

国立国会図書館 調査及び立法考査局

Research and Legislative Reference Bureau
National Diet Library

| | |
|----------------------------------|--|
| 論題 Title | 第2章 我が国における宇宙輸送システムの現状と課題 |
| 他言語論題 Title in other language | Chapter2, Current Situation and Issues of Space Transportation System in Japan |
| 著者 / 所属 Author(s) | 笹子 正成 (SASAKO Masashige) / 国立国会図書館調査及び立法考査局経済産業課課長 |
| 書名 Title of Book | 宇宙空間の利用をめぐる動向と課題 科学技術に関する調査プロジェクト報告書 (International Trends and Issues in the Utilization of Space) |
| シリーズ Series | 調査資料 2022-5 (Research Materials 2022-5) |
| 編集 Editor | 国立国会図書館 調査及び立法考査局 |
| 発行 Publisher | 国立国会図書館 |
| 刊行日 Issue Date | 2023-03-27 |
| ページ Pages | 23-42 |
| ISBN | 978-4-87582-907-2 |
| 本文の言語 Language | 日本語 (Japanese) |
| 摘要 Abstract | 我が国の宇宙輸送システムの中心であるロケットについて、その開発と打ち上げの現状と課題を整理し、併せて関連するスペースポート及び宇宙旅行についても概括する。 |

* この記事は、調査及び立法考査局内において、国政審議に係る有用性、記述の中立性、客観性及び正確性、論旨の明晰（めいせき）性等の観点からの審査を経たものです。

* 本文中の意見にわたる部分は、筆者の個人的見解です。

第2章 我が国における宇宙輸送システムの現状と課題

国立国会図書館 調査及び立法考査局
経済産業課長 笹子 正成

目 次

はじめに

I 宇宙産業及びロケット打ち上げの概況

1 宇宙産業の規模

2 主要国におけるロケット打ち上げの状況

II 我が国におけるロケット開発及び打ち上げ

1 基幹ロケット

2 民間によるロケット開発

III 我が国の宇宙輸送システムの今後と課題

1 ロケット開発

2 ロケット発射場の整備

3 宇宙旅行

おわりに

【要旨】

民間企業の参入によって宇宙の利用が拡大している。そのような宇宙ビジネスのうち、本稿ではその基盤となる宇宙輸送システム、特にロケットに着目する。

ロケット開発・打ち上げの主要国・地域は、米国、中国、欧州、ロシア、日本、インドである。中でも、米国のスペース X 社が低価格で打ち上げ実績を増やしている。我が国では、新型の基幹ロケットである H3 ロケットの開発や民間によるロケット開発が進められている。

我が国のロケット打ち上げに関する主な課題として、ロケット開発・打ち上げの低コスト化、スペースポートの整備、宇宙旅行が挙げられる。

安全保障等の観点から宇宙活動の自立性の確保が求められる中で、我が国のロケット開発・打ち上げは、ビジネスでは厳しい競争の中に置かれている。

はじめに

衛星通信や衛星放送、衛星画像など近年の展開が著しい宇宙空間の商業利用の中でも、ロケットの開発や打ち上げを中心とする宇宙輸送システム⁽¹⁾は、米国ではスペース X (SpaceX) 社など民間企業により、開発が官から民に移行している。また、衛星コンステレーションの構築等によりロケットの利用が拡大している。一方、我が国では、新型の基幹ロケットである H3 ロケットの開発が進められているものの、試験機 1 号機の打ち上げに遅延が生じるなど、懸念される状況も見られる。本稿では、宇宙輸送システムの開発と、その商業利用の動向と展望を概観するに当たり、特に宇宙ビジネスの基盤となるロケットを中心に、記述を進めることとする。

まず冒頭では、世界のロケットの動向を概観する。これを踏まえ、続けて我が国におけるロケットの現状を基幹ロケットと民間による開発に分けてある程度詳しく確認していく。そして、本稿のまとめとして、今後の展望に関し、ロケット開発、ロケット発射場の整備、そして宇宙輸送システムによる宇宙空間の商業利用として近年動きが広がりつつある「宇宙旅行」などに係る諸課題を明らかにすることとしたい。

I 宇宙産業及びロケット打ち上げの概況

I では、ロケットの概況として、宇宙産業の売上高及び動向を紹介する。続けて、主要国・地域（米国、欧州、ロシア、中国、インド）における現在のロケットの運用・開発状況を概観し、最後に近年のロケットの打ち上げ状況を紹介する。

* 本稿におけるインターネット情報の最終アクセス日は、2023 年 2 月 17 日である。

(1) 宇宙輸送システムとは、ロケットだけでなく、射場、試験施設、運用施設、これらの運用者及び飛行データの分析を行う技術者等が含まれるとされている（内閣府宇宙戦略室「我が国輸送システムを検討する視点」(宇宙政策委員会 宇宙輸送システム部会 第1回会合 資料4) 2013.3, p.7. <<https://www8.cao.go.jp/space/committee/yusoudail/siryoku4.pdf>>)。また、OECD では宇宙利用の主な分野である「宇宙輸送」(Space transportation) として、ロケット及び関連サブシステムの開発、打ち上げサービス、宇宙港、宇宙旅行、ロジスティクスサービスなどを挙げている。なお、月面など大気圏外を探索するための宇宙船の開発や宇宙ステーションなどは「宇宙探査」(Space exploration) として区別しており、本稿でもこれに倣うこととする (OECD, *OECD Handbook on Measuring the Space Economy*, 2nd Edition, Paris: OECD Publishing, 2022, pp.29-30. <<https://doi.org/10.1787/8bfef437-en>>)。

1 宇宙産業の規模

宇宙での多様な活動やビジネスに対し、国際的に幅広く関心が高まっているが、こうした活動に関し、国際比較が可能な統計はそれほど多くないとも指摘される⁽²⁾。ここではまず、宇宙産業の規模について、幾つかのデータを紹介する。

(1) 宇宙産業の全体規模

宇宙産業の規模を概略的に示す代表的な資料としては、米国衛星産業協会（US Satellite Industry Association: SIA）によるものがある。SIA が公表した 2021 年の宇宙関係の産業規模は、総額 3860 億ドル（約 52 兆円）⁽³⁾となっている。宇宙産業は、衛星産業の 2790 億ドル（約 38 兆円）と非衛星産業（政府の宇宙支出や商業有人飛行などから構成される。）の 1070 億ドル（約 14 兆円）に大別される。衛星産業のうち打ち上げ産業は 57 億ドル（約 7700 億円）である。衛星産業は、この他に通信・放送等のサービスを提供する衛星サービス産業が 1180 億ドル（約 16 兆円）、衛星通信・管制・電話設備、衛星携帯電話端末、衛星測位機器などから成る地上機器産業が 1420 億ドル（約 19 兆円）、衛星製造産業が 137 億ドル（約 1.8 兆円）である（表 1 参照）⁽⁴⁾。

表 1 世界の宇宙産業規模（2021 年）

| 分野 | 金額（億ドル） | 宇宙産業に占める割合 | 衛星産業に占める割合 |
|------------|---------|------------|------------|
| 衛星産業 | 2790 | 72.3% | — |
| 衛星サービス産業 | 1180 | 30.6% | 42.3% |
| 消費者向け | 984 | 25.5% | 35.3% |
| 企業向け | 172 | 4.5% | 6.2% |
| リモート・センシング | 27 | 0.7% | 1.0% |
| 地上機器産業 | 1420 | 36.8% | 50.8% |
| 消費者向け機器 | 173 | 4.5% | 6.2% |
| 衛星測位システム | 1097 | 28.4% | 39.3% |
| ネットワーク機器 | 147 | 3.8% | 5.3% |
| 衛星製造産業 | 137 | 3.5% | 4.9% |
| 打ち上げ産業 | 57 | 1.5% | 2.0% |
| 非衛星産業 | 1070 | 27.7% | — |
| 合計 | 3860 | 100% | — |

（出典）“2021 Global Satellite Industry Revenues.” US Satellite Industry Association Website <<https://sia.org/news-resources/state-of-the-satellite-industry-report/>> を基に筆者作成。

また、過去 6 年の衛星産業の売上高の推移を見ると、2016 年が 2605 億ドル（約 35 兆円）であり、2021 年は 2790 億ドル（約 38 兆円）となっている。各分野の中では地上機器産業が着実に増加している（図 1 参照）⁽⁵⁾。打ち上げ産業の売上高が衛星産業全体に占める割合は、

(2) OECD, *ibid.*, p.18.

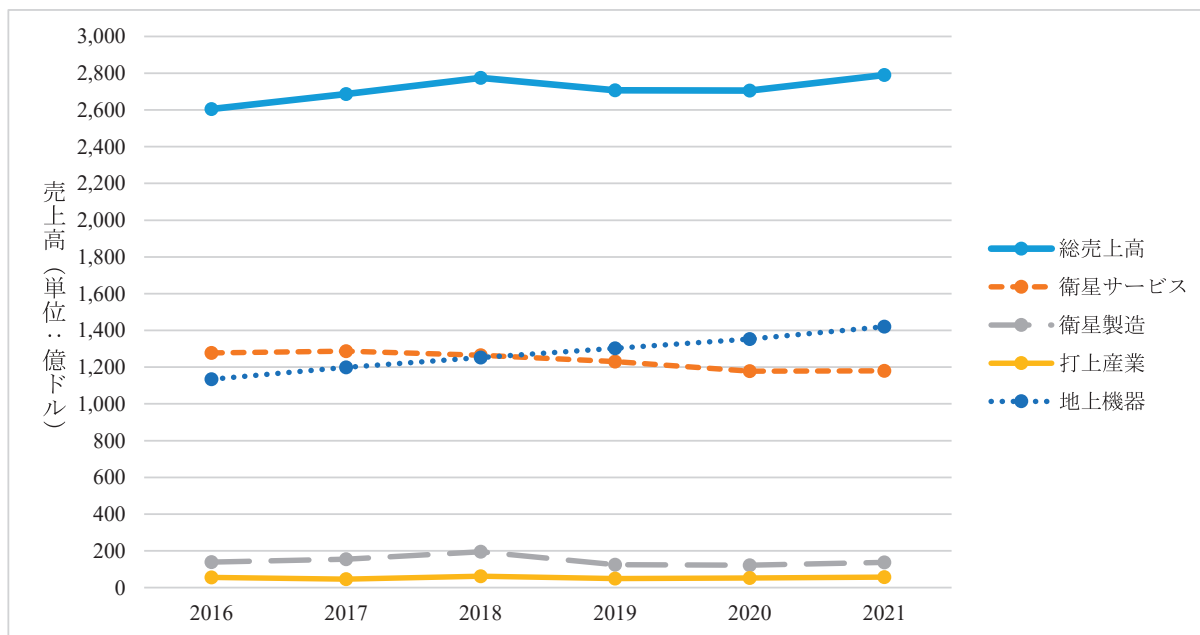
(3) 日本銀行国際局「報告省令レート（令和 5 年 2 月分）」2023.1.20. <https://www.boj.or.jp/about/services/tame/tame_rate/syorei/hou2302.htm> に基づき、1 ドル = 135 円とした円貨概算額。以下、同じ。

