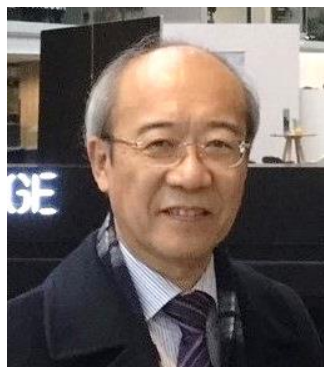


特集 インフラの維持と未来

拡大する宇宙ビジネス、進化するロケット

元 JAXA理事
 (経営企画、国際協力、他 担当)
 筑波大学 客員教授
 技術経営士 山浦 雄一



©JAXA

はじめに

- 世界の宇宙開発は今、宇宙ベンチャーなど民間企業が重要な役割を担う中で急速に拡大し、ロケットも衛星も不可欠な社会インフラとなっている。
- 宇宙産業の成長率は年7～9%。世界のGDP成長率（5%）を上回り、半導体産業と同等の水準にある。成長を支える要因は、「民間主導の拡大」、「衛星技術の進化」、「打上げコストの低減」、「宇宙利用サービスの多様化」である。
- 打上げコストの低減は、技術革新と民間企業ロケット打上げサービスの普及の賜物である。経済性が疑われていた再使用ロケットを米国企業が実用化した結果、世界はロケットの本質的課題「低コスト化と高信頼性化の両立」に技術目標の糸口と国際競争の指標を見出している。
- 目次： 1. 世界の宇宙産業の現状 2. 日本の宇宙政策：過去と現在 3. 世界のロケットビジネスの潮流 4. 日本のロケット開発 5. 日本の課題、提言

1. 世界の宇宙産業の現状

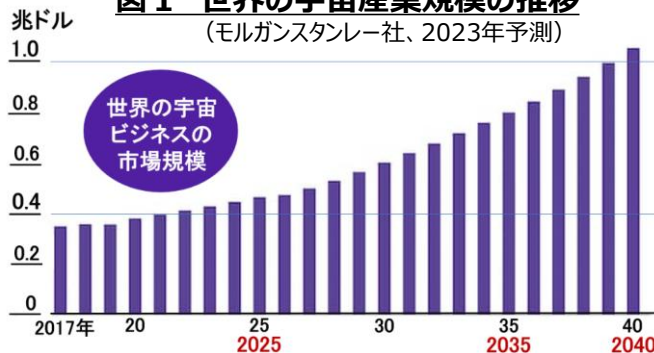
- 米調査会社プライス・テックによると、世界の宇宙産業の市場規模（実績）は2025年に6,260億ドルとなり、2021年の1.9倍に拡大している（表1）。
- 米モルガン・スタンレー社は2023年、世界の宇宙産業規模は2040年に1兆ドルを超えると予測した（図1）。

表1 宇宙産業規模の変化

項目		2021年	2025年	伸び
世界	宇宙ビジネス規模 [億ドル]	3,370	4,391	1.3倍
	ロケット打上げ数 [回]	146	329	2.3倍
	稼働衛星数 [機] (うち、スターリンク衛星)	約4,000 (約500)	約15,000 (約10,000)	3.8倍 (20倍)
日本	日本政府 宇宙予算 [億円]	4,496	9,363	2.1倍
	東証上場宇宙ベンチャー数	0	5	0 → 5

