

2017年11月14日  
みずほ銀行 産業調査部

# Mizuho Industry Focus Vol. 200

## 宇宙の商業利用が日本産業に与える影響 ～フロンティアからインフラへ。遠からず来る機会と脅威～

藤田 公子

### 〈要旨〉

- 「宇宙産業」には多様な概念が含まれる。「宇宙産業」に求められる要素も、製造、通信、情報・データ等、多様である。本稿では、近時の商業上のトレンドである人工衛星システムの増加を主眼として、その多様な影響可能性を論じる。
- 人工衛星の商業利用の歴史は 1960 年代に始まり、何度かの盛衰を経て現在に至る。現在、元来の宇宙産業規模が大きい米国の企業を中心として、全世界を通信衛星でカバーし、コスト競争力のある衛星通信を提供する計画が多数発表されている。加えて、各国政府や企業の動向を勘案すれば、宇宙由来の位置情報や、画像・温度など宇宙から取得可能な情報は、2025 年頃までに大幅に増加し得る。
- 仮にそれらの計画が概ね実現した場合、①通信産業、②放送産業には、補完・競合関係を通じての機会と脅威がもたらされ得る。③自動車産業にとっては、完全自動運転の前提となるインフラが整うと評価できる。④一次産業（農業・漁業）、⑤資源開発、⑥建設、⑦小売、⑧金融では、宇宙由来の多様な情報をデータとして分析することを通じて、多様なプロセス改善や新たな事業創出が期待できる。さらに、宇宙由来のデータ活用は、自動運転や EC、都市政策の高度化などを通じて、社会や新興国の発展のあり方をも変容させる可能性を秘めている。
- 一方、このような宇宙の商業利用が進むにあたっては、多様なボトルネックも想定される。例えば、ロケットや打ち上げなど宇宙への到達手段、スペースデブリ（宇宙ごみ）等の宇宙の混雑、通信周波数帯やデータ処理面の逼迫である。これらの解決手法を開発することもまた、宇宙の商業利用の進展に伴う新たな商機や、宇宙企業の競争力の源泉となるであろう。
- 日本企業には、宇宙由来のデータを使いこなすことと、宇宙そのものを商機とすることの双方において、宇宙をその事業の手段として存分に使いこなし、新たな商機を創出することを期待したい。

目次宇宙の商業利用が日本産業に与える影響  
～フロンティアからインフラへ。遠からず来る機会と脅威～

I. はじめに.....	2
II. 宇宙産業とは何か.....	4
1. 宇宙の概観.....	4
2. 宇宙産業の区分と本稿における主眼領域.....	4
III. 宇宙産業の歴史と現在.....	6
1. 宇宙産業の歴史.....	6
2. 世界の宇宙産業の現在.....	7
3. 日本の宇宙産業の現在.....	12
IV. 想定される宇宙の商業利用の未来.....	17
1. 2025年に想定される宇宙産業の姿.....	17
2. ユーザー側諸産業への影響可能性と日本企業の動向.....	23
3. 今後の活用・影響が想定される分野.....	35
V. 宇宙の商業利用の主要なボトルネックと解決の方向性.....	39
1. 宇宙への到達手段の不足.....	39
2. 宇宙の混雑.....	39
3. 通信(電波)・データ処理面の逼迫.....	40
VI. 日本の宇宙産業の戦略方向性.....	41
1. 民間企業.....	41
2. 政府に求められる役割.....	45
VII. おわりに.....	46

## I. はじめに

宇宙産業の目的  
と構成要素は多  
様

「宇宙産業」—これほど千差万別な要素を想起させる産業はあるだろうか。地球から数年の時を経てたどり着く、未知の惑星探査。無重力下の有人宇宙ステーションからインタビューに答える宇宙飛行士。宇宙に到達するためのロケットや、その打ち上げの様子。あるいは、衛星放送や衛星電話。気象情報を伝える画面に映し出される、雲の状態を示す衛星画像。多様なイメージが示唆するとおり、「宇宙」は、それ自体の探査・研究、宇宙空間を用いた通信、有用な情報・データの取得等、多様な目的の対象である。「宇宙産業」とは、これら多様な目的に資する様々な要素の総称であり、製造、通信、情報・データ等が含まれる概念である。

とりわけ通信と情  
報(データ)が注  
目を集める

その宇宙産業は、近時注目を集めている。その中心は、通信と情報・データだ。現在、米国を中心として多数のベンチャー企業が登場し、衛星通信の拡大を目的に、数千機規模の人工衛星を打ち上げる計画が発表されている。また衛星由来のデータを分析し、マーケティングや生産性向上に活かす取組も始まりつつある。日本に目を転じれば、2017年5月、内閣府の宇宙政策委員会から「宇宙産業ビジョン 2030」が公表された。このビジョンは、多様な宇宙産業を俯瞰しつつも、副題「第4次産業革命下の宇宙利用創造」が示すように、衛星から取得できる各種のビッグデータとそれを用いた事業創造に紙幅が割かれている。

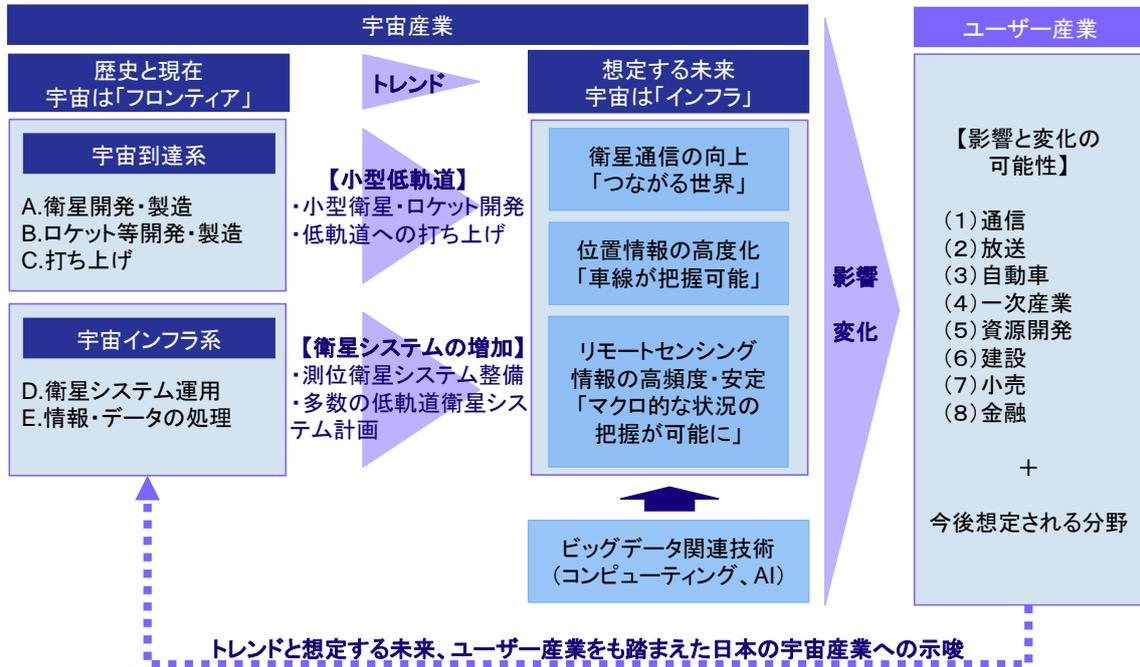
本稿は宇宙産業  
を起点とする変  
化にも着目

本稿は、宇宙産業そのものに加え、現在発表されている多数の人工衛星計画が実現した場合に、宇宙産業を起点として、多様な産業に及ぼす影響や変化が生じ得るかを論じる。

宇宙産業の発展  
による多様な産  
業の変化を考察  
したうえで、日  
本の宇宙産業の  
方向性を検討

まずⅡ章で宇宙産業をその目的と機能に照らし、「宇宙到達系(製造業等、もっぱら物理的技術中心)」と「宇宙インフラ系(衛星運用やデータ利活用基盤など、もっぱらネットワーク・データ関連技術中心)」に分類したうえで、概観する。続いてⅢ章では、人工衛星分野を中心として宇宙産業の歴史を振り返り、世界および日本の現在の姿と、着目すべき近時の企業動向について述べる。Ⅳ章では、世界の人工衛星分野における官民双方の動向を踏まえ、2025年の宇宙の姿について一定の前提を置いたうえで、宇宙由来のデータ分析を可能にするビッグデータ関連技術の進展を概説する。そのうえで、人工衛星分野の宇宙産業とビッグデータ関連技術の両者が進展することにより、放送、移動体通信、自動車、農業・漁業など一次産業、資源開発、建設、小売等の様々な産業に及ぼす影響や変化が想定されるかを考察する。Ⅴ章では、Ⅳ章で想定される多様な変化が実現するうえでの、主要なボトルネックと解決の方向性を考察する。最後にⅥ章では、それら想定される世界やボトルネックを踏まえ、日本の宇宙産業の戦略について検討する(【図表1】)。

【図表 1】 本稿の概観－宇宙の商業利用が日本産業に与える影響



(出所) みずほ銀行産業調査部作成

## II. 宇宙産業とは何か

本章では、まず「宇宙」を概観したうえで、目的(宇宙で何をするのか)と、機能(目的達成のための要素、手段)の両面から宇宙産業を区分し、本稿で主に着目する領域を示す。

### 1. 宇宙の概観

商業上の主領域は衛星を配置可能な100kmから36千km

【図表2】は、物理的区分およびルール上の「宇宙」の定義を示している。国際ルール上の宇宙とは、一般に海拔高度100kmを超える場所を指す。海拔高度100kmを超え約1千kmまでは、人工衛星(低軌道衛星)やスペースシャトル、国際宇宙ステーションなど多様な人工物が配置されている。高度1千kmを超え約36千kmまでは、人工衛星(静止軌道衛星、準天頂衛星等)が配置される。36千kmを超える場所には人工衛星はなく、月(380千km)や太陽系惑星へのアクセスなど、もっぱら科学技術上の宇宙探索が行われている。

【図表2】宇宙の概観

物理的区分	(参考)	国際ルール上の意義	主な利活用手段
宇宙空間	イトカワ:3億km 月:38万km		35,786km 地球同期軌道
外気圏	スペースシャトル 200-900km	高度100km/カーマン・ライン 国際宇宙航行連盟上の 宇宙空間と大気圏の区分	静止軌道衛星 準天頂衛星 中軌道衛星
熱圏	宇宙ステーション:400km オーロラ:100km	宇宙(領有禁止)	低軌道衛星
中間圏		大気圏	
成層圏	オゾン層:10-50km	高度100km-36,000kmが 通信・データ収集等の 商業利用上の主領域	いわゆる「宇宙旅行」
対流圏	旅客機高度:10km		航空機

(出所)各種資料よりみずほ銀行産業調査部作成

### 2. 宇宙産業の区分と本稿における主眼領域

【図表3】は、本稿における宇宙産業の区分を示している。

目的は4つに区分

「宇宙で何をするのか」を、本稿では4種類に区分する。まず、直接的な商業利用でないものを①探査・研究とする。次に、人工衛星の商業利用を、その目的に照らし②衛星通信と③情報(データ)収集とに大別する。最後に、いわゆる宇宙旅行などを④レジャーとする。

機能は5つに区分

「目的達成のための要素・手段」は、2系統・5種類に区分する。「宇宙到達系」は、A.衛星の開発・製造、B.ロケット等の開発・製造、C.それらの打ち上げを指す。もっぱら設計・製造や素材など、物理的技術を必要とする系統である。「宇宙インフラ系」は、D.宇宙空間での衛星システムの運用(姿勢制御などの

<sup>1</sup> 国際宇宙航行連盟(IAF)は、海拔高度100kmに仮定の線(カーマン・ライン)を引き、それを超える高度を宇宙空間としている

<sup>2</sup> 地球を周回することなく、地表に対して常時静止する衛星(静止衛星)を配置する静止軌道(高度35,786km)

物理的運用と、通信電波の権利の運用の双方を含む」と、E.情報・データの処理(データクレンジング<sup>3</sup>、画像解析、ビッグデータの分析など、データをユーザーにとって利用しやすい形態にすること)の二つに区分する。なお、宇宙での活動は行わずに、宇宙由来のデータを利用・活用するのみの業態は、「ユーザー産業」として、本稿では宇宙産業と区別する。

衛星通信・情報(データ)収集の産業創出ポテンシャルは大きい

【図表 3】に示すとおり、②衛星通信と③情報(データ)収集は、①探査・研究や④宇宙旅行のユーザーが限定的であることとの比較において、後にIV章で示すようにユーザー産業は多様であり、また将来の拡大ポテンシャルも大きい。さらに、②③は A～E の機能を概ねフルに必要とすることから、産業創出効果の幅も期待できるといえる。

次章からは、宇宙産業のうち、主に②衛星通信、③情報(データ)収集を主眼として論を進める。

【図表 3】 本稿における宇宙産業の区分

機能		目的		商業(衛星)		商業(衛星以外)
		①探査・研究	②衛星通信	③情報(データ)収集	④レジャー	
宇宙到達系	A.衛星開発・製造	研究用衛星や有人宇宙船などの開発から運用全て	通信・リモートセンシングなど目的に応じた衛星の開発・製造		—	
	B.ロケット等開発・製造		衛星が所定の軌道に到達するためのロケットの開発・製造		宇宙旅行用の輸送機器の開発・製造	
	C.打ち上げ		衛星が搭載されたロケットを所定の射場から打ち上げるサービス			
宇宙インフラ系	D.衛星システム運用		衛星の遠隔制御(姿勢、退役時の処理)スロット・通信電波の権利の管理・運用		—	
	E.情報・データの処理		—	画像・温度などビッグデータの処理	—	

ユーザーは研究機関

ユーザーは多様な産業多様な機能を持つ企業の参画

エンドユーザーは個人

(出所) みずほ銀行産業調査部作成

<sup>3</sup> データの中から不要なものを探し出し、削除・修正するなど、一定のルールに従って利用しやすい形に変えること

### Ⅲ. 宇宙産業の歴史と現在

本章では、主に前章②衛星通信、③情報(データ収集)について、世界および日本の歴史を振り返るとともに、日本の宇宙産業の現在の姿と着目すべき近時の動向について述べる。

#### 1. 宇宙産業の歴史

1950年代以降、  
科学技術のフロンティア

【図表 4】に、1950年代以降の宇宙産業の歴史を示した。宇宙は、常に科学技術のフロンティアとしての性格を持ち、①探査・研究分野では、1950年代の初の人工衛星打ち上げから、1960年代の有人飛行、1980年代のスペースシャトル、2000年代には国際宇宙ステーションでの長期滞在が始まり、現在はNASAが火星探査に向けた実験を行っている。

衛星通信は科学  
技術成果の転用  
として始まる

衛星通信・データ収集は、それら科学技術成果の転用として始まる。1960年代には通信目的での衛星が打ち上げられ、静止軌道衛星の運用にかかる国際機関として Intelsat が設立された。

時を経て衛星事業は民間事業の性格を強め、1990年代にはLEOブームとその終焉も

その後、衛星通信・データ収集はビジネスの性格を強める。とりわけ1980年代以降進んだ商業化の中で、2001年には、Intelsatと欧州政府間組織であった Eutelsat は、いずれも民営化された。また、1990年代には一種のLEOコンステレーション<sup>4</sup>ブームが起き、衛星が新たな通信手段として期待を集めた。しかしながら、このブームはイリジウム社のサービス開始と倒産により一旦終わりを告げた。失敗原因の一つには、構想からサービス開始までの間に、衛星通信サービスの競合である地上および海中での通信ネットワークと、携帯電話のコストダウンが急速に進んだ環境変化が挙げられる。

2010年代に入り  
再びLEOが注目を集める

しかしながら2010年代以降、先に述べたLEOコンステレーションが再び注目を集め、低軌道に多数の衛星を打ち上げることを目的にした技術ベンチャー企業も米国中心に広がりを見せている。その詳細は、次節以降で述べる。

<sup>4</sup> 低軌道衛星コンステレーション。多数の低軌道衛星をネットワーク化し、システムとしてその役割・目的を果たすもの

【図表 4】 宇宙産業の歴史

世界		日本
①探査・研究	②③衛星通信・情報(データ)収集	
1957: ソ連が世界初の人工衛星打ち上げ 1958: 米国が人工衛星打ち上げ		
1961: ソ連が初の有人飛行  1966: 米国が月面への無人初着陸	1962: 初の通信衛星打ち上げ(AT&T) 1964: 初の静止通信衛星打ち上げ 国際機関としてIntelsat設立 1965: ソ連が衛星通信を開始	1963: 内之浦宇宙空間観測所開設 1964: 科学技術庁が大型ロケットの 開発開始
1971: ソ連が火星への無人初着陸	1974: ソ連が静止衛星打ち上げ 米国が民間初の静止衛星打ち上げ 1977: 欧州政府間組織としてEutelsat設立	1970: 日本初の人工衛星打ち上げ
1981: スペースシャトル計画開始 1982: 国際宇宙ステーション計画開始		1984: 純国産ロケットの開発開始 1988: 国際宇宙ステーション協定締結 1989: 日本通信衛星企画による 日本企業初の商用衛星打ち上げ (米ヒューズ社契約、ギアナ射場)
1998: 国際宇宙ステーションの 軌道上組立て作業開始	1999: IridiumがLEO通信サービス開始	1990: 日本人初の宇宙飛行 通信・放送衛星の国際調達開始
2000: 国際宇宙ステーションで 宇宙飛行士の長期滞在開始 2003: 中国が史上3カ国目の自力有人飛行  2009: SpaceXがロケット打ち上げに成功	2000: Iridium倒産(サービスは同年再開) 2001: Intelsat民営化 Eutelsat民営化	2001: 種子島宇宙センターで初打ち上げ 2003: JAXA発足 2007: スカパーJSAT設立 2008: 宇宙基本法施行 2010: 小惑星探査機はやぶさ帰還
2014: NASAが火星有人探査試験機の 無人打ち上げ実験成功	2016: Planet Labs社などが 小型衛星打ち上げ	2016: ソフトバンクがOneWebに投資発表 2016: 宇宙二法整備 2017: 準天頂衛星4機体制

(出所) 一般社団法人日本航空宇宙工業会「平成 29 年版世界の航空宇宙工業」等より  
みずほ銀行産業調査部作成

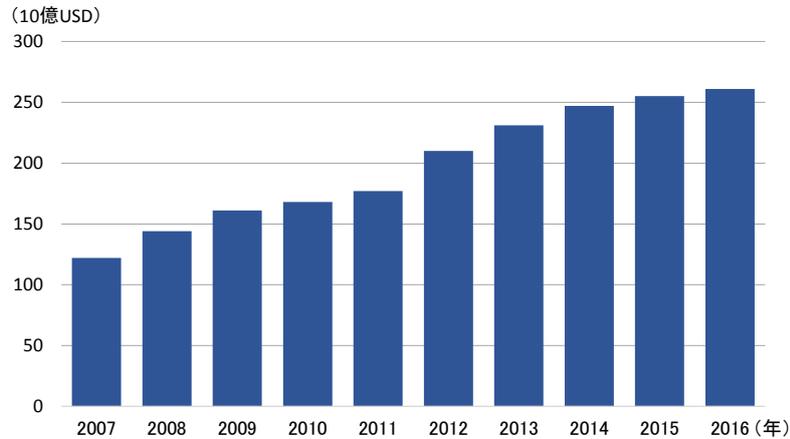
## 2. 世界の宇宙産業の現在

### (1) 機能別の産業規模と衛星の種類

世界の衛星関連  
市場規模は拡大

世界の商業衛星関連産業規模は約 2 千 6 百億ドルであり、衛星放送・衛星通信(測位・位置情報を含む)を中心としたトラディショナルで安定的な需要を背景に毎年プラス成長を続け、直近 10 年で 2 倍以上になっている(【図表 5】)。

