

# 日本における宇宙産業の競争力強化

～変革期にある本邦宇宙産業の歩みと将来～



2017年5月

株式会社 日本政策投資銀行  
航空宇宙室  
企業金融第2部・産業調査部

協力：国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構

## はじめに

近年、2020年度の初打上げを目標に掲げたH3ロケットの開発、準天頂衛星の打上げを2017年度以降に控える等、宇宙関連の様々なプロジェクトが進行中であり、宇宙産業に対する期待が高まっている状況にある。これまで、国内宇宙産業は国が主体となった官需主導の下、国と民間を繋ぐ唯一の機関である宇宙航空研究開発機構(JAXA)を通じて産業育成が行われてきたところにある。

一方、世界では、官需のみならず民需の掘り起こしが進んでいることに加えて最近では、大型ロケット「ファルコン9」の開発に成功したSpace Xに代表されるように、大手企業や2000年代以降に勃興している新興企業等、多様なプレイヤーによって市場拡大・成長が図られている。本邦宇宙産業はほぼ官需が占めている状況下、ロケットについてはMHI及びIHIエアロスペース、衛星については三菱電機及びNECといった我が国を代表する大手重工業メーカーや大手電機メーカーが、日本の宇宙開発の黎明期から長年製造開発を続けているが、海外では業界を超えた新規参入が相次いでおり、更なる市場の掘り起こしが一層求められている状況にある。

そのような中、我が国においても「宇宙活動法」が成立し(2016年11月)、民間企業が本格的に宇宙事業をビジネスとして展開するための土台作りがなされた。本法成立によりロケット打上げや商業衛星運用等において民間企業が主体となった運営が期待されている。しかしながら、海外においては法制度に加え金融やインフラ面でも民間企業が参入しやすい条件が比較的整備されつつあり、国内宇宙産業の発展のためには、より一層の環境整備が求められるとともに、いち早く国内外の市場を獲得する上でも、それらを早急に進めていく必要がある。

本稿は、国内外の宇宙産業の状況を整理するとともに、将来的なビジネス機会の創出を願って作成されたものである。

本稿作成にあたってはJAXAの協力を頂戴している。1960年代における前身3組織(航空宇宙技術研究所(NAL)、宇宙科学研究所(ISAS)及び宇宙開発事業団(NASDA))の設立以降、JAXAは多くの民間企業と共同で研究開発を行ってきており、政府の宇宙開発利用を技術面から支える中核的実施機関として、航空宇宙分野における研究開発成果の最大化をめざし、基礎研究から開発・利用に至るまで一貫して実施してきた。また、日本政策投資銀行は1951年に産業開発の促進等を目的に設立(旧:日本開発銀行)された政府系金融機関であり、航空機産業をはじめとする国内産業への政策金融の提供や産業分析を行ってきた。今般、両機関の知見やノウハウを活かすことで国内宇宙産業の発展に貢献できると考え、協力に至った次第である。

なお、宇宙産業全体について変容の真っ只中にあることから、あらゆる動向を網羅・把握するには情報の制約があり、事実と異なる等ご指摘があるかと思われる。ご指摘を踏まえながら、今後も宇宙産業全体をより正しく把握し、産業発展の一助となるよう、努力して参りたい。

2017年5月

株式会社日本政策投資銀行 航空宇宙室

協力:国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構

表紙挿絵: だいち2号(左上)、H3(右上)、イプシロン(左下)、みちびき(右下)

# 目次

要旨 .....	1
<b>第 I 章 日本の宇宙産業 .....</b>	<b>4</b>
(1) 日本の宇宙産業の概観 .....	4
1. 概要 .....	4
2. 「宇宙」とは .....	8
3. 主要プレイヤー .....	9
4. 宇宙機器産業における主要機器の開発体制・方式 .....	10
5. 宇宙ビジネスの特徴及び業種的広がり～市場規模、産業構造、サプライチェーン～ .....	12
6. 人材 .....	16
7. 研究開発、設備投資 .....	19
(2) 日本の宇宙開発を担ってきた主要な宇宙関連企業 .....	25
1. 本邦宇宙産業の歩み .....	25
2. 技術力、特許 .....	29
(3) 主要な国内宇宙関連企業各社の取組 .....	31
1. 宇宙輸送(ロケット製造、打上げサービス) .....	31
2. 人工衛星 .....	40
3. 宇宙機器・システム .....	47
4. 宇宙データ利用 .....	49
<b>第 II 章 世界の宇宙産業の概観・特徴、国際比較 .....</b>	<b>56</b>
(1) 世界の宇宙産業概観 .....	56
(2) ロケット、輸送系宇宙機 .....	58
1. 概況 .....	58
2. 欧米における主要ロケット開発 .....	63
(3) 人工衛星 .....	67
1. 概況 .....	67
2. 衛星バス .....	70

