

資料45-3

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
ISS・国際宇宙探査小委員会
(第45回) 2022. 1. 19

2025年以降のISSを含む地球低軌道活動について

**国際宇宙探査活動を見据えた地球低軌道活動のビジョン
及び 民間が主体となった利用（運営）へのシームレスな移行**

2022年1月19日

国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構（JAXA）
有人宇宙技術部門

「ISSを含む地球低軌道活動の在り方に関する中間とりまとめ（令和3年2月）」に記載された、【2025年以降のISS運用延長の可否判断に当たって必要な検証項目】のうち、**下記の2つの項目の検証に資するため、JAXAにおける検討結果および考えをまとめる。**

【検証項目①】

- 国際宇宙探査を見据えた**地球低軌道活動のビジョンが明確に設定できていること。**
- この際、ISSの寿命を踏まえた**国際的な協力枠組みの展開等が必ずしも明らかになっていないことも踏まえた柔軟なビジョンであること。**

【検証項目⑤】※

- 民間が主体となった利用への**シームレスな移行が見込まれること。**
- そのための**方策（例えば、需要拡大に向けた支援制度等）が実施可能であること。**

※「民間が主体となった利用」については、【低軌道活動の場の運営】と【サービスの提供・利用】に関するものがあるが、今回は、【低軌道活動の場の運営】の観点を対象とする。

1. 「中間とりまとめ」以降の低軌道活動を取り巻く状況の進展
2. 2040年代の地球低軌道活動の姿に関する重要な事項
3. 民間が主体となった利用（運営）へのシームレスな移行
 - （1）民間主体の低軌道活動への移行に必要な事項
 - （2）民間の低軌道活動の活発化（日米民間企業の将来低軌道活動の構想）
 - （3）日米以外の各国の将来の低軌道活動に向けた動向
 - （4）民間主体へのシームレスな移行・民間活動の自立化に向けた課題
4. 2025年以降の地球低軌道活動の形態
5. まとめ

1. 「中間とりまとめ」以降の低軌道活動を取り巻く状況の進展

I S Sを含む地球低軌道活動の在り方に関する
中間とりまとめ（令和3年2月）の記載

○2040年代の地球低軌道活動の姿の想定：

- 深宇宙探査等に向けた持続可能な研究開発基盤として宇宙環境利用が定着している
- 有人宇宙滞在の場として多様な宇宙活動の進展が図られている

○地球低軌道活動の3つの場の持続的な形での整備

- ①国際宇宙探査活動等に寄与する技術の開発・実証の場
- ②社会的課題解決・知の創造・人材育成等に繋がる継続的な成果創出の場
- ③民間による商業利用の場

○3つの場に対する具体的なニーズや期待

- ①アルテミス計画等の国際宇宙探査計画の進展に伴い、我が国として、火星など**深宇宙探査に向けた更なる技術実証を地球低軌道において行っていく**ことが必要
- ②産学官による、科学研究、社会的課題解決、軌道上実証等に関する地球低軌道の利用が引き続き期待されている
- ③地球低軌道における経済活動として、将来的に、**宇宙旅行を始めとする宇宙体験**や、超小型衛星の放出等、**民間利用の拡大が見込まれている**

中間とりまとめ以降、記載された事項（期待やニーズ等）に関して、以下に示すような大きな進展があった

- **米国がISS運用延長を発表**
- **探査に向け、新たな日本人宇宙飛行士募集**
- **日本人飛行士の月面到達の基本計画記載**
 - 低軌道が探査に参加する宇宙飛行士の訓練の場へ
- **初の民間宇宙旅行も含めた商業宇宙飛行の活発化**
 - 2021年は民間人28人が宇宙飛行を実施
- **ISS後の民間低軌道活動拠点構想の進展**
 - NASAが**民間低軌道拠点開発業者選定**（4社）
 - これらの米国企業と**日本企業の連携の動きの活発化**
- **日本における民間も含めた有人輸送の議論の活発化**
 - 文科省の専門家委員会が、低軌道宇宙旅行も含む革新的将来宇宙輸送システムに関する検討の中間取りまとめを実施

