

衛星サービスの利活用拡大に向けて

2021 年 5 月



目次

要旨	1
1. はじめに	2
2. 衛星サービスの概況	3
(1) 通信・放送	3
(2) 測位	6
(3) リモートセンシング(観測)	9
3. 衛星業界の市場規模	12
4. 衛星サービスのサプライチェーン	14
(1) 人工衛星	14
(2) ロケット(打ち上げサービス)	16
(3) 地上システム・地上局	18
(4) 衛星・地上間通信	19
(5) データプラットフォーム	20
5. さまざまな融合の進展	21
6. 衛星サービスの利活用拡大に向けた提言	22
7. おわりに	28

要旨

1. 現在、宇宙業界は、経済成長やイノベーションを推進する業界として、注目を集めている。宇宙業界の中心を占める衛星業界に関しては、衛星放送や天気予報(気象衛星)、GPS などといった衛星サービスが、既に日常的に利用されているが、近年、政府機関によるデータ・ノウハウの開放や、産学官の連携、異業種からの新規参入等により、より多様な衛星サービスが展開されるようになってきている。
2. 衛星サービスは、具体的には、①通信・放送、②測位、③リモートセンシング(観測)の3分野で構成される。①通信・放送は、従来からの大型静止衛星に加え、低軌道衛星コンステレーションの構築も進んできており、今後、利用者層を大きく広げる可能性がある。②測位は、各国政府による衛星の増強・高度化が進むとともに、高精度測位機能を活用したさまざまなサービスが、社会に実装されつつある。③リモートセンシング(観測)は、民間の衛星コンステレーションの展開や、クラウド、AI の活用により、多様なソリューションサービスを提供するようになってきている。このように、衛星サービスは、より幅広い主体に、多様なソリューションを提供しうる、社会に融合したインフラとなってきている。
3. 衛星サービスを組成するサプライチェーンは、衛星、打上げサービス(ロケット)、地上局、宇宙・地上間通信、データ解析・加工、ユーザー端末など、様々な要素で構成されている。近年、世界の大手 IT 企業等による新規参入や、垂直展開、企業間連携、シェアリングサービスなどにより、縦横の両面でサプライチェーンの融合が進んできており、衛星サービスがより円滑に提供され、活用されうる環境も整ってきている。
4. 衛星サービスやサプライチェーンの進化を、衛星業界の市場拡大に結び付けていくためには、衛星サービスの利活用拡大が不可欠である。エンドユーザーの大半は、宇宙・衛星業界以外の業界・分野に属することから、衛星サービスを活用したソリューションをユーザーに提供する主体(プロデューサー)は、ユーザーが属する分野の関心事項・課題の把握や、ユーザーとの直接対話を通じ、ニーズにマッチしたソリューションを提供していく必要がある。さらに、衛星サービスの幅広い活用可能性を広く周知することで、多様なエンドユーザー自身が、主体的に衛星サービスを活用し、ソリューションを追求するような環境に誘導していくことも、利活用の拡大には有効であろう。
5. 衛星サービスの利活用の拡大に向けては、政府に期待される役割も多い。具体的には、衛星サービスに関する認知度向上への不断の取り組みや、多くの分野で自身が衛星サービスを活用したソリューションの利用主体・組成主体となること、各分野共通の課題である脱炭素、デジタル化(DX)、イノベーション、BCP などの標準化の動きの中で、衛星サービスの利活用を位置づけていくことなどである。また、民間事業の予見可能性を高める上では、民間サービス・ソリューションの活用領域の明確化も、重要となろう。

以上

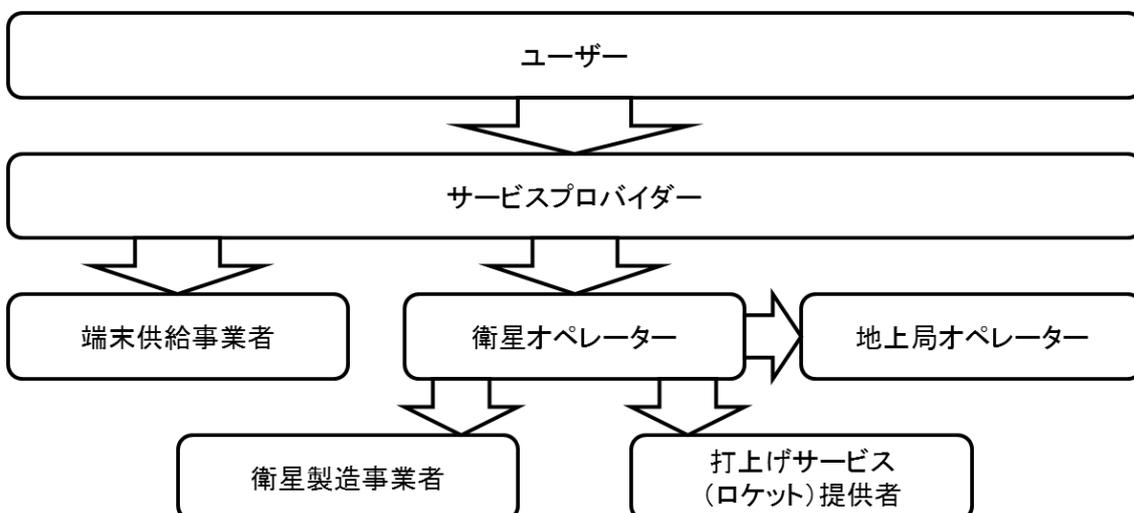
1. はじめに

我々の暮らしの中で、衛星サービスは、既に身近な存在となっている。BS、CS 放送（通信・放送衛星）、GPS（測位衛星）、天気予報（観測衛星）、など、生活の中で、衛星サービスの活用事例は、日常的に存在する。

さらに、近年、政府機関によるサービス・ノウハウの積極的な開放（民間への還元）、産学官の連携や異業種からの新規参入などにより、衛星や打ち上げサービスのコストダウンに加え、衛星サービスの幅の広がりも進んできている。具体的には、農業、森林管理、災害対策などといった分野での活用が進んできているほか、将来的には、自動運転などの新たな分野においても、衛星サービスが重要な役割を果たしていく見込みである。

2020年6月30日に、政府が閣議決定した改訂版「宇宙基本計画」¹においては、「ニーズに基づく出口主導」が、基本スタンスの一つとして掲げられた。そして、災害対策・国土強靱化や地球規模課題の解決への貢献、宇宙を推進力とする経済成長とイノベーションの実現などといった目標が設定され、衛星サービスを、いわば社会インフラとしてどれだけ活用していくかは、政策面でも大きなアジェンダとなっている。衛星業界の市場拡大のためにも、衛星サービスの利活用を促進し、サービスの「出口」に位置するエンドユーザーが、衛星サービスを活用したソリューションの価値に見合った「利用料」をより多く払う形にしていく必要がある。それにより、エンドユーザーからの収入が、衛星サービスのサプライチェーン全体を巡るようになり、はじめて、衛星業界に属するさまざまな主体の収益も拡大するからである。

図 1-1 ユーザーからサプライチェーンへの収益の流れ（イメージ）



当レポートでは、衛星サービスや、そのサプライチェーンについての概要や近況を抑えた上で、衛星サービスの利活用の拡大に向けた考察を行っていくこととしたい。

¹ <https://www8.cao.go.jp/space/plan/keikaku.html>

2. 衛星サービスの概況

衛星サービスは、大きく分けて、①通信・放送、②測位、③リモートセンシング(観測)の3分野で構成されている。以下では、各サービスの概要に加え、他の類似サービスとの比較、最近の動向などについて、それぞれ触れることとしたい

(1) 通信・放送

① サービスの内容

衛星通信は、通信衛星(宇宙局)を介して、地球上に設置した無線局(地球局)間を結ぶ通信サービスであり、具体的には、地上に固定された無線局による通信(衛星固定通信)や、船舶、航空機、衛星携帯電話など、移動する無線局による通信(衛星移動通信)などの形態をとる。一方、衛星放送は、衛星の通信機能を活用して、地上から放送コンテンツを載せた電波を衛星にて受信し、これを衛星から地上の広範囲にわたるエリアに向けて再送信し、地上のユーザーが受信し、視聴するサービスである。

衛星を用いた通信・放送は、歴史も古く、世界的に民間事業者が提供する体制が整っており、静止衛星(④ii)参照)の民間市場は成熟しているが、通信トラフィックの加速度的な増加や、低軌道コンステレーション事業(④ii)参照)の展開などを受け、今後、需要量に加え利用者の幅も広げながら、さらに成長していくことが見込まれる。

表 2-1: 世界の主要静止衛星通信事業者(2021年5月)

企業	本拠地	運用基数	設立年	備考
Intelsat	米国	50	1962	米国通信衛星法の法制化と同時に設立 2020年にChapter11の適用申請(2021年2月再生計画提出)
SES	ルクセンブルク	46	1985	欧州初の民間衛星運営事業者として設立 別途O3bの名で中軌道衛星コンステレーション20基を展開
Eutelsat	フランス	36	1977	欧州宇宙機関の通信衛星運営のため設立、2001年民営化 2021/4にOnewebへの550百万米ドルの出資を発表
スカパーJSAT	日本	20	1985	日本国内初の民間衛星事業者として設立、2007年にJSATと スカイパーフェクト・コミュニケーションズが経営統合
Inmarsat	イギリス	14	1979	国際海事機関(IMO)の衛星運営機関として設立 2019年に複数ファンドに買収され非上場化
Telesat	カナダ	13	1969	カナダの国会が制定した法律に基づき設立 別途Lightspeedの名で298基の低軌道衛星の展開を計画

出所: 各社HP²を元に当行作成

② ユースケース

衛星通信は、放送コンテンツの送信に加え、航空機、船舶、携帯電話などの移動体との通信や、通信ネットワークの発達に伴い重要性が高まっているモバイルバックホール(携帯電話回線において、末端の基地局と基幹通信網を接続する中継回線)などに利用されている。また、国際通信でも、海底ケーブルが敷設されていない南極や紛争地域等の辺境地・遠隔地では衛星通信が利用されている。さらに、衛星通信は災害時の緊急通信手段として、極めて重

² <https://www.intelsat.com/fleetmaps/>
<https://www.ses.com/our-coverage/#/>
<https://www.eutelsat.com/en/satellites.html>
<https://www.inmarsat.com/en/about/technology/satellites.html>
<https://app.telesat.com/satellites/>
<https://www.iridium.com/network/globalnetwork/>

