

新たな宇宙輸送システムの確立に向けた 民間動向と重点技術について

Space Liner Initiative



Space Liner Association

<https://spaceliner.jp>

2024年10月28日

宇宙旅客輸送推進協議会

本日の説明の背景

○ 宇宙旅客輸送推進協議会(SLA)は、輸送関係者有志の集まりから始まり、現在まで民間事業者をはじめとするコミュニティのみなさんとの交流や対話を通じ、新たな輸送サービスや、宇宙往還輸送から将来の有人輸送機の実現に向け、さまざまな国の支援施策や、技術戦略などについて提言を行なってきた。

○ これまでSLAは、SLA会員のみならず、民間事業者の方々等との交流・対話から得られた民間の研究開発動向や事業構想、実行状況、今後に向けた意見等を取りまとめてきた。

○ 本日は、これらの活動の進展状況を受け、宇宙技術戦略のローリングに向けて、また、民間事業者の方々等へのより良い支援へとつなげるために、取り組みが望まれる技術課題の重点化案、およびその他の必要施策などについて紹介させていただきたい。

1. 宇宙旅客輸送推進協議会 (SLA) について
2. 世界の宇宙輸送の状況と日本の現状
3. 輸送のマーケット展望 = 2040年代のゴールへ向けて
 - 3-1. 衛星及びロケット打上げの現状と今後
 - 3-2. 宇宙ステーションへの補給と有人輸送
 - 3-3. 民間による有人飛行ビジネス (サブオービタル飛行と軌道周回飛行)
 - 3-4. 2040年代の有人輸送ビジネスのゴールとマーケット
4. 日本の宇宙輸送系スタートアップの構想と計画
5. 民間主導の宇宙輸送の革新のための技術課題の抽出と重点化
6. 結言

1. 宇宙旅客輸送推進協議会(SLA)について

● SLAの設立目的

民間主導による革新的な有人宇宙輸送システムにより、抜本的な低コスト化と宇宙旅客輸送の体系を構築し、サブオービタルの往還・有人飛行、宇宙空間経由の高速二地点間旅客輸送および一般大衆の宇宙旅行など、将来の桁違いに大きなマーケットポテンシャルのある事業を行う環境を作ることを目指して、2021年に設立。

● 活動概要

従来型の国中心の宇宙活動から民間主導による宇宙活動への転換を促進
国と民間事業者との関係、新たな役割分担の構築への貢献
新しい宇宙輸送体系を、我が国の基幹産業へと発展させるエコシステムの構築

民間主導の輸送の革新のためのSLAの役割と事業者・国の役割

SLA

スタートアップ・民間事業者

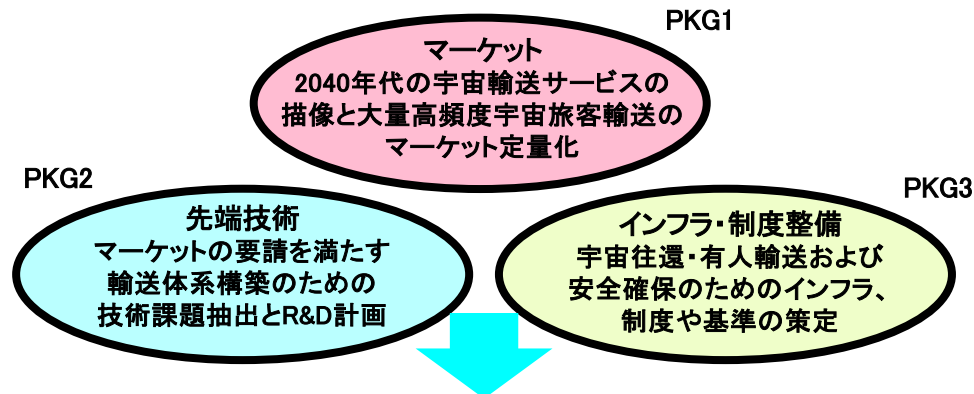
2040年代の宇宙活動の描像と
マーケットの具体化・定量化
マーケットの要請から決められる
研究課題抽出とゴール設定
国の支援スキーム作り・環境整備
世の中への発信とムーブメント醸成

実行企業体を組織・運営
資金調達
国との連携体制と支援獲得
民間宇宙輸送事業実施・利益創出
イノベーションを生み出す

期待される国の役割

| | | | |
|---|--|---|-------------------------------------|
| 国の研究資金投入 による研究開発支援 知財の共有・活用 スキーム | 事業化支援と国による アンカーテナンシー SBIRなど資金支援 スキームの構築 | 有人宇宙輸送と 高頻度運航の 基準や法制度・国の 許認可制度整備 | 産業政策への 位置づけと インフラ整備 税制支援など |
|---|--|---|-------------------------------------|