3.	人工衛星の種類.....	70
4.	近年台頭する潜在的な衛星関連ビジネス.....	87
(4)	その他宇宙機器.....	89
1.	国際宇宙ステーション(ISS).....	89
2.	探査機.....	90
(5)	世界における宇宙機器産業全体のプレイヤー概観.....	92
1.	米国.....	94
2.	欧州.....	94
(6)	各国の政策、取組方針、推進組織.....	95
1.	日本.....	96
2.	米国.....	97
3.	欧州.....	99
4.	ロシア.....	102
(7)	研究開発、人材.....	102
<b>第Ⅲ章</b>	<b>足許の宇宙産業を取り巻く特徴的な動き、宇宙関連業界の変容</b> .....	<b>106</b>
(1)	本邦における宇宙業界を取り巻く制度・政策.....	106
1.	概論.....	106
2.	国外・主要プレイヤー概要(ロケット開発).....	107
3.	国外・主要プレイヤー概要(衛星開発・衛星コンステレーション事業者).....	115
4.	国内における近年の動き.....	120
(2)	本邦における宇宙業界を取り巻く制度・政策.....	121
(3)	宇宙分野に対する金融機関の関与.....	123
1.	投融資.....	123
2.	保険.....	127
3.	宇宙産業を取り巻くベンチャーキャピタルの動向.....	128
<b>第Ⅳ章</b>	<b>国内宇宙産業の発展に向けて</b> .....	<b>136</b>
	謝辞.....	140

おわりに.....	141
Appendix.....	142

## 要旨

### 第 I 章 日本の宇宙産業

我が国の宇宙産業は官需主導の下で発展してきた中、その根幹をなす宇宙機器産業は約 3 千億円、衛星を活用した宇宙利用産業は約 8 千億円規模と他産業に比べれば相対的に寡少ながら、これまで官需に応える中で培ってきた技術力やリソースを新たな民需創出や他産業への展開を進めていくことで更なる市場創出が期待されている状況にある。ロケット等の開発の場面においても、その仕様・設計を決めるのは運用者である国・政府が担ってきた中、近年はコストダウンや国外需要の獲得を目指していく上で民間企業も設計に参画する動きが見られる等、国内宇宙産業に新たな動きが見られている。航空機産業のように欧米が席巻している産業ながら、宇宙産業では航空機産業で見られる FAA や EASA による認証制度といった参入障壁が確立されていないことを踏まえれば、今後の展開や戦略次第では日本にとっても潜在的なビジネスチャンスが広がっている市場でもある。スピード感をもって本邦宇宙産業の競争力を強化し、新たなビジネスの潮流を取り込んでいく上で必要なリソース、産業構造や既存プレイヤーを俯瞰し、見直すと以下の点が浮かび上がってくる。

まず、産業全体として、これまで官需を主体に発展が図られてきた中、宇宙産業ならではの特徴としてオーダーメイド型の多品種少量生産ゆえに、担い手となる企業が少ない「シングルソース」とも呼ばれる課題を抱えており、これがコストダウンや量産化を目指していく上でのボトルネックとなる可能性も指摘される。また、制度面・政策面の課題として、企業の技術開発の場面においては高度な技術開発を進める上で、これまで JAXA による支援が図られてきた中、本産業に今日課されている量産化やコストダウンの問題に対応していく上では、要素技術開発等をミッションとしてきた JAXA 等の枠組では対応が困難となっていることも挙げられる。

これら既存の宇宙産業を担ってきた国内プレイヤーの取組や課題認識に焦点を当てると、これまで国の基幹ロケットを担ってきた重工業メーカーにおいては、H3 ロケット事業における量産化や低コスト化等の取組を通じて、政府とともに基幹ロケット事業の競争力を強化していく上で、これまでの官民の役割分担や価格構造を一新する開発・生産に挑戦せんとしている段階にある。一方、衛星の開発生産等を担ってきた電機メーカーにおいては、従前どおり官需ニーズを満たすための技術革新を継続しつつ、新たなビジネス機会を獲得するためにも、広範な社内リソースを有するゆえの社内連携等も行うことで宇宙利用産業の裾野を広げようとする動きも見られる。更に、宇宙利用産業の側に立つリモートセンシング分野では、各社とも、衛星画像を活用したビジネスに新たな付加価値を見出そうと検討する中、日本として観測衛星における競争力を強化し、国内外で新たな顧客を獲得していく上で、インフラ整備(例:画像情報へのアクセス整備や画像解析の容易化等)を進めるとともに、国外の政府・企業と伍していく上で衛星利用ビジネスにおいて日本が強化・アピールしていく強みを見出していくべきとの認識は、宇宙産業全体の拡大を図っていく上で非常に示唆に富む。