要な存在であるほか、IoT の進展に伴って、新たな用途での活用にも期待が高まっている。

③ 類似サービス(通信・放送)

通信は、光ファイバーや地上無線(携帯電話等)などの形態でも提供されており、コミュニケーション、インターネット、クラウド、IoT などといったアプリケーションに利用されている。衛星通信は、これらの地上系インフラと比較して、激しい降雨や太陽雑音等による一時的な品質劣化、データ伝達時の遅延時間などの点で、地上の通信インフラよりも劣る一方、サービスのカバーエリアの制約がないこと、ネットワークの柔軟性(用途に応じて通信容量などを可変)などの優位性に加え、大容量のデータを同時かつ広域に伝達することができるというメリットがある。

一方、放送サービスは、通信インフラそのものではなく、通信インフラを活用して配信されるコンテンツ(アプリケーション)ビジネスである。近年は、地上波に加え、光ファイバーやモバイル無線を通じた動画配信サービスなども台頭しており、衛星放送サービスは、激しい競争にさらされている。このため、衛星放送事業者は、地上通信インフラも活用し、オンデマンドを含む配信サービスを展開するなど、衛星に限らない多様な形態でコンテンツを提供するようになっている。

④ 最近の動向

i) HTS 衛星

HTS (High Throughput Satellite)衛星は、高周波数帯³である Ku、Ka 帯を利用し、かつ多数のビームを出すことを通じて、数十～百 Gbps の高速・大伝送容量の通信サービスを提供することが可能な衛星であり、企業・政府ネットワーク、消費者向けブロードバンドアクセスや、航空機や船舶といった移動体向けサービスに活用されている。当初欧米を中心に普及が進んだが、日本でも 2018 年に、スカパーJSAT により、国内初の HTS 衛星の運用が開始されている。この HTS 衛星の登場により、衛星通信の供給力が強化される一方、通信ビット単価の低下ももたらされている。

ii) 通信衛星コンステレーション

通信衛星は、これまで、高度約 36,000km の赤道上空の静止軌道⁴に配置されるのが一般的であったが、コンステレーション型の(非静止)衛星通信サービスは、主に低軌道(上空 600～1200km 程度)や中軌道(O3b は約 8,000km)上の多数の衛星を、複数の軌道面へ投入し、お互いの衛星が連携することで、地球全体を均一にカバーする通信サービスである。

通信衛星コンステレーションは、静止衛星より低い軌道に配置されるため、低遅延で高速の通信ができること、これまで政府や一部の民間ユーザーの利用に限られていた衛星通信を、多くの利用者が利用するインフラに変えること、さらにそのインフラが地球全体を覆う形で提供されることから、これまでの衛星通信の位置づけを大きく変える可能性を秘めている。

³ 周波数帯に関しては、後述の「4.(4)衛星・地上間通信」参照。

⁴ 静止軌道とは、地球の重力に引っ張られても落ちない速度で地球の上空を回ると、地球の自転と同じ周期(23 時間 56 分 4 秒)で地球を一周する軌道。自転と同じ速度で 1 周するため、地上からはいつも同じ位置に見える。

低軌道衛星通信コンステレーションは、これまで、イリジウム社が展開していたが、近年、SpaceX(Starlink)や、OneWeb などの新規参入事業者が、既に多くの通信衛星を軌道に投入しており、2022 年以降の本格サービス展開を計画しているほか、既存の静止衛星オペレーター(SES、Telesat)も、サービスを開始または計画している。加えて、今後、Amazon (Kuiper)という IT 分野の世界的大手も、大規模なサービスの展開を計画している。

通信トラフィック(需要)は、今後も大きく伸びていくことが予想され、通信に対するニーズも多様化していく中、地上通信インフラと通信衛星、また、通信衛星の中でも、静止衛星と低軌道コンステレーションがそれぞれどのような役割を分担し、伸びる需要(アプリケーション)をどう取り込んでいくかが、非常に注目される場所である。

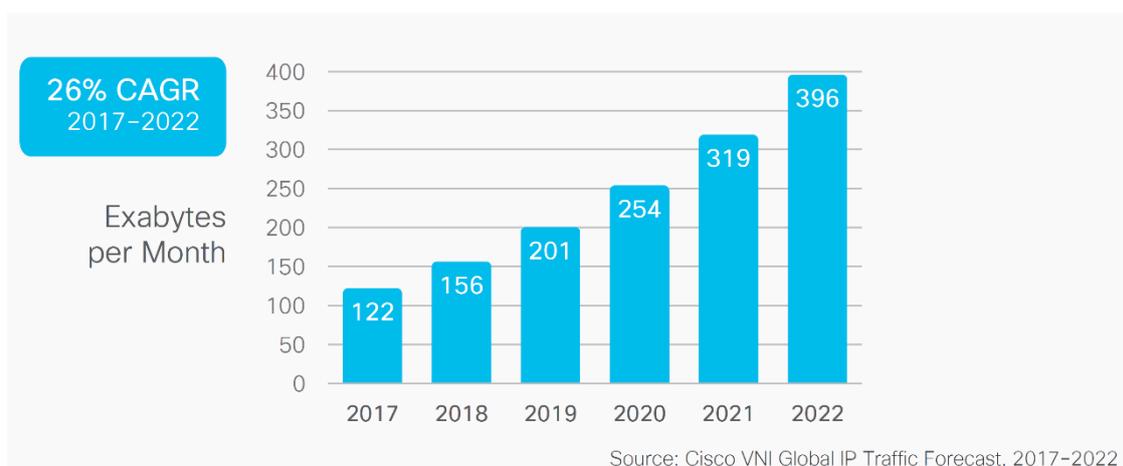
表 2-2: 通信衛星コンステレーション企業 (2021 年 5 月)

企業	本拠地	運用基数	設立年	備考
Iridium Communication	米国	66	1991	モトローラにより設立、1996年に初の低軌道衛星打ち上げ、1999年に破綻した後2001年に事業再開
SES (O3b)	ルクセンブルグ	20	2007	2016年にSESが完全子会社化、2013年以降計20基の中軌道衛星展開、今後新世代中軌道衛星11基を展開予定
OneWeb	英国	146	2012	2020年3月にChapter11の適用申請、英政府や印企業支援を受け同11月に存続決定、648基で2022年サービス開始予定
SpaceX (Starlink)	米国	1320	2015※	約12000基の衛星打ち上げの許可を、米国連邦通信委員会(FCC)より取得済、2020年10月よりベータ版運用開始済
Telesat (Lightspeed)	カナダ	0	2016※	2018年に実証機打ち上げ済、2022年以降計298基の低軌道衛星を展開予定(コスト50億ドル)
Viasat	米国	0	2016※	1986年衛星通信地上局事業で発足、初の自社衛星2011年、2020年に20基の中軌道衛星打ち上げ許可をFCCより取得
AST SpaceMobile	米国	0	2017	2020年Vodafone、楽天が出資、2021/4上場、2023年低軌道衛星20基でサービス開始予定、既存スマホで送受信可が特徴
Amazon (Kuiper)	米国	0	2019※	2020年に、3,236基の衛星打ち上げの許可をFCCより取得、プロジェクト総額100億ドル超

※計画の公表年

出所: 各社 HP を元に当行作成

図 2-1: 世界の通信トラフィック需要見通し



出所: Cisco Visual Networking Index: Forecast and Trends, 2017-2022 ⁵

⁵ <https://davidellis.ca/wp-content/uploads/2019/05/cisco-vni-feb2019.pdf>
 単位の Exabytes は、10 億ギガバイト(100 万テラバイト)。

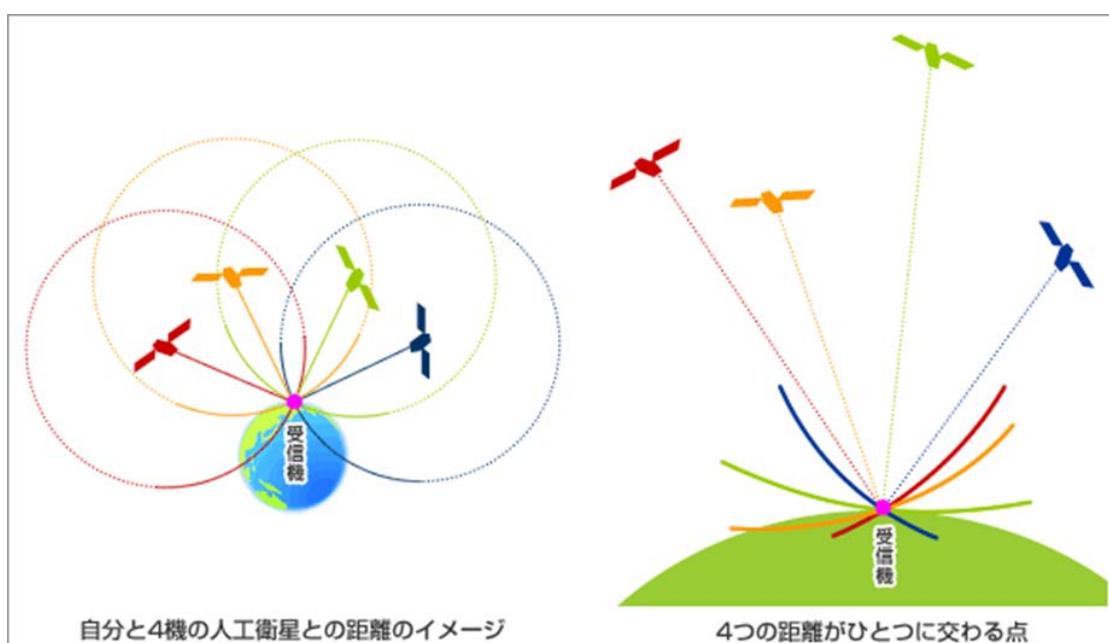
(2) 測位

① サービスの内容

衛星測位は、衛星より、位置情報の計測に必要な情報の送信を行うサービスである。具体的には、測位衛星に加え、衛星を運用・管理する地上局と、ユーザーの受信機の 3 者によりサービスが成立し、衛星と受信機間の情報の伝達を通じ、位置の特定を行うものである。

測位の原理は、複数の衛星(3 つ以上)から発せられる情報(衛星の位置情報と時刻)と、地上の受信時刻から、各衛星と受信地点の距離を算出した上で、それぞれの衛星からの距離の交点から、位置を特定するというものである。なお、スマートフォンの位置情報は、携帯電話の基地局から発信される補正情報なども加味される形で、位置情報が提供されている。

