

宇宙輸送を取り巻く環境認識と将来像

1. 世界の人工衛星等の打上げの動向
2. 我が国の宇宙開発利用の動向
3. 世界の宇宙輸送システムの動向
4. 我が国の宇宙輸送システムの将来像と重要な技術/取組

2023年6月27日（火）
内閣府宇宙開発戦略推進事務局

1. 世界の人工衛星等*の打上げ動向

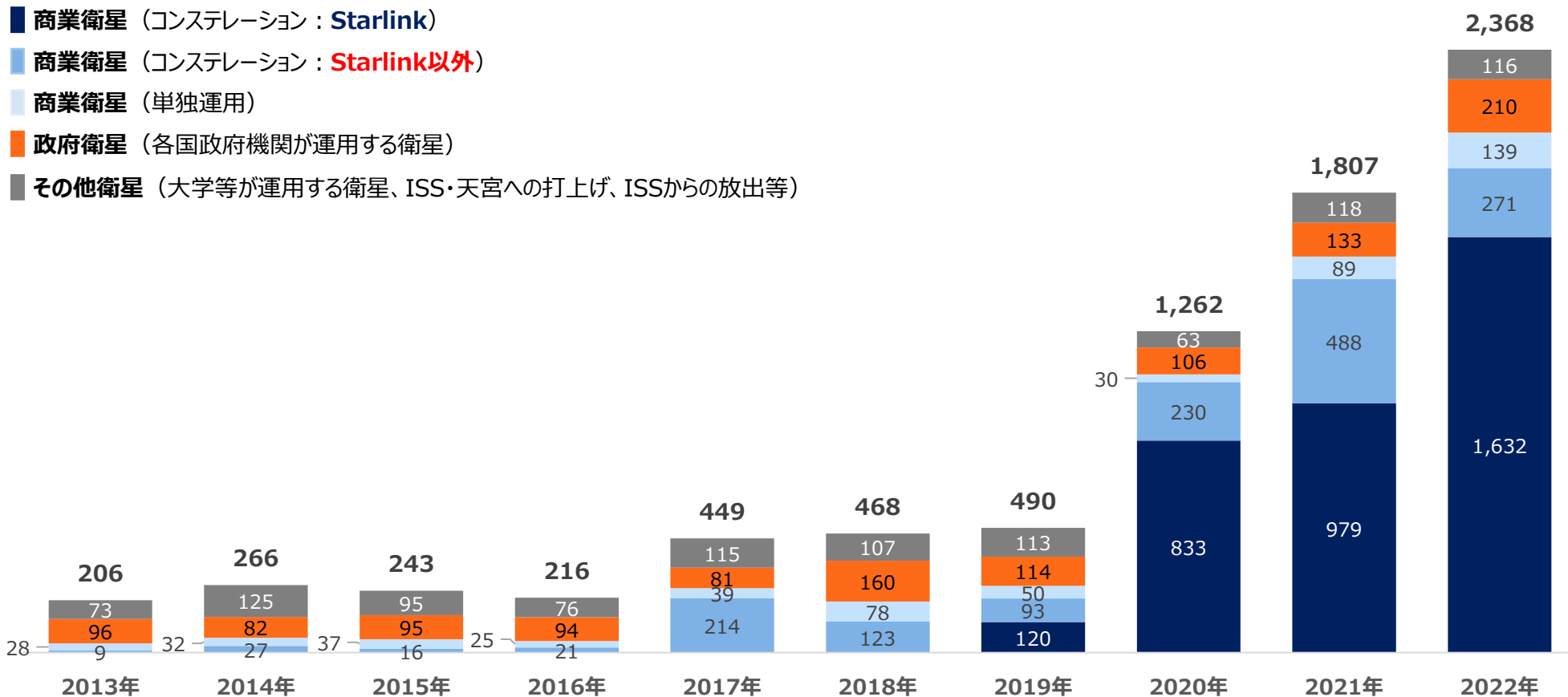
(*人工衛星等：人工衛星、探査機、宇宙ステーションへの補給機・有人輸送船、宇宙ステーションの構造物)

■ 過去10年間の人工衛星等の打上げ数の推移



- 2022年に軌道に打ち上げられた人工衛星等の機数は過去最大の2,368機。過去10年間で約11倍に増加。
- 増加の中心を占めるのは商業衛星であり、その内Starlinkは4年間で3,564機を打上げ（人類がこれまで打上げた衛星機数の2割強）。
- 加えて、数十機から数百機規模のコンステレーション構築にむけ、複数の欧米企業や中国政府・企業が、衛星の打上げを活発に進める。

人工衛星等の打上げ数の推移（2013年-2022年）



出所：JAXA情報及び報道発表資料に基づき内閣府が作成。打上げ数の中に打上げ失敗と軌道投入失敗は含んでいない。

■ これからの人工衛星等の打上げ数の見込み



- ・ 商業衛星の打上げは、今後さらなる増加を見込む。主な通信衛星コンステが計画する衛星の打上げ機数は5万機を超える。
- ・ 政府衛星としても、安全保障分野におけるミサイル防衛や宇宙領域把握を目的とする衛星や、新興宇宙国の衛星などの打上げが見込まれる。
- ・ 民間宇宙ステーションや月・月近傍での活動拠点の建設、物資・人員の輸送など、新たな宇宙活動も活発になる見込み。