### 第 II 章 世界の宇宙産業の概観・特徴、国際比較

世界における宇宙機器産業の潮流として、情報技術の発展を背景に衛星開発費やロケット打上げコ

スト低減といった事業環境の変化も相俟って、小型観測衛星コンステレーション計画が近年多く打ち出され、今後は小型衛星の打上げニーズの爆発的増加が期待されている。既に産業として確立しつつある通信衛星分野に比べれば、測位衛星及び観測(リモートセンシング)衛星は宇宙利用産業のニーズ創出・喚起を図っていくための政府等との連携も必要ながら、ロケット打上げ事業者においても小型ロケット打上げの整備含め、機器産業全体として、これら需要に応えていくための投資・事業整備が急務となっている。

そのような中、主たる国外プレイヤーのこれまでの取組や足許の動向に焦点を当てると、欧州では、各国政府が一体となってロケット打上げ産業の振興・育成が図られてきている。一方、米国ではリモセン分野を例に挙げると、民間事業者を政策上の重要プレイヤーと位置づけ、それら企業の活力を引き出す上でも政府側の安全保障ニーズを上手く活用しながら、国外の商業需要を確保してきたところにあり、宇宙機器産業において従前の常識では取組が困難な価格破壊を推し進める上でベンチャー企業も活用する等、数十年に亘って行われてきた政策面からのバックアップを現在も行いつつ、新たなプレイヤーの参入・台頭に期待しながら産業発展が図られているところにある。

宇宙産業の規模・裾野を広げる上で鍵となる衛星ビジネスにおいては、欧米勢がこれまでの市場を席卷してきた中で日本においても様々な施策が打ち出されており、

- (i)国内民生機器メーカーが強みを有する測位衛星分野では、準天頂衛星の打上げを試みながら精度補強を図られようとしており、
- (ii)観測衛星分野ではレーダー衛星運用が行われている中で、将来的に需要を掘り起こしていく上では衛星画像の活用方法や利用方法の啓発等含め、丁寧に進めていく必要があり、
- (iii)通信衛星においても、HTS(High Throughput Satellite)<sup>1</sup>の開発に乗り出す等、世界の新たな動きに対し、日本としても産業競争力を強化するための取組が今まさに進められようとしているところにある。

### 第三章 足許の宇宙産業を取り巻く特長的な動き、宇宙関連業界の変容

近年、ニュースペースとして注目されるベンチャー企業の取組を振り返ることで、ベンチャー企業がいかにして宇宙産業マーケットを獲得、メインプレイヤーの地位を獲得できている、若しくは、しようとしているのかを分析するものである。

これら企業は、日本国内と異なる資金調達環境や流動性の高い人材マーケットといった環境を活用しながら、これまでの大企業では成し得ない価格破壊やビジネス展開が様々な形で図られているところにある。特にロケット開発分野では、これまで他の産業では想像し得なかった多額の資金調達が開発段階で必要とされる中、Space Xは創業者の多大な財産を背景としつつも、政府の支援制度を活用しながら今や基幹ロケットとしての位置づけを担うまでに成長し、Blue Originのように既存の大手プレイヤーと連携するパターンも見られる。一方で、資金力の裏付けに乏しい小型ロケット開発を目指すベンチャー企業においては資金調達の成功が開発の継続可否を決定づける状況にもある。

こうした宇宙ベンチャー全般の勃興を支えるプレイヤーとして、欧米ではIT・テクノロジー系ベンチャーキャ

<sup>1</sup> 従来の衛星に比べ数倍程度以上の大きな容量(数十 Gbps 程度以上)を持つ衛星。

ピタルが宇宙専門チームを立ち上げ、これら投資家の存在がベンチャー企業の技術のお墨付きとして機能する等、資金調達の仕事が回り始めているものの、資金調達規模が大きいロケット開発分野では、ベンチャーキャピタルのみならず、政府支援も必要とされる等、企業の成長を促すための適正な制度設計を図っていくことが国内外に関わらず求められよう。

#### **第IV章 国内宇宙産業の発展に向けて**

今後の国内宇宙産業の成長を図るにあたり、第I章から第III章で見えてきた課題として、高度な技術力を維持・確保しながら新たな分野への展開が求められていること、宇宙産業自体が発展途上にある中でニーズ喚起が必要であること、他産業と比べて開発初期の早い段階から多額の開発費負担が必要とされることが挙げられる。これらの課題に加え、国外企業・産業の事例から得られた示唆等を踏まえると、日本における宇宙産業発展のためには、宇宙産業に属する企業と非宇宙分野の企業の協働や(分野によっては)海外企業との協調に加え、官需維持・民需創出のための政府との連携も非常に重要であり、更には宇宙分野に対する的確かつ迅速な投資判断のためのサポートが必要であるといえる。各国が宇宙産業において国際間競争を展開する中、日本における宇宙産業の振興・育成に向けこれらの施策を推進するには、関係者の相互連携を通じた迅速かつ着実な議論を進めていく必要があるだろう。