(4) “2021 Global Satellite Industry Revenues.” US Satellite Industry Association Website <<https://sia.org/news-resources/state-of-the-satellite-industry-report/>>

(5) 「世界の宇宙産業動向（2021年版）」『航空と宇宙』825号, 2022.9, pp.38-41. <<https://www.sjac.or.jp/pdf/publication/backnumber/202209/20220905.pdf>>

2016年は55億ドル（約7400億円）で2.1%だったが、2021年は57億ドル（約7700億円）で2.0%となっている。各年は2%前後で推移しており、数値的には大きいものとは言えない。

図1 世界の衛星産業売上高の推移（2016～2021年）



（出典）“2017 State of the Satellite Industry Report,” October 2017, p.4. BryceTech Website <https://brycetechnology.com/reports/report-documents/SIA_SSIR_2017.pdf>; “2018 State of the Satellite Industry.” *idem* <https://brycetechnology.com/reports/report-documents/SIA_SSIR_2018.pdf>; “2019 State of the Satellite Industry Report,” May 2019. *idem* <<https://brycetechnology.com/reports/report-documents/SSIR-2019-2-pager.pdf>>; “SIA State of the Satellite Industry Report,” June 2020. *idem* <https://brycetechnology.com/reports/report-documents/SIA_SSIR_2020.pdf>; “SIA State of the Satellite Industry Report,” June 2021. *idem* <https://brycetechnology.com/reports/report-documents/SIA_SSIR_2021.pdf>; “2021 Global Satellite Industry Revenues.” US Satellite Industry Association Website <<https://sia.org/news-resources/state-of-the-satellite-industry-report/>> を基に筆者作成。

(2) 我が国の宇宙産業の規模

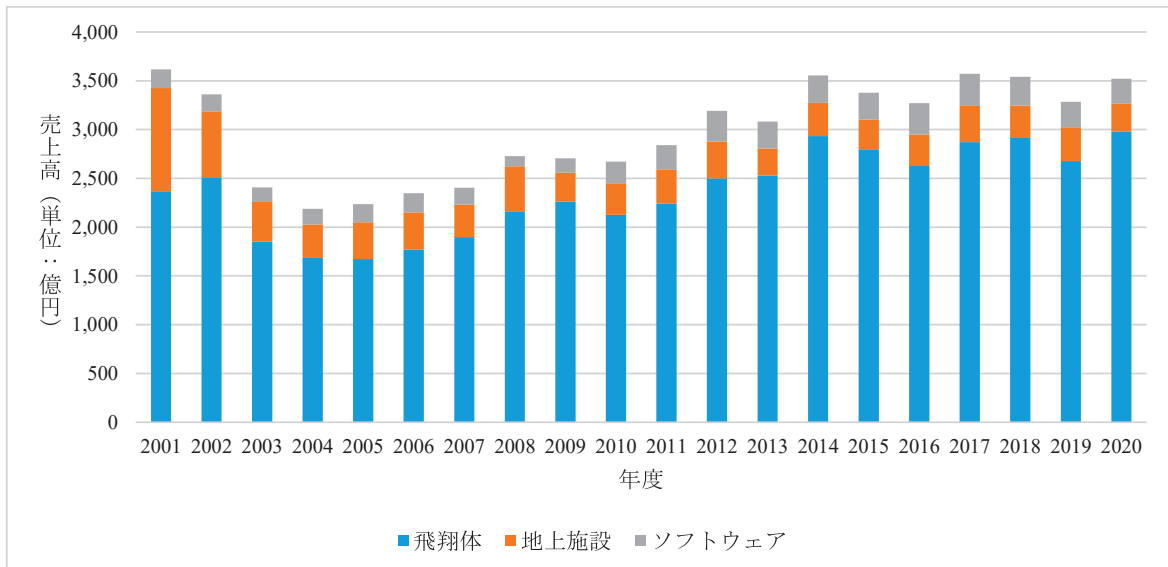
我が国の宇宙産業の規模は、日本航空宇宙工業会による調査が代表的なものである。先に紹介した SIA による調査とは異なり、衛星サービス産業は含まれておらず、地上機器産業のうち消費者向けの製品も含まれていないなど対象範囲は異なるが、同会が調査した 2020 年度の宇宙機器関連企業の売上高は、3521 億円であった。分野別では、飛翔体（ロケット、人工衛星等）が 2981 億円、地上施設が 285 億円、ソフトウェアが 255 億円である。さらに飛翔体の内訳を見ると、ロケットが 1053 億円、人工衛星が 1536 億円、宇宙ステーション補給機 309 億円、宇宙ステーションが 83 億円となっており、ロケットと人工衛星で全体の 7 割以上を占めている⁽⁶⁾。

なお、過去 20 年間の宇宙機器関連企業の売上高は、2003 年の H-IIA ロケット 6 号機の打ち上げ失敗によるロケット打ち上げ数の減少等により⁽⁷⁾、2000 年代前半に一時減少したものの、近年は 2001 年とほぼ同水準で推移している（2001 年度の売上高は 3618 億円であった。）（図 2 参照）。

(6) 「令和 3 年度 宇宙機器産業実態調査報告書」概要『航空と宇宙』819 号, 2022.3, p.9. <https://www.sjac.or.jp/pdf/data/5_R3_uchu.pdf>

(7) 「平成 15 年度宇宙機器産業実態調査報告書」概要について『航空と宇宙』611 号, 2004.11, pp.32-33.

図2 宇宙機器産業の分野別売上高の推移（2001～2020年度）



(出典) 「令和3年度宇宙機器産業実態調査報告書」概要『航空と宇宙』819号, 2022.3, pp.9-10. <https://www.sjac.or.jp/pdf/data/5_R3_uchu.pdf> を基に筆者作成。

2 主要国におけるロケット打ち上げの状況

現在、衛星打ち上げ用のロケットを自国・地域で開発し運用を行っているのは、我が国のほか、米国、欧州、ロシア、中国、インドなどである。

(1) 米国のロケット

米国では、スペースシャトルが商業衛星などの積載物を高い信頼性でかつ機体等の再使用により低コストで運搬する方法として期待された。しかし、1986年のチャレンジャー号の事故によりスペースシャトルによる商業衛星の打ち上げが禁止された。そのため使い捨ての従来型ロケットの開発が再開された⁽⁸⁾。スペースシャトルは探査機の打ち上げや国際宇宙ステーション (International Space Station: ISS) への輸送手段として引き続き使用されたが、2011年に退役した。

航空宇宙局 (National Aeronautics and Space Administration: NASA) は、「1998年商業宇宙法」(Commercial Space Act of 1998) により宇宙輸送システムを、商業宇宙輸送サービスを購入する方式に移行することになったため、スペースシャトルに代わる輸送手段として、民間の開発を支援し、輸送サービスを「商業軌道輸送サービス」(Commercial Orbital Transportation Services: COTS) の形で調達することとした⁽⁹⁾。COTSは2段階に分けられ、第1段階は企業が低軌道 (高度2,000km以下) に貨物や乗組員を輸送する能力の開発をNASAが支援するもの (COTSプログラム) であり、第2段階はISS (高度約400km) への物資等の輸送のために、NASAが「既製品」(commercial off-the-shelf) のサービスの購入契約を締結するものである⁽¹⁰⁾。

2006年にCOTSプログラムのパートナーに選ばれた企業の一つが、スペースX社であっ

(8) National Aeronautics and Space Administration, *Commercial Orbital Transportation Services A New Era in Spaceflight*, 2018, pp.2-5. <<https://www.nasa.gov/sites/default/files/files/SP-2014-617.pdf>>

(9) *ibid.*, p.12.

(10) *ibid.*, p.16.

た⁽¹¹⁾。同社はISSへの輸送手段である宇宙船ドラゴン (Dragon) を開発し、打ち上げ手段となるロケットのファルコン9 (Falcon 9) の打ち上げに2010年に初めて成功した⁽¹²⁾。NASAとスペースX社によるCOTSプログラムは2012年で終了したが、これらの開発等によりスペースシャトルの退役から1年足らずで、ISSへの補給サービスを確保できたとNASAでは評価している⁽¹³⁾。このようにして開発されたファルコン9は、第1段のロケットを回収し、再使用するなど低コストが大きな特徴である⁽¹⁴⁾。1回当たりの打ち上げ費用が5000万ドル(約68億円)弱と他のロケットに比べて「格安」であるため(表2参照)⁽¹⁵⁾、2021年は31回打ち上げられており、同年の米国でのロケット打ち上げの半数以上を占めている⁽¹⁶⁾。また、スペースX社では、ファルコン9の第1段ロケット2本をブースターにした強力型のファルコン・ヘビー (Falcon Heavy) も2018年から打ち上げている⁽¹⁷⁾。

このほか、米国の大型ロケットとして、代表的な航空宇宙企業であるボーイング (Boeing) 社が開発したデルタIV (Delta IV)、ロッキード・マーチン (Lockheed Martin) 社が開発したアトラスV (Atlas V) がある。これらのロケットは両社の合弁企業であるユナイテッド・ローンチ・アライアンス (United Launch Alliance: ULA) 社が打ち上げの運営を行っている⁽¹⁸⁾。これらの後継機として、ULA社によりバルカン (Vulcan) の開発が進められている⁽¹⁹⁾。

米国ではスペースX社に続いて、新興企業によるロケットの開発・打ち上げが行われている。主なものとして、ロケット・ラボ (Rocket Lab) 社の小型ロケットエレクトロン (Electron) や開発中の中型ロケットニュートロン (Neutron)⁽²⁰⁾、ブルー・オリジン (Blue Origin) 社の大型ロケットニューグレン (New Glenn)⁽²¹⁾ などがある。ノースロップ・グラマン (Northrop Grumman) 社の中型ロケットアンタレス (Antares) は、元はオービタル・サイエンシズ (Orbital Sciences) 社がNASAとのCOTSプログラムにより、ISSへの補給を目的としてシグナス (Cygnus) 補給船とともに開発したものである⁽²²⁾。

(2) その他の主要国のロケット

欧州におけるロケットの開発は、欧州宇宙機関 (European Space Agency: ESA) に集約され

(11) *ibid.*, p.30.

