

ロケットの再使用化技術の世界動向と JAXAの取組

令和7年(2025)年7月4日

国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構 研究開発部門

理事 稲場 典康

CALLISTOプロジェクトマネージャ 石本 真二

はじめに	...	1
再使用化技術の世界動向	...	2
再使用化技術に関するJAXAの取組	...	3
システムレベルの再使用化技術検証(RV-X、CALLISTO)	...	8

はじめに

打上げコストの低減や有人サブオービタル飛行等を目的として世界的にロケットの再使用化に関する技術開発が進められている。本日は、再使用化技術に関する世界の動向及びJAXAにおける研究開発の取り組み状況について報告する。

ロケットの再使用化技術の世界動向

[米国SpaceX社]

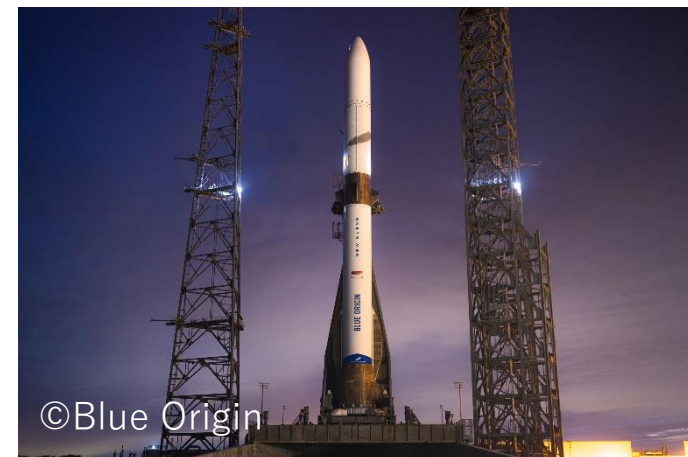
- Falcon 9による安定した運用を継続中
 - 2024年1年で132回の打上げを実施(Falcon Heavyは含まず)した。なお、新造した第1段の打上げは5機である。
 - 2025年3月4日時点で、第1段の再使用回数を26回まで延ばしている。
- 技術開発の中心は、Starship/Super Heavyに移行しているものと思われる。

[米国Blue Origin社]

- New Glennの初回打上げを2025年1月16日に実施
- 打上げおよび第2段の軌道投入に成功したが、第1段の回収船への着陸は失敗

[中国LandSpace社]

- 2024年9月11日、「朱雀3号(Zhuque-3)」実験機により、エンジン再着火を含む高度10kmの垂直離着陸に成功
- エンジンには液体酸素/メタンを推進薬とする推力80トン級
- 誘導制御技術等の詳細な技術レベルは不明だが、着実に飛行試験を積み重ねている。



New Glenn初号機:再使用1段は、ストレークと呼ばれる縦長の翼を備えている



LandSpace社の実験機

宇宙基本計画(令和5年6月13日閣議決定)

2. 目標と将来像 (4)宇宙活動を支える総合的基盤の強化 ii.将来像 (a)宇宙輸送

(略)次期基幹ロケットでは、機体の一部を再使用化した上で、打上げ頻度や輸送能力を向上させるとともに、打上げ価格を低減する。さらに、将来的には、産学官が連携する中で、完全再使用化や有人輸送にも対応できる拡張性を持つことが期待される。また、高速二地点間輸送や宇宙旅行などを実現する新たな宇宙輸送システムを、我が国の民間事業者が中心となり開発・運用することで、新たな市場が創出されることが期待される。

4. 宇宙政策に関する具体的アプローチ (4)宇宙活動を支える総合的基盤の強化に向けた具体的アプローチ

(a) 宇宙輸送

【新たな宇宙輸送システムの構築】

将来にわたって我が国の宇宙活動の自立性を確保するため、宇宙開発利用の将来像(地球低軌道や月等における宇宙科学・探査、有人宇宙活動等)にも対応する次期基幹ロケットの開発に向けた取組を進める。そのため、産学官の連携の下、JAXAが中心となり、輸送能力の大型化・再使用化・低コスト化などに必要な次世代の宇宙輸送技術の研究開発に取り組む。

高速二地点間輸送や宇宙旅行のような、中長期的に大きな市場が期待される分野についても、取組を主導する民間事業者における開発・事業化を促進するため、国・JAXAと民間事業者が連携し、次期基幹ロケットの開発に向けた取組と連携した形で、海外の開発動向も踏まえ、有人輸送などに必要となる要素技術の開発を進める。

JAXAにおける基盤技術研究の全体像

2025年6月3日
第3回基幹ロケット開発に関する
有識者会合資料より抜粋

- 宇宙基本計画や技術戦略に示される将来の輸送ニーズの多様化等に応えるためには、以下のような新しい技術(宇宙輸送システムの運用の観点で整理した例)が必要である。
- 新技術は将来考えられる**輸送システム**(使捨て型・**再使用型**・有人輸送)に**広く有効**であることから、主にこれらの基盤的かつ技術難度の高い技術に関して研究に取り組み、技術成熟度を向上させることによって開発リスクを軽減し、将来の国内宇宙輸送システム開発における新技術導入の促進をはかる。