通信分野における主なコンステレーション計画

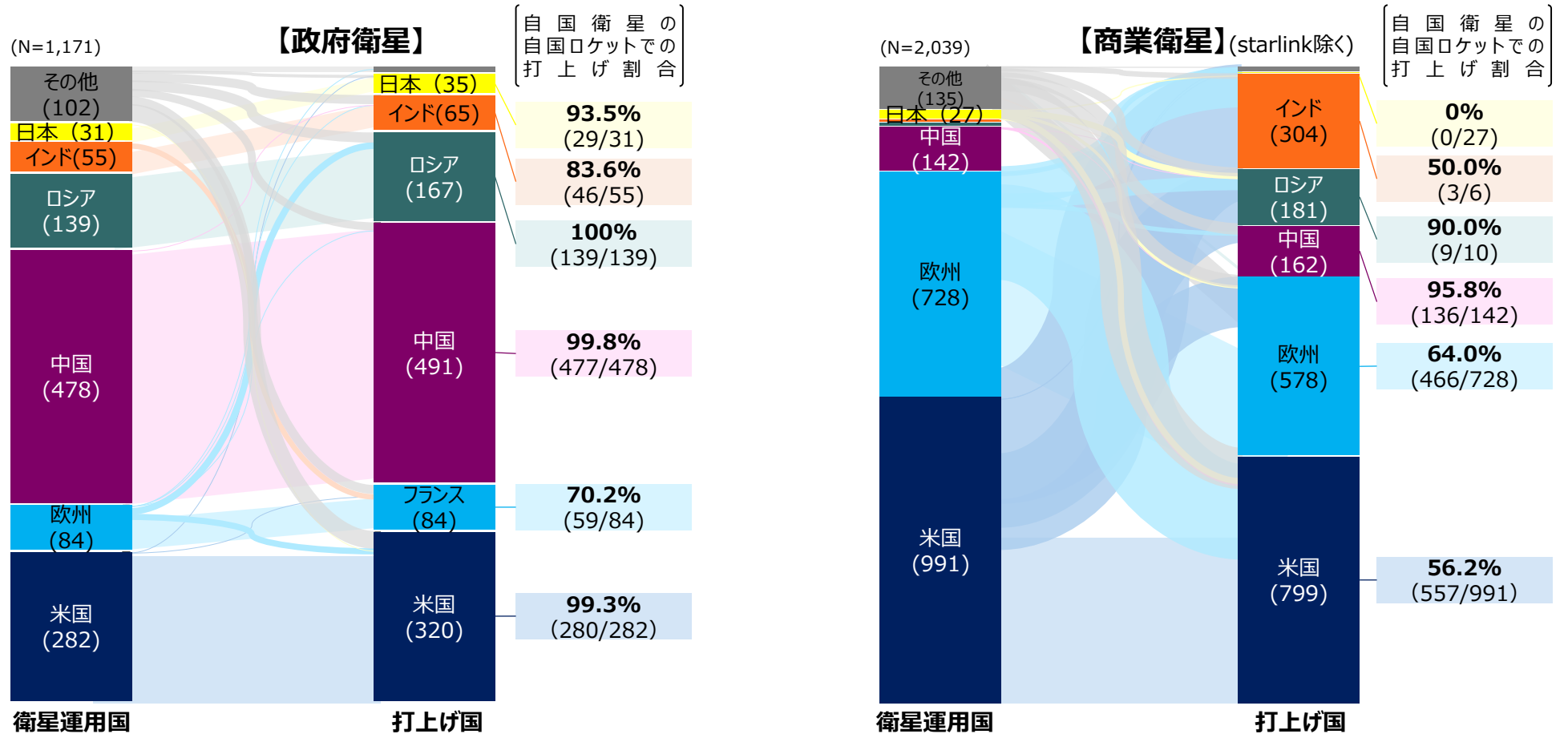
サービス名称	運用企業	運用国	軌道 (高度)	衛星機数		備考
				計画数	打上げ済	
Starlink	SpaceX	米国	LEO (550km前後)	Gen1: 4,408機 Gen2:29,988機	4,698機 (6/23時点)	<ul style="list-style-type: none"> ・ Gen1の打上げと並行し、通信帯域を拡大した第2世代Gen2を構成するV2 miniの打上げを23年2月より開始（V2miniは、これまで86機打上げ済み）。 ・ Gen2は29,988機の申請の内、7,500機がFCCより認可済み。
Guowang	China Satnet	中国	LEO (500-1,145km)	12,992機	0機	<ul style="list-style-type: none"> ・ 国有企業として21年4月に設立。打上げ開始の時期は不明だが、コンステ構築にむけて、長征8号の増産体制及び射場（文昌）の射点拡張に取り組んでいる。
Amazon Kuiper	Kuiper Systems	米国	LEO (600km前後)	3,236機	0機	<ul style="list-style-type: none"> ・ 打上げ機として、Vulcan Centaur×38回・Ariane6×18機・New Glenn×12機（+オプション15機）を選定済。
OneWeb	OneWeb	英国	LEO (1,200km前後)	Gen1: 648機 Gen2:6,372機	636機	<ul style="list-style-type: none"> ・ Soyuzを用いて2019年より428機を打上げ。ロシアのウクライナ侵略後はFalcon9及びGSLVにて打上げ。 ・ 23年後半に予定されているEutelsatとの経営統合により、Gen2の計画は流動的。
TELSAT LightSpeed	Telesat	カナダ	LEO (1,000km前後)	1,600機	0機	<ul style="list-style-type: none"> ・ 資金調達に難航したことにより、打上げが当初計画より遅れ、2026年より衛星の打上げを開始する見込み。
AST Space Mobile	AST Space Mobile	米国	LEO (725km前後)	243機	0機	<ul style="list-style-type: none"> ・ 20年9月に試験衛星BlueWalker3を打上げ、実証実験を実施中。
IRIS ²	Eutelsat, SES, Hispasat等が参加表明	欧州	LEO/	170機	0機	<ul style="list-style-type: none"> ・ 2024年の初打上げを目指し、2027年からのサービス開始を目指す。