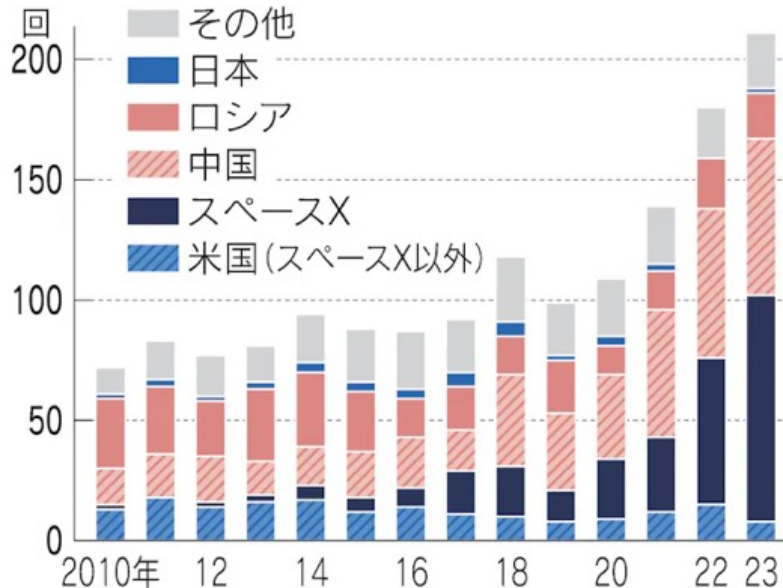
SLAの活動概要



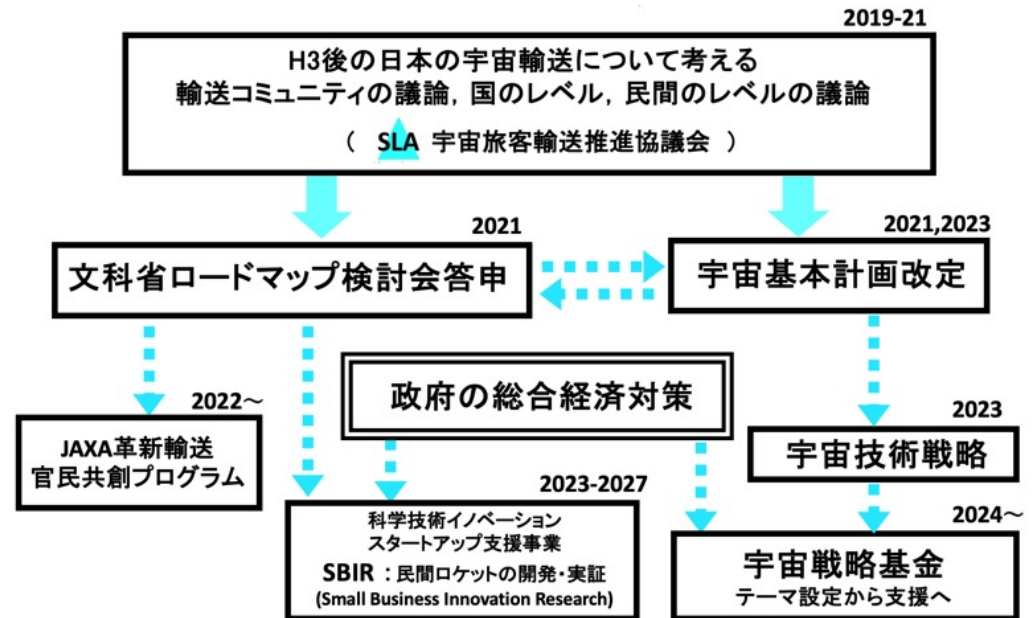
目標を共有する民間事業実行ボディと連携し、
民間主導の輸送の革新のための環境整備と国の支援策の具体化
国と民間の新しい関係と、エコシステムの構築

2. 世界の宇宙輸送の状況と日本の現状

- 世界の衛星打上げ用ロケット機数は2020年頃から倍増し、米SpaceXをはじめとする民間事業者による打上げ市場支配の構図が作られ、有人輸送も担う状況となっている。
- 一方、日本の基幹ロケットは性能面では世界レベルではあるものの、製造や打上設備等の制約により打上げ機数は少なく、世界の衛星打上げ市場での存在感は小さい。
- この状況に対し、我が国の宇宙活動の自立性・競争力を確保すべく、SBIRや宇宙戦略基金の創設、宇宙技術戦略が策定され、2030年初頭には年30機の打ち上げを目指すことも明記された。
- 宇宙輸送システムは宇宙活動全般の自立性確保のための基盤であることから、戦略的な技術開発と事業開発による我が国宇宙輸送事業の競争力強化が必要である。



世界の衛星打ち上げロケットの機数



宇宙輸送の将来に向け実行中の施策の状況

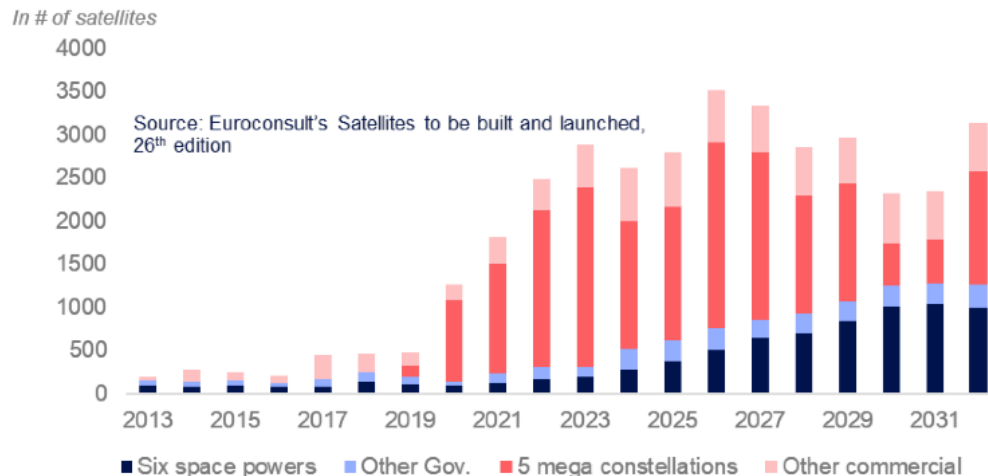
3. 輸送のマーケット展望 = 2040年代のゴールへ向けて

3-1. 衛星及びロケット打上げの現状と今後

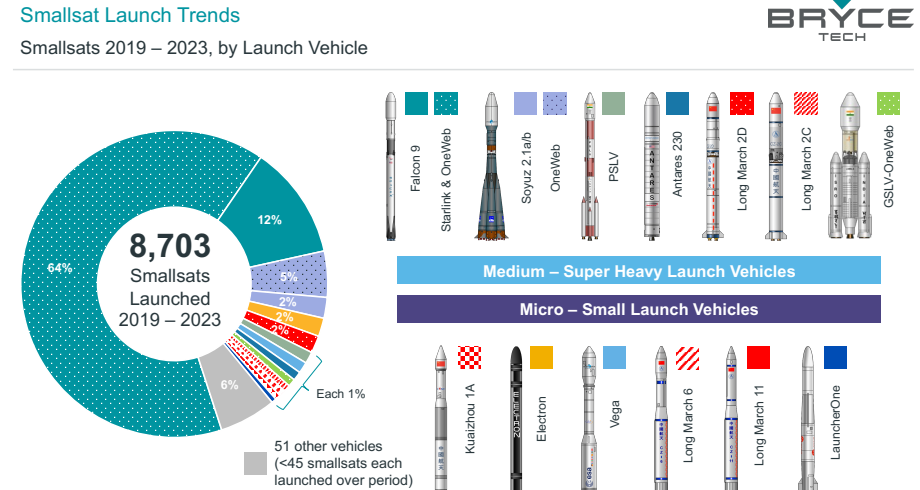
- 現在の打上げ輸送市場では、StarlinkやOneWeb等の大規模通信コンステレーションによる200～800kg級の衛星が大半を占める。ロケットベースでの衛星打上げ数(2019-2023)は、SpaceXのFalcon9が3/4で1位を占め、2位がウクライナ情勢で利用減少中であるもののSoyuz、次いでRocket Labsや中印のロケットが続く。特に中国の打上げが増加傾向。
- その他の民間輸送系スタートアップは、本格的な事業まで時間を要すると想定される。
- 我が国の輸送系は「その他」として扱われている。

衛星打上げ機数

A forecast of 28,700 satellites for a total market of \$588 billion over the next 10 years



ロケット別打上げ数(2019-2023)



