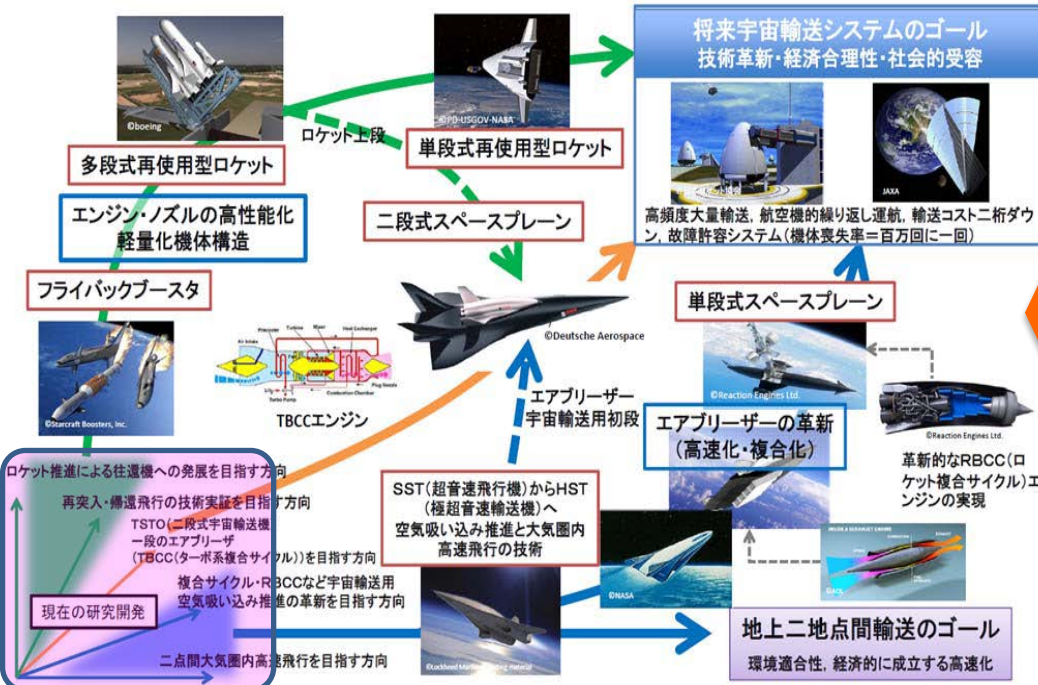


宇宙輸送システム長期ビジョン の実現に向けた検討状況

平成26年4月30日
宇宙航空研究開発機構

宇宙輸送システム長期ビジョン

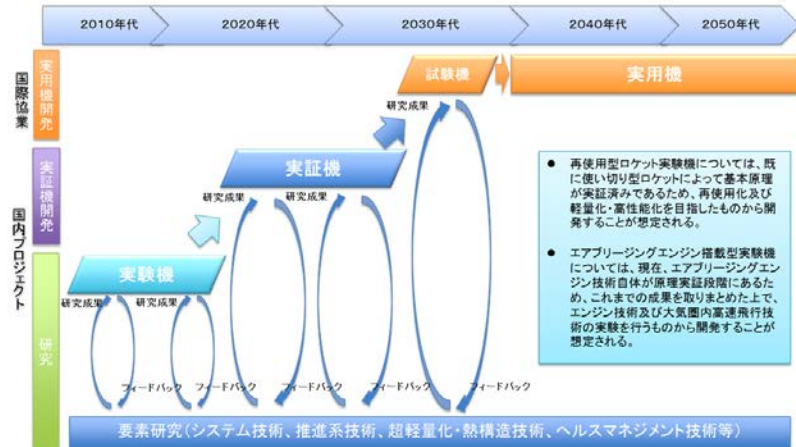
最終ゴールに至るマルチパスアプローチと段階的發展



宇宙輸送システム長期ビジョンにおける2040-50年代のゴール設定は、2桁の輸送コストダウンをもたらす輸送需要(一般大衆の宇宙旅行や太陽発電衛星の建設)の実現とこれを可能とする輸送システムの構築。そのために必要とされる技術開発のマルチパスアプローチを採るべきと提示。