2. 2040年代の地球低軌道活動の姿に関する重要な事項

中間とりまとめ及びその後の状況変化（民間による活動の活発化）等を踏まえると、我が国にとっては、「2040年代の低軌道活動の姿」において、以下のような状態が実現されていることが重要と考えられる。

2040年代の低軌道活動の姿において実現されるべき状態 （中間とりまとめに記載されていないもの）

- 低軌道活動が**民間主体で自立的に運営**され、**サービス産業として定着**している。
- **国は**、低軌道利用サービスを調達する多様な**利用者の一つ**となっている。
- 日本企業が、**強みを活かした形で参画**し、低軌道活動**運営の重要な部分を担い、プレゼンスを発揮**している。

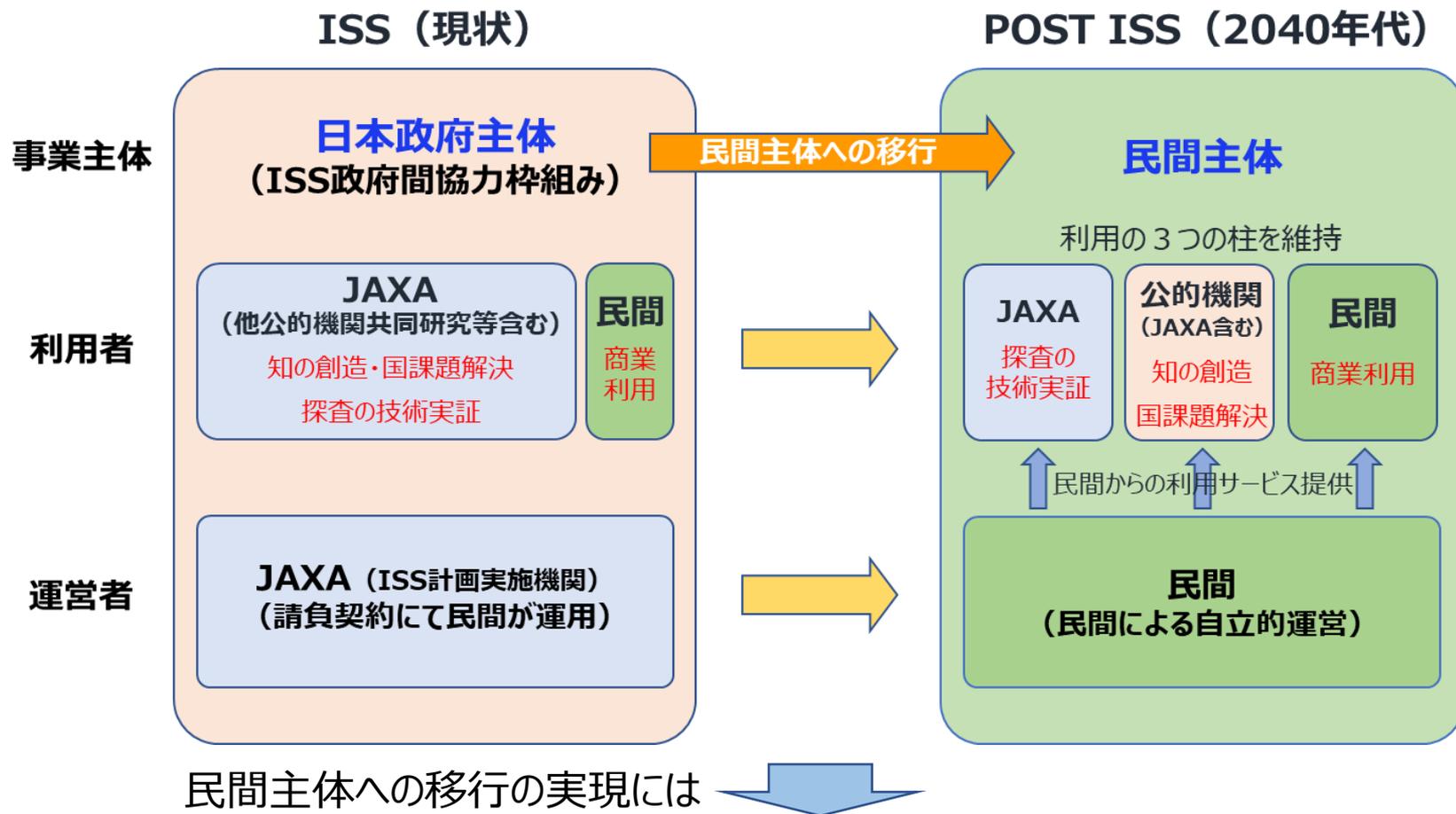


その実現に向けて、
民間が主体となった利用（運営）へのシームレスな移行が必要

3. 民間が主体となった利用（運営）へのシームレスな移行 (1) 民間主体の低軌道活動への移行に必要な事項

■ 民間主体の低軌道活動とは：

利用需要が拡大し民間利用者が増加するだけでなく、**低軌道拠点の運営・低軌道利用サービスの提供等を民間が主体的に実施している状態**（下図）



民間企業の「低軌道拠点の運営・低軌道利用サービス提供等の事業化を目指す動き」
が顕在化し、加速されることが重要

(2) 民間の低軌道活動の活発化 (日米民間企業の将来低軌道活動の構想)

- 日本企業のPOST ISSに向けた米国企業との連携を目指す動きが活発化
- 米国では、NASAは、2030年代の地球低軌道活動は民間主体の運営に移行し、自身は利用者の一つになる方向性を提示、ISS後の低軌道活動を行う米国民間企業(4社)を選定。