(12) *ibid.*, p.51.

(13) *ibid.*, p.92.

(14) 2015年に再着陸に成功、再使用を開始したのは2017年からである (“Mission.” SpaceX Website <<https://www.spacex.com/mission/>>).

(15) 日本航空宇宙工業会編『世界の航空宇宙工業 令和4年版』日本航空宇宙工業会, 2022, p.103.

(16) 「世界の宇宙産業動向 (2021年版)」前掲注(5), p.44.

(17) “Falcon Heavy.” SpaceX Website <<https://www.spacex.com/vehicles/falcon-heavy/>>; “Mission,” *op.cit.*(14)

(18) 2021年の打ち上げ回数は、デルタIVが1回、アトラスVが4回であった (「世界の宇宙産業動向 (2021年版)」前掲注(5), p.44.)。

(19) “Launch Services.” United Launch Alliance Website <<https://www.ulalaunch.com/launch-services/>>; 日本航空宇宙工業会編 前掲注(15), p.102.

(20) エレクトロンは第1段の回収、再使用が行われている。ニュートロンも再使用が可能とされている (“ELCTRON.” Rocket Lab Website <<https://www.rocketlabusa.com/launch/electron/>>; “NEUTRON.” *idem* <<https://www.rocketlabusa.com/launch/neutron/>>).

(21) ニューグレンは現在開発中であり、第1段の再使用が可能とされている (“NEW GLENN.” Blue Origin Website <<https://www.blueorigin.com/new-glenn/>>).

(22) オービタル・サイエンシズ社は、その後合併によりオービタル ATK 社となり、2018年にノースロップ・グラマン社に買収された (「アンタレスロケット」宇宙航空研究開発機構 (JAXA) 有人宇宙技術部門ウェブサイト <<https://humans-in-space.jaxa.jp/iss/launch/antares/>>).

ている⁽²³⁾。打ち上げに有利とされている南米赤道近くのフランス領ギアナに発射場があり、商業打ち上げに早くから取り組んでいる⁽²⁴⁾。現在運用されているロケットは、1997年に初打ち上げされたアリアン5 (Ariane 5) である。後継機としてアリアン6 (Ariane 6) の開発が進められている。アリアン5は大型ロケットのため、それを補う中型ロケットとして、2011年からロシアのソユーズ (Soyuz) を輸入し打ち上げていた。しかし、ウクライナ侵攻に伴うEUによる制裁措置に対抗して、2022年3月にロシアは協力を凍結した⁽²⁵⁾。なお、このほかに小型ロケットとしてヴェガ (Vega) を2012年から打ち上げている。

ロシアでは、ソユーズ、プロトンM (Proton M) を運用中であり、これらの後継機としてアンガラ (Angara) を開発中とされている⁽²⁶⁾。

中国では、低軌道向けの長征2号、静止衛星打ち上げ用に開発された長征3号及び長征4号が運用されている。次世代ロケットとして、超大型の長征5号、中小型の長征6号、大型の7号及び8号、長征シリーズ初の固体ロケットである長征11号の開発を進めており、2015年以降に相次いで打ち上げを開始している。さらには、宇宙ステーションや有人月探査向けの超大型ロケット長征9号の開発を計画している⁽²⁷⁾。また、近年では民間開発のロケットの打ち上げも行われている⁽²⁸⁾。

インドでは、静止衛星打ち上げ用のGSLV (Geo Synchronous Launch Vehicle) 及び極軌道⁽²⁹⁾衛星打ち上げ用のPSLV (Polar Satellite Launch Vehicle) を運用している⁽³⁰⁾。

主要国の主な大型ロケットの概要を表2にまとめた。

(23) 欧州宇宙機関の詳細については、国立国会図書館調査及び立法考査局 編『宇宙政策の動向—科学技術に関する調査プロジェクト2016報告書—』(調査資料2016-5) 国立国会図書館, 2017.3, pp.81-85. <<https://dl.ndl.go.jp/pid/10314923>> を参照。

(24) 同上, pp.82-83. ロケットの打ち上げの実施は欧州各国の企業が出資したアリアンスペース (Arianespace) 社が担当している。

(25) “Suspension of Soyuz launches operated by Arianespace & Starsem,” March 4, 2022. Arianespace Website <<https://www.arianespace.com/press-release/suspension-of-soyuz-launches-operated-by-arianespace-starsem/>>

(26) 日本航空宇宙工業会編 前掲注(15), pp.100-101.

(27) 同上, pp.104-105, 425-431.

(28) 同上, pp.430-431. 中国での民間開発ロケットの打ち上げは、2019年7月に北京星際榮耀空間科技有限公司のロケット「双曲線1号遥1 (SQX-1 Y1)」が初めて成功した(「中国の民間ロケット、打ち上げに初成功」2019.7.26. Science Portal China ウェブサイト <https://spc.jst.go.jp/news/190704/topic_5_01.html>)。

(29) 極軌道とは、北極及び南極の上空を周回する軌道のこと。

(30) 日本航空宇宙工業会編 前掲注(15), p.106.

表2 主要国で運用中の主な大型ロケットの概要

| | | | | | |
|-------------------------------|---------|----------|-----------|--------------|-------|
| ロケット名 | H-IIA | デルタIV | アトラスV | ファルコン9 | アリアン5 |
| 国名 | 日本 | 米国 | | | 欧州 |
| 全長（メートル） | 53 | 63-72 | 61-76 | 70 | 54.8 |
| 全備重量（トン） | 289-443 | 250-733 | 334-569 | 549 | 780 |
| 低軌道（LEO）打ち上げ能力（トン）（注1） | 10 | 9.4-28.8 | 8.1-18.8 | 22.8 | 20 |
| 静止トランスファ軌道（GTO）打ち上げ能力（トン）（注2） | 4-5.95 | 4.2-14.2 | 2.7-8.9 | 8.3 | 10.5 |
| 1回当たりの推定打ち上げ価格（100万ドル） | 100 | 164-400 | 109-179 | 49 （再使用型） | 178 |
| 初打ち上げ年（注3） | 2001 | 2002 | 2002 | 2010 | 1996 |
| ロケット名 | ソユーズ | プロトンM | 長征3 | GSLV | |
| 国名 | ロシア | | 中国 | インド | |
| 全長（メートル） | 44-49.5 | 58 | 52.5-56.3 | 43.4-49 | |
| 全備重量（トン） | 157-305 | 705 | 241-459 | 415-640 | |
| 低軌道（LEO）打ち上げ能力（トン）（注1） | 3-7.8 | 23 | 8.5-12 | 5-8 | |
| 静止トランスファ軌道（GTO）打ち上げ能力（トン）（注2） | 3.3 | 6.3 | 2.6-5.5 | 2.5-4 | |
| 1回当たりの推定打ち上げ価格（100万ドル） | 40-213 | 65 | 70 | 47 | |
| 初打ち上げ年（注3） | 2001 | 2001 | 1994 | 2001 | |

（注1） 低軌道（Low Earth Orbit: LEO）とは、地表から高度2,000km以下の高度を周回する軌道を指す。ISSもLEOを周回している。

（注2） 静止トランスファ軌道（Geostationary Transfer Orbit: GTO）とは、高度3万6000kmにある静止軌道に人工衛星を直接打ち上げることは力学的に困難なため、遠地点高度が静止軌道と同じである楕円軌道に人工衛星を一旦投入するための軌道。同軌道に投入後に人工衛星を静止軌道に移動させる。なお、打ち上げ能力はロケットが宇宙空間に人工衛星などの物体を運送できる重量（トン）で表記している。

（注3） 初打ち上げ年は、同一シリーズで運用中のタイプが複数ある場合は最初に打ち上げられたものとした。

（出典）「海外ロケットとの比較」JAXA宇宙輸送技術部門ウェブサイト <<https://www.rocket.jaxa.jp/column/knowledge/compare.html>>; The Federal Aviation Administration's Office of Commercial Space Transportation, *Annual Compendium of Commercial Space Transportation: 2018*, 2018.1, pp.106-249. <https://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/ast/media/2018_ast_compendium.pdf> を基に筆者作成。

（3）近年のロケット打ち上げ状況

日本航空宇宙工業会によれば、2021年の世界のロケット打ち上げのうち、軌道投入ロケットの実績は146回（うち商業打ち上げは113回）である。国別の内訳では、中国が55回と最多で、以下米国51回、ロシア24回、欧州7回、日本3回、インド2回などである。過去6年の打ち上げ実績では、2016年には85回だったのが年々増加しており、2021年は前年の114回から急増している。特に中国と米国が打ち上げ回数を2016年から2倍以上増加させている点が注目される（表3参照）⁽³¹⁾。中国の打ち上げ回数増は、独自の宇宙ステーションの建設や防衛目的での衛星の打ち上げが要因とされている⁽³²⁾。米国については、スペースX社による打

(31) 「世界の宇宙産業動向（2021年版）」前掲注(5), pp.43-45.

(32) 「スペースX、宇宙に週1便 米国ロケット、低コスト化先行 日本は「費用半減」急ぐ」『日本経済新聞』2022.11.25.