【図表 5】世界の商業衛星関連産業規模の推移



(出所) SIA/BRYCE, 2017 State of the Satellite Industry Report よりみずほ銀行産業調査部作成  
 (注) 内訳は、衛星製造、打ち上げ、所有・運用(地上設備)、利活用基盤(衛星サービス)で構成  
 2012年以降の地上設備データには、携帯端末向け位置情報サービスの基盤となるチップセ  
 ヲットの数値が含まれる

産業の規模では  
 到達系よりもイン  
 フラ系が中心

【図表 6】は、世界の商業衛星関連事業とその機能別の規模、事業主体の例を示したものである。機能別の産業規模は、宇宙到達系(製造と打ち上げに関連するもの)が約 2 百億ドル、宇宙インフラ系(衛星システム運用と情報・データ処理)に関連するものが約 2 千 4 百億ドルである。

但し、この統計における「所有・運用(地上設備)」の大宗はアンテナやカーナビなどの受信機器類であり、また「利活用基盤(情報・データの処理)」の約 98%は衛星放送(テレビ・ラジオ)および衛星通信サービス料である。したがって、後に述べる「宇宙由来の観測情報・観測データの提供サービス」は、現在のところその 2%程度となる約 30 億ドルの市場規模であり、衛星放送・通信と比較すれば未だ黎明期といえる規模となっている。

【図表 6】世界の商業衛星関連事業（機能別の規模と事業主体例）

	宇宙到達系			宇宙インフラ系	
	部品供給	衛星製造	打ち上げ	所有・運用	利活用基盤
世界市場規模 (2016年)		139億ドル	55億ドル	1,134億ドル (地上設備)	1,277億ドル
静止軌道衛星	衛星部品 製造業	衛星製造業	打ち上げサービス プロバイダー	政府 (測位システム運用)	政府(官公需) 測位・位置情報 利用基盤 Google/Here等
準天頂衛星 中軌道衛星	Honeywell UTC 等	Boeing Lockheed Martin Grumman Airbus 三菱電機 NEC JAXA 等	United Launch Alliance等 (打ち上げ専業)		衛星放送・通信・ネットプロバイダ
低軌道衛星	航空機部品 メーカーと ほぼ同様	防衛航空機と ほぼ同様の顔ぶれ	三菱重工業 (ロケット兼業) 等	政府 (高機能衛星運用)	政府(官公需) ビッグデータ 利用基盤 Google/IBM等
	民生電子品 製造業	小型衛星製造業 (ベンチャー企業)	低軌道衛星打ち上げ サービスプロバイダー SpaceX等 (ベンチャー企業)	小型衛星運用 (ベンチャー企業)	小型衛星運用・データ利用ベンチャー

(出所) SIA/BRYCE, 2017 State of the Satellite Industry Report、内閣府 HP 等よりみずほ銀行産業調査部作成  
(注) ロケット部品供給・ロケット製造は含まず

次に、【図表 6】の事業主体の特徴を見ると、ベンチャー企業はもっぱら「低軌道衛星」関連事業に集中している。その理由は、【図表 7】のとおり、静止軌道衛星・準天頂衛星と低軌道衛星との、地球からの距離の差に起因する。静止軌道衛星・準天頂衛星は相対的に地球から遠く、軌道到達には大型ロケット・大規模な打ち上げ設備が必要であるのに対して、低軌道衛星は相対的に小規模で足り、コストが安い。また、静止軌道衛星・準天頂衛星は、その軌道の特徴を活かした通信や測位などの用途が相応に開発され、衛星ネットワークも官公需・既存大企業によって整備が進んでいるのに対し、低軌道衛星の用途開発は未だ途上であることが、ベンチャー企業が低軌道衛星を主なターゲットにする要因と考えられる。

【図表 7】静止軌道・準天頂衛星と低軌道衛星の主な差異

	地表からの距離	製造 難度	打上 難度	各種 費用	主な機能	需要主体 用途	商業上の近時動向
静止軌道衛星	36,000km前後 (地球同期軌道)	高	高	高	測位 (位置測定)	官公需中心	(背景: 情報処理技術) 低軌道衛星との連携で 全地球対応の通信網構築
準天頂衛星 中軌道衛星	主に20,000km~ 30,000km				通信	放送 衛星通信 気象情報 GPS	(背景: 測位情報の開放) 民間用途開発 - 自動走行バックアップ - 位置情報活用サービス
低軌道衛星	主に100km~ 1,000km				リモート センシング (遠隔探査)	民需余地 大きい	(背景: 製造・打上げ技術) 超小型衛星の製造・打上げ サービスへの新規参入 (背景: センシング・認識・処理・ データ解析技術) 多様なビジネスモデル出現 - マーケティング利用

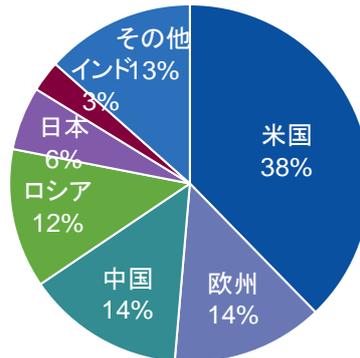
(出所) 各種資料よりみずほ銀行産業調査部作成

## (2) 地域別の産業規模

地域別では米国の存在感が高い

近年の宇宙産業において、最も存在感が高いのは米国である。【図表 8】は、2012 年から 2015 年の、各国の人工衛星打ち上げ機数シェアを示している(官公需を含む)。米国の打ち上げ数がとりわけ多い理由は、次節以降で述べる既存の産業規模に加え、近時出現した小型衛星ベンチャーにより、一つのロケットに 10 機以上の衛星を搭載して打ち上げる例が出てきたことによる。

【図表 8】世界の人工衛星打ち上げ機数シェア(2012 年～2015 年累計)



(出所) 一般社団法人日本航空宇宙工業会「平成 29 年版世界の航空宇宙工業」等より  
みずほ銀行産業調査部作成

## (3) 欧米企業の現在

米国ではベンチャー企業の創業もとりわけ活発

【図表 9】は、米国(含むカナダ)・欧州の主要企業を【図表 2】の機能別に整理したものである。とりわけ米国では、多様なベンチャー企業があらゆる分野に活発に参入している。その背景として、米国の産業基盤の厚さと人材の流動性の高さが挙げられる。米国は産業規模が大きいのみならず、政府や NASA による商業宇宙分野における民間企業の支援・活用が積極的に行われている。その結果、ベンチャー企業に対し広く宇宙産業参入への門戸が開かれ、かつ安定的にビジネス機会が提供されている。また、NASA や既存宇宙産業内の民間企業出身者によるベンチャー企業の創業も珍しくなく、ベンチャー企業の社員が独立し新たなベンチャー企業を起業する事例も見られる。

【図表 9】北米・欧州の宇宙企業の概観

		北米企業(除くベンチャー)	米国ベンチャー	欧州企業(除くベンチャー)	欧州ベンチャー	
		既存企業		異業種新規参入・ベンチャー企業		
宇宙到達系	衛星 開発・製造	Lockheed Martin Space Systems Loral Thales Alenia Space Boeing Airbus	Orbital ATK Ball Aerospace	Planet Labs Spire Global Black Sky GOM Space	Geo Optics SpaceX York Space Systems Oxford Space Systems	OmniEarth PlanetIQ Nanoracks Planetary Resources Moon Express Deep Space Industries
	ロケット 開発・製造	Sierra Nevada Corporation		Masten Space Systems		
	打上げ	United Launch Alliance Arianespace	Orbital ATK	SpaceX Rocket Lab Vector Space Systems	Blue Origin Virgin Galactic Horizen Space Technologies	
宇宙インフラ系	衛星 システム運用	Intelsat Echostar Eutelsat MDA(加) Here	Viasat Boeing SES Inmarsat Hispasat UrherCast(加) Airbus	Planet Labs SpaceX Iceye	OneWeb Iridium LeoSat O3b networks	Nanoracks Planetary Resources Moon Express Deep Space Industries
	情報・データ 処理			Spire Global Google Amazon Facebook	Geo Optics Orbital Insight SpaceKnow eLEAF	OmniEarth PlanetIQ Kymeta Swift Navigation

(出所)各社 HP、報道等よりみずほ銀行産業調査部作成

(注)【図表 3】の「商業(衛星)」目的の分類に属さないものの、Nanoracks は国際宇宙ステーションを利用した衛星放出機構の製造・運用、Planetary Resources、Moon Express、Deep Space Industries は宇宙資源探査機の製造・運用、Blue Origin、Virgin Galactic は宇宙旅行用の輸送機器の開発・製造企業としてプロット

(4) 着目すべき海外企業の近時動向

宇宙到達系ではベンチャー企業

宇宙到達系においては、とりわけロケットの開発・製造において、特筆すべきベンチャー企業が複数存在する。起業家のイーロン・マスク氏が 2002 年に設立した Space X は、設立からわずか 4 年目の 2006 年に、NASA により国際宇宙ステーションへの貨物打ち上げサービスの開発企業に選定された。その後、2008 年には補給船による国際宇宙ステーションへの物資輸送契約を締結し、2012 年以降、大型ロケットによる輸送実績を積み上げている。近時は衛星打ち上げに低価格で参入し、既に実績・コストの両面で大きな存在感を示している。小型ロケット開発・製造、打ち上げでは米国 Rocket Lab、米国 Vector Space Systems が 2018 年の商用運転開始に向けた製品開発を行っている。

宇宙インフラ系では LEO

次に宇宙インフラ系においては、近年のテクノロジーの進化を捉え、衛星通信を目的とした、多数の LEO 衛星を用いるコンステレーション事業(以下 LEO 事業)が複数公表されている。IV 章にて詳述するように、衛星の配備規模を数千機単位とする LEO 事業計画も複数存在する。LEO 事業は静止軌道衛星システムを用いた事業(以下、GEO 事業)との比較においてコストが低いこともあり、その多くがベンチャー企業によるものである。

数千機の衛星を用いる大規模 LEO プロジェクト計画が複数公表されている

2016 年にソフトバンクが出資を公表して話題を集める OneWeb は、2012 年に WorldVu Satellites 社として創業、2015 年に現社名に変更し本格的に始動したベンチャー企業である。約 900 機の衛星を飛ばして全世界に低コストでインターネットサービスを提供しようとしている。同じく、ベンチャー系の LEO 事業としては、先に述べた Space X も 4,000 機以上の衛星を打ち上げメガコンステレーションを形成し、同様のインターネットサービスの提供を目指すとしている。加えて、LEO 計画にはベンチャー企業だけでなく、大手事業者も名乗りをあ

げている。例えば大手航空宇宙企業である米ボーイングは約 3,000 機の衛星によるメガコンステレーション計画を発表、他にもスカパーJSAT が出資する LEOSAT 社等、複数の計画が公表されている。

仮に実現した場合、インターネット通信の速度とエリアが大きく拡大

いずれの計画も、サービス開始は 2020 年以降であり、個々のプロジェクトの実現可能性は未知数ではある。但し、仮にこれらの計画のいくつかが実現した場合には、宇宙は通信インフラとして本格的に用いられることになる。それにより、インターネット通信の速度やカバー範囲が飛躍的に拡大する可能性があり、多様なユーザー産業への影響が想定できる(IV章にて詳述)。

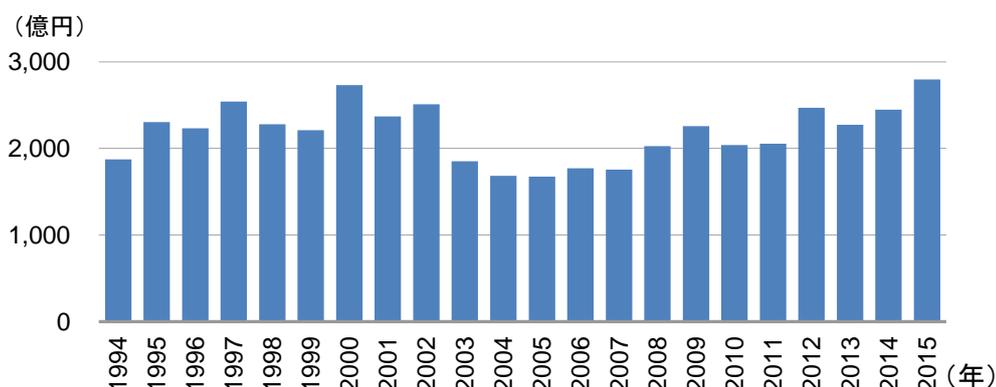
### 3. 日本の宇宙産業の現在

#### (1) 産業規模

官需中心、相対的な規模は小さい

【図表 10】は、日本の宇宙工業のうち、宇宙到達系に相当する「飛翔体(概ね人工衛星とロケットの合計)」の売上高推移を示している。本統計には官公需およびロケットが含まれるため単純比較はできないものの、【図表 6】における世界の商業衛星(製造+打ち上げ)の売上高が約 200 億ドルであるのに対し、日本は商業衛星(製造+打ち上げ)に、官公需とロケットを加えても 25 億ドル程度と、その規模は小さい。また【図表 8】のとおり、衛星打ち上げ数も勘案すれば、日本の宇宙産業規模は、世界の概ね 5%内外と考えられる。

【図表 10】 日本の宇宙工業のうち「飛翔体」の売上高推移(1994 年～2015 年)



(出所)一般社団法人日本航空宇宙工業会「平成 29 年版日本の航空宇宙工業」等より  
みずほ銀行産業調査部作成

科学技術開発では宇宙先進国の一角

その要因は、1980 年代に遡る。【図表 4】で歴史を振り返ると、宇宙が科学技術フロンティアであった時代には、米国およびソ連に続いて、米国企業との提携を通じて技術導入を行いながら、その高い工業力をもって人工衛星とロケットの開発を行っていた。1988 年には、米国、欧州、カナダと並んで国際宇宙ステーション計画への参画も行っている。

1980 年代中盤以降、円高と市場開放合意で輸出産業化にブレーキ

しかしながら、その成果の輸出産業化はほとんど実現していない。その背景は 1985 年のプラザ合意に端を発する円高の進行に加え、1990 年の実用衛星(通信・放送衛星)の市場開放に対する合意と考えられる。これにより実用衛星は国際競争での調達となり、その時点で先行していた米国の衛星メーカーが選択されるケースが多くなった。

研究開発中心の小さな市場が維持、現在に至る

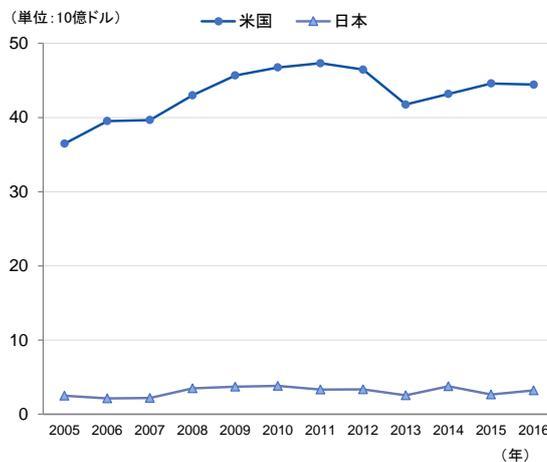
それゆえ日本の宇宙工業は、市場開放の対象とならなかった研究開発に、さらに軸足を置くこととなった。その結果、現在に至るまで官公需中心の小さな市場が維持されることとなり、輸出産業としての発展に乏しかったことが、産業規模に反映されていると考えられる。

(2) 産業基盤と政策方向性

国家予算と宇宙人材の規模はいずれも米国の10分の1以下

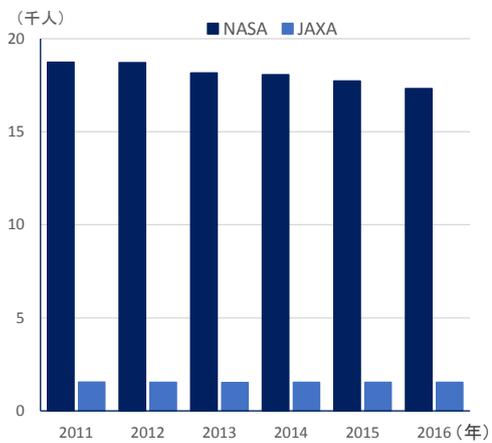
本項では、日本の宇宙産業の基盤としての、国家予算と宇宙機関の人材の規模について述べる。【図表 11、12】 のとおり、国家予算、宇宙機関の人員規模とも米国の10分の1以下と、産業を支える基盤としての予算・人材規模もまた大きくはない。

【図表 11】 米国・欧州・日本の宇宙予算規模推移 (2005～2016年)



(出所) Space Foundation, *The space report* より  
みずほ銀行産業調査部作成

【図表 12】 NASA と JAXA の従業員数推移 (2011年～2016年)



(出所) Space Foundation, *The space report2017* より  
みずほ銀行産業調査部作成

人材流動の構造的難しさ

この日本における宇宙人材の絶対数の少なさは、終身雇用の慣行により転職や起業がそもそも少ないという構造的な要因と相まって、次項に述べるとおり、日本の宇宙ベンチャー企業の少なさを招いている。JAXA や既存大企業からの転身による宇宙ベンチャー企業の創業例は存在するものの、未だ多いとは言えない。

政策は宇宙産業への新規参入を後押しする方向に

世界的には宇宙産業へのベンチャー企業の参入が相次ぎ、成果もあがりつつある中、日本政府は近時、民間企業による宇宙ビジネスの後押しを行っている。具体的には 2016 年に宇宙二法(宇宙活動法<sup>5</sup>、衛星リモートセンシング法<sup>6</sup>)を整備し、民間企業の宇宙ビジネスにルールを制定することで、遵守すべき基準を明確化し、ビジネスの予見性を高め、民間企業が安心して参入できるようにした。内閣府は 2017 年 5 月に「宇宙産業ビジョン 2030」を策定し、日本の宇宙産業全体の市場規模を 2030 年代早期に、現在対比倍増となる 2.4 兆円まで引き上げるとし、民間企業の役割拡大と官による側面支援を謳っている。その具体的な支援策の一環として、2017 年 6 月には、宇宙ビジネスアイデアコンテスト「S-Booster」を開催するなどの施策も講じられている。

<sup>5</sup> 正式名称は、人工衛星等の打ち上げおよび人工衛星の管理に関する法律

<sup>6</sup> 正式名称は、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

(3) 産業内の企業

相対的に小さなエコシステム

【図表 13】は、【図表 9】を日本の主要企業のみでプロットしたものである。長年、官公需対応の性格が強く産業規模の大きな変動も無かった結果、宇宙産業の既存プレーヤーは、重工業・電機・衛星通信の大手企業が中心であった。それら企業により、比較的小さなエコシステムが安定的に形成されていたのが日本の特徴である。また概ね 2000 年代後半以降、後に述べるベンチャー企業の設立や異業種からの参入が行われているが、新規プレーヤーの絶対数は未だ多くはない。