図1 世界の宇宙産業規模の推移

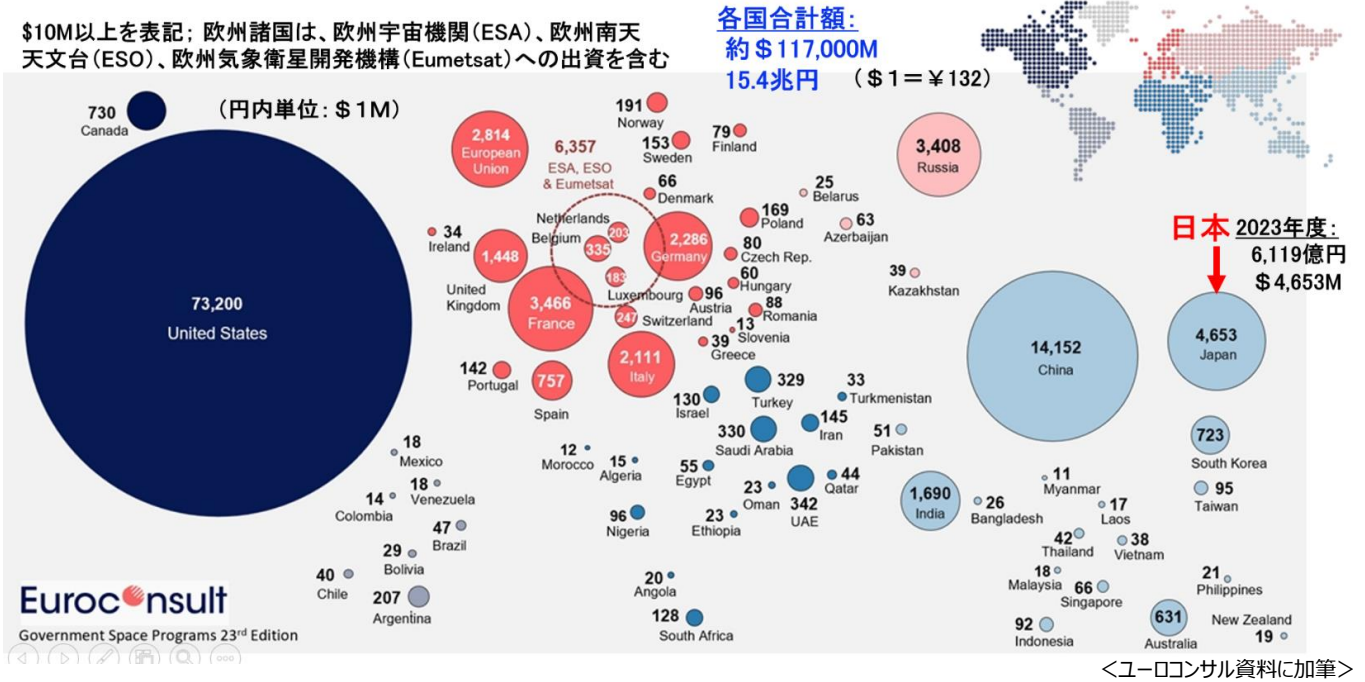
(モルガンスタンレー社、2023年予測)



<日本経済新聞記事に加筆>

- 2023年の世界の宇宙産業の市場規模は約4,000億ドル。このうち、7割以上が民間ビジネスで、残り3割弱が各国政府の宇宙予算（合計1,170億ドル）である。仏ユーロコンサル社のデータ（図2）が、世界各国の政府宇宙予算の差異を明確に示す。

図2 2023年 各国政府の宇宙予算



- 世界のロケット打上げ回数と軌道上衛星数の伸びが、宇宙開発利用の加速を物語っている（表1、図3、図4）。代表的宇宙ベンチャー・スペースX社のファルコン9ロケットが国際市場を席巻する（図3）。
- 2010年代までの実用衛星の主役は超大型・長寿命の静止衛星。だが、多数の小型・短寿命の低軌道衛星を連携運用する「小型衛星コンステレーション」の実現が、衛星サービスの強靱性・経済性を高めた。小型衛星コンステレーションの代表格が、ウクライナ戦争でも話題のスペースX社・通信衛星スターリンク。ファルコン9で頻りに打ち上げられ、現在稼働する衛星の3分の2を占めている（表1、図4）。