図 2-2 衛星測位の仕組み



出所: JAXA ホームページ(みちびき特設サイト)⁶

- ① 衛星 A から電波(時刻情報 T^0 と位置情報 A)を発信
- ② ユーザー受信端末が衛星 A から電波を受信(受信時刻 T^1)
- ③ 衛星 A からユーザー受信端末のまでの距離 $A = \text{電波速度(約 } 30 \text{ 万 km/秒)} \times (T^1 - T^0) \text{ (秒)}$
- ④ 衛星 B、衛星 C についても、同様の計算を実施
- ⑤ 衛星 A からの半径(距離)A、衛星 B からの半径(距離)B、衛星 C からの半径(距離)C の交わる位置が、ユーザー(受信端末)の位置

測位衛星を用いて位置情報を測定するシステムを、衛星測位システム(Navigation Satellite System)と呼び、世界各国の衛星測位システムを総称して GNSS(Global Navigation Satellite System)と呼ぶ。GNSS の代表的存在は、米国の GPS(Global

⁶ https://www.jaxa.jp/countdown/f18/overview/gps_i.html

Positioning System)であるが、他にも、EU (Galileo)、中国 (北斗: Beidou)、ロシア (GLONASS)、日本 (準天頂衛星みちびき: QZSS)、インド (NavIC)が展開しており、各国とも衛星の増強・高度化を進めている。

測位衛星は、もともと安全保障を主眼に開発され、その後民間に開放されたという歴史もあり、政府が基本的に運営しているという点が、他の衛星との比較での特徴である。そして、民間事業者は、測位衛星から地上でデータを取得する段階からのビジネス (サービス及びユーザ端末販売)を展開している。しかし、現在、民間の低軌道コンステレーション通信衛星に測位機能を搭載する構想も出てきており、今後は民間衛星による測位サービスも普及していく可能性がある。

表 2-3 測位衛星システム一覧 (2021 年 5 月)

測位衛星システム		運用状況
米国	GPS (Global Positioning System)	31機体制で運用中
ロシア	GLONASS	24機体制で運用中
欧州	Galileo	24機体制で運用中
中国	BeiDou (北斗)	北斗3 (第3世代)を35機打上げ、現在30機体制で運用中
インド	NAVIC	8機体制で運用中
日本	準天頂衛星システム (みちびき)	4機体制で運用中、2023年度目処に7機体制を予定

出所:内閣府 HP⁷等を元に当行作成

② ユースケース

衛星測位は、主に、自動車、スマートフォン等の利用者に利用されており、両者合わせてGNSS 市場の約 9 割を占めると言われている。その他のユーザーとしては、船舶や航空、ドローンの運用主体などが挙げられる。また、今後は、後述のとおり、衛星測位は、他の製品やサービスと融合した上で、高度なユースケースへの対応やソリューションの提供という形で、価値を高めていくと考えられる。

③ 類似サービス (測位)

測位サービスについては、測位衛星が主流となっているが、屋内では電波の受信が困難であることから、衛星測位に代わり、BLE (Bluetooth Low Energy)ビーコンや Wi-Fi 等の電波情報を用いた測位技術や、地磁気、気圧、カメラ画像、超音波等を用いた手法との組み合わせも用いられている。

また、屋内外問わず、電波が届かなくても自らの位置を推定できる量子慣性センサによる測位も、現在活発に研究開発が行われており、将来的には単独、あるいは衛星測位とのハイブリッドで普及していく可能性がある。

⁷ <https://qzss.go.jp/technical/satellites/index.html>

④ 最近の動向

i) 高精度測位サービス

我々が普段利用する GPS は、数メートルの誤差がしばしば生じるが、近年、従来よりも精度の高いセンチメートル級の測位技術が確立し、社会実装化が進んでいる。具体的には、RTK 方式⁸や MADOCA 方式⁹を用いて実現するものであり、今後、農業や自動車の自動運転分野、土木・建設現場などでの活用が進み、サービスや受信端末の需要が大きく伸びることが期待されている。

なお、自動車の自動運転に関しては、LiDAR (Light Detection and Ranging) など、自動車に搭載されるレーダやカメラ等のセンサや、高精度 3 次元地図(ダイナミックマップ)との組み合わせにより活用される見込みである。土木・建設など、その他の分野でも、高精度の測位サービスは、他のサービスやデータとの組み合わせにより、その価値を発揮していくことが見込まれる。

ii) 位置情報データ分析

位置情報は、利用者自身が、自身の所在地を認識するためだけでなく、多くのヒト、モノの位置情報(移動履歴)を、通信インフラを介してビッグデータとして蓄積し、分析することで、新たなソリューションを生み出すことが可能である。実際に、ヒト・モノの流れ、曜日や時間別の動きを把握し、マーケティング、移動の効率化や経済動向調査などに活用する動きが広がっている。携帯電話の接続基地局データ(衛星測位データとの比較では、地下などの位置情報も確保できる一方、精度はやや劣る)などと合わせて分析を行うことで、民間ビジネスだけでなく、渋滞対策を含めた交通政策(温暖化ガス排出削減にも寄与)や、災害発生時の避難誘導路の設定など、さまざまな政策にも活用できるものである。

⁸ RTK: Real Time Kinematic 地上の固定局(電子基準点など)と移動局の2つの受信機で、それぞれ4つ以上の衛星から信号を受信し、2つの受信機の間で情報をやりとりすることによりズレを補正し、移動局側に高精度の測位情報を提供するサービス。「みちびき」が提供する CLAS も、RKT 方式の一種。

⁹ MADOCA (Multi-GNSS Advanced Demonstration tool for Orbit and Clock Analysis) 世界中の衛星の監視局からの観測データに基づき、補正情報(衛星の精密な軌道の情報などの誤差補正情報など)を生成し、衛星(「みちびき」)やインターネット経由で移動局に提供する、JAXA が開発したサービス。基準点に依存しない測位のため、海上を含めた世界全域をカバーできる点が特徴。

(3) リモートセンシング(観測)

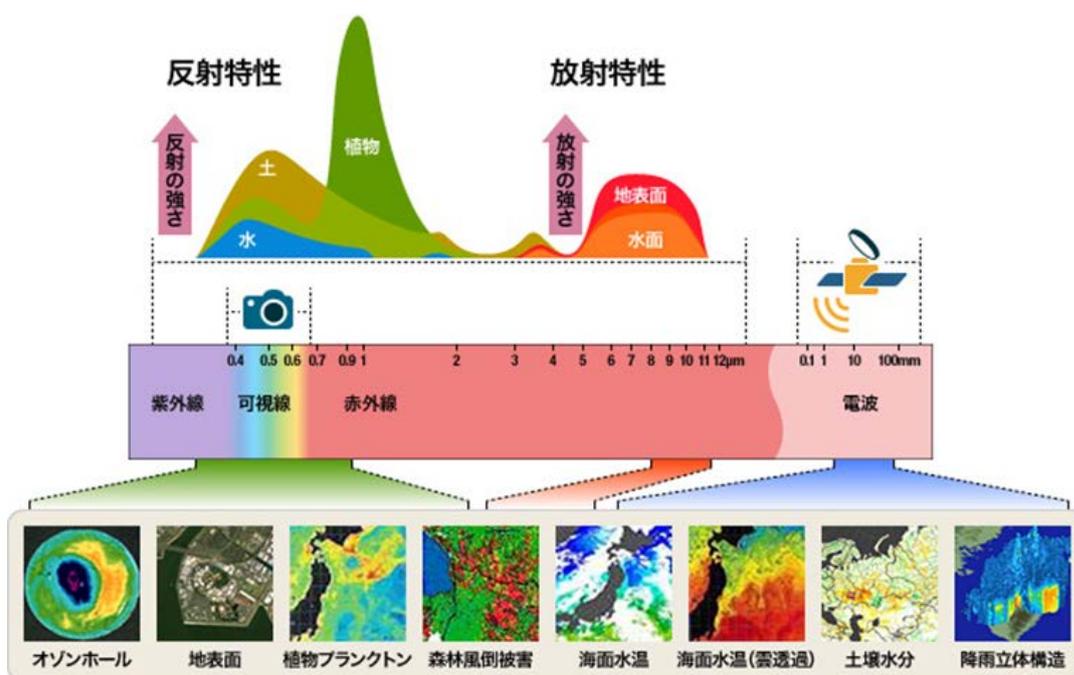
① サービスの内容

衛星リモートセンシングとは、人工衛星に搭載した観測センサを用いた地球観測サービスである。リモートセンシングで用いられるセンサは、観測対象・目的により、さまざまなセンサが使われているが、光学センサとマイクロ波センサの2つが主であり、さらに、衛星でいえば、需要の多い陸域に用いられる光学衛星と SAR 衛星(合成開口レーダ)¹⁰の2つが主である。

光学衛星とは、地表面の物体によって反射された太陽光を観測する光学センサを搭載した衛星であり、高解像度の観測が可能である一方、夜間や曇天時には観測を行うことができないという弱点を有する。

一方、SAR(合成開口レーダ)衛星は、マイクロ波を地上面に向けて照射し、観測対象から跳ね返ってくるマイクロ波を受信することで観測を行う衛星であり、解像度は光学と比べ劣るものの、太陽光を利用しない形での観測を行うため、夜間の観測も可能であるほか、波長の特徴から、曇天時にも観測が可能である。

図 2-3 波長の違いによるリモートセンシングの観測対象



出所: JAXA ホームページ(衛星利用推進サイト)¹¹

リモートセンシング衛星は、Landsat(アメリカ)、コペルニクス(欧州)、ALOS(日本)等の政府機関が保有する衛星と、民間主体が保有する衛星の双方が存在する。政府保有の衛星は、安全保障用途を中心とする政府専用衛星だけでなく、商用との共用化(デュアルユース)も行われているほか、欧州のコペルニクスに代表される政府衛星データのオープン&フリー(無料公開)化も進んでいる。

¹⁰ SAR とは、Synthetic Aperture Radar の略。具体的には、衛星が移動しながら電波を複数回送受信することで得た複数のデータを「合成」することで、大きな開口を持ったアンテナの場合と同等の画像を得る技術。

¹¹ https://www.sapc.jaxa.jp/use/data_view/

② ユースケース

リモートセンシング衛星から取得されるデータは、様々な分野・用途での利用が実現、また期待されている。リモートセンシングによって提供されるサービスの活用主体は、官公庁や保険会社(災害時の被害状況の把握)、農家(農業における作物生育状況の把握)、大手企業(環境に負荷を与えるサプライチェーンのモニタリング)、金融機関・投資家(石油等資源の貯蔵量の把握)など、実に幅広い。今後も、リモートセンシングサービスの活用用途を広げることで、ユーザー層・ターゲットもより拡大させることができよう。

