

米国における宇宙政策・産業動向 及び小型衛星市場の調査

2022年3月
日本貿易振興機構（ジェトロ）

免責事項

1. 本調査報告書は、企業等の事業展開に資する内部資料として活用いただくことを目的として提供いたします。本レポートで得た情報を無断で第三者に提供する行為は固くお断りします。転載・翻訳される場合は、必ずジェトロの許諾を得たうえで改変を一切行わず、調査資料等の名称・出所を明示してください。また、引用される場合は、改変を一切行わず当該情報の出所を明示して下さい。万が一、お客様が本規則を遵守せず、紛議が生じたとしても、ジェトロは一切責任を負わず、お客様に損害を賠償していただきます。
2. ジェトロは、できる限り情報の正確を期するよう努めますが、最終的な情報利用の採否はお客様の責任と判断によります。また、本資料に含まれている見解等は執筆者個人のものであって、ジェトロの見解を代表するものではありません。
3. ジェトロが提供した情報により直接、間接に係わらず生じた結果について、万が一、お客様が不利益を被る事態が生じた場合、ジェトロは一切責任を負いかねます。

禁無断転載

作成者 日本貿易振興機構（ジェトロ）
ロサンゼルス事務所 / 市場開拓・展示事業部 海外市場開拓課
〒107-6006 東京都港区赤坂 1 丁目 12 番 32 号
LAG@jetro.go.jp / mono@jetro.go.jp | 電話：03-3582-4631

はじめに

本調査は、日本貿易振興機構（ジェトロ）の委託により、HISe 社が独自に入手・分析した情報を基に作成し、米国の宇宙業界および小型衛星市場の動向を取りまとめたものである。「1. 米国の宇宙市場の現状と将来」「2. 小型衛星分野（サービス、製造、打ち上げ）の産業・ビジネス動向」「3. 小型衛星製造、打ち上げ、運用・地上系などの分野で活動する米国企業の事例」「4. 米国企業群を相手に日本企業がビジネスをできる環境、対応モデル、条件、方法」「5. 宇宙関連ビジネスに関する米国の輸出管理規制や手続き」の五部構成となる。

まず第一部「米国の宇宙市場の現状と将来」では、新宇宙企業群の勃興と動向、またそれが宇宙業界全体に与えた変化を検証し、米国政府の宇宙予算の動向とその使途、米国政府のとり宇宙政策、米軍の動き、分野ごとの民間宇宙業界の動向などの視点を含めて取り扱う。

第二部「小型衛星分野（サービス、製造、打ち上げ）の産業・ビジネス動向」では、小型衛星製造や打ち上げサービスの動向、小型衛星を使用した商用サービスや米国政府のプロジェクトなどを考察する。

第三部「小型衛星製造、打ち上げ、運用・地上系などの分野で活動する米国企業の事例」では、国内で活動する宇宙企業を衛星製造、運用、地上、打ち上げなどのセグメントごとに分類して事例をリスト化している。

第四部「米国企業群を相手に日本企業がビジネスをできる環境、対応モデル、条件、方法」では、第三部で紹介した米国企業群を相手に日本企業がビジネスをできる環境、対応モデル、条件、方法などの検討をする。

最後に第五部「宇宙関連ビジネスに関する米国の輸出管理規制や手続き」では、米国からの宇宙関連機器および技術の輸出規制や手続きなどに関する実務面からの理解を深めた上で、それらが日本から米国に宇宙関連機器や技術を輸出する際にどう適用され、影響するかを概観する。

本レポートにより、日本の宇宙産業に携わる各位に、米国市場の動向の把握や、今後の事業戦略を検討する上での材料を提供することができれば幸いである。

執筆者紹介



Eddie Kato

- 職歴:
 - 三菱電機 (マネージャ)
 - ジェネラル エレクトリック (ディレクタ)
 - ロッキード マーチン (ディレクタ)
 - オービタル サイエンス (事業開発担当副社長)
 - タレス インターナショナル (副社長兼アジア地域GM) : 在中国 (北京)
 - タレス アレニア スペース (上級副社長兼事業開発部門長) : 在フランス (カンヌ)
 - タレス ノースアメリカ (CEO)
 - HISe (創業者および社長)
- 1991年に渡米。
- 業界活動:
 - アジア太平洋衛星通信連盟 (APSCC) – ボードメンバー
- Endurance Acquisition Corp. (NASDAQ) – アドバイザリーボードメンバー



Timothy J. Logue

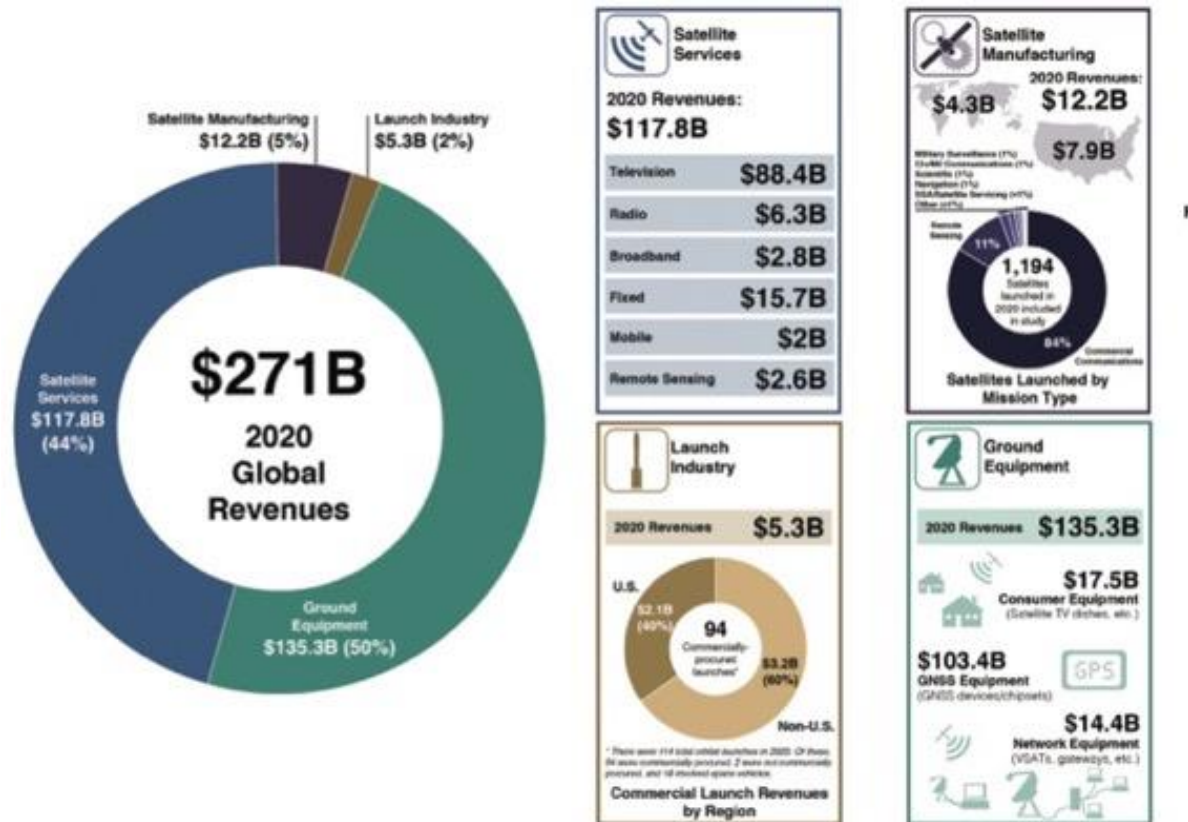
- 職歴:
 - Comsat Corp. (Policy Analyst)
 - Reid & Priest (Space & Telecom Analyst)
 - Coudert Brothers (Space/Telecom Analyst)
 - Orbital Sciences Corp. (Senior Director)
 - Thales North America (Senior Director)
 - HISe (Consultant)
- 業界活動:
 - 太平洋通信会議 (PTC) – 前会長、現ボードメンバー
 - Arthur C. Clarke Foundation – 財務責任者

目次

はじめに	3
1. 米国の宇宙市場の現状と将来展望	6
2. 小型衛星分野（サービス、製造、打ち上げ）の産業・ビジネス動向	18
3. 小型衛星製造、打ち上げ、運用・地上系などの分野で活動する米国企業の事例	26
4. 米国企業群を相手に日本企業がビジネスをできる環境、対応モデル、条件、方法	31
5. 宇宙関連ビジネスに関する米国の輸出管理規制や手続き	34

1. 米国の宇宙市場の現状と将来展望

2020年の世界の宇宙産業の規模は売上額ベースで2,710億ドルにのぼる（SIA：米国宇宙工業会）。大半は衛星サービス（43.5%）と地上機器製造（50.0%）で占められ、これまで宇宙開発の中心に位置付けられてきた宇宙インフラ製造（衛星、ロケット等）は6.5%（1,550億ドル）に過ぎない。



売上額ベースで見た宇宙産業規模（出所：SIA・2021年報）

2020年のデータを2015年、2010年と比較したのが以下の表である。この10年で売り上げが大きく伸びて産業規模が拡大している一方で、増加分はユーザー、サービス関連のセグメントに集中しており、産業構造の変化が窺える。

売上額ベースで見た宇宙産業規模

年	売上規模	ユーザー機器、サービス	衛星、ロケットインフラ
2020	\$ 271 bn	\$255.5 bn (93.5%)	\$15.5 bn (6.5%)
2015	\$208 bn	\$186 bn (89.5%)	\$22 bn (10.5%)
2010	\$114 bn	\$101.3 bn (88.9%)	\$12.7 bn (11.1%)

出所：SIA年報からデータ抜粋し取りまとめ

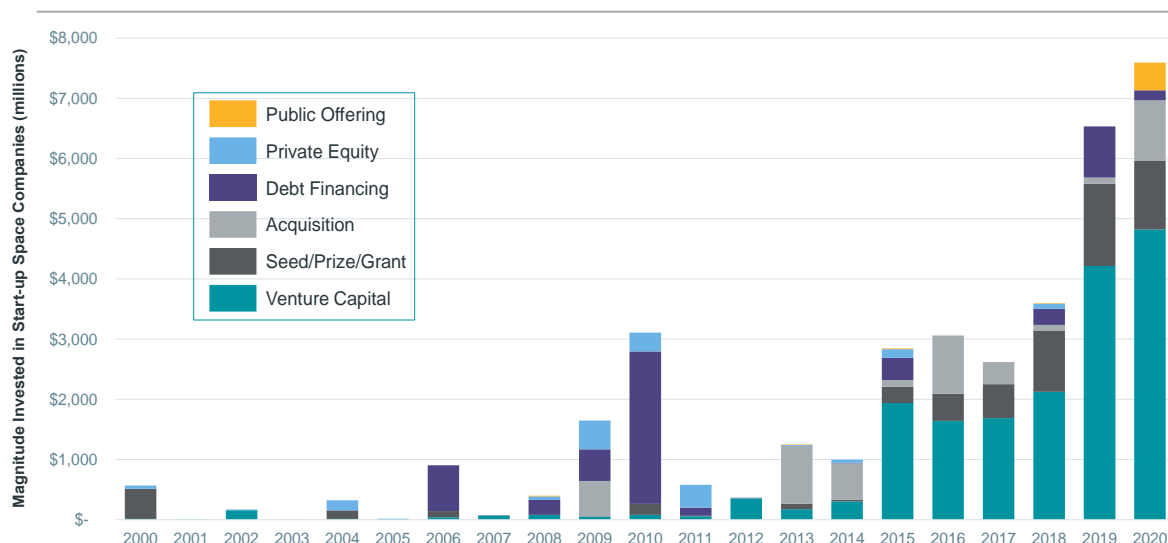
宇宙産業の主要分野は過去10年で急速に拡大し、従来からの通信、観測といった分野から、多様な応用分野が発現・成長している。（次頁に示すように）ツーリズム、軌道サービス、宇宙基地や深宇宙のような、これまでは政府機関が推進していた分野や新しい分野にまで産業の裾野は広がりを見せている。また従来は政府機関によるハードウェア購入契約で対応していたものが、新たに

サービス¹として購入されるようになってきた。この傾向は今後も継続、拡大していくと考えられる。

近年の宇宙関連サービスの広がりを支えてきたのが新たに出現した新宇宙(New Space)企業群である。過去 10 年ほどの間に SpaceX や Planet の成功に触発されてスタートアップ企業が多く出現し、宇宙業界は「国家予算による政府機関主導の宇宙開発」から「民間資金を活用した商用化の推進」という新たな時代を迎え、多額の民間資金が宇宙業界に投融資されている。

次頁のグラフは米国の市場調査会社 Bryce がまとめたもので、2000 年から 2020 年の間に新宇宙企業群に投じられた民間資金の額を示す。これによれば、360 億ドルもの民間資金が過去 20 年間に新宇宙事業分野に投じられており、その多くが 2010 年以降に集中していることが分かる。また、新たな動きとして、ベンチャーキャピタル (VC) 資金が本業界に入ってきていることも理解できる。これは新宇宙企業に限定した数字であるが、いわゆる旧宇宙企業 (成熟企業) なども含めた宇宙業界全体を対象とすると、過去 10 年の総投資額は約 2,500 億ドル (Space Capital 社データ) にのぼる。

Magnitude Invested in Start-up Space Companies 2000 – 2020



\$36.7B invested in start-up space companies 2000 – 2020, \$26.2B (72%) since 2015

出所：Bryce 社公表データ (2021 年 4 月)