# 第 I 章 日本の宇宙産業

## (1) 日本の宇宙産業の概観

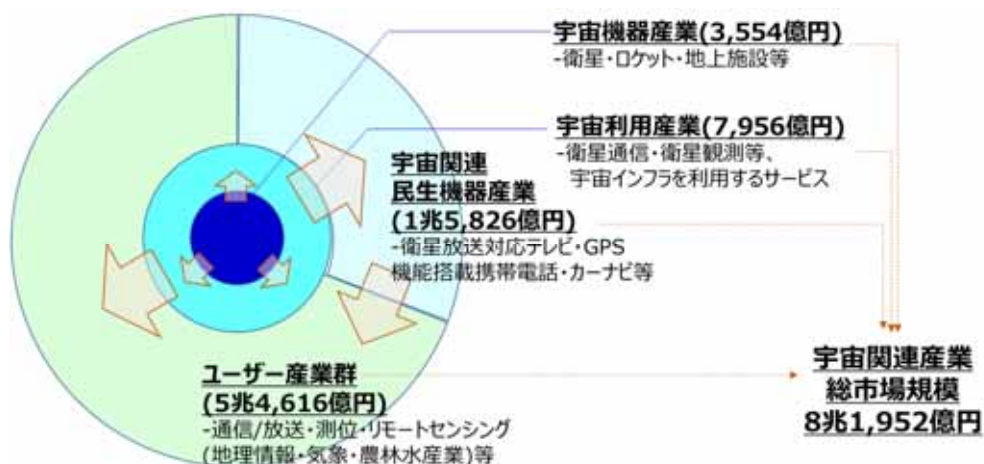
### 1. 概要

我が国における「宇宙産業」、「宇宙関連産業」は、宇宙インフラシステムの根幹を担う衛星やロケットを製造するための「宇宙機器産業」が産業全体の基盤となって支える立場にある中、それら衛星を活用し、通信放送や衛星観測等、衛星システムを活用してデータサービス等を提供する「宇宙利用産業」が存在し、宇宙利用産業が提供するサービスを活用する産業として通信放送業界等の「ユーザー産業群」及びそれを支える「宇宙関連民生機器産業」から構成され(図表 I-1)、これら全て合計した総産業規模は約 8 兆円にも上る(図表 I-1)。

通信衛星や GPS システムを世界各国に提供している米国に比べれば上述の産業規模は約 6%に過ぎず、日本国内の他産業と比べても、自動車産業が約 53 兆円であることを踏まえれば、規模としては相対的に小さい状況ながら、今後伸びるであろう様々な需要を新たな技術開発や民間ビジネス展開を通じて取り込むことや、他産業に対して新たな付加価値を提供していくことで、更なる拡大が期待されている産業でもある。

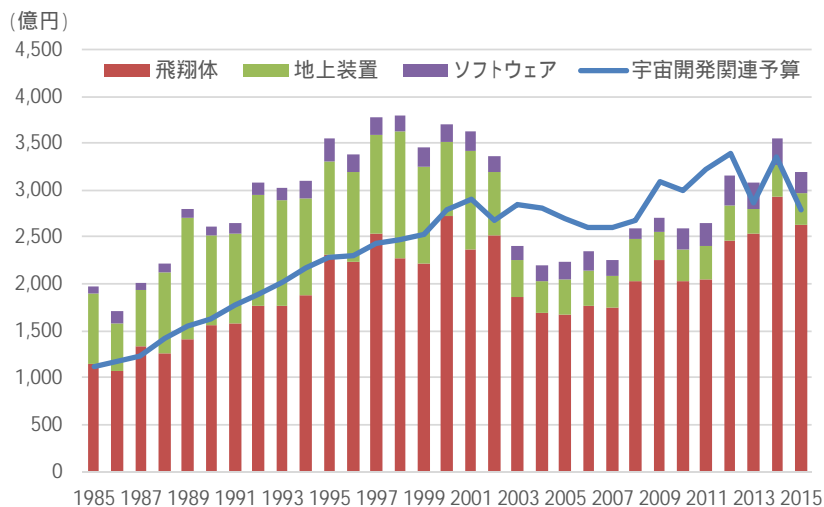
宇宙産業の中心をなす宇宙機器産業については、2000 年初頭以降は概ね約 3 千億円規模で推移してきており(図表 I-2)、そのうち約 9 割が官需によって占められ(図表 I-3)、民需の占める割合は僅少に留まっている。図表 I-1 の中で各産業間の連係関係を矢印にて示すように、宇宙機器産業におけるロケットや衛星において新たな製品が開発された場合には、宇宙利用産業においても様々なビジネスチャンス・市場の広がり創出されるとともに(図表 I-4)、それによって宇宙利用産業においても提供可能なサービスが増える、若しくは、サービス提供先の産業が現在の通信放送等を超えて広がることで、宇宙関連産業全体として更に伸びていく可能性を秘めている。