日本企業の米国企業との連携の動き

三井物産(株) × AXIOM SPACE

『三井物産が国際宇宙ステーションの後継計画に名乗りへ』
(2021.3.10 日経ビジネス)

『三井物産、米民間宇宙ステーション開発と資本提携』
(2021.11.22 日本経済新聞)

連携

兼松(株) × SIERRA SPACE

『商用宇宙ステーション利用による事業開発に向けた業務提携について』
(2021.9.8 兼松プレスリリース)

連携

米国の民間企業の低軌道活動の状況

米国は、ISS運用延長を決定。2029~30年を民間ステーションへの移行期間と位置づけ。

ISS接続型

商業モジュール開発
(2021年1月選定)

“Axiom Station”



Axiom Space社

ISS非接続型

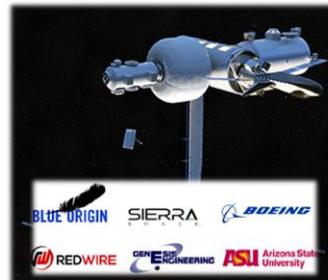
低軌道民間ステーションの開発
支援プログラム (CLD)
(2021年12月選定)

“Starlab”



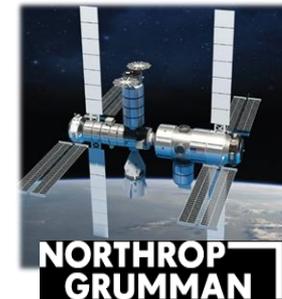
Voyager Space社他

“Orbital Reef”



Blue Origin社、
Sierra Space社他

“名称不明”



Northrop Grumman社他

(3) 日米以外の各国の将来の低軌道活動に向けた動向

- **各国とも、将来の地球低軌道活動を重要視**。それぞれ、独自の低軌道ステーション構想を掲げ、**実現に向けた活動を推進**している。
- **欧州宇宙機関（ESA）**は、NASAと同様、将来、欧州各国政府・宇宙機関等が利用者の一つとなることを想定し、2030年代に**民間主体の低軌道活動に移行する方向性を提示**し、RFIを実施中。