■ 衛星打上げにおける運用国と打上げ国の関係性



- 政府衛星の内、9割はロケットを保有する国が運用。その内、米・中・露・日は、ほぼ全ての自国の政府衛星を自国のロケットで打上げ。
- 商業衛星（Starlinkを除く）は政府衛星と比べ、国際的な衛星打上げ市場で取引されている割合が高く、約4割が自国外から打上げ。
- ロシアのウクライナ侵略により、ロシア製ロケットの使用が困難になり、商業衛星打上げの国際的な流動性は一層高まっていると考えられる。

衛星打上げにおける国際的な流動性（2013年-2022年累計）



出所：JAXA情報及び報道発表資料に基づき内閣府が作成。打上げ数の中に打上げ失敗と軌道投入失敗は含まない。商業衛星の母数にはStarlinkを含まない。

■ 商業衛星打上げにおける市場シェアの変化



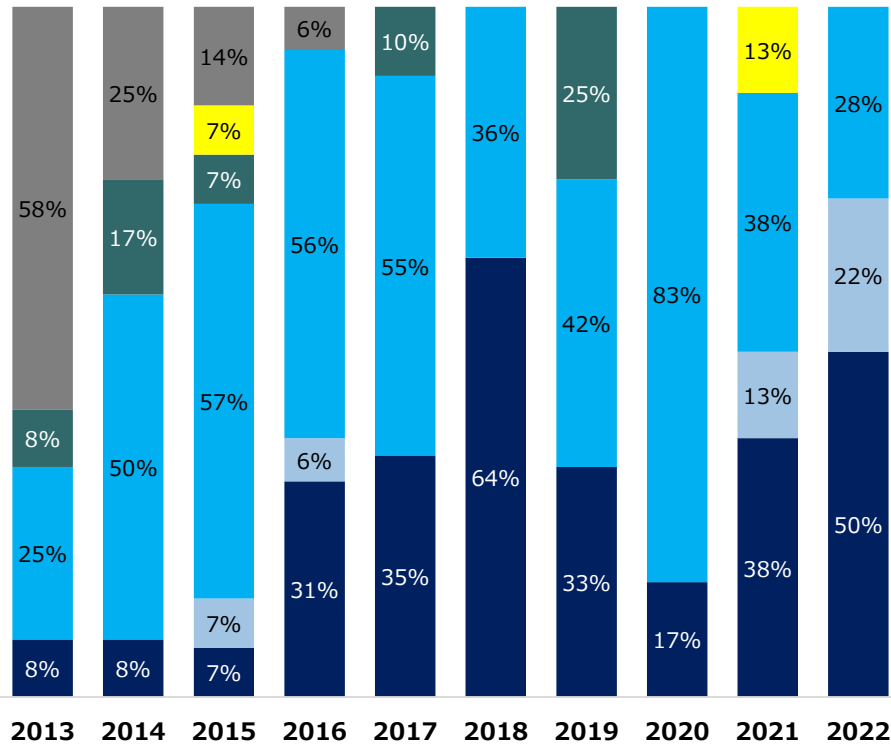
- ・ 商業衛星の打上げ市場におけるシェアはこの10年間で大きく変化。印・露がシェアを後退させ、SpaceXがシェアを大きく拡大。
- ・ 衛星事業者はSpaceXによる市場の寡占を懸念し、それ以外の打上げサービスを求める需要も顕在化しつつある。
- ・ 海外の衛星事業者から、H3に対する期待感が高い。H3が国際競争力を一層備えることで、この需要を取り込むことができると考えられる。

商業衛星打上げにおける市場シェア推移（2013年-2022年）

(Nはその年に目標軌道に打ち上げられた衛星数を示す)