次世代宇宙輸送システム技術

国際的な宇宙輸送市場の動向に対応するためのシステム等に関する基盤技術研究

- 衛星搭載方式の多様化に係る技術
- **機体を再使用化するロケットのシステム**(高信頼性含む)に関する研究
- メタン推進剤を採用する機体の保安距離(爆発威力)の研究
- 有人宇宙輸送システムの要素技術に関する検討 等

技術活用可能なシステム
使捨て型、**再使用型**、有人

高性能・軽量化・低コスト化技術

国際的なロケット推進系の高性能化、帰還用燃料や着陸脚等の追加装備による構造効率低下を抑制するための基盤技術研究

- 大型低コストタンク技術(複合素材成型技術、3D積層技術)
- 大型大推力エンジン技術(メタンや水素)
- ロケット/ジェット複合エンジン技術 等

技術活用可能なシステム
使捨て型、**再使用型**、有人

高高度からの帰還技術

国内事例として少ない極超音速での帰還飛行、回収船等への定点着陸の実現に向けた基盤技術研究

- 帰還時誘導飛行制御技術(アビオニクス技術等)
- 着陸機構や洋上回収技術
- **再使用ロケット**自律飛行安全技術
- 極超音速(再突入)空力特性の予測・検証技術 等

技術活用可能なシステム
再使用型、有人

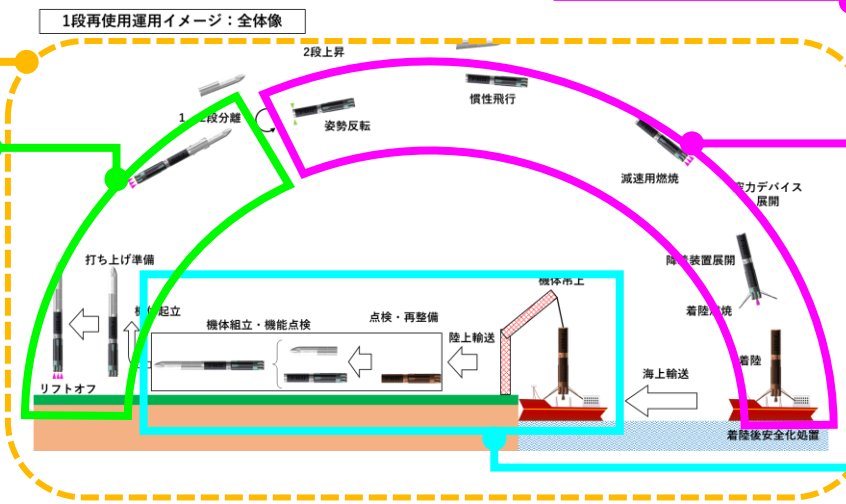
技術活用可能なシステム
使捨て型、**再使用型**

再整備効率化技術

機体回収後の再整備期間及び費用を低減するための地上系の基盤技術研究

- 機体点検・整備技術
- ヘルスマニタ技術^注 等

(注)機体の健全性の確認や故障の
予兆の検知等に関する技術



1段機体を再使用する場合の運用の例と主な基盤技術研究の関連

・ ロケット機体の一部を再使用化する場合の課題と研究事項の例

- ・ 打上の高頻度化やライフサイクルコストの低減に対し、機体の再使用化は有効な手段であるものの、日本においては技術難易度が高い新しい技術(以下、例)が多数含まれる。
- ・ 使捨て型ロケットに比べて開発リスクが大きいことから、開発着手に向けた取り組みとして**技術成熟度(TRL)の向上に向けたフロントローディング研究を推進中**。
- ・ なお、我が国では、仏・独の宇宙機関との共同プロジェクト(CALLISTO)において機体再使用に必要な技術獲得を目指すなど、要素レベルだけではなくシステムレベルの技術検証活動も実施中。

高高度からの帰還技術

ロケットの打上飛行時において、高い高度(およそ100km)で分離した1段機体を所定の場所へ着陸させ、機体を回収する技術

- ・ 帰還時誘導飛行制御技術
- ・ 着陸機構技術
- ・ 洋上回収技術※1



着陸機構の例

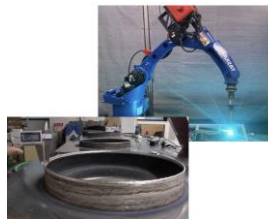


洋上回収の例
(Space-Xの例※2)

高性能・軽量化・低コスト化技術

帰還用燃料や着陸脚等の追加により機体が使捨て型より大きくなり運用性が悪くなることを回避するため、機体の小型化に資する技術

- ・ 複合素材成形技術※1
- ・ 3D積層技術※1
- ・ メタンや水素エンジン技術



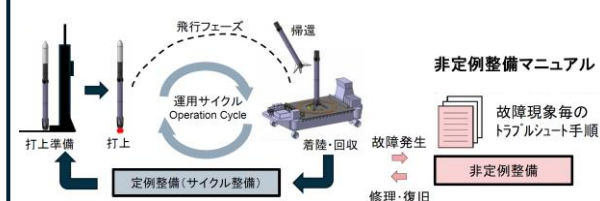
大型3D積層の例 エンジン検討の例



再整備効率化技術

回収後の機体再整備期間及び費用を低減するために長寿命化等による点検項目・回数の低減や作業の効率化に資する技術

- ・ 回収した機体の点検・整備技術
- ・ 長寿命液体エンジン技術
- ・ ヘルスモニタ技術※3



点検・再整備に関する検討の例

※2引用: <http://tokyosexpress.info/wp-content/uploads/2016/04/d8ca484b6f2350cba6e1fd72b6302d13.jpg>