図3 世界のロケット打上げ数の推移

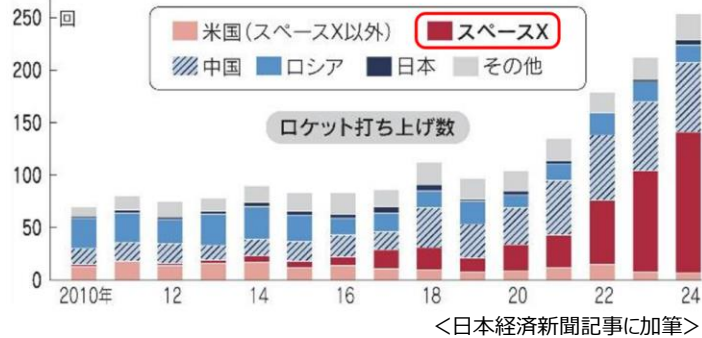
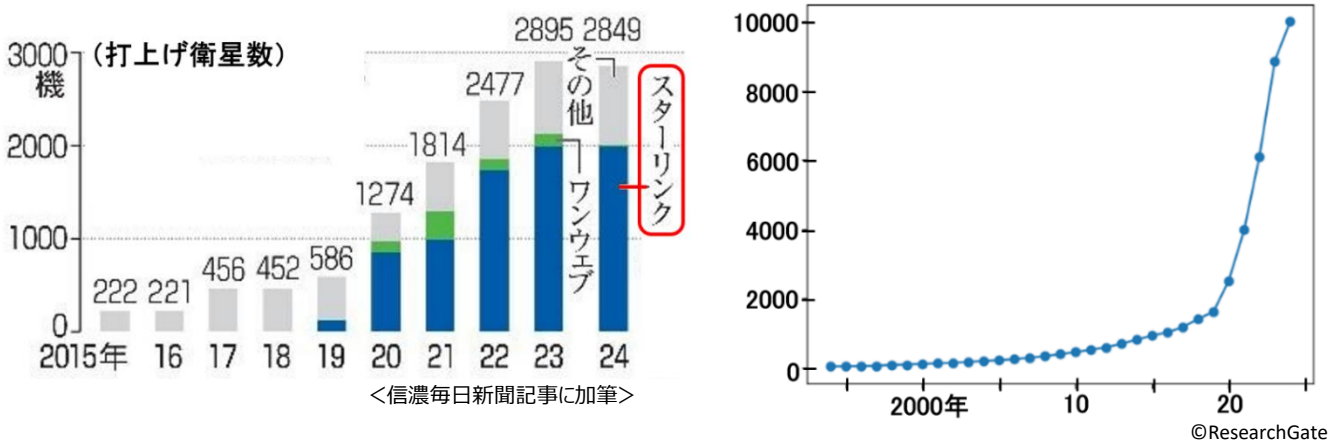


図4 世界の衛星数の推移





©ISAS

2. 日本の宇宙政策：過去と現在

(1) 宇宙政策の変遷（表2）

- 【1950年代】戦後日本の独立・主権回復から2年後の1954年、東京大学・糸川英夫教授がロケット研究を開始。1955年4月、ペンシルロケット初の水平発射実験を行い、日本の宇宙開発が「大学主導の国内・独自研究」で幕を開けた。
- 【1960年代】気象衛星・通信衛星等の実用衛星を社会インフラとして保持したい日本政府は、大型液体ロケット開発の早期実現を目指し、1969年4月、「米国ロケット技術の導入」を米国政府と合意（日米交換公文）。直後に国会で「宇宙の平和利用の定義」が論議され、「非軍事に限る」と決議された。日米交換公文の縛り（表3）と左記の「平和利用」の国会決議が、後の日本の宇宙開発利用に制約と課題を生んだ。
- 【1960～70年代】「平和利用」の適用は、東大が独自の国産技術で開発するロケットにも及んだ。某政党が「誘導制御技術のミサイルへの転用可能性」を指摘。ラムダロケットは、世界で初めて誘導制御装置無しで衛星打上げを成功させた（1970年2月、日本初の衛星「おおすみ」）。
- 【2000年代】世界の宇宙開発利用が安全保障・外交・産業面で重要性を増し、日本の課題が顕在化する中、2008年5月、超党派（自民、公明、民主）の議員立法「宇宙基本法」が国会承認された。同法は、内閣総理大臣をトップとする「宇宙開発戦略本部」の設置（司令塔の一本化）、「平和利用」の「非軍事」から「非侵略、専守防衛」への再定義、「宇宙基本計画」の策定・遂行などを謳い、宇宙開発利用を科学技術にとどまらない安全保障・外交・産業振興を含む総合政策として位置付けている。

表2 日本の宇宙政策の変遷

1952, 4月	日本の主権・独立回復(サンフランシスコ講和条約)
1955, 4月	東京大学・糸川英夫教授 ペンシルロケット水平発射
1957-58	ソ連初の衛星(1957, 10月)、米国初の衛星(58, 1月)
1969, 4月	日米交換公文※: 米国ロケット技術導入等の合意
1969, 5-6月	国会決議: 宇宙の平和利用は「非軍事に限る」※
1969, 10月	宇宙開発事業団(NASDA)設立: 実用、大型事業
2001, 1月	日本政府・中央省庁再編
2003, 10月	宇宙航空研究開発機構(JAXA)設立: 宇宙3機関統合
2008, 5月	宇宙基本法 国会承認: 「宇宙開発戦略本部」設置、宇宙の平和利用は「非侵略、専守防衛」

※ 日本の宇宙開発利用で長年の制約・課題(本文参照)