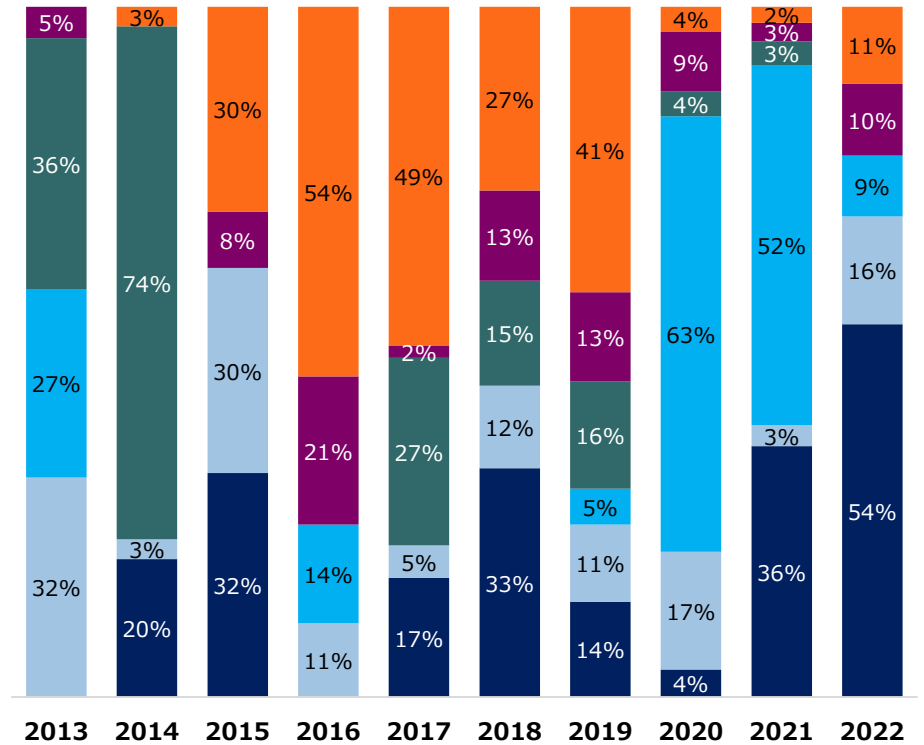
【静止軌道】

■ 米国 (SpaceX) ■ 米国(SpaceX以外) ■ フランス ■ ロシア ■ 日本 ■ その他



【地球低軌道】

■ 米国 (SpaceX) ■ 米国(SpaceX以外) ■ フランス ■ ロシア ■ 中国 ■ インド



出所：JAXA情報及び報道発表資料に基づき内閣府が作成。打上げ数の中に打上げ失敗と軌道投入失敗は含まない。商業衛星の母数にはStarlinkを含まない。

2. 我が国の宇宙開発利用の動向

■ 我が国の宇宙開発利用の動向



- 宇宙安全保障や通信、地球観測、衛星測位、宇宙科学・探査などの我が国の宇宙開発利用の将来像を、将来にわたって自立的に実現していくためには、それらの活動に必要な人工衛星等を、他国に依存することなく、我が国から打ち上げることが必要。

我が国の宇宙利用の将来像 (宇宙基本計画に基づく)

宇宙安全保障	安全保障のための宇宙システム利用の抜本的拡大、宇宙空間の安全かつ安定的な利用の確保
通信	陸・海・空のあらゆる場所を宇宙から繋ぐ
地球観測	発災後、早期の被災状況確認による迅速な災害対応等を実現する
衛星測位	準天頂衛星のcm級の測位による自動化・無人化で少子高齢化による労働力不足に貢献する
宇宙科学・探査	「宇宙の起源や生命がどのように生まれ、進化してきたか」を解き明かすとともに、先端的な技術を開発して、月や惑星を探査し、人類の活動領域を拡大する
月面	継続的な探査活動を、民間商業活動と新たな市場の創出へと段階的に発展させながら、人類の活動領域を月以遠に拡大する

政府衛星の打上げ

- 国及びJAXAが打ち上げる衛星の機数は、今後10年間で合計38機を計画*。
*宇宙基本計画工程表（令和5年6月13日宇宙開発戦略本部決定）に基づく
- サイズは数百キロ～数トンまで多様。目的地は低軌道と静止軌道を中心に、月近傍や火星衛星等の深宇宙も含まれる。
- アルテミス計画を通じて、ゲートウェイへの補給が求められており、今後、月面への物資輸送に対応していくことも検討されている。これらの補給機では、我が国でこれまでにない高い輸送能力が必要となると見込まれる。

商業衛星の打上げ

- 我が国の衛星事業者は、今後10年間で合計280機以上の商業衛星の打上げを計画*。
*内閣府宇宙開発戦略推進事務局による国内の主要な衛星事業者へのヒアリングに基づく
- 衛星サイズは主に小型（200キロ～300キロ級）が中心であるが、事業のフェーズが進むにつれ大型化する傾向。