図 2-4 リモートセンシングの利用形態



出所:sorabatake(宙畑) ホームページ¹²

③ 類似サービス(リモートセンシング)

リモートセンシングは、そもそも、ある地点の状況をモニタリングするために行われるものであり、地上で人力や機器を用いて行うことも可能である。また、上空からのリモートセンシングという点では、航空機やドローンなどでも実施されており、光学センサの場合、解像度は、ドローン1~2cm、航空機5~10cm、衛星約30cmと、ドローンや航空機の方が高い。さらに、光学衛星の場合には、曇天時に観測を行うことができず、継続的・機動的な観測が難しい。

表 2-4 衛星リモートセンシングの特徴

- **広域性** 数10km～数1,000kmの幅をほぼ同時に観測することができる。
- **対地表障害性** 災害や国境などで、人が現地に行けないような場所を観測することができる。
- **周期性** 衛星の回帰軌道に合わせて同じ場所を一定の周期で観測することができる。また、衛星が静止軌道にある場合は、同じ場所を常時観測することができる。
- **均質性** 1回の観測で撮影したシーン内の太陽光などの条件が比較的均一である。

出所:内閣府「衛星データをビジネスに利用したグッドプラクティス事例集 第2版」¹³

一方で、リモートセンシング衛星の強みは、広域性、対地表障害性、周期性、均一性などであり、こうした性格が求められるケースにおいて、衛星サービスが活用されることとなる。

¹² <https://sorabatake.jp/279/>

¹³ https://www8.cao.go.jp/space/goodpractice/r02/r02_jirei01.pdf

④ 最近の動向

I. コンステレーション事業の発展

リモートセンシングは、従来、政府機関や民間の大手衛星オペレーターが運営する大型衛星により担われるのが通例であったが、民生品の活用や、システム設計の考え方の見直しなどを通じ、光学衛星のみならず、従来は困難と言われていた SAR 衛星も、小型化・軽量化・低価格化が可能となった。これにより、政府機関や大手民間衛星オペレーターが運営するリモートセンシング衛星だけでなく、民間の新規参入企業による小型衛星のコンステレーション事業の展開が進んでおり、ユーザーは、自らのニーズに合ったリモートセンシングサービスをより利用しやすい環境が整ってきているところである。

II. 他データとの解析・統合・加工技術の発展

リモートセンシング衛星で得られるデータは、それ自体では意味をなさず、他のデータや情報と組み合わせることで初めて、ユーザーにとっての「ソリューション」となり、価値を生むというケースが多い。例えば、水害の被害の度合いを把握するためには、洪水発生後の衛星データ(画像)だけでなく、洪水前の地形データと組み合わせることで、初めて水没の度合い(水深)が分かる。また、農作物の適正な収穫時期の判断に活用する場合には、衛星画像においてどの程度の色の濃度であれば、一番収穫に適しているかを判断できるよう、過去の実績をもとに予め把握しておく必要がある。

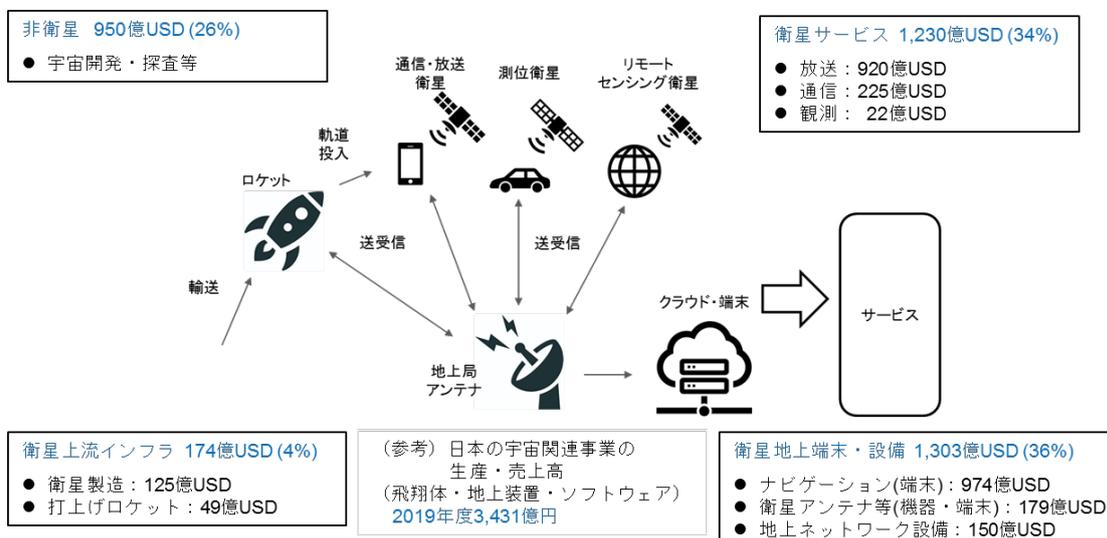
このようなデータ・情報の組み合わせが、AI の発展・活用も含めた近年の解析・加工技術の進展により、迅速に行える環境が整ってきており、リモートセンシングサービスの活用の幅を広げつつある。一方で、リモートセンシングサービスを活用したソリューションを提供していくためには、ソリューションの組成に必要となる衛星以外のデータをどう收拾していくかも、重要となってくる。

3. 衛星業界の市場規模

これまで、衛星サービスの3分野について触れてきたが、ここで、衛星業界の市場規模の現状について触れることとしたい。SIA¹⁴が発表している2019年の世界の宇宙業界の市場規模¹⁵は、3,660億米ドル(約38.4兆円)であり、その74%にあたる2,710億米ドル(約28.5兆円)が、衛星業界の市場規模とされている。ちなみに、衛星業界の市場規模は、5年前の2014年は2,470億米ドルという規模であり、この5年間で約1.1倍(年間平均伸び率1.9%)と、まだ大きくは伸びていない状況にある。

衛星業界をサプライチェーン単位で見えていくと、①宇宙インフラ(打ち上げロケット・衛星製造:174億米ドル、約1.8兆円)、②地上インフラ・端末(1,303億米ドル、約13.8兆円)、③サービス(1,230億米ドル、12.9兆円)の3つに分けられるが、大半は、②地上インフラ・端末、③サービスの2つで占める。

図 3-1 宇宙業界市場規模(2019年)



出所: SIA "State of the Satellite Industry Report" (June 2020)、日本航空宇宙工業会「航空宇宙産業データベース」(令和2年7月)をもとに、当行作成

このうち、サービスの中では、衛星放送(テレビ、ラジオ)の市場規模(982億米ドル、約10.3兆円)が一番大きい一方、地上インフラ・端末の中では、測位サービス(GPS)の利用に必要なナビゲーション端末(974億米ドル、約10.2兆円)のウェイトが一番高い。これらは、まさに、我々が日常よく利用するものである。

最近5年間の市場規模の変化(2014年¹⁶→2019年比較)を詳細に見ると、絶対額では、ナビゲーション端末が最も拡大(746→974億米ドル、約1.3倍)しており、以下、地上ネットワーク設備(93→150億米ドル、約1.6倍)、衛星ラジオ(42→62億米ドル、約1.5倍)、衛星ブロードバンド(18→28億米ドル、約1.6倍)、リモートセンシング(16→22億米ドル、約1.4倍)と続く。一方、衛星テレビ放送(950→920億米ドル)や、衛星製造(159→125億米ドル)など

¹⁴ SIA(Satellite Industry Association): ワシントン D.C.に本拠を置く米国の衛星関連事業者の業界団体

¹⁵ https://brycetech.com/reports/report-documents/SIA_SSIR_2020.pdf

¹⁶ 2014年のデータの出所: SIA "State of the Satellite Industry Report" (June 2017) https://brycetech.com/reports/report-documents/SIA_SSIR_2017.pdf

は、規模が縮小しているが、前者は、動画配信等の他サービスとの競争激化、後者は、小型化、低価格化に加え、衛星オペレーターによる内製化などが縮小の理由として考えられる。

4. 衛星サービスのサプライチェーン

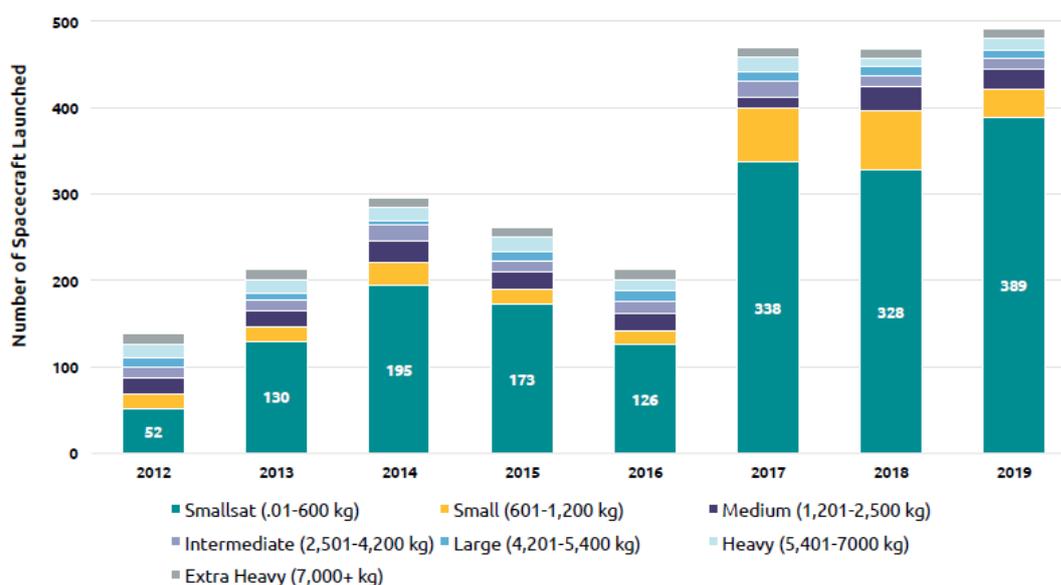
衛星サービスが、エンドユーザーのもとに提供されるには、人工衛星だけでなく、衛星と地上間の受発信に用いる地上局(アンテナ)、データプラットフォーム、ユーザー利用端末など、さまざまな設備や装置が必要となる。また、衛星を宇宙に打ち上げるためのロケットや、衛星・地上間の通信、衛星データの解析・加工も、衛星サービスの提供には欠かせない。衛星サービスがユーザーの手元に届けられるまでには、複数の要素で構成されるサプライチェーンが構築される必要があるのである。