図表 I-1 宇宙関連産業の構造(2014 年度)



(出典: SJAC「平成 27 年度 宇宙産業実態調査」に基づき当行作成)

図表 I-2 国内宇宙機器産の市場業規模推移



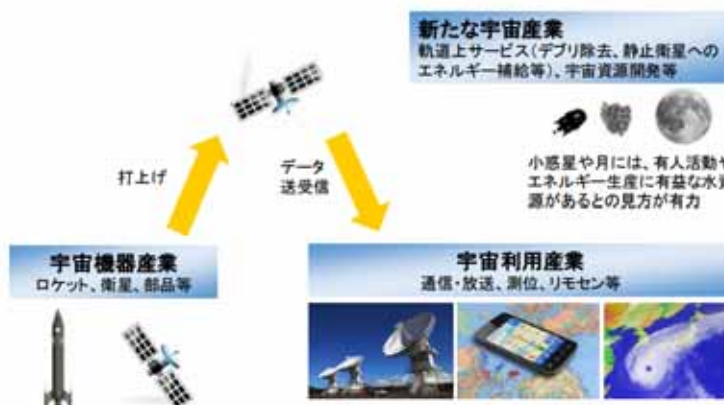
(出典: SJAC「平成 27 年度宇宙産業データブック」を元に当行作成、※「飛翔体」には、ロケット及び人工衛星が含まれる)

図表 I-3 宇宙機器産業の需要タイプ別売上高構成



(出典: SJAC「平成 27 年度宇宙産業データブック」より当行作成)

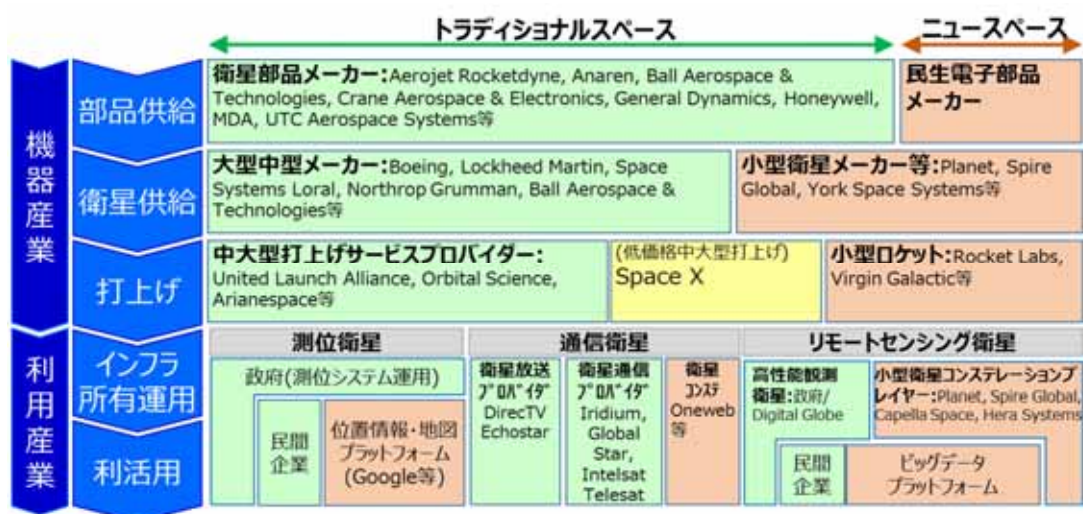
図表 I-4 宇宙機器産業と宇宙利用産業の関係



(出典: 内閣府宇宙開発戦略推進事務局「国内外の宇宙機器・利用産業の市場構造及び動向について」(2016))

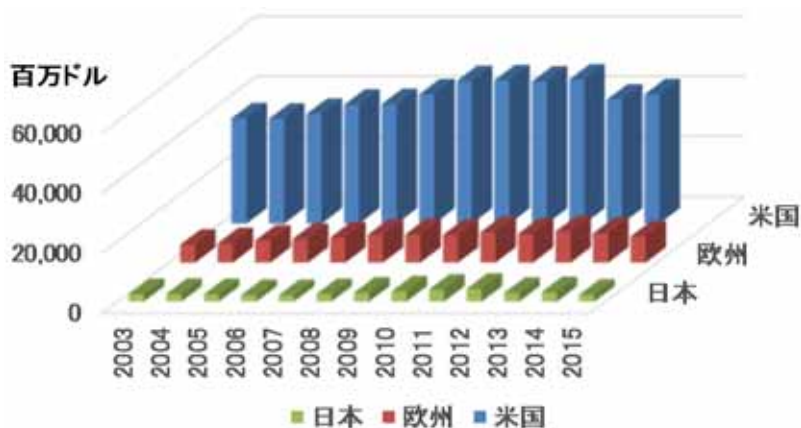
日本の宇宙機器産業は官需を中心に形成されてきたがゆえに、政府予算額<sup>2</sup>が市場規模を決定づけてきた一方、欧米では衛星ビジネスやロケット打上げビジネスを政府支援等を通じて育成、創出してきた結果、民需を約4割近い比率で確保できている(図表I-3)。それら民需を獲得しているプレイヤーとして衛星製造では Boeing Satellite や Lockheed Martin、打上げサービスでは Arianespace 等が大手として市場を支える一方、日本国内プレイヤーは国外マーケットを獲得が十分にできておらず、海外市場獲得に向けた競争力強化が必要となっている。