欧州

民間主体運営への移行の方向

- 2021年12月、ESAはロケットや宇宙居住施設等のLEO周辺活動への商業サービス導入のためのRFIを発出。
- 商業サービスは、2030年代初頭に運用終了が見込まれるISSとオーバーラップする形を想定。
- 民間低軌道での活動を維持し、他の宇宙開発国に対する競争力の強化を図る。

ロシア

- 新たな有人宇宙施設である「ロシア軌道サービスステーション（ROSS）」構想を示している。
- 2021年、ROSSでも利用が想定される実験モジュール及びノードモジュールがISSと接続完了。

中国

- 2021年4月にコアモジュール（天和）を打上げ、3名の宇宙飛行士が滞在中。
- 2022年に実験モジュール（問天、夢天）をそれぞれ打上げ、中国宇宙ステーションの建設完成予定（報道情報による）。

インド

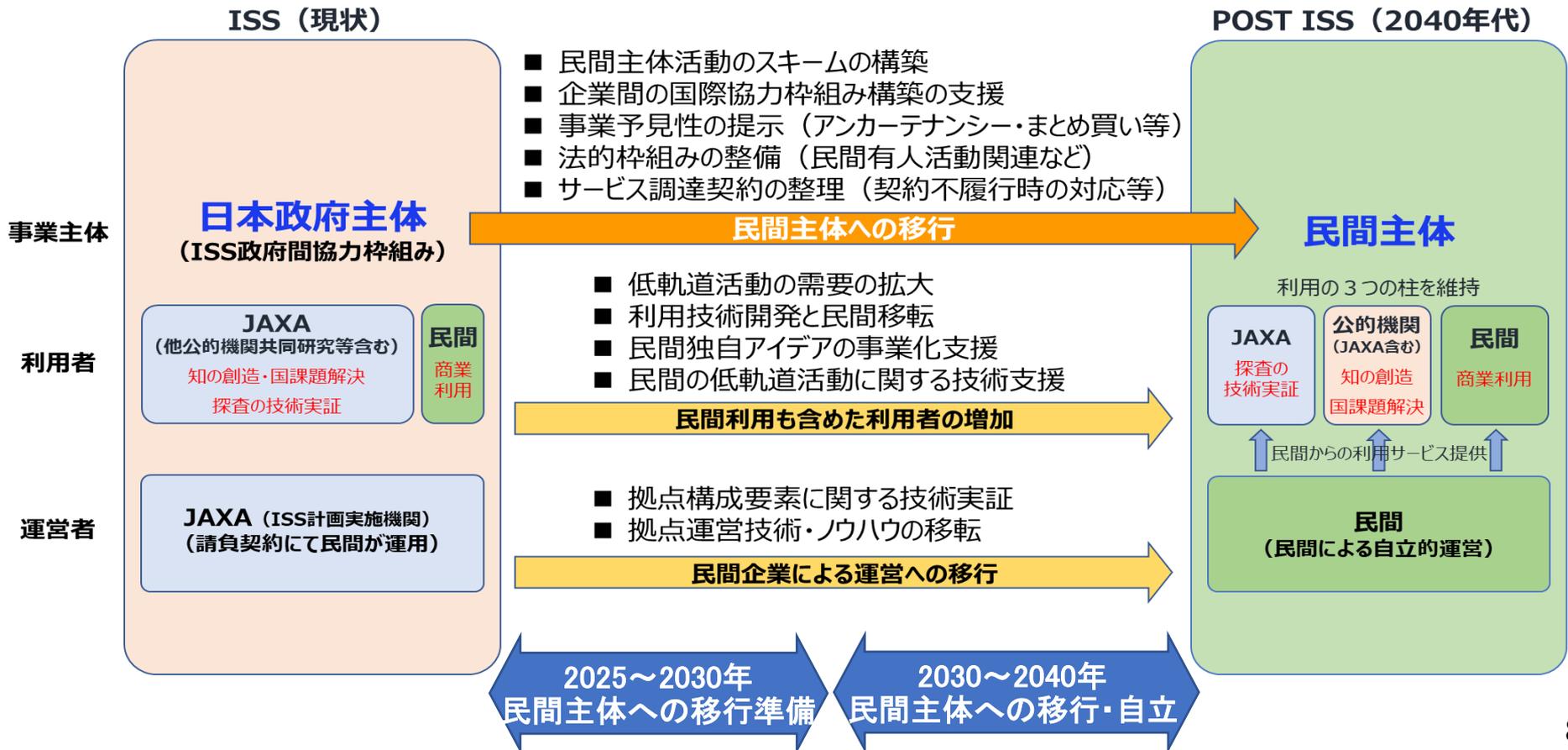
- 2022年に有人宇宙ミッション「Gaganyaan」の乗員脱出システムの試験飛行及び初の無人試験打上げを計画。