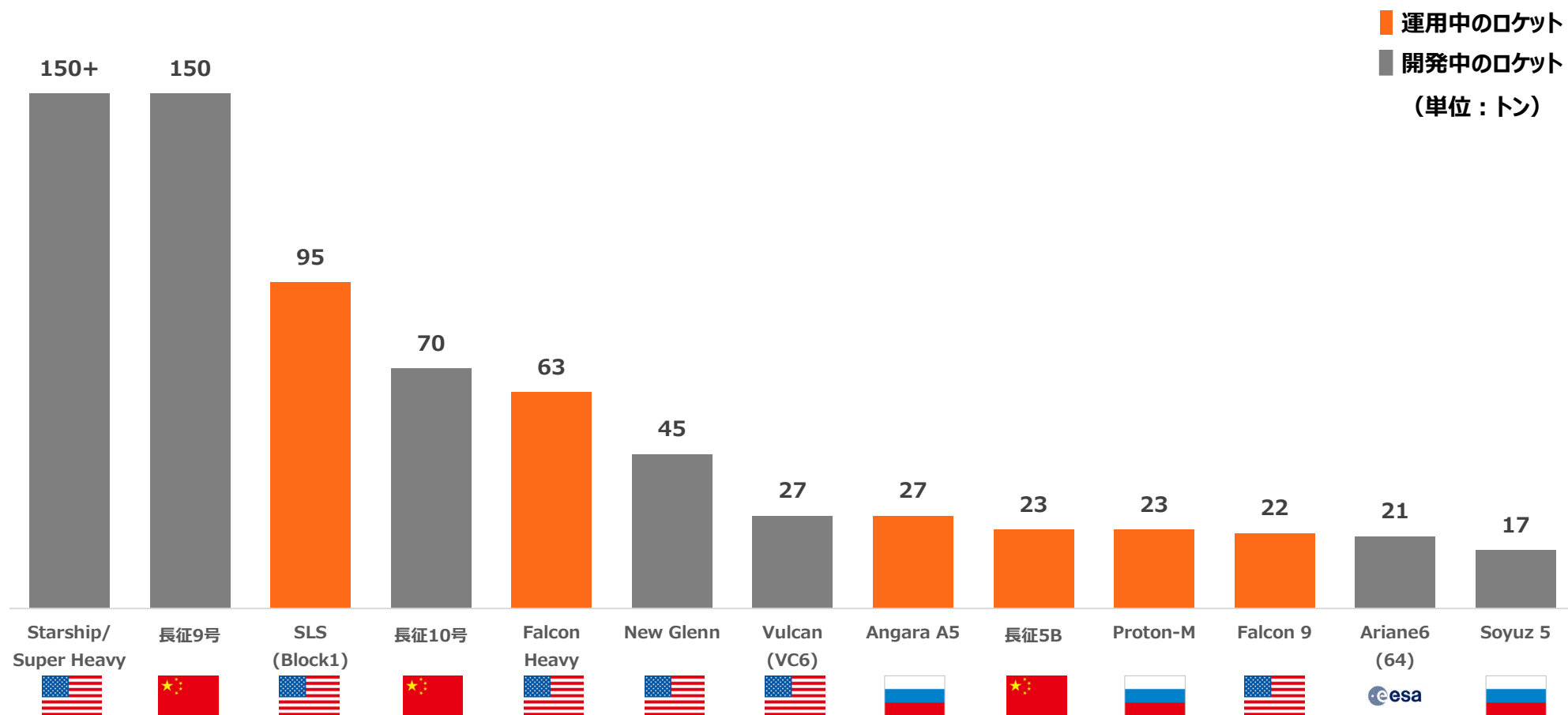
3. 世界の宇宙輸送システムの動向

■ 輸送能力の強化



- 各国で大型ロケットの開発と運用が進展。
- これは、従来より大型のペイロードの打上げニーズへの対応を目的としたもの（衛星コンステレーション構築に向けての衛星の多数機打上げ、静止衛星の大型化、商業宇宙ステーションや月・月近傍の活動拠点の建設、物資・人員輸送など）。