ち上げがビジネスとして順調に成長したことが理由である⁽³³⁾。なお、ウクライナ情勢を受けて、欧米や我が国の企業ではロシアのロケットによる人工衛星打ち上げを見直す動きがあり、今後の打ち上げ実績にも影響する可能性がある⁽³⁴⁾。

表3 国別ロケット打ち上げ回数（2016～2021年）

| | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 合計 |
|-----|------|------|------|------|------|------|-----|
| 中国 | 22 | 18 | 39 | 34 | 40 | 55 | 208 |
| 米国 | 22 | 29 | 31 | 21 | 44 | 51 | 198 |
| ロシア | 17 | 19 | 17 | 22 | 14 | 24 | 113 |
| 欧州 | 11 | 11 | 11 | 9 | 7 | 7 | 56 |
| インド | 7 | 5 | 7 | 6 | 2 | 2 | 29 |
| 日本 | 4 | 7 | 6 | 2 | 4 | 3 | 26 |
| その他 | 2 | 1 | 3 | 8 | 3 | 4 | 21 |
| 合計 | 85 | 90 | 114 | 102 | 114 | 146 | 651 |

(注) 打ち上げ回数には失敗であったものを含む。

(出典) 「世界の宇宙産業動向(2021年版)」『航空と宇宙』825号, 2022.9, pp.43-46. <<https://www.sjac.or.jp/pdf/publication/backnumber/202209/20220905.pdf>>; The Federal Aviation Administration's Office of Commercial Space Transportation, *Annual Compendium of Commercial Space Transportation: 2018*, 2018.1, pp.39-40. <https://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/ast/media/2018_ast_compendium.pdf>; *idem*, *Annual Compendium of Commercial Space Transportation: 2017*, 2017.1, pp.39-40. <https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/space/additional_information/2017_AST_Compendium.pdf> を基に筆者作成。

II 我が国におけるロケット開発及び打ち上げ

ロケット開発の主体は、米国だけでなく、我が国においても官から民への移行が進められている。IIでは、最初に我が国の基幹ロケットと位置付けられているH-IIA/Bロケット、H3ロケット及びイプシロンロケットの現状を紹介する。続いて、民間のロケット開発について、その前提となる法整備、宇宙航空研究開発機構（Japan Aerospace Exploration Agency: JAXA）等による支援活動に触れ、民間のロケット開発プロジェクトを取り上げる。

1 基幹ロケット

2020年に策定された「宇宙基本計画」（令和2年6月30日閣議決定）では、産業・科学技術基盤を始めとする宇宙活動を支える総合的な基盤の強化に関し、その基本的な考え方として、「測位や通信、情報収集等、我が国の安全保障の確保や災害対策・国土強靱化に不可欠な機能

(33) スペースX社による打ち上げは、2017年が18回、2018年が21回、2019年が13回、2020年が25回、2021年が31回であった（The Federal Aviation Administration's Office of Commercial Space Transportation, *Annual Compendium of Commercial Space Transportation: 2018*, 2018.1, p.43. <https://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/ast/media/2018_ast_compendium.pdf>; 「工業会活動 世界の宇宙産業動向」『航空と宇宙』789号, 2019.9, p.21. <<https://www.sjac.or.jp/pdf/publication/backnumber/201909/20190905.pdf>>; 「工業会活動 世界の宇宙産業動向」『航空と宇宙』801号, 2020.9, p.11. <<https://www.sjac.or.jp/pdf/publication/backnumber/202009/20200904.pdf>>; 「世界の宇宙産業動向」『航空と宇宙』814号, 2021.10, p.25. <<https://www.sjac.or.jp/pdf/publication/backnumber/202110/20211005.pdf>>; 「世界の宇宙産業動向(2021年版)」前掲注(5), p.44.)。

(34) “Russian space chief says cooperation with Europe now impossible,” March 25, 2022. Reuters Website <<https://www.reuters.com/business/aerospace-defense/russian-space-chief-says-rocket-launches-europe-will-be-replaced-2022-03-24/>>; 「宇宙開発も脱ロシア ロケット、スペースXに切り替えも」『日本経済新聞』2022.4.24.

を担い、これからの社会システムにおいて基本的な役割を果たす衛星とその打ち上げに必要な宇宙輸送システム等については、…(中略)…我が国自身が自立的に開発・運用できる能力を官民が連携して将来にわたって継続的に強化していく。」としている。同計画では宇宙活動の自立性の確保のため、H-IIA/B ロケット、イプシロンロケットに加え、H3ロケットを基幹ロケットと位置付けている⁽³⁵⁾。なお、H-IIA/B ロケット、その後継であるH3ロケットは大型衛星の打ち上げが可能な大型の液体ロケットであり、イプシロンロケットは小型衛星を効率良く打ち上げる小型の固体ロケットである⁽³⁶⁾。

(1) H-II A/B ロケット

H-IIAロケットは、1994年に開発された我が国初の純国産液体ロケットであるH-IIロケットを基に、信頼性の向上や低コスト化を図ることを目的として開発され、2001年に試験機の打ち上げに成功した。2007年の13号機打ち上げ以降、打ち上げ事業はJAXAから三菱重工業に移管され、JAXAは打ち上げ安全監理業務（地上安全確保業務、飛行安全確保業務、カウントダウン時の総合指揮業務等）を担当している⁽³⁷⁾。

H-IIAロケットは、2023年1月までに46機が打ち上げられている⁽³⁸⁾。このうち失敗したのは1回のみで、成功率は97.8%と高いものとなっている。しかし、これまでにH-IIAロケットが宇宙に輸送したのは、情報収集衛星や観測衛星、気象衛星など政府関連のものが大半であり、商業衛星の打ち上げは、外国政府の衛星も含め5回のみである（表4参照）⁽³⁹⁾。H-IIAロケットは、2024年度まで運用される予定とされている⁽⁴⁰⁾。

また、ISSへの物資輸送などを目的として、2009年9月、H-IIAロケットの打ち上げ能力を高めたH-IIBロケットも開発された。同ロケットについては、2020年7月に打ち上げた9号機で運用を終了している⁽⁴¹⁾。

(35) 「宇宙基本計画」（令和2年6月30日閣議決定）p.27. 内閣府ウェブサイト <https://www8.cao.go.jp/space/plan/kaitei_fy02/fy02.pdf>

(36) ロケットの種類は、エンジンの燃料の形状によって液体ロケットと固体ロケットがある。液体ロケットでは、推進剤は、一般的に燃料（液体水素など）と酸化剤（液体酸素など）が別々のタンクに入れられており、それぞれ燃焼室に送られる。燃焼室に推進剤を送り込む方法として、「ガス圧式」、「タービン式」などがある。構造が複雑なため、固体ロケットに比べ開発・製作・取扱いなどが容易でないが、誘導制御が容易という利点があるとされている（「ロケットの燃料は何でできているのですか？」ファン！ファン！JAXA！ウェブサイト <<https://fanfun.jaxa.jp/faq/detail/294.html>>）。

(37) 「[H-IIAロケット]」JAXA 宇宙輸送技術部門ウェブサイト <<https://www.rocket.jaxa.jp/rocket/h2a/>>

(38) 2023年1月26日に46号機の打ち上げに成功した（「H-IIAロケット46号機による情報収集衛星レーダ7号機の打ち上げ結果について」2023.1.26. 三菱重工業ウェブサイト <<https://www.mhi.com/jp/news/23012604.html>>）。

(39) 「打ち上げ実績（2003年10月～）」JAXA ウェブサイト <https://www.jaxa.jp/projects/result_j.html>; 「衛星打ち上げロケット / 飛行実験 / 人工衛星・探査機実績（1966～2003年9月）」同 <https://www.jaxa.jp/projects/past_project/index_j.html>; 「MHI 打ち上げ輸送サービス：打ち上げ実績」三菱重工業ウェブサイト <https://www.mhi.com/jp/products/space/launch_srv_achievement.html>

(40) H-IIAロケットの退役は2023年度を予定していたが、2022年12月に改訂された「宇宙基本計画工程表（令和4年度改訂）」（令和4年12月23日宇宙開発戦略本部決定）p.30. 内閣府ウェブサイト <https://www8.cao.go.jp/space/plan/plan2/kaitei_fy04/kaitei_fy04.pdf> では、2024年度もH-IIAロケットの打ち上げが予定されていることが明示されている。

(41) 「[H-IIBロケット]」JAXA 宇宙輸送技術部門ウェブサイト <<https://www.rocket.jaxa.jp/rocket/h2b/>>

表4 H-IIAロケットにより打ち上げられた商業衛星（2023年1月現在）

| 号機 | 日時 | 衛星 | 概要 |
|------|-------------|-----------------------|----------------------------|
| 21号機 | 2012年5月18日 | アリラン3号 (KOMPSAT-3) | 韓国航空宇宙研究院の多目的実用衛星（相乗り打ち上げ） |
| 29号機 | 2015年11月24日 | Telstar 12 VANTAGE | カナダテレサット（Telesat）社の通信放送衛星 |
| 40号機 | 2018年10月29日 | KhalifaSat | アラブ首長国連邦の観測衛星（相乗り打ち上げ） |
| 42号機 | 2020年7月20日 | HOPE | アラブ首長国連邦の火星探査機 |
| 45号機 | 2021年12月23日 | Inmarsat-6 F1 | 英国インマルサット（Inmarsat）社の通信衛星 |

（出典）「MHI 打ち上げ輸送サービス：打ち上げ実績」三菱重工業ウェブサイト <https://www.mhi.com/jp/products/space/launch_srv_achievement.html>; 「H2A 打ち上げ成功、初の海外衛星アリラン3号など軌道に」2012.5.18. 科学技術振興機構サイエンスポータルウェブサイト <https://scienceportal.jst.go.jp/newsflash/20120518_01/index.html>; 「H-IIA ロケット29号機でテレサット社のTelstar 12 VANTAGEを軌道投入 初の商業衛星打ち上げ輸送サービスに成功」2015.11.24. 三菱重工業ウェブサイト <<https://www.mhi.com/jp/news/1511245704.html>>; 「UAE ドバイ政府宇宙機関 MBRSC の観測衛星 KhalifaSat を軌道投入 H-IIA ロケット40号機の打ち上げ成功」2018.10.29. 同 <<https://www.mhi.com/jp/news/1810295974.html>>; 「UAE ドバイ政府宇宙機関 MBRSC の火星探査機「HOPE」を軌道投入 H-IIA ロケット42号機の打ち上げ成功」2020.7.20. 同 <<https://www.mhi.com/jp/news/20200720.html>>; 「H-IIA ロケット45号機による通信衛星 Inmarsat-6 F1 の打ち上げ結果について」2021.12.23. 同 <<https://www.mhi.com/jp/news/21122302.html>> を基に筆者作成。

(2) H3 ロケット

H3ロケットは、H-IIAロケットの後継となる新型基幹ロケットとして2014年度からJAXAと三菱重工業との共同で開発が進められている。開発の主要な目的は、我が国の宇宙活動の「自律性」と打ち上げ市場における「国際競争力」の確保であり、商業衛星打ち上げを受注することで一定機数の売上げを確保し、産業基盤の維持・強化を図る狙いがある⁽⁴²⁾。このため、H-IIAロケットの強みである「高い信頼性」に加え、①競争力のある打ち上げ能力と価格、②機体の自動点検の導入等による発射場の運用性（射場運用性）の改善と希望打ち上げ時期への対応、③振動の少ない乗り心地の良い機体、の3点を開発仕様に反映したとされる⁽⁴³⁾。