2021 年のデータはまだ速報値しか出ていないが、新宇宙企業に対しての投資額は約 100 億ドル、宇宙業界全体としては約 450 億ドル規模に達したと考えられる。

特に 2021 年は、多くの新宇宙企業が SPAC (Special Purpose Acquisition Company : 特別買収目的会社) として上場し、その後事業会社と合併の上で、事業会社を存続会社として上場する方式での株式公開 (IPO) を企図し、そのほとんどが成功した年となった。約 50 億ドルの投資が SPAC の枠組みを通して実行され、投資対象となった企業の大半は企業評価額 10 億ドル以上のユニコーン企業に

¹ 打ち上げサービスや地上系サービスなど

成長した。SPAC そのものは日本では認められておらず、米国のみで行われている上場方式である。まだ実績が乏しい企業の上場も可能にし得ることでバブルを生むなどの問題も指摘されているが、宇宙業界が短期間（4～5年）で投資・回収ができる「普通の産業」になったと言うことを意味することでもある。

次頁の表は2022年3月時点のSPACの状況をまとめたものである。

事業会社	事業分野	合併相手 (SPAC会社)	株式市場	SPACのIPO額	合併時評価額	SPACのIPO時期
Virgin Galactic	ツーリズム	Social Capital Hedosophia	NYSE	\$900 million	\$1.5 billion	Closed - 4Q'20
Momentum	打ち上げブローカー	Stable Road Acquisition	NASDAQ	\$250 million	\$700 million	Closed - 2Q'21
AST & Science	低軌道通信コンステ	New Providence Acquisition	NASDAQ	\$460 million	\$1.4 billion	Closed - 1Q'21
Rocket Lab	小型衛星打ち上げ	Vector Acquisition (Vector Capital)	NASDAQ	\$745 million	\$4.1 billion	Closed - 2Q'21
Spire Global	観測サービス	NavSight Holdings	NYSE	\$475 million	\$1.2 billion	Closed - 2Q'21
Astra Space	小型衛星打ち上げ	Holocity, Inc. (Navigation Capital)	NASDAQ	\$500 million	\$2 billion	Closed - 2Q'21
BlackSky	観測サービス	Osprey Technology Acquisition Corp.	NYSE	\$280 million	\$1.1 billion	Closed - 3Q'21
Red Wire	衛星機器製造	Genesis Park (AE Industrial Partnership)	NYSE	\$170 million	\$615 million	Closed - 3Q'21
合併先未定	TBD	CEA Space Partners I (Navigation Capital/CEA Group)	NASDAQ	\$250 million	TBD	Open
Arqit Limited	カンタム通信技術	Centricus Acquisition Corp.	NASDAQ	\$400 million	\$1.4 billion	Closed - 3Q'21
SatixFy	デジタル通信機器	Endurance Acquisition Corp. (Antarctica Capital)	NASDAQ	\$200 million	\$813 million	Closed - 3Q'21 Merger - 3Q'22
Satelloic	観測サービス	Cantor Fitzgerald Acquisition Co. V	NASDAQ	\$271 million	\$1.1 billion	Closed - 1Q'22
Planet	観測サービス	dMY Technology Group, Inc. IV	NYSE	\$590 million	\$2.8 billion	Closed - 4Q'21
Virgin Orbit	小型衛星打ち上げ	NextGen Acquisition Corp. II	NASDAQ	\$228 million	\$3.2 billion	Closed - 4Q'21
Terran Orbital	観測、衛星機器製造	Tailwind Two Acquisition Corp.	NYSE	\$400 million		Open - Q1'22
D-Orbit	打ち上げブローカー	Breeze Holding Acquisition Corp.	NASDAQ	\$185 million	\$1.28 billion	Open - Q2'22

出所：業界データを取りまとめたもの

こうした民間の新宇宙分野での台頭を受けて、政府機関も変わってきている。現在、世界の政府機関が国家予算支出で宇宙開発に費やしている額は年間約 1,000 億ドルと言われている。米国で支出される予算はこのうち約 350 億ドルである。内訳は、NASA（米国航空宇宙局）が約 250 億ドル（以下の表に示す通り、未承認ではあるが 2022 年度の申請予算額は 250 億ドルで、2026 年度までに 270 億ドルまで伸びると予測される）、その他の機関²で 100 億ドルとなっている。

² 宇宙軍、NRO、DARPA、NRL、AFRL、DIU などの国防省関連組織、NOAA などの商務省関連組織、大学や研究所

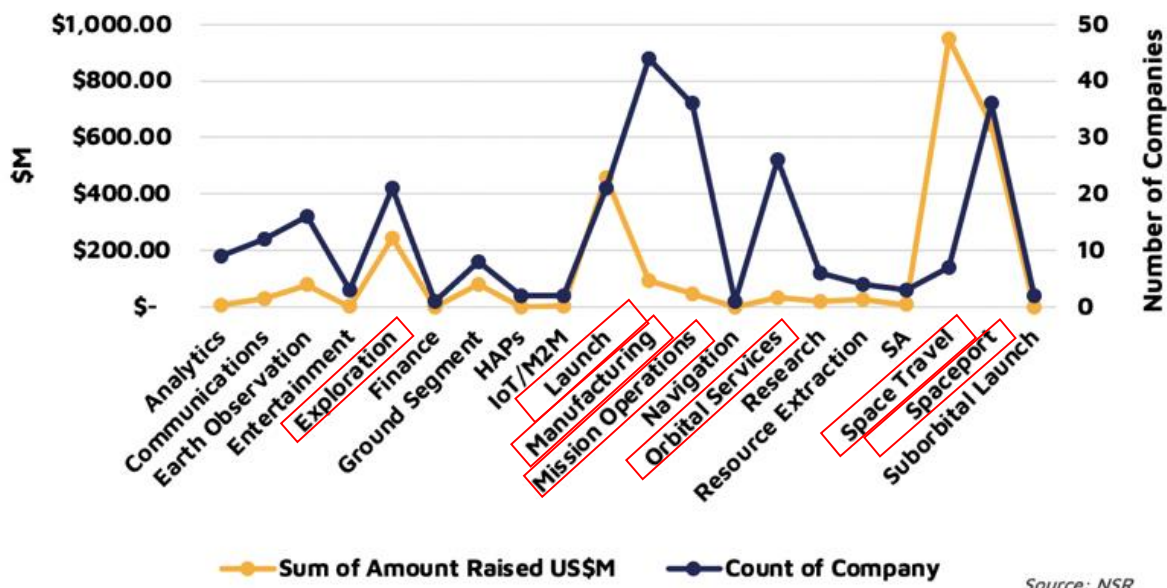
Budget Authority (\$M)	FY 2020 ¹⁾	FY 2021 ²⁾	FY 2022	FY 2023	FY 2024	FY 2025	FY 2026
Deep Space Exploration Systems	5,959.8	6,517.4	6,880.4	7,014.1	7,263.7	7,514.9	7,772.8
Exploration Systems Development	4,512.8	4,544.6	4,483.7	4,384.0	4,219.0	3,888.0	3,867.0
Exploration Research & Development	1,447.0	1,972.8	2,396.7	2,630.1	3,044.7	3,626.9	3,905.8
Space Technology	1,100.0	1,100.0	1,425.0	1,454.5	1,486.4	1,519.2	1,552.9
Space Operations	4,134.7	3,988.2	4,017.4	4,109.3	4,103.3	4,103.3	4,103.3
International Space Station	1,516.1	1,321.6	1,327.6	1,309.7	1,279.4	1,284.5	1,284.5
Space Transportation	1,746.2	1,872.9	1,771.7	1,827.1	1,849.0	1,843.7	1,843.7
Space and Flight Support	857.4	776.6	817.0	786.4	788.8	789.0	789.0
Commercial LEO Development	15.0	17.0	101.1	186.1	186.1	186.1	186.1
Science	7,143.1	7,300.8	7,931.4	8,095.6	8,272.9	8,455.7	8,643.4
Earth Science	1,971.8	2,000.0	2,250.0	2,343.5	2,398.3	2,573.0	2,702.3
Planetary Science	2,712.6	2,699.8	3,200.0	3,196.3	3,266.5	3,226.9	3,168.7
Astrophysics	1,306.2	1,356.2	1,400.2	1,461.8	1,491.5	1,512.3	1,594.1
Heliophysics	724.5	751.0	796.7	803.3	816.6	833.6	858.5
James Webb Space Telescope	423.0	414.7	175.4	172.5	172.0	172.0	172.0
Biological and Physical Sciences	5.0	79.1	109.1	118.1	128.0	137.9	147.8
Aeronautics	783.9	828.7	914.8	933.7	954.1	975.2	996.8
STEM Engagement	120.0	127.0	147.0	150.0	153.3	156.7	160.2
Safety, Security, and Mission Services	2,913.3	2,936.5	3,049.2	3,112.3	3,180.5	3,250.8	3,323.0
Mission Services & Capabilities	1,849.7	1,918.3	2,028.8	2,070.8	2,113.7	2,157.6	2,202.4
Engineering, Safety, & Operations	1,063.6	1,018.2	1,020.4	1,041.5	1,066.8	1,093.2	1,120.6
Construction & Envrmtl Compl Restoration	432.5	428.5	390.3	398.4	407.1	416.1	425.3
Construction of Facilities	357.8	370.4	315.6	322.2	329.3	336.7	344.2
Environmental Compliance and Restoration	74.7	58.1	74.7	76.2	77.8	79.4	81.1
Inspector General	41.7	44.2	46.0	47.0	48.0	49.1	50.2
NASA Total	22,629.0	23,271.3	24,801.5	25,314.9	25,869.3	26,441.0	27,027.5

注：NASAの予算推移は「Space Intel Report」より抜粋

NASAの2022年度予算を見ると、設備の維持や運営などを除けば、宇宙基地と低軌道関連などの宇宙事業に40億ドル（16%）、地球観測や環境保全、宇宙科学などの宇宙科学に80億ドル（32%）、火星や惑星探査などの深宇宙分野に70億ドル（28%）を費やすこととなっている。こうした傾向自体は過去数年変わっていない。しかし、特筆すべきこととして、NASAは宇宙法協定（Space Acts Agreement）³を利用したインフラの商用化を積極的に推進してきている。これは、NASAが、開発、構築の全ての費用を負担して資産を取得・所有するいわば従来からの「インフラ調達・保有方式」ではなく、民間企業の技術開発を支援するが自らインフラは所有せず、インフラ完成後のユーザーになることを約する仕組みである。民間企業の立場からすると、NASAの参画を受けて民間資金の調達を行いながらインフラを構築し、商用サービスを提供して事業化に結びつけるいわばPPP（官民パートナーシップ）的な事業となる。NASAはまず、本スキームをCOTS（Commercial Orbit Transportation Services: 宇宙基地向け物資補給機を運ぶ商用ロケットの打ち上げサービス）、CRS（Commercial Resupply Service: 宇宙基地への補給機打ち上げとその運用、回収サービス）から始め、CCDev（Commercial Crew Development: 宇宙飛行士を宇宙基地まで商用ベースで輸送するサービス）につなげた。現在は同じ方式をCLPS（Commercial Lunar Payload Service: 月面での各種サービス）やCLD（Commercial LEO Destinations: 商用宇宙基地の建設と運用）に適用している。一連の動きは、新宇宙企業などによる宇宙産業の商用化を受けて、政府機関がこれを促進するために行う投融資の一環であると理解でき、国家の直接的な予算投下には当たらない支援と言える。

こうした動きは欧州、日本など世界の政府宇宙機関においても見られるようになってきている。政府機関による民間企業への投融資は年を追って増えており、2020年には約60億ドルに達した。以下のグラフは、2020年に世界の政府機関が行った民間宇宙事業への投資（直接投資、各種助成金や支援、PPP的関与などのバリエーションを含む）の内訳である。NSR社の調査によれば、2000年から2020年の20年間に政府が行った民間宇宙業界への投融資総額は360億ドルを超える。

³ NASAが宇宙事業の遂行に当たり自らの判断で必要な契約を締結する権限を付与する制度。



出所：Northern Sky Research (NSR) 社報告書

米国において、政府機関と新宇宙企業が連携を進める動きは NASA のみに言えることではない。国防省関連組織も新宇宙企業群の技術開発や事業化の動きに注目し、これを採用している。また新宇宙会社、旧宇宙会社の両方をうまく使い、結び合わせて国防インフラに取り込もうとしている。ただし、国防省組織は NASA の採用方式（PPP 的な要素や IDIQ⁴ を組み合わせて商用ビジネスの立ち上げを支援する）は用いていないが、大型のプロジェクトを OTA⁵方式で進めることで新宇宙企業群にとって魅力的な需要を生み出し、軍民両用技術を推進することで事業化を実現することに貢献している。