※1: 技術の一部が宇宙戦略基金研究テーマとなっている事項(参考)

※3: 機体の健全性の確認や故障の予兆の検知等に関する技術

システムレベルの再使用化技術検証方式の選定の考え方(1/2)

・再使用バリエーション

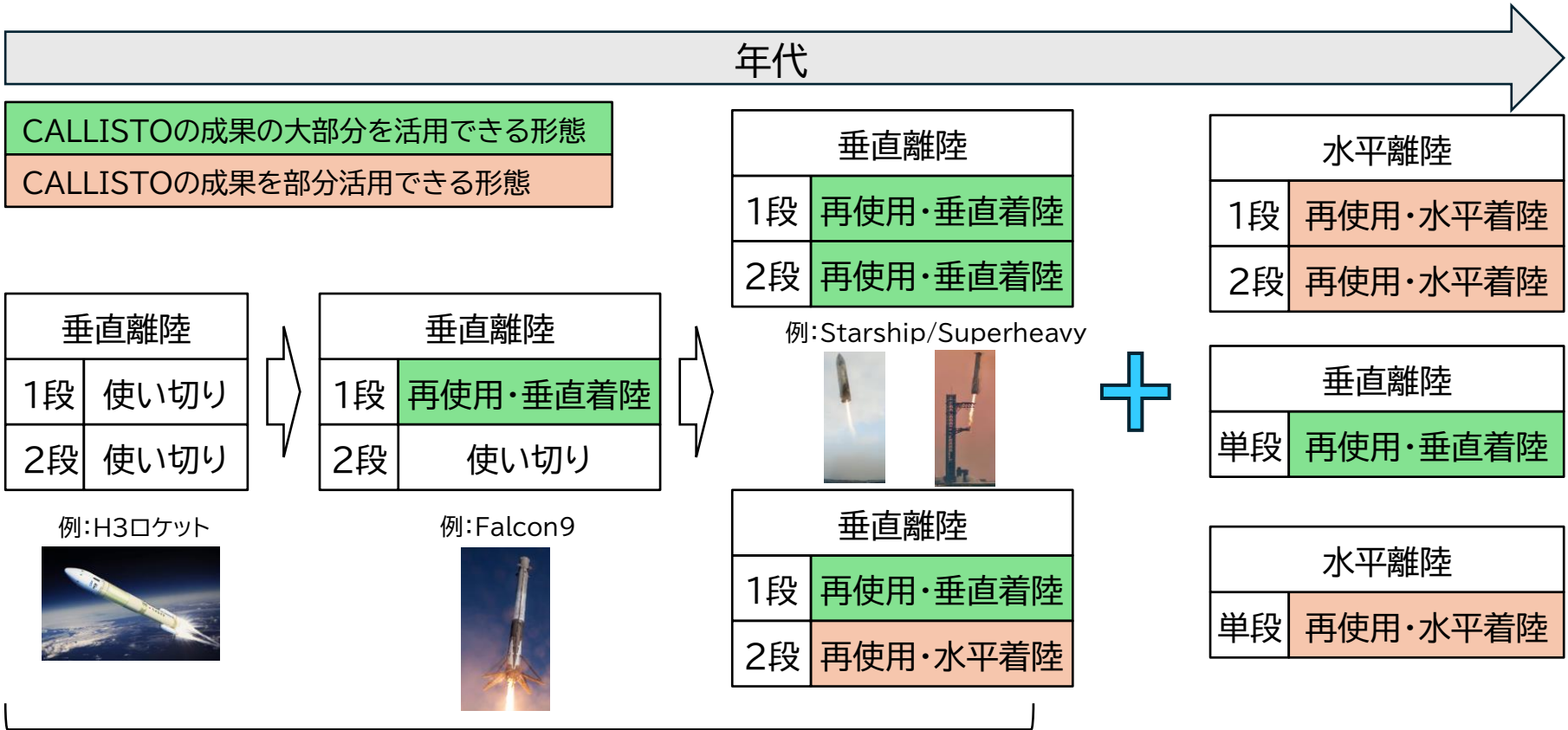
- ・再使用ロケットの着陸方式は、垂直着陸型と水平着陸型(有翼型)で大別でき、さらに減速機能と着陸機能を担うサブシステムにより、下表の4種類に分類できる
- ・近年の着陸方式はロケット基本型のみ運用機が存在し、後追い開発が盛んであるなど、諸外国の動向から、当面(少なくとも2030年代頃までは)垂直着陸型が続くものと考えられる
 - ・周回軌道に到達する水平着陸型は、過去のスペースシャトルやスペースプレーン計画の経験から、エンジン技術や構造・材料技術の革新、莫大な開発費が必要になるため、当面実運用される可能性は低い
 - ・一方、周回軌道に到達しないサブオービタル機では、近い将来でも水平着陸型が考えられる。

	垂直着陸型			水平着陸型
	ロケット基本型	ロケット発展型①	ロケット発展型②	
減速機能	エンジン	エンジン+空気力(翼)	空気力(パラシュート)	空気力(翼)
着陸機能	脚(垂直着陸)	地上設備によるキャッチ(垂直着陸)	海上 or ヘリコプター	タイヤ(水平着陸)
機体の例	Falcon9/Heavy 1段 New Glenn 1段(構想) Zhuque-3 (構想)	Starship (上段) /Superheavy (1段) (Starshipは構想)	Electron 1段(1回のみ) Vulcan 1段エンジン部(構想)	スペースシャトル(退役)