打ち上げ能力については、地球低軌道から静止トランスファー軌道、さらには地球脱出軌道まで、様々な軌道に向け、多種多様な大きさ、重さの衛星を打ち上げることができ、特に、商業衛星の打ち上げ需要が多い静止トランスファー軌道に、欧州のアリアン5と同等の能力である約2～7トンの衛星を打ち上げることが可能とされている⁽⁴⁴⁾。1回当たりの打ち上げ価格はH-IIAロケットの約半額となる約50億円を目指すとしている⁽⁴⁵⁾。コスト削減に当たっては、構想段階から構成要素ごとに要求コストを設定し、その中に収まるように設計する、電子機器の9割に自動車用部品を採用する、機能試験を自動化することなどにより発射場での作業日数を従来の2か月程度から1か月程度に短縮するなどの工夫を実施している⁽⁴⁶⁾。また、開発体

(42) 奈良登喜雄ほか「基幹ロケット H3 の開発状況と今後の展望」『三菱重工技報』Vol.58 No.4, 2021, p.1. <<https://www.mhi.co.jp/technology/review/pdf/584/584040.pdf>>

(43) 同上

(44) 「H3 ロケットとは」JAXA 宇宙輸送技術部門ウェブサイト <<https://www.rocket.jaxa.jp/rocket/h3/outline.html>>

(45) 宇宙航空研究開発機構「H3 ロケット基本設計結果について」（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（第28回）資料28-3-1）2016.6.14, pp.3-4. 文部科学省ウェブサイト（国立国会図書館インターネット資料収集保存事業（WARP）により保存されたページ）<https://warp.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/11293659/www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/059/shiryo/_icsFiles/afieldfile/2016/06/28/1372813_6.pdf>

(46) 岡田匡史ほか「技術を集大成して全方位コスト削減 筋肉質の「使い捨て」で世界に挑む（特集 H3 ロケット 世界に挑む）」『日経ものづくり』797号, 2021.2, pp.42-45.

制も見直し、三菱重工業がプライムコントラクター（元請け）となって、実際の設計や製造技術の開発、外注先の選定も同社が担当する一方、JAXA はロケットエンジンや管制センサーユニットなどのキー技術の開発に専念することとなった⁽⁴⁷⁾。

当初は2020年度に試験機1号機の打ち上げを目指していたが、第1段エンジン用として新たに開発したLE-9エンジンの技術的課題により2度にわたり打ち上げを延期した⁽⁴⁸⁾。2023年2月17日に試験機1号機を打ち上げる予定としていたが、1段機体システムが異常を検知し、固体ロケットブースターの着火信号を送出しなかったため、中止した（2023年2月時点）⁽⁴⁹⁾。

(3) イプシロンロケット

イプシロンロケットは、科学衛星打ち上げ用ロケットとして開発されたM（ミュー）シリーズ（2006年で運用終了）⁽⁵⁰⁾の後継機として、これまでのロケット技術を継承し、より安価で信頼性の高い性能を実現するため、JAXA と IHI エアロスペースが開発した固体燃料ロケット⁽⁵¹⁾である。開発に当たってはM-Vロケット⁽⁵²⁾と機体を、H-IIAロケットと機器及び部品をそれぞれ共通化することで、短期間・低コストでの開発を目指した⁽⁵³⁾。

2013年に1号機の打ち上げに成功し、2018年に打ち上げた4号機ではライドシェア（複数の小型衛星をロケットに相乗りさせる打ち上げ方式）が可能となった。5号機までは続けて打ち上げに成功している⁽⁵⁴⁾。しかし、2022年10月に打ち上げた6号機の打ち上げは、失敗に終わっている⁽⁵⁵⁾。

近年、人工衛星の打ち上げ市場においては、小型化・集積化の技術進展により、小型衛星、超小型衛星、キューブサット（CubeSat）⁽⁵⁶⁾といった多様な衛星を打ち上げるサービスへの需要が内外を問わず高まりを見せている。こうした需要に対応するとともに、(2)で述べたH3ロケットとのシナジー効果を発揮させ、国際競争力を強化することを目的として、2020年3月に「イプシロンSロケットプロジェクト」が発足した。同プロジェクトでは、イプシロンロケットの打ち上げ輸送サービス事業を基本的に民間事業者に担わせることで、自立的かつ持続

(47) 同上, pp.44-45.

(48) 宇宙航空研究開発機構「H3ロケットの試験機1号機の打上げについて」2022.1.21. <https://www.jaxa.jp/press/2022/01/20220121-1_j.html>

(49) 宇宙航空研究開発機構「H3ロケット試験機1号機による先進光学衛星「だいち3号」(ALOS-3)の本日の打上げ中止について」2023.2.17. <https://www.jaxa.jp/press/2023/02/20230217-1_j.html>

(50) M（ミュー）シリーズは、1970年に日本初の人工衛星「おおすみ」を打ち上げたL（ラムダ）ロケットの後継として開発され、1970年代から2000年代にかけて我が国の科学衛星の打ち上げに用いられた（「国産ロケットの系譜」JAXA 宇宙輸送技術部門ウェブサイト <<https://www.rocket.jaxa.jp/column/knowledge/genealogy.html>>; 「打上げ用ロケット」JAXA 宇宙科学研究所ウェブサイト <https://www.isas.jaxa.jp/missions/launch_vehicles/>）。

(51) 固体ロケットでは、ロケットの推進剤として、一般的に燃料（ブタジエン系の合成ゴムなど）と酸化剤（過塩素酸アンモニウムなど）を均一に混ぜ合わせて固めたものを使用している。液体燃料ロケットに比べて誘導制御などが難しいとされているが、構造が簡単なので、信頼性が高く、開発・製作・取扱いが容易であり、同じ大きさの液体燃料ロケットと比較すると、大きな推力を出すことができるとされている（「ロケットの燃料は何でできているのですか？」前掲注(36)参照）。

(52) M-VロケットはMシリーズの第5世代として開発され、小惑星探査機「はやぶさ」などの打ち上げに使用された。同ロケットは、技術的には高く評価されたが、2006年9月に打ち上げられた7号機をもって、低コストのイプシロンロケットに後を譲ることとなった（「国産ロケットの系譜」前掲注(50); 「打上げ用ロケット」前掲注(50)）。

(53) 「イプシロンロケット」JAXA 宇宙輸送技術部門ウェブサイト <<https://www.rocket.jaxa.jp/rocket/epsilon/>>

(54) 「打上げ実績(2003年10月～)」前掲注(39)

(55) 宇宙航空研究開発機構「イプシロンロケット6号機の打上げについて（第一報）」2022.10.12. <https://www.jaxa.jp/press/2022/10/20221012-0_j.html>

(56) 小型衛星の一種で、10×10×10cmの立方体を1ユニットとする規格で構成される衛星。

可能な輸送システムとし、我が国の宇宙輸送における産業規模の拡大を目指している⁽⁵⁷⁾。2020年6月には、イプシロンSロケットによって、ベトナムの地球観測衛星を2023年に打ち上げることが発表された⁽⁵⁸⁾。これは、同ロケットとしては初の海外衛星の打ち上げとなる。また、併せてJAXAは、新たにイプシロンSロケットの開発をIHIエアロスペースと共同で行うとともに、同ロケットの打ち上げ事業を同社に移管することを発表した⁽⁵⁹⁾。

2 民間によるロケット開発

Ⅱ1で述べた基幹ロケットの開発は、JAXAによる開発から民間との共同開発へと移行しつつある。また、基幹ロケットとは別に民間が主導するロケット開発も近年行われている。その状況を概観するに当たり、ロケット開発の環境整備として、国による宇宙活動に係る法制度の整備及びJAXA等による支援について最初に紹介する。

(1) 宇宙2法による条件整備

2008年に制定された「宇宙基本法」(平成20年法律第43号)は、我が国の宇宙開発利用の基本理念の一つとして産業の振興を挙げている(第4条)。また、我が国の宇宙開発利用において民間が果たす役割の重要性にかんがみ、民間事業者による宇宙開発利用を促進し、技術力及び競争力の強化を図るとともに、国は諸設備・施設の整備や技術移転等の措置を講じることを規定している(第16条)。さらに、宇宙活動に係る規制その他の宇宙開発利用に関する条約その他の国際約束を実施するため、また、国際社会における我が国の利益の増進及び民間における宇宙開発利用の推進に資するよう、法制の整備を実施していくことを規定している(第35条)。

宇宙基本法は、宇宙開発利用に関する基本的な計画を政府が定めるとしており(第24条)、2013年に策定された「宇宙基本計画」(平成25年1月25日宇宙開発戦略本部決定)では、「今後の宇宙活動に関する法制整備の検討においては、民間の宇宙活動を円滑に推進するとともに、宇宙産業の健全な発展を促進する観点から、適切な政府の関与の在り方を考慮する。また、具体的な検討に当たっては、宇宙活動の定義、国の許認可及び監督を行うために必要となる基準、事故等による被害者の保護の在り方、被害者への賠償に関する国と事業者の責任の適切な配分等に関して、必要に応じて欧米の産業保護策を参考にしつつ、検討を進める。」と記載された⁽⁶⁰⁾。こうした動きのほか、「月その他の天体を含む宇宙空間の探査及び利用における国家活動を律する原則に関する条約」(昭和42年条約第20号。「宇宙条約」)第4条において、我が国の非政府団体による宇宙活動に対し国の許可及び継続的監督が求められていることを踏まえ、2016年に「人工衛星等の打上げ及び人工衛星の管理に関する法律」(平成28年法律第76号。「宇宙活動法」)及び「衛星リモートセンシング記録の適正な取扱いの確保に関する法律」(平成28年法律第77号。「衛星リモセン法」)のいわゆる「宇宙2法」が制定された。これにより、

(57) 宇宙航空研究開発機構「「イプシロンSロケットの開発及び打上げ輸送サービス事業の実施に関する基本協定」の締結について」2020.6.12. <https://www.jaxa.jp/press/2020/06/20200612-1-2_j.html>

(58) 宇宙航空研究開発機構「ベトナム向け地球観測衛星「LOTUSat-1」のイプシロンロケットによる打上げ受託について」2020.6.12. <https://www.jaxa.jp/press/2020/06/20200612-1-1_j.html>

(59) 宇宙航空研究開発機構 前掲注(57)

(60) 「宇宙基本計画」(平成25年1月25日宇宙開発戦略本部決定) p.43. 内閣府ウェブサイト <<https://www8.cao.go.jp/space/plan/plan.pdf>>