以下は国防省で見られる事例のいくつかである。

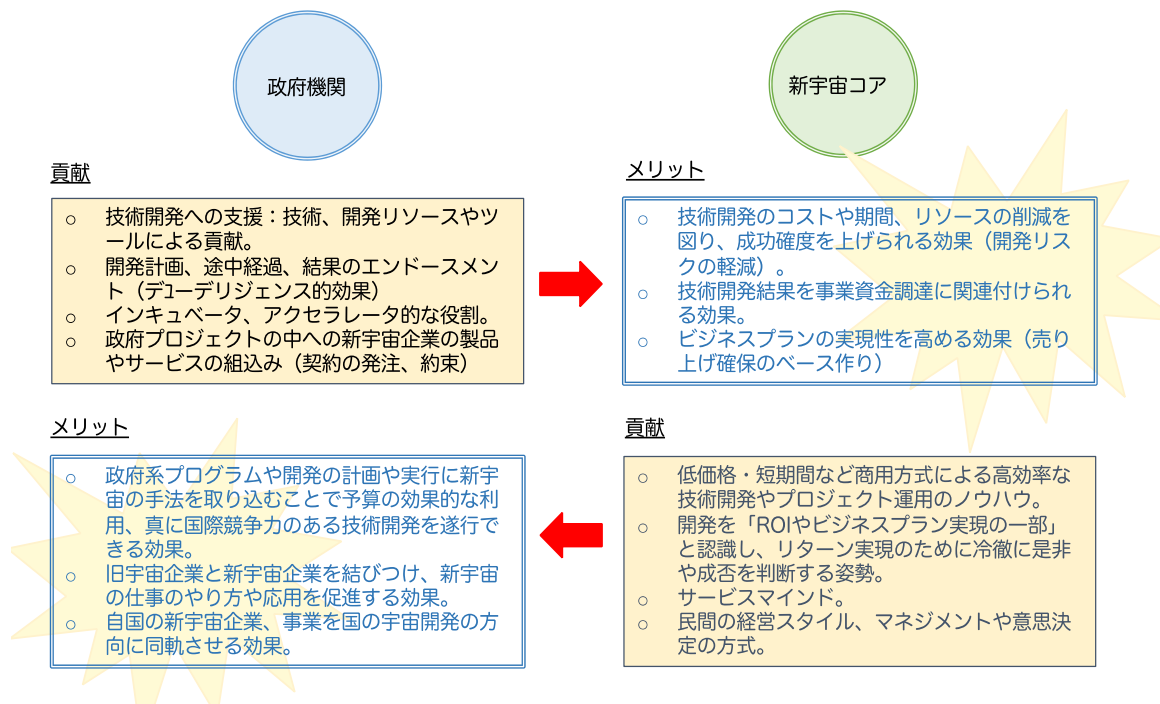
- DARPA（高度研究プロジェクト庁）：新宇宙企業多数を使いキューブサット（小型人工衛星）を使用した防衛ネットワーク Blackjack を低価格で構築する開発を実施。また、軌道上の衛星寿命延伸サービスの技術開発を、RSGS⁶プログラムを通して民間と協力して実施。
- SDA（宇宙開発庁）：7つのレイヤー、1000機強の低価格小型衛星を使用した戦闘管理システムを構築。新宇宙企業が提供主体。
- NRO（国家偵察庁）：次期10年の衛星画像、データ購入に新興のEO（電気光学レーダー）、SAR（合成開口レーダー）企業群を選定。
- DIU（防衛革新庁）：キー技術を開発する観測衛星サービス企業群、ロボティック開発会社群に初期の開発資金を提供、民生技術の防衛分野への利用を初期段階からロードマップ化し、小額ではあるが開発資金提供も行なっている。
- SSC（宇宙システムコマンド）：デブリ除去企業に助成金を出して支援。

⁴ Indefinite Delivery, Indefinite Quantity の略。プロジェクト当初において納期・数量未確定の契約方式。

⁵ Other Transaction Authority の略。連邦調達規定や調達方法に従わず簡便化された商用的手法で業者選定や契約を進められる

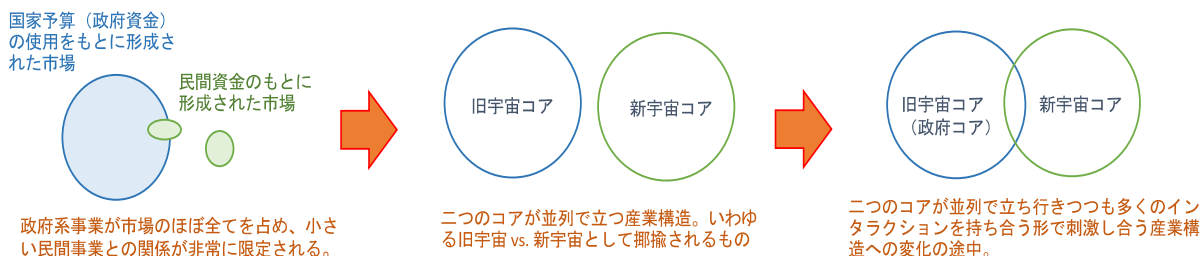
⁶ Robotic Servicing of Geosynchronous Satellites の略。静止衛星を利用したロボットサービス

政府機関にとって、新宇宙企業群（新宇宙企業群の産業コア）を支援し、利用することは単に産業支援という政策の実行にとどまらず、予算の効率的執行を可能にするなど自らのメリットにもつながる。また新宇宙企業群にとっても政府からの支援を受けることで事業計画の立案や実行にお墨付きを与え、資金調達にとってプラスとなるなどのメリットがある。結果として以下に示すような互恵の関係が早い時期からできてきた。



しかし、新宇宙企業群が出現して急速に民間資金を惹きつけ、ひとつの「産業コア」的なものを形作るようになった当初、従来型の企業群（新宇宙に比して旧宇宙、Legacy Space と称する。いわゆる従来型の政府ビジネスモデルに依存してきた企業群や政府機関）はこの動きを歓迎せず、これが継続する動きになるとも信じなかった。旧宇宙企業群は、新宇宙企業群が自主的に価格を下げ（業界構造や慣習を壊す破壊的な行為と映り、理解できない）、早いスピードで仕事をし（ゆっくり仕事をし、そのコストを全て負担してもらう文化への挑戦）、コストプラスのような従来の政府の調達形態と違う確定金額方式や約束通り仕事ができなかった場合のペナルティ条項を受け入れていくこと（自らリスクを受け入れている）に強い警戒感を示し、既得権益を失うことを恐れた。その結果、旧宇宙コアと新宇宙コアが対立する時期もあった。しかし、前述のように政府機関はわりと早い時期に新宇宙コアをあと押しした。2010年代初頭からNASAがCOTSでSpaceXを支援したことはその例と言って良いし、PlanetやSkyboxをNROやDIUが支援したこともその例と言える。

これらの先駆企業の成功やそれを支えた政府機関の動きが呼び水となって、その後により多くの新宇宙会社が登場し成功への道筋を太くしたことで、次第に旧宇宙コアも新宇宙コアの存在を認め、旧宇宙コアと新宇宙コアが産業の両輪的な形で並立するようになった。これらはいまだに違う価値観やビジネス手法を持っており、これらが完全に統合することはない。ただ、二つのコアが重なり合う部分生まれ始め、お互いを認め合い、協力してビジネスを模索する形も生まれつつある。また、政府機関にも、新宇宙コアと旧宇宙コアをうまく使い、組み合わせる動きが見られ、いやがおうでも両方もコアが協力せざるを得なくなっている面もある。



ここまで述べてきたように、新宇宙分野、政府機関の動き、変化を受け入れつつある旧宇宙企業群などを包含する宇宙業界に見られる変化は今後も継続していくであろう。新宇宙企業がさらに成長して宇宙業界全体を押し上げるが、かつての新宇宙企業は徐々に成熟するとともに旧宇宙企業のようになっていく、また新たな分野で革新的な新興企業が出現する、というサイクルが出来、継続することが望まれる。既にその基礎はでき始めていると言って良い。しかし、新宇宙分野に入ってきた民間の資金はあくまで宇宙事業を特別扱いせず、利益計上ができる限り支援する性質のものであることに疑いはない。彼らは投下資金の早期回収を求めており、回収できなければ冷徹に投資を引き上げ、事業を精算することにもなる。これまで成長を続けてきた新宇宙企業は、今後、成功、失敗の例が徐々に見えてきて淘汰、統合なども見られるようになるであろう。これは経済原則に立つ企業にとっては避けて通れない道であり、これを経験することが業界のさらなる強靱化にもつながる。

現在の宇宙業界の動き、状況、今後の展望などを主要サービス分野ごとに以下の表にまとめてみた。それぞれの分野で新宇宙、商用化などの動きが具現化されていることが理解できる。

分野	動向と概況
商用静止衛星通信	<ul style="list-style-type: none"> サービス面では航空機・船舶向けサービスが新型コロナの影響を脱して回復基調にあるが、放送分野の需要減（インターネット化の傾向強まる）で全体的には微減の状況。2021年は衛星通信の歴史で初めてデータサービス売上が放送・映像売上を上回る年になった。通信市場は今後、よりデータ通信が主流の市場になっていくであろう。鍵となるサービスは消費者やビジネス向けインターネット接続、航空・船舶向けブロードバンド、モバイルバックホーリングなどが想定される。 データ中心のビジネスモデルに対応するためには、静止衛星がデジタル化する必要がある。この流れは明らかだが衛星発注は爆発的に増えてはいない。ここ数年15機/年程度で推移しており、衛星発注は「踊り場的な状態」にある。これは新型コロナの影響で大規模（グローバル）事業者の経営・財務状態に不確実性が残り新規投資を抑える傾向にあること、中小規模（地域）事業者がデジタル衛星への急速な変化にまだ躊躇を示していることが要因と考えられる。しかし、2025年頃にかけて、今後の発注は年20機～25機程度に回復すると予測される。 デジタル衛星市場は大規模事業者が求める高度な柔軟性を持つ150～200Gbps級の大型衛星（Airbus、Thales、Boeing）とそれに対するアンチテーゼとして最低限度の柔軟性ととどまる20～40Gbps級の超小型衛星（Astranis、Saturnの新興企業2社）に2極化しつつある。ただし大多数の地域事業者が必要とするのはその中間の80～120Gbps級の中型衛星であ

る。現在はデジタル衛星システムの構築が先行し、衛星機能をサービス需要に落とし込むまでに至っていない。大型は「大は小を兼ねる」戦略で、超小型は「需要に合わせて複数機で対応する」戦略で地域事業者の市場に対処しようとしている。誰かが中型機市場セグメントに照準を合わせて対応すれば需要が一気に高まると考えられ、衛星メーカーの業界地図が決まると思われる。いずれにせよデジタル衛星技術を持たない半分ほどの衛星メーカーには生き残れるチャンスは薄い。

低軌道通信 コンステレーション⁷

- ブロードバンド (BB) コンステレーションでは 03b、OneWeb、Starlink の 3 社が先行し、Telesat、Amazon が追う展開。ViaSat (Inmarsat を買収) なども参入を計画している。この分野の事業の成否は依然不透明だが、2000 年代の移動体 Big LEO (全てが破綻) ほどではないにせよ、全てが生き残れることはないと考えられる。その中で、生き残りをかけて、静止衛星サービスと張り合うのではなく連携してワンストップサービスを提供すること、軍の需要を取り込んでベースロードとすること、ユーザーターミナルの価格を下げる手を打つこと、航空サービスと 5G バックホールに資源を集中することなどを成功への戦略とする共通の認識が生まれてきている。
- 高いユーザー機器価格 (現在 500~2,000 ドル/台) は低軌道通信サービスの普及を妨げる要因の一つだが、需要が増えれば GEO 用機器のレベルである 400~500 ドル/台まで下がるとみられる。Starlink は 499 ドルの初期払いと 99 ドル/月のサービス料への上乗せで対応しているが効果は限定的で、各社とも需要が増えるまでは補助をつけ、メーカーと排他的な関係の中で特別価格を出させる、在庫を抱えても自己資金でまとめ買いをする、などを組み合わせた施策を打つしかない。その多くは財務諸表の悪化に直結するもので体力勝負となる。
- こうした中で軍が LEO コンステレーション能力の採用 (軍では P-LEO と呼ぶ) に積極的な動きを見せている。これが LEO コンステレーションの初期段階のビジネスにとっての救世主になり得る。
- ブロードバンド (BB) 以外の用途 (携帯電話への接続を通して 5G 網の一部になるサービス、宇宙クラウド、IOT/M2M など) でも注目したいコンステレーションもある。

観測衛星 コンステレーション

- 観測衛星サービスは、90 年代から米政府 (商務省) 主導で「商用化」されたがその実態は全コストを政府需要で支える方式であり、真の商用化とは言えなかった。ゆえに政府需要が伸びなければ撤退となり、業界統合が起き、最終的には Digital Globe だけになった。
- しかし、2010 年頃から小型衛星による価格破壊、コンステレーションによる周回を武器に新宇宙企業の新規参入が始まった。Planet と Skybox で始まったこの動きは、民間資金の投入を得て (新宇宙分野では最初に資金が投じられた) 新しい産業セグメントを作ってきた。Blacksky、Spire、

⁷ 複数の衛星を協調して機能させることで得られる特定のサービスを提供するシステム。

Planet、Satellogic などが相次いで上場を果たし、豊富な資金に支えられてコンステレーション構築を完結できる環境が整った。

- コンステレーションの実現は、画像やデータの価格破壊と、短い周回時間に支えられた AI による情報サービス化に期待を生んでいる。しかし、実態は、防衛用途以外の市場がなかなか立ち上がらず、ビジネスモデルは依然として安価にはなったが画像とデータが中心である。政府需要や米宇宙軍防衛網整備への商用コンステレーションの組み込みで繋ぎながら商用市場の立ち上がりを待つ流れになっている。
- 商用市場の立ち上がりには、きめ細かいアプリケーションごとの AI による情報サービス提供、ユーザー・事業者・AI サービスをつなぐデータ流通プラットフォームの整備が不可欠である。さらに、衛星事業者が自らの画像やデータを使う手段として情報サービスを立ち上げることが現在の形から、まずユーザー市場に焦点を当て、その目的にあった衛星サービスを使う AI 情報サービスが出てくるのが商用市場の立ち上がりには不可欠とみられる。EO、SAR 以外のサービス（多波長分光、無線周波による観測、気象レーダーなど）も始まりつつあり、アプリケーションの多様性を実現する環境は整いつつある。