軌道領域の将来宇宙輸送システムの開発プロセス

実験機を開発してシステム全体の検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。なお、実験機から実証機に移る段階、実証機から試験機に移る段階といった、適切な時期において、国際動向も踏まえつつ、4-1で述べたどのパスを選択するかという検討を行うことが適当。



ゴールに向けた段階的・スパイラル的發展と研究開発・実験機・実証機によるシステム構築アーキテクチャと要素技術の獲得。

新たな宇宙利用の姿として貯蔵・補給施設(デポ)、軌道上サービス等の軌道上インフラが想定されている。また、その実現に向け、再使用型の軌道間輸送機の開発について言及されている。

再使用型宇宙輸送システムを成立させるための 基本的な考え方



宇宙輸送システム長期ビジョンで述べられているように、2040-50年に向けて新たな宇宙開発利用の展開をもたらすためには、地上と地球周回低軌道の間の輸送について、安全性・信頼性を飛躍的に向上させ、現在の航空輸送のような高頻度大量輸送のシステムとして実現することが条件となる。これらの要件を満たすシステムは以下のような機能と性能が求められる。

1. 抜本的な低コスト化をもたらすシステム構築

再使用型宇宙輸送システムを航空輸送のように一般化するためには、現在の輸送コストを大幅に下げることが必要である。様々な検討によると、現在よりも2桁近いコストダウンにより経済活動として行う宇宙輸送事業が成立するとされており、新たな宇宙輸送需要の創出と事業規模の飛躍的拡大を生み出すことが可能であると言われている。現在ではコストダウンを実現するために様々な機体形態や推進システムの提案がなされているが、今後は飛行実証活動を通して再使用型宇宙輸送システムが広く世の中に認知され、それに伴い新たに出現するマーケットの要求に見合う形でシステムを構築し、再使用型宇宙輸送システムを進化させていくことが求められている。

2. 航空機並みの安全性、運用性の確保

現在の使い切り型ロケットに代表される宇宙輸送システムを、航空輸送のような高頻度繰り返し飛行を行うシステムに転換する際には、事故率を現在のロケットの100回に一回以上から100万回に一回以下の安全信頼性の高いものに転換することが必須で、これは、有人かつ大量高頻度の宇宙輸送を、社会的に受容されるシステムにするための条件である。航空機のような故障許容による安全性・信頼性確保の方法を宇宙輸送機に適用したシステムを構築することが求められている。

宇宙輸送システム長期ビジョンの実現に向けたJAXA における検討状況

1. 地上と低軌道を結ぶ再使用型宇宙輸送システム実現の方針

宇宙輸送システム長期ビジョン(平成26年4月3日宇宙政策委員会)で示された将来宇宙輸送システムを実現するために必要な研究開発計画の立案を目指し、検討を進めている。

宇宙輸送システム長期ビジョンでは、「航空と宇宙の融合」を図り、宇宙輸送を航空輸送のような大量高頻度の宇宙輸送への転換を図るための方策として、マルチパスのアプローチを提示し、大別して「ロケットの再使用化による宇宙輸送の飛躍的低コスト化及び安全性の向上」と「航空技術の延長としてのエアブリーザ技術の獲得による大気圏内高速飛行から宇宙輸送への到達」の2つの可能性を追求することが提言されており、JAXAでもその方針に沿って研究開発活動を行うことを検討している。

2. 新たな宇宙利用の実現に向けた軌道上インフラの研究開発活動方針

宇宙輸送システム長期ビジョンを踏まえ、JAXAとしては、次世代の宇宙利用拡大のために、近地球宇宙空間(高軌道領域を含む)に構築すべき軌道上インフラ(軌道上サービス・軌道間輸送・軌道上ステーションにおける補給・緊急時対応等の観点で構築すべきインフラ)が必要であると考えている。当面は最終的な目標設定、課題整理と研究計画立案を行い、その後本格的な研究フェーズに移行することを目指す。

3. 実施方法

低軌道領域及び軌道上の新たな宇宙利用に関する将来宇宙輸送システムに関して、JAXA内の複数本部・研究所におけるそれぞれの研究活動の多様性を保ちつつ、JAXAとして一元化されたマネジメントの下に上記1. 2. を実行する体制を検討する。将来のシステム構築に必要な重要要素技術の研究を進めると同時に、1. の将来宇宙輸送システムについては、システムレベルで実践的に取り組む実験機飛行プロジェクトを立案し実行することを目指す。また、2. の軌道上インフラの研究開発活動については、現在の関連する技術レベルを飛行実証レベルに高めるために研究課題の重点化を行い、研究計画の立案を目指す。