民間事業者が宇宙活動をする際に遵守すべきルールや負うべき責任の範囲が明確化された⁽⁶¹⁾。

ロケットの打ち上げに関しては、宇宙活動法において、①人工衛星及びその打上げ用ロケットの打ち上げに係る許可制度、②人工衛星の管理に係る許可制度、③第三者損害賠償制度、が規定されている⁽⁶²⁾。①及び②により、許可の基準が明らかにされることで新規参入する打ち上げ事業者や人工衛星の製造・運用事業者が満たすべき条件や求められる内容が明確になった。また、③により、ロケットや人工衛星の落下等により生じた損害に対する賠償に関する制度として、人工衛星等を打ち上げる者は無過失責任を負い、発生した損害の賠償責任も人工衛星等を打ち上げる者に集中させることとし、損害保険だけでは損害をカバーできない場合の政府補償等を明記することで、民間企業と政府の責任範囲が明確化された⁽⁶³⁾。このように、国による許認可の基準が記されることで、ベンチャー企業等が宇宙ビジネスを行う環境が整えられたと評価されている⁽⁶⁴⁾。

なお、今後も宇宙ビジネスが発展・拡張していく流れの中で、宇宙2法だけでは全ての宇宙ビジネスはカバーしていないため、新しい宇宙活動に対応した宇宙活動法が必要になるとも指摘されている⁽⁶⁵⁾。

(2) 宇宙イノベーションパートナーシップ

JAXA では、2003年の発足当初からオープンラボ制度⁽⁶⁶⁾等により産学官連携を推進していたが、2013年度からのJAXAの第3期中期計画では、産学官連携から新しい事業創出の促進により注力することとした⁽⁶⁷⁾。2018年には内閣府など関係5府省が「宇宙ベンチャー育成のための新たな支援パッケージ」を発表している。同パッケージでは、①宇宙ベンチャー育成のため、政府・関係機関が一丸となって、パッケージで支援すること、②日本政策投資銀行、産業革新機構をはじめとし、官民合わせて、宇宙ビジネス向けに、今後5年間に約1000億円のリスクマネー供給を可能とすること、③JAXA・民間企業の専門人材を集約したプラットフォームを創設し、宇宙ベンチャーとJAXA・民間企業との人材の流動性を高めることなどを通じて、人材・技術面からも宇宙ベンチャーを支援することとされた⁽⁶⁸⁾。

(61) 内閣府宇宙開発戦略推進事務局「宇宙2法（人工衛星等の打上げ及び人工衛星の管理に関する法律、衛星リモートセンシング記録の適正な取扱いの確保に関する法律）の制定について」『NBL』1093号、2017.3.1, pp.4-7.

(62) 「人工衛星等の打上げ及び人工衛星の管理に関する法律の概要（通称：宇宙活動法）」（宇宙政策委員会第57回会合 参考資料1）2017.3.10. 内閣府ウェブサイト <<https://www8.cao.go.jp/space/comitee/dai57/sankou1.pdf>>

(63) 内閣府宇宙開発戦略推進事務局 前掲注(61), pp.7-8.

(64) 八亀彰吾「宇宙ビジネスを支える法制度—地球外まで広がるビジネス領域への対応—」『NRIパブリックマネジメントレビュー』169号、2017.8, p.2. <<https://www.nri.com/-/media/Corporate/jp/Files/PDF/knowledge/publication/region/2017/08/ck20170802.pdf?la=ja-JP&hash=280A57DC9F52F73F57CDB7759C7AEFD2379FBEA5>>

(65) 宇賀克也ほか「座談会 宇宙ビジネスをめぐる現状と課題」『ジュリスト』1506号、2017.5, pp.18, 25; 小塚荘一郎「宇宙開発利用の今後と法的課題」『法律のひろば』74(4), 2021.4, pp.32-33. なお、2021年には民間が開発した宇宙資源の所有権を明らかにするため、「宇宙資源の探査及び開発に関する事業活動の促進に関する法律」（令和3年法律第83号）。「宇宙資源法」が制定された。

(66) 2004年度から2017年度まで実施された国内の企業・大学等が、宇宙航空に関連する製品・サービスやJAXA技術を活用した製品・サービスの創出を目指す研究を促進するための公募型共同研究制度（「JAXA オープンラボ公募」JAXA 新事業促進部ウェブサイト <<https://aerospacebiz.jaxa.jp/solution/open-labo/>>）。

(67) 上村俊作「共創しよう。宇宙は、世界を変えられる。—国・JAXA 施策と民間企業による宇宙ビジネス参入の動向—」『研究開発リーダー』17(7), 2020.10, pp.2-3. なお、2012年には「内閣府設置法等の一部を改正する法律」（平成24年法律第35号）により、JAXAの業務に、人工衛星等の開発、打ち上げ、運用等の業務に関し民間事業者の求めに応じて援助及び助言を行うことが追加された。

(68) 内閣府ほか「宇宙ベンチャー育成のための新たな支援パッケージ」2018.3.20. <<https://www8.cao.go.jp/space/policy/pdf/package.pdf>>

これを受けて JAXA では、同年から、「宇宙イノベーションパートナーシップ」(JAXA Space Innovation through Partnership and Co-creation: J-SPARC) を立ち上げ⁽⁶⁹⁾、事業意思のある民間事業者等と JAXA の双方が関与し、共同で事業コンセプトの検討や出口志向の技術開発・実証等を行うことにより、新しい事業を創出する共創型研究開発プログラムを実施している⁽⁷⁰⁾。共創の活動タイプには、①民間事業者等からの問合せを受けて行う「事前対話活動」、②民間事業者からのアイデア・事業構想を基に JAXA と民間事業者等がマーケット調査や事業コンセプトの検討などを行い事業計画の策定を目指す「コンセプト共創活動」、③事業計画を基に JAXA と民間事業者等が事業化手前までの共同技術開発や実証を行う「事業共同実証活動」、④マーケットを新たに形成することを目指したコンソーシアムの活動などの「事業化促進に資する活動」がある⁽⁷¹⁾。テーマは事業者との対話を通じて決定するとされており、「人類の活動領域を拡げるテーマ群」、「宇宙を楽しむテーマ群」、「地上の社会課題を解決するテーマ群」に分類され、37 のプロジェクト・活動が公表されている⁽⁷²⁾。ロケットの打ち上げに関しては、インターステラテクノロジズ社 (小型ロケットによる輸送サービス事業)、スペースワン社 (小型衛星用の商業宇宙輸送サービス)、本田技研工業 (再使用型小型ロケット) とのプロジェクトがある⁽⁷³⁾。J-SPARC という枠組みが設けられたことにより、民間ビジネスを出口とした研究開発を行うという JAXA の役割が明確になったとも言われている⁽⁷⁴⁾。

(3) 民間によるプロジェクト

インターステラテクノロジズ社は、2006 年からロケットエンジンの開発に着手した。2013 年に北海道大樹町を拠点とし、2017 年から観測用ロケット MOMO の打ち上げを開始した。2019 年に打ち上げた 3 号機で宇宙空間への到達に成功するなど、2021 年までに 7 回の打ち上げを行っている⁽⁷⁵⁾。さらに、地球周回軌道上への超小型衛星打ち上げ用のロケット ZERO を開発し、2024 年度の打ち上げを目指している⁽⁷⁶⁾。2019 年からは J-SPARC の取組として、ZERO の開発に向けてコンセプト共創活動を開始した⁽⁷⁷⁾。

このほか、2018 年にキャノン電子、IHI エアロスペース、日本政策投資銀行などが出資して設立されたスペースワン社は、小型衛星の商業宇宙輸送サービスの提供を目指しており、2023

(69) 岡田ほか 前掲注(46), p.4; 上村 前掲注(67), pp.4-7.

(70) 「OUTLINE」JAXA 新事業促進部ウェブサイト <<https://aerospacebiz.jaxa.jp/solution/j-sparc/outline/>>

(71) 上村 前掲注(67), p.5.

(72) 「BUSINESS THEME」JAXA 新事業促進部ウェブサイト <<https://aerospacebiz.jaxa.jp/solution/j-sparc/theme/>>; 「PROJECTS」同 <<https://aerospacebiz.jaxa.jp/solution/j-sparc/projects/>>; 「これまでのプロジェクト・活動」同 <<https://aerospacebiz.jaxa.jp/solution/j-sparc/projects/archive/>>

(73) このほか有翼サブオービタル事業として PD エアロスペース社、SPACE WALKER 社との事業がある。なお、「有翼サブオービタル」とは、スペースシャトルのように翼のある宇宙船でサブオービタル飛行 (弾道飛行) を行うものである。「PROJECTS」同上; 「これまでのプロジェクト・活動」同上

(74) 吉田誠ほか「JAXA とホリエモン、共創するロケットビジネス。」(日本発、宇宙ベンチャーの挑戦 No.6) 2019.11.8. 電通報ウェブサイト <<https://dentsu-ho.com/articles/6972>>

(75) 「MOMO」インターステラテクノロジズウェブサイト <<https://www.istellartech.com/technology/momo>>

(76) 小口貴宏「インターステラ、次期ロケット「ZERO」打ち上げは 2024 年度めざす - 稲川社長」2023.1.24. UchuBiz ウェブサイト <<https://uchubiz.com/article/new12898/>>

(77) インターステラテクノロジズ株式会社「宇宙輸送事業の実現を後押しする法人サポーターズクラブ「みんなのロケットパートナーズ」始動」2019.3.19. <https://www.istellartech.com/7hbym/wp-content/uploads/2019/03/IST-PressRelease_031901.pdf>

年夏頃に初号機の打ち上げを予定している⁽⁷⁸⁾。なお、同社は和歌山県串本町に発射場を建設している⁽⁷⁹⁾。

新しい動きとしては、本田技研工業が2021年9月に、低軌道向け小型人工衛星の打ち上げを目標として再使用型の小型ロケットの開発に取り組んでいることを発表した⁽⁸⁰⁾。

Ⅲ 我が国の宇宙輸送システムの今後と課題

Ⅲでは、我が国の宇宙輸送システムの今後と課題として、ロケット開発、ロケット発射場の整備及び宇宙旅行を取り上げる。ロケット開発については、我が国における今後の方向性について概観する。ロケット発射場については、既設の発射場の整備のほか、近年我が国でも動きが見られるスペースポート（宇宙港）の動向も併せて紹介する。また、2021年に民間による宇宙飛行が相次いで行われたことで宇宙旅行に注目が集まるようになり、その動きが広がりつつある。そこで、我が国における宇宙旅行の実現に当たっての課題を取り上げる。