・垂直着陸型実験機による取得技術の活用可能性

- ・当面想定される再使用システムの大部分に対して、RV-XとCALLISTOの成果が活用できる(次頁)
- ・垂直着陸型ではRV-XとCALLISTOで取得する大部分の技術を活用でき、将来的に水平着陸型の開発においても、部分活用が期待される。

想定される再使用システムの進化の過程



システムレベルの再使用化技術検証(実験機)の状況

2025年6月3日
第3回基幹ロケット開発に関する有識者会合資料より抜粋

- ・ JAXAでは、再使用型輸送システムに共通的に必要となる技術のうち、**システムレベルのキー技術について、2段階の飛行実験(RV-X、CALLISTO)により、データ蓄積と技術成熟度の向上を目指す**とともに、再使用による経済的な効果を評価する計画を進めている。
- ・ 「革新的将来輸送システムロードマップ」では、RV-X/CALLISTOは次期基幹ロケット実現に向け、低コスト化実現の重要な技術開発と位置付けられている。

先行としてRV-Xを実施し、地上燃焼試験などで取得したデータをCALLISTOの設計に反映し、技術的リスクを低減

RV-X(飛行実験フェーズ1)

計画概要

- ・ 2025年度に飛行試験を予定
- ・ 日本単独の研究として、能代ロケット実験場で実施

目的

- ・ 再使用エンジン技術(液体酸素/液体水素)の熟成や着陸段階での誘導制御技術に関する基礎データの取得等

諸元

- ・ 全長約7.3m、直径約1.8m、質量約3.1トン



CALLISTO(飛行実験フェーズ2)

計画概要

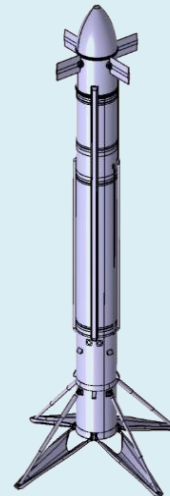
- ・ 2026年度に飛行試験開始を予定
- ・ 南米ギアナ宇宙センターで実施
- ・ 仏CNES、独DLRの3機関共同で実施し、早期かつ効率的に技術獲得
- ・ RV-Xと同型のエンジン1基を搭載

目的

- ・ 大気上層・超音速域まで飛行範囲を広げ、キー技術の実証および再使用化の経済性に関するデータを蓄積

諸元

- ・ 全長約13.5m、直径約1.1m、質量約3.6トン



【略語】RV-X : Reusable Vehicle eXperiment

CALLISTO: Cooperative Action Leading to Launcher Innovation for Stage Toss-back Operation

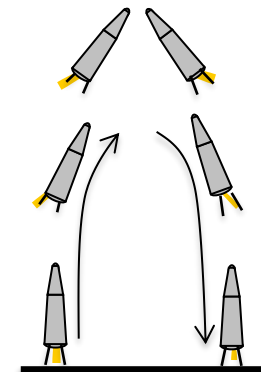
RV-Xの状況

2025年6月3日
第3回基幹ロケット開発に関する有識者会合資料より抜粋
情報を最新化

- RV-Xの進捗状況と飛行試験の予定
 - 2025年6月現在、飛行試験に向けた飛行安全確認や設計再点検を行うとともに、飛行試験前の総合燃焼試験(Captive Firing Test相当)の準備等を進めている。
 - 2025年度に飛行試験を実施予定。
- これまでに得た主な成果の例
 - キー技術
 - ① 誘導制御技術: ガスジェット及びジンバリングによる姿勢制御技術及び低高度の離着陸に必要な誘導及び推力制御技術等
 - ② 設計条件予測技術: 地表付近のエンジン燃焼による機体環境条件予測技術及び着陸時の荷重条件予測技術等
 - ③ 再使用運用技術: 着陸後の人員接近を許容する安全運用技術及び短期間での再飛行を可能とする点検・整備作業の効率化技術等
- これらの技術については飛行を伴わない運用確認試験や燃焼試験、さらにはクレーンによる機体吊り上げ試験等によって検証を重ねてきている。引き続き、地上試験と飛行試験により技術検証を進める。



RV-X外観



飛行試験



地上燃焼試験の様子



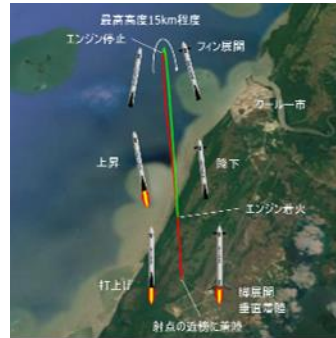
地上運用試験の様子

CALLISTOの状況(1/3)