宇宙輸送システム長期ビジョンの実行方針案

地上と低軌道を結ぶ再使用型宇宙輸送システム 実現の方針

新たな宇宙利用の実現に向 けた軌道上インフラの研究開 発活動方針



将来型の輸送システム実 現のための要素技術研究

将来の再使用輸送システム構築に本質的に必要な多様な要素技術の成熟を図る。日本が優位な技術分野を伸ばしつつ実験機計画と連動し、プロジェクト化に向けたレディネスを高めることを目指す。

推進性能の向上や機体の超軽量化などをもたらす研究課題の追求と同時に、高頻度・繰り返し運用のアーキテクチャを現実のものにするための、運用性や再使用性及び経済性の追求。故障許容などに必要な技術の成熟を図る。



ロケットの再使用化と航 空機的運用技術の確立

単段式も視野に入れたロケットの性能向上、及び帰還飛行の機能による航空機的使用形態の確立や故障許容による安全・信頼性担保のための機能付与を目指す。

実験機は弾道飛行を行い繰り返し飛行運用により再使用アーキテクチャの確立に資すること及び、再使用化のベネフィットを実証するレベルの高いシステムとする。



エアブリーザ研究と 実験機構想の立案

航空機的大気圏内高速飛行から、フライバックブースタや往還機などの宇宙輸送機への発展、及び長距離高速2点間飛行への発展を目指したシステム構築のための実証実験活動を目指す。