1 ロケット開発

基幹ロケットについて、現在我が国は、2023年度からのH3ロケットの実運用に向けて取り組んでいる。2020年に文部科学省科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会宇宙開発利用部会が取りまとめた提言では、「現行の基幹ロケットについては、現段階から当面の間、我が国にとって唯一の宇宙空間にアクセスできる手段であることから、現下の国際競争の激化、今後の宇宙開発利用の拡大や宇宙環境の変化に対応した技術の高度化、産業・人的・設備基盤、関連インフラの維持を国（JAXAを含む。）と民間事業者の役割分担によって着実に行う。」とされている⁽⁸¹⁾。H3ロケットは、自立性確保の観点から商業衛星の打ち上げの受注が期待されているが、同ロケットの国際競争力については再使用型ロケットを使用している米国のスペースX社（I2(1)を参照）に対してコスト面などで厳しい状況にあるとの指摘も見られる⁽⁸²⁾。

前述の提言を受けて2021年6月に文部科学省が公表した「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検討会中間取りまとめ」では、「我が国の宇宙輸送システムが継続的に自立性を確保した上で、遅くとも2040年代前半までに抜本的な低コスト化等も含めて革新的技術により革新的将来宇宙輸送システムを実現し、我が国の民間事業者が主体的に事業を展開することで、自立した宇宙開発利用を飛躍的に拡大させるとともに、宇宙輸送をはじめとする宇宙産業を我が国の経済社会を支える主要産業の一つとする」と述べられている⁽⁸³⁾。そし

(78) 「CORPORATE PROFILE」スペースワンウェブサイト <<https://www.space-one.co.jp/corporate.html>>；「串本ロケット発射 今夏に延期」『読売新聞』2023.2.1, 大阪朝刊

(79) スペースワン株式会社「小型ロケット打上げ射場の建設予定地の選定について」2019.3.26. <<https://www.space-one.co.jp/doc/pressrelease190326.pdf>>

(80) 「Hondaの新領域への取り組みについて—Hondaのコア技術を生かした新領域へのチャレンジャー」2021.9.30. 本田技研工業ウェブサイト <<https://www.honda.co.jp/news/2021/c210930b.html>>

(81) 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「将来宇宙輸送システム調査検討小委員会提言（中間取りまとめ）革新的将来宇宙輸送システム実現に向けた我が国の取組強化に向けて」2020.5.19, p.8. 文部科学省ウェブサイト <https://www.mext.go.jp/content/20200519-mxt_uchukai01-000007399_1_1.pdf>

(82) 「見上げれば富豪の宇宙 米スペースXが価格破壊、日本ロケット影薄く（InsideOutいまを解き明かす）」『日本経済新聞』2022.7.12.

(83) 研究開発局宇宙利用課「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検討会中間取りまとめ」2021.6.22, p.1. 文部科学省ウェブサイト <https://www.mext.go.jp/content/20210622-mxt_uchukai01-000016127_1-1.pdf>

て、国による研究開発は、「基幹ロケット発展型宇宙輸送システム」と「高頻度往還飛行型宇宙輸送システム」の二本立てで進めることとしている。前者については、低・静止軌道、月面等を対象としたミッションに対応するため、これまでの H-IIA/B、H3 ロケットでの開発・運用で培われた技術も継承し、2030 年頃の初号機打ち上げを目指してロケットの 1 段目の再使用化⁽⁸⁴⁾などにより大幅な低コスト化（H3 ロケットの 1/2 程度を目標）を実現することとしている。さらには、後者との部品等の共通化による量産効果や全段の完全再使用化により、2040 年代には打ち上げコストを H3 ロケットの 1/10 程度とすることが目標となっている⁽⁸⁵⁾。後者については、旅客飛行を伴う民間ミッションである宇宙旅行、二地点間高速輸送等を想定しているが、どのような飛行形態を選択するかは、民間事業者のビジネスモデル次第としている⁽⁸⁶⁾。

また、民間によるロケットの打ち上げ数の増加により、今後は、スペースデブリの発生や大気汚染など環境への対応が一層求められることとなり、持続可能性との両立が必要とされている⁽⁸⁷⁾。

一方で、他国とのロケットの競争が激しく、価格競争力や発射場に必要な広大な土地に限られるなど地理的な制約から、今後はロケット開発よりも、先進的な部品、宇宙での滞在に適した食品や住居などの生活分野のような我が国にしかできないニッチな部分を強みとすべきではないかとも提唱されている⁽⁸⁸⁾。

2 ロケット発射場の整備

(1) 既設の発射場

現在、JAXA が保有しているロケット発射場は、種子島宇宙センター（鹿児島県南種子町）及び内之浦宇宙空間観測所（鹿児島県肝付町）の 2 か所である。これらの施設は老朽化が進んでおり、計画的な施設・設備の更新が必要とされている⁽⁸⁹⁾。一方で、新技術の開発・導入により、発射場の施設・設備そのものを効率化・高機能化することで、老朽化に伴うリスクや運用・維持費用を削減していくことが必要ともされている⁽⁹⁰⁾。しかし、国際競争力の観点からは、外国の主要発射場と比べて発射場の面積が非常に狭く、ロケット打ち上げの初期方向等への制約や飛行安全管理コストなどへの影響の可能性などの問題点が指摘され、国際標準の設備・イン

(84) ロケット再使用化への取組として、JAXAでは、フランス国立宇宙研究センター（Centre national d'études spatiales: CNES）及びドイツ航空宇宙センター（Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt: DLR）と共同で 1 段再使用飛行実験（CALLISTO）プロジェクトを実施中である。また、三菱重工業と共同で小型実験機（RV-X）を用いた研究を実施中である（「基幹ロケットの再使用化による打ち上げコストの低減」JAXA 研究開発部門ウェブサイト <<https://www.kenkai.jaxa.jp/research/rvx/rvx.html>>; 「1 段再使用飛行実験（CALLISTO）プロジェクト」同 <<https://www.kenkai.jaxa.jp/research/callisto/callisto.html>>）。

(85) 研究開発局宇宙利用課 前掲注(83), pp.14-16.

(86) 同上, p.14.

(87) スペースデブリについては、本報告書の中村真也「第7章 スペースデブリに対処するための技術とルール—宇宙空間の持続可能な利用のために—」を参照。大気汚染については、M. N. ロス, L. デイビッド「ロケット大量打ち上げ時代の大气汚染」『日経サイエンス』602号, 2021.8. pp.66-69を参照。

(88) 向井千秋「INTERVIEW 部品や衣食住分野に強み 宇宙開発を地球で生かせ」『週刊東洋経済』6909号, 2020. 3.7, p.85.

(89) 種子島宇宙センターは大型ロケット、内之浦宇宙空間観測所は科学観測ロケット及び科学衛星の打ち上げを担当することとされている（「事業所紹介」JAXA 宇宙輸送技術部門ウェブサイト <<https://www.rocket.jaxa.jp/aboutUs/place.html>>; 内閣府宇宙開発戦略推進事務局「平成 27 年度射場の在り方に関する検討のための論点整理」（宇宙政策委員会宇宙産業・科学技術基盤部会第 16 回会合 資料 2）2016.4.14, p.7. <<https://www8.cao.go.jp/space/committee/27-kiban/kiban-dai16/siryou2.pdf>>）。

(90) 内閣府宇宙開発戦略推進事務局 同上, p.7.

フラの整備などが課題として挙げられている⁽⁹¹⁾。

一方、民間企業では、前述のとおり、インターステラテクノロジズ社が拠点としている北海道大樹町に発射場を整備し⁽⁹²⁾、スペースワン社は和歌山県串本町に小型ロケット打ち上げ用の発射場を建設している⁽⁹³⁾。

(2) スペースポート

スペースポート（宇宙港）の確定した定義はないが、商業用ロケットの打ち上げや民間有人宇宙船の離発着に使用される基地などとされる⁽⁹⁴⁾。従来のロケット発射場のように宇宙への拠点としての機能だけでなく、飛行機のように水平に離着陸を行い、地球上の移動の拠点としての機能も兼ね備えており、空港に併設されるものもある。

我が国での取組としては、一般社団法人スペースポートジャパンによれば、北海道大樹町、和歌山県串本町、大分県国東市、沖縄県宮古島市（下地島）の4か所が挙げられる⁽⁹⁵⁾。このうち、北海道大樹町にある「北海道スペースポート」は、前述のとおりインターステラテクノロジズ社が拠点としており、日本版スペースシャトルとして開発された「HOPE」関連の実験を誘致するため1995年に滑走路などを整備した「大樹町多目的航空公園」が前身である。2019年に「北海道スペースポート構想」を公表し、2022年には地方創生拠点整備交付金の対象事業に採用された⁽⁹⁶⁾。同交付金及び大樹町に対する寄付金を基にして、垂直打ち上げロケットの発射場等を整備することとしており⁽⁹⁷⁾、宇宙開発の観点のみならず、地域活性化の点からも評価されていることがうかがわれる。大分県国東市については、同市にある大分空港を活用した水平型⁽⁹⁸⁾の発射施設が想定されている。2020年4月には米国に拠点を置くヴァージン・オービット（Virgin Orbit）社と大分県の間で、我が国における水平型の人工衛星の打ち上げに関するパートナーシップを締結した⁽⁹⁹⁾。また、2022年2月には、米国のシエラ・スペース（Sierra Space）社の宇宙往還機ドリーム・チェイサー（Dream Chaser）のアジアにおける着陸拠点整備に向けた検討を進めるため、同社等とのパートナーシップを締結している⁽¹⁰⁰⁾。

スペースポートの整備には、打ち上げ見学など観光面だけでなく、教育への効果や宇宙産業

(91) 同上, p.8.

(92) 「LAUNCH COMPLEX」インターステラテクノロジズウェブサイト <<https://www.istellartech.com/launch/launch-complex>>

(93) スペースワン株式会社 前掲注(79)

(94) 大久保涼編著代表『宇宙ビジネスの法務』弘文堂, 2021, p.147.

(95) 同上, p.148.