2024年10月28日
第91回宇宙開発利用部会
資料91-4-3 より抜粋
情報を最新化

• CALLISTOの進捗状況と飛行試験の予定

- 2025年6月現在、詳細設計の終盤作業、機体および搭載機器の開発試験(右写真)等を進めている。
- 2026年度に飛行試験開始を予定。



• これまでに得た主な成果の例

• キー技術

① 誘導制御技術: **フィンの力と推力を飛行経路の制御に利用する高精度着陸制御技術**(特許取得)等

② 推進薬マネジメント技術: 表面張力を利用した**メッシュ型推進薬管理デバイス**(右中図)、スロッシングモデル等

③ ヘルスマネジメント技術: **エンジン燃焼器非破壊検査装置**(右下図)、電動・電磁バルブの故障診断技術等

- また、中間成果として、飛行試験の完了を待たずに、**設計フェーズで得た知見をモデル・ツール・データベース等**として次期基幹ロケットなど将来戦略に活かせるような形でまとめた。今後、地上試験、飛行試験により検証や反映を進める。



液体酸素タンクの試作品



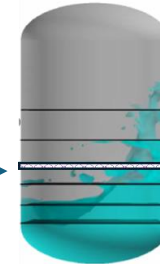
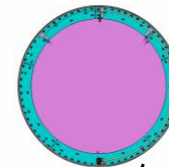
後部胴体構造の実スケールモックアップ。搭載機器の組立手順を確認



エンジンに液体酸素を送るターボポンプ(フライトモデル)。性能を確認する試験を実施中

開発試験の例

液体酸素タンク内に設置し、微小重力下で気液混合を抑制する効果を確認



メッシュがない場合、液体が飛散し、加圧ガスの温度・圧力が低下

メッシュ型推進薬管理デバイス

燃焼器内面を自動スキャンし健全性データを取得



レーザ変位計、渦電流センサ
陽電子消滅プローブ



エンジン燃焼器非破壊検査装置

・計画変更(2024年11月)の概要

- システム設計や開発試験を進める中で、帰還環境に耐えるための設計変更や追加評価が必要となり、サクセスクリテリア(成功基準)、開発費および開発スケジュールを見直した。

項目	プロジェクト移行時点	変更結果	変更理由
サクセスクリテリア (一部)	空力減速時に遷音速域を通過する	空力減速時にマッハ数0.8以上の遷音速飛行を行う。	帰還環境に耐える熱防護材の追加や構造の補強などに伴って機体の質量が増加したため飛行可能領域を見直す対策を行ったが、引き続き高度15km程度で、誘導制御技術や推進薬マネジメント技術を実証する意義の高い飛行が可能である。
開発スケジュール	2024年度に飛行試験を開始 (工程表は2023年12月改訂時に、国際パートナーとの調整結果により、2025年度へ更新済)	2026年度に飛行試験を開始	脚展開時の荷重評価やエンジン排気を考慮した機内温度環境評価など再使用システム特有かつ3機関にまたがる課題を識別し、追加の設計解析ループを回すとともに再使用性を確実に保証するための地上試験を追加したため、開発スケジュールを見直した。この見直しで十分な技術蓄積を行うこととした。

・審査結果

- 審査項目に沿って議論が行われ(次ページ)、プロジェクト計画変更およびプロジェクト継続は妥当と判断された。
- 主な審査項目
 - 計画変更の内容が、ミッションの意義・価値等に与える影響に照らして妥当であること
 - 変更に至った要因分析とそれに基づくプロジェクト計画変更内容の妥当性
 - プロジェクトの継続可否について

- 計画変更の概要(続き)
 - 主な議論:外部評価も踏まえ、以下の議論が行われた。

観点	内容
ミッションの意義・価値	<ul style="list-style-type: none">➤ 飛行試験での取得データはマッハ数0.8付近に限られるものの、その影響は限定的であり、<u>ミッションの意義・価値は保たれていることが確認された。</u>➤ ギアナ宇宙センターを実験場として利用できるメリット(国内では安全性の観点で飛行高度に厳しい制約)は依然大きく、<u>再使用化技術の獲得の観点で意義が保たれていることが確認された。</u>
その他	<ul style="list-style-type: none">➤ CALLISTOで獲得する成果のうち、CNES、DLRの知財を含む部分についての国内展開(次期基幹ロケット等への適用や民間事業による活用等)にあたって制約が出ないかとの議論があり、<u>CNES、DLRと必要に応じて適切に協議を行うことで、各種データや知財が活用できることが確認された。</u>

- ミッションの意義・価値について

飛行範囲の縮小があるが、その影響は限定的であり、米国企業/中国が急速に垂直離着陸方式の技術獲得を進めている近況を踏まえると、再使用化技術の低コスト化/高頻度化の見極めに向けた技術獲得を行う本プロジェクトの意義は高まっている。

また、スケジュール遅延があるものの、成果を具体的なツール・モデル等の技術資産として残す計画であり、中間成果の展開を始めており、将来の官民のロケットの検討・開発に活用できるものとなっている。

- 国際パートナーであるCNES/DLRも、本計画変更があるものの欧州の輸送ロードマップにおける意義・価値が保たれていると考えている
- 中間成果のうち、脚モデルについて、複数の企業・大学などから引き合いがあり、JAXA知財としてプログラム登録後に提供した実績がある。