⇒ 日本の民間企業、欧米の宇宙機関・民間企業の動きにより、

将来の民間主体低軌道活動の実現に向けた環境が急速に醸成されている

(4) 民間主体へのシームレスな移行・民間活動の自立化に向けた課題

- 他方、**民間主体の活動へのシームレスな移行**を目指す場合、**以下のような状況を作ることが重要**。
 - 1) 民間の活動が自立した状態になるまで、**低軌道活動の場が連続的に維持されている**
 - 2) 民間主体の活動が本格化する前の段階で、**移行準備期間として、ISS運用期間とオーバーラップする期間がある**
- 民間主体への移行・自立化に向けては、**想定される様々な課題に対して、対応策**（下図の■）を**検討し実行していく必要がある**。

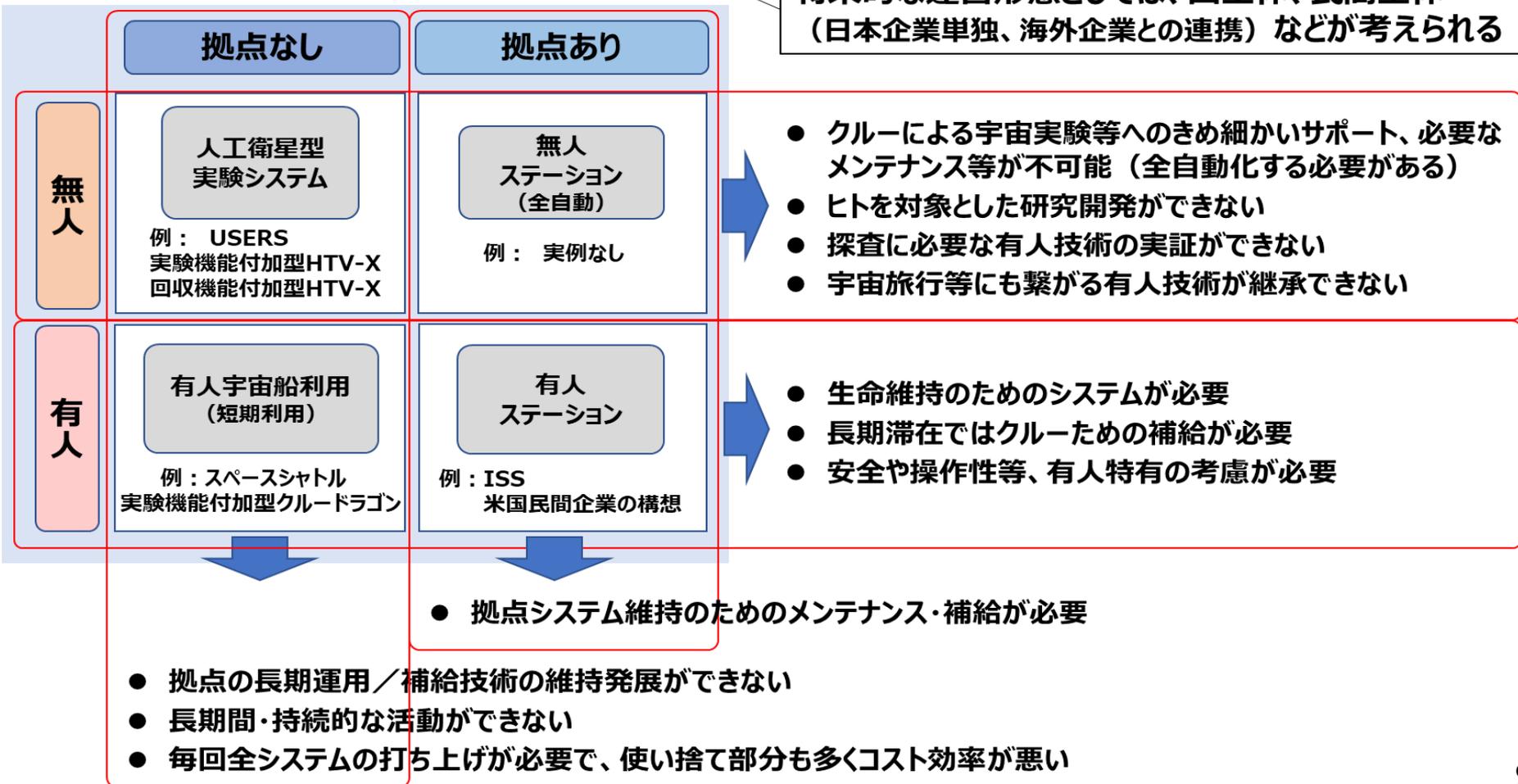


4. 2025年以降の地球低軌道活動の形態（1 / 2）

- **地球低軌道活動の形態**としては、「拠点 有／無」「有人／無人」で**4つのパターン**が考えられる。
- それぞれの特徴から、「**2040年代の地球低軌道活動の姿**」（中間とりまとめ記載）の**効率的・効果的な実現**に向けては、**2025年以降も引き続き「有人」かつ「拠点有り」の形態で進めることが望ましい**と考えられる。（評価の詳細を次ページに示す）

低軌道活動の形態として考え得るパターン

将来的な運営形態としては、国主体、民間主体（日本企業単独、海外企業との連携）などが考えられる



4. 2025年以降の地球低軌道活動の形態 (2 / 2)

■ **2025年以降の活動形態**に関し、前頁の4パターンについて**想定し得る実現解を設定し**、下表の各項目について、**比較評価を実施**した。

⇒ **2030、2040年代の活動への発展性を考慮すると、現存するISSの継続利用が最も有利**

		拠点なし		拠点あり	
		無人	有人	無人	有人
低軌道活動の実現形態		A	B	C	D