Smallsats by the Numbers 2024 : BRYCE Techより

3. 輸送のマーケット展望 = 2040年代のゴールへ向けて

3-2. 宇宙ステーションへの補給と有人輸送

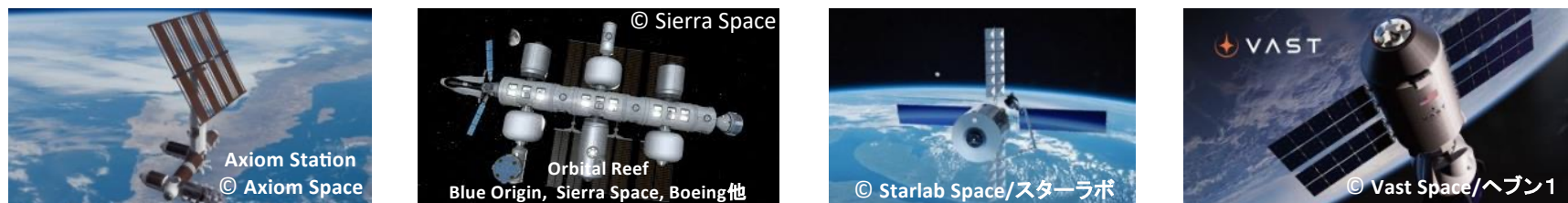
ISSへの貨物輸送と有人輸送:

- 米国ではスペースシャトル退役後、NASAの商業有人輸送の開発支援計画等により、民間主導によるISSへの貨物・有人輸送機の開発・運用の推進が図られた。
- Dragon 2、Crew Dragonが実績を重ね、StarlinerやDream Chaser等の開発も進んでいる。日本ではアルテミス計画での月への輸送に向けた議論(HTV-X等)が進んでいる。



民間事業による地球周回軌道ステーションの時代(2030年代)へ:

- ISS運用終了後の2030年代には、民間ステーションが運用の中心で、補給や有人輸送含む軌道上の有人活動を民間事業が担う状況となる。NASAは2021年11月にCommercial LEO Destination(CLD)支援計画としてこの動きを加速し、日本企業もポストISSの軌道上活動として参画を計画している。
- 軌道上施設への輸送にFalcon9やNew Glenn等のロケット、Crew Dragon、Starliner、Dream Chaserによる有人往還飛行が行われると期待されている。



*Dream Chaserを国際間の民間宇宙輸送の手段として用い、日本(大分空港)への着陸・輸送を行う構想も議論される。海外輸送機の日本への着陸および日本からの飛行に備え、有人対応や安全の基準および許認可の制度整備の必要もあると考えられる。

3. 輸送のマーケット展望 = 2040年代のゴールへ向けて

3-3. 民間による有人飛行ビジネス(サブオービタル飛行と軌道周回飛行)

サブオービタル有人飛行機会提供ビジネス

Virgin Galactic Spaceship III

スペースシップワンの2004年Xプライズ獲得から、バージン社のスペースシップII/IIIに引き継がれ、2024年6月までに7回の商業宇宙飛行(高度80km以上)を実施。



©Virgin Galactic

Blue Origin New Shepard

垂直着陸ブースタと帰還カプセルパラシュート緩降下型のシステム。2024年8月までに8回の有人サブオービタル飛行(無人と合わせて26回)を実施している。



©Blue Origin

クルードラゴンを用いた民間の宇宙旅行ビジネス

クルードラゴンによる民間人の宇宙飛行のビジネスが開始されている。搭乗費は一人50-80億円(推定)。2021年9月に、民間人だけの宇宙飛行「Inspiration4」を実施。次のポラリス計画では最大3回の有人飛行ミッションを行う計画で、2024年9月の最初のミッション「Polaris Dawn」は、極軌道有人飛行と民間初の船外活動を実施。



©SpaceX

スターシップの開発と構想(SpaceX)

地球周回軌道に1回の打上げで100人の有人輸送を行う構想。宇宙旅行やP2P輸送ビジネスも視野に入れている。月火星への着陸にも使用。将来的には年間100回以上の打上げ、年間1万人規模の輸送事業を想定。輸送コストは現状の1/100を目指し、これが定常運航状態になると宇宙への輸送は革新的な変革がもたらされる可能性がある。



©SpaceX

3. 輸送のマーケット展望 = 2040年代のゴールへ向けて

3-4. 2040年代の有人輸送ビジネスのゴールとマーケット

- 文科省「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取りまとめ」において、2040年代に想定される宇宙事業の例として、二地点間高速輸送(P2P)や宇宙旅行等が記載された。
- 市場予測によると、事業的に成立するための輸送コストや求められる輸送単価の考察から、輸送費が一人ひとりあたり100万円の桁であれば、年間100万人という規模の輸送需要が見込まれている。
- この実現には現在の宇宙輸送に比べると桁違いの輸送規模と低コスト化および安全性が要求され、宇宙輸送技術の多くの革新が必要ではあるが、商業航空輸送の世界に近いものであり、大規模な市場が期待される。

高頻度往還型有人宇宙飛行の生み出す輸送マーケットのスタディ例

一般大衆の宇宙旅行

年間旅客数=100万人(日本国内)
切符一枚=100~200万円
ワンフライト経費=1億円. 乗客数=50人
運航=100機規模のフリートを毎日運航
年間事業規模=1.3兆円(国内)世界では10兆円規模



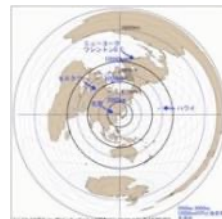
P2P: 宇宙空間経由の大陸間高速輸送

世界で10時間以上の航路の航空旅客数=1.5億人/年. この内1~10%の旅客が高速輸送を選択=年間旅客数は百万から千万人. 切符一枚ファーストクラス並み(100~200万円)とすると、年間売り上げ=1兆~20兆円規模の市場