図表 I-5 国外宇宙機器・利用産業の各バリューチェーン主要企業



(出典: 内閣府「我が国の宇宙機器産業の課題、現状及び対応の方向性検討における論点」等に基づき当行作成)

図表 I-6 日米欧の宇宙予算推移



(出典: SJAC「平成27年度宇宙産業データブック」より当行作成、1ドル100円にて米ドルに為替換算、軍事関連予算も含む)

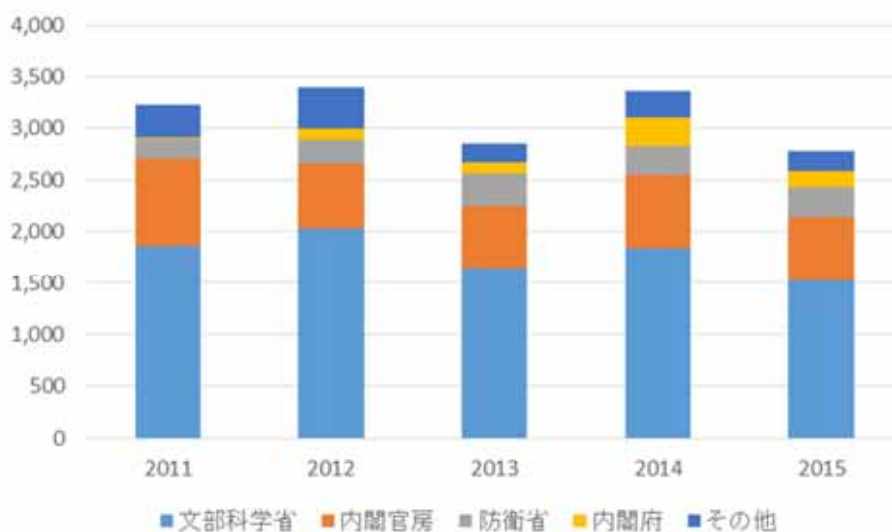
<sup>2</sup> Aerospace Industries Association 発表「Analysis & Recommendations for U.S. Space Industry Competitiveness」によれば、直近の政府総予算額に対する宇宙政府予算比率は米:1.03%(宇宙予算:381億ドル)、中:0.35%(108億ドル)、露:3.39%(87億ドル)、印:1.54%(43億ドル)に比べて日本は0.2%(34億ドル)と僅少。

日本における宇宙関係予算の省庁別割合は図表 I-7 の通りであり、過半を占める文部科学省予算の殆どが JAXA 予算として割り振られている状況にある。

各省庁の中でも最も予算配分の多い文科省では、宇宙基本法に即して言えば、第 13 条に掲げる「国民生活の向上等に資する人工衛星の利用」に係るネットワーク整備推進に加えて、第 15 条に掲げる「人工衛星等の自立的な打上げ」に必要な機器・技術の研究開発推進や設備施設の整備、同法第 17 条に掲げる宇宙開発利用に関する技術の「信頼性の維持及び向上」に資する基礎研究・基盤的技術の開発や第 18 条に掲げる「先端的」な研究開発を主軸としているため、これら、基礎・先端技術の開発をはじめ、H3 ロケット開発や ISS 関連のプロジェクトを所管しているところにある。また、近年、準天頂衛星の体制整備を進める内閣府や X バンド通信衛星の開発を主導する防衛省において、それら施策を対象として予算配賦額が増加しているところにある。

一方、衛星の開発・運用関連では、内閣官房及び防衛省の衛星関係経費・商用画像衛星の利用に係る予算が安定的に計上されているが、国外商業観測衛星からの画像購入費に当該予算が充てられていることを勘案すれば、国内事業者による衛星利用サービス提供とサービス調達者である利用官庁の間における予算の循環が十分に行われているとは言い難い。

図表 I-7 省庁別予算推移



(出典: SJAC「平成 27 年度宇宙産業データブック」を元に当行作成)