地上系

- 衛星ネットワークの主役が“衛星 → 地上・運用”に。
 - 低軌道コンステレーションが多く出現し、静止と低軌道の連携もあって、視野に入ってくる不特定の衛星を追う拡張性が必要になった。また、衛星サービスがかったのポイント・トゥー・マルチポイント (star) からマルチポイント・トゥー・マルチポイント (mesh) に変わってきた。
 - 衛星のペイロード（送受信データ）がデジタル化により柔軟に運用できるようになった。
 - 価格削減のために衛星のハードウェアは共通化され、差別化は運用側で行うようになった。
 - 衛星だけでなく地上系にも要求されるコスト削減のため、COTS 化、クラウド機能を多く取り入れるバーチャル化が進み、クラウドが柔軟性や拡張性、サービス管理まで担うようになってきた。
 - 事業者のビジネスモデルが「キャパシティ（サービス・インフラの提供：Infrastructure-as-a-Service）」から「マネージド・サービス（衛星サービス：Satellite-as-a-Service）」に転換しつつあり、これに伴い、地上系もインフラ売りからサービス売りのモデルに転換して事業者の新たなビジネスモデルの一部になる必要が出てきた、その結果、地上ステーション・サービス (Ground Station-as-a-Service) の枠組みで顧客（衛星事業者）に対応するサービス事業者が増えてきている。
- 地上系ではユーザーターミナルと運用系の両面で革新が起きている。提供可能なサービス（事業）はアンテナ技術（電子的スキャン型の可動型アンテナ、平面フェーズドアレーアンテナ）やウエーブ・フォーミング技術（マルチ周波数対応）、運用系とユーザー系を結ぶクラウド化、などである。

- この分野には新宇宙会社、クラウド会社、テレポート会社などの参入を呼び込んでいる。ただ、地上系サービスモデルは世界各所でのアンテナの設置や運用、ソフトウェアの開発など多岐の分野にわたる設備投資主導の事業形態であり、新規参入会社が即対応するには資金的、リソース的なチャレンジが大きい。自然の流れとして、今後、協業や合従連衡などが行われる可能性の高い分野と思われる。

軌道上サービス (OOS)

- 寿命延伸とデブリ除去、宇宙状況監視 (SSA) はサービスとしては開発段階から実用段階に入りつつある。また、軌道上サービスを支えるサブエレメント (内部要素) の技術開発 (ロボティック技術、ランデブードッキング技術など) がここ数年大きな進捗を見せており、資金はまだ多くは入っていないものの投資を惹きつける基盤ができつつある。投資家側としても、OOS (軌道上サービス) は、通信・観測・打ち上げなどすでに投資収益獲得の対象となっている分野の次を見据える際の対象候補のひとつとして認知され、注目されつつある分野と考える。欧米の政府機関もこの分野に強い関心を持っており、様々な形での側面支援を行なっている。
- しかし上述の個々のサービスが単独でビジネスとして成り立つかどうかの見極めがまだなされておらず、誰が資金を出すのか、収益のあるビジネスなのか、などの判断ができていない。軌道上サービスがビジネスとして成り立つ鍵は先行設備投資とビジネス獲得の間のバランスをどこに置いてビジネスモデルを描くかにあり、製造者モデル (受注してから製造) でなく衛星事業者モデルをベースとしなければならない。製造者自身が軌道上サービスを手掛ける例が多いことからこの点が課題になろう。政府需要をベースロードとし、それをテコにして「軌道上での突発的需要に対応できるサービスモデルの導入」を行うことが不可避だと思われる。デブリ除去サービスはその方向で進みは始めているようだが、寿命延伸サービスは衛星製造のモデルが前面に出すぎている感がある。
- 個々の軌道上サービスやプレーヤーをどう組み合わせる市場に提供していくかなどの枠組み作り、サービス側と衛星側との技術インターフェースの整備、制度・法務面の枠組み作りなどが遅れている状態にある。米国、EU、日本と言った単位でのまとめ方が必要なのか、こういう枠を外した形での組み合わせが必要なのかはまだ不透明だが、軌道上サービスは国の防衛や技術開発、衛星二次利用の促進などとも深く関わる部分がある。国としてどう技術を整え、どう資産やサービスを一本化していくのかが問われるため、政府主導での直接、間接の枠組み作りが必要ではなかろうか。

宇宙旅行

- 現在、商用宇宙旅行には、大きく分けて準軌道ツーリズム (短時間の宇宙空間体験) と軌道ツーリズム (宇宙基地などへの旅行や輸送) があり、これが将来はポイント・トゥー・ポイントの飛行につながっていくと考えられる。宇宙ツーリズムは 2030 年頃に向けて高成長市場になるという予測が出ている。Blue Origin、Virgin Galactic の準軌道飛行成功に続いて SpaceX の商用軌道飛行が実行され、本分野でのビジネスが本格的に始動する機運は高まっている。

	<ul style="list-style-type: none"> ○ 宇宙旅行ビジネスへの投資では、現在は巨大な資産を有すオーナー（故に Virgin や Amazon、SpaceX の様な企業が推進母体になっている）やリターンを長期視点で受け入れることができる戦略株主（航空会社や旅行会社など）が中心であり、投資家の広がりや厚みはまだない。軌道上サービスは宇宙基地の運用とも絡んで政府機関が主要な顧客となりビジネスモデルが描きやすいが、準軌道サービスは一般人が顧客になるため需要発掘が重要となる。 ○ 免許制の問題（飛行機かロケットかなど）、事故の際の政府補償、訴訟回避の枠組み（いわゆるインフォームドコンセントの問題）などの法制度、政府基準などの整備に対しては、世界的に取り組みが遅れている。有人飛行に関して FAA（米連邦航空局）は 2020 年に安全管理面を中心にして制度面、手順面の改革を実施し、AC（Advisory Circular：各種ガイダンス）を出してその詳細をまとめつつある。
後継宇宙基地	<ul style="list-style-type: none"> ○ 国際宇宙基地（ISS）の寿命が 2030 年⁸に切れるのを前に、後継機の準備と具体的に取り掛かる必要がある。 ○ NASA は後継機を商用アプローチで実現する計画で、CLD（Commercial LEO Destination）プロジェクトのもと、Nanoracks、Sierra Nevada など 3 つのグループをフリーフライヤー⁹検討企業として選定した。NASA は商用基地を民間資金で構築するべく 2025 年までに検討しプロジェクト化する予定だが、このための予算（4 億ドル）はまだ議会承認されていない。また「商用基地をどう使ってどう収益を上げるかというモデルが確立されなければ莫大な必要資金も集まらない」という課題を抱える。その点ではまだ道は始まったばかりである。なお、NASA はこの 3 グループの選定とは別に Axiom にはすでにフリーフライヤー（ISS に接続し、その寿命終了後は商用ステーションに接続）開発の契約を与えており（1 億 4,000 万ドル）、Axiom の民間資金調達が予定通りなら 2024 年に打ち上げる計画。NASA は複数のフリーフライヤーを構築することを考えている。 ○ 米国政府（先端宇宙科学センター）が宇宙基地と地上、他の衛星間の通信サービスに関する研究開発実施者に SpaceLink を選定した。10Gbps の光通信を ISS、地上、TDRSS（追跡・データ中継衛星）の間で 2024 年までに実現する計画。将来の商用宇宙基地などにも適用される。
月探査	<ul style="list-style-type: none"> ○ 将来の火星探査・開発のためのステップング・中継基地機能として月探査・開発を行う ARTEMIS 計画が進んでいる。月ゲートウェイを建設し、各種の月面インフラを建設し、2025 年までに（トランプ政権下では 2024 年を目指していたが現行案に変更）月に宇宙飛行士を送りこむ計画である。米国はこれを日本や欧州などとの国際協力で実現すべく ARTEMIS 協定を締結（現在 25

⁸ 米国は元来、2024 年までとしていた宇宙基地の運用を 2030 年まで継続する方針をメンバー国に示した。

⁹ 回収・再利用可能な宇宙実験・観測システム。

の参加国)しているが、ロシアや中国はこれに参加せず、独自の月開発を目指している(ロシアは宇宙基地計画には参加している)。

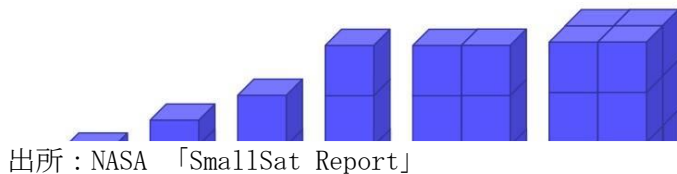
- NASA は国家予算を使って月ゲートウェー(月着陸や活動の支援基地、月ステーション)のプロジェクトを開始した。また、月に飛行士や物資を打ち上げる新型ロケットや大型着陸機(ランダー)の開発も開始した。一方で NASA は、月に各種ペイロード(設備・機材等)を打ち上げる。月面で小型着陸機や月面ローバ(探査機)によってその実証・実験を行い、データや結果を取得するサービスである CLPS (Commercial Lunar Payload Service)を計画、商業ベースでこれを実現すべく、10社を超える供給業者候補を IDIQ 方式で選定した。これらのグループは NASA がユーザーになり契約を締結することで民間資金を集めてサービスの開発・運用を行い、将来的には商業ベースでサービスを提供することが求められる。最初の CLPS は 2022 年にも打ち上げられる予定。
- NASA や ESA (欧州宇宙機関)は、地球-月軌道(cislunar orbit)でのデータ通信サービス(ゲートウェーと地球、CLPS の実験実証データの送信など)である Moonlight 計画を商業的手法で実現する計画で、開発開始に向けて発注した。複数のチーム(通信会社、民間宇宙企業などが参加)が対応している。

2. 小型衛星分野（サービス、製造、打ち上げ）の産業・ビジネス動向

新宇宙企業の出現と成長は低軌道小型衛星を抜きにしては語れない。新宇宙会社の参入と多くの分野での安価なサービス価格により、小型衛星の大幅な低価格化が実現した。通信や観測のコンステレーションに使われる衛星はもちろんのこと、軌道上サービスで使用されるデブリ除去機や SSA（宇宙状況監視）衛星、打ち上げ業者がラストマイルサービスに使う軌道移動機（OTV）、月面探査や実験に使われるローバーなどにも小型衛星やその技術が使用されている。また最近では、静止衛星の中でも小型のものには低軌道小型衛星のサプライチェーン、設計や試験思想などが採用されている。

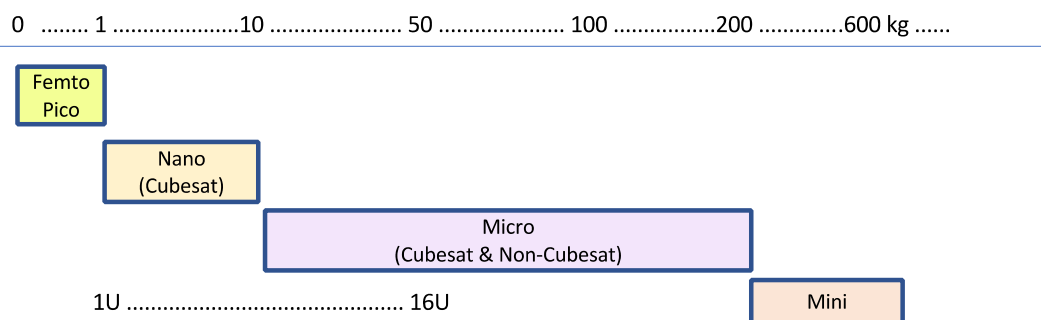
小型衛星という言葉や概念は新宇宙会社が登場する 2010 年以前にも存在していたが、それは主に 1000kg～2000kg 程度の重量の衛星を指していた。Orbital Sciences や Ball Aerospace、Sierra Nevada などが、従来の衛星メーカーが手掛けてこなかったか、手掛けていても高価格でしか製造できなかった小型衛星を比較的安い価格（最低 4,000～5,000 万ドル）で提供していた。その後 Iridium や GlobalStar などの Big Leo コンステレーション・プロジェクトで Thales や Loral がさらに一回り小さい衛星を開発し、量産をテコに安価に製造したが、それでもサイズは 800～1000kg 程度、価格も 1,500～2,000 万ドル程度にとどまっていた。

小型衛星のコンセプトや価格が革命的に変わるきっかけを作ったのは 1999 年にカリフォルニア工科大が開発したキューブサットによってである。この 10cm の立方体（1U）の衛星は、キットを使って誰でも簡単にカタログ製造できるもので、1機あたり 10 万ドル以下という低価格での衛星製造を可能にした。キューブサットは当初、科学実験用に使用されたが、次第に様々な用途に使用されるようになった。また、それにつれて複数のキューブを組み合わせた大型化（以下のとおり、現在では 12～16U まで大型化されている）、ペイロード（設備・機材等）搭載能力の増加とバス（プラットフォーム）機能の拡大、信頼度の改善、機器のオプションや種類の増加、サプライチェーンの確立が進んだ結果、利用は大きく増加した。