表3 日米交換公文で日本が課された主な制約

- ・導入された機器及び技術は**平和目的のみ**に利用する
- ・機器・技術を**無断で第三国に輸出しない**
- ・供与される技術は「**ソー・デルタロケットの技術水準まで**」とする (注:1969年技術レベル)
- ・米国の技術援助を受け開発したロケットを用いて、**無断で他国の衛星を打ち上げない**

(2) 政府方針：最新の宇宙基本計画

- 【目標、将来像】日本政府は2023年、世界と日本の諸状況（安全保障、社会課題等）と急速に変化する宇宙開発利用の状況（経済・社会の宇宙システムへの依存、宇宙産業の構造変革等）を踏まえ、「宇宙基本計画」を3年ぶりに改訂した。政府は日本の宇宙活動の自立性確保を重視し、目指すべき目標と将来像を、下記4つの観点から同計画に明記している。
 - ① 安全保障における宇宙利用、宇宙の安全・安定的利用の確保
 - ② 国土強靱化・地球規模課題への対応、イノベーションの実現
 - ③ 宇宙科学・探査による知の創出、有人活動・探査による新たな産業の創造
 - ④ 上記①～③の宇宙活動を支える総合的基盤（技術、産業、人材）の強化
- 【8兆円産業に】更に同計画では、これら目標・将来像を実現するため、また、宇宙産業を日本の成長産業とするため、以下を掲げている。
 - ・産業・科学技術基盤強化と宇宙利用拡大の好循環を生み、自立性を強固にする
 - ・2020年に4兆円だった宇宙産業の規模を、2030年代早期に8兆円に拡大する

(3) 政府宇宙予算と集中投資策

- 【今や9,000億円超】政府宇宙予算（本予算と補正予算の合計額※）は、2020年度までは長年3,000億円台で推移していたが、2022年度に初めて5,000億円の大台に乗り（5,219億円）、2025年度には9,365億円に達した。[※合計額：当該年度の本予算に前年度の補正予算を加えた額]
- 【集中投資策、非宇宙分野への期待】宇宙予算が増えた背景には、政府の複数の集中投資策（宇宙戦略基金など）がある。募集対象は宇宙ベンチャーや老舗・宇宙大企業に限らない。地上技術に強みを持つ「非宇宙分野企業」の新規参入が期待され、実力ある企業が応募し採択されている。
- 【宇宙戦略基金】2023年11月、政府はJAXA法改正の国会決議を経て「宇宙戦略基金」を創設した。本制度の狙いは、民間企業・大学等が複数年度に亘り、宇宙分野の先端技術開発・技術実証・商業化に大胆に取り組めるよう、JAXAを通じて資金と技術面で支援すること。「10年間で総額1兆円」を目標に掲げる。2023～25年度の補正予算で各年度3,000～2,000億円が承認された。宇宙輸送、衛星等、探査等、分野共通(研究拠点等)の各分野を支援する。

(4) 日本の宇宙ベンチャー

- 【114社】日本の宇宙ベンチャーは、2025年末時点で114社に及ぶ。大学発ベンチャー、JAXA発ベンチャーもあれば、中央省庁退職者が創業し躍進中の宇宙ベンチャーもある。5社が東証上場を果たし、うち2社が大学発ベンチャーである（表1、表4）。
- 【事業内容】日本の宇宙ベンチャーの事業内容は、衛星開発、衛星データ解析、軌道上サービス（宇宙デブリ除去等）、月面探査、ロケット開発、ロケット射場運営、衛星機器開発、衛星地上局運用支援、宇宙商社など世界でも多岐に亘る。ロケットビジネスに挑む日本のベンチャーについては、第3章で紹介する。

表4 東証上場の日本宇宙ベンチャー

企業名	設立	事業内容	上場
(株)QPS研究所 [九州大学発ベンチャー]	2005	SAR観測衛星 ※	2023
(株)アクセルスペース [東京大学発ベンチャー]	2008	光学観測衛星 ※	2025
(株)ispace (アイスペース)	2010	月面着陸 月面ローバー	2023
(株)アストロスケール	2013	宇宙デブリ除去、 衛星への燃料補給	2024
(株)Synspective (シンスペクティブ)	2018	SAR観測衛星 ※	2024

※ 衛星開発、衛星コンステレーション構築、画像データ解析 (SAR:合成開口レーダー)