各国で開発・運用中の大型ロケットの地球低軌道への輸送能力



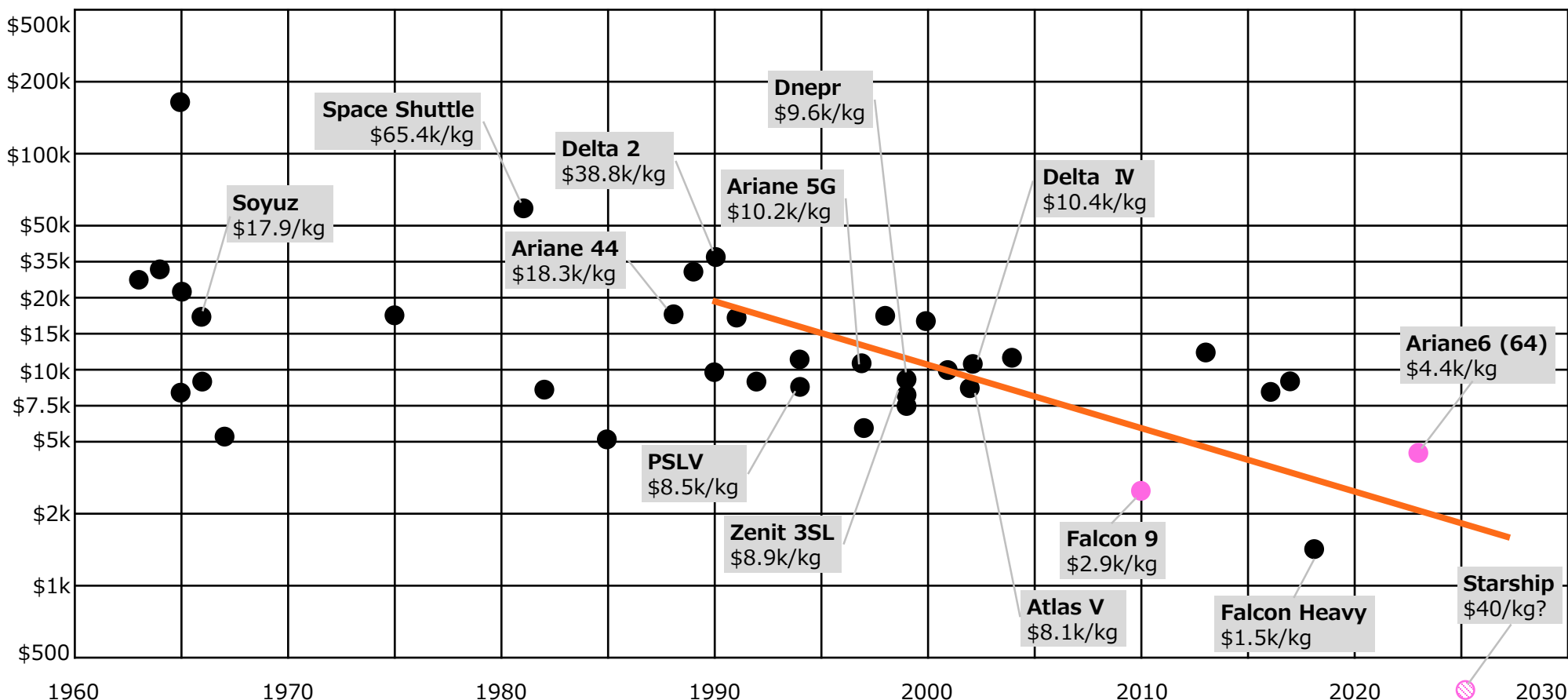
■ 打上げ価格の低減



- 大型ロケットの打上げ価格（単位質量当たりの打上げ価格）は低減傾向にある。
- 打上げ価格は、2000年代までは10,000USD/キログラムが水準だったが、SpaceXのFalcon9が2,900USD/キログラムを実現。

大型ロケットの地球低軌道への打上げ価格（単位質量あたり）の推移

(●はそのロケットが初めて打ち上げられた年を示す)