宇宙インフラ系は衛星運用で一定の存在感

宇宙インフラ系も、衛星システム運用、情報・データ処理それぞれ官公需中心の企業が多い。民生事業の内グローバルで見ても一定の存在感を持っているのは、衛星放送とそれに用いる衛星システムの開発・運用を行うスカパーJSAT である。スカパーJSAT は、1985 年にその前身である日本通信衛星企画株式会社が設立され、同社は 1989 年に日本で民間初となる商用衛星打ち上げの主体となった(【図表 4】)<sup>7</sup>。その後放送企業のスカパー等と統合し 2007 年にスカパーJSAT となり、現在では衛星通信事業者として世界第 4 位の規模となる 18 機の通信衛星を運用している。

【図表 13】 日本の宇宙企業の概観

		日本企業(除くベンチャー)	日本ベンチャー
		既存企業	異業種新規参入・ベンチャー企業
宇宙到達系	衛星 開発・製造	三菱電機 NEC	QPS研究所 アクセルスペース スペースシフト ispace ALE アストロスケール
	ロケット 開発・製造	川崎重工業 IHI	キヤノン電子 PDエアロスペース
	打ち上げ	三菱重工業	インターステラテクノロジス
宇宙インフラ系	衛星 システム運用	三菱電機 NEC スカパーJSAT	ソフトバンク インフォステラ ispace ALE アストロスケール
	情報・データ 処理	RESTEC 国際航業 パスコ 日本スペースイメーシング	キヤノン電子 アクセルスペース ウミトロン

(出所) 各種資料よりみずほ銀行産業調査部作成

(注) 【図表 3】の「商業(衛星)」目的の分類に属さないものの、ispace は月面資源探査機の製造・運用、ALE は人工流れ星サービスを目的とした衛星製造・運用、アストロスケールはスペースデブリ除去衛星の製造・運用、PD エアロスペースは宇宙旅行用の輸送機器の開発・製造企業としてプロット

(4) 既存プレーヤーの特徴

宇宙到達系は、相対的に品質が高く、価格も高価

前項までの産業規模および構造の結果、日本の宇宙到達系(衛星・ロケットの開発製造)事業は、官公需かつ研究開発が中心であり、先進的な大型ロケットや大型衛星の安定的な開発製造・打ち上げの品質は高いとされている。一

<sup>7</sup> 日本の商用衛星は、本件に限らず、いずれも海外で打ち上げられている

方、研究開発成果の商業用途への転用余地に乏しく、量産効果を発揮し難いことから、価格競争力は総じて低い。例えば、詳細なスペックは異なるため必ずしも単純比較は困難であるものの、米国 SpaceX 社のロケットファルコン 9 は、低軌道まで約 23 トン、静止軌道まで約 8 トンの積載重量を有し、打ち上げ費用は 62 百万ドル<sup>8</sup>である。一方、それに近い積載重量を持つ日本の H-II B ロケット(低軌道約 17 トン、静止軌道約 8 トン)の打ち上げ費用は 155 百万ドルと、2 倍以上の開きがある。

宇宙インフラ系は衛星運用で一定の存在感

宇宙インフラ系も、衛星システム運用、情報・データ処理それぞれ官公需中心の企業が多い。民生事業でグローバルで見ても一定の存在感を持っているのは、衛星放送とそれに用いる衛星システムの開発・運用を行うスカパーJSAT である。スカパーJSAT は、1985 年にその前身である日本通信衛星企画株式会社が設立され、同社は 1989 年に日本で民間初となる商用衛星打ち上げの主体となった(【図表 4】)<sup>9</sup>。その後放送企業のスカパー等と統合し 2007 年にスカパーJSAT となり、現在では衛星通信事業者として世界第 4 位の規模となる 18 機の通信衛星を運用している。

#### (5) 着目すべき日本企業の近時動向

ベンチャー企業は少数だがそれぞれ特色がある

概ね 2000 年代後半以降に創業された日本の宇宙ベンチャー企業は、数こそ少ないものの、グローバルで見ても特色のある企業が複数存在する(【図表 14】)。近時は JAXA との契約など、事業の具体化に向けた動きが活発に見られる。その例としてアストロスケールとアクセルスペースを取り上げる。アストロスケールはスペースデブリ除去サービスの開発に取り組んでおり、2017 年 7 月に NASA のアジア代表が COO に就任するとともに、2017 年 9 月には同社は JAXA とスペースデブリ除去技術に関する共同研究契約を締結している。アクセルスペースは低コストでの超小型衛星製造に強みを有し、2013 年に世界で初めて民間用商業衛星を製造し、2016 年には JAXA から小型実証衛星の設計、製造、運用を一括して受託した。同社は衛星を製造するだけでなく、2022 年までに 50 機の超小型衛星で地球観測網「AxelGlobe」を完成させる計画を発表している。「AxelGlobe」は、毎日、全地球の観測画像を取得することを可能にし、その分析を通じて、ユーザーにサービス提供を行う予定である。上記 2 社も含め、日本のベンチャー企業には、近時海外からのエンジニアスタッフが増加しており、経験豊富な海外人材の力をも梃子に、事業化を進めていると見られる。

<sup>8</sup> 米国の宇宙業界団体である Space Foundation が発刊する The space report 2017 による。H-II B ロケットも同じ

<sup>9</sup> 日本の商用衛星は、本件に限らず、いずれも海外で打ち上げられている

【図表 14】日本の主要ベンチャー企業

	企業名	事業内容	創業年
宇宙到達系	QPS研究所	小型衛星(レーダー)製造	2005
	PDエアロスペース	宇宙船製造	2007
	スペースシフト	小型衛星製造、利活用推進	2009
	インターステラテクノロジズ	小型ロケット製造・打ち上げ	2013
宇宙到達・インフラ系(双方)	アクセルスペース	小型衛星(光学センター)、衛星データ分析・ソリューション提供	2008
	ispace	月面資源探査	2010
	ALE	衛星からの人工流れ星サービス	2011
	アストロスケール	スペースデブリ除去衛星製造、運用	2013
宇宙インフラ系	インフォステラ	地上アンテナシェアリング	2016
	ウミトロン	衛星データを活用した養殖	2016

(出所) 各社 HP よりみずほ銀行産業調査部作成

大手企業は、固定的な顔ぶれが変化

次に大手企業について述べる。先にふれたとおり、宇宙産業における日本の大手企業の顔ぶれとその事業範囲は、長年固定的であった。しかしながら2016年以降、その顔ぶれと事業領域の双方に変化が起きている。

キヤノン電子はIHIと小型ロケット・衛星で新会社設立

宇宙到達系を主眼とする新規参入としては、民生エレクトロニクス企業のキヤノン電子による、小型衛星・ロケットの製造と打ち上げへの進出があげられる。キヤノン電子は、電子部品産業からの転用として、小型衛星・ロケットの開発を行っていた。2017年8月に、IHIエアロスペースなど4社で、小型衛星の打ち上げニーズをターゲットとする商業宇宙輸送サービスの事業化を企図して、その企画会社として「新世代小型ロケット開発企画株式会社」を設立した。同社は、設立の背景として、市場環境の変化や他社動向に加え、政府の立法措置による事業環境の進展をあげている。これは、日本の大手民生企業による、従来の宇宙企業の主領域(大型衛星・ロケット)と異なる分野への新規参入として過去に例のない取組である。

ソフトバンク、スカパーJSATはそれぞれLEOに投資

宇宙インフラ系の取組としては、ソフトバンクとスカパーJSATによる、LEO企業に対する投資を挙げておきたい。ソフトバンクは前述の通り2016年にLEO事業ベンチャーのOneWebに約10億ドルの投資を発表し注目を集めている。今後のIoT時代を見据え、地上の携帯電話基地局だけではカバーできない(もしくはコスト的に難しい)エリアも衛星通信でカバーし、世界中どこでも繋がるIoTの世界の構築を目指そうとするものである。スカパーJSATも従来のGEO事業に加えて、LEO事業等の新たな領域にも事業を広げている。LEO事業ではベンチャー企業のLEOSATに出資し、衛星間をレーザーで結び従来の海底ケーブルでのデータ通信以上に遅延のない(低レイテンシー)の通信インフラを宇宙に構築することを目指している。加えて、スカパーJSATは次世代アンテナ技術を持つベンチャー企業KYMETA社にも出資し、自動運転等に向けた準備も進めている。

#### IV. 想定される宇宙の商業利用の未来

本章では、現在世界で公表されている宇宙計画にもとづき、それらが実現した場合に想定される衛星通信と情報・データの変化について述べる。さらに、それらのデータと、その収集・分析に資するビッグデータ関連技術の進展を車の両輪として、いかなる価値や影響が多様なユーザー産業にもたらされ得るかを検討する。本章で想定する未来は、公表されている計画の実現時期が概ね 2020 年～2025 年の範囲であることを鑑み、2025 年としている。

##### 1. 2025 年に想定される宇宙産業の姿

###### (1) 衛星測位システムの増加と位置データの精度向上

位置データを提供する測位衛星システムは世界的に整備が進む

携帯電話の GPS 機能に代表される位置データは、複数の測位衛星で構築される衛星測位システムにより提供されている。衛星測位システムは、全地球をカバーする GNSS (全地球航法衛星システム) と特定地域をカバーする RNSS (特定地域航法システム) とに大別される。GNSS は現在米国、ロシア、欧州、中国の 4 カ国がそれぞれ構築しており、欧州・中国は 2020 年にシステムを完成させる予定である。

日本では 2018 年にセンチメートル級高精度測位情報のインフラが整備される予定

日本は、RNSS である準天頂衛星システムを整備中である。これは、日本を中心に東アジア・東南アジア、オセアニアを利用可能エリアとし、国の社会インフラとして無償でサービスを提供するものである。宇宙基本計画工程表によれば、日本は 2017 年に準天頂衛星を 4 機体制とし、2018 年には GPS 衛星との併用により、従来正確な測位が困難であった山間部やビル影等での測位の改善を図るとともに、準天頂衛星を活用した「センチメートル級補強サービス」を提供する予定である。「センチメートル級補強サービス」とは、測位誤差数 cm の高精度測位情報を提供するもので、幅広い産業分野で位置情報ビジネスを高度化するための基盤となるインフラである。なお 2023 年には準天頂衛星は 7 機体制となることから、GPS 衛星との併用をしなくとも、準天頂衛星のみで当該インフラの提供が可能となる予定である(【図表 15】)。

【図表 15】各国の衛星測位システムと衛星数の計画



(出所) 各国政府機関 Website、報道等よりみずほ銀行産業調査部作成  
 (注 1) 現在の衛星機数には非稼働の衛星も含む  
 (注 2) 各国の現時点での測位衛星計画を継続することを前提に作成

## (2) 多数の低軌道衛星コンステレーション計画の実現

計画段階の多数のプロジェクト、用途はまちまちの可能性

【図表 16】に、現在公表されている各社の通信 LEO 事業を示した。イリジウム社以外のプロジェクトはいずれも計画段階であり、その詳細は明らかでない。なお、各社の LEO 事業は、プロジェクトに必要な衛星数から使用する周波数帯域、衛星の高度などに違いがある。これは各社の LEO の想定ユーザーや用途は必ずしも同一ではないことを意味していると思われ、各社が全て直接競合するとは限らないと考えられる。

これらの計画の全てが順調に進捗するとは限らないだろう。多数の衛星を安価に製造し、打ち上げる技術は未だ発展途上である。また、衛星と地上との通信に不可欠な電波の周波数帯の確保には ITU<sup>10</sup>を通じて各国との調整が必要となる。確保には 7 年程度掛かる場合もあると言われており、周波数帯確保の時間が長引けば、プロジェクト自体が遅延してしまうリスクがある。

現段階で、既に実績や権利確保の意味で一歩先んじているのは、イリジウム社と OneWeb である。イリジウム社はこの中では唯一現在既に LEO 事業を提供している。同社は最初に LEO 事業が注目された 1990 年代にスタートした会社であり、1998 年に破産法申請後、米国防省がユーザーだったことなどもあり、別会社が引き継ぐことでサービスは継続していた。今般、サービスの高度化を目指し、全ての衛星を約 3,000 億円かけて打ち上げ直し、ブロードバンドサービスの提供を準備している。

また、周波数帯を既に確保しているという点では OneWeb が一歩先行しているといえる。他社は ITU に申請中の段階である中、同社は 2014 年に Skybridge 社から Ku 帯<sup>11</sup>の周波数を譲り受けており、既に保有している。

<sup>10</sup> International Telecommunication Union (国際電気通信連合)

<sup>11</sup> 衛星通信に使われる周波数帯の一つ。周波数の低い方から、L 帯、S 帯、C 帯、X 帯、Ku 帯、Ka 帯、V 帯があり、一般的に周

仮にこの2社の計画のみが進捗したとしても、2025年には1,000機程度の衛星により、概ね全世界をカバーする通信サービスが提供されることになる。もちろん他の事業者も、それぞれに必要な衛星とその打ち上げ機能や、周波数帯の確保に取り組んでいると考えられるため、本稿では、2025年に複数のLEO計画が実現しているとの前提を置いたうえで、論を進める。

【図表 16】 代表的な通信 LEO 事業計画

	プロジェクト名(事業者名)				
	OneWeb	SpaceX	LeoSat	Iridium (Iridium-Next)	Boeing (V帯)
衛星機数	882機	4425機以上	120-140機	66機	1396-2956機
軌道高度	約1200km	約1110km~約1325km	約1400km	約780km	約1200kmまたは約1000km
製造者	Airbus Defence & Space	SpaceX	Thales Alenia Space	Thales Alenia Space	Boeing
利用周波数帯	Ku帯 Ka帯	Ku帯 Ka帯	Ka帯	L帯 Ka帯	V帯
レイテンシ	30ms以下	25-35ms	20ms以下	N/A	N/A
スループット	7.5 Gbps per Satellite	17-23 Gbps per Satellite	1.6 Gbps per Satellite	N/A	N/A
通信速度	D/L : 50Mbps U/L : 25Mbps	1 Gbps per user	1.2 Gbps	D/L : 最大1.5Mbps U/L : 最大512kbps	D/L : 最低25Mbps U/L : 最低3Mbps
衛星打ち上げ、サービス開始予定時期	打ち上げ : 2018年~ サービス開始 : 2020年~	打ち上げ : 2019年~ サービス開始 : 2025年~	打ち上げ : 2020年~ サービス開始 : 2021年~	衛星リプレイス完了 : 2018年 サービス開始 : 2018年~	未定

(出所) 総務省衛星通信システム委員会(第33回)資料よりみずほ銀行産業調査部作成

小型・低軌道の地球観測衛星の増加により収集データは質・量ともに大きく増加

多数の低軌道衛星を活用した事業には、通信放送におけるLEO事業以外に、地球観測衛星によるリモートセンシングデータ<sup>12</sup>(以下、リモセンデータ)収集の事業がある。これまでは、大型衛星によるリモセンデータの取得が中心で、衛星製造コストが高く、打ち上げ数も限定的であったため、「欲しいデータが取得できない」、「取得までに時間がかかる」といった課題が残り、その民間利用が進みづらかった。しかし、近時、多数の低軌道衛星によるリモセンデータ取得が行われるようになり、リモセンデータの質・量・取得頻度の増加と、取得コストの低減により、データの民間利用に向けた環境が整いつつある。背景には、衛星製造における技術進展により衛星の小型化・低廉化が進み、世界において、ベンチャー企業が多数の小型・低軌道衛星の打ち上げを実現したことがある。さらに、今後も多数のベンチャー企業により、約300機超の衛星の打ち上げが計画されている。このような衛星群から取得される画像データ、温度データ等は、これまでよりも精度が高く、しかも安価に高頻度で取得できるという利点がある。一例として、米Planet Labs社は100機超の衛星を打ち上げ、全地球を1日1回の頻度で撮影する計画を明らかにしており、注目を集めている(2017年2月には、分解能1メートル以内の高精度画像を提供する米Terra Bella社を米Google社から買収している)(【図表 17】)。

波数が高いほど大容量の通信が可能となる一方、降雨による減退を受けやすい等のデメリットもある

<sup>12</sup> 人工衛星からカメラやレーダーを用いて取得する画像、温度、高度などの各種情報に基づくデータ

【図表 17】 運用中および計画されている主な地球観測衛星

	企業名	データ解像度 1m未満	取得頻度 1回/日以上	センサー種類	機数	Sat Mass (Kg)
大型衛星	Airbus D&S	●		光学&レーダー	4	1,000
	DigitalGlobe	●	●	光学	5	2,800
	MDA	●	●	光学	1	2,300
	DMCii	●		光学	6	450
	ImageSat	●		光学	3	350
	UrtheCast	●	●	光学&レーダー	24	1,400
小型衛星	Astro Digital	●	●	光学	30	20
	Axelspace	●	●	光学	50	95
	BlackBridge(Planet)	●	●	光学	5	150
	BlackSky Global		●	光学	60	50
	Capella Space		●	レーダー	30	TBD
	XpressSAR	●		レーダー	4	TBD
	GeoOptics		●	GPS電波	24	115
	HawkEye360		●	ラジオ波	21+	TBD
	Hera Systems		●	光学	48	24
	ICEYE	●	●	レーダー	50	<100
	PlanetiQ		●	GPS電波	12	22
	Planetary Resources	●	●	光学	10	TBD
	Planet		●	光学	100+	3
	Satellogic	●	●	光学	25+	35
	Spire Global			GPS電波	50	3
	Terra Bella(Planet)		●	光学	24	120

運用中	機数計(うち小型)	198+(179+)
計画	機数計(うち小型)	388+(364+)

(出所) SIA/BRYCE, 2017 State of the Satellite Industry Report よりみずほ銀行産業調査部作成

### (3) 衛星増加の結果、想定する宇宙の「インフラ化」

情報・データと通信双方の一定の進展を仮定

【図表 18】は、前項までに示した衛星測位システムの増加と、複数の LEO 計画が実現した場合に、A 衛星通信、B 位置情報・データ、C リモートセンシング情報・データのそれぞれの進展について、次節以降で述べる「ユーザー側諸産業への影響可能性」検討の前提として、仮定を置いたものである。なお、この仮定が実現するうえでは、衛星システムを構成する多様なコストがその目的に応じた水準となることが欠かせず、多様な事業者がコスト低減に向けた取組を行っている。通信 LEO を例にすると、OneWeb の PJ コストの詳細は不明だが、既存の調達金額等から少なくとも数千億円後半の規模であると考えられ<sup>13</sup>、この実現のためには衛星やロケットの開発製造や衛星システム運用、またリモセン LEO であれば、それに加えて衛星に搭載するセンサーやデータ蓄積・分析のコスト削減が必要とされることには留意が必要である。

分析技術との組合せで多様な影響を想定

このように、宇宙が通信インフラに、また大量の情報・データの収集源となる共通インフラとして用いられるようになった場合、次項で述べるビッグデータ関連技術・AI との組合せで、多様な「宇宙以外の」産業への影響が想定できる。