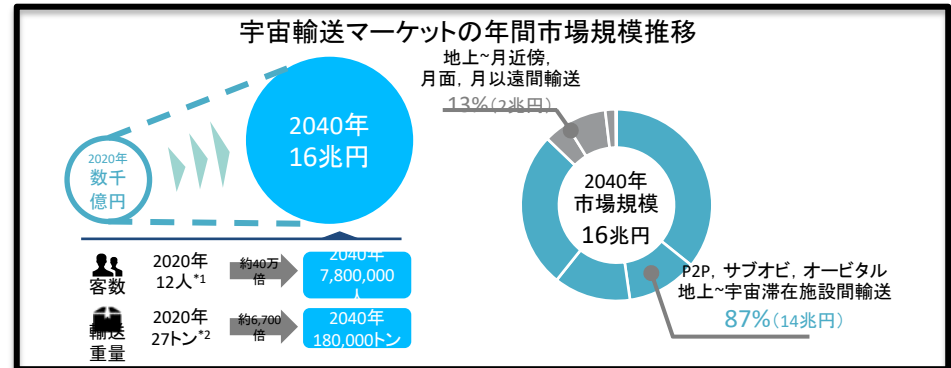
| Revenue opportunity | | Cost | | Revenue | |
|---------------------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| Share of origin | | \$1,500 | \$2,500 | \$5,000 | \$10,000 |
| 5.0% | \$12 Bln | \$20 Bln | \$41 Bln | \$61 Bln | \$81 Bln |
| 7.5% | \$18 Bln | \$31 Bln | \$61 Bln | \$92 Bln | \$122 Bln |
| 10.0% | \$24 Bln | \$41 Bln | \$81 Bln | \$122 Bln | \$163 Bln |
| 12.5% | \$31 Bln | \$51 Bln | \$102 Bln | \$153 Bln | \$204 Bln |
| 15.0% | \$37 Bln | \$61 Bln | \$122 Bln | \$183 Bln | \$244 Bln |
| 17.5% | \$43 Bln | \$71 Bln | \$142 Bln | \$214 Bln | \$285 Bln |
| 20.0% | \$49 Bln | \$81 Bln | \$163 Bln | \$244 Bln | \$326 Bln |

宇宙空間経由で
主要大都市間を
1時間で飛行

Source: UBS
<http://www.thespacereview.com/article/3680/1>



2040年代の宇宙輸送市場の定量化スタディ <https://spaceliner.jp/actions/422/>



これらの市場規模の想定旅客数と貨物量をまとめて、マーケットの要請する輸送規模(総旅客数と物資輸送量)と輸送単価(有人と資材なども含む荷物)の目標数値は以下の様に定量化される。

100万人/年オーダーの規模の旅客・貨物輸送,
1万トン/年オーダーの周回軌道向けおよび高速2地点間の物資輸送

乗客単価=100万円/人のオーダー
荷物単価=1千万円/トンのオーダー

4. 日本の宇宙輸送系スタートアップの構想と計画

- 日本の宇宙スタートアップ(SU)企業は100社以上あり、その中で輸送系SUは15社程度。
- 輸送系SUにおいては、衛星打上げ輸送サービスとその高度化、および将来的にサブオービタルから軌道往還の輸送と有人輸送の商業化を目指して開発を進めている事業者が複数存在。

日本の宇宙輸送スタートアップ

将来型輸送機＋輸送サービス

PD Aerospace
Interstellar Technologies
SpaceWalker
Innovative Space Carrier
Orbospace
Yspace

小型衛星打ち上げサービス

SpaceOne

再突入飛翔体システム

Elevation Space

ロケットエンジン開発

MJOLNIR SPACEWORKS
Rocketlink
Space Transit

洋上発射ロケット

Astro Ocean

気球による成層圏飛行

Iwaya Giken
SpaceBalloon
AstroX Inc

(SPACETIDE Compass 2024から再構成。衛星推進系などは除く)

- これらの民間主導の事業開発には、射場等のインフラの整備、ロケット製造に係るサプライチェーンの強化やアンカーテナンシーなどの国支援の充実が望まれおり、事業実現に向けては、再使用往還飛行や有人飛行に対する技術課題の重点的取り組みに加え、安全基準や許認可の仕組み、国際間のルールメイクなど、これまで日本において取り組んだことのない制度整備や施策が必要となる。

4. 日本の宇宙輸送系スタートアップの構想と計画

- 輸送SUの2040年代までの事業構想は、使い捨てロケットまたはサブオービタル飛行による打上げ輸送サービスから開始し、再使用往還飛行、次いで有人飛行へとフェーズを順次進め、2020年代には開発実証活動を開始、将来の大規模事業に進めていく計画である。

民間主導の輸送の進化・・・段階的発展の概念と事業規模感や必要な施策



4. 日本の宇宙輸送系スタートアップの構想と計画

- 日本の宇宙輸送系スタートアップは、2020年代後半から30年代初頭にかけて、往還飛行とその次の有人輸送への取り組みが始められる構想や計画を有している状況。
- 往還から有人へと進む次の展開に向けては、技術実証から事業実現に向けて必要な技術課題を抽出し、宇宙技術戦略における重点化や、宇宙戦略基金におけるテーマ設定等による支援の加速が望まれる。



2024

航空機的帰還水平着陸・再使用

2026

2028

2030

2032

サブオービタル有人飛行へ



使い捨てロケットによる衛星打ち上げサービス

第1段再使用へ発展の構想



垂直打ち上げ帰還水平着陸・再使用

サブオービタル有人飛行へ

SPACE ONE

使い捨てロケットによる衛星打ち上げサービスとその高度化



垂直打ち上げ第1段帰還再使用垂直着陸

有人宇宙飛行へと発展の構想

5. 民間主導の宇宙輸送の革新のための技術課題の抽出と重点化

- 3項および4項で述べた2040年代の輸送マーケット創出への段階的発展と、輸送の分野で高い競争力を持つために、取り組みが必要な技術課題を以下の5つの分野に整理。
- これらは大規模宇宙輸送事業を行う未来の乗り物として、性能面のみならず高頻度運航や安全性の意味で、格段に高いレベルが要求されるものであり、この抽出された課題を米国の先行者との差別化や競争力の源泉と捉え、戦略的に日本の勝ち技を追求することが重要。

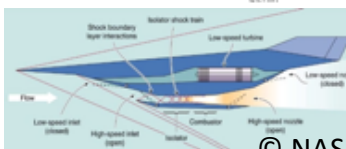
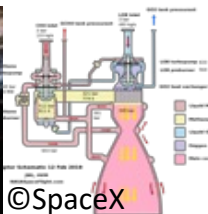
推進系の高度化