低軌道活動の実現形態		人工衛星型実験システム	有人宇宙船	無人ステーション(全自動)	有人ステーション
2025年時点の実現解		○ HTV-Xを改修 ※1 (一部実験機能付加)	○ クルードラゴンを改修・調達 ※2 (一部実験機能付加)	✗ 2025年時点では実現解なし	○ ISS継続利用 ※2
2025年時点の実現解の比較評価	特徴	○ 有人滞在、安全等の経費不要 ▲ 人による装置等の修理・メンテが不可	○ 実験サンプル回収、実験装置再使用が可 ✗ 国費が海外に流出	N/A	○ 有人活動技術、他の既獲得技術の維持・発展が可 ○ 探査のため活用・貢献が可 ○ 現在の国際協力の枠組みを維持 ▲ 有人長期滞在に伴う物資補給、拠点維持の活動要
	新規開発要否	▲ 改修要	▲ 改修要	N/A	○ 不要
	活動規模 ※3	✗ 大幅縮小	✗ 大幅縮小	N/A	○ 現ISSと同等 ※4
	活動可能期間	○ 通年 × 1, 2回/年	✗ 大幅減少 2週間/回 × 1, 2回/年	N/A	○ 通年
	有人飛行機会	✗ 無人のため不可	▲ 短期・船内に限定	N/A	○ 現ISSと同等 ※4
	利用のバリエーション	▲ 一部に限定	▲ 一部に限定	N/A	○ 現ISSと同等 ※4
	タンパク質実験	▲ 回収不可	○	N/A	○
	細胞培養実験	▲ 回収不可	○		○
材料実験	▲ 回収不可	○	○		
小動物実験	▲ 回収不可	○	○		
ヒト対象研究	✗ 無人のため不可	▲ 短期のみ	○		
船外曝露実験	▲ 回収不可	▲ 回収不可、短期のみ	○		
超小型衛星放出	○	✗ 放出機能なし	○		
地球/天文観測	○	✗ 短期では不成立	○		
宇宙旅行、エンターテインメントの利用	▲	○ 既に開始済。職業クルーの支援により多様な活動が可能	○ 既に開始済。職業クルーの支援により多様な活動が可能。現形態でビジネス拡大も可能		
コスト効率 (同コストを掛けた場合の比較)	▲ 大幅低下 (利用規模・種類縮小、改修要、全て使い捨て等)	▲ 大幅低下 (利用規模・種類縮小、改修要、運用技術喪失等)	N/A	○ 現時点より向上 ※4	