そこで、本章では、衛星サービスに関連する一連のサプライチェーンについて、最近の動きなども含め、触れていくこととしたい。

(1) 人工衛星

国連宇宙部(United Nations Office for Outer Space Affairs)のデータでは、2021年4月現在、天空の軌道に存在する人工衛星等の物体数は、7,070機¹⁷に上り、うち、国別では米国が3,451機と最大を占め、以下、ロシア1,550機、中国541機と続く。

図4-1 人工衛星等¹⁸の年別打ち上げ数



出所: Bryce “Smallsats by the Numbers 2020”¹⁹

さらに、小型衛星を用途別にみると、これまでは、リモートセンシングと研究技術開発向けが大半であったが、2019年に入り、Starlinkに代表される通信衛星の打ち上げ基数が急速に伸び、最大のシェアを占めるに至っており、2020年も、その傾向は継続している。

人工衛星に関する近年のトレンドとしては、通信やリモートセンシングの分野での衛星コン

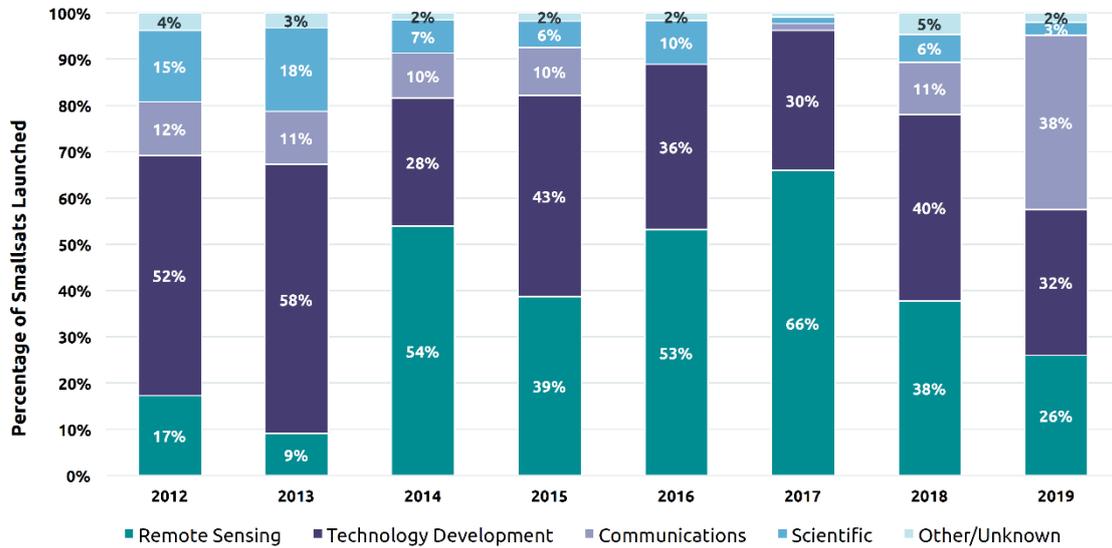
¹⁷ <https://www.unoosa.org/oosa/osoindex/search-ng.jsp> より、In Orbitで抽出(2021年4月7日閲覧)

¹⁸ Spacecraftの訳語は「宇宙機」となり、具体的には、宇宙空間を飛行する飛行体の総称。有人・無人を問わず、ロケットによって打上げられる人工衛星、宇宙探査機、宇宙往還機、宇宙ステーションなどが含まれる。

¹⁹ https://brycetek.com/reports/report-documents/Bryce_Smallsats_2020.pdf

ステレーションの事業化、投資進捗に伴い、小型衛星(重量 600kg 以下)の打上げが増加している点があげられる。Bryce の統計によれば、2012 年には年間 52 機であった小型衛星の打ち上げは 2019 年には 389 機まで増加し、打上げられた衛星全体に占める小型衛星の割合は増加傾向にある。

図 4-2 小型衛星の用途別シェア推移



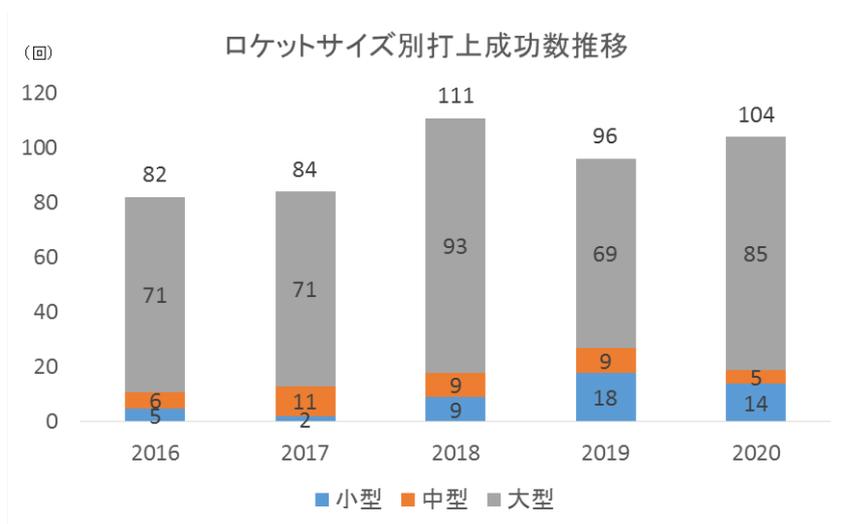
出所: Bryce “Smallsats by the Numbers 2020”

なお、Starlink やリモートセンシングのコンステレーション衛星事業者は、衛星を自社開発、内製するところも多く、衛星の製造主体が多様化してきているというのも、近年の特徴である。

(2) ロケット(打ち上げサービス)

衛星を打ち上げるロケットは、打ち上げ軌道やペイロードと呼ばれる運搬能力(重量)や打ち上げ軌道により分類できる。直近5年のロケット打上げ数推移をみると、ターゲットとなる軌道別では、小型低軌道衛星の比重が高まっているため、低軌道向けのシェアが高まっている。

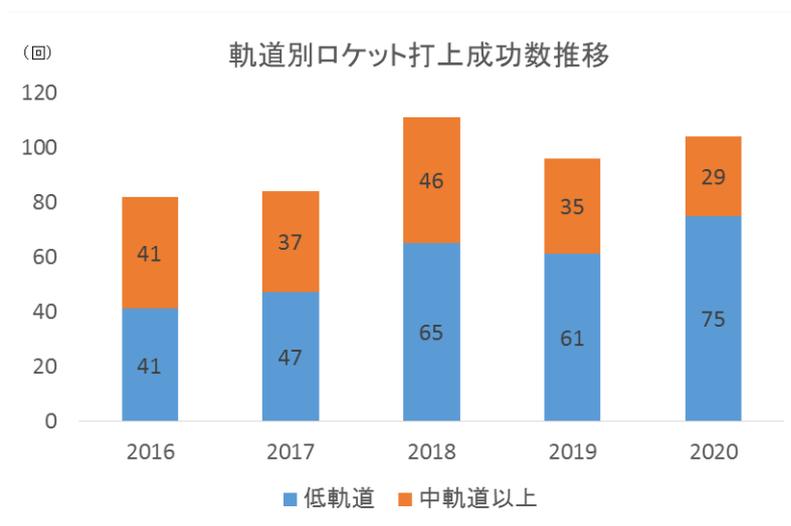
図 4-3 直近5年の軌道別打上げ数推移



出所: Space Launch Report²⁰を元に当行作成

一方、ロケットのサイズ別²¹の打上げ数推移をみると、打ち上げ対象軌道の低軌道化が進んでいるものの、なお大型ロケットが多数を占めているが、低軌道向け小型衛星の打ち上げに特化し、打上げコストを抑えられる小型ロケットの利用も徐々に進んでいる。

図 4-4 直近5年のロケットサイズ別打上げ成功数推移



出所: Space Launch Report を元に当行作成

²⁰ <https://www.spacelaunchreport.com/>(最終閲覧日:2021年3月23日)

²¹ 大型:静止軌道に衛星を投入する際に活用する「静止遷移軌道」(GTO:Geostationary transfer orbit)への打ち上げ能力・意図を持つロケット、小型:運搬重量1,200kg以下のロケット、中型:その他、で分類。各ロケットの分類にあたっては、The Annual Compendium of Commercial Space Transportation: 2018などを参照。
(https://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/ast/media/2018_ast_compendium.pdf)

機種別に見ると中国の長征、アメリカのファルコン 9(Space X 開発)、ロシアのソユーズの打上げ数が非常に多く、直近 5 年の打上げ数の半数以上がこれらのロケットによるものであるが、日本も、H-2A/B をはじめ計 22 本の打ち上げ実績を誇っている。

表 4-1 主要ロケット機種別打上げ成功数推移

ロケット名	サイズ	開発国	直近5年計	2016	2017	2018	2019	2020
長征(2号-4号)	大型	中国	107	17	12	34	20	24
ファルコン9-FT	大型	アメリカ	82	8	18	20	11	25
ソユーズ	大型	ロシア	71	13	13	14	16	15
アトラスV	大型	アメリカ	28	8	6	5	4	5
アリアン5	大型	EU	21	7	6	5	0	3
PSLV	大型	インド	19	6	2	4	5	2
エレクトロン	小型	アメリカ	15	0	0	3	6	6
プロトン	大型	ロシア	15	3	4	2	5	1
H-2A	大型	日本	14	2	6	3	0	3
長征11号	小型	中国	10	1	0	3	3	3
H-2B	大型	日本	4	1	0	1	1	1
イプシロン	小型	日本	3	1	0	1	1	0
SS-520	小型	日本	1	0	0	1	0	0

出所: Space Launch Report を元に当行作成

近年、ロケット再利用化などを進める SpaceX に牽引される形で、ロケットのコストダウンが進むとともに、小型衛星打ち上げ需要の増加を受け、現状では Rocket Lab の Electron のみとなっている民間小型ロケット市場において、低価格かつ短期打上げが可能な民間ロケットの開発プロジェクト²²が、世界各国で進んでいる。

²² 我が国でも、スペースワンなどの新規小型ロケット事業が進捗中である。

(3) 地上システム・地上局

地上システムは、ロケットの打上げ制御、衛星の軌道確認や監視制御、衛星との頻繁な通信を通じた運用管理など、さまざまな役割を担っている。具体的には、衛星を監視するとともに、衛星を制御したり、衛星に運用指示を行ったりする「衛星管制」機能や、衛星からの「データ受信」機能などを発揮する。この地上システムの中で、地上局は、地上に設置されるアンテナを有した送受信局として、衛星との交信という役割を担う。