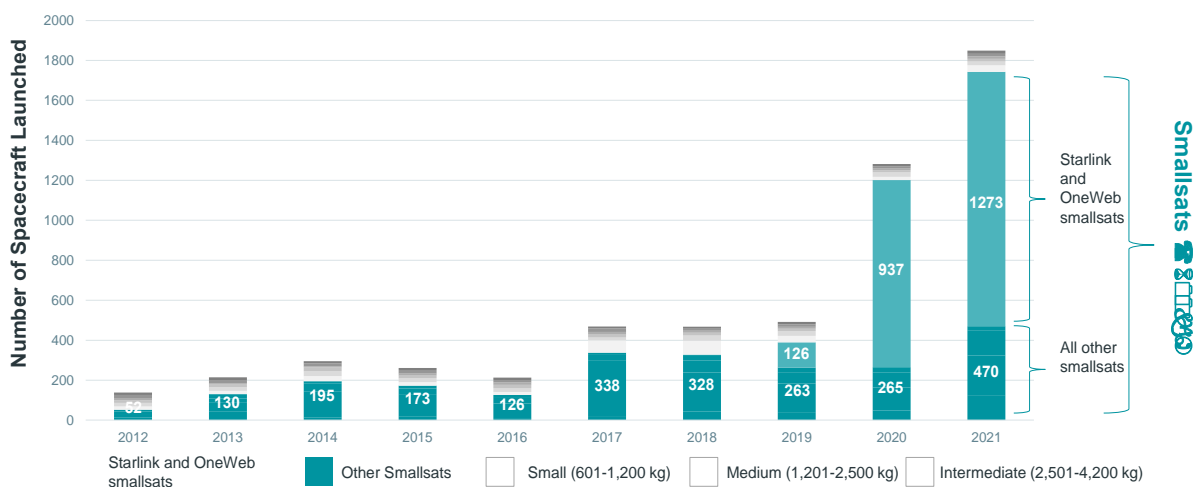


1U（10cm x 10cm x 10cm）は太陽電池パドル、複雑な推進系や姿勢系もない簡単な構造であり、約 1.5kg までの衛星重量だが、12～16U にまで大きくなればアンテナや太陽電池パドル、推進系も付加するケースが多く、重量 50kg に近いものもある。キューブサットの大型化はこれを超えて続いており、150～200kg 級くらいまでの衛星製品がキューブサット技術を使用して開発されつつある。キューブサットの普及は新しい衛星製品ラインを生み出し、従来の小型衛星の定義を変えた。小型衛星の定義や分類には色々な説や立場があり、業界として定まった定義はない。ただし次頁に示すものが比較的多く支持を得た分類と言って差し支えない。500～600kg までを小型衛星とし、それ以上 2000kg 級までのかつて小型衛星と言われたものは中型衛星として分類することが一般的になっている。

一般的に受け入れられている小型衛星の分類

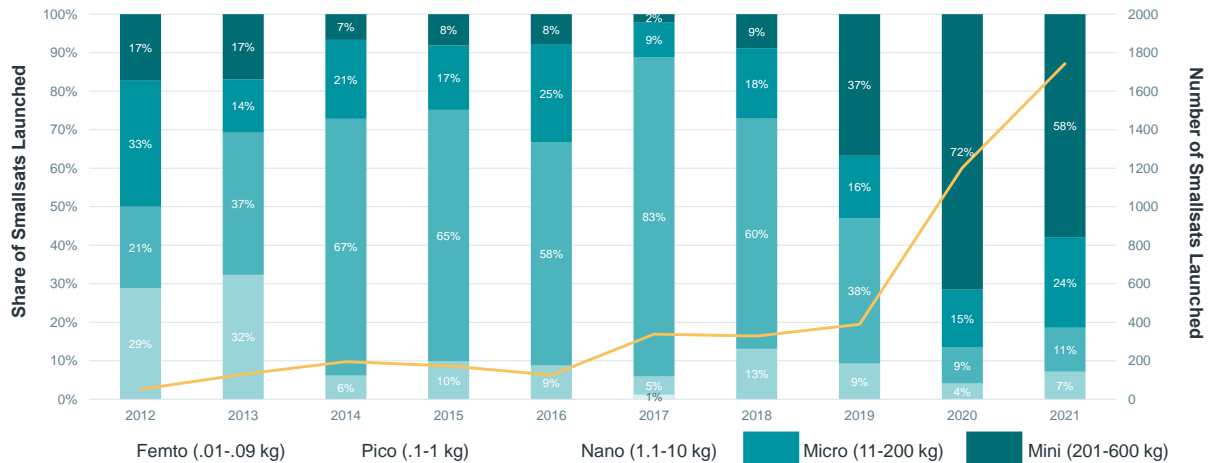


市場調査会社 Bryce のデータ（2022 年 2 月発表）によれば、小型衛星（Bryce は 600kg 以下のものを小型衛星として扱っている）の打ち上げ数は 2020 年に 1,202 機、2021 年に 1,743 機に上る。以下の表は、Bryce が小型衛星の打ち上げ数を 2012 年から示しているものだが、その数は 2017 年以降、それまでにはなかった大きな伸びを示している。増加要因は明らかに大型通信コンステレーション（現時点では 2019 年から打ち上げが開始された Starlink や OneWeb）であり、それらを除くその他の小型衛星の数は 2020 年までは年間約 250～300 機前後と横ばいで推移してきた。しかし 2021 年は 470 機と増加して小型衛星全体の市場規模を押し上げている。



出所：Bryce 社 2022 年 2 月報告書

同じ Bryce 社のデータによれば、Starlink と OneWeb 以外の小型衛星の重量別内訳を見ると次頁のグラフのようになっている。小型衛星の中心を占めているのはナノサット（1～10kg、キューブサット）とマイクロサット（11～200kg、キューブサットとノンキューブサット）であり、2018 年まで全体の 70～75% を占めている。この比率は 2019 年以降、Starlink の数が急激に増加したため、相対的に減ってきてはいるが、OneWeb（150kg）はマイクロサットであり、Starlink（260kg）はミニサットではあるがマイクロサットに近いサイズであり、これにより小型衛星の大部分は 250kg 級以下のものであると言える。さらに、このデータからは、ナノサットの数は次第に減ってきており、OneWeb、Starlink も含めたマイクロサットの数が増えていることが理解できる。



出所：Bryce 社 2022 年 2 月 報告書

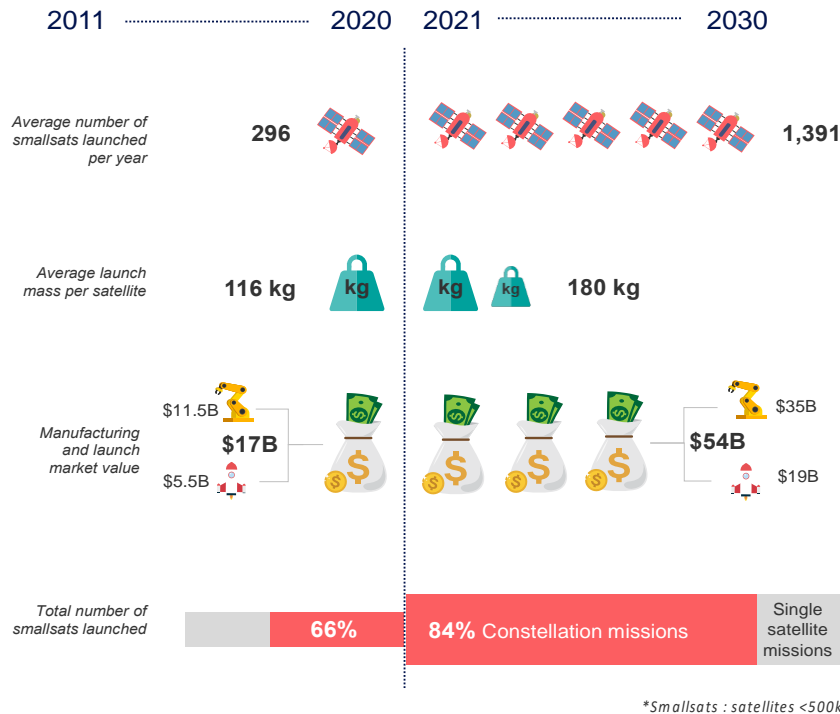
過去 10 年ほどの実績と傾向、その内訳については、Bryce 以外の市場調査会社（Euroconsult や NSR など）の報告も概ね同じような結果を示している。そして、2021 年以降、2030 年までの将来予測を見ても、小型衛星の数は今後もさらに増加を続け、その原動力となるのが商用、政府用の大型コンステレーションであるという見方で一致している。

次頁に示す Euroconsult 社の検証（2021 年 5 月）では、2011 年～2020 年には年平均 296 機だった小型衛星の数（同社の集計は 500kg 以下のものを対象）が、2021～2030 年には 1,391 機（10 年間の総計は 13,910 機）まで増加するという結論となっている。

2011～2020 年の 10 年間の総計 2,960 機（296 機 x 10 年）は、上述の Bryce 社のデータのグラフのうち 2012～2020 年の数値の合計（2,933 機）およびグラフにはない 2011 年の 39 機を足した 2,972 機とほぼ一致するため、両社の数字を合わせて使用しても検証信頼度は高いと考える。2020 年を 1,202 機（Bryce の数値）と置き、13,910 機を単純に年計算すると、年平均 2.5% の成長率となる。OneWeb や Starlink は 2022～2023 年で打ち上げを完了するが、第二世代がスタートしていき、そこに Amazon Kuiper、Telesat や ViaSat/Inmarsat、そして米軍の小型衛星コンステレーションなどが 2023 年以降打ち上げ時期を迎えるため、この数値は少し保守的とも思える。

また興味深いことは、Euroconsult のデータでは、この 13,910 機の衛星の平均重量を 180kg としており、これはマイクロサットに相当する。

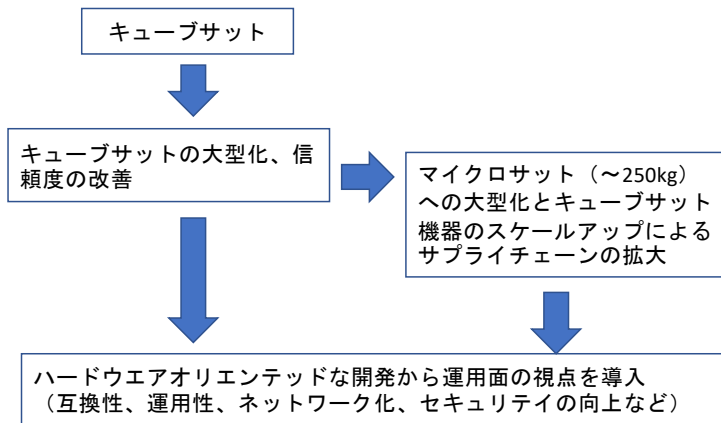
Smallsat* market by 2030



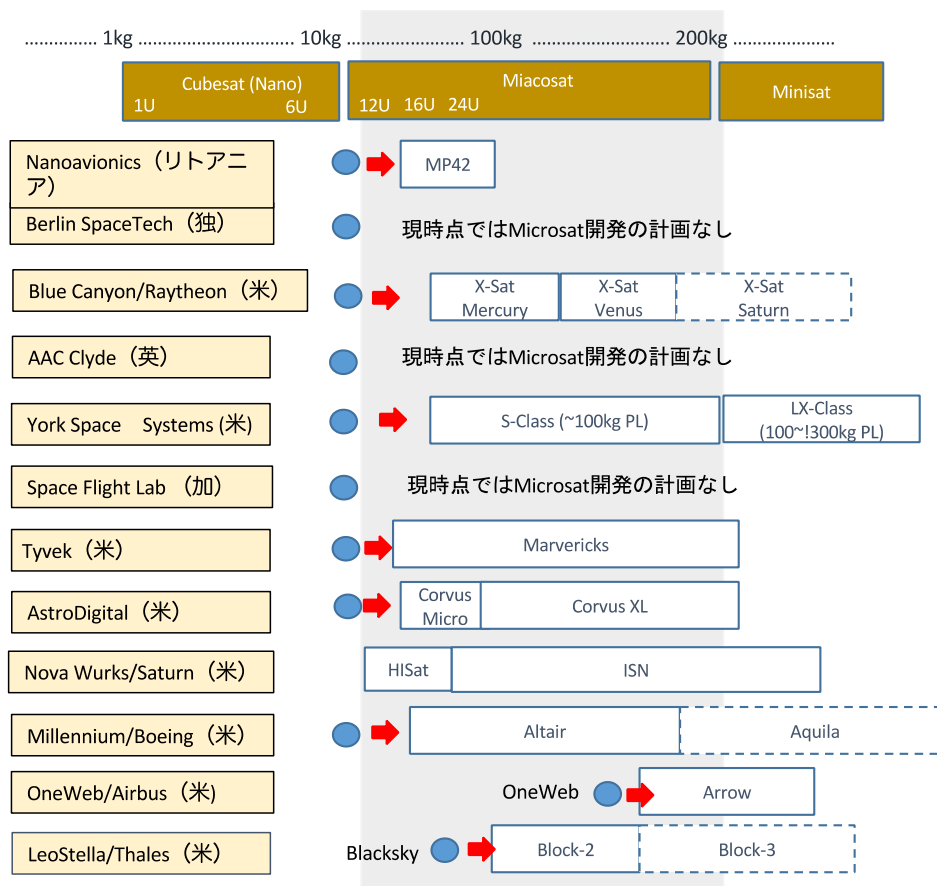
出所：Euroconsult 社 2021年9月報告書

小型衛星の市場規模の拡大、需要動向を受けて、キューブサット製造メーカ群は、キューブサットをベースにしたマイクロサットの開発に動いている。彼らの手法は、キューブサットの更なる大型化（12U、16U、さらには 24U）を進めながら、さらにその上のサイズを独自の構体（キューブサットではない構体）で実現するもの。電子機器や姿勢、電源などの搭載機器についてはキューブサット搭載機器と同じサプライチェーンを使用し、衛星のサイズ増大に対応して機器も基本設計を変えずスケールアップして使用する（スケーラビリティ）方式を追求している。同じサプライチェーンを使うことで生産ライン管理、サプライチェーン管理を簡素化・統合し、搭載機器の需要規模を最大化しつつ供給元を最小化することで量産モデルを実現してコスト削減を図る戦略である。製造メーカ群は、200kg級のマイクロサットで衛星あたり 500 万ドル以下のバス（プラットフォーム）価格を実現することを目標としている（ミッションにもよるが衛星レベルでは 1,000 万ドル以下）。

