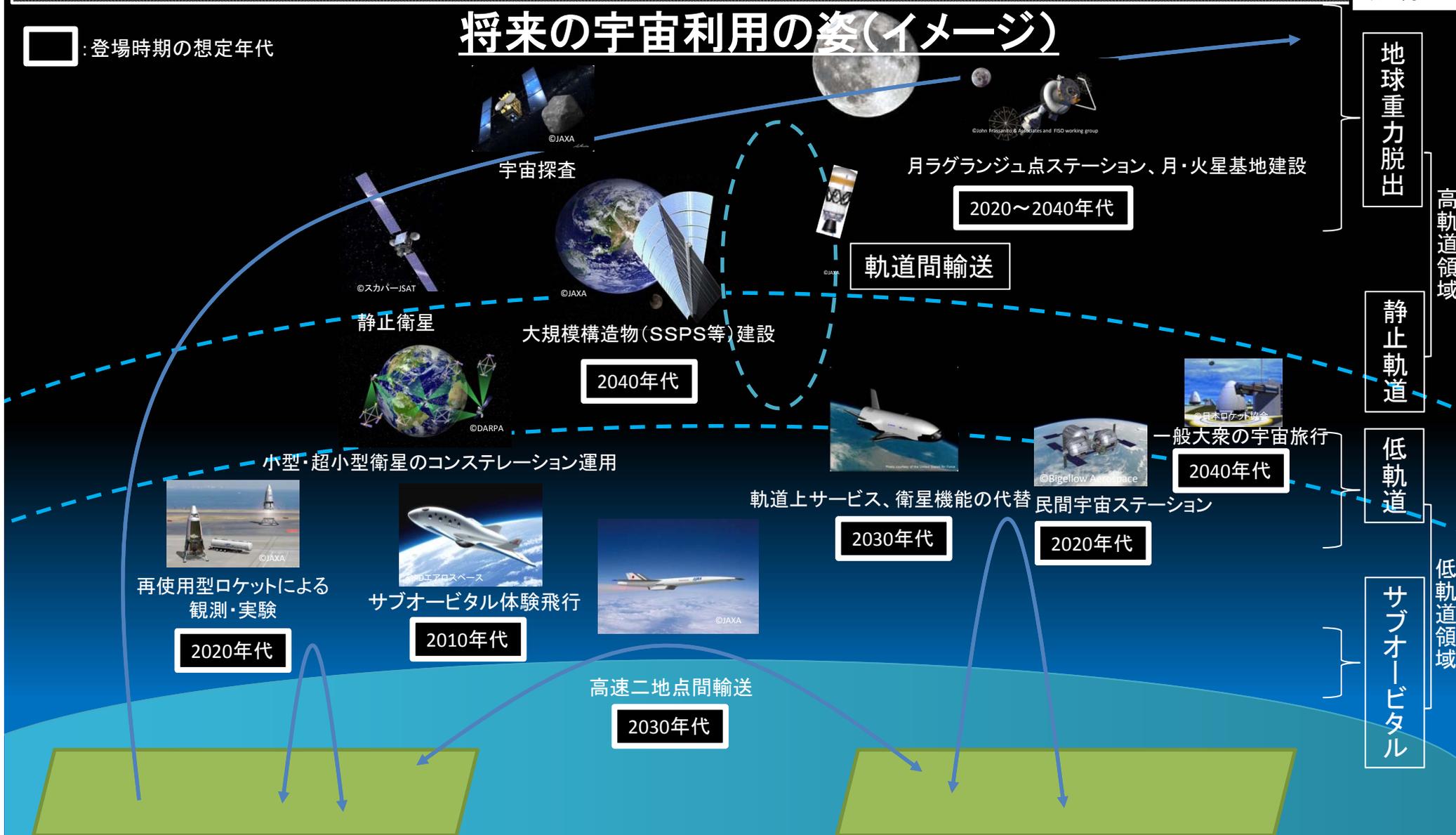
将来宇宙輸送システムの実現には、2040-2050年という将来を見据える必要があるため、現段階から、宇宙輸送分野が学生や若手の研究者・技術者から魅力的分野と認識されることが重要であり、実践機会の確保など、魅力的な環境を創出することで新しい技術にチャレンジする若い人材の確保及び育成に努めるべきである。

宇宙輸送コストの大幅な低減により、新たな宇宙利用の出現・拡大が想定。低軌道領域では宇宙体験飛行、二地点間高速輸送、民間宇宙ステーション、軌道上サービス、衛星機能の代替など。高軌道領域では大規模構造物(SSPS等)建設、月ラグランジュ点ステーション、月・火星基地など。