衛星は、その軌道によって地球のどの地点の上空を通るのが異なるため、衛星の軌道によって地上局の適地は変わってくる。例えば、極軌道（北極と南極の上空を通る軌道）を通る低軌道衛星の場合、北極と南極付近は每周回通ることとなるため、北極と南極付近に地上局を設置するのが望ましい。一方、静止軌道衛星の場合は、地球から見た衛星の場所が常に固定されているため、衛星から見たときの可視範囲に地上局があれば常に通信を維持することができる。

総務省の統計²³によると、日本の地上局（電波法上は「地球局」と表現される）で最も多いのは衛星電話を含む携帯移動地球局（2020年3月末時点：135,926局）、次いでKu帯またはKa帯といった周波数帯を使用して通信を行う小口径アンテナ（VSAT²⁴）地球局（2020年3月末時点：11,070局）となっており、その全てが電気通信業務に使用されている。日本は、地理的に、極軌道衛星との送受信に適した場所（北極、南極付近）ではなく、地上局の設置には向いていないこともあり、地上局の設置数は、過去5年間で大きくは変わっていない。

地上局については、最近ではサービスを柔軟かつ安価に提供するGSaaS（Ground Segment as a Service）という動きが出てきており、世界ではAmazonやMicrosoftといった巨大IT企業がGSaaSに参入し、自社のクラウドサービスとセットで、ユーザーが衛星サービス（データ）を活用しやすい環境を提供するようになっている。

²³ <https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/field/denpa02.html>

²⁴ VSAT: Very Small Aperture Terminal の略。

(4) 衛星・地上間通信

衛星と地上間で送受信を行うためには、電波を活用することから、衛星オペレーターは、自らが使うことができる電波の特定の周波数帯の割当を受ける必要がある。これは、通信・放送衛星だけでなく、測位衛星やリモートセンシング衛星についても同様である。衛星・地上間通信では、1.5GHz～30GHz の周波数帯で送受信を行っており、各周波数帯で下表のように用途が異なっている。

一般に、周波数が高くなればなるほどより広い帯域が利用でき、扱えるデータ容量が大きくなる一方、回折性(障害物の背後に波が回りこんで伝わる程度)が小さく、降雨減衰(電波が雨粒に吸収・反射されて弱くなってしまうこと)も大きくなってしまふ、という課題があるが、近年は大容量通信ニーズの高まりを受け、Ku 帯や Ka 帯のサービスの提供が主流となっている。

表 4-2: 衛星通信で使用される主な周波数帯域と特徴

名称	周波数帯	用途	特徴
L帯	1.2～1.7GHz	帯域幅は狭いが回折性が大きいため、主に衛星放送・移動体通信(携帯電話では4G向け)等で活用される。	
S帯	1.7～2.7GHz	L帯同様、主に衛星放送・小型端末による移動体通信(携帯電話では4G向け)等で活用される。	
C帯	3.4～7.0GHz	降雨減衰に強く、ある程度大容量の通信にも適応できるため、固定通信では最も衛星通信に適している。携帯電話では、5G向け(3.7GHz、4.5GHz)に活用。	
X帯	7.0～8.5GHz	C帯同様、降雨減衰に強く、重要回線での活用性が高い。主に防衛通信や政府用通信に利用される。	
Ku帯	10.6～15.7GHz	C帯に比べて降雨に弱い、小口径アンテナで利用できるため、特に一般家庭向け配信用途には最適である。日本では衛星通信の主力帯域。	
Ka帯	17.3～31GHz	小口径アンテナでの大容量通信に適する。降雨減衰が大きという課題もあるが、地上波との混信が少ないため衛星通信への導入が増えてきている。	

出所: 情報通信研究機構「洋上での衛星通信について」(2020年4月13日)²⁵及びスカパーJSAT株式会社「衛星と電波利用の将来像」(2008年11月10日)²⁶を元に当行作成

電波は、国境に関係なく広範囲に伝搬するため、国連の専門機関である国際電気通信連合 (ITU) が電波利用の国際ルールを策定、管理している。周波数の割当に関しても、ITU が、世界を3エリアに分けた上で、周波数帯ごとに利用業務の種別等を決定している。各国政府は、ITU の決定に従い、国内で割当可能な周波数、業務の種別、目的、条件、割当ルール等を定め、公表している。そして、事業者は、各国政府のルールに基づき、周波数帯利用(無線免許)の申請を行うが、電波干渉対策等の調整などにより、申請から割当まで、1～2年を要することも多く、これが、衛星サービスの迅速な展開を行う上でのボトルネックとなっている。

また、衛星オペレーターが、事業の国際展開を図る場合には、衛星との送受信を行うのに用いる地上局(衛星モバイル通信端末含む)を設置する国ごとに、周波数帯を確保する必要があるため、各国のローカルパートナーとの連携も重要となる²⁷。

こうした電波利用(周波数確保)にまつわる課題に加え、衛星通信や衛星放送に用いる周

²⁵ <https://www.mlit.go.jp/maritime/content/001340485.pdf>

²⁶ https://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho_tsusin/policyreports/chousa/denpa_seisaku/pdf/081110_2_si2.pdf

²⁷ 電波利用の実態に関する詳細は、総務省デジタル変革時代の電波政策懇談会(第1回)「電波利用に関する現状と課題について」(令和2年11月) https://www.soumu.go.jp/main_content/000719588.pdf など参照。

波数帯は、携帯電話などでも利用される周波数帯とも重なっており、一部の周波数帯は、通信データ量の増大もあって、非常に混み合った状況となっている。このため、より大容量かつ高速通信を可能とし、かつ、電波(3THz = 3,000GHz 以下の周波数)に該当しないため無線免許の取得(周波数割当手続)も不要な光無線通信(赤外線レーザー等)²⁸の実用化に、多くの研究機関や企業が取り組んでいるところである。

(5) データプラットフォーム

データプラットフォームとは、ここでは、データを蓄積し、加工する場として位置付ける。3つの衛星サービスのうち、データの蓄積・加工の場を特に必要とするのは、リモートセンシングである。

リモートセンシングサービスは、従来、衛星から取得したデータの保管、取出し、加工処理などの過程で、多くの人手がかかり、時間、費用の両面でコストを要したことから、民間では、リモートセンシングのデータの活用は限られていた。

このため、先進各国では、衛星データの活用のハードルを引き下げするため、政府主導によるデータプラットフォームの構築が進み²⁹、我が国においても、2018年に、Tellus(テラス)³⁰が立ち上げられている。

さらに、前述のとおり、クラウドの世界でシェア1位、2位を占めるAmazon Web ServiceやMicrosoft(Azure)は、地上局サービスとのセットでクラウド環境を提供するようになっており、リモートセンシングサービスを利活用する主体は、普及度の高いプラットフォームの上で、衛星から提供されるデータを取り込み、処理し、活用できるようになった。

このように、データプラットフォームの整備は、この数年で急速に進み、サービスの提供者、エンドユーザーの双方にとって便利な環境が整ってきたといえよう。

²⁸ 光無線通信の一番の課題は、気象条件や障害物により光が遮られる点にあり、現在、この課題を実用面で克服するさまざまなアプローチが検討されているところである。

²⁹ 欧州では、コペルニクスと名付けられた政府衛星データの無料開放プログラムの一環で、開発環境も提供されたデータプラットフォームが活用可能となっている。

³⁰ Tellusは、政府衛星データや、一部民間衛星データ、地上データの提供に加え、民間主体が開発したデータ、アプリケーション、アルゴリズムなどの売買も可能な市場機能も有する。また、クラウド環境(データ蓄積、処理、オープンアクセス)、解析ツールも提供しており、リモートセンシングサービスを利活用しやすい環境を提供している。詳細は、<https://www.tellusxdp.com/ja/about/>

5. さまざまな融合の進展

ここまで、衛星サービスの内容及びサプライチェーンについて触れてきたが、近年の衛星サービスの動向の特徴を挙げると、「融合」という言葉に集約される。以下、さまざまな側面での「融合」について、触れていくこととしたい。

① サプライチェーンの自社垂直融合

衛星サービスのサプライチェーンには、衛星、打上げロケット、地上システム、データプラットフォーム、ユーザー端末など、多くの要素が含まれ、これらが全て揃うことが、サービス提供には必要となる。SpaceX の Starlink を例にとれば、衛星通信サービスの提供に必要な衛星（内製）、ロケット（ファルコン 9）、地上端末（内製）の全てを自社で用意している。さらに、Amazon に至っては、巨大なユーザー層（出口）を有するクラウド（データプラットフォーム）からさかのぼり、地上局、衛星、打ち上げまでの全てをカバーする計画を有するなど、サプライチェーンの融合が進んできている。

② サプライチェーンの事業者間の融合

サプライチェーンの融合は、他社との連携によっても可能となる。Microsoft を例にとると、地上局の自社展開は大々的には行わず、世界の大手地上局運営会社（ノルウェーの KSAT 社など）との提携により、迅速に確保している。また、SES (Ob3) や Starlink との提携を通じ、衛星通信機能も確保し（縦の連携）、通信網の整備されていない地域でも自社のクラウドサービスが利用できるよう、布石を打っている。

また、本拠国以外での事業展開に必要な周波数帯の確保やエンドユーザーの獲得のためには、各国のローカルパートナーの確保も重要となる。こうしたさまざまな観点からの事業者間の融合は、今後も進み、航空や海運業界のアライアンスのような枠組みが将来的に構築されていくような展開も起こりえよう。

③ 利用環境の融合（シェアリング）

衛星データのプラットフォームとして、クラウドの活用が一般化してきたが、クラウドサービス自体が、一種のシェアリングサービスである。また、地上局のシェアリングは、静止衛星でない（常に動く）低軌道コンステレーション衛星などが増えれば増えるほど、ニーズが高まると考えられる。さらに、ロケットのライドシェアや、衛星の機能のシェア（Oneweb や Starlink は、通信に加えて測位機能も付加する構想を有する）など、サプライチェーンのさまざまな場面で、シェアリングが進行していく可能性がある。

④ IT・データインフラとの融合

Amazon や Microsoft は、自社展開または他社との連携で、自社のクラウドを衛星通信網でつなぎ、地上ネットワーク（光ファイバー等）のない場所でもクラウドを利用できる環境を提供すべく動いていたが、2021/5 には、Google もクラウド領域での Starlink (SpaceX) との提携を発表、クラウドの世界大手 3 社がそろい踏みで衛星通信の活用に取り出している。また、Amazon や Microsoft は、新たに地上局ビジネスも開始し、これを自社のクラウド事業とつな