<sup>13</sup> 既存の調達額は約 2,000 億円であり、その他にローンの調達も想定されるため。また低軌道衛星の寿命は 5~7 年程度なので、更新投資も相応に掛かることに留意が必要である

【図表 18】 宇宙利用による通信や情報・データ収集の進展(次節以降の前提としての仮定)

	項目	現在	次節以降の前提としての進展可能性
A	①通信がつながる場所	地上基地局のある場所 (衛星通信単独では遅延・コストが問題に)	海上など地上基地局がない場所も、衛星通信のみで低コストでつながる
	②通信の容量	HTS(High Throughput Satellite)の黎明期。 HTSは従来の10倍の通信容量を実現	HTSの普及期。例えば、海上や機上でも大容量高速通信が可能に
	③通信の遅延性と利用者側の使い勝手	【静止衛星】0.7秒-0.9秒の遅延(不自然) 【低軌道衛星】利用者側に専用端末が必要で通信コストも高い	【低軌道衛星】0.02-0.03秒の遅延で自然な会話が可能。利用者側は通常のスマホが使い、通信コストも大きく変わらない
B	④位置情報の地域差	日本国内でも場所により差異あり (特に山間部、島嶼地域など)	日本国内は地域差なし 東南アジア・オセアニアも相応にカバー
	⑤位置情報の精度	数メートルの誤差あり	数センチメートルまで誤差縮小 (車線レベルの識別が可能)
C	⑥リモートセンシング情報の種類	【光学衛星(注1)】画像 【レーダー衛星(注2)】高度、温湿度など	種類としては同様
	⑦リモートセンシング情報の安定度	光学衛星は、天候や可視光量に影響される	AIとの組合せで、悪天候等の影響をある程度排除可能に
	⑧リモートセンシング情報の取得頻度	【光学衛星(注1)】1日1回程度 【レーダー衛星(注2)】1~2週間に1回程度	光学衛星・レーダー衛星とも 1.5-3時間に1回(1日8-16回)程度

(出所)各種資料、報道等よりみずほ銀行産業調査部作成

(注1)光学衛星:搭載するカメラで地表を観測する衛星

(注2)レーダー衛星:電磁波を地表に送り、その反射状況を解析することで地表を観測する衛星

#### (4)ビッグデータ関連技術の進展による宇宙由来データ利活用ビジネスの黎明

ビッグデータ関連技術の進展によりデータ利活用ビジネスが登場しつつある

III章第1節で歴史を見てきたように、衛星を利用したビジネスは、通信および放送分野を中心に発展し、同第2項のとおり、宇宙由来のデータ利活用サービスは、現在のところ30億ドル程度(市場全体の約2%)の市場規模に過ぎない。しかし近時、この構図に変化がみられる。それは新たな分野として、位置データの利活用および、リモセンデータの利活用ビジネスが登場しつつあることである。その背景は、先に述べた衛星側(測位システムおよびLEOコンステレーション)の増加に加えて、とりわけリモセンデータ利活用ビジネスの拡大に資する宇宙データの分析技術の進展があげられる。

AI技術の進展が、データ分析の高度化を後押し

データ分析において、アナリティクス技術の進展がリモセンデータの利活用を後押ししている。特に、近年のAIブームの火付け役でもあるディープラーニング<sup>14</sup>は、画像認識を得意とし、衛星画像分析の高度化をもたらす技術である。こうした技術をビジネス化しているベンチャー企業の一例として、米Orbital Insights社がある。同社は、米Planet Labs社、米DigitalGlobe社等の衛星運用事業者から購入した衛星画像の中から、ディープラーニングによって様々な物体を正確に認識し、社会・経済トレンドを把握・予測するサービスを展開している。このようなサービスは、リモセンデータの分析・利活用に関するユーザー側のノウハウを補うものであり、データ利活用市場の拡大につながるもの

<sup>14</sup> 人間の脳の神経回路網を人工的に再現したニューラルネットワーク技術の一種であり、人手を介さずにデータの特徴量をコンピュータが自動的に抽出できる点が最大の特徴

と考えられる。昨今は、宇宙由来データと様々な地上データの統合・分析による付加価値創出に向けた取組も見られ、AI を含むアナリティクス技術に一層の期待が寄せられている。

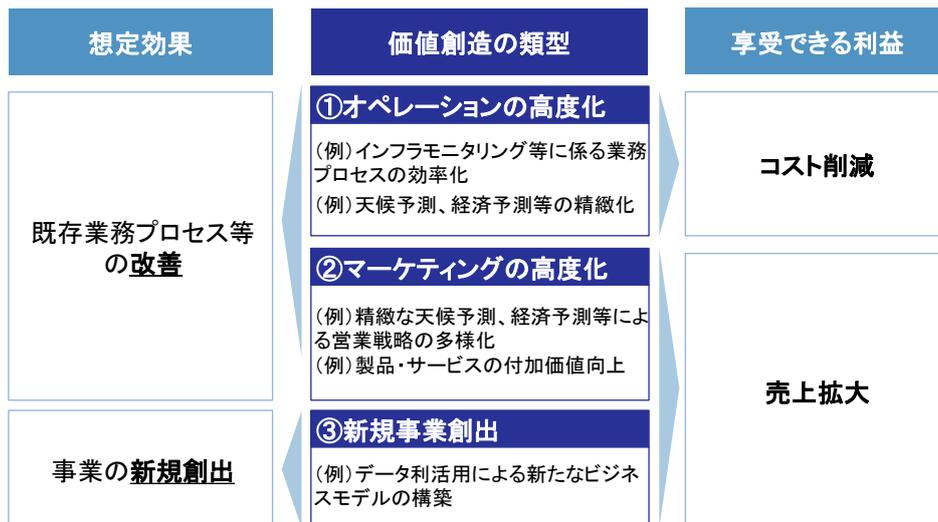
宇宙由来データビジネスの拡大を支えるコンピューティング基盤として、大手クラウド事業者の存在感も大きい

多数のベンチャー企業が宇宙由来データ利活用分野に参入している背景には、海外クラウド事業者が提供する安価で強力なコンピューティング基盤によって、膨大なリモセンデータの蓄積・分析が可能になっていることがあげられる。Amazon Web Services (以下、AWS)、Microsoft Azure、Google Cloud 等、大手クラウド事業者が提供する安価なインフラはデータの蓄積・分析コストを大きく低減している。AWS、Google Cloud 上では、Landsat、Sentinel 等、欧米の政府系プロジェクトで運用中の衛星から取得される地表画像データが蓄積され、パブリックデータとして提供されている。一例として、米 Descarte Labs は、先の Google Cloud 上に蓄積された画像データを解析し、農業の収穫量予測サービス等を展開している。日本のアクセルスペースはアマゾンウェブサービスジャパンと提携し、自社の衛星が収集する膨大な画像データの最適なストレージ方法を検討している。このように、クラウド事業者が提供する安価で強力なコンピューティング基盤は、宇宙由来データ利活用ビジネスの拡大を支えている。

宇宙由来データ利活用による価値創造の類型は3つ

多種多様なデータの収集・分析が可能な今日、宇宙由来データビジネスの本質は、データの利活用により新たな価値を創造し、経済的利益を得ることにある。今後、年間数ペタバイト級の衛星画像データが生成されるとも言われる中、このような膨大なデータの利活用により、付加価値を創造することが求められる。宇宙データ利活用による価値創造の類型として、コスト削減に繋がる①オペレーションの最適化、売上拡大に繋がる②マーケティングの高度化、③新規ビジネスの創出の3点が想定される(【図表 19】)。各産業で想定される具体的なユースケースは、次節で述べる。

【図表 19】宇宙由来データの分析による価値創造の類型と効果・利益



(出所) みずほ銀行産業調査部作成

## 2. ユーザー側諸産業への影響可能性と日本企業の動向

本節では、前節に述べた宇宙産業の成長による通信や情報・データ収集の進展(【図表 18】)と、ビッグデータ関連技術の進展がともになされるとの仮定のもとで、「宇宙以外の」産業への影響を検討する。なお、(1)通信(2)放送(3)自動車は、前節第1項および第2項に述べた、衛星と衛星通信の量的増加そのものが影響の源泉である。(4)一次産業(5)資源開発(6)建設(7)小売(8)金融は、前節第3項に述べた、宇宙由来の各種データを、それぞれの産業に必要な他のデータとあわせて分析することが、主な影響の源泉となる。

### (1)通信

LEO の影響は各企業のビジネスモデルによる

通信は、前節第2項に述べた LEO 事業の目的そのものである。地上での通信事業と衛星通信との関係は、従来の通信手段ではカバーが難しい領域においては①自社既存インフラとの補完関係に、従来の通信手段でカバー可能な領域においては②自社既存インフラの代替手段としての関係にも、③自社事業と競合する関係にもなり得る。LEO 事業が成長し、安価な通信インフラとして一定の発展を遂げた場合の既存通信事業者への影響は、各企業のビジネスモデル毎に異なると考えられる。

移動体通信大手には自社設備の①補完関係にも、②代替関係にもなり得る

まず、エンドユーザー向けに移動体通信事業を営み、自社で基地局等の通信インフラ<sup>15</sup>を保有している企業(移動体通信事業者)についてその影響を検討する。この場合、自社の通信インフラは①の補完関係にも②の自社インフラの代替関係にもなり得る。LEO によって地球全体にバックホール回線<sup>16</sup>と同様の効果を持つ衛星通信網が地上設備を整備するよりも安いコストで構築されれば、従来のように自らルーラルエリア<sup>17</sup>にまで自前の基地局を建てる必要がなくなる。具体的に OneWeb を例にすれば、前述のように地球全体をカバーする通信インフラの構築コストが数千億円後半だとすると、日本の移動体通信事業者の基地局向け設備投資額約 1 兆 2,000 億円<sup>18</sup>と比べれば、そのコストの低さが分かる。

地上設備の更新投資は新規程大きくなく、メインシナリオは①の補完関係

これは、自社のサービスエリアにルーラルエリアを含む(含めたい)企業にとつては、LEO 事業者の衛星を利用し、通信手段とすることで、設備投資の抑制が可能になることを意味し、①の補完関係となる。加えて、既存通信インフラ設備の更新投資においても、既存設備の維持コストおよび更新時期によるものの、コスト次第では、②の従来の地上設備の代替として、LEO 事業者の衛星を利用することが選択肢となり得る。ただし、一般的に地上の通信設備は新規投資対比更新投資はそこまで大きくなく<sup>19</sup>、②の代替関係よりも、①の補完関係がメインシナリオと考えられる。一方、OneWebを含む現在公表されている LEO 事業のいずれも、自社で B2C の移動通信事業を営もうとするビジネスモデルは現時点では存在しないことから、移動体通信事業者にとっては③の競合関係にはならないと考えられる。

<sup>15</sup> 通信のための伝送路設備。光ファイバー網、無線基地局など

<sup>16</sup> 通信事業者の回線網で、中心部の基幹通信網と末端の回線とを繋ぐ中継回線・ネットワークのこと。ここでは、移動体通信のネットワークのうち、無線基地局と拠点施設(交換局)を繋ぐ有線の回線網

<sup>17</sup> 山間部や島嶼など、利用者が相対的に少なく、既存の基地局や回線が十分に行き渡っていない地域

<sup>18</sup> 株式会社 MCA、「携帯電話基地局市場および周辺部財市場の現状と将来予測 2016 年版」より

<sup>19</sup> 基地局投資で言えば、アンテナを載せる通信タワーの建設やそのための土地獲得コスト、基地局間の光ファイバー敷設コストが大きい

移動体通信事業者にとって、LEOの発展はコスト削減に資する手段となる

もちろん、通信の安定性や通信網にかかるノウハウ保持、衛星の自社保有によるコスト削減の可能性などを目的として、ソフトバンクのように自ら LEO 事業を行う例もあるものの、LEO 事業については先行者の優位性が大きいため、他の移動体通信事業者が同様のビジネスモデルで参入することは相当ハードルが高い。いずれにせよ、移動体通信事業者にとっては、LEO の発展は③の自社事業そのものとの競合関係にはならず、①自社設備の補完および②既存設備の代替の両方にプラスに働くと考えられ、コスト削減に資する手段としての性格が強いといえるだろう。

固定系通信事業者にとっては自社サービスの競合になる可能性も

一方、自社で FTTH<sup>20</sup>や ADSL<sup>21</sup>、ケーブル<sup>22</sup>等の通信インフラを保有し、固定インターネットサービスを提供する固定系通信事業者にとっては、LEO による新たなサービスは、上記区分③の競合関係になる。即ち、LEO によって安価に高速無線通信が提供されるようになると、自社事業(固定回線によるインターネットサービス)そのものと競合することとなり、既存事業に対する脅威になるものとする。公表されている OneWeb のサービスプランは 50Mbps の高速通信を、スペース X のサービスプランでは 1Gbps の超高速通信を目指しており、これらの LEO 事業者のサービス提供価格次第では、固定系通信事業者が大きな影響を受ける可能性がある。

## (2)放送

インターネット動画配信サービスの普及を通じ、既存放送事業との競合が激化

LEO 事業が発展を遂げると、前節で述べたモバイルインターネット環境が世界中に整備されることが想定される。この場合に、インターネット動画配信サービスがさらなる普及を遂げることで、既存の放送産業にとって代替・競合の激化となることが想定される。これによる影響は、エンドユーザー(視聴者)にとって有料の放送サービスと、無料の放送サービスとでは、やや意味合いが異なる。

有料放送サービスにとっては直接的な代替の脅威

まず、CATV、BS、CS などの各種有料放送にとっては、有料のインターネット動画配信サービスは直接的な代替の脅威と考えられる。CATV による有料放送が広く普及している米国では、モバイルやインターネット接続テレビの普及により、Netflix や Hulu、Amazon のような有料のインターネット動画配信サービス事業者が既存の CATV 事業者の視聴者を奪う「コードカッティング<sup>23</sup>」が既に進んでいる。LEO 事業の発展により、さらにモバイルインターネット環境が世界中で整備されると、それら有料のインターネット動画サービスのさらなる普及により、既存の有料放送事業者にとって脅威が高まることが想定される。さらに、既に顕在化した有料のインターネット動画配信サービスによる代替のみならず、無料のインターネット動画配信サービスもまた、視聴系の娯楽としての広い意味では、有料放送の代替サービスとなっていくことが想定される。

CATV にとっては競合事業者のコスト構造変化の側面も

このように考えると、LEO 事業の発展によるモバイルインターネット環境の整備は、有料放送サービス事業者にとって競合の激化を招くことになる。また、放送サービスのための有線通信網を自社で保有する CATV 事業者にとっては、衛星通信網の整備が、有線通信網そのものに対する代替・競合関係となり、インターネット動画配信サービス事業者のコスト構造が変化する可能性にも留

<sup>20</sup> Fiber To The Home 光ファイバーを用いる家庭向けのデータ通信サービス

<sup>21</sup> Asymmetric Digital Subscriber Line 電話線を用いてデータ通信を行うサービス

<sup>22</sup> ケーブルテレビインターネットで使われる固定回線

<sup>23</sup> CATV 事業者の提供する有料チャンネルの契約をとりやめ(有線を切り)、インターネット動画配信サービスに切り替えるという行動

意が必要となる。

無料放送サービスにとっては、その地位の低下につながる可能性

次に、地上デジタル放送など、視聴者が無料で視聴できる放送にの影  
響は、もう少し間接的なものとなるだろう。インターネット動画配信サービスの普及は、コンテンツ制作者にとって、インターネット動画配信サービス事業者が運営するプラットフォームの魅力が高まることを意味する。優良なコンテンツが徐々にインターネット動画配信サービスに集まることにより、それら事業者の企業体力がさらに向上すれば、より多額の制作費をかけたコンテンツの競争力も増すことになるだろう。このように考えると、地上デジタル放送事業者などの無料放送サービスを主体とする事業者にとっては、長い目で見て、競合対比でコンテンツ制作者にとっての自社の総合的な魅力と企業体力が徐々に低下することが考えられる。その結果、自社のビジネス領域が徐々に侵食され、縮小均衡を余儀なくされる恐れがあると考えられる。

### (3) 自動車

パターンは 3 通り

自動車産業と人工衛星との関係は、①自動車を何らかの目的で「つなげる」必要がある場合の通信手段、②自動車の制御への位置情報の活用、③リモセン画像情報を地図情報に活用すること、と整理できる。

人工衛星は、都市部では代替手段、通信未整備地域では主手段

①通信手段としての人工衛星は、通信設備の豊富な都市部と、代替手段に乏しい非居住地域(主に海外)とはその意義が異なる。都市部では、あくまで他の通信手段との補完関係に立つ冗長性確保のための一つの要素である一方、非居住地域や新興国など通信の整備が途上である地域では、衛星通信を主たる手段とする必要がある。

現在は多少の不正確や通信途絶は許容範囲

現在、自動車を「つなげる」目的は、もっぱら車載テレビなどの娯楽、あるいはカーナビおよびそれを通じた店舗情報検索など、いわば大まかな道案内を通じて人の運転を支援するものである。したがって、多少の通信の遅延やナビゲーションの不正確さは社会通念上問題視されず、仮に通信途絶が起きたとしても、その影響は「不便」にとどまる。

完全自動運転では確実な通信が求められるため、衛星通信システムの充実が欠かせない要素の一つ

一方、その目的に「完全自動運転」が加わった場合、様相は一変することになる。完全自動運転は、現在運転者が担っている安全義務、例えば適切な車線で自動車を運行することや、事故防止のために周囲に注意を払うことを、自動運転システム側が担うことを意味する。自動運転システムにおける通信の位置付けは、クラウド(インターネット上で自動車の位置を把握し地図情報と照合する)とエッジ(自動車そのものが周囲の様子を検知し判断する)をどのように用いるかで異なるものの、少なくとも自動車の位置情報が途絶することは許されないと考えられる。したがって、複数の通信手段を確保可能な都市部においては、地上通信の補完の一つとして衛星を用いることがあり得る。また、衛星にかわる通信手段のない地域においては、堅確な衛星通信システムが要求されることになる。したがって、衛星通信システムの充実、とりわけ代替手段がない地域における通信応答性に優れた LEO の充実が、全世界で完全自動運転が実現するうえでの、欠かせない要素の一つと位置づけられるだろう。

位置情報の活用も完全自動運転に欠かせない要素

②自動車の制御への位置情報の活用も、完全自動運転か否かでその意義は大きく異なる。カーナビであれば、仮に道路以外を走っていると認識していても「不便」にとどまるが、完全自動運転では、道路の逸脱はもとより、車線の逸脱自体が許されない。

準天頂衛星 4 機体制は完全自動運転に必要な前提の一つ

したがって、完全自動運転の実現には、位置情報を、「リアルタイム」に「センチメートル単位」で「地図情報と突き合わせ」て認識できることが不可欠である。このうち「リアルタイム」は、先に述べた通信の問題である。「センチメートル単位」の位置情報は、現在計画されている準天頂衛星 4 機体制により実現することが見込まれている。したがって、準天頂衛星 4 機体制は、少なくとも日本における完全自動運転が実現するうえでの欠かせない要素である。また、先に述べた世界的な衛星測位システムの整備の進行により、世界の相応の範囲で、同様の位置情報が取得できるようになるだろう。