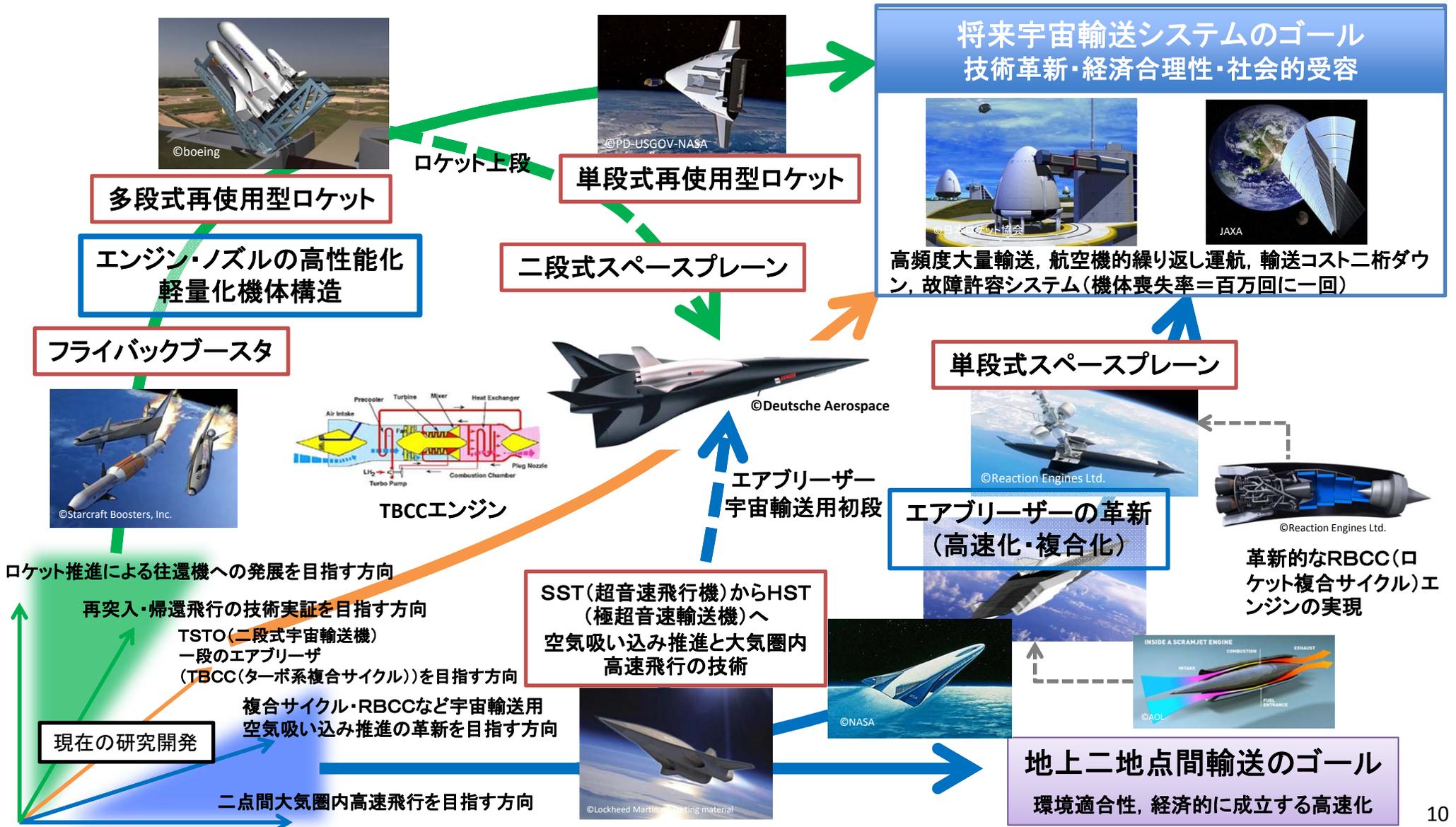
別添1

□: 登場時期の想定年代

将来の宇宙利用の姿(イメージ)



材料技術の革新による単段式再使用型ロケット、エンジン技術の革新によるエアブリージングエンジン搭載単段式スペースプレーン、両者の技術を活用した二段式スペースプレーンの3つのパスを想定。



将来宇宙輸送システムの開発プロセス

別添3

実験機を開発してシステム全体の実証や新たな研究課題の抽出を行い、その成果を要素研究にフィードバックするサイクルを確立して、研究開発を加速。その成果を順次実証機、試験機の開発へと発展させる一連のプロセスが必要。