ロケット推進の高度化

高圧フルフロー化
2段燃焼複合推進
高推重比化

エアブリーザの進化

推進系対応のシステム構築



© NASA

軽量構造材料

機体の複合材化

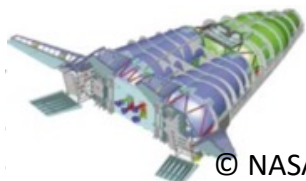
ホットストラクチャ

極低温複合材タンク

再使用タンク断熱技術

AMなど製造方法の革新

材料技術の進化



© NASA



© NASA

再突入帰還飛行

旅客輸送の再突入システム

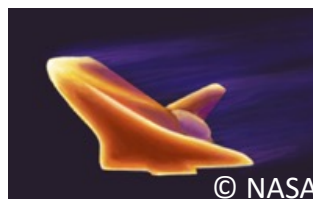
耐熱材料・構造の軽量化と耐

久性、整備性の向上

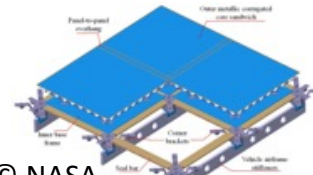
極超音速再突入帰還飛行高

頻度再突入運航技術

試験設備の整備



© NASA



© NASA

再使用高頻度運航

寿命管理設計と点検整備

ヘルスマニタ・予兆整備

再使用運航とターンアラウンド性

極低温推進剤の地上運用

荒天耐性・定時運航

環境負荷への配慮



有人輸送の技術

インタクトアボートのシステム

高頻度往還型

有人輸送機の安全基準

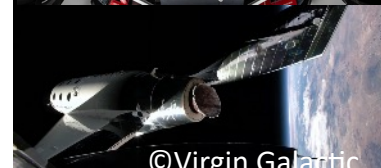
故障許容設計と耐空性

有人輸送の社会の

受容と必要な制度整備



© SpaceX



© Virgin Galactic

：現在の時点で重点化して取り組むべき技術課題をさらに抽出

5. 民間主導の宇宙輸送の革新のための技術課題の抽出と重点化

重点化のロジック

前頁で述べた2040年代に向けた技術課題の中から、段階的に輸送サービスから再使用往還およびその次の有人輸送へと進むことを前提に、現在の時点で重点的に取り組むべき課題を以下の3つの観点で抽出。

【抽出観点】 ※抽出した個々の技術課題の理由と内容は参考資料を参照

1. 海外の先行する民間の状況を意識し、中長期で世界での日本の競争力と勝ち技が繰り出せるテーマ
2. 2020年代のうちに試験的な再使用往還や有人輸送への取り組みを行うために必要な技術課題
3. 高度な推進系や新たな材料開発など取り組みに長時間を要する課題

<重点化課題の概要と技術獲得によって達成されるアウトカムや輸送機の機能>

1. 推進系の高度化

* ロケットエンジンの性能・機能の向上 / * 空気吸い込み式エンジンの先端研究

抽出観点=1、3

課題: 海外の先端的エンジンは急速に進化しており、我が国においても競争力の高いユニークな方式のエンジン形式を目指すことが必須。

アウトカム: これらのエンジンの高性能化、高推重比化、大気中の酸素の利用などによって、宇宙輸送を使い捨てから再使用へ、さらに地上と宇宙の間の高頻度大量運航のできる輸送機へ転換が図られる。性能向上による機体のコンパクト化と航空機的な運航性の獲得に直結。



2. 軽量構造材料・製造法技術への取り組み

* 機体構造の複合材化技術 /

* 製造加工技術の革新と新材料

抽出観点=1、2、3

課題: 輸送機システムの性能や繰り返し飛行の運航性の向上、および軽量化

アウトカム: 構造材料技術(金属材料から複合材機体構造への転換、極低温推進剤タンクの複合材化など)、AM造形技術などの積極採用によって機体の軽量化と優れた運航性をもたらすコンパクト化が図られる。また、機体や推進系の一体製造による信頼度向上や長寿命化は、将来の有人輸送の安全のための装備の搭載を可能とし、推進系の高度化と併せ、最終的には単段式往還機など、航空機的な運航が可能な宇宙輸送機を実現する。

5. 民間主導の宇宙輸送の革新のための技術課題の抽出と重点化

<重点化課題の概要と技術獲得によって達成されるアウトカムや輸送機の機能(続き)>



©NASA

3. 再突入帰還飛行の技術課題

* 再使用型の耐熱材料(TPS)

抽出観点=1、3

課題: 現状の熱防護システム(TPS)は、飛行環境や再使用運用に対する脆弱性から、寿命や運用性に課題。
アウトカム: 日本の高度な材料技術や試験設備などを含めた評価や解析技術を活かす研究開発によって、これらの脆弱性や運航性の課題を解決することで、海外に先んじて将来の高頻度大量運行を行う輸送機の実現につながる。

4. 再使用高頻度運航のためのシステム技術・運用技術

* 繰り返し運用の寿命管理設計/再使用運航のターンアラウンド

抽出観点=1、3

課題: 高頻度再使用型のシステムにおいては、寿命の保証、繰り返し利用できる健全性の確認、異常の検知などがシステムとして成立させるための重要な課題。

アウトカム: 上記課題解決に必要な先行的なシステムアーキテクチャの検討と設計開発を行うことにより、航空機的な機体・エンジンの寿命管理設計と短時間で次の飛行を実現するクイックターンアラウンドのシステムが構築され、競争力の高い再使用型輸送機が実現できる。

5. 有人輸送の技術課題と安全基準

* インタクトアボート

抽出観点=1、2

課題: 輸送機設計において、異常や故障を定義し、飛行フェイズ毎での安全を確保システムを構築することが必須。

アウトカム: この機能により、本格的な有人輸送事業を行うに際して必要なシステムを構築できる。そのためには、まず試験的な飛行を行う有人輸送機のインタクトアボート機能の設計や開発する必要がある。

※ インタクトアボート: 再使用型の有人輸送機で、飛行中の一定の範囲の異常や故障に際し、輸送機システムの故障許容性や帰還システムにより、搭乗員の安全を確保し、機体を失うことなく帰還させる機能