キューブサットは、最初は低コスト性を前面に出して科学実験用として登場したが、実用・商用ミッションにも利用されるにつれ、低コスト性を維持しつつバスの大型化、ペイロード（設備・機材等）搭載オプションの拡大、信頼度向上を図るフェーズを経て、キューブサットのサプライチェーンを生かしながらの更なる大型化（脱キューブサット）のフェーズに入っている。また、現在は、キューブサット、マイクロサットともにハードウェア開発から運用（互換性、相互運用性）、ネットワーク（バーチャル地上系との自動ネットワーク運用）、セキュリティ（サーバー、光通信など）の面に移りつつある。これらの面では軍用プロジェクトが先行する傾向を示している。次頁の図を参照されたい。



また、以下の図は、こうした動きを模索する主要衛星メーカーの状況をまとめたものである。



出所：業界データを使用して取りまとめ

上の図に出てくるメーカー群がその例であるように、キューブサットやマイクロサットを手掛ける企業群は大半が新宇宙企業であるが、各種コンステレーションや防衛プロジェクトに小型衛星が使われ市場が拡大するにつれて、旧宇宙大手企業もこの分野に興味を示してきている。しかし、彼らは新たに自らが市場参入するのではなく協業や買収を通じて市場アクセスを図っており、これまでに以下のような事例が見られる。また、彼らは単に市場参入の手段として新宇宙会社を買収するだ

けでなく、新宇宙会社を自らの工場のコストダウンや効率的な製造の手本として学ぶ姿勢も見せており、前述の「旧宇宙コアと新宇宙コアとの“交わり”」の部分として注目される動きである。

- Raytheon が Blue Canyon を買収。
- Boeing が Millennium を買収。
- Lockheed が Tyvak に出資し、自らの小型衛星ラインに組み込み。
- エアバスが小型衛星メーカー OneWeb Satellite を OneWeb との合併で米国に設立。
- Thales が小型衛星メーカー LeoStella を Spaceflight との合併で米国に設立。

また、新宇宙企業同士の統合や再編も起きている。例えば小規模の新宇宙小型衛星搭載機器メーカー群を買収してグループを形成しようとしている RedWire、最近の Blue Origin による Honeybee Robotics 買収、Rocket Lab による衛星機器メーカー群の買収などはこうした動きと言える。

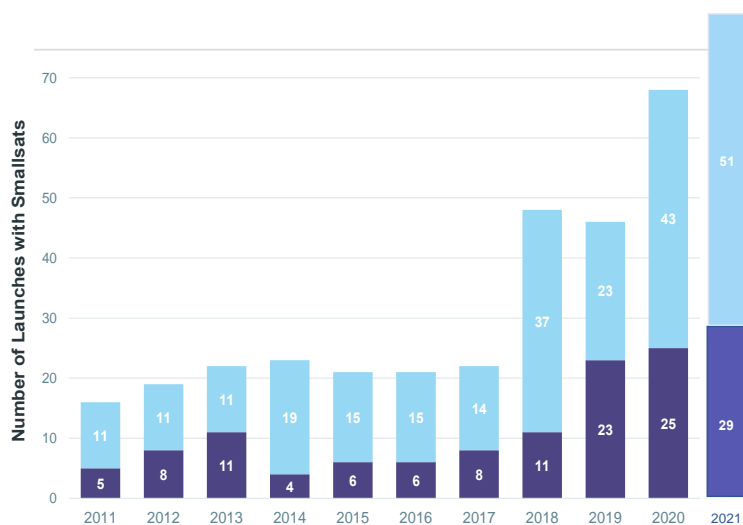
小型衛星のコスト低減に対する市場の要求は非常に強く、間接費の小さい新宇宙会社による設計や製品の共通化、少品種化と量産化、サプライチェーンの統合、作業の効率化などだけでは追いつかないところまで来ている。衛星サービス会社の中には自ら衛星製造まで手掛けることでサービス側からの要求と衛星の製造を直結させ、管理費や利益の2重取りを避けて少しでもコストを下げようとする動き (do-it-all approach) もある。AST Mobile、Planet、Starlink、Planet などがこの方式を模索しており、サービス会社でありながら自ら衛星を製造している。製造メーカーにはこれに対する警戒感があり、衛星製造ビジネスに自ら付加価値をつけようとする試み¹⁰も見られる。これらの動きが結果的に衛星サービス (Satellite-as-a-Service) の動きにつながっていきつつある。

小型衛星の数の増大は打ち上げ需要の増大ももたらし、小型ロケット製造・打ち上げサービスの新市場も作り出している。現在、小型ロケットのビジネスを手掛けようとする企業群は世界で20社以上あると考えられるが、その大部分は新宇宙企業である。これまでに Rocket Lab が先行して Electron ロケット (300kg 級) でサービスを開始しているが、その他の会社はまだ打ち上げ機を開発中であり、Firefly、Relativity、Astra Space などが2022年以降順次打ち上げを開始する予定である。またこの分野には、10,000~20,000kg 級の低軌道への打ち上げ能力を持つ中型・大型ロケットの打ち上げ会社 (SpaceX、Arianespace、Antrix など) も多くの衛星を相乗りで打ち上げるサービスを提供して参入している。

商用小型衛星の打ち上げでは1機だけを打ち上げる専用打ち上げのケースは稀になり、一度に多くの衛星を打ち上げる相乗り打ち上げが主流である。小型ロケットでは2~6機程度の衛星を相乗りさせることが多いが、大型ロケットでは、一度に数十機から場合によっては100機以上の衛星を打ち上げる。相乗り打ち上げによりkgあたりのコストを低くでき、顧客に低価格を提示することが可能になる。SpaceXの場合、小型衛星を自らのStarlinkの打ち上げに相乗りさせて傾斜軌道に打ち上げること、外部の小型衛星だけで太陽同期軌道や極軌道に打ち上げること (Transporter ミッション) もでき、50%程度の占有率でも5,000ドル/kg程度のコストが実現できていると考えられる。一方、現在の小型ロケットは運搬能力が小さいため80%程度の占有率でも25,000ドル/kg程度のコストしか実現できず、有利ではない。ただ、多少高い価格を支払っても自らが望む軌道に投入してもらうことを優先して専用打ち上げや少ない数の相乗り打ち上げを採用する顧客もあり、小型ロケットの市場は全体として成長している。

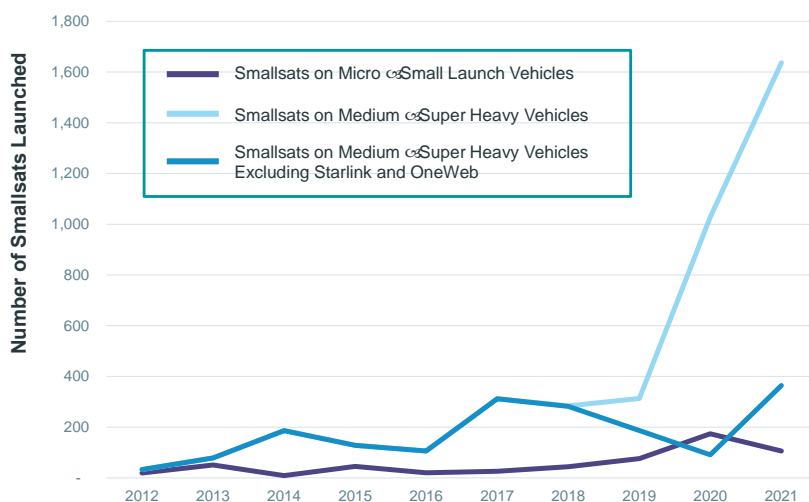
¹⁰ 衛星を売るのではなく寿命期間にわたってリースする形を取る等。例：Loft Orbital。

以下のグラフでは2011年から2021年の小型衛星（600kg以下）打ち上げに使用されたロケットのサイズを示している（Bryceの分析）。紺色で示したものがいわゆる小型ロケット、水色が大型ロケットに分類される。



出所：Bryce社2022年2月報告書

これを見ると大型ロケットのシェアが高く見えるのだが、2018年までは小型ロケットが市場に出ていなかったこと（2018年までの小型は500～2200kg級ロケットが中心だった）、2019～2021年に500kg級以下の小型ロケットが市場に参入してからそのシェアが急激に上がっていること（それぞれ23機、25機、29機）、2019～2021年の大型ロケットでは多くのOneWebとStarlink衛星のバルク打ち上げ（それぞれSoyuzとFalcon9）が大多数を占め、それ以外は実質的に減少傾向にあることなどに注目したい。この傾向は以下の統計を見ると明らかであり、2020年には小型ロケットで打ち上げられた小型衛星数が大型ロケットによるOneWeb/Starlink以外の小型衛星数を上回った。2021年に大型ロケットが小型を上回ったのはSpaceXのTransporter打ち上げ2機のためと推測される。

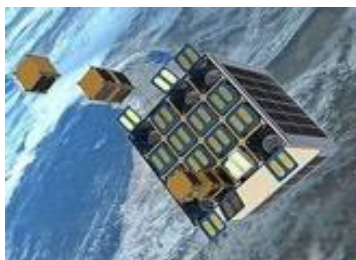


出所：Bryce社2022年2月報告書

打ち上げサービス事業者にとって多くの衛星の相乗り打ち上げをアレンジ（販売）し、それをオーガナイズ（インタフェース調整や契約管理）することは容易ではなく、手間もかかる。こうした中で、顧客と打ち上げサービス会社の間でこの種の作業を行うブローカービジネスが存在感を増してきている。ブローカーと呼ばれる会社群には Spaceflight（米）、Momentum（米）、D-Orbit（伊）、Exolaunch（独）などがあり、ロケット全てのスペースを買い切るケース（小型ロケットでよく見られる）と、一部のスペースを買うケース（大型ロケットの場合によく見られる）がある。

しかし、ただでさえ価格競争の激しい打ち上げサービスでブローカー会社の取り分は自ずと制約され高い利益は期待できない。そこで、ブローカー会社群は付加価値をつけるために、顧客の衛星をロケットの衛星切り離し軌道からそれぞれの衛星が希望する最終軌道や位置まで運ぶ、いわゆるラストマイルサービスの提供を始めている。これは OTV（軌道輸送機：Orbital Transportation Vehicle）と呼ばれる宇宙機（相乗り用収納スペースと運搬用の推進系、衛星放出機構などを持つ）により行われる。このラストマイルサービスは、相乗りで安くなる打ち上げコストに興味はあるが、衛星が最終軌道まで移送されないことに不満がある衛星事業者には意味のあるサービスであり、ブローカー会社群はこれをテコにビジネスを伸ばしている。衛星事業者にとっては衛星側に軌道移動エンジンを搭載して衛星サイズや価格が上がるよりも、追加の支払い（衛星ごとに 100~200 万ドルと言われる）が生じたとしても本サービスを使用した方が経済的に意味があることになる。

Momentum の OTV、Vigoride は 200kg までのペイロード（設備・機材等）を低軌道内で移動、Vigoride-Extended は 400kg までのペイロードを低軌道から中高度軌道（MEO）や静止軌道（GEO）に移動させられる能力を持ち、Spaceflight も同じ様な性能の OTV を開発している。将来は低軌道衛星や静止衛星を同じロケットで同じ軌道に打ち上げ、あとは OTV で最終軌道に運ぶ形が可能になりそうだ（現在は低軌道と静止軌道衛星は別ロケットで別軌道に放出）。



D-OrbitのION Cubesat Carrier



SpaceflightのSherpa FX。Sherpa LTEモデルは一部のVS-GEO衛星をGTOに投入できる。



MomentumのVigoride。Vigoride Extendedは一部のVS-GEOをLEOからGTOに移動することが可能。

出所：D-Orbit 社、Spaceflight 社、Momentum 社ホームページ

3. 小型衛星製造、打ち上げ、運用・地上系などの分野で活動する米国企業の事例

以下は米国内で活動する宇宙企業を衛星製造、運用、地上、打ち上げなどのセグメントごとに分類してリスト化したものである。

このリストは主要なプレーヤーを網羅してはいるが、全てというわけではない。特に新宇宙企業で創業後目立った動きを示していないところ、製品やサービスの提供までにまだ準備や時間がかかる会社については掲載していない。さらに、小型衛星に関しては搭載機器レベルの製造業者もリストに加えたが、これらの会社群は例として見ていただきたい。また、外国企業の米国人で製造を手掛けていないか親会社の設計で製造だけを米国で行なっている会社はリストから省いている。