リモセン画像情報も完全自動運転に必要

最後に、「地図情報と突き合わせ」ることは、③リモセン画像情報の地図情報への活用と関係する。いかに位置情報をリアルタイムかつ精密に取得しても、突き合わせるべき地図情報が古ければ、事故の遠因となりかねない。

適切に地図を更新するための要素の一つ

道路状況は時々刻々と変化する。人為的な道路工事であれば、落石や冠水などの自然現象も影響する。それらを常時把握し適切に地図を更新していくには、走行中の自動車(エッジ)が検知する情報と、道路を俯瞰する情報との双方をクラウドに集約し、組み合わせることが必要となるだろう。常に道路を俯瞰する役割は、離発着を繰り返す必要があるドローンや航空機が担うのは現実的ではない。その意味で、地球から相対的に近い場所にある LEO リモセン衛星が、道路を俯瞰するための有力な手段となるのではないだろうか。

加えて AI が必要

そして、走行中の多数の自動車と衛星が取得した大量の情報を組み合わせて地図を時々刻々と更新する作業を、人手に頼るのもまた現実的でなく、AI が不可欠となる。

現在のトレンドは完全自動運転の隠れた前提

このように、現在と近未来のトレンドである、衛星測位システムと LEO(通信、リモセン)それぞれの増加、そしてビッグデータ関連技術の進展は、完全自動運転が実現するための、いわば隠れた前提と考えられる(【図表 20】)。

【図表 20】自動車産業と宇宙との関係

	現在の目的と必要な水準	完全自動運転に必要な水準	現在のトレンドへの評価
①人工衛星を通信に活用	<ul style="list-style-type: none"> <li>目的は娯楽や大まかな道案内</li> <li>水準は、通信遅延や短時間の通信途絶が許容範囲となる程度</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>通信遅延・途絶は事故の原因</li> <li>短時間の通信途絶も許されない厳格な通信安定が必要</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>①LEO通信事業の増加</li> <li>②測位衛星システム増加</li> <li>③LEOリモセン事業の増加</li> <li>④ビッグデータ関連技術の進展</li> </ul> <p>⇒全てを総合すると完全自動運転の「隠れた前提」となるインフラが整いつつあると見ることができる</p>
②位置情報を制御に活用	<ul style="list-style-type: none"> <li>目的は現在地を運転者に示すこと</li> <li>水準は、仮に現在走行中の道路を外れたとしても許容範囲程度</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>現在位置の逸脱は事故の原因</li> <li>車線レベル(数cm単位)での正確な位置把握が必要</li> </ul>	
③リモセン画像情報を地図に活用	<ul style="list-style-type: none"> <li>目的は地上情報の取得</li> <li>随時更新の地図に求められる程度の頻度</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>不正確な地図は事故の原因</li> <li>高頻度更新地図に求められる多頻度画像取得が必要</li> </ul>	

(出所)みずほ銀行産業調査部作成

日系は必要な準備を進めている

日本の自動車産業は、その前提に目配りをしたうえで、必要と想定される準備は着々と進めているようだ。例えば、トヨタ自動車は衛星通信用の車載アンテナを、ベンチャー企業の KYMETA と共同研究している。また、デンソーは、日立造船などと精密測位システムを活用したサービス事業を行う JV を設立した。

完全自動運転の前提は整いつつある

日系が完全自動運転技術でグローバル標準を握るには、宇宙インフラの活用可能性を追求する必要

#### (4) 一次産業

農業分野では、生産効率性の向上に貢献

漁業では積極的に衛星データを活用し、漁業の生産性効率化を実現しつつある状況

一次産業では衛星データと既存ビッグデータの両者を利用した分析が重要

衛星データの利用による一次産業効率化における課題

もちろん、完全自動運転の実現自体に多種多様な論点やボトルネックが存在する。しかしながら、その実現を目指す企業にとっては、インフラ面が整いつつある状況といえる。

現在、自動運転システムの開発は、自動車産業のみならず、Google や Apple など IT 企業をはじめ様々なプレーヤーが凌ぎを削っている。自動運転システムが、前述の通りエッジとクラウドをどのように活用するのか、あるいは、路上設備等のインフラにどの程度依存するのかなど、多岐にわたる方式がいずれも開発途上にあり、技術的な勝敗は決していない。そうした中、日本の自動車産業が完全自動運転の技術でグローバル標準を握るには、地球全体を取り囲む宇宙インフラの動向を捕捉し、その活用可能性を追求する必要があるだろう。

農業分野では衛星データを活用した農作物の収穫状況管理や、農機の現在位置把握等の情報を駆使した精密農業が近年広まりつつある。人工衛星から得られる画像等データを用いて圃場全体の農作物生育状況や育成むらを推定し、推定情報を元に圃場内の収穫順序を決める事で効率的、計画的な収穫作業を実現し、農作物の生産コスト削減に繋げている。また、衛星データから米の食味を判定して、高品質で付加価値の高い米として販売をする事で米のブランド化を実現している例もある。

漁業分野では、漁場の探索に衛星データが用いられている。従来、漁場の探索は仲間漁船同士で各漁場を確認・特定し、情報共有をすることで行われていた。一方、昨今の漁業就業者数の減少、それに伴う漁船数の減少により、従来の仲間内での漁場の探索は難しくなっており、かつ効率も良いとは言えない。この状況下、効率的な漁場探索を実現させているのが、人工衛星等から得た情報を元に海水温や潮流、気象情報など海況情報を提供するサービスである。人工衛星から得られたデータと、魚種による生息温度帯のビッグデータを元に処理・解析をし、インターネットを通して漁況・海況情報をユーザーである漁船に提供している。漁船は、提供された情報を元に漁場を把握、効率的に目的地までたどり着くことができる。これにより、漁場に到達するまでの燃油コストの削減や計画的な漁が実現され、漁業の効率化・高度化に貢献している。

一次産業における衛星データの活用では、効果を最大限に引き出す為に、漁業であれば、既述事例の様に漁獲ターゲットとなる魚種の生息温度帯を併せて分析する事で、漁場の正確な予測を実現している。農業についても、光の波長や最適なタンパク質含有量等、把握しているデータも併せて分析する事で、最適収穫時期の推定や食味の判定に繋げている。この様に、データユーザーの立場である一次産業においては、宇宙からの情報をベースとし、既に得ている環境情報等、特定された情報を掛け合わせて二次加工・分析を実施する事で、有効情報として活用されている。

一方で、衛星データを一次産業に利用していく際のボトルネックとしては、コスト負担と即時性の問題がある。コスト負担について、収益性に課題の多い一次産業では、初期導入コストや通信費等のランニングコスト負担は経営上の影響が大きく、サービス導入を阻む要因となる。また、即時性について、現状の衛星からのデータ取得頻度では、データで把握している状況と現状の漁況

等の際にタイムラグが生じ得る為、より精緻でリアルタイムな漁況の把握を求める声も出ている状況である。

#### 課題解消の為に 想定される策

コストの問題については、衛星データの取得コスト削減や、より安価な通信手法の実現、もしくは普及に向けた補助金等の支援体制を整える事が問題の解消に繋がると考えられる。また、情報の即時性については、今後衛星からのデータ取得頻度を向上させる事で、よりリアルタイムでの漁況等の把握を実現し、サービスの向上を可能とするであろう。

#### 一次産業における 衛星データの 今後の活用可能性 について

一次産業による衛星データの足下利活用状況は、上述事例にも見られる様に、既に実用化されているものも多い。今後、更なる衛星データの高度化が進む事で新たな活用方法も実現可能と考える。農機メーカーにより製品化されつつある農業機械の自動運転に加え、漁船についても自動運転に活用できる余地を秘めていると考えられる。また、衛星から得られる広範囲な情報を基にした、グローバルベースでの漁獲量の把握、違法漁獲の監視等、水産資源保護の利用に繋がる可能性もある。一方で、漁獲量把握については、国を跨ぐ取組となるため、各国間の情報取得制限など、解決すべき課題も多いと想定され、実現には漁業資源保護に対するグローバルベースでの取組、枠組みの整備等が必要になってくるであろう。

#### 衛星データが及ぼす 日本の一次産業への影響 について

従来一次産業には従事者の経験・個人に蓄積された知識・勘の各要素が必要とされてきた。一方で、衛星データと既存ビッグデータを併せて分析し、当該結果より得られた根拠を元に農漁業を営む事で、従来依存していた過去の経験や知識、勘の代替となり得ると考えられる。また、一次産業の効率化・高度化が進展する事で、日本の一次産業が直面している労働力不足、課題の多い収益性についても改善出来る余地はあろう。効率化や収益性の向上により一次産業への魅力が向上すれば、新規参入者の増加に繋がる可能性も高まるのではないだろうか。

#### 一次産業での 今後の衛星データ 利活用について

一方で、衛星データを用いた一次産業の効率化・高度化は、世界各国にて研究、利用されており、他国の一次産業の生産性向上に伴う、日本の一次産業競争力の相対的な地位低下も懸念される。対他国での一次産業競争力強化の観点からも、衛星データを利用した一次産業の効率化、高度化への対策は無視出来ないものと思われ、今後の研究並びに早期浸透を実現する為の国の政策による後押しにも期待したい。

### (5) 資源開発

#### 人工衛星は、リモートセンシングによる資源探査に既に活用されている

資源開発における人工衛星の利用は、既にリモートセンシングによる資源探査の分野で活用されている(【図表 21】)。資源開発では、まず探鉱によって鉱床、油田等を発見し、技術的・経済的側面から開発可能性を評価する必要がある。衛星の光学センサーからの短波長赤外データや、合成開口レーダーからの画像から得られる地表面の詳細な凹凸、岩盤の割れ目等のデータを分析することにより、金属鉱床周辺に形成される変質帯や油田等が得意な地形・地質構造を識別する。衛星リモートセンシングでは、直接地上の資源量を確認することはできないが、地理的・制度的条件に左右されずに、広範囲の地形・地質情報を得られる利点があり、探鉱有望地域を絞り込むことで、後に実施する地表における詳細な地質調査・物理探査の費用逡減や探鉱期間の短縮などの活用メリットがある。

【図表 21】資源開発の流れ



(出所)JOGMEC 資料等よりみずほ銀行産業調査部作成

#### リモセン技術利用可能範囲の拡大・探査精緻化の可能性

現在、衛星リモートセンシングは銅鉱山などの金属資源探査を中心に石炭や石油・天然ガスでも利用されているが、その利用できる地理的範囲は、光学センサーが影響を受けにくい、雲量が少なく、地表面に植生等の障害物がない地域を探査する場合に限定されている。今後、センサー技術の向上や AI 活用による天候影響の排除などにより、衛星画像が精緻化されると、衛星リモートセンシングを利用可能な地理的範囲が拡大する可能性がある。実際に JOGMEC (石油天然ガス・金属鉱物資源機構) は、高分解能衛星データの分析・利用技術開発により、これまで困難であった疎林地帯や多雨地域における遠隔資源探査の精緻化に取り組んでいる。

また、地熱や海洋資源等の衛星リモートセンシングを利用できる資源種類の拡大も期待される。例えば地熱発電においては、現在、ヘリコプター等による空中物理探査が行われているが、衛星のリモートセンシング技術の向上に伴い、衛星を活用したより広域かつ効率的な探査の可能性も広がる。

#### リモセン技術利用可能範囲の拡大における課題

なお、資源開発における衛星データ利用の拡大には、課題も存在する。1 つ目は、高解像度の画像データの取得コスト低減である。現在、探鉱事前調査に利用される中低解像度の画像データの多くは無料で公開されているだけに、高解像度の画像データの利用拡大には、そのデータ取得コストの低下が前提となる。2 つ目は、分析するコンピュータ処理の性能向上である。データの密度が高くなれば、その分データ容量も大きくなる。高精細な画像のダウンロード・分析には通信環境やハードウェア、ソフトウェアの性能向上、AI やビッグデータ関連技術の進展が不可欠である。

#### 日本の取組

日本は、資源探査におけるリモートセンシング技術において、資源メジャーと共同調査を行う等世界の中でも有数の技術力を有している。衛星リモートセンシング活用の地理的範囲や資源種類の拡大、分析技術の高度化の取組は、新興国資源国や海外企業との技術協力を通じた日本の地位向上と将来的な日系企業の権益獲得の円滑化、日本のエネルギー・鉱物資源の安定的な確保にも貢献するものと期待される。

### (6) 建設

#### 建設業における測量・通信技術の高度化とは

建設業にとって、人工衛星から取得できる情報・データの多様化・高度化は、測量技術の高度化と通信の常時接続を通じて、政府が推進する「情報化施工」、すなわち建設業の高度化に資するものである。

#### 政府は建設業にテクノロジーを活用する施策（「i-Construction」）を推進

現在政府は、情報化施工に向けた取組として、「i-Construction」施策を推進している。「i-Construction」施策とは、深刻な建設産業の担い手不足と高齢化を背景に、建設現場に情報・データ系技術をはじめとする先端技術を導入し、建設現場の生産性を向上させる取組である。2016 年 4 月にまとめられた報告書「i-Construction ～建設現場の生産性革命～」では、(1)テクノロジーを活用することにより建設現場を最先端の工場にすること、(2)建設現場へ最先端

のサプライチェーンマネジメントを導入すること、(3)建設現場の2つの「キセイ」(規制・既成概念)を打破し、継続的に「カイゼン」に取り組むこと、が掲げられた。現在はトップランナー施策のひとつとして、土工<sup>24</sup>分野へのICT活用等が推進されている(【図表22】)。

【図表22】 i-Construction ～建設現場の生産性革命～

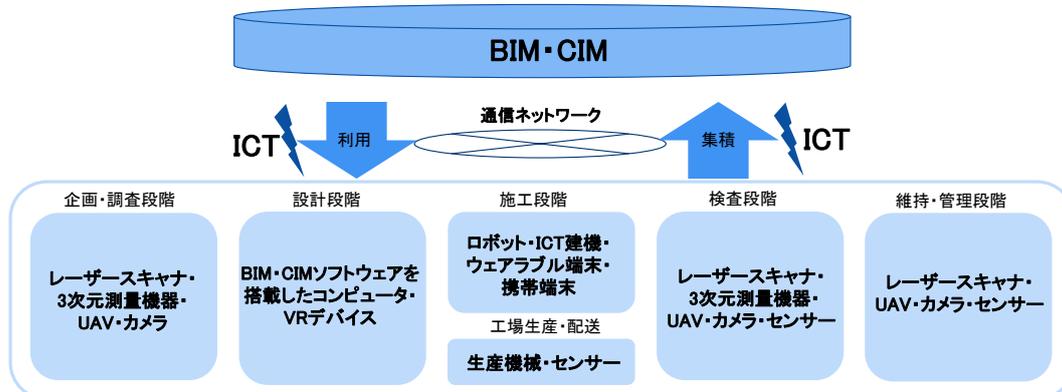
背景	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 技能労働者約340万人のうち、約110万人の高齢者が10年間で離職の予想</li> <li>2. 防災・減災対策、老朽化するインフラの戦略的維持管理・更新、ストック効果を重視したインフラ整備が必要</li> <li>3. 建設企業の業績も上向き、未来に向けた投資や若者の雇用を確保できる状況になりつつある</li> <li>4. 我が国は世界有数のICTを有し、生産性向上のためのイノベーションを行うチャンスに直面している国</li> </ol>	
i-Constructionを進めるための3つの視点	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 建設現場を最先端の工場へ</li> <li>2. 建設現場へ最先端のサプライチェーンマネジメントを導入</li> <li>3. 建設現場の2つの「キセイ」(規制・既成概念)の打破と継続的な「カイゼン」</li> </ol>	トップランナー施策の推進
		<p>第一歩として、以下の3つをトップランナー施策として設定</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ICTの全面的な活用(ICT土工)</li> <li>2. 全体最適の導入(コンクリート工の規格の標準化等)</li> <li>3. 施工時期の平準化</li> </ol>

(出所)国土交通省資料よりみずほ銀行産業調査部作成

情報化施工は担い手不足を解消し得るものとして期待されている

民間企業においても、大手ゼネコンをはじめ建設生産システムを構成する各プレイヤーは、徐々にではあるがセンサーや画像認識、通信やAIなどのテクノロジーを組み合わせ、レーザースキャナやUAV<sup>25</sup>、ロボットやICT建機、ウェアラブル端末や携帯端末などを導入し、3次元測量や設計、情報化施工などに着手している(【図表23】)。特にBIM(Building Information Modeling)・CIM(Construction Information Modeling)<sup>26</sup>にはじまる情報化施工を見据えた新たな建設生産システムには、担い手不足を解消し、社会資本老朽化に伴う維持更新を含めたより多くの建設需要に対応するものとして、大きな期待が寄せられている。

【図表23】 建設生産システムにおけるテクノロジーの活用



(出所)みずほ銀行産業調査部作成

<sup>24</sup> 土木工事で、土を掘り、運び、盛り固めるなどの基礎的な作業

<sup>25</sup> Unmanned Aerial Vehicle の略。ドローン等のこと

<sup>26</sup> 3次元CADによってコンピュータ上に作成された建物形状情報に、コストや仕上げ、プロジェクト管理情報などの属性データを追加した統合データベースのこと。BIMは建築分野、CIMは土木分野で用いられる

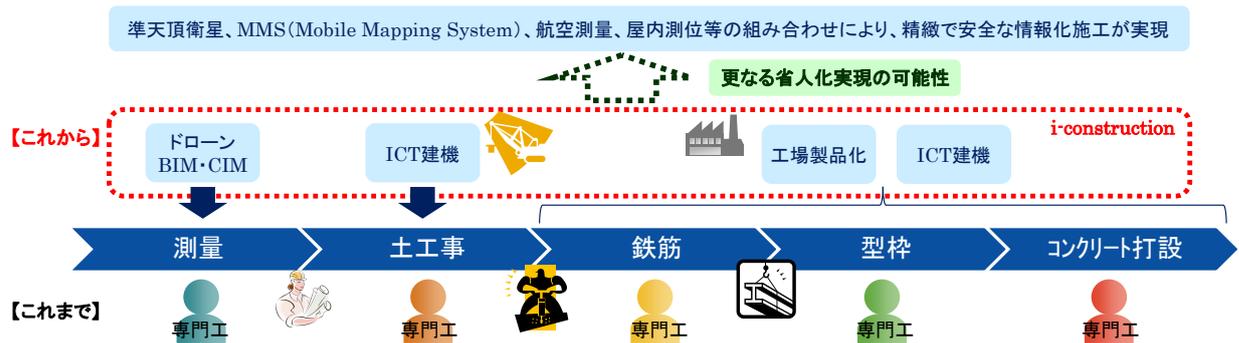
測位・通信技術の発達は、情報化施工の実現性を高める

かかる情報化施工の前提には、建設予定地・予定物の「見える化」が欠かせない。「見える化」の要素は測量と通信であり、人工衛星の増加は双方の有力な手段となり得る。特に「測量」の高度化・精緻化は、情報化施工が有効に機能する前提条件であり、人工衛星、航空、MMS (Mobile Mapping System)、屋内測位等の多様な手段を組み合わせる必要がある。現在の情報化施工への取組は「ICT 土工」のような比較的広大なエリアにおける取組が中心となっている。しかしながら宇宙からの建設現場把握のほか、リモートセンシング技術の発達により屋内外のシームレス測位、高精度な位置情報、測位補強サービス等が実現し、加えてビッグデータ関連技術の進展によって多様な情報をシームレスに連携することができれば、技術的には都市部など施工の難易度が高い現場においても、情報化施工が進む可能性が考えられる<sup>27</sup> (【図表 24】)。この流れが現実的なものとなれば、既存の建設生産プレイヤーだけではなく、デバイスメーカーや IT 企業などにも新たなビジネス機会の創出が期待されよう。