* 有人安全にかかる設計基準

抽出観点=1、2

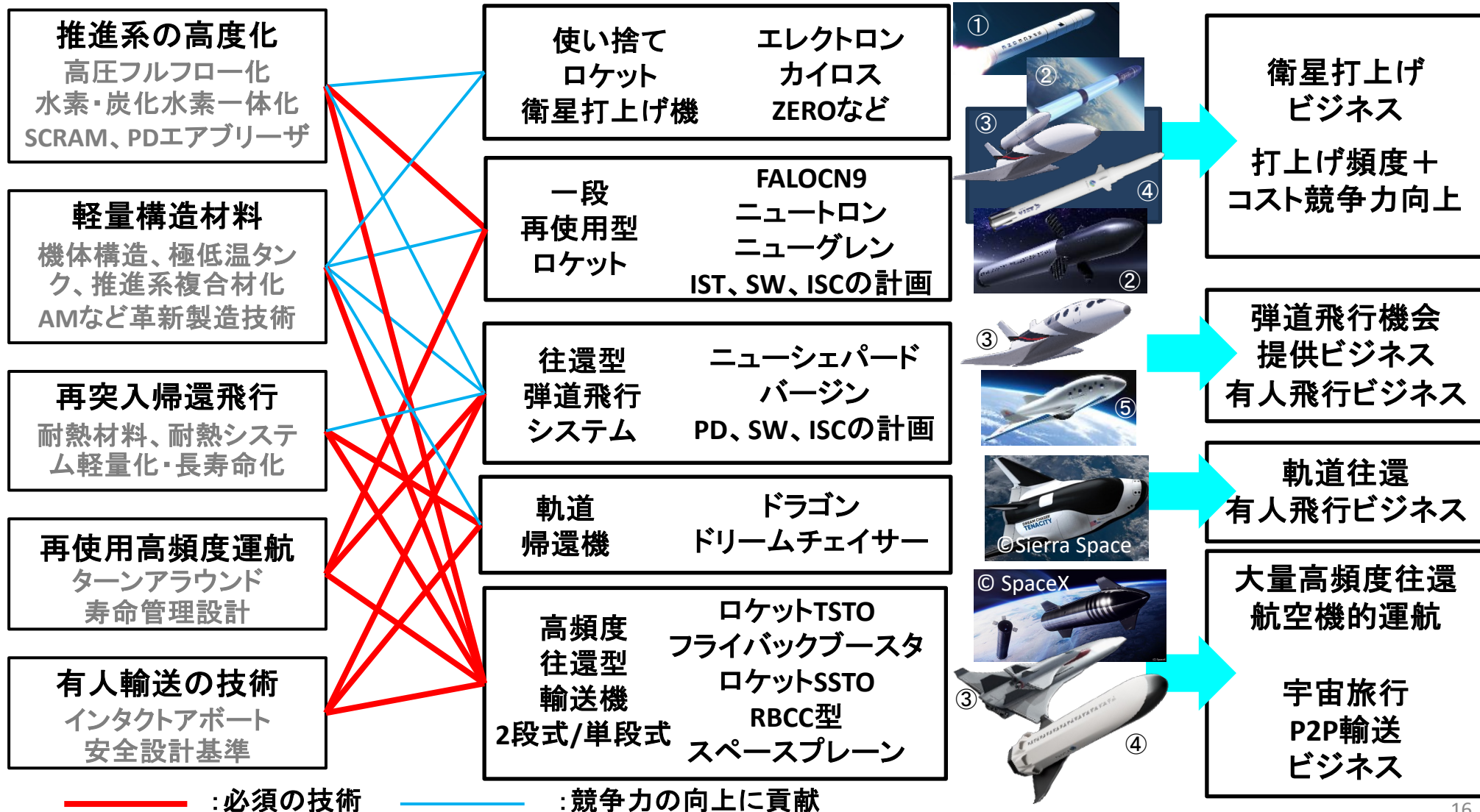
課題: 有人輸送機では、ルール(基準)に従って設計を行い、これを満たすことで飛行の認可がされる仕組みが必要とされる。

アウトカム: 有人輸送機の設計・開発を行う際には、技術的なベースに立脚した基準の策定が必要であり、日本においても、民間事業者が有人輸送機の設計開発の前提条件となる。先行する米国などにおいても基準や制度整備はその途上であり、早期の着手は国際基準のイニシアティブをとることが可能とする。



5. 民間主導の宇宙輸送の革新のための技術課題の抽出と重点化

ここで重点化した技術課題が、どのようなシステムの実現性や性能の向上および競争力の強化に繋が
り、これによって実現する輸送機と輸送サービスが実行できるビジネスとの結びつきを以下に示す。



6. 結言

本資料の要約

1. 今後、宇宙輸送事業は、民間による商業化が加速され、2020-30年代も市場が拡大、2040年代に向けて往還・有人輸送による桁違いの規模の輸送市場の創出が期待される。
2. 宇宙輸送システムの2040年代に向けた我が国のポジショニングを戦略的に定めるべき。
3. 日本の輸送スタートアップの段階的発展構想は、2020年代のうちに、往還飛行等の技術実証が進み、その後有人宇宙輸送実現に向けた事業開発が進む見込み。
4. これらの民間主導の活動が推進されるために獲得すべき技術を、長期のゴールに向けて整理し、現在から早期に重点化して取り組むべき課題として抽出。



提案1: 上記4の課題群について、宇宙技術戦略上での重点化と宇宙戦略基金テーマ設定等における高いレベルでの位置づけが急務。

提案2: 未来志向で真にイノベーションを起こし我が国の競争力向上に繋がる活動に対して、宇宙戦略基金など、タイムリーかつ適切な規模での支援施策の継続的な実施が重要。

提案3: 技術開発のみならず、制度整備や種々の事業開発支援体制構築などの環境整備も、民間主導で我が国の宇宙輸送システムの競争力・優位性を高めるために重要。また、有人輸送など新たな活動には世の中の認知(機運の醸成)とサポート獲得が必須の要件。

参考資料

重点化して取り組むべき技術課題抽出の理由と内容(1/3)

1. 推進系の高度化

我が国では液体水素と固体推進は世界レベルの技術を確立した。一方民間などが前に進むスピードは極めて早く、エンジンを革新するほどのゴールを目指すこと抜きに競争力は生まれない。この観点で課題を抽出した。再使用化や寿命管理設計に関わる課題は次頁4.にて説明。

* ロケットエンジンの性能・機能の向上

フルフロー2段燃焼サイクル化などによる高圧化、高性能化と先進材料化による軽量化と高推力重量比化の追求、複合推進形式による性能向上、および性能向上と再使用性、高度な運用性、寿命管理設計手法の高度化などによる、航空機的高頻度繰り返し運航が可能なシステム構築に向けた競争力向上を目指す。

* 空気吸い込み式エンジンの先端研究

ロケットベースコンバインドサイクル(RBCC)、スクラム推進、PD推進など海外においても研究が続く状況であり、先端的な研究開発と飛行実証によって実証を行う価値のある分野である。安全保障分野の極超音速推進との関連も注視すべき。

2. 軽量構造材料・製造法技術への取り組み

素材および材料の研究開発能力は航空宇宙製造業界の川上の産業として日本の優位性を発揮できる分野である。一般に新材料の開発やその性能検証は長いリードタイムを要することから、中長期の研究開発戦略が求められる。

* 機体構造の複合材化技術

複合材一体整形技術、複合材接着接合整形技術、再突入時の耐熱の特性も考慮した機体主構造の高温構造化、メタンや水素など極低温燃料と液体酸素タンクの複合材化と酸素耐性の付与、多数回使用に耐える極低温タンク断熱、など。

* 製造加工技術の革新と新材料

最近のAM造形技術の積極採用によって、理想的構造様式や形態の実現による軽量化と、機体の耐熱や推進系の高温部分を含めた一体化製造による信頼度の向上、長寿命化と軽量化などが可能となる。推進系における耐高温高強度の複合材やCMC(セラミックス基複合材料)、酸素雰囲気耐性など革新材料の獲得も重要で、これらの課題に取り組む。

重点化して取り組むべき技術課題抽出の理由と内容(2/3)