分野	会社名	所在	備考・web サイト
静止通信衛星システム	Boeing Satellite	CA	702SP、702MP、702X www.boeing.com
	MAXAR Technologies	CA	LS-1300 www.maxar.com
	Northrop Grumman	VA	Star-2、Star-3 www.northropgrumman.com
	Lockheed Martin	CO	A2100 www.lockheedmartin.com
	Saturn Satellite	CO	超小型衛星 Nationsat、ISN-GEO www.saturnsatellite.net
	Astranis Satellite	CA	超小型衛星 www.astranis.com
中・大型低軌道衛星システム	Boeing Satellite	CA	www.boeing.com
	MAXAR Technologies	CA	LS-750 www.maxar.com
	Lockheed Martin	COCA	LM500 www.lockheedmartin.com
	Northrop Grumman	VA AZ	MiniStar、LEOStar www.northropgrumman.com
	Ball Aerospace	CO	BCP300、BCP-2000、BCP-5000 www.ball.com
	Sierra Space	CO	SN-100、SN-200 www.sierraspace.com
	Saturn Satellite	CO CA	ISN—LEO www.saturnsatellite.net
	L3 Harris	FL	www.l3harris.com
低軌道小型衛星システム (キューブサット、マイクロサット)	LeoStella	WA	Thales (仏) と Spaceflight の JV www.leostella.com
	Airbus OneWeb Satellite	FL	Airbus (仏) と OneWeb の JV www.airbusonewebsatellites.com
	Blue Canyon (Raytheon)	CO	X-SAT www.bluecanyontech.com
	Tyvak (Terran Orbital)	CA	Marvericks

			www.terranorbital.com
	Millennium Space (Boeing)	CA	Altair www.millennium-space.com
	AstroDigital	CA	CORVUS www.astrodigital.com
	Loft Orbital	CA	Payload Hub www.loftorbital.com
	York Space Systems	CO	S-Class www.yorkspacesystems.com
	Maryland Aerospace	MD	QbX
小型衛星機器 (例)	Eagle Picher	MO	バッテリーセル、バッテリー www.eaglepicher.com
	Blue Canyon Technologies	CO	バッテリー www.bluecanyontech.com
	SEAKR (Raytheon)	CO	フライトコンピュータ www.skeakr.com
	Pumpkin	CA	電力制御器 www.punpkinspace.com
	Ball Aerospace	CO	スタートラッカ www.ball.com
	Adcole Space	MA	姿勢制御ホイール、各種姿勢センサ www.adcole.com
	Blue Canyon (Raytheon)	CO	姿勢制御ホイール www.bluecanyontech.com
	Accion Systems	MA	電気推進系 www.accion-systems.com
	Aerojet	CA	化学推進系 www.rocket.com
	Honeybee (Blue Origin)	NY	太陽電池パドル駆動装置 www.honeybeerobotics.com
	Solaero (RocketLab)	NM	太陽電池セル、パネル www.solaerotech.com
	SpectroLab	CA	太陽電池パドル www.spectrolab.com
地上系・運用	iDirect	VA	衛星通信ネットワーク、ユーザー機器 www.idirect.net
	Hughes Network (Echostar)	MD	衛星通信ネットワーク、ユーザー機器 www.hughes.com
	ViaSat	CA	衛星通信ネットワーク、ユーザー機器 www.viasat.com
	Speedcast Government	MD	衛星通信ネットワーク www.speedcast.com
	Comtech EF Data	MD	衛星通信ネットワーク、ユーザー機器 www.comtechefdata.com
	KRATOS	CA	衛星運用 SW、衛星データ管理システム

			www.kratosdefense.com
	Atlas Space Operations	MI	地上系ネットワークとサービス www.atlasground.com
	RBC Signals	WA	地上系ネットワークとサービス www.rbcsignals.com
	Bridgecom	CO	光衛星データ通信ネットワーク www.bridgecomminc.com
	Amazon Web Service	WA	クラウド、データ処理 www.aws.amazon.com
	Microsoft Azure	WA	クラウド、データ処理 www.asure.microsoft.com
打ち上げサービス	ULA (Boeing/Lockheed)	CO	大型ロケット Atlas、SLS www.ulalaunch.com
	SpaceX	CA TX	大型ロケット Falcon9、Starship www.spacex.com
	Northrop Grumman	VA AZ	中型ロケット Minotaur、Antares www.northropgrumman.com
	Blue Origin	WA	大型ロケット New Glenn www.blueorigin.com
	International Launch Service	VA	大型ロケット Proton www.ilslaunch.com
	RocketLab	CA/C O	小型ロケット Electron www.rocketlabusa.com
	Firefly Aerospace	TX	小型ロケット Alpha www.firefly.com
	Astra Space	CA	小型ロケット www.astra.com
	Relativity Space	CA	小型ロケット Terran www.relativityspace.com
	Virgin Orbit	CA	飛行機型ロケット www.virginorbit.com
	Stratolaunch	AL	飛行機型ロケット www.stratolaunch.com
	Spaceflight	WA	ブローカ業務、OTV www.spaceflight.com
	Momentum	CA	ブローカ業務、OTV https://momentus.space
通信サービス 通信	ViaSat	CA	GEO ブロードバンド通信 www.viasat.com
	Hughes Network (EchoStar)	MD	GEO ブロードバンド通信 www.hughes.com
	Starlink (SpaceX)	WA	LEO ブロードバンド通信 www.starlink.com
	AMAZON Kuiper	WA	LEO ブロードバンド通信 www.amazon.com
	Mangata Networks	AZ	HEO ブロードバンド通信

			www.mangatanetworks.com
	AST Mobile	TX	5G 携帯電話接続 www.ast-science.com
	Lynk Global	CA	5G 携帯電話接続 https://lynk.global
	Omnispace	VA	IOT/M2M www.omnispace.com
	ORBCOMM	NJ	IOT/M2M www.orbcomm.com
	SkyLo	CA	IOT/M2M www.skylo.tech
	GlobalStar	LA	LEO 移動体通信 www.globalstar.com
	Iridium Communications	VA	LEO 移動体通信 www.iridium.com
	DISH Network (Echostar)	CO	GEO 衛星放送 www.dish.com
	DirecTV (AT&T)	CA	GEO 衛星放送 www.directv.com
	Sirius XM Radio	NY	GEO 移動体衛星放送 www.siriusxm.com
	SpaceLink	VA	商用衛星間通信 www.eosspacelink.com
	CommStar	WDC	月と地球間のデータ通信 https://commstar.space
観測サービス	Digital Globe (MAXAR)	VA	EO 衛星観測 www.maxar.com
	Planet	CA	EO 衛星観測 www.planet.com
	Blacksky	WA	EO 衛星観測 www.blacksky.com
	Spire Global	CA	気象観測、環境監視 www.spire.com
	Tomorrow.io	MA	降雨観測 https://tomorrow.io
	Capella Space	CA	SAR 衛星観測 www.capellaspace.com
	PredaSAR	FL	SAR 衛星観測 www.predasar.com
	Umbra	CA	SAR 衛星観測 https://umbra.space
	HySpecIQ	VA	ハイパースペクトラルレーダ衛星観測 www.hyspeciq.com
	Orbital Insight	CA	観測衛星データの AI 処理 www.orbitalinsight.com
	URSA	NY	観測衛星データの AI 処理

			www.ursaspace.com
	Hypergiant	TX	観測衛星データの AI 処理 www.hypergiant.com
軌道サービス	Space Logistics (Northrop)	VA	衛星寿命延伸 www.northropgrumman.com
	Astroscale US	CO	衛星寿命延伸 www.astroscale-us.com
	Made-in-Space	FL	軌道上製造、組み立て www.madeinspace.us
	Blue Origin	WA	New Shepard による準軌道ツーリズム www.blueorigin.com
宇宙旅行	Virgin Galactic	CA	Spaceship による準軌道ツーリズム www.virgingalactic.com
	SpaceX	CA TX	Dragon による軌道ツーリズム www.spacex.com
	Boeing	WA	Starliner による軌道ツーリズム www.boeing.com
	Sierra Space	CO	Dream Chaser による軌道ツーリズム www.sierraspace.com
宇宙基地、商用基地	Axiom Space	TX	フリーフライヤー www.axiomspace.com
	Nanoracks	TX	宇宙基地利用 www.nanoracks.com
	Space Village (Orbital Outpost X, Inc.)	TX	フリーフライヤー www.orbitaloutpostx.com
	Orbital Assembly	CA	フリーフライヤー www.orbitalassembly.com
	Marverick Space Systems	CA	フリーフライヤー www.marverickspace.com
ロボティクス、月着陸船/探査車	Motiv Space Systems	CA	マニピュレータ www.motivss.com
	Altius Space Mechanics	CO	マニピュレータ、ブーム www.altius-space.com
	Honeybee (Blue Origin)	NY	ローバー、マニピュレータ www.honeybeerobotics.com
	SRI International	CA	マニピュレータ www.sri.com
	FLIR Unmanned Systems	MA	ローバ www.flir.com
	Astrobotic Technologies	PA	ランダー、ローバー www.astrobotic.com
	Draper	MA	ランダー、ローバー www.draper.com
	Blue Origin	WA	ランダー www.blueorigin.com

4. 米国企業群を相手に日本企業がビジネスをできる環境、対応モデル、条件、方法

米国企業を相手に日本企業がビジネス可能な取引モデルについて、主なものを以下にまとめた。

ビジネスモデル	その概要	具体例など
ハードウェア販売（衛星、ロケットなどの搭載機器）	<ul style="list-style-type: none"> ○ 日本には機器レベルでは世界的に通用するものがあり、商用ベースでの機器販売は1980年代から行われている。 ○ 元々はJAXAやNTTの開発品が、国際分業が義務的であったIntelsatやInmarsatのプロジェクトで使われたことにより、一般の商業プログラムにも拡大した。 ○ 昨今では新宇宙分野で有望な商品を開発している会社群があり、的確な販売戦略立案やネットワーキングの支援が得られればその販売を促進することが可能になると考えられる。 	<ul style="list-style-type: none"> ○ <u>これまでの実績</u>： <ul style="list-style-type: none"> ● 三菱電機（バッテリー、通信機器、太陽電池板やセル貼り付け、熱制御機器など）、NEC（通信機器や部品）、IHI（推進系システム）、古河電池（バッテリーセル）Panasonic（バッテリーセル）、シャープ（太陽電池セル）など日本の衛星機器メーカーが米国の衛星メーカーに搭載機器を販売。 ● 三菱電機、NEC、新日本無線、ミツミ電気などが米国の衛星事業者に地上用機器、ユーザー機器を販売。 ● iSpace（月探査車）が米国企業主導のチームに入る形でNASAの月面活動サービス契約に参入。 ○ <u>今後有望な会社</u>： <ul style="list-style-type: none"> ■ Pale Blue（水、イオンを使用した小型衛星用推進系） ■ 出光興産（新技術を使用した太陽電池セルやレジジンなど） ■ GITAI（宇宙用ロボット、マニピュレーター） ■ SONY（光通信機器）
ハードウェア販売（衛星やロケットなどのシステム）	<ul style="list-style-type: none"> ○ 衛星システム、ロケットなどを海外市場で販売するケース。 ○ 日本も技術的水準は満たしているが、価格競争力、融資などの商業面で欧米メーカーにまだ及ばない。また、プロジェクト管理面などで顧客の懸念が残る。 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 日本の衛星システムはこれまでアジア、中東では販売されているが欧米市場への販売は未成功である。 <ul style="list-style-type: none"> ■ 三菱電機の静止通信衛星：豪州、トルコ、シンガポール、カタールなど ■ NECの低軌道観測衛星：ベトナム ○ 三菱重工のH2A打ち上げサービス販売はアジア（韓国）、欧州（Inmarsat）などに販売したが米国では成功例がない。

		<ul style="list-style-type: none"> ○ IHI の小型ロケット、イプシロンも販売活動が始まったばかりである。 ○ 途上国向けは融資や政府の輸出クレジット、経済支援などと絡めることができるケースが多いが、米国向けには技術、価格面で欧米メーカーと直接競合することになる。またプロジェクト管理面（言語、文化面を含む）での制約が足枷になることが多い。
サービス販売	<ul style="list-style-type: none"> ○ 衛星、地上系などのサービスを販売するモデル。 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 新宇宙分野でサービス事業を行う AstroScale（デブリ除去）、Infostellar（地上系）、iSpace（月）、synspective や iQPS（合成開口レーダー）などが米国でもサービスを展開しようとしている。
協業	<ul style="list-style-type: none"> ○ 開発、製造、サービスなどを米国企業と協力して行い、分業を確保するモデル。 	<ul style="list-style-type: none"> ○ JSAT が Intelsat と JV (Horizons) を通して衛星を共同保有し、米国市場でのサービスを提供している。 ○ 日本国内の小型防衛衛星製造分野で三菱電機がロッキードと協業し、三菱重工は York Space と協業する動きがある。
技術導入	<ul style="list-style-type: none"> ○ かつては米国からの技術導入が盛んであり、それが日本の宇宙開発の基礎ともなったが、現在はほとんど行われていない。 	
投資、融資などによる経営参画	<ul style="list-style-type: none"> ○ 日本企業が米国企業に投資または融資を行いその経営に参入する。 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 三井物産他日本連合による Spaceflight の買収。三井物産は他にも Spire Global、Blacksky、AXIOM などに投資。 ○ 住友商事による HawkEye 360、Hypergiant への投資。
米国での子会社展開	<ul style="list-style-type: none"> ○ 米国でサービスを提供するに際して、特に政府系顧客に入る手段として新宇宙企業が現地に子会社を設立する。 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 新宇宙企業が米国に子会社を設立した例としては AstroScale US、iSpace USA などがある。 ○ 大会社が宇宙事業を既存の子会社に扱わせる例は NEC America、MELCO USA、Idemitsu USA などがある。

	<ul style="list-style-type: none"> ○ また設立済みの現地子会社を通しての展開を行う大会社の例もある。 	<ul style="list-style-type: none"> ○ NEC や日立などは米国の会社を買収した上で Proxy 化して米国防向けの仕事ができるようにしている。 ○ 昔のように商社を通じて販売する例は、現在はごく稀になったと言える。
--	---	---