宇宙利用の進展が情報化を後押し

このように、宇宙利用の進展は、測量・通信技術の高度化を通じて、建設業の情報化を後押ししていく要素の一つとして考えられる。

【図表 24】 建設業におけるテクノロジー活用の方向性



(出所) 国土交通省資料よりみずほ銀行産業調査部作成

(7) 小売

マーケティング分析のために地理情報は相当利用されている

店舗型小売業は、店舗立地に基づいて集客・販売を行い、設定商圏内の需要を取り込むビジネスである。このため、従前から小売事業者は店舗戦略・エリアマーケティングを立案・展開するにあたって、衛星画像による地理情報と各種マーケティングデータを組み合わせて意思決定を行ってきた。

主たる用途分野としては、新規出店や店舗再配置の判断にあたっての需要の推定、品揃えの検討にあたっての商圏特性の分析、チラシ配布エリアや配布量の最適化のための移動経路分析などが挙げられる。担当者の勘や経験のみに頼るのではなく、GIS<sup>28</sup>プラットフォームを利用して可視化したり、定量

<sup>27</sup> 但し、建設業においては安全性確保が何よりも重要であり、建設現場では「ミリ精度」の位置検出が求められるため、難易度が高く、相応の測量技術の発達も必要である

<sup>28</sup> GIS: Geographic Information System の略。地理的位置を手がかりに、位置に関する情報を持ったデータ(空間データ)を総合的に管理・加工し、視覚的に表示する。地理情報システム

的なシミュレーションを行う。特に売上・需要予測については、ハフモデル<sup>29</sup>など評価が確立したシミュレーションモデルが存在し、道路ネットワークデータも織り込んで精緻に行うサポートツールなども存在する。こうした空間解析ツールは各社の開発部門やマーケティング部門で幅広く浸透し、各社それぞれにカスタマイズしたパラメーターやシミュレーションロジックを有している。

分析の差別化要因は有意なリアルデータを自社内で蓄積・活用できるか否か

現在、マーケティング分析を行う上での差別化要因は、ポイント会員情報や、購買履歴などの有意なビッグデータを、どれだけ自社内に蓄積しているかである。近年、地理空間データと自社のビッグデータを組み合わせた新たな取組として、米国のドラッグストア大手ウォルグリーン<sup>30</sup>の事例が知られている。全米の薬局約 8,000 店舗でのインフルエンザ関連製品の販売動向と処方データをリアルタイムに把握、空間解析することで、米国内のインフルエンザ蔓延状況を CDC (アメリカ疾病予防管理センター) よりも早く、インフルエンザの発生を一週間以内に把握し、対応できるノウハウを作り上げた。また、日本では、インバウンド需要の取り込みで実績を上げている消費財関連の小売事業者の事例がある。この企業は膨大な免税売上の ID-POS<sup>31</sup>データの構造化に早くから取り組んできた。そのデータと訪日外国人旅行者の移動体通信データを併せて分析することで、旅ナカの移動トレンドを数百 m メッシュで緻密に把握し、店舗在庫管理や販促 PDCA の短サイクル化を実現している。

①食品関連中心に、仕入れ・販売の最適化、②消費者理解の深化を促す可能性

今後、衛星情報が進化することで小売業に対して二つの側面から影響が想定される。一点目は、気象情報の精緻化によって需要予測の高度化が図られ、消費財関連、特に天気の影響を受けやすい食品スーパーなどで、仕入れ・販売の最適化を促す可能性があること。二点目は、衛星データによって他社や他業態も含めた消費者の移動状況・店舗選択行動が把握できるため、業態によっては、より One to One マーケティング<sup>32</sup>に近づいた、消費者理解の深化を促す可能性があること、が挙げられる。

天候次第で消費者の行動は変化。とりわけ食品スーパーは変化にさらされ易い

一点目について、そもそも小売業は天候の影響を受け易い。マイナス面での影響は、主に悪天候による客数の減少と、気温の見通しが外れることによる商品の売れ残りや欠品、在庫の発生、廃棄ロス、という形で現れる。とりわけ、食品スーパーは日次での想定外の天候や気温の変化によって消費者の購買行動の変化にさらされ易い。この一方で、仕入れや売場の調整など、急な変化に対応するのが難しい業態である。

緻密かつ精度の高い気象・気温情報とが仕入れ・販売の最適化に資する可能性

しかし今後、衛星情報が進化し、雨量や気温予測のメッシュが 1km 未満に細分化され、時間予測が 1 時間単位からそれ未満となることが想定される。そのことによって時間帯ごとの緻密な客数の見込みや売れ筋商品などの需要予測に基づいた商品発注と店頭でのマーチャンダイジングが可能になり、廃棄ロスの抑制や想定外の値引きによる利益圧迫は軽減されよう。また、組織面では、チェーンオペレーションにおいても、情報を活かした個店単位での意思決定がさらに重要になる。

<sup>29</sup> ハフモデル (Huff Model): 米国の経営学者 D.Huff によって考案された、小売商圏をシミュレーションする計量モデル。消費者が、ある店舗で買物をする確率は、店舗面積と品揃えに比例し、距離に反比例するという仮説による。日本の現状にあわせた「修正ハフモデル」が考案され、商業調査の審査指標として経済産業省が採用している

<sup>30</sup> ESRI ジャパンウェブサイト参照: <https://www.esri.com/industries/case-studies/99682/>

<sup>31</sup> ID-POS: 顧客 ID 付き販売データ。どの商品が、どんな消費者に売れたか、関連して購買された商品が何か分析できる

<sup>32</sup> One to One マーケティング: マスではなく個々人の消費志向に合ったアプローチを行うマーケティング活動

他店舗での購買行動も把握し、生活者としてのニーズ把握が課題に

二点目について、小売業のデータ分析のトレンドとして、消費者理解の深化はマスから One to One ヘシフトしようとしている。自店のみでの購買行動にとどまらず、他店や他業態をまたいだ購買行動を分析し、さらには移動やその動機にまで踏み込んで、生活者としての真のニーズを把握するのが小売業にとっての課題となっている。

屋内と屋外とのシームレスな移動実態の把握。ビッグデータとの結びつきによる消費者理解の深化

今後、画像が高精細化、取得頻度が高まることで「衛星データそのもの」がマーケティングに活用し得る情報となりえよう。自動車のナンバーなど個人が特定可能なレベルでの情報取得が技術的には可能となり、顧客がどこから来てどこへ行くのか、屋外と屋内とのシームレスな移動・行動の分析も実現できるのではないかと。すでに通信キャリアのデータを活用したアプローチでは、インリックス<sup>33</sup>が精度の高い分析も行っているが、通信キャリアでは取得しきれない情報を衛星画像データによって補完するなど、他のアプローチと複合して活用されるものと想定される。

One to One でのデータ活用には技術的制約の他、パーソナルデータ流通の仕組みづくりが必須

ただし、リモートセンシングで取得できる画像データを One to One マーケティングに実装するハードルは高い。まず、そもそも分析に足る有効な画像が得られる業態に限られること（地方などで駐車場を有する業態では有効だが、NSC<sup>34</sup>形態やピロティ形式<sup>35</sup>の店舗では来客の様子が不明）。次に画像取得のリアルタイム性に課題があり、小売業の One to One 分析のサイクルには不十分となる可能性があること。またデータ利活用に当たっての最大の課題は、個人情報取り扱いが難しいことであり、個人が特定される形でのデータの利活には制約がある。今後は情報銀行をはじめとしたパーソナルデータ流通の仕組みが構築されることが前提<sup>36</sup>となろう。

## (8) 金融

金融分野では、農業保険への応用が進む

金融分野では、損害保険、特に農業保険の分野において、衛星画像の活用が目ざされている。農業保険とは、天候や自然災害等により生じた農作物・家畜等の損害に対する保険であり、世界的な食料需要が増加する中、気候変動への対応としてニーズが高まっている。

リモートセンシングを活用したインデックス型農業保険が登場

従来型の農業保険は、広域農地の損害調査費用が高いこと、保険の設計に必要な統計データが不十分であること、契約者のモラルハザード等が課題と言われている。その対応として、リモートセンシングを活用したインデックス型農業保険が登場し、新興国における農業保険の提供等新たな市場を創出している。インデックス型農業保険は、農作物等の収穫量と密接な相関関係のある測定値（降水量、気温等）をインデックスとして利用し、それに基づき保険金の支払いを決定するため、損害調査を必要とせず、コストの低さや保険金支払いの迅速さ等が利点として挙げられる。インデックスの測定にリモートセンシングを活用することで、気象観測装置や雨量計等のインフラが整備されていない新興国においても保険の提供が可能となっている。

<sup>33</sup> インリックス: 米国 Inrix, inc 通信キャリアからの情報を元にした地理位置情報分析企業。2004年にマイクロソフトから独立

<sup>34</sup> NSC: ネイバーフードショッピングセンターの略。食品スーパーなどの核テナントを置き、駐車場を共有して複数業態が来店する最寄り品中心のショッピングセンター

<sup>35</sup> ピロティ形式: 1階部分が柱のみの構造で駐車場になっている店舗形態

<sup>36</sup> みずほ銀行「パーソナルデータ利活用推進に向けてー情報銀行を中心としたデータ流通の仕組みのあり方にかかる考察」『Mizuho Industry Focus』(2017年9月14日)参照

ケニアやミャンマー等新興国において、農業保険が拡大し、日本企業も参入

近年、衛星データを活用したインデックス型農業保険が次々と登場している（【図表 25】）。例えば、ケニアの KLIP (Kenya Livestock Insurance Program) は、ケニア政府や Swiss Re 等複数の保険会社が 2015 年から提供する、畜産農家向け保険プログラムである。同プログラムでは、衛星データから測定した NDVI (植生インデックス)<sup>37</sup>に基づき、地上に家畜が食べるのに十分な草地があるかを把握し、干ばつ等で NDVI が一定値を下回ると保険金が支払われる。同分野については、日本の損害保険会社も注目している。損保ジャパンは 2015 年にミャンマーで天候インデックス型農業保険を上市した。同保険では、JAXA が提供する衛星全球降水マップ (GSMap<sup>38</sup>) のデータに基づき保険金を支払うとしている。

【図表 25】衛星データを活用したインデックス型農業保険事例

地域	自然災害	測定値	保険会社	概要
ミャンマー	干ばつ	降水量	損保ジャパン	JAXAが提供する衛星全球降水マップ (GSMap) から雨量を推定。一定値を下回った場合、保険金が農家に支払われる
中国 黒龍江省	洪水、豪雨、 干ばつ、 低温	浸水面積、 降水量、 気温	地場保険会社 Swiss Re	気象データおよび衛星から得られた浸水面積のデータに基づき、気候変動による農作物被害を民間保険会社が補償
ケニア	干ばつ	NDVI (植生イン デックス)	地場保険会社 Swiss Re	家畜の飼料となる草地の状態を、衛星データに基づき把握。NDVIが一定値を下回った場合、保険金が畜産農家の銀行口座またはM-PESA口座に支払われる
インド ビハール州	洪水	浸水面積	地場保険会社 Swiss Re	衛星画像に基づき洪水被害を受けた農業地域を特定し、保険金を支払い

(出所) 損害保険ジャパン日本興亜株式会社、Swiss Re 社 HP よりみずほ銀行産業調査部作成

(注) 通信事業者 Safaricom が提供する携帯電話を利用した決済および送金サービス。銀行口座を持たずとも、携帯電話の SNS 機能を通じて金融取引が可能であり、代理店を通じて現金の預入・引出しが可能

リモートセンシング技術の進展に伴い、農業保険市場等の更なる拡大が期待

今後のリモートセンシング技術の更なる進展により、農業保険市場に加え、気候変動リスクをカバーする保険市場全体の拡大が期待される。中・高分解能衛星画像が高頻度で取得可能となることで、より細かい地区単位での保険料設定・保険販売が可能となる。また、収穫量と密接に関係する因子は地域毎に異なるため、衛星由来の多様かつ高頻度のデータ取得と分析技術の向上は、適切なインデックス設定に資する。これらはベース・リスク<sup>39</sup>の引き下げや保険料の低減につながるため、農業保険市場の拡大が期待される。さらに、気候変動に起因する農作物の不作は、調達価格の高騰という形で食料品メーカー等に波及し、また降雨による鉱山開発事業の工期遅延、海水温上昇による養殖事業不振など、気候変動は農業に限らず幅広い企業の業績に影響を及ぼす。それらを背景に、様々な企業において、天候デリバティブ<sup>40</sup>等を活用した気候変動リスクへの対応強化が進んでおり、そこでは、地球上の自然災害や気候変動のモニタリングが容易な衛星データの活用が注目されている<sup>41</sup>。このように衛星データの利活用により新たな保険市場の拡大が見込まれる中、日本企業においてもいち早く本分野への投資を加速し、事業を拡大していくことが望まれよう。

<sup>37</sup> NDVI: Normalized Difference Vegetation Index。可視光と近赤外光の差異を元に計算される、植生の有無・活性度を表す指標

<sup>38</sup> 日欧米の複数の衛星から得られる情報を元に 1 時間毎に作成される、世界の雨分布図

<sup>39</sup> 実際の損害額と保険金支払額に差が生じるリスク

<sup>40</sup> 保険会社等が提供する、気温、降水量等の測定値に基づき一定額が支払われるとする金融派生商品

<sup>41</sup> 三井住友海上火災保険株式会社は、世界の天候リスクを扱う 100% 子会社 MSI Guaranteed Weather を通じ、NASA 等の衛星データを活用した天候デリバティブを全世界で販売

### 3. 今後の活用・影響が想定される分野

本節では、前節に述べたユーザー側諸産業への影響を踏まえつつ、現在のところ宇宙産業からの直接の影響や利活用事例が見受けられない分野も含めた将来的な宇宙の利活用の可能性や、個別産業を跨いだ社会の変化の可能性について述べる。

#### (1) 位置データの高度化による自動運行の進展

位置データの高度化による自動運行化

本章第1節第1項で述べた、衛星測位システムの増加と位置データの精度向上は、多様な輸送機械・移動体の自動運行に資するだろう。その中には、空運や海運のように、一定の巡航条件下で、プロフェッショナル操縦士の監視下で自動操縦を行ういわゆるオートパイロット機能の高度化もあれば、前節第3項で述べた自動車の完全自動運転やドローンのように、完全無人を前提とするものもある。輸送機械の完全自動運転は、例えば土木工場の現場での重機による無人運転・無人施工のように、当初は一般の道路と切り離された空間、かつ生産性向上の観点でコストが重視される BtoB 産業で始まると考えられる。

一般の道路や生活圏での無人運行の進展は多様なビジネスモデルの基盤となり得る

次に、一般の道路や生活圏において、自動車やドローンの完全無人運行が進展した場合、そこで発生する大量のデータを常時処理しながら最適運行を行うデジタルシステムとしての性格から、他のデータ・分析と組み合わせた多様なサービス、ビジネスモデルが生まれることが考えられる。例えば物流事業者にとっては、日々変化する積み荷や届け先の情報と、保有する商用車の貨物搭載可能量、完全無人運行にする範囲の決定など多様な情報を組み合わせることの巧拙が、コスト構造を左右することになるかもしれない。また、警備事業者を例にすると、監視や警告、あるいは不審者対応に、監視カメラや警報機のような定置機材、監視用や警告用のドローン、警備員を乗せて周回する無人運転車を使い分けることで、現在と異なるサービス形態が生まれることもあるだろう。さらに、完全無人運転車と個人向けシェアリングサービスとの組み合わせは、小売や外食をはじめとする各種店舗型サービス産業にとって、潜在的に新たな集客手段となり得るし、それに必要な新たな広告手段の開発も行われていくかもしれない。

このように、位置データの高度化による各種輸送機器・移動体の自動運行の進展は、それが一般の道路や生活圏で行われることを通じて、多様なビジネスモデルを生み出す基盤となることが考えられる。

#### (2) リモセンデータの使い勝手向上による最適化手法や予測モデルの創出

新たな最適化や需要予測への活用

本章第1節第2項で述べた、LEOリモセン事業の進展がなされると、マクロ的に熱、光量、温度、湿度、画像など様々な情報を捉えることが可能になる。とりわけ温度や光量のように、エネルギー消費量や都市化の度合いの推定に資する情報は、分析や推定技術の進展によっては、おおまかな統計データを迅速に入手できることと同義になる可能性がある。これは、エネルギー、素材、建設、金融投資等の多様な産業にとって、新たな手法開発の基礎資料となり得る。このリモセンデータを、他の多様なデータと組み合わせて分析することにより、新たな最適化手法の開発や、予測モデルの創出に資することが考えられる。ここでは、資源開発、社会資本、金融分野について考察する。

資源開発では、  
新たな最適化手  
法の開発

資源開発業界では、資源価格の低迷や開発コストの上昇による事業採算悪化、HSE (Health, Safety, Environment) の観点での規制増加等の諸課題や資源価格の低迷によるコスト削減へのインセンティブ増加を背景に、近年、資源開発・生産現場における IoT・ビッグデータの活用が始まっている。これは地震探査結果や、開発・生産に利用する資機材、処理設備やパイプラインに取り付けたセンサー等からの膨大なデータを統合的に分析し、生産現場の可視化、生産性向上を目指す取組である。開発・生産現場の衛星画像が高頻度で取得できるようになると、他のデータと組み合わせることで、生産状況のリアルタイムな把握による生産計画の最適化、生産性向上に繋げたり、資源開発による地盤変動や植生変化等の環境影響評価や盗掘の監視・モニタリング等に活用できる可能性も考えられる。

社会資本では、  
都市の高度化

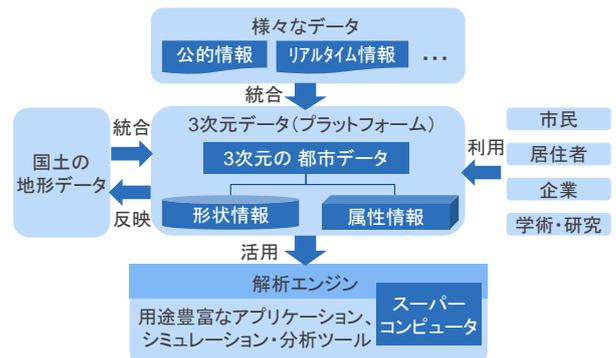
次に、社会資本の分野では、宇宙由来のデータの利活用は都市の高度化に寄与し得る。現在シンガポールでは、国土全体を 3 次元データ化し、産官学民等のプラットフォームにすることを旨とする「バーチャル・シンガポール」構想が進められている(【図表 26、27】)。