研究開発成果の活用先と今後の主な取組

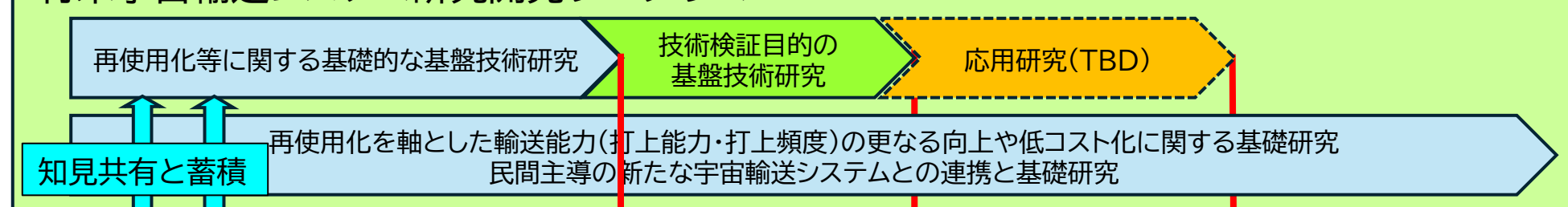
2025年6月3日
第3回基幹ロケット開発に関する有識者会合資料より抜粋

- 飛行実証(RV-XやCALLISTO)で得られる知見の共有と蓄積を図りつつ、技術検証目的の基盤技術研究を推進し、再使用化を軸とした機体の実用化の判断に必要な技術の見通し、ライフサイクルコストの低減や高頻度打上への有効性等を評価していく。

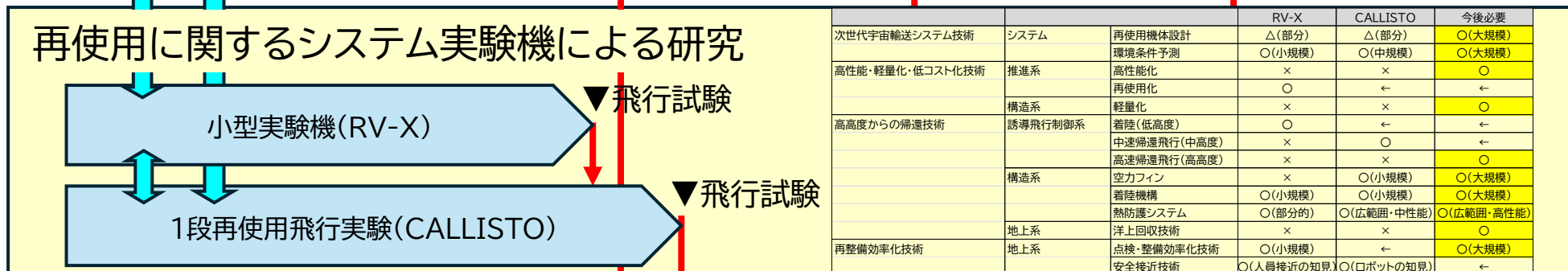
2025年

2030年代

将来宇宙輸送システム研究開発プログラム

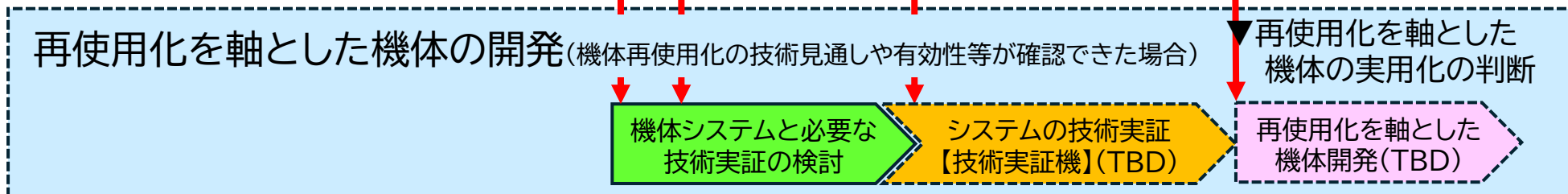


再使用に関するシステム実験機による研究



再使用化を軸とした機体の開発(機体再使用化の技術見通しや有効性等が確認できた場合)

再使用化を軸とした機体の実用化の判断



参考資料

技術検証目的の基盤技術研究に関する補足説明など

- 本研究開発プログラムにおける基盤技術研究を、技術成熟度TRLとの対応を含めて、以下の通り5つの段階に区分している。
- 現在まで**基礎的な基盤技術研究**(フェーズ1)を主に実施してきたところ、一部の事項については次の**技術検証目的の基盤技術研究**(フェーズ2)へ移行する時期に来ている。

フェーズ	技術開発段階	各段階の概念	TRLとの対応
1	基礎的な基盤技術研究	<ul style="list-style-type: none">機体内の物理現象や原理の理解<ul style="list-style-type: none">技術及びそれを構成する物理構造・理論の解明技術を支える素材特性等の理解	1 ~ 2
2	技術検証目的の基盤技術研究	<ul style="list-style-type: none">特定の技術分野の土台となる知識・技術の整備<ul style="list-style-type: none">技術の理論的な裏付けの検討評価手法や試験手法の確立素材や構成要素の性能データの収集モデルやシミュレーション環境の検証技術は、実用化を視野に入れつつも、幅広い応用の可能性を持つ	3 ~ 4 (BBM)
3	応用研究	<ul style="list-style-type: none">製品やサービスの開発に向けて基盤技術の応用方法を固める	5 (EM)
4	開発	<ul style="list-style-type: none">実際の製品やサービスに繋げるに向けて試作・プロトタイプを開発	6 (PFM)
5	技術実証	<ul style="list-style-type: none">実環境での動作の確認社会実装に向けた信頼性・安全性の検証	7 (FM)