(96) 内閣府地方創生推進事務局「地方創生拠点整備交付金の交付対象事業の決定（令和4年度当初予算分第1回）について」2022.3.25. <https://www.chisou.go.jp/sousei/about/pdf/r4-kyoten1_tosyo_20221005.pdf>

(97) 大樹町企画商工課航空宇宙推進室「北海道大樹町における「宇宙のまちづくり」—宇宙版シリコンバレーの実現へ—」『産業立地』61(5), 2022.9, pp.9-13;「北海道スペースポート（HOSPO）について」大樹町ウェブサイト <<https://www.town.taiki.hokkaido.jp/soshiki/kikaku/uchu/hokkaidospaceport.html>>

(98) 「水平型」とは、飛行機のように滑走路から水平に離陸するものである。ヴァージン・オービット社の場合は、ロケットを飛行機に搭載し、空中から発射するものである。

(99) “Oita Partners with Virgin Orbit to Establish First Horizontal Spaceport in Asia,” April 2, 2020. Virgin Orbit Web Site <<https://virginorbit.com/the-latest/oita-partners-with-virgin-orbit-to-establish-first-horizontal-spaceport-in-asia/>>; 大分県「大分県、ヴァージン・オービットとの提携により、アジア初の水平型宇宙港に」2020.4.2. <https://www.pref.oita.jp/uploaded/life/2092085_2788779_misc.pdf>.

(100) 堀政博「宇宙への挑戦！ アジア初の水平型宇宙港を目指す、大分県の取組」『産業立地』61(5), 2022.9, pp.20-26.

の集積地として地域の活性化に資することが期待されている⁽¹⁰¹⁾。しかし、整備には資金を要することから国による支援が必要であるとの指摘もある⁽¹⁰²⁾。

3 宇宙旅行

民間人の宇宙飛行は、以前はロシアの宇宙船ソユーズにより宇宙ステーションに滞在する例に限られていた⁽¹⁰³⁾。しかし、2021年7月に英国ヴァージン (Virgin) グループ創業者のリチャード・ブランソン (Richard Branson) 氏らがヴァージン・ギャラクティック (Virgin Galactic) 社の宇宙船で⁽¹⁰⁴⁾、米国アマゾン・ドットコム (Amazon.com) 創業者のジェフ・ベゾス (Jeff Bezos) 氏らがブルー・オリジン社の宇宙船で相次いで宇宙飛行を行った⁽¹⁰⁵⁾。これらの飛行はサブオービタル (弾道飛行)⁽¹⁰⁶⁾であったが、同年9月にはスペース X 社の宇宙船ドラゴンにより4人の民間人が地球を周回する宇宙飛行を行った⁽¹⁰⁷⁾。さらに、同年12月に起業家の前澤友作氏らがソユーズによりISSに滞在し、我が国の民間人では2番目となる宇宙飛行を行った⁽¹⁰⁸⁾。

我が国における有人宇宙旅行を目指す事業としては、PDエアロスペース社、SPACE WALKER社がそれぞれ有翼型宇宙飛行機を、将来宇宙輸送システム社及びSpace Transit社が単段式ロケット (宇宙往還機) を開発中である。これらは2022年12月にJAXAとの「高頻度往還飛行型宇宙輸送システム」に係る事業コンセプト共創活動として覚書を締結した⁽¹⁰⁹⁾。将来は、サブオービタル飛行にとどまらず、宇宙空間を経由して地球上を移動する高速2地点間輸送 (Point

(101) 同上; 大樹町企画商工課航空宇宙推進室 前掲注(97); 大原真晴「和歌山県によるロケット打ち上げに向けた地域政策について」『産業立地』61(5), 2022.9, pp.16-18.

(102) 「Space Port Japan」(第4回サブオービタル飛行に関する官民協議会資料4) 2022.12.7, p.11. 内閣府ウェブサイト <<https://www8.cao.go.jp/space/policy/suborbi/dai4/siryoku4.pdf>>; 「小型ロケット事業の育成を(社説)」『日本経済新聞』2019.5.8.

(103) 米国の宇宙旅行会社スペース・アドベンチャー (Space Adventures) 社がロシアの国営宇宙開発企業ロスコスモス (Roscosmos) と共同で2001年から実施しており、これまでに9名が成功している (“Space Adventures’ Clients, Yusaku Maezawa and Yozo Hirano, Return From the International Space Station,” Dec 20, 2021. Space Adventures Website <<https://spaceadventures.com/space-adventures-clients-yusaku-maezawa-and-yozo-hirano-return-from-the-iss/>>).

(104) ヴァージン・ギャラクティック社では宇宙飛行の予約を受け付けており、同社の国内総代理店によれば、一人当たりの参加料金は45万ドル (約6000万円) である (「宇宙旅行の概要」クラブツーリズム・スペースツアーウェブサイト <<https://www.club-t.com/space/>>).

(105) リチャード・ブランソン氏らによる宇宙飛行は、2021年7月11日にヴァージン・ギャラクティック社の有翼型宇宙飛行船VSS Unityのテスト飛行に搭乗する形で行われた (“Virgin Galactic Successfully Completes First Fully Crewed Spaceflight,” 11 July, 2021. Virgin Galactic Website <<https://www.virgingalactic.com/news/virgin-galactic-successfully-completes-first-fully-crewed-spaceflight>>). ジェフ・ベゾス氏らの宇宙飛行においては、2021年7月20日、ブルー・オリジン社の宇宙船ニューシェパードに同氏ら4名が搭乗した。このうち1名は商業宇宙飛行の旅客である (“Blue Origin safely launches four commercial astronauts to space and back,” Jul 20, 2021. Blue Origin Website <<https://www.blueorigin.com/news/first-human-flight-updates>>).

(106) サブオービタル (sub-orbital) 飛行とは、地上から出発し、高度100km程度まで上昇後、地上に帰還する飛行とされており、弾丸を発射した軌道に似ていることから「弾道飛行」とも呼ばれる。これに対し、オービタル (orbital) 飛行は、地球の軌道を周回する飛行である。

(107) “September 15 - 18, 2021: INSPIRATION4 MISSION.” SpaceX Website <<https://www.spacex.com/launches/inspiration4/>>

(108) 「前澤氏、ISS滞在へ、ZOZO創業者、日本の民間人で初」『日本経済新聞』2021.12.9. 前澤氏の宇宙飛行については、“Space Adventures’ Clients, Yusaku Maezawa and Yozo Hirano, Return From the International Space Station,” *op.cit.*(103)も参照のこと。なお、我が国の民間人による初の宇宙飛行は、東京放送 (TBS) 記者 (当時) の秋山豊寛氏が、1990年12月にソビエト連邦 (当時) の宇宙船ソユーズにより宇宙ステーションミール (Mir) に滞在したものである。

(109) 「高頻度往還飛行型宇宙輸送システム」に係る事業コンセプト共創活動を開始しました」2022.12.5. JAXA 新事業促進部ウェブサイト <https://aerospacebiz.jaxa.jp/topics/news/koubo-20221205_ao/>

to Point: P2P) や宇宙空間への物資の輸送なども構想しているものもある⁽¹¹⁰⁾。

我が国においてサブオービタル飛行は、飛行する物体が宇宙活動法第2条に規定する「人工衛星」には該当しないため、同法の対象外になるとされている⁽¹¹¹⁾。そのため、国内からの有人サブオービタル飛行を実施するには法整備を検討することになるとされている⁽¹¹²⁾。このほかに、法的課題として、宇宙旅行契約における運航会社（オペレーター）の完全免責条項の有効性等の検討やオペレーターの所在国や打ち上げ国からの付保義務に対応した宇宙旅行保険の整備などが課題として挙げられる⁽¹¹³⁾。一方で、宇宙旅行による旅行者の健康リスクに対する懸念や宇宙旅行に高額な費用を費やすことについて、倫理面から批判的な意見もある⁽¹¹⁴⁾。

おわりに

我が国では、独自の開発により信頼性の高いロケットの開発・運用が行われてきた。安全保障などの国益等の観点から今後も独自の打ち上げ手段による宇宙活動の自立性の確保を求められる中で、打ち上げビジネスにおいては当面、米国等と比較すると、コスト的に厳しい競争の中に置かれることになると思われる。これまでは高い信頼性が競争力となっていたが、「今はもう宇宙開発の黎明期ではなく、失敗しても許される段階にはない。日本のロケットへの信頼性は、市場が今後判断することになるだろう。」（鈴木一人東京大学公共政策大学院教授）とも指摘されている⁽¹¹⁵⁾。

ロケット開発・利用においては官から民への動きがある中で、宇宙という未知な部分がある領域での宇宙ビジネスは、一般的なビジネス活動とは異なるリスクを伴うこととなる。そのため、財政面を含む国による支援や環境整備も引き続き行われることになると思われる。また、民間による宇宙活動の安定的な展開を確保するためにも事業者間や国家間での合意形成が進められ、宇宙活動に秩序をもたらす「規範」が形成されることが望まれる。巨額の費用を投じることとなるロケット開発を始めとする宇宙活動に国が関与するに当たっては、国はその意義を丁寧に確認し、社会に対して説明していくことも求められている⁽¹¹⁶⁾。

（ささこ まさしげ）

(110) 「宇宙機事業」PD エアロスペースウェブサイト <<https://pdas.co.jp/business01/>>; 「SPACE PLANE」SPACE WALKER ウェブサイト <<https://space-walker.co.jp/service/>>; 「OUR PHILOSOPHY 縦横無尽」将来宇宙輸送システムウェブサイト <<https://innovative-space-carrier.co.jp/services/>>; 「対象市場と規模」Space Transit ウェブサイト <<https://space-transit.com/>>

(111) 宇賀克也『逐条解説宇宙二法—人工衛星等の打上げ及び人工衛星の管理に関する法律—衛星リモートセンシング記録の適正な取扱いの確保に関する法律—』弘文堂, 2019, p.23.

(112) 同上, p.24.

(113) 大久保編著代表 前掲注(94), pp.134-135, 145. 宇宙旅行契約の完全免責条項については、消費者契約法（平成12年法律第61号）第8条に規定する消費者契約の条項の無効に該当するとされている。このほか旅行代理店については旅行業法（昭和27年法律第239号）の規定との競合の可能性が指摘されている。宇宙旅行保険については、当面は海外旅行保険の使用が想定されているが、宇宙旅行では生命保険・付保保険の付保義務に対応した保険の開発が求められるとされている。なお、2022年7月にJAXAと三井住友海上火災保険株式会社が、J-SPARCの枠組みにより「宇宙旅行保険事業」に関する共創活動を開始している（宇宙航空研究開発機構・三井住友海上火災保険株式会社「三井住友海上とJAXA、「宇宙旅行保険事業」に関する共創活動を開始」2022.7.20. <https://www.jaxa.jp/press/2022/07/20220720-1_j.html>）。

(114) 杉本俊介「宇宙ビジネスにおける社会的責任」伊勢田哲治ほか編著『宇宙倫理学』昭和堂, 2018, pp.176-177.

(115) 「イプシロン6号機失敗 衛星打ち上げ競争力低下懸念」『読売新聞』2022.10.20.

(116) 小塚 前掲注(65), pp.34-35.