3. 世界のロケットビジネスの潮流

(1) ロケットの本質

- 【本質的価値】ロケットは宇宙へのアクセスを可能にする唯一の手段であり、その能力は宇宙活動の範囲、宇宙利用の規模を左右する。ロケットを自国で保有し運用することにより、活動の自立性・主体性と国際的な影響力・存在感を確保することができる。ハードパワーとソフトパワーの両面がある。
- 【強気だったNASA】筆者には2度、30代と40代の頃、宇宙輸送の本質を思い知らされた経験がある。1980年代半ばと1990年代半ば、スペースシャトルでの日本人搭乗・宇宙実験、及び国際宇宙ステーション(ISS)・日本実験棟「きぼう」の打上げの「対価」をNASAと協議した時のこと。交渉のテーブルで目の当たりにしたのは、「世界最高の有人輸送手段」を持つ国の絶対優位な立場、強気な姿勢であった。

スペースシャトル
(1981～2011年運行)



©NASA

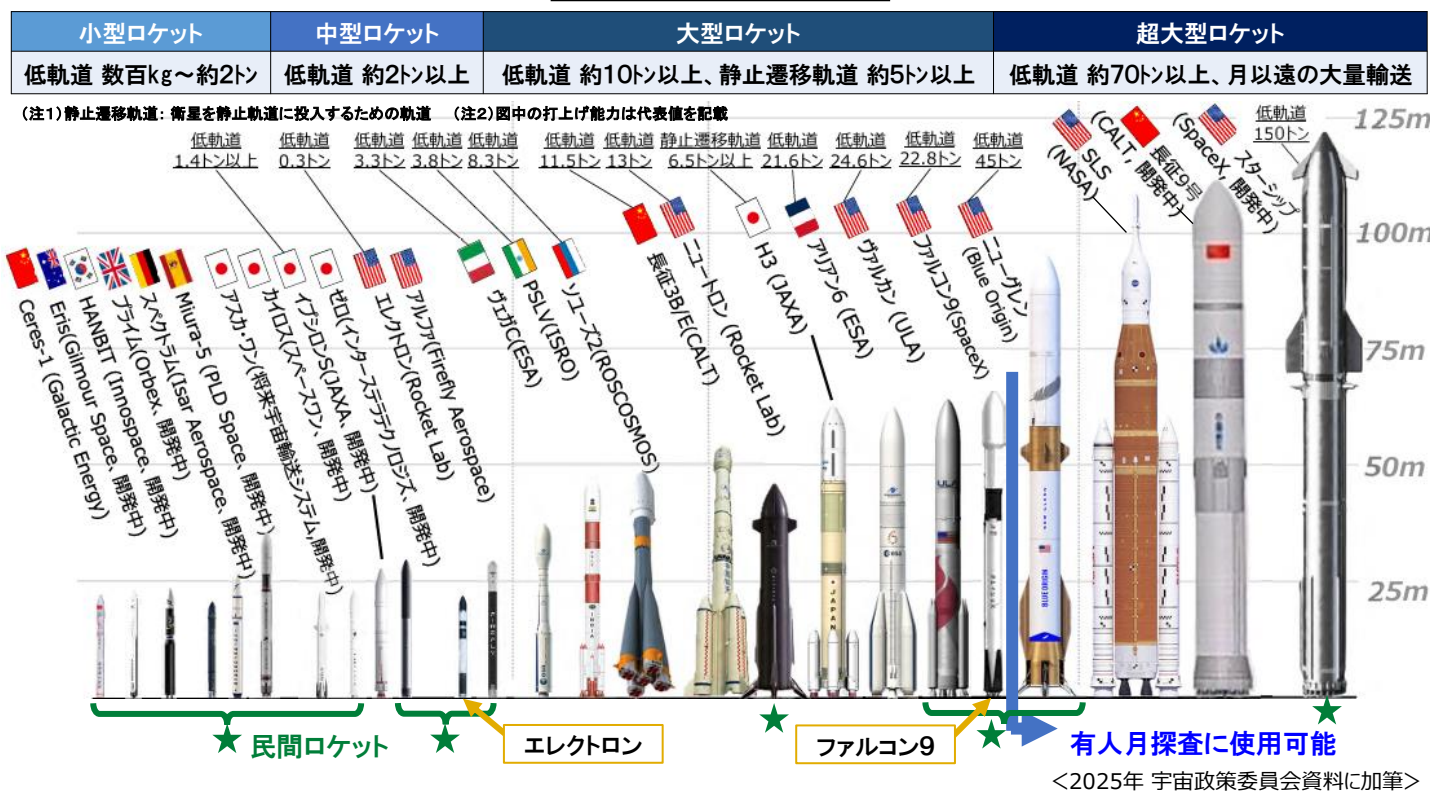
(2) 宇宙輸送のサービス調達と技術進化

- 【NASAの“大”方針転換】2003年2月、スペースシャトルが2度目の大事故を起こした（コロンビア号空中分解）。これを契機に2005年、NASAは「宇宙輸送サービスを民間企業から調達する」という方針転換を行った。翌年、NASAのISS輸送事業者公募に、全米から新旧宇宙企業20社(!)が応募。この中で、厳格な飛行実証試験（2012年）にトップ合格しNASA契約を勝ち取ったのが、新型ロケット・ファルコン9で挑む宇宙ベンチャー・スペースXであった。NASAのサービス調達導入が、今日のスペースXの躍進と宇宙ビジネスの加速に繋がっている。

(2) 宇宙輸送のサービス調達と技術進化（続き）