一部の基盤技術研究のフェーズ2への移行について

2025年6月3日
第3回基幹ロケット開発に関する有識者会合資料より抜粋

- 現在まで、本研究開発プログラムでは、将来宇宙輸送技術の一つとして、ロケットの再使用化や低コスト化に向けた機体の軽量化や高性能化などについて基礎的な基盤技術研究を進めてきた。
- 基礎的な基盤技術研究の進捗・成果等を踏まえると、一部の研究について次の検証目的の研究に進む段階にきており、特に、環境条件が特殊で、既計画の飛行実証(RV-X、CALLISTO)では検証できない「高高度(極超音速飛行)からの帰還」に関しては基盤技術の検証の難易度が高い。このため、今後の研究活動では2030年代の基幹ロケットでの実用化の判断に資することができるように、これまでの研究に加えて「高高度(極超音速飛行)からの帰還」等に関する技術検証目的の基盤技術研究(フェーズ2)へ移行する。
- なお、この技術検証には、民間単独での実施が難しく高いコストを要する極超音速環境等での試験が必要であり、JAXAにおけるこれらの基盤技術獲得は、国内企業への技術供与等によって、民間企業における再使用ロケットや帰還を要する有人輸送機の開発推進にも貢献すると考えられる。

			RV-X	CALLISTO	今後必要	
次世代宇宙輸送システム技術	システム	再使用機体設計	△(部分)	△(部分)	○(大規模)	地上環境での検証が可能
		環境条件予測	○(小規模)	○(中規模)	○(大規模)	
高性能・軽量化・低コスト化技術	推進系	高性能化	×	×	○	
		再使用化	○	←	←	
	構造系	軽量化	×	×	○	
高高度からの帰還技術	誘導飛行制御系	着陸(低高度)	○	←	←	
		中速帰還飛行(中高度)	×	○	←	
		高速帰還飛行(高高度)	×	×	○	極超音速環境での検証が必要
	構造系	空力フィン	×	○(小規模)	○(大規模)	
		着陸機構	○(小規模)	○(小規模)	○(大規模)	
		熱防護システム	○(部分的)	○(広範囲・中性能)	○(広範囲・高性能)	
	地上系	洋上回収技術	×	×	○	地上環境での検証が可能
再整備効率化技術	地上系	点検・整備効率化技術	○(小規模)	←	○(大規模)	
		安全接近技術	○(人員接近の知見)	○(ロボットの知見)	←	

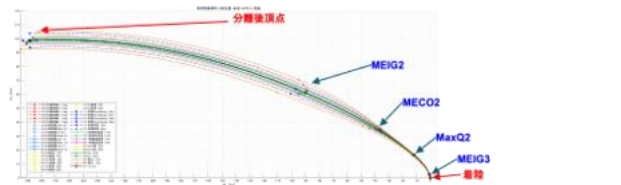
高高度(極超音速飛行)からの帰還に関する基盤技術研究の例

2025年6月3日
第3回基幹ロケット開発に関する有識者会合資料より抜粋

- 高高度(極超音速飛行)からの帰還に関する基盤技術研究の例を以下に示す。
- 環境条件が特殊で、既計画の飛行実証(RV-X、CALLISTO)では検証できない事項であり、特に検証段階(フェーズ2)に移行することが必要な基盤技術研究である。