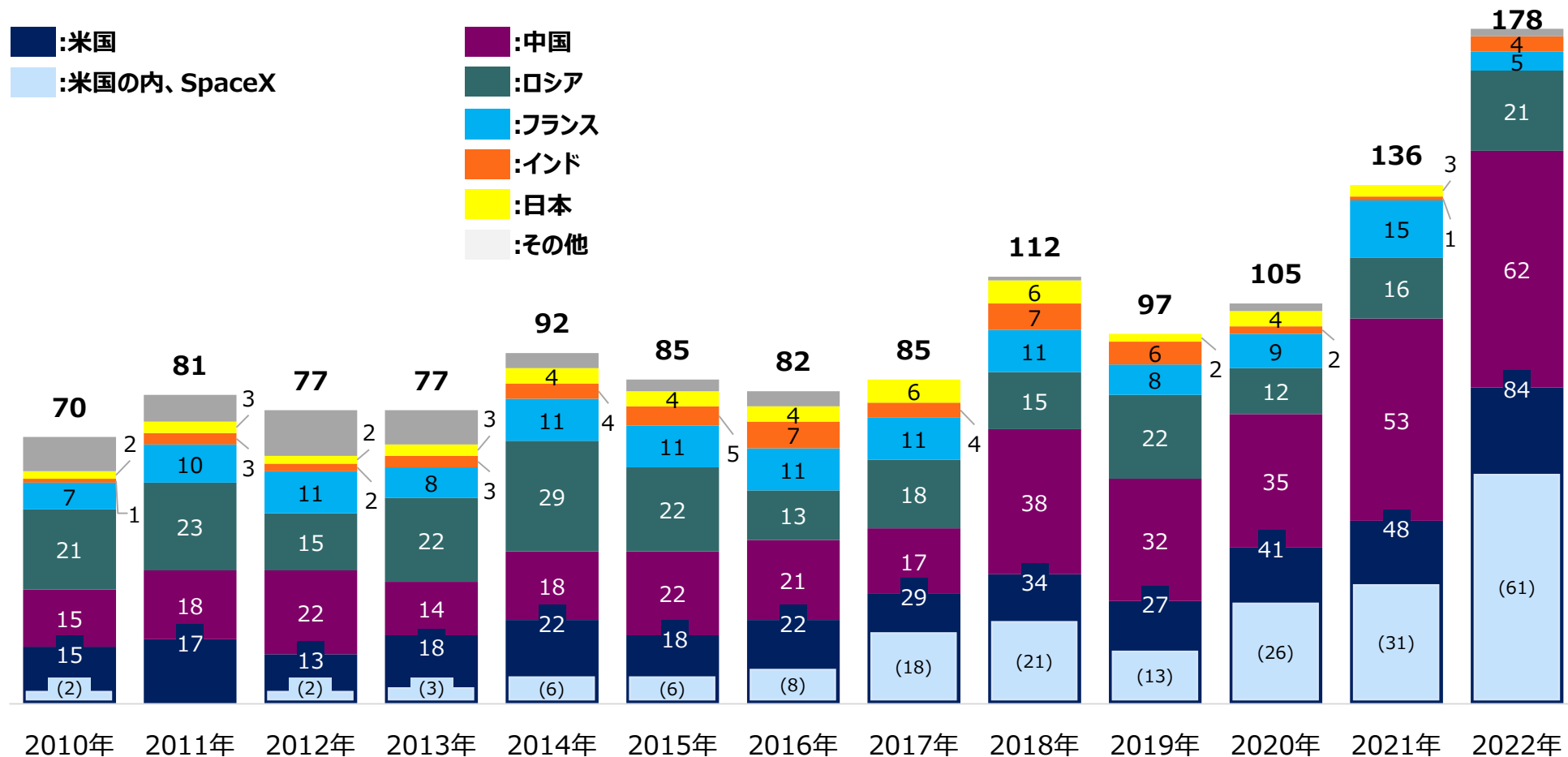


■ 打上げの高頻度化



- 2022年の世界のロケット打上げ数は過去最大の178回。その内、米国が84回、中国が62回を占める。
- 米国ではSpaceX等の民間企業が牽引し打上げ数を増加。SpaceXは2023年に100回の打上げを目指すと発表（6/23時点で43回）。
- 中国は長征シリーズを中心に、複数の民間企業もロケット打ち上げに参入、打上げ数を急増させている。






国別の年間打上げ回数の推移（2010年-2022年）



■ ロケット開発へのスタートアップの参入

- ・ 民間企業によるロケット開発への参入が顕著。
- ・ 小型ロケット（LEOへ100～300キロの輸送能力）の開発が中心だったが、衛星コンステレーションへの対応などを背景に、米・中を中心に、輸送能力を数トン級まで向上させた中型ロケットの開発も活発化。

主なスタートアップが開発・運用するロケット

国	企業名	ロケット	燃料	打上げ能力（トン）		実績 (成功/総数)	初打上げ	射場	
				LEO	SSO			国	場所
	スペースワン	カイロス	固体燃料	0.25	0.15	開発中	(P)2023	日本	スペースポート紀伊
	インターステラテクノロジズ	ZERO	LOX/LCH ₄	0.15	-	開発中	(P)2024	日本	北海道スペースポート
	Rocket Lab	Electron	LOX/Kerosene	0.3	-	34/37	2017	NZ	マヒア半島 他
		Neutron	LOX/LCH ₄	13	-	開発中	(P)2024	米国	Wallops
	Relativity Space	Terran 1	LOX/LCH ₄	1.5	0.9	0/1 (終了)	2023	米国	Cape Canaveral
		Terran R	LOX/LCH ₄	23.5+	-	開発中	(P)2026	米国	Cape Canaveral
	Firefly Aerospace	Firefly Alpha	LOX/RP-1	1	0.6	1/2	2021	米国	Vandenberg
		MLV	LOX/RP-1	1.6	-	開発中	(P)2025	米国	
	Astra Space	Rocket 3	LOX/RP-1	0.1	-	2/8	2020	米国	Kodiak 他
		Rocket 4.0	LOX/RP-1	0.6	-	開発中	(P)2023	米国	
ABL Space Systems	RS1	LOX/Kerosene	0.6	-	0/1	(P)2023	米国	Kodiak 他	
	Skyrora	Skyrora XL	HTP/Kerosene	-	0.3	開発中	(P)2023	英国	Saxa Vord
	Orbex	Orbex Prime	Bio LPG	-	0.1	開発中	(P)2023	英国	Sutherland
	HyImpulse	SL1	LOX/Paraffin	-	0.5	開発中	(P)2023	英国	Saxa Vord
	Isar	Spectrum	LOX/Propane	1	0.7	開発中	(P)2024	ノルウェー	Andoya 他
	Rocket Factory Augsburg	RFA One	LOX/RP-1	-	1.3	開発中	(P)2023	英国	Saxa Vord
	Galactic Energy	Ceres-1	固体燃料	0.4	0.3	5/5	2020	中国	酒泉
		Pallas-1	LOX/Kerosene	5	3	開発中	(P)2024	中国	
	i-Space	Hyperbola-1	固体燃料	0.35	0.3	2/5	2019	中国	酒泉
		Hyperbola-2	LOX/LCH ₄	1.9	-	開発中	(P)2023	中国	
	Landscape	Zhuque-2	LOX/LCH ₄	6	-	0/1	2022	中国	酒泉
	CAS Space	Lijian-1	固体燃料	2	-	2/2	2022	中国	酒泉
	Space Pioneer	Tianlong-2	LOX/Kerosene	2	1.5	1/1	2022	中国	酒泉
Orienspace	Gravity-1	固体燃料	6.5	3.7	開発中	(P)2023	中国	海陽海上プラットフォーム	