実験機は、空気吸い込み式推進及び高速大気圏内飛行を行い、フライバックブースタや2点間飛行、さらには単段式往還機など次の発展の礎となるようなシステムとする。

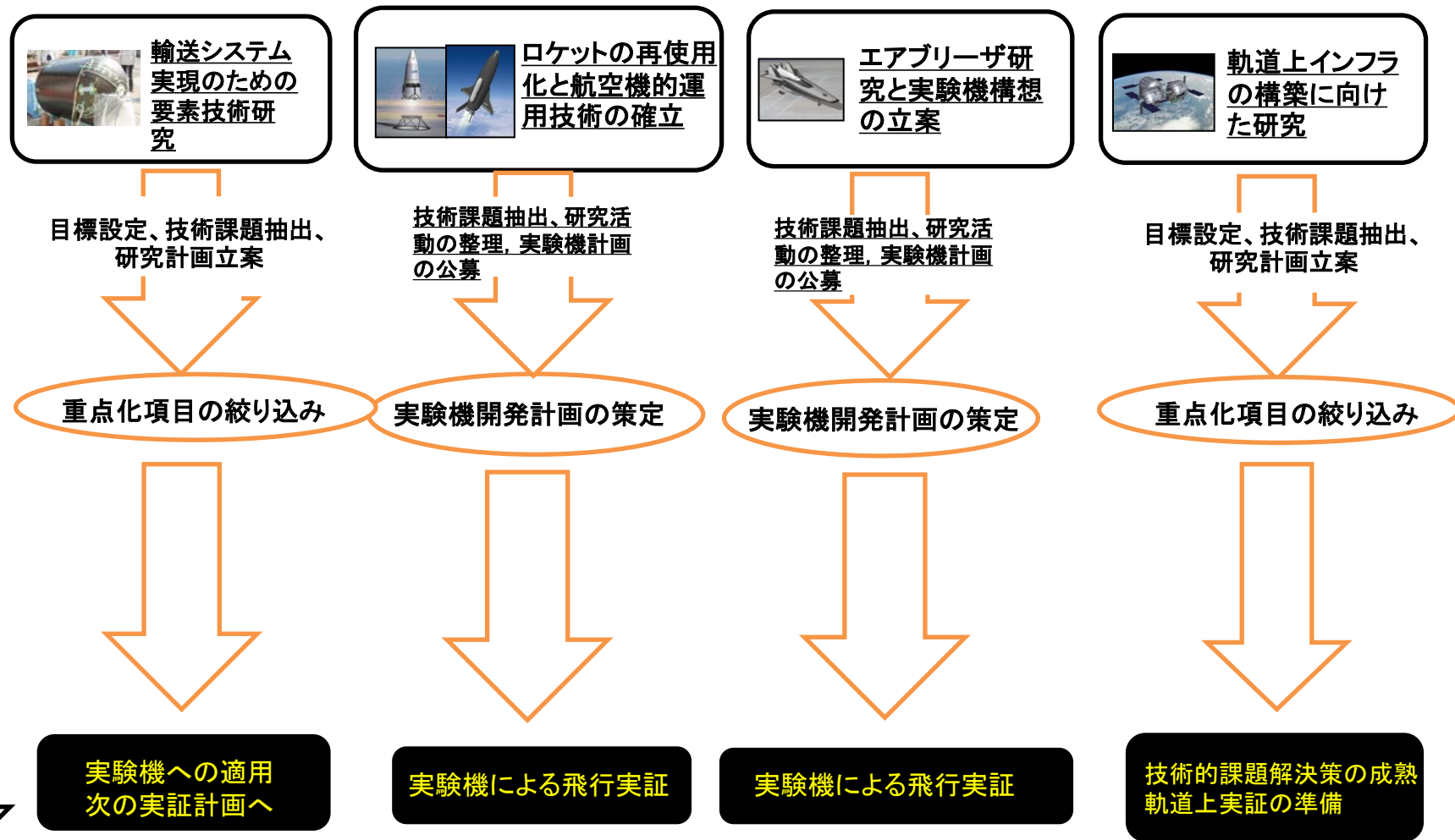


軌道上インフラの構築 に向けた研究

2040-50年代の宇宙利用や宇宙活動を想定し、軌道上エレメントの再使用化並びに補給や修理を可能とする。持続的運用のための軌道上インフラの実現、及びこれを可能とする軌道上の輸送の体系を構築するための研究を目指す。

技術成熟度を飛行実証レベルに高めるための研究活動を行う。そのために必要な研究課題の重点化を行ったうえで研究計画を立案することとする。

プログラム実行スキームの概略案



地上と低地球周回軌道間の往復のための再使用型宇宙輸送システム構築のために本質的に必要な、推進系技術、超軽量化・熱構造技術、故障許容・ヘルスマネジメント技術等を中心的課題とする。マルチパスアプローチのどのシステム形態や推進システムの採用によっても、共通的かつ普遍的に必要な技術課題の追求を優先して目指す（近地球高軌道領域のインフラ構築に必要な要素技術については軌道上インフラの研究開発活動の中と位置付ける）。

実験機への適用と実証を目指して、宇宙開発利用分野における研究成果のみならず航空分野、エネルギー分野、地上の輸送分野、さらには安全保障分野など宇宙以外の活動における研究開発との連携を促進し、日本が優位な技術分野を伸ばすと同時にシステムレベルの実証を強く意識した要素技術研究活動を実施することを目指す。

システム技術

- ①高頻度繰り返し運航のシステム技術
- ②故障許容安全設計技術
- ③超軽量化、推進系の高性能化によるシステム構築
- ④耐空性、有人化など安全基準の確立

超軽量化技術と極低温・超高音構造の一体設計技術

- ①ナノマテリアル技術
- ②複合材構造設計の高度化技術
- ③再生冷却構造等の冷・熱構造の一体設計技術
- ④高温強度の高い複合材技術
- ⑤耐熱素材技術を用いた熱構造の革新技術

推進系

- ①ロケットエンジン
 - # 寿命管理設計、フェールセーフなシステム技術
 - # 性能向上、軽量化、高度補償ノズルなどの新技術
- ②エアブリージングエンジン
 - # 超音速燃焼、熱交換器、インテーク技術
 - # 機体統合サーマルマネジメント

ヘルスマネジメント技術

- ①推進・機体構造ヘルスマonitoring技術
- ②統合機体ヘルスマネジメント技術
- ③自律的飛行管制・飛行運用技術
- ④飛行間点検・整備・運航におけるヘルスマネジメント技術