3. 再突入帰還飛行の技術課題

日本では1990年代に再使用型の往還システム研究や惑星探査・地球帰還などで再突入システムや耐熱材料の研究が一定規模で進められ、ある種の分野についてはTRLの比較的高い状況もある。一方で、再使用型のシステムについてはその後の停滞のために技術が維持されず、試験設備も十分な整備がなされているとは言い難い。当面の課題としては次のステップの準備として軌道往還が可能な耐熱システムの構築に係る研究開発を重点化すべき。他方で再突入関連技術は安全保障の文脈での極超音速飛行技術との関連も意識すべき。

* 再使用型の耐熱材料(TPS)

スペースシャトルや日本の計画などで開発されたTPSの洗練を図り、機体先端や翼前縁の高温部から、機体底面、側面から背面へと、各種の耐熱材料、C/C、SiC複合材、セラミックタイル、可撓断熱材など各種TPS材料の耐熱性や長寿命化、軽量化および対飛行環境耐性などの洗練を図るための研究開発を推進する。そのための試験評価の設備の充実を図ることを含む。

4. 再使用高頻度運航のためのシステム技術・運用技術

2040年代に実現を目指す高頻度往還運航では極めて航空機に近い運用が求められるが、当面の実験的飛行実証の取り組みでは、その第一歩として帰還着陸飛行や繰り返し運用のための、寿命管理設計や再使用運行におけるヘルスチェックなどの技術課題への取り組みと、短いターンアラウンド時間を実現するための課題に取り組む。

* 繰り返し運用型の機体システムやエンジンの寿命管理設計とその検証

飛翔型の再使用システムを構築するにあたり、特に推進系や極低温/再突入などの熱負荷に関わる機体要素の寿命管理設計と再使用回数の仕様を満たす設計、およびシステムレベルでの試験による検証を行い、実機の設計開発への技術成熟を図る。

* 再使用運航のターンアラウンド性(短時間で再飛行ができるための方策)とヘルスマニタ

繰り返し飛行の運用を行うため、飛行後の健全性の確認や次の飛行を行うための運用手法を構築し、確実かつ可能な限り短いターンアラウンドタイムで次の飛行ができるようなシステムの構築に関する知見の蓄積と設計および試験などによる実践。

重点化して取り組むべき技術課題抽出の理由と内容(3/3)

5. 有人輸送の技術課題と安全基準

有人宇宙飛行の安全確保は、必要なアーキテクチャや安全に関わる設計の基準、リスクの定量化および許認可の制度に根拠を与えることが求められる。日本の民間による当面の実験的サブオービタル飛行実証や有人輸送機に向けては、安全に関する枠組みと設計の指針を与えることを先行させ、実行者がこれらを実践例へ適用することから始める状況を作ることが不可欠。

* 異常時の飛行計画とインタクトアボート*

有人飛行の搭乗員と地上の安全のために、異常時や故障時の飛行計画立案と機体システムの設計手法およびインタクトアボートの要求を明確化するための技術検討や試作および運用試験などを行う。飛行範囲や飛行方式などシステムの形態ごとにその内容や手法が異なることに留意して検討を行う。

* 有人安全にかかる設計基準

有人輸送の安全に関する設計基準の策定は、アボートの考え方、故障許容とシステム安全の考え方、構造系設計基準、火災時や事故時の対応と有人キャビン設計、緊急脱出の基準、など機体や地上系システムとその運用を意識して行うことが求められる。基準の策定は、リスクの定量化とその明示の上で、飛行の許認可に技術的な根拠を与えるものであり、ここで抽出する「技術課題」の一部と位置づけて議論を進めることが適切である。

* インタクトアボート＝ミッションは打ち切る(アボート)が乗員や乗客が安全に帰還できること

SLAについて(補足)

宇宙旅客輸送推進協議会の概要

名称：一般社団法人宇宙旅客輸送推進協議会（SLA）

設立：2021年5月

会員：正会員 宇宙関連企業等24社、その他賛助会員、特別会員

活動内容：

- 1) 宇宙旅客輸送事業の将来シナリオ、マーケット創出と定量化および産業政策の視点での課題抽出
- 2) 宇宙旅客輸送の実施体制や制度整備、必要な革新的技術などの課題検討と国内外の関連企業や団体等との情報交換及び調査
- 3) 民間主導による宇宙旅客輸送の事業化と研究開発の推進のための府省など国の支援の獲得
- 4) 協議会の取り組みの情報発信とおよび世の中のムーブメント醸成とサポートの獲得
- 5) その他、当法人の目的を達成するために必要な事業

宇宙旅客輸送推進協議会 会員一覧

| 正会員(団体) | |
|---------|----------------------------|
| 1 | アリアンスペース社東京事務所 |
| 2 | 有人宇宙システム株式会社 |
| 3 | 三菱電機株式会社 |
| 4 | 株式会社IHIエアロスペース |
| 5 | 宇宙技術開発株式会社 |
| 6 | 株式会社SPACE WALKER |
| 7 | 川崎重工工業株式会社 |
| 8 | 日本電気株式会社 |
| 9 | 富士通株式会社 |
| 10 | 清水建設株式会社 |
| 11 | 株式会社三菱UFJ銀行 |
| 12 | 京セラ株式会社 |
| 13 | 将来宇宙輸送システム株式会社 |
| 14 | 荏原製作所 |
| 15 | 株式会社JALUX |
| 16 | 株式会社IHI |
| 17 | INAMI Space Laboratory株式会社 |
| 18 | 株式会社日本旅行 |
| 19 | 関西電力株式会社 |
| 20 | AstroX株式会社 |
| 21 | 株式会社ラグラボ |
| 22 | 光洋機械産業株式会社 |
| 23 | 株式会社岩谷技研 |
| 24 | コーンズテクノロジー株式会社 |

| 賛助会員(団体) | |
|----------|----------------------|
| 1 | 大樹町 |
| 2 | 特定非営利活動法人有人ロケット研究会 |
| 3 | 宇宙システム開発株式会社 |
| 4 | 鹿児島県 |
| 5 | 株式会社 空気液化ロケットエンジン研究所 |
| 6 | PDエアロスペース株式会社 |
| 7 | インターステラテクノロジズ株式会社 |
| 8 | AT Forefront株式会社 |
| 9 | 株式会社ElevationSpace |



代表理事 稲谷芳文
JAXA宇宙科学研究所名誉教授。宇宙システムの研究や輸送コストを大幅に低減するための往還型輸送システムの研究活動を通じて宇宙利用の将来像について積極的な発信を行っている。



理事 小笠原宏
三菱重工業 H2,3ロケットの開発、将来輸送系研究などに従事。打上輸送サービス海外展開を担当し、宇宙輸送ビジネスの厳しさと可能性を学ぶ。2021年から東京理科大教授。



理事 中須賀真一
日本アイ・ビー・エムを経て、東京大学教授。超小型衛星、宇宙システムの知能化・自律化、革新的宇宙システム、航法誘導制御等の研究・教育に従事。政府の宇宙政策委員会委員。