- 【民間の小型ロケット“ラッシュ”】 今世界では、宇宙利用用途と人類活動領域の拡大に伴い、小型から大型・超大型まで多数のロケットが官民で開発されている（図5）。コンステレーションを含む小型衛星利用の市場拡大が、様々な国で民間企業の小型ロケット開発を後押しする。スペースXは、大型ロケット・ファルコン9で小型衛星の多数・同時打上げビジネスを確立。小型衛星顧客を小型ロケットと大型ロケットが取り合っている。
- 【求められるロケット、対応する技術革新】 現代のロケットに求められる要素は、価格、信頼性、利便性、提供サービスである。これに対応するため、製造の自動化・省力化・量産化（3Dプリント等）、新手法適用（アジャイル開発等）、新エンジン開発（液体メタン燃料等）などの技術革新が進む。
- 【再使用】 かつて難関と言われ、経済性が疑われた再使用ロケット。スペースXが、ファルコン9ロケットの一部再使用でのコスト削減・商業化を実現した結果、世界では再使用ロケットを志向する動きが加速した。スペースXの次の目標は、有人月探査・完全再使用ロケットの開発である。
- 【有人月探査】 米中両国が有人月探査の先陣争いをし、超大型ロケットを開発している（図5）。米国はアルテミス計画で2028年の月着陸を目指す。同計画では、米国大富豪の宇宙ベンチャー2社（スペースX、ブルーオリジン）が有人着陸船とその運搬ロケットを開発中で、NASAに月面離着陸サービスを提供する。

図5 世界の主要ロケット



4. 日本のロケット開発

(1) 日本にあったロケットへの制約、解消への道筋

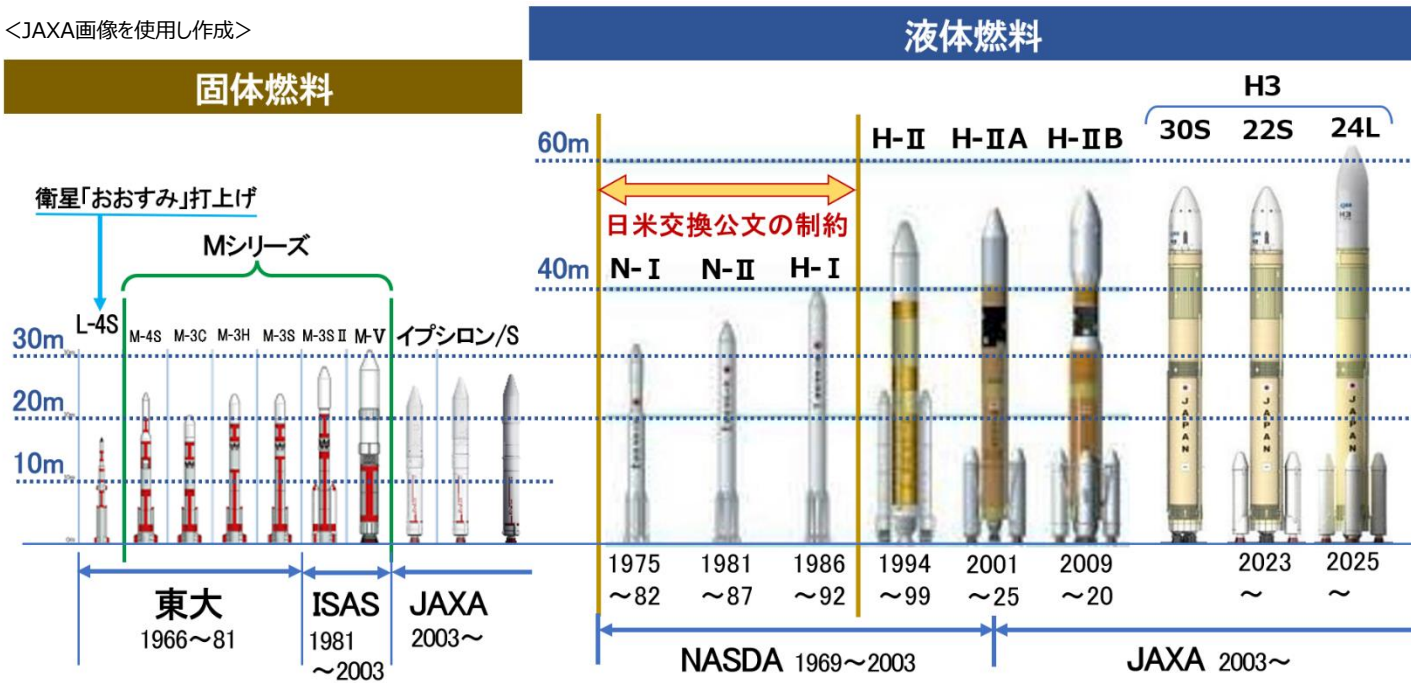
- 日本には、漁業対策、日米交換公文、国会決議という、世界でも稀有な制約のもとでロケットの開発・打上げを進めた歴史がある。これら制約は、関係者の弛まぬ尽力により順次解消され、今日に至っている。以下に紹介する。