これは、建物や土木インフラなどの 3 次元の形状情報に様々な属性情報をリンクさせ、同データにあらゆるシステムやソフトウェアを繋ぎ、公的機関やリアルタイムセンサーなどで国中から集められた情報を統合することで、インフラやエネルギー管理などに活用する計画である。同データを活用すれば、多面的なシミュレーションや分析が可能であるため、例えば従来は実地テスト等でしかわからなかった社会課題や社会資本の現状把握、および将来予想などがバーチャル空間上で予めできる。また、リアルタイムセンサーによって都市活動をリアルタイムに捉えられれば、ホスピタリティや防犯の強化にも役立ち、より効率的・効果的な行政が実現される。社会資本の維持・管理コスト削減のほか、国土計画や都市政策においても有効なツールとなり得よう。

【図表 26】「バーチャル・シンガポール」の取組

概要	国土全体の3Dモデル上にシンガポールの情報を集約したプラットフォームであり、実際のシンガポールの静的・動的リアルタイムの動きを3次元データ上で再現したデジタル・ツイン
開発主体	シンガポール国立研究財団(NRF)・シンガポール土地管理局(SLA)・情報通信開発庁(IDA)
完成時期	2018年
予算	7,300万シンガポールドル(約60億円)
想定ユーザ	政府、市民や居住者、企業、民間、学術・研究
用途	構想やサービスの試験、計画立案、意思決定、シンガポールの課題解決のための技術開発  想定される具体的活用場面 インフラやエネルギーの管理、風量、日陰の投影、街中の騒音などシミュレーションや分析

【図表 27】「バーチャル・シンガポール」の概念図



(出所) 各種公表資料よりみずほ銀行産業調査部作成

(出所) 各種公表資料よりみずほ銀行産業調査部作成

衛星網の発達によって得られる充実した都市データは、都市運営に大きく役立つ

かようなデータ構築の取組があらゆる都市・エリアで行われるようになれば、衛星網の発達によって取得・蓄積できる宇宙由来の都市・エリアの様々なデータは、都市政策の高度化に一層大きな意味を持つ。すなわち、構造物の変異モニタリング等によって効率的・効果的な社会インフラの維持管理が期待されるほか、渋滞解消や防災・災害対策等の社会問題解決に寄与するなどして、より高度な行政が実現される。更に、同プラットフォームを利用する企業や市

民、研究機関からは新たなイノベーションの創出が期待され、都市・エリアの生活環境がより充実・深化していくことが想像されよう。

金融分野では、企業業績や各種統計の予想精度が向上

最後に、金融分野について考察する。金融分野における宇宙由来のデータの利活用として注目されているのは、企業業績や各種統計の予測精度向上である。近年、資産運用ではビッグデータの活用が本格化している。その中でも、衛星画像から得られる多様かつ即時性の高い情報は、企業やマクロ経済の実態をリアルタイムで把握することに役立つとされ、金融機関やヘッジファンドは取組を進めている。

新たな予測は、金融機関やヘッジファンド等が活用

例えば、衛星データの分析を行う RS Metrics<sup>42</sup>は、衛星会社 DigitalGlobe と提携し、駐車場の乗用車台数等を基に大手小売やレストランチェーン等の売上を予測している。また、Spaceknow<sup>43</sup>も NASA 等の衛星画像を用いて、マクロ経済データの開示が十分でない、または信頼性が低いアフリカ諸国について、衛星が測定した光強度に基づく Africa Night Light Index と呼ばれる新たな経済指標を開発した。これらの情報は、Goldman Sachs 等の金融機関や Citadel 等のヘッジファンドが購入し、投資判断に活用している。

投資の不確実性は低減し、実体経済の状況は瞬時に金融市場へ波及

衛星データの資産運用への活用は、投資の不確実性低減に資する。足下では、宇宙情報の利活用は一部大手金融機関等に限定されているため、それらの金融機関に優位性をもたらすとされる。しかしながら、今後の技術の進展や衛星関連事業における競争の進展に伴い、中長期的には衛星データの価格が低下し、資産運用における衛星データの利活用の普及が予想される。そうした世界においては、金融機関は衛星データを含む多様なデータに基づき、実体経済をより早くより正確に理解することが可能となるため、金融分野における投資の不確実性は低下し、また実体経済の状況はよりタイムリーに金融市場へ反映されるだろう。一方、多様かつ大量の情報が得られるため、金融機関は何の情報をもどのように分析するかという情報利活用の巧拙が競争上のポイントとなると考えられる。

### (3) インターネットが全世界をカバーすることによる、新興国 BtoC 市場の発展のあり方

モバイルインターネットの急速な普及による各種デジタルサービスの迅速な普及可能性

前節第 1 項(通信)、第 2 項(放送)において述べたように、LEO 事業の発展により、これまでインターネットに繋がっていなかった地域・人がインターネットに繋がる環境が整うことが想定できる。その結果として、多様な BtoC 産業において、モバイルベースで提供できるビジネスが、世界的に急速に普及する可能性がある。例えば、小売では EC、金融においては FinTech、そして各種のシェアリングサービス(住宅、車、労働者の空き時間など多様な対象)や中古品売買における CtoC 市場の発展などが考えられるだろう。その結果、所謂リープフロッグ現象<sup>44</sup>が、モバイルの普及によって従来以上のスピードで起こり得る可能性も想定される。

<sup>42</sup> RS Metrics: 米国 Remote Sensing Metrics, LLC。衛星画像や航空写真に基づく分析データ・レポートを投資家や企業等へ提供する企業。2009 年創業

<sup>43</sup> Spaceknow: 米国 SpaceKnow Inc.。DigitalGlobe、Airbus、NASA 等が提供する衛星画像の分析を行う企業。上記の Africa Night Light Index のほか、中国の工業地帯の衛星画像に基づき、中国経済指標 China Satellite Manufacturing Index (SMI) を開発・提供。2013 年創業

<sup>44</sup> 新たな技術の登場に伴い、それを利用する後発の国や事業者が、伝統的な成長・発展段階を「カエルが跳ぶように」飛び越して、一気に最先端の発展段階に追いつくこと。典型例は、光ファイバーが敷設されずパーソナルコンピュータの普及率が低いアフリカや中国内陸部、東南アジアにおいて、無線基地局の設置が先行しスマートフォンが普及している現象(この場合、パーソナルコンピュータはそもそも不要となる)。

従来型のリアル店舗や「モノの保有」の位置付けが変わることも

小売においては、例えば新興国では、実店舗の整備に先んじてモバイル EC 市場が拡大する可能性がある。その場合、先進国で見られたような大規模総合店から小型専門店の発展の後で EC 化が進む流通近代化のプロセスを経ず、EC を所与とする市場となろう。そして EC の利便性を補完するために、EC に最適化した店舗業態が早い段階から成立するかもしれない。金融でも、銀行の店舗が整備されるよりも前に、FinTech による決済サービスが普及する可能性が考えられる。そのような国では、従来型の（対面を前提とする）銀行店舗が発展をみないことも想定し得る。そして、各種のシェアリングサービスや中古品売買における CtoC 市場が最初から存在することは、シェアリングや中古品に対する消費者の抵抗感の減少につながり、「モノの保有」に対する意識すら変えることになるかもしれない。

## V. 宇宙の商業利用の主要なボトルネックと解決の方向性

本章では、宇宙の商業利用が進むにあたっての主要なボトルネックを整理し、その解決に向けた取組を、比較的短期間に実現可能と考えられる「直接的解決」と、抜本的な解決となり得るが、それ自体の難度も高いと考えられる「構造的解決」に分けて論じる(【図表 28】)。

### 1. 宇宙への到達手段の不足

射場とロケットの不足にはベンチャー企業が既に多様なアプローチ

まず、LEO 向けの小型衛星打ち上げ需要の大幅な増加による、宇宙到達手段の不足について考察する。①射場の不足に対しては、直接的解決として、海外ではロケットラボ社のように、小型ロケット専用射場を建設(A)するベンチャー企業が出てきている。日本でも、報道によれば、小型ロケット開発企業を兼ねるインターステラテクノロジズ、キヤノン電子等が射場建設を計画している。加えて、宇宙到達手段そのものである②ロケットへの低価格・高信頼性・環境性の要請では、素材や製造手段の工夫を通じた低価格ロケット(B)や再利用可能ロケット(C)の開発が、SpaceX をはじめ、様々な企業により行われている。

構想としては月面や小惑星の利用も

また、全く異なるアプローチとして、重力の影響が少ない月面や小惑星に射場を建設する構想(G)が存在する。日本のベンチャー企業 ispace(【図表 14】)は、月面資源探査の目的の一つに、水の探索を掲げる。その趣旨は、ロケット燃料となる水素の精製に必要な資源の確保である。もちろん、現在は月面や小惑星に到達すること自体の難度が高く、射場建設に必要な資材および機器・人員の輸送には莫大なコストを要するため、あくまで構想・研究開発段階のアプローチといえる。

### 2. 宇宙の混雑

軌道の不足や衝突防止には、衛星制御とデブリ除去の双方のアプローチ

次に、いずれの軌道においても衛星が増えることによる、宇宙の物理的な混雑について考察する。衛星を置く軌道である①宇宙スロットの不足および衛星の軌道逸脱による衝突事故回避に対しては、衛星の軌道制御の確実性向上や、衝突回避能力の向上(D)が考えられる。様々な宇宙浮遊物との衝突回避には、遠隔操作に加え、衛星側で周囲の状況を自律的に認識・判断するエッジコンピューティング能力も求められるだろう。また、衛星の残骸や衝突事故の破片である②スペースデブリ(宇宙ごみ)が増加していることは、①で述べた運用中の衛星との衝突事故回避の観点で問題となっている。ひとたび衝突事故が発生すると、数百個から数千個単位のスペースデブリが新たに発生することになるため、衛星側の回避能力向上とともに、スペースデブリ自体の除去も求められている。スペースデブリ除去に対しては、国際的なルールメイクをも見据え、除去技術(E)を持つ複数の日系企業が取組を進めている。ベンチャー企業ではスペースデブリ除去に特化したアストロスケール(【図表 14】)、大企業では川崎重工業がそれにあてはまる。

使用済みの衛星自体を消滅させる発想も

宇宙の混雑緩和に向けた異なる方向からのアプローチとしては、使用済みの衛星自体を大気圏に再突入させ、消滅させること(H)が考えられる。この方法の有効性は、地表からの軌道の距離や、衛星軌道の周辺に、衛星を永久に退避できる宇宙空間が存在するか否かとの兼ね合いであろう。使用済み衛星の消滅技術は、スペースデブリ増加対策としての国際的なルールメイクがなされた際には、デブリ除去と並んで技術開発・転用が必要な領域の一つになる

かもしれない。

### 3. 通信(電波)・データ処理面の逼迫

衛星の増加による電波とデータ処理面の逼迫

最後に、増加する衛星がそれぞれ通信を行い、また宇宙由来のデータが大きく増加することによる、①周波数帯(電波)の逼迫、および②データ処理・解析能力の逼迫について考察する。人工衛星は、通信衛星はもちろん、測位衛星やリモセン衛星も、その取得した情報・データの授受のため通信を必要とする。したがって通信需要即ち周波数帯の使用量は、送受信するデータ自体が高画質動画等の普及によって増えるだけでなく、当然ながら衛星の増加によっても増加する。その一方、周波数帯は有限であり、新たな周波数帯の開発も限界があると考えられている。また、リモセン衛星の増加に伴うビッグデータ、とりわけ画像データを解析するには従来の個別にプログラムをするようなデータクレンジング手法では足りず、新たな手法が求められている。

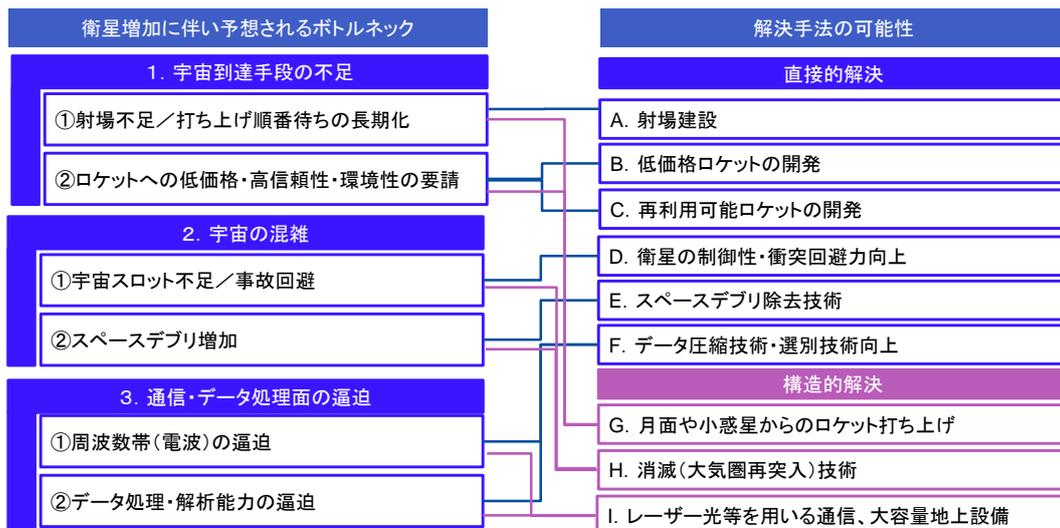
共通の原因であるデータ量増加に対するアプローチ

通信(電波)とデータ処理・解析能力の逼迫の共通の原因は、通信すべき情報・データ量の増加である。したがって、その解決手段は複数存在する。比較的短期間で行えるものとしてはデータを圧縮して必要な通信容量を削減したり、地上と通信すべきデータをあらかじめ選別したりすることが考えられる(F)。

異なる手法として、レーザー光の活用なども

これらの逼迫に対する異なるアプローチとしては、レーザー光による通信など、より高度な電波技術<sup>45</sup>を用いることや、衛星と地上との通信ルートを変更することが挙げられる。例えば、衛星間であらかじめレーザー光で通信したうえで、データをまとめて大容量の地上設備に集約し、そこにビッグデータの分析に向く AI などの技術を導入することが考えられる(I)。宇宙空間における、レーザー光による衛星間での通信は実証実験が始まっており、LEO ベンチャーの LEOSAT も同方式による衛星間高速通信を目指している。周波数帯が有限であることを鑑みれば、今後の有力な通信手段の一つとなるかもしれない。

【図表 28】宇宙の商業利用に関する主要なボトルネックと解決の方向性



(出所)みずほ銀行産業調査部作成

<sup>45</sup> 一般的な衛星通信の周波数帯(Ku 帯、Ka 帯)で使うマイクロ波に比べ、レーザー光はより高い周波数帯(マイクロ波の約 1 万倍)を使うため大容量高速通信が可能となる。一方で、通信のビームが細くなるため、正確に通信を受信するために受信装置等に高度な技術が必要となる。

## VI. 日本の宇宙産業の戦略方向性

本章では、前章までに述べた宇宙の商業利用の未来、すなわち衛星通信と情報・データの増加、それらによるユーザー産業の変化の可能性を踏まえ、日本の宇宙産業の発展に向けた戦略方向性を検討する。

### 1. 民間企業

#### (1) 宇宙到達系

長年大手中心、ベンチャーの数は多くない

日本の宇宙到達系企業は、第Ⅱ章第3節第2項【図表13】のとおり、大手重工業・大手電気企業が中心であった。2000年代に入り、同章同節第5項のとおり、特色のあるベンチャー企業が複数創業し成長しているものの、その絶対数は多くはない。

大手の強みは「ハイエンド品を確実に作る力」

大手重工業等の主力市場であった官需は、国際宇宙ステーションや大型ロケット・衛星など、いわゆる「高度な開発設計・生産技術が求められる、一品・少量生産品」である。その開発設計には、ハードウェアとソフトウェアとの緻密なすり合わせが必要である。また、その生産には、熟練技能者の匠の技が活用される工程も多い。すなわち、宇宙到達系における日本企業の強みは、「ハイエンドな一品を開発し、確実に作り上げ、成功する力」といえるだろう。

LEO 向けのような量産型民需には合致しにくい

この強みと、それを支えているであろう極めて慎重で堅確な開発設計・生産思想は、本稿で想定するLEO事業のような多数の小型衛星を安価に打ち上げる民間市場には、合致しにくいと考えられる。LEO市場をターゲットとする海外の宇宙到達系企業の基本的な考え方は、「新技術の開発よりも、従来技術の効率的な活用」や「トライアル&エラー」によって、安価なロケットや衛星を迅速に開発することにあるようだ。必ずしも大規模な人員を擁しない日本の宇宙企業にとって、全く異なる開発設計・生産思想を使い分けながら、ハイエンドな官需と量産型民需の双方に対応していくことは容易ではないと思われる。

量産型民需への参入には別組織が有効

大手企業がLEO市場のような量産型民需をターゲットとする場合、この齟齬への一つの解決手法として、ミッションを明確にした別組織を作り、そこに社内外から必要な機能や人材を集めることが挙げられる。その意義は、既存の宇宙事業の特徴である「一品・少量生産」とは異なる、効率性や量産に適した開発設計・生産思想を許容しまた活用することにある。別組織とすることで、自社の要素技術を転用しながらも、異なる開発設計・生産思想が必要な量産型民需に合致する機動性を担保するという考え方である。

キャノン電子等の取組は示唆となり得る

実際の意図は定かではないが、第Ⅱ章第3節第5項で述べたキャノン電子とIHIエアロスペース等による小型衛星をターゲットとする商業宇宙輸送サービスへの取組の方法は、一つの示唆となるだろう。両社を含む4社は、それぞれ役割・機能を持ち寄ったうえで、「新世代小型ロケット開発企画株式会社」を別法人として設立している。このような組織形態は、宇宙企業ではないキャノン電子が、自社の電子部品を用いて量産型民需に参入するにあたり、IHIエアロスペースの宇宙産業における豊富なノウハウを、量産型民需向け機器の開発という目的に最適な形で活かすために有効と考えられる。

ミッションに適した社外との連携とJVなど異なる組織が重要

このように考えると、日本の宇宙到達系企業がそのノウハウを活かしながら拡大する量産型市場に対応していくためには、その目的を明らかにしたうえで、ベンチャー企業や、潜在的に宇宙産業かつ量産型市場に適したノウハウを持つ企業と連携し、JVなど異なる組織形態を用いていくことが有効ではないだろうか。

## (2) 衛星システム運用

衛星システム運用企業も数少ない

日本の衛星システム運用企業は、第II章第3節第2項【図表13】のとおり、やはりその数は多くはない。このうち商業向け GEO はスカパーJSAT、LEO 事業に進出しているのは、ソフトバンクとスカパーJSAT である。本項では、世界的な LEO の歴史に鑑み、リスク要因を踏まえた衛星システム運用企業の方向性を述べたい。

1990年代のLEOブームは通常の携帯電話との競合等によっていずれも失敗に終わる

第III章第1節に述べたとおり、1990年代、イリジウム社に代表されるLEO事業が複数出現し、一種のLEOブームが起きた。「世界中どこでもつながる衛星電話サービス」を目指したものの、いずれのプロジェクトも失敗に終わっている。その失敗の理由は、LEO対応の電話が、ユーザーにとって品質・コスト・利便性のいずれの面でも魅力に欠けたことにある。具体的には、①LEOの電波が弱く、ビル内等での通話ができないケースが多発した一方、通常の携帯電話(セルラー携帯)のカバーエリアは急速に拡大した。②LEO対応の通話料金はセルラー携帯よりも大幅に高価であった。③セルラー携帯の端末が急速に小型化・低価格化した一方、LEO対応の電話端末は大型且つ高価であった、ことである。