理事 竹森祐樹
日本政策投資銀行にてもものづくりへの投融資業務に従事。航空機の開発などの国際共同開発で日本のポジションを向上させてきた。ベンチャーの立ちあげやJV組成などにもかかわっている。



理事 永井希依彦
戦略策定・財務分析・マーケティングに係るコンサルプロジェクトに従事。有限責任監査法人トーマツにて、ファイナンスとインダストリノウハウの融合を起点とした新規事業創造プロジェクトに従事。



理事 小宮義則
元特許庁長官。内閣府宇宙戦略室長/宇宙開発戦略推進事務局長を歴任第。3次宇宙基本計画の策定、宇宙関連二法の策定等、安全保障及び民生の両面で日本の宇宙政策を抜本的に強化した。

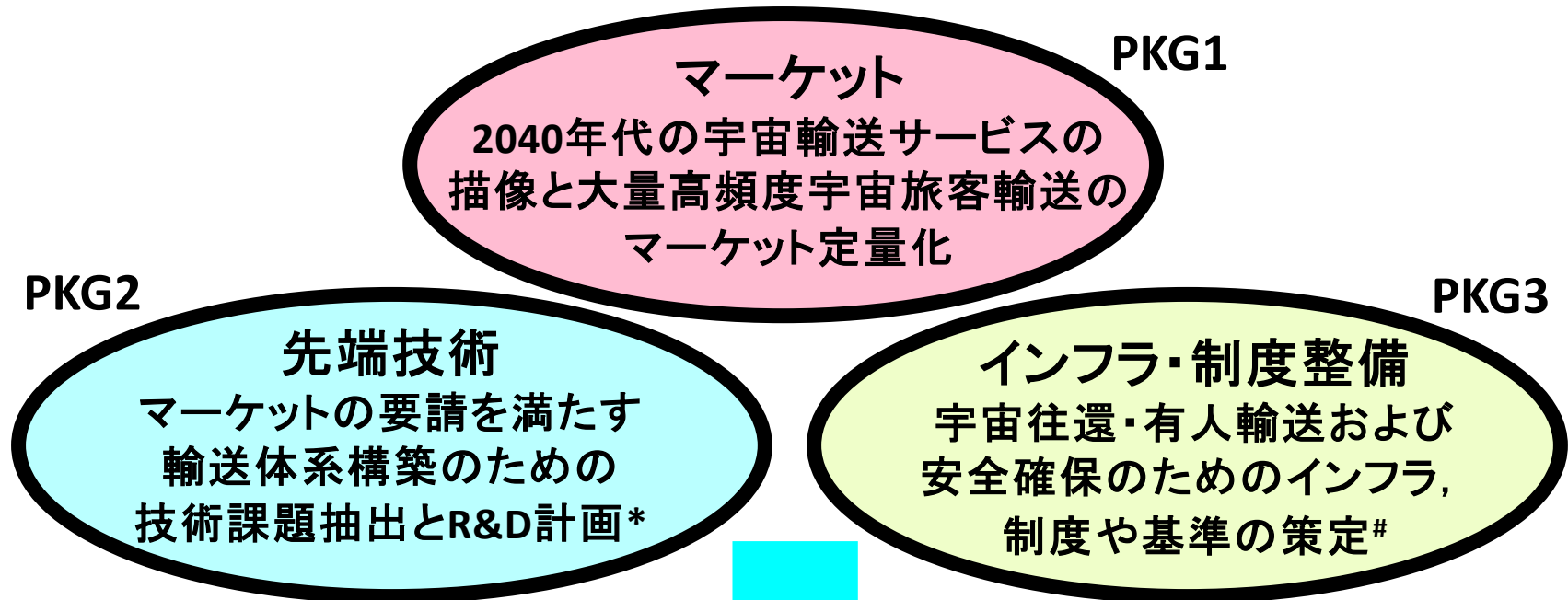


理事 岩本裕之
宇宙開発事業団(現 JAXA)に入社後、宇宙ステーションの民間利用の推進、ロケットの民間移管、民間企業との共創活動(J-SPARC)推進などに取り組んできた。



理事 牧野隆
日産、IHIで宇宙プロジェクトを主導。航空宇宙事業本部副本部長、IHIエアロスペース代表取締役社長を歴任し、IHI航空・宇宙・防衛事業領域エグゼクティブフェロー。

宇宙旅客輸送推進協議会の活動



* ロケットの高頻度大量運航と有人輸送のアーキテクチャ、高度なシステム技術・要素技術など

JASLAとの連携、活動法の改定に向けた支援

目標を共有する民間事業実行ボディと連携
民間主導の活動のための環境整備と国の支援策の具体化
国と民間の新しい関係と、民間主導の活動支援の体制構築

我が国が宇宙輸送事業において優位性を確保し、各発展段階および最終ゴールの巨大市場創出に向けて、事業展開と市場創出において必要な政府の施策を民間事業者に対する8つの観点での環境整備方策としてまとめた。

2040年代の高頻度大量有人輸送事業を実現するための8つの環境整備方策

① 事業支援・ファイナンス

キーワード：
段階的資金供給，継続的かつ一括的な調達，SBIR，JAXA資金供給機能，官民投資の呼び込み，税制支援，政府窓口一元化，公的調達制度の改革

② 研究開発支援 知的財産利用/技術移転

キーワード：
オープンイノベーション，経済安全保障，コア技術，知的財産の共有化とインセンティブ，設備の共用と整備，レガシー企業の参画促進，既存知財の活用，オープンソース化，GX

③ 有人宇宙飛行に関する法制度

キーワード：
宇宙活動法・航空法の拡張等，打上げ，軌道上運用，再突入，サブオービタル飛行，型式認定，搭乗者安全，第三者損害，アポロ，搭乗員，保険付与義務

④ 宇宙交通網の構築

キーワード：
ポート(宇宙港)の経済圏，空港ビジネス，将来モビリティと接続，安全な交通網，軌道合理性，地方自治体，実証段階，商業段階，ドッキングインターフェース，宇宙交通管理，航空管制，飛行安全，

⑤ 国際的イニシアチブの確保

キーワード：
宇宙版ICAO，安全保障，安全基準，デファクトスタンダード，パートナーシップ，条約

⑥ 強靱なサプライ チェーンの構築

キーワード：
標準化・共通化，商社機能(海外調達)，輸出入管理支援，サプライヤーの情報共有促進

⑦ 人的基盤形成

キーワード：
人材流動化，アカデミアによる人材育成，スキルセット，他分野人材の活用，企業奨学金・寄附講座等民間企業による奨励

⑧ 国民の理解増進・機運醸成

キーワード：
社会受容性，寄付，支援者の獲得，地元住民の理解・応援

宇宙旅客事業推進のために今後求められる機能の検討