(1) 日本にあったロケットへの制約、解消への道筋（続き）

- 【漁業対策】1967年4月～68年9月の約1年半に亘り、鹿児島県内之浦及び種子島でのロケット打上げが、一部漁業者の反対を受け停止された。政府は、「打上げ時期を漁業閑散期の冬1・2月と夏8・9月に限定する」合意を交わし事態を収拾した。打上げ時期の制約は、1990年代半ばに条件付きで緩和され、2010年に撤廃された。
- 【日米交換公文：第2章参照】日本（NASDA）は、1969～92年の20数年間、米国ロケットの技術導入の縛り（表3）のもとに大型液体ロケットの開発・打上げを行っていた（図6）。航空機事故で登場する「ブラックボックス」は、当時の宇宙関係者には、米国企業が日本人に決して開示しない機微技術を指していた。やがて1994年2月、日本は、悲願の「全国産・大型液体ロケット」H-IIの初号機成功をもって、日米交換公文の束縛から解放された。
- 【国会決議：第2章参照】1969年の国会決議で「非軍事に限る」とされていた「宇宙の平和利用」の定義が、2008年5月、「宇宙基本法」の成立をもって「非侵略、専守防衛」へと変わり、防衛省の宇宙開発利用が可能になった。

図6 日本の衛星打上げロケット（東大、ISAS、NASDA、JAXA）

<JAXA画像を使用し作成>



(2) 日本の現状

- 【基幹ロケットの稼働停止】JAXAが開発する大型液体ロケットH3と小型固体ロケット「イプシロンS」は、国の宇宙開発利用に不可欠な「基幹ロケット」と位置付けられている。だが、H3の失敗（8号機、2025年12月）とイプシロンSの開発遅延（地上試験トラブル、2024年11月等）のため、基幹ロケットは稼働停止状態にある。
- 【民間衛星打上げの海外依存】国内民間企業の衛星は、「基幹ロケット」が政府衛星等で占められているため、また、国内民間ロケットが開発途上であるため（次項(3)）、海外ロケット（図5：エレクトロン、ファルコン9、他）での打上げを余儀なくされている。
- 【新たな政府方針】国内でロケットと射場が足りず民間衛星が海外打上げとなって、資金の海外流出や国内ビジネスの機会逸失を生んでいる。事態を重く見た政府は、集中投資策を念頭に2024年5月、「2030年代前半までに官民による打上げ能力を年30機程度に拡大する」との方針（ロケット数・射場数の拡大方針：KPI30）を打ち出した。
 [補足：現状、種子島の打上げは年最大6機、内之浦は最大2機]