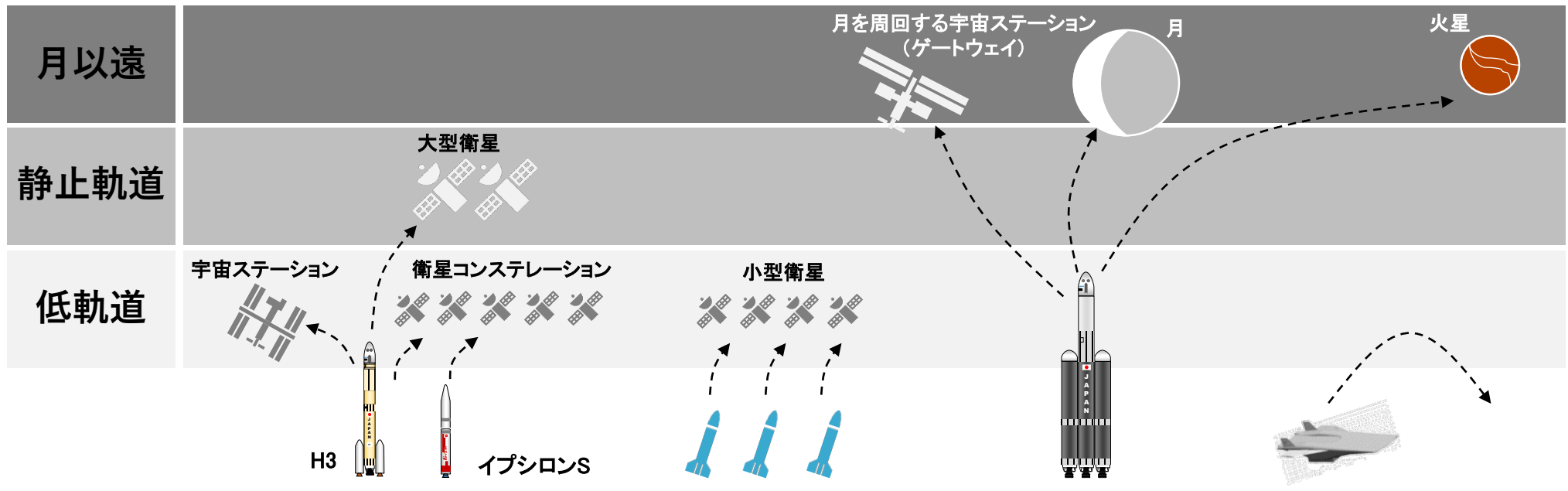
4. 我が国の宇宙輸送システムの将来像と 重要な技術/取組



宇宙輸送の需要が高まっていく中、他国に依存することなく、宇宙へのアクセスを確保する。
それにより、将来にわたって我が国の自立的な宇宙活動を実現する。

- 通信衛星などの大型衛星に加え、衛星コンステレーションなどの衛星打上げ需要が増加。
- 宇宙ステーションへの物資輸送も不可欠。

- 今後は、新たに月やゲートウェイ、更にその先への輸送需要が増加。



基幹ロケット

- 基幹ロケットで、政府衛星を優先的に打上げ、国内の民間衛星、さらに、海外の衛星も打上げ
- ✓ 競争力を向上し、打上げ頻度の向上・打上げ価格の低減・輸送能力の増強を実現

民間小型ロケット

- 民間小型ロケットも活用
- ✓ 民間ロケットの開発・事業支援

次期基幹ロケット

- 次期基幹ロケットで、新たにゲートウェイや月、火星への大型物資の輸送も実現
- ✓ 次期基幹ロケットの開発検討

民間主導の新たな宇宙輸送システム

- 宇宙旅行などの宇宙輸送を実現
- ✓ 民間事業者の開発支援



- 我が国の宇宙輸送システムの将来像を実現していく上で、
「**輸送能力の強化**」、「**打上げ価格の低減**」、「**打上げの高頻度化**」、「**多様な打上げ需要への対応**」等が、
共通する要求事項となる。
- 技術戦略の策定にあたっては、将来像とこれらの要求事項を念頭に、重要な技術・取組を特定していくことが
必要であるが、その場合、重要と考えられる技術/取組はどのようなものか。