様々なテクノロジーが進化し、LEOの事業化可能性が高まる

それから20年以上を経た現在、様々な技術の進化により、LEOによる通信の品質・コスト・利便性は大きく改善できるようになった。具体的には、通信品質では、GEOや一部の地上設備との連携による改善が挙げられる。コストでは、前項で述べた宇宙到達系(衛星製造、ロケット製造、打ち上げ)、およびユーザーターミナル、携帯端末等、様々な機器やサービスコストの低価格化が可能になった。利便性の面でも、ユーザーは専用端末ではなく、セルラー携帯でLEO事業によるサービスが受けられるようになる見込みである。

このように考えると、衛星システム運用企業が、宇宙を商業通信インフラとして活用し競争力のあるサービスを提供していくには、自社のエコシステムに関連する様々な技術を的確に把握し、必要に応じて開発を主導する能力が必要となるだろう。

一方、多数の衛星を打ち上げる工程管理や、地上系サービスの進化等、リスクケースも想定される

一方、現在のLEO事業はイリジウムネクストを除いてはまだ打ち上げも始まっておらず、OneWeb以外は周波数帯の確保さえ途上である。多数の衛星を打ち上げるが故に、衛星製造のバリューチェーン全体の工程管理も求められ、また想定以上にプロジェクトが遅延した場合には、他社に先行されてシェアを奪われるリスクや、1990年代のLEOの失敗と同様に地上系サービスがさらに進化し、サービスの競争力が無くなる等、様々なリスクケースも想定される。特に、地上系サービスでは通信速度が10Gbps以上とも言われる第5世代通信規格(5G)が2020年から徐々に運用が開始される予定であり、その動向には注意を要する。

ユーザーのニーズを満たす最適な方法を、他社の技術も活用し、競合他社に先行してネットワークを構築することが重要

このように、通信技術は様々であり、それぞれが日々進化していく。したがって、今後宇宙を商業通信インフラとして活用する GEO・LEO 運用企業には、自社が想定するターゲットユーザー層のニーズを正確に捉え、そのニーズを満たす最適な方法を選定することが求められる。そのためには、自社の衛星インフラおよび技術だけでなく、他の衛星インフラおよび技術や地上系サービスも含め、それらのコストと商用化スピードも考慮することが必要となる。加えて、衛星で活用する周波数帯の権利と衛星の位置(スロット)は「早い者勝ち」であるため、競合他社に先んじて最適な通信ネットワークを早期に構築することが重要であろう。

### (3) 情報・データの処理

リモセンの情報・データ処理の専門業者が存在

本項では、「情報・データの処理」とりわけリモセンデータの処理を行う事業者の戦略の方向性につき述べたい。日本でリモセンデータの処理を行う事業者としては、第Ⅱ章第3節第2項【図表13】にあるとおり、一般財団法人リモートセンシング技術センター(RESTEC)、パスコ、国際航業等の大手を含め専門家(以下、リモセン事業者という)が複数存在し、近時はウミトロンのようなベンチャー企業の参入も見られる。リモセン事業者には(a)国内外の複数の衛星データ保有者と販売代理契約を締結し、エンドユーザーへ販売を行うもの、(b)リモセンデータの高度な解析技術を有し、エンドユーザーへリモセンデータを活用したソリューション提供を行うもの、もしくは(c)その両方を行うものが存在する。

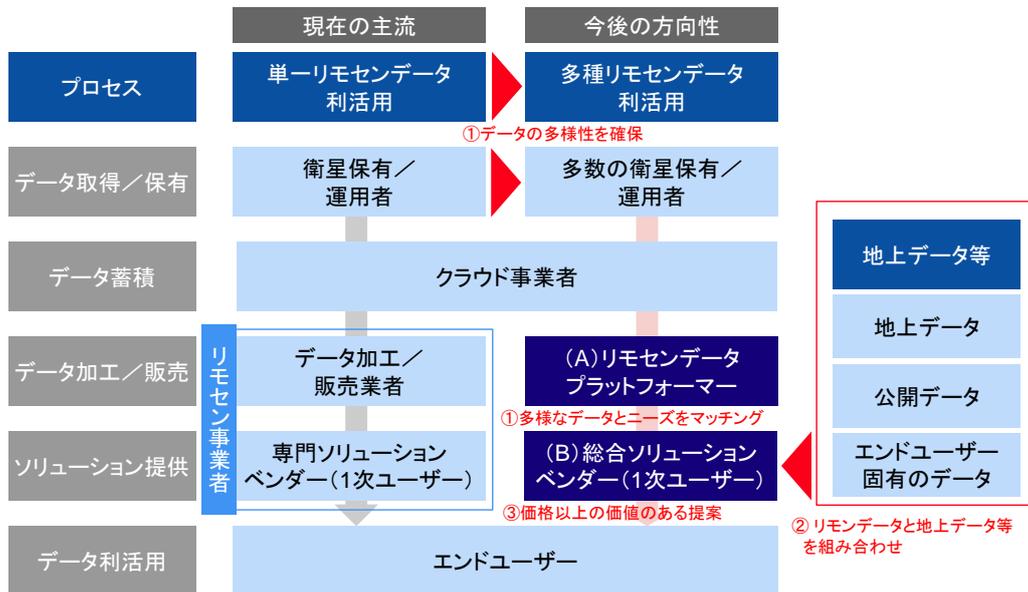
リモセン事業者にはエンドユーザーの裾野を広げる取組が期待される

第Ⅳ章第1節第1項に記載のとおり、リモセンデータ利活用黎明期の現状において、リモセン事業者には、エンドユーザーの裾野を広げるために以下の取組が期待される。その取組とは、①多様なエンドユーザーニーズへの対応のため、単一種類でなく多種類のリモセンデータを利用し、多様性を確保すること、②リモセンデータと地上データ、公開データやエンドユーザー固有のデータ(以下、地上データ等)とを組み合わせたソリューションを提供すること、③エンドユーザーに対して、リモセンデータおよびそれを活用したソリューションにより価格以上の価値を提供できること、である。

現状のリモセン事業者の取組は十分とはいえない

【図表29】に、現状のデータ取得・保有から利活用までのプロセスとプロセス毎のプレーヤー属性および今後より重要性が増すと考えられるプレーヤー属性を示した。現在、日本の「リモセンデータ利活用」は、防災・環境観測などの官需に向け、画像や温度など単一種類のリモセンデータを加工・販売し、画像分析により地形変化や植生分布のモニタリングなどのソリューションを提供することが主流である。これのみでは、上述のとおり、民間エンドユーザーの裾野拡大には十分でない。

【図表 29】リモセンデータ利活用の方向性



(出所) みずほ銀行産業調査部作成

戦略の方向性は「リモセンデータプラットフォーム」もしくは「総合ソリューションベンダー」

今後のリモセン事業者にとって取り得る戦略の方向性は 3 通り考えられる。すなわち、(A) 多種類のリモセンデータを取りまとめるとともにユーザー（エンドユーザーや 1 次ユーザー）のニーズにあったインターフェースを提供する「リモセンデータプラットフォーム」になること、(B) 地上データ等リモセンデータを組み合わせて利活用を図る「総合ソリューションベンダー」になること、もしくは (A) (B) の双方になること、である。

膨大なリモセンデータとユーザーニーズをマッチングさせるために、「リモセンデータプラットフォーム」が必要

まず、(A) リモセンデータプラットフォームについて述べる。リモセンデータプラットフォームとは、全地球で取得されるリモセンデータと、ユーザーのデータニーズとをマッチングするプラットフォームの運営者のことである。第 IV 章第 1 節第 1 項に記載のとおり、今後、衛星により取得されるリモセンデータはその種類、量ともに膨大なものになることが想定されるため、データ加工／販売業者にとっては、ユーザーに対し提供できるデータの幅が大きく広がると考えられる。一方で、データが膨大であるがゆえに、ユーザー自身が、目的に合った、購買可能なデータを把握することは難しくなる。その困難を解決する一つの方策としてユーザーがアクセス可能なリモセンデータプラットフォームの構築が考えられる。

リモセンプラットフォームにはユーザー目線に則したデータ整理・加工のノウハウが求められる

ユーザー獲得のためにリモセンデータプラットフォームに求められるのは、リモセンデータプラットフォームのインターフェースを誰にでも使いやすいものにし（例えば用途、データの種類、地域、範囲、時間帯、価格等でデータを抽出）、異なる衛星群で取得されたデータでもパッケージとしてユーザーに意味のある形で提供することである。したがって、今後、データ加工／販売業者が、リモセンデータプラットフォームを目指すのであれば、様々なリモセンデータの特性に精通し、ユーザー目線を理解した上でデータを整理・加工するノウハウを具備することが必要であろう。

ビッグデータ、AI 技術を応用した「総合ソリューションベンダー」が必要

次に、(B)総合ソリューションベンダーについて述べる。総合ソリューションベンダーとはリモセンデータだけでなく、地上データ等と組み合わせてエンドユーザーにとって価格以上に価値のある「総合ソリューション」を提供できる事業者のことである。今後、多種多様なリモセンデータの利活用が可能になった場合でも、リモセンデータ分析に特化した専門ソリューションベンダーが提供できるソリューションは限定的である。一方で、今後ビッグデータ、AI 技術によるデータ分析がこの分野でも応用されるようになると、「総合ソリューション」の重要性が高まると考えられる。

総合ソリューションベンダーを目指すには地上データ等の分析能力が求められる

「総合ソリューションベンダー」に求められるのは、リモセンデータの分析能力はもとより、エンドユーザーのビジネス、ニーズを深く理解するとともに、地上データ等の分析能力を具備することである。よって専門ソリューションベンダーは地上データ等の分析能力を自ら拡張するか、または地上データ等の分析能力を有する企業(例えば IT ベンダーや AI 技術を有するベンチャー企業)と提携することで「総合ソリューションベンダー」となることが選択肢として考えられるであろう。

海外のクラウド事業者は、バリューチェーンを拡大する動きも見られる

なお、(A)リモセンデータプラットフォーム、(B)総合ソリューションベンダーのいずれを目指す場合においても、海外のクラウド事業者の動向には留意が必要である。これらの事業者は、先述のとおり、安価で強力なコンピューティング基盤のサプライヤーとして宇宙データ利活用ビジネスの拡大を支える一方で、宇宙ビジネス全体におけるバリューチェーンを拡大する動きも見られ、「リモセンデータプラットフォーム」、「総合ソリューションベンダー」を標榜する企業との競合が想定される。一例として、Google は自社の CVC を通じて、2015 年以降、計 3 回に亘り Orbital Insights に出資している。こうした投資の背景は明らかになっていないものの、「総合ソリューションベンダー」の領域に一定の関心があることが伺える。宇宙データ利活用ビジネスを志向する各社は、このような海外のメガプレーヤーの動向も踏まえ、協調・競争の双方の観点で戦略策定が求められよう。

## 2. 政府に求められる役割

限られた予算と人材で官需と民需を効果的に両立

第Ⅲ章第 3 節で述べたとおり、日本の宇宙産業規模は小さく、産業基盤としての国家予算および宇宙人材は必ずしも大きくはない。政府にとっては、限られた宇宙の予算と人員とを前提に、官需を前提とするハイエンドな研究開発と、民間ビジネス支援とを、いかに効果的に両立させるかが課題となるだろう。その意味で、同章同節に述べた宇宙二法の整備と、「宇宙産業ビジョン 2030」に謳われている民間企業の役割拡大と官による側面支援は、一定の効果があると考えられる。

宇宙の商業利用に関する環境は目まぐるしく変化

一方、第Ⅳ章および第Ⅴ章に述べた LEO 事業を通じた宇宙の通信インフラ化が急速に進展する可能性、そして宇宙由来のデータの利活用分野では Google、Amazon がそれぞれエコシステムを形成しつつあるように、広い意味での宇宙の商業利用に関する環境は目まぐるしく変化しつつある。「宇宙産業」は、長期計画と確実な遂行に親和性の高い官公需と、多様な企業が迅速なトライアル&エラーを繰り返す民間ビジネスとで、あたかも全く異なる特徴を持つ二つの産業の様相を呈しつつある。

宇宙の民間ビジネス支援には柔軟なトライアル&エラーを許容する環境の創出が必要

このような環境下で民間ビジネスの側面支援を効果的に行うには、実証実験フィールドの拡大やベンチャー企業向けビジネスコンテスト等の個別施策の充実に加えて、民間企業によるプロジェクトマネジメント力強化の観点から、例えば現在 JAXA が行っている宇宙事業のうち、民間への完全委託が可能なのは民間に任せることも必要ではないだろうか。宇宙の民間ビジネスをとりまく環境が大きく変化を続ける中、それを支援する政策のあり方にも、官公需としての宇宙産業振興とは異なる水準の機動性や柔軟性、トライアル&エラーを許容する環境の創出が求められる。

## Ⅶ. おわりに

宇宙は商業にとって手段の一つである

「宇宙とは何か」—宇宙の商業利用にフォーカスした本稿の答えは、「手段」である。第Ⅳ章で触れた多様なユーザー産業に通底するのは、「宇宙の利用」を自社ビジネスの一つのオプションとして、冷静に準備を進める姿である。

宇宙産業は基本的なインフラの一つになる可能性

その結果、「宇宙産業」は、きわめて多様化していくとともに、あらゆる産業にとって身近な、基本的なインフラの一つとなっていくだろう。様々な産業が、多様なデータの分析を通じてビジネスを高度化する中で、宇宙由来のデータは、分析対象として当然に考慮すべき選択肢の一つとなっていく。その意味で、これまで宇宙と何ら関連しなかった産業が、宇宙のユーザー産業となることも増えてくるのが想定される。

日本産業には宇宙の動向捕捉とその可能性追求が必要

ユーザー産業、そして潜在的なユーザーとしての多様な日本産業は、このような宇宙の動向を捕捉し、その利活用の可能性を追求する必要があるだろう。そして宇宙産業に携わる日本企業は、それぞれの強みを活かしながら自社のターゲットとする市場を定め、迅速に勝ち抜く仕組みを作ることが重要であろう。

日本企業には宇宙を事業手段として使いこなすことを期待

宇宙の位置付けは、かつての「目的として探査すべきフロンティア」から、「手段として利活用すべきインフラ」へと大きく変化した。日本企業には、ユーザー産業と宇宙産業の双方で、宇宙を自社事業の手段として存分に使いこなし、「ビジネス上の」新たなフロンティアを切り開くことを期待したい。

みずほ銀行産業調査部  
自動車・機械チーム 藤田 公子(主筆/全体総括)  
戦略プロジェクト室 高橋 伸行(ベンチャー/政策動向)  
テレコム・メディア・テクノロジーチーム 澤田 洋一(通信/放送)  
高野 結衣(IT サービス)  
資源・エネルギーチーム 井上 陽子(資源開発)  
岡本 伊織(資源開発)  
流通・食品チーム 川辺 容平(一次産業)  
中川 朗(小売)  
公共・社会インフラ室 藤井 洋平(建設/不動産)  
金融チーム 中野 悠理(金融)  
素材チーム 尾崎 望  
佐野 雄一  
事業金融開発チーム 堀 加奈子  
総括・海外チーム 前田 奏  
kimiko.fujita@mizuho-bk.co.jp

## 【主要参考文献等】

### 1. 新聞・雑誌

- 日本経済新聞(日本経済新聞社)
- 日刊工業新聞(日刊工業新聞社)
- 商業界「販売革新」(2017年3月号「流通を学べ」)
- サテマガ・ビー・アイ「衛星通信ガイドブック 2016」(2016年6月)

### 2. 書籍・資料等

- NEC「人工衛星の“なぜ”を科学する」(2012)アーク出版社
- 一般社団法人日本航空宇宙工業会「平成 29 年版 世界の航空宇宙工業」(2017)
- 一般社団法人日本航空宇宙工業会「平成 29 年版 日本の航空宇宙工業」(2017)
- 宇宙航空研究開発機構(JAXA)「宇宙を開く 産業を拓く」(2011)日経 BP コンサルティング
- Space Foundation, *The Space Report* (2006 年版-2017 年版)
- アンドレアス・ワイガンド「アマゾンミクス データ・サイエンティストはこう考える」(2017)文藝春秋
- 城田真琴「パーソナルデータの衝撃」(2015)ダイヤモンド社
- 日本政策投資銀行「日本における宇宙産業の競争力強化」(2017)

## 3. ホームページ、リリース資料等

- トヨタ自動車 HP (<https://toyota.jp/>)
- デンソーHP (<https://www.denso.com.jp/>)
- IHI HP (<https://www.ihi.co.jp/>)
- 三菱重工業 HP (<http://www.mhi.co.jp/>)
- 川崎重工業 HP (<https://www.khi.co.jp/>)
- 内閣府 HP (<http://www.cao.go.jp/>)
- 経済産業省 HP (<http://www.meti.go.jp/>)
- 経済産業省『消費者理解に基づく消費経済市場の活性化』研究会(消費インテリジェンス研究会)報告書(2017年3月31日)
- 国土交通省 HP (<http://www.mlit.go.jp/>)
- Singapore Government, *Virtual Singapore*
- みずほ銀行「パーソナルデータ利活用推進に向けて ～情報銀行を中心としたデータ流通の仕組みのあり方にかかる考察～」『Mizuho Industry Focus』(2017年9月14日)
- ESRI ジャパン (<https://www.esrij.com/industries/case-studies/99682/>)
- JAFIC 漁業情報サービスセンターHP (<http://www.jafic.or.jp/index.html>)
- JAXA HP (<http://www.jaxa.jp/>)
- JAXA 新事業促進部 HP (<http://aerospacebiz.jaxa.jp/>)
- (独)農業環境技術研究所「農業分野における先進リモートセンシングの高度利用」
- 地方独立行政法人青森県産業技術センターHP (<http://www.aomori-itc.or.jp/>)
- 富士通 HP (<http://www.fujitsu.com/jp/>)
- 日立ソリューションズ HP (<http://www.hitachi-solutions.co.jp/>)
- OneWeb HP (<http://oneweb.world/>)
- アクセルスペース HP (<https://www.axelspace.com/>)
- アストロスケール HP (<http://astroscale.com/>)

©2017 株式会社みずほ銀行

本資料は情報提供のみを目的として作成されたものであり、取引の勧誘を目的としたものではありません。本資料は、弊行が信頼に足り且つ正確であると判断した情報に基づき作成されておりますが、弊行はその正確性・確実性を保証するものではありません。本資料のご利用に際しては、貴社ご自身の判断にてなされますよう、また必要な場合は、弁護士、会計士、税理士等にご相談のうえお取扱い下さいますようお願い申し上げます。

本資料の一部または全部を、①複写、写真複写、あるいはその他如何なる手段において複製すること、②弊行の書面による許可なくして再配布することを禁じます。

**MIZUHO**



**One**MIZUHO  
未来へ。お客さまとともに