ロケットの再使用化に向けた 研究から実験機・実証機システム形態の選択肢案

2014

～

2020～2030年代

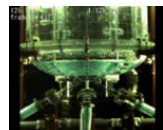
2040年以降



再使用ロケットエンジン実証



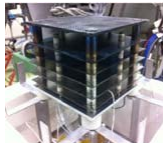
帰還飛行実証



燃料マネージメント実証



炭化水素燃料エンジン実証



熱防御実証



複合材タンク実証

実験機開発計画の策定



ステージ試験、低高度飛行試験、
射場整備、安全検討



低高度飛行試験



低高度飛行試験



離着陸場確保、宇宙港整備、
安全検討等

飛行実験



再使用観測ロケット実験機



リファレンスシステム実験機

飛行実験



実証機による
飛行試験

実用機の実現へ

技術実証の
完了

実験機開発・飛行
実験準備

実験機による
飛行実験

実証機による
飛行

エアブリーザ研究と実験機／実証機への展開の可能性（案）

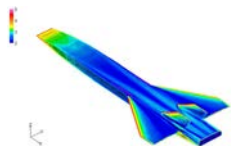


2014

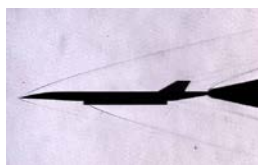
～

2020～2030年代

2040年以降



数値解析による加熱評価



風洞試験による空力評価



極超音速ターボジェット実証



スクラムジェットエンジン実証

他省庁・海外等との研究・
開発協力方針の策定

実験機開発計画の策定



飛翔体



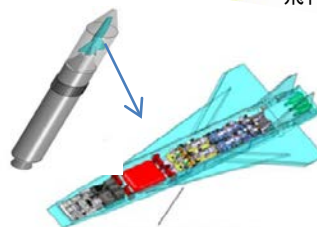
©防衛省



航空機等による簡易飛翔性能試験等
（他省庁、海外等との協力実験） サブオービタル実験機



飛行実験



HYTEX (全長: 5.6m)

外部加速による飛行試験等



燃焼器単体の実環境作動試験等



©Lockheed Martin marketing material



実証機による
飛行試験

実用機の実現へ

技術実証の完了

実験機開発・飛行
実験準備

実験機による
飛行実験

実証機による
飛行

「軌道上インフラの構築」に向けた要素技術研究候補

2014

～

2020～2030年代

2040年以降

目標設定、技術課題抽出、研究方針計画立案

重点化項目絞り込み



推進剤長期貯蔵技術実証等



ホールスラスタ技術実証等

推進系研究開発・技術実証

軌道上の貯蔵・中継技術及びその他関連技術

技術的な目途付完了。軌道上実証。サービス方針の絞り込み

衛星に対する軌道上サービス（案）

静止大型プラットフォーム

静止大型プラットフォーム構築に向けた輸送系の研究開発・実証

近地球高軌道領域のインフラ構築に必要な要素技術

推進系

①化学推進系

- #燃料のアクティブ蒸発抑制システム技術開発
- #液化メタン燃料推進系の小型化、長寿命化技術

②電気推進系

- #ホールスラスタの大電力化、長寿命化、低コスト化技術
- #DCアークジェットの大電力化、長寿命化技術
- #MPDアークジェットの実証及び長寿命化技術

③その他推進系

- #原子力推進の要素技術

軌道上の貯蔵・中継技術及びその他関連技術

- ①排熱制御技術（放熱パネル、冷却器稼働用電源技術等）
- ②極低温燃料貯蔵技術
- ③航法・測位・誘導の革新・高度化技術



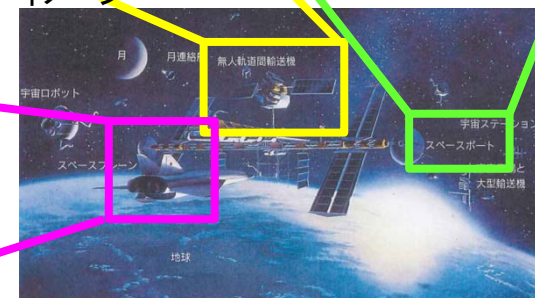
軌道間輸送機 (OTV) イメージ



軌道上燃料貯蔵 (CPST) イメージ



大電力電気推進 イメージ



近地球高軌道領域のインフラ構築イメージ