※1 回収機能付加も含めた各種発展形態が考えられるが、2025年時点での実現性を考慮し、一部の実験機能を付加すると想定
 ※2 HTV-Xの有人宇宙船化、小型有人ステーション化等も考えられるが、2025年時点での実現性を考慮し設定
 ※3 現在と同等の年間経費をかけた場合に可能となる利用規模
 ※4 HTV-XがHTVより低コスト・高性能化するため、現在より低い経費で同等の規模・バリエーションを実現可能

5. まとめ

- (1) 中間とりまとめに記載された「2040年代の地球低軌道活動の姿」、および中間とりまとめ以降の低軌道活動を取り巻く状況の進展を踏まえ、**我が国の将来の地球低軌道活動のビジョン**に関して、**我が国として留意すべき重要な観点を提示した。**
- (2) 特に、日米民間企業や欧米の宇宙機関において、民間主体の低軌道活動を目指す動きが活発化し、その実現に必要な状況が醸成されてきているが、**2030年代の民間主体の活動に向けてシームレスに移行していくためには**、以下の事項が重要。
 - **低軌道活動の場が連続的に維持**されること
 - **2030年代の民間主体の活動への移行期間**が設けられること
- (3) 更に、民間主体への移行後に、**民間低軌道活動の自立化を図っていくために**想定される課題・対応策を提示した。今後、それらを具体化し**実行していくことが重要。**
- (4) 2025年以降の低軌道活動の形態については、想定し得るケースについて、「新規開発要否」、「活動規模」、「利用可能期間」、「利用のバリエーション」、「コスト効率」等の観点で比較評価を行い、**「有人」「拠点あり」の形態で、現存する軌道上システムであるISSを引き続き活用していくことが最も有利**であるとの結果を得た。
- (5) 2030年までに、**ISS計画への参加により獲得した資産を最大限活用する形**で、30年以降の活動への**移行期間を設けることにより**、以下が可能となる。
 - 将来の国際状況も含めた**様々な状況に柔軟に対応**すること
 - **我が国にとって望ましいシステム形態・運営形態**（官主体・民間主体、国際連携等）で「2040年代の低軌道活動の姿」を実現していくこと

参考 「2040年代の姿」とその実現に向けた活動の全体像

まとめの補足として、以下の事項の関係を図に示す。

- 「中間とりまとめ」に記載された「2040年代の地球低軌道活動の姿」、「低軌道の3つの場の持続的な形での整備」、「国際宇宙探査への貢献」
- 本資料に示した「連続的な活動の場の確保」、「民間主体の低軌道活動へのシームレスな移行」、「民間主体の活動の自立化」、「民間主体への移行・自立化に向けた課題への対応」等