図表 I -8 2014-2016 年度 主要 5 官庁予算及び各主要予算配賦先

	2014年度 (当初予算2,740億円)	2015年度 (当初予算2,786億円)	2016年度 (当初予算2,899億円)	2017年度 (概算要求2,898億円)
文科省	1529 国際宇宙ステーション関連(357) 新型基幹(H3)ロケット(70)	1,524 国際宇宙ステーション関連(302) H3ロケット(125)	1,524 ISS補給機「こうのとりのり」(238) 新型基幹ロケット(135)	1,514 ISS補給機「こうのとりのり」(172) 新型基幹ロケット(191)
内閣官房	610 情報収集衛星関係経費(610)	614 情報収集衛星関係経費(614)	619 情報収集衛星関係経費(619)	620 情報収集衛星関係経費(620)
防衛省	276 Xバンド衛星通信機能整備等(196) 商用画像衛星情報等利用(88)	296 Xバンド衛星通信機能整備等(215) 商用画像衛星情報等利用(77)	340 Xバンド衛星整備・商用画像情報利 用等(327)	387 Xバンド衛星整備・商用画像情報利 用等(376)
内閣府	132 準天頂衛星システム開発等(125)	152 準天頂衛星システム開発等(146)	152 準天頂衛星システム開発等(145)	162 準天頂衛星システム開発等(153)
国交省	95 静止気象衛星業務等(84)	94 静止気象衛星業務等(84)	102 静止気象衛星業務等(82)	51 静止気象衛星業務等(37)

(出典:内閣府資料等を元に当行作成)

## 2. 「宇宙」とは

国際宇宙航行連盟(International Astronautical Federation:IAF)の定義によれば、大気を構成する窒素や酸素がほぼ存在しない高度 100km(カーマン・ライン)までを大気圏としており、カーマン・ライン以遠が宇宙とされている<sup>3</sup>。

宇宙空間は地球からの距離によって大別されており、地球から近い順に、サブオービタル、低軌道(Low Earth Orbit「LEO」、中軌道(Medium Earth Orbit「MEO」、静止軌道(Geostationary Earth Orbit「GEO」、若しくは対地同期赤道上軌道を指す Geosynchronous Equatorial Orbit を指す場合もある)と呼ばれている。ジェット旅客機が地上 10km 程度の高度で航行しているのに対し、いわゆる再使用型宇宙輸送機の航行による宇宙旅行等が想定されているのがサブオービタルゾーンとなっている。LEO は地表からの高度 2,000km 以下の軌道であり、比較的地球近傍に位置するため、リモート・センシング(地球観測)用途の衛星に適しており、国際宇宙ステーション(ISS)も高度 400km 程度の LEO に位置している。小型ロケットによる衛星の軌道投入が可能であるほか、通信衛星にとっては、送受信の使用電力が省力化できるという利点がある一方、GEO に比べて軌道が限られるためスペースデブリ<sup>4</sup>との衝突の懸念も呈されている等の課題もある。なお、衛星の軌道を一周する時間は、秒速約 8 km(時速約 27,400 km)で移動するため、高度 350km であれば約 1.5 時間と算出される。高度 2,000 km から 36,000 km 未満のエリアである MEO には、米国の測位衛星システムを構築する GPS 衛星等が位置している。通信衛星にとっては、静止軌道よりは地球全体をカバーすることが難しくなるが、LEO と比較すると、地球全体をカバーするために使用する衛星の個数が少なく済むため、複数機の衛星に協調した動作をさせる衛星コンステレーションを構築するケースが多い。GEO は、地表より 36,000 km 前後のエリアで、軌道周期が地球の自転と同期していることから赤道上の上空に静止している状態を安定して