小型ロケットの代表格 「エレクトロン」



©Rocket Lab

(3) 新たなロケットビジネス：日本企業の取組み

- 【ベンチャー企業】代表格は、北海道大樹町に拠点を置く、2003年設立のインターステラテクノロジズ(株)である。250kg級の超小型衛星打上げ用の液体ロケットZEROを開発中で、ウーブン・バイ・トヨタが量産化技術などで資本業務提携。政府の集中投資策で高評価を得ている。
- 【ロケット射場ビジネス】大樹町が、宇宙産業を核とした地方創生・ビジネス創出を目指して「北海道スペースポート」の整備を牽引する。町と地元企業の出資で2021年に設立されたSPACE COTAN(株)が射場の運営を担う。2026年秋、ZEROロケットの打上げ設備が完成予定である。
- 【自社射場を持つ新興ロケット企業】2018年に大手企業の出資で設立されたスペースワン(株)。小型衛星打上げ用の固体ロケット「カイロス」を開発し、和歌山県串本町に整備した自社射場「スペースポート紀伊」から打ち上げている。カイロスは2024年3月～26年3月に計3回打ち上げられたが、成功に至っていない。
- 【非宇宙企業のロケット開発】2025年6月、Honda/(株)本田技術研究所が、自社開発の再使用ロケット実験機（長さ6.5m）で、日本民間企業として初めて垂直離着陸に成功した（高度300m）。2021年のプロジェクト開始から僅か4年。非宇宙企業が得意技術（燃焼、制御等）を活かし宇宙分野で実力を発揮した好例である。

Hondaロケット実験機



©Honda

5. 日本の課題、提言

(1) 「経済安全保障」視点からの課題認識

- 【打上げ能力の安定確保】宇宙活動での日本の自立性確保のためには、国産衛星を「国産ロケットにより国内射場から打ち上げる能力」を官民で安定確保することが不可欠。持続する基盤構築のため、政府の集中投資策の「民間ロケット開発」と「民間射場整備」を、中長期視点での確・厳格に遂行する必要がある。
- 【衛星ニーズ進化への対応】ミッション高度化などの衛星ニーズの進化に対応し、衛星・機器産業の国際競争力を強化したい。国内にサプライチェーンを築くとともに、開発や製造の現場で新技術・新手法を積極活用することが必要である。
- 【衛星データによる課題解決】衛星データを最新のデジタル技術及び多産業と結びつけ課題解決を図る「ソリューションサービス」の社会実装が、世界で進む。日本社会が海外企業依存に陥らぬよう、国内企業の実績拡大・競争力強化が必要である。

衛星データ分析ビジネス

(JAXA発ベンチャー漏水診断)



©天地人

(2) 国家の「基幹ロケット」視点からの課題認識

- 【短期的視野：H3、及びイプシロンS】最大・喫緊の課題はH3ロケット。8号機が昨年12月に失敗し、国家事業や国際協力で重要な衛星等が地上に留まる。原因究明と対策承認を経て、飛行再開は今年6月と発表された。イプシロンSロケット開発では、第2段固体モータの燃焼試験でトラブルが続き、初号機打上げは3年遅れの2026年度内を予定する。東大が独自研究から始めて実績を積み、日本が得意とした固体ロケット。こちらも、正念場である。
- 【中長期的視野：H3の次へ】日常の宇宙利用・活動領域が月にまで広がる10年後・15年後を見据えて、自立性確保と産業競争力強化に合う「H3の次」の基幹ロケットへの準備が必要である。JAXAは既に、「H3の段階的な高度化」から「H3の次」までの構想・シナリオ検討、及び重要技術の先行研究（ロケット再使用、製造技術革新等）を始めている。幅広い産業界・学界を宇宙分野に巻き込み、果敢に進めることを期待する。

(3) 提言：人材育成が急務

- 【課題】政府予算と産業規模が拡大し参入企業・参入者は増えるが、人材が足りない。技術を持続的に支えるプロフェッショナル人材の育成が、宇宙分野の最重要課題だと考える。
- 【何をすべきか】下記①・②により宇宙分野と地上分野の専門家が協働しシナジーを生む。並行して、短期の小プロジェクトで実践経験を積み重ねる。このような、「プロ人材育成の文化・環境(エコシステム)」を構築すべきと考える。
 - ①【宇宙分野のベテラン・退職者を活かす】若い世代がベテランと一緒に仕事をする。これにより、過去から受け継がれてきた「失敗に学んだ教訓・知見」や「目の付けどころ」など、幅広くきめ細かな「技術」を継承する。
 - ②【地上分野・他産業の先進技術・知見・人材を活かす】地上分野の成功実績・新技術・新手法を、宇宙分野に柔軟・積極的に取り入れる。そのために、他産業のプロ人材との闊達な協働を促進する。