小型衛星分野に絞ってみた場合、残念ながら日本ではコスト競争力のある小型衛星システム（特にマイクロサット）を製造できる会社がなく、世界に遅れをとっている。これまで日本政府のプロジェクトで量産型小型衛星プロジェクトがなかったことが主たる理由であり、日本で小型衛星を使ってサービスを提供する新宇宙企業群も衛星は米国から購入している例が大半である。したがって国外市場での販売は難しいと考えられる。

しかし、小型衛星搭載機器や小型衛星打ち上げ用ロケット/サービスは米国の顧客への販売可能性がある分野で、有望な機器を持っている会社も見受けられる。顧客の個々の引き合いに応札して販売の可能性を探る方式が基本線かつ最初の目標となるが、その発展形としてバルクバイ（一括購入）契約、長期購入契約（LTA）などの IDIQ 的な枠組みを目指し、サプライチェーンの一部として入る可能性を求める立ち位置を追求したい。

5. 宇宙関連ビジネスに関する米国の輸出管理規制や手続き

本章では米国からの宇宙機器および技術の輸出規制や手続きなどに関する実務面からの理解を深めた上で、それらが日本から米国に宇宙関連機器や技術を輸出する際にどう適用され、影響するかを概観する。

米国から他国への宇宙機器や技術の輸出は、その性質から武器輸出に準じて取り扱われている。具体的には、輸出される機器・サービス・技術が、武器輸出管理法(AECA: Arms Export Control Act)に基いて定められる米国武器リスト (US Munitions List) に掲載されている場合には、国際武器取引規則 (ITAR: International Traffic in Arms Regulations) の規定によって管理される。ITAR の運用主体は国務省貿易取引管理部 (DDTC: Directorate of Defense Trade Controls) であり、国防省や、財務省、国土安全省や国務省の他の部署と連携して対応する。

かつて商用衛星はこのカテゴリーから外れ、二重用途物品の扱いとして商務省管轄の輸出管理の下にあった。しかし、1990年代後半に、中国が長征ロケットによる米国衛星の打ち上げ失敗後の原因調査の際に米国のロケット技術を不正に入手したこと(米国側主張)への、さらには中国が宇宙での衛星破壊実験を実施したことへの制裁措置の一つとして、1999年に商用衛星も米国武器リストに追加され、国務省管轄のITARによる管理に移された。以降、長年にわたりこの状況は変わらず、米国の衛星製造メーカーにとっては欧州などと競合する際の足枷になってきた。しかし2017年になってようやく商用通信衛星や低解像度の観測衛星などを商務省管轄の米国輸出管理規則 (EAR: Export Administration Regulations) の管理下に戻す手続きが取られて現在に至っている。ただしEAR対象の衛星であっても、推進系機器および技術、大型アンテナや電子可動型アンテナ、フェーズドアレイアンテナや暗号処理付き通信機など一定機能以上の機器、一定の解像度以上のレーダーや観測機器、衛星の打ち上げ機とのインターフェース調整や打ち上げ機へのインテグレーション(射場作業の一部)などに関する部分は引き続きITAR管理下に置かれることになった。このため、同じ衛星でもITARとEARの両方の輸出許可を取らねばならない状況にある。なお、軍事衛星や一定の解像度以上の観測衛星、航行衛星など、また打ち上げ機もITAR管轄下にある。加えて、中国への制裁は現在でも継続中である。

米国の輸出者は、輸出しようとする機器や技術の内容や性格により国務省へのITAR手続きか商務省へのEAR手続きかを決め、輸出許可を取る必要がある。EARの場合には比較的簡単な許可申請を行い、認可が得られれば輸出ができるが、ITARの場合には、ほとんどの場合、製品輸出の許可(通常はDSP(早期警戒衛星)などによる一回限りの輸出の許可)に加えて契約期間中の継続的な技術情報の開示・供与(設計情報、試験計画などが技術情報に相当)に関する許可であるTAA(技術援助契約: Technical Assistance Agreement)を取得する必要がある。TAAは顧客側の技術開示先(会社、氏名など)を明示して案文で国務省の許可を得、認可されれば実際に輸出先との間でTAAを締結することになる。また、通常の輸出契約では稀ではあるが、特許や技術のライセンス供与が絡む場合にはTAAの代わりにMLA(製造委託契約: Manufacturing Licensing Agreement)の許可を受けて締結することになる。TAAを締結しておけば、米国の輸出者は認可されたプログラム期間中、顧客に対して設計審査、試験レビュー、技術打ち合わせなどを行う際に技術情報を開示することが可能になる。TAAは技術情報の開示を受けた側がそれをどう取り扱うかについて厳しい制限¹¹を盛り込んでいる。TAAを含む輸出管理に違反した米国企業には、会社への罰金や資格停止などの罰則や制

¹¹ 例えば輸出先の社内であっても、場合により開示制限が付される場合があり、当然のことながらTAAに記載されていない第三者、第3国への開示や再輸出も禁じている。

裁、個人への罰金や禁錮などの対象になる。また輸出を受ける先の外国企業や個人にも制裁、罰金、禁錮などの処罰が及ぶ場合がある。

米国の輸出許可手続き、特に技術情報の開示に関する手続きを考える上で実務面から3つの点を特筆したい。

1. まず問題となるのは、何が TAA の許可対象となり、何が対象外かという点が ITAR に詳しく記載されていないことである。ITAR には「技術情報 (Technical Information)」の開示は輸出許可を取る様に定められているのみであり、その技術情報の内容や定義は詳しく定められていない。これは EAR についても言える。故に、この解釈は企業や個人ごとに異なる可能性を持ち、現実には混乱が生じている。ある企業は、設計や解析手法 (how to design、how to analyze) を伴わない「結果のみ」「要求のみ」の情報 (result only、requirement only) は ITAR の規定する技術情報には当たらず TAA 許可を取る必要はないと考え、契約前の技術打ち合わせや技術プロポーザルに設計手法や解析経過を含めなければ輸出許可を得ることなく外国の顧客に提出できる、と解釈する。また同じ理由から仕様書も ITAR の定める技術情報には当たらないと考える。しかし別の企業は、設計結果であっても技術情報であり、提案書や仕様書についても輸出許可を取らねばならないという保守的な立場を取る。米国政府はこうした解釈の違いについて判断を開示していない。

国務省担当者によると、「自分たちでこれ以上は許容できないという最低ライン (A) は持っているがそれはあえて意図的に明らかにしていない。ある企業はこの (A) に対してかなりの幅を持って解釈し (B) を設定しているが、国務省はそれを受け入れる。しかし、別の企業は (A) から幅がほとんどないライン (C) で解釈しているが、国務省はそれも受け入れる。国務省は、(B) や (C) が (A) の許容範囲に入っている限り認可し、それぞれの企業で異なる解釈があっても、各解釈が (A) からどの程度差異があるのかを言わない。しかし、もし (A) を逸脱していた場合には申請を却下し、その理由は開示しない。従って、各社は対国務省申請の経験値で立場・解釈を決めることになる」とのことである。これにより、米国企業の解釈は保守的になる傾向にあり、特に防衛事業を多く持っている企業は商用宇宙分野も防衛事業の方針に合わせるため貿易事業規模が小さい会社よりもより保守的になる傾向が否めない。

上記の実態は ITAR の定めるブローカリングにも言える。ITAR は制裁対象国・機関関係者への US Person (米国市民と永住権保持者) のブローカリングを禁じており、罰金と禁錮罰の対象にしている。しかし、ブローカリングについての定義は記されていない。ある企業はブローカリングを代理店業務と理解するが、ある企業は制裁を受けている国や機関の人に便宜を提供すること (例えば業界会議で知人を紹介することや一緒に食事をするなど) なども含むと理解する。こうした解釈の差について、国務省は指針や基準を公表していない。

2. 技術情報を受領した外国企業が TAA により他の組織への情報提供、他国への再輸出を禁じられることは当然であるが、その外国企業が雇用する外国人従業員は開示先から除外されることに気をつけねばならない。これを回避するためには、情報が開示される外国人を特定してその国籍とともに申請し、個別に許可を受け、TAA にその旨を含めなければならない。最近、新宇宙業界ではどの国の企業でも外国人を雇用している事例が増えているが、これが問題になることがある。例えば日本の企業が米国の規制対象国出身の従業員を雇用している場合、当該職員を情報開示に含める様に申請したとしても国務省の許可は取れないばかりか、企業として受領した情報に認められた人しかアクセスできない、許可されない外国人のアクセスがブロックされる管理体制を求められることになる。一方が規制対象国に当たる二重国籍の従業員の場合も同様である。さらには、多くの異なる国籍の職員が働く国際機関の場合も複

雑になる。アラブサットは中東地域の国際衛星機関だが、技術開示許可を申請しても米国による規制対象国の国籍を持つ職員は除外される。

3. いうまでもなく、米国の輸出管理は最終製品（衛星システム等）に対して適用されるだけでなく、宇宙用部品や宇宙用コンポーネント、サブシステムなどのレベルでも適用される。日本企業が米国から輸出されたものを組み込んで最終製品化して顧客に販売するというケースは、機器レベル（米国から宇宙用部品を購入）、衛星レベル（米国からコンポーネントやサブシステムを購入）、サービスシステムレベル（米国から衛星そのものやロケットを購入）の全てにおいて輸出管理規制の対象となる可能性がある。故に、日本の企業が米国製品を組み込んだ最終製品を顧客に販売する場合、最終顧客の情報についても米国での輸出許可手続きに含めねばならず、販売先の国や組織、機関（例えば米国が航空宇宙製品を禁輸扱いにしている国、国務省や財務省が制裁を課している国・機関など）によっては、米国から日本への機器の輸出許可が下りないことが十分にあり得る。

2010年頃、仏タレス社が、仏政府が中国への衛星販売を許可したにもかかわらずその衛星に米国製機器が使用されていたために米の国輸出管理上販売が不可能となったことに反発し、「ITAR フリー衛星」なるものを製造して中国に販売したことがあった。米国武器リストに含まれている機器を使わずに衛星を製造することで価格は高くなり、製造スケジュールも長くなるが、理論的には米国の輸出許可手続きをバイパスできるものだった。タレスはこの製品を中国だけでなく米国が輸出を許可しない他の国々にも販売しようとしたが、米国が反発し政治問題化した。係争の解決までには2年を要し、最終的にはITAR フリー衛星は消滅した。米国の輸出管理が技術の再輸出を禁じるなど政策的な点で外国に強制力があるかどうか問われた事案だった。なお、米国はこの問題への対応にあたり「ブローカリング」を盾に立場を正当化している。

上記 3 点をふまえ、日本の企業が米国の輸出管理手続きで影響を受けること、関与させられること、考えねばならないことは以下のことである。

- a) 基本的には、①日本の企業が最終製品を米国企業から購入する場合、また②日本の企業が最終製品を製造する上で部品や機器を米国企業から購入する場合の2つのケースにおいて、米国の輸出者を通して米国の輸出管理手続きへの対応が必要になることを理解すべきである。しかし、相手企業によっては、③日本が買う場合のみでなく、日本から米国に何かを売る場合にも購入 SPEC の調整、技術調整、契約交渉などに対して輸出管理を適用する例があることに留意したい。
- b) 日本の企業は米国の供給者が米国での輸出許可を得るための支援を提供する必要がある。例えば最終顧客の情報やプロジェクトの情報などを明確にして提供することや、技術情報にアクセスする人を明確化するなどして TAA の締結に協力することが必要となる。
- c) 供給元の米国の会社が技術情報の定義についてどのような立場や見解を取っているかを十分に調査、聴取し、プログラムの途上で大きな誤解が生まれぬような配慮をすること。自社内で関係者がそれを認識できるような（自分の解釈で勝手に判断して対応しないような）情報共有が必要となる。
- d) TAA の規定に基いて提供を受ける技術情報の受領記録、受領後の保管や取り扱いの方法、管理規定を作り、運営記録を残しておく必要がある。何かあった場合の証拠確認にあたり重要となる。

- e) 自社内に外国籍の従業員がいる場合、注意深く対応せねばならない。最近では多くの日本の新宇宙会社が外国人従業員を雇う傾向にあり、その国籍も多様である一方、厳密な技術情報管理が行われていない企業もあるのではないかと懸念される。従業員の出身国が米国政府から見られていることを理解するべきである。それがたとえ米国の規制対象国以外の国籍の者であり、TAA 上に記載され認可されている場合でも、米国の輸出管理許可を得て開示された技術情報を取り扱う上でのプロセスや責任、当該従業員の退社後の米国技術情報の守秘に関する責任や義務などを明確にし、教育した上で履行させる必要がある。また TAA 上で認可されていない場合には米国の技術情報にアクセスさせてはならない。
- f) 米国の技術情報、製品を使う限り、日本の経済産業省の輸出許可が全てではないことにも留意する必要がある。米国の規制対象国からの引き合いに応える企業もあるのではないかと懸念が残る。米国の輸出管理は、時として管理規定に書かれている範囲を超えて政策的判断によって行われることがある。そのために運用を意図的に曖昧にすることもあるため注意せねばならない。
- g) 輸出管理違反は、企業が罰則を受けるだけではなく、国と国との外交問題に発展しかねないとの認識を持つ必要がある。技術情報の保護、守秘義務に高い意識を持ち、不測の事態が生じないよう十分なコンプライアンス遵守体制を確立して宇宙関連ビジネスに従事することが重要となる。

以上

本レポートに関するお問い合わせ先：

日本貿易振興機構（ジェトロ）

・ロサンゼルス事務所

E-mail：LAG@jetro.go.jp

・市場開拓・展示事業部 海外市場開拓課

E-mail：mono@jetro.go.jp