帰還時の誘導飛行制御技術

高高度からの帰還時において、機体の姿勢、空力フィンやエンジン逆噴射によって、逆噴射用推進剤を最小としつつ、飛行経路や速度を制御して目標地点への定点着陸を実現。



帰還時の経路誤差を踏まえた誘導制御シミュレーションの結果の例

形状・運用
要求



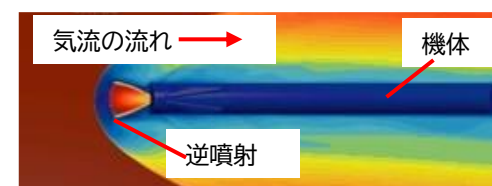
機体特性

極超音速環境での機体空力特性やエンジン逆噴射時の特性の予測・検証技術

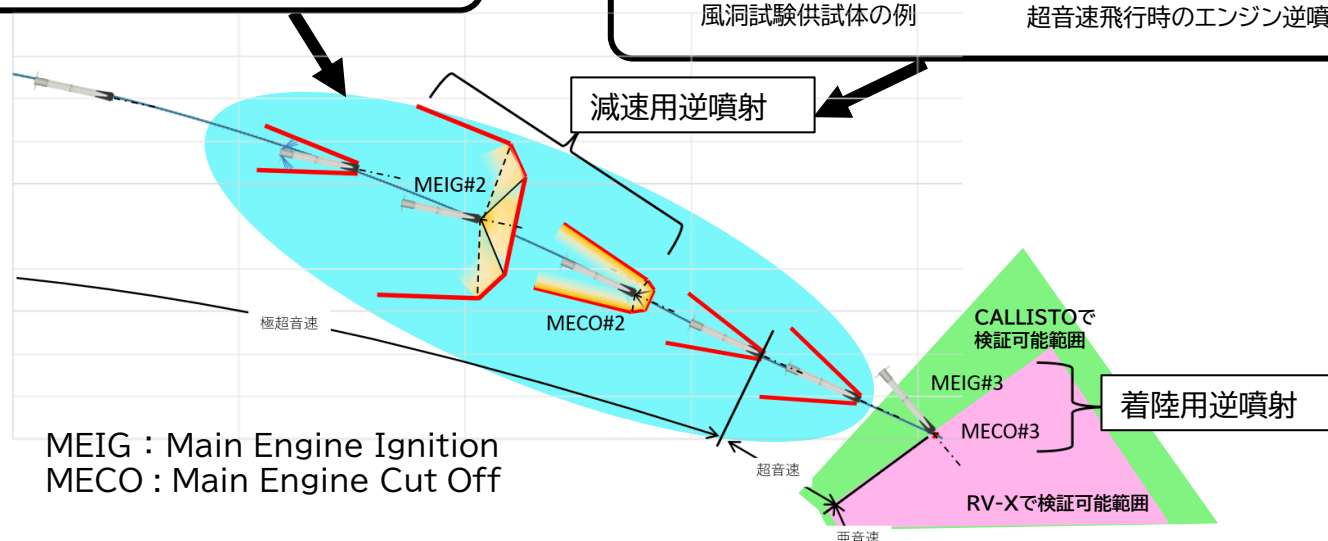
極超音速環境における、空力制御用の機器(空力フィン)の効果を加味した機体空力特性や、エンジン逆噴射時の機体空力特性の変化や機体への入熱評価などを予測・検証し、機体システム検討に反映。



風洞試験供試体の例



超音速飛行時のエンジン逆噴射シミュレーションの結果の例

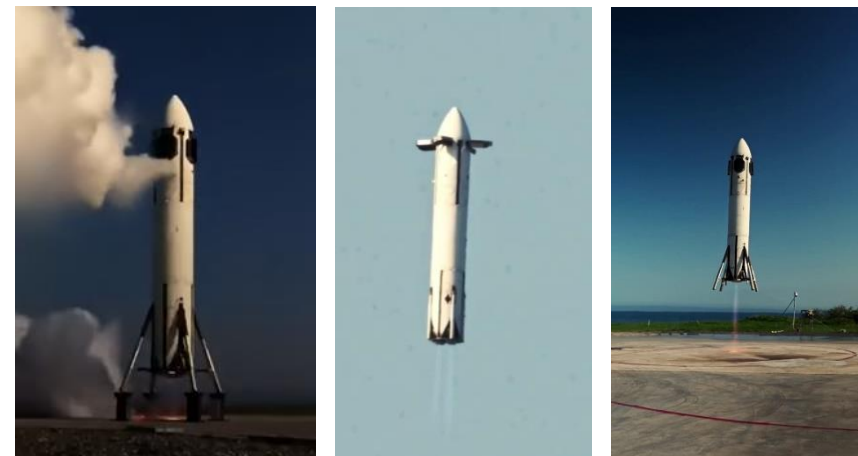


MEIG : Main Engine Ignition
MECO : Main Engine Cut Off

高高度からの帰還の概念の例と飛行実証(RV-X、CALLISTO)との関係

[HONDA]

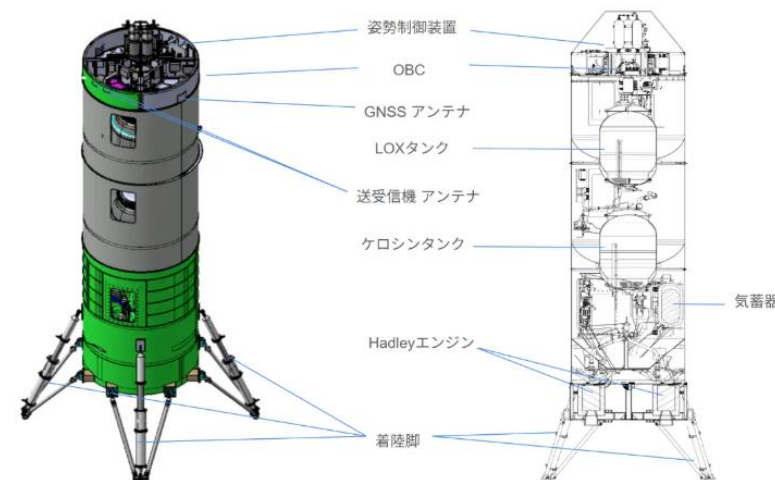
- 2025年6月17日に飛行実験を実施
 - ・ サイズ:全長6.3m、直径0.85m
 - ・ 質量:Dry約0.9ton、WET約1.312t
 - ・ エンジン:メタンエンジン×2基
 - ・ 実験場所:北海道大樹町。ホンダの専用実験施設
 - ・ 飛行高度271.4m、着地誤差37cm、飛行時間56.6秒
 - ・ 着陸脚:オイルダンパー方式



離陸時(煙道無) 飛行中(フィン有。脚格納) 着陸時

[将来宇宙輸送システム]

- 2025年内に、アメリカでの「ASCA 1(アスカ ワン)ミッション」を計画
 - ・ 垂直離着陸型宇宙ロケットの打上げ・着陸実験
 - ・ アメリカでの打上げ試験
 - ・ 高度0.1km以上まで機体を上昇させ、着陸目標地へ誤差5m範囲内に着陸することを目指す
 - ・ Hadleyエンジン ×2基(アメリカ・Ursa Major Technologies社製)



ASCA1.0 概要図