ぎ合わせることで、リモートセンシング分野でも衛星データのプラットフォームとしての地位の確立に乗り出している。このように、衛星サービスは、もはや単独のサービスではなく、極めて多くの人・業界が利用するクラウド、すなわち IT・データインフラの一部となりつつある。そして、この流れは、社会との融合をさらに促進するドライバーとなろう。

⑤ デジタルを土台とする融合

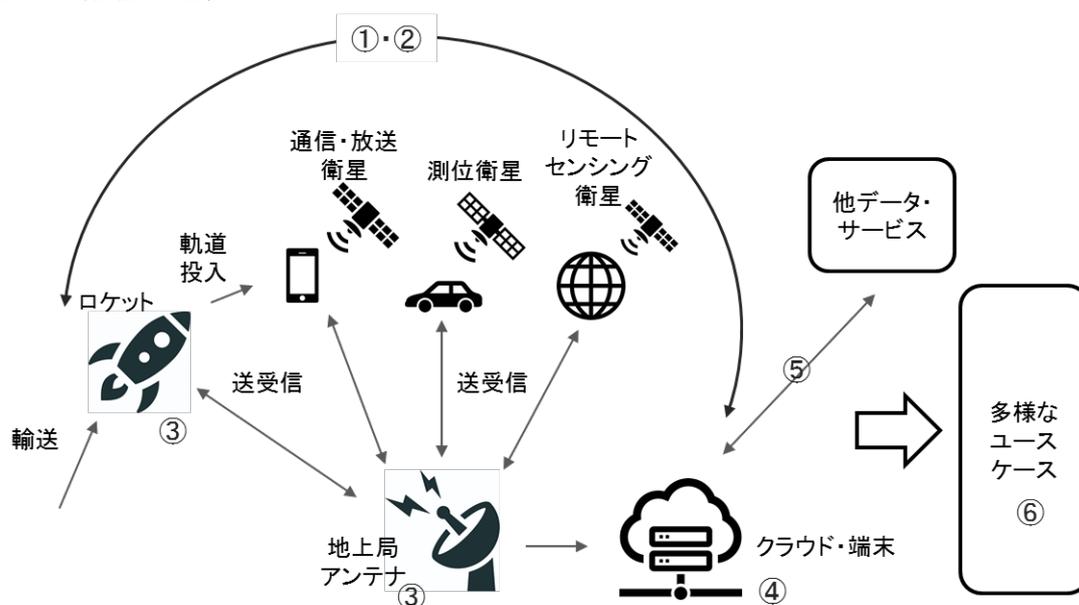
前述のとおり、自動車の自動運転機能は、高精度測位サービスに加え、LiDAR (Light Detection and Ranging) や高精度 3 次元地図(データ)との組み合わせを通じて成立するサービスである。デジタル化の進展により、デジタルという土台が共有されることで、このような個々の要素の融合がより容易となってきたことから、衛星サービスが、他のデータ、製品やサービスと融合し、エンドユーザーにとっての「ソリューション」として、新たな付加価値を生み出すケースが、今後どんどん増えていくことが予想される。

⑥ 生活社会との融合

これまででも、衛星放送や GPS など、一部の衛星サービスは、身近な存在であったが、衛星通信やリモートセンシングなどは、利用者はごく一部に限られてきた。しかし、小型衛星コンステレーションによる通信、クラウドや AI の普及により他のデータとの融合が容易になったりリモートセンシングなど、衛星サービスは、多くの業界、人が利活用しやすい身近なものとなり、生活社会との融合が進展してきたと言える。

以上のとおり、衛星サービスは、さまざまな面で「融合」が進んできている。衛星業界に属する各事業者は、「最終的な出口」であるエンドユーザーに提供されるソリューションの内容、エンドユーザーに至るまでのサプライチェーンの構築(あるいはその中でのポジション取り)の双方について、「融合」を意識した取り組みを進めていく必要がある。

図 5-1. 融合の進展



出所: 当行作成

6. 衛星サービスの利活用拡大に向けて

冒頭で述べた通り、衛星業界の成長のためには、エンドユーザーから得る収入を増やし、この収入が、サプライチェーン全体に広く行きわたるようにしていく必要がある。衛星業界の成長率はこの5年間で約10%と、大きく伸びているわけではない一方、その間、衛星サービスは、質が向上するだけでなく、より幅広い主体が利用しうるサービスとなってきている。また、サプライチェーンの融合が進んだことで、より円滑にサービスを提供しうる体制も整ってきている。従って、今後の衛星業界の成長に加え、衛星サービスが、誰もが利用する社会インフラとしての地位を固める上でも、何より重要なのは、衛星サービスの利活用を促進することである。この利活用の促進のアプローチについて、以下で提言していくこととしたい。

① ユーザーニーズの把握

衛星サービス、具体的には、通信・放送、測位、リモートセンシングの各サービスを活用するユーザーは、その大半が、宇宙・衛星業界以外の業界・分野に属する。また、衛星サービスに限らず、ユーザーがサービスを利用するのは、ユーザーにとって、対価を払うだけのメリット、具体的には、サービスの利活用により、利便性向上や課題解決(ソリューション)が実際に実現するときである。従って、まずは、エンドユーザーがどのような課題・ニーズを有しているのかを把握することが欠かせない。

以下の表は、さまざまな業界・分野が有する関心事項をまとめたものである。

表 6-1 各業界・分野の関心事項・課題

エネルギー	脱炭素、洋上風力、分散型電源、蓄電、送配電網強化、CCS、水素、自由化、電力卸市場
不動産	カーボンニュートラル、グリーンビル、木材活用、シェアオフィス、サテライトオフィス、不動産テック、建設テック
運輸	カーボンニュートラル、モーダルシフト、エネルギー転換、MaaS (Mobility as a service)、コロナ対策、インバウンド
商業・物流	Eコマース、物流施設増強、自動化、DX、トレーサビリティ、コールドチェーン
通信・IT	5G/6G、データセンター、スマートシティ、衛星インターネット、DX、ゼロトラスト、デジタルツイン
医療	デジタル化、遠隔医療、地域包括ケア、医療従事者不足、ライフサイエンス
素材・化学	カーボンニュートラル、リサイクル・資源循環、バッテリー、原料・燃料転換、新素材開発
電機・機械	脱炭素、省電力、パワー半導体、量子コンピュータ、ロボット、スマートファクトリー、アフターサービス
自動車	CASE(コネクテッド(通信)、自動運転、シェアリング、電動化)、バッテリー、水素燃料電池、ダイナミックマップ
地域	地域資源活用、農林業活性化、地産地消、過疎化対策、インフラ維持、観光・インバウンド、ワーケーション
金融	ESG、TCFD(気候関連財務情報開示)、グリーンファイナンス、BCP、フィンテック

出所: 当行作成

それぞれの業界・分野で、さまざまなキーワードが並んでいるが、共通しているのは、気候変動対応(脱炭素)、レジリエンス(防災、BCP等)、イノベーション(スマートシティ/スマート

ファクトリー等)、デジタル化(DX)という要素である。さらに、これらを大きく括ると、SDGs というワードにもなる。

当行が属する金融の分野でも、TCFD³¹の議論を受けて、企業に、リスクやビジネスチャンスの特長、評価、開示を促す動きが進んでいるほか、BCP の観点で、企業の事業所の立地場所やサプライチェーンのリスク評価を行うことが、一般化してきている。また、海外の投融資対象のプロジェクトの環境影響評価などを目的に、プロジェクト地点(現地)に関する審査や、実施後のモニタリングのニーズもますます高まってきている。

こうした、さまざまな分野の潜在的なユーザーが有する関心事項、ニーズを把握することが、衛星サービスの利活用を促進していく上で、まず必要となる。

② プロデューサーの裾野拡大

衛星サービスの利活用を促進する上で、次に必要となるのが、衛星サービスを活用し、エンドユーザーにソリューションを提供する「プロデューサー」の存在である。プロデューサーは、衛星サービスの利活用を牽引するドライバーであり、プロデューサーが存在しなければ、いくら質の向上した衛星サービスであっても、社会での活用は進まない。

プロデューサーは、あるときは衛星オペレーター、あるときはエンドユーザーとの接点を直接有するサプライヤー、さらには、衛星サービスを活用することで、新たな価値を得ようとするエンドユーザー自身、というケースもあろう。特に、衛星サービスの幅広い利活用を促していくためには、主体数、リソースに限りのあるサプライヤーサイドだけでなく、より主体数、リソースの多いエンドユーザーサイドも、衛星サービスの利活用を通じた、自らのためのソリューションを追求していくような環境に誘導していくことが望ましい。そのため、衛星サービスの幅広い活用可能性、活用メリット(潜在的なソリューション)などを、幅広い分野の多くのエンドユーザーに認識してもらうような活動を、政府や衛星業界全体で、継続して取り組んでいくことが重要となる。

なお、Amazon や Microsoft による衛星関連ビジネスへの参入は、衛星サービスの利活用を促進する環境を提供することを通じて、自らのデータ・クラウドビジネスの活性化につなげるというソリューションを追求した結果ともいえる。こうした異業種による参入の動きを、日本でも多く起こしていくことが、我が国における衛星サービスの社会インフラ化の促進に、大きく寄与することとなる。

③ エンドユーザーとの接点の確保

プロデューサーは、衛星サービスを活用し、エンドユーザーに対する具体的なソリューションを提供していく上で、提供しようとしているソリューションが、実際にユーザーのニーズにマッチし、有効かどうかを検証する必要がある。そのためには、エンドユーザーと実際に接し、話すことが必要であり、そのためには、ユーザーとの接点を確保する必要がある。

衛星サービスのうち、長い歴史を有する静止衛星通信・放送サービスでは、衛星オペレー

³¹ TCFD(Task Force on Climate-related Financial Disclosures:気候関連財務情報開示タスクフォース)とは、G20 の要請を受け、金融安定理事会(FSB)*により、気候関連の情報開示及び金融機関の対応をどのように行うかを検討するために設立された組織であり、2017 年に最終報告書を公表。

ターが、エンドユーザーとの接点を既に有しており、エンドユーザーの具体的なニーズを直接把握することが可能である。しかし、低軌道コンステレーションによる通信やリモートセンシング、高精度の測位サービスなど、今後市場が発展していくサービスであり、プロデューサーがエンドユーザーとの接点を、十分に確保しているとはいえない。このような場合には、プロデューサーの役割を担う主体は、エンドユーザーとの接点を確保するため、自らリソースを割くか、すでにエンドユーザーとの接点を有する他の主体と提携していくかの戦略を定めた上で、エンドユーザーとの接触・対話の機会を講じていく必要がある。