<sup>3</sup> 米国空軍は 80km から上を宇宙と定義している。

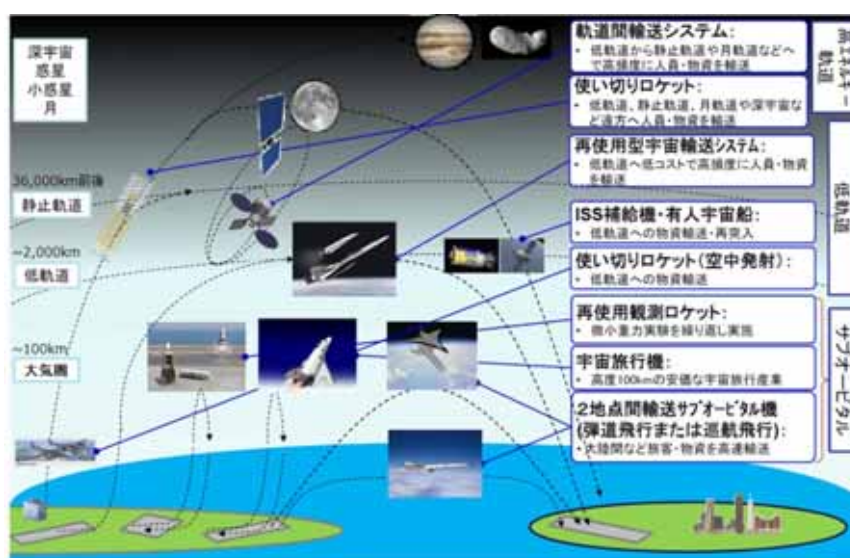
<sup>4</sup> 宇宙ゴミ。機能を停止した人工衛星等を指す。



維持することができるため、電波の送受信が必要とされる通信・放送衛星の軌道として利用されることが多い。しかしながら、静止軌道は利用できる空間が限定的であり、飛行中の衛星の密集度が高くなっていることから、国際電気通信連合無線通信部門(ITU-R)が各国に対し軌道の割り当て<sup>5</sup>について調整を行っている。

このように、宇宙空間は各軌道の特性に応じた利用がなされ、昨今は宇宙ビジネスの拡大により活用の幅も広がっており、技術の発展・革新や新たなビジネス機会の創出に伴い、低軌道に大々的に通信衛星を展開するコンステレーションが計画される等、これまでと違った形での軌道の活用が様々なプレイヤーによって検討・計画されているところにある。

図表 I-9 宇宙利用の状況



(出典：JAXA「宇宙輸送システムの動向について」2013 より当行編集)

### 3. 主要プレイヤー

近年、海外を中心にニュースペースと呼ばれる宇宙関連分野のベンチャー企業が頭角を現しているが、本邦宇宙機器産業の中核を担ってきたのは、数十年にわたって技術開発に取り組んできた大手重工業メーカーや大手電機メーカーである。これらの企業は、日本の宇宙開発の黎明期から長年にわたって技術開発・革新に取り組ながら、国防や国の政策上必要とされる衛星やロケットを開発・生産するとともに、日本における宇宙インフラシステムを構築してきた立場にある。各社の事業概要やロケット・衛星の開発の歴史については後述するが、国の政策に直結する産業であるとともに、技術そのものも非常に高度であると同時に国防上の観点から秘匿性が高いものであるがために、開発を担ってきたプレイヤー数は限定されており、また、民間産業のように量産型の産業ではなく、一つ一つの部品を高い信頼性の下で生産する必要があるため、参入企業数が非常に少ない産業でもある。

<sup>5</sup> 総務省「衛星の軌道位置・周波数の情報」 <http://www.tele.soumu.go.jp/j/adm/freq/orbit/>

#### 4. 宇宙機器産業における主要機器の開発体制・方式

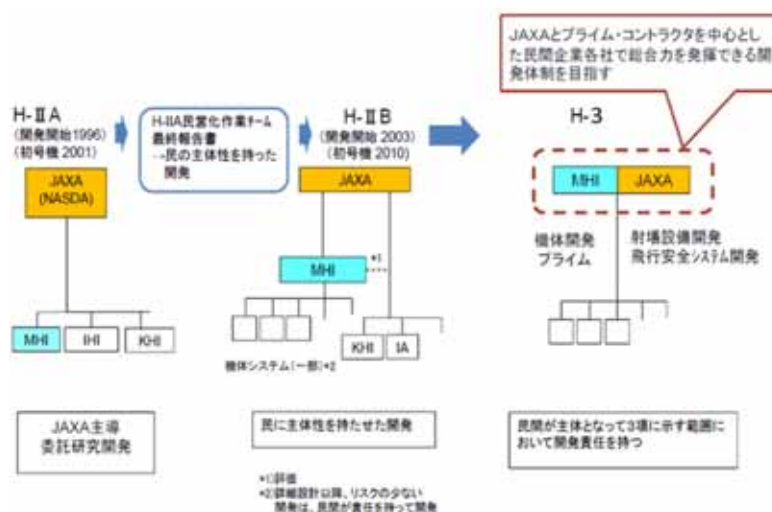
我が国では、政府主導による宇宙開発がメインであり、大規模なプロジェクトが多かったため、事業のとりまとめが可能な企業を主契約者とする開発方式「主契約者方式」が主に採用されてきた。主契約者は、JAXA 等の発注側の提案依頼を基にシステムの概要や調達条件を確認し、契約を交わす役割を担っている。例えば、人工衛星の製造組立では、衛星バス技術を有するメーカーが主契約者となり、コンポーネント技術を有するサブ契約者に発注している。

また、国際宇宙ステーションの日本の宇宙実験棟「きぼう」のように大規模で複雑な宇宙開発の場合、機構やシステム毎に複数の主契約者を配置し、各々が個別にサブ契約者に発注する「複数主契約者方式」がとられている。その他、開発のコーディネートを実施する幹事会社が契約者を取りまとめる方式も存在し、前出の両方式に比べて、より対等なサプライヤー間の分担関係