なお、エンドユーザー自身が、プロデューサーとして、自らのためのソリューションを追求していくようなケースでは、エンドユーザーとの接点の確保自体が不要であり、追求するソリューションが、ニーズとずれる事態は起こり得ない。この観点からも、エンドユーザー自身が、自らプロデューサーとして衛星サービスの利活用に動いていくような環境を形成していくことは、有益である。

④ 衛星サービスの質と価格の設定

エンドユーザーとの対話を通じ、ソリューションの有効性を検証したプロデューサーが、次に行く必要があるのが、ソリューションの提供に必要となる衛星サービスの調達である。

エンドユーザーが、衛星サービスを活用したソリューションサービスの購入を決断する上で肝となるのが、その質と価格である。従って、プロデューサーが、エンドユーザーへのソリューションを用意するために調達する衛星サービス(一種の「素材」)の質と価格も、衛星サービスの利活用促進の観点からは、重要となってくる。

まず、衛星サービスに求められる質の要素としては、障害発生確率の低さ、サービスの安定性(水準にブレがない)、迅速な利用可能性、使い勝手の良さ、カスタマイズ対応などが挙げられよう。

また、価格に求められる要素は、衛星サービスを活用するプロデューサーにとって、価格以上の価値が、その衛星サービスに認められるかという点である。例えば、リモートセンシングについては、価格がより低ければ、より多くの活用余地ありという声は、活用する主体からは聞かれるところである。

さらに、質と価格を考える上で、もう一つ考慮すべき要素がある。それは、競争である。同様のサービスを提供する他の衛星サービスの提供者との間の競争だけでなく、前述のとおり、衛星サービスの3分野それぞれについて、類似(代替)のサービスの提供者との競争も存在する。プロデューサーにとっては、エンドユーザーにソリューションを提供できる限りにおいては、その「材料」として活用するサービスが、衛星由来か否かは重要でなく、他の形態で提供されるサービスの質と価格を勘案の上、どのサービスを活用するかを選択することになる。従って、衛星サービスの提供者は、競合相手である衛星以外のサービスの特徴、強み、弱みを理解した上で、衛星ならではの差別化要素を打ち出して、サービスの質と価格を設計していく必要がある。

なお、衛星サービスは、装置産業(人工衛星を含め、大半が固定費)であり、また、衛星は宇宙空間に存在するがゆえに、地理的な制約を受けないという特徴がある。従って、コストを

下げて衛星サービスの販売価格を低くしていくためには、国内だけでなく、グローバルなレベルで事業を展開し、できるだけ衛星サービスが活用される頻度を増やしていくことが望ましい。

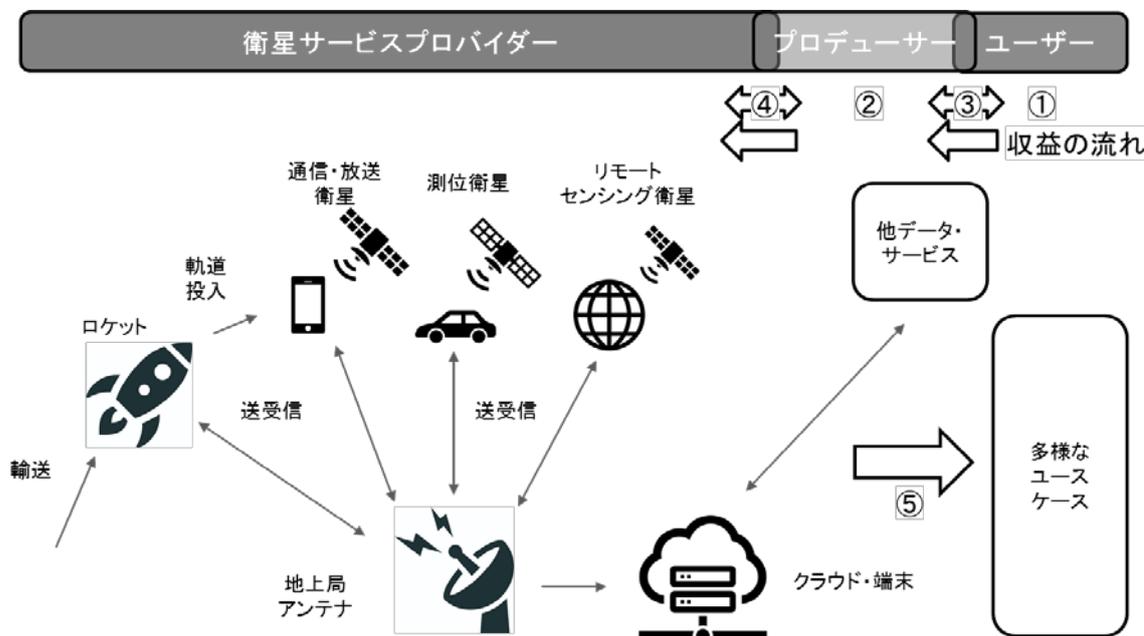
⑤ ソリューションの組成と提供

衛星サービスを調達したプロデューサーが最後に行うのが、エンドユーザーにとってのソリューションの組成と提供である。

リモートセンシングを例にとれば、プロデューサーは、ユーザーが求める質と価格でソリューション(料理)を提供するため、必要な衛星データ、地上で入手したデータなど(材料)を集め、クラウド、AI(調理器具)を活用してデータの解析、統合や補正など(調理)を行う。また、通信や測位では、ソリューションの提供のため、エンドユーザーにアンテナやユーザー端末など(食器)を揃えてもらう必要もある。プロデューサーは、こうした「材料」、「調理器具」、「食器」を全てアレンジすることで、初めてユーザーの満足するソリューションを組成し、提供することができる、すなわち収入を得ることができるようになる。

従って、プロデューサーには、材料の調達や調理器具、食器の確保、さらには調理の腕前など、さまざまな能力が求められ、今後プロデューサーを増やしていくためには、学びの場を作り、時間をかけて育成していく必要がある。特に、衛星サービスそのものがソリューションではなく、衛星サービスと他の分野のデータやサービスと組み合わせることで、はじめてソリューションとしての価値を生むようなケースが増えてきていることから、プロデューサーには、衛星サービス以外の知見、情報やネットワークも要求されることとなる。

図 6-1 衛星サービスの利活用拡大に向けたアクションの流れ



出所: 当行作成

⑥ 政府に期待される役割

最後に、衛星サービスの利活用促進の観点で、政府に期待される役割について、いくつか挙げることにしたい。

まず挙げられるのは、プロデューサーの裾野を広げる活動である。前述の Tellus の取り組

みなどを通じた支援は、その一例といえるが、特にエンドユーザー自身がプロデューサーの役割を担うケースをより増やすためには、これまで宇宙や衛星サービスに関心を持っていなかった人に対しても、潜在的な衛星サービスの活用メリット(ソリューションとしての可能性)を、積極的にアピールしていくことが期待される。

次は、政府機関自身がエンドユーザーとなることである。衛星サービスは、あらゆる分野に潜在的なエンドユーザーを有するが、これは、民間に限らず、政府も同様である。政府の関心事項・課題は、民間と多くの面で共通しており、さまざまな政府機関が、民間のプロデューサーよりソリューションの提供を受ける、あるいは自らプロデューサーとしてソリューションを組成する事例が増えれば、プロデューサーの厚みも増し、能力も鍛えられる。また、多くの分野の政府機関が、衛星サービスの利活用事例を作ることで、それが先例となり、各分野の民間主体による衛星サービスの利活用も促されるというアナウンス効果も期待される。従って、衛星サービスの認知度向上や、潜在的な活用メリットの PR は、政府機関に対しても必要となろう。

続いて挙げられるのが、標準化への貢献である。多くの業界で関心事項となっている脱炭素、レジリエンス、イノベーション、デジタル化(DX)などといった分野は、新しい分野であるがゆえに、ルールや評価手法、運用面の慣行などが、まだ固まっていない。このため、目線を揃える観点で、日本国内だけでなく世界的にも標準化の動きが進んでいる。この動きの中で、さまざまな政府機関が、多くの衛星サービスの活用を「標準」として盛り込む、あるいは許容することにより、衛星サービスの活用は、官民ともに促進されることとなる。さらに、衛星サービスは、デジタルの形態をとることから、衛星サービスの利活用を通じ、デジタル化という「標準化」も達成され、デジタル化の対象、裾野が広がる。すなわち、衛星サービスの利活用推進は、デジタル化の推進への寄与という観点でも、効果が大きいと考えられる。

最後は、官民の役割分担の明確化について触れたい。衛星サービスは、現在もなお発展段階にあり、官民の役割分担の在り方は、まだ十分に固まったわけではない。民と官の役割分担のあり方には、さまざまな形があろうが、民間事業者にとっての事業の予見可能性を高めるためには、公共が担う(公共予算の)領域と民間ビジネスの領域の区分、また、公共(予算)が担う領域についても、公共自身によるサービスやソリューションで対応する領域と、民間のサービス・ソリューションの活用で対応する領域を、可能な限り明確化することが望ましい。これは、公共予算や民間リソースの有効活用という観点でも、重要である。

7. おわりに

当レポートでは、近年の衛星サービスや、そのサプライチェーンの進化、さらには、さまざまな側面進む「融合」について触れた上で、衛星サービスの利活用拡大に向けた考察を行った。衛星サービスは、もはや一部の主体が利活用するものではなく、先進的なサービスを含めて、誰もが利活用する社会インフラになりつつある。さまざまな業界や分野の主体が、この社会インフラを最大限活用し、課題解決やイノベーションの推進のためのソリューションを、自らに対しても含めて提供していくことが、社会全体にとって望ましいといえる。

当行が、宇宙分野への取組みを開始したのは、2017年であり、その意味では、宇宙、衛星サービス業界においては「新規参入者」といえる。他方、当行は、衛星サービスを活用したソリューションの提供先であるさまざまな業界との長期にわたるリレーションを有しており、まさに「エンドユーザーとの接点」を有している。当行としては、この「幅広い業界・分野におけるリレーション」を最大限活かし、衛星サービス業界と、その他のさまざまな業界をつなぐ橋渡し役として、衛星サービスの利活用の拡大、さらにはその社会インフラ化を推進するため、活動させていただく所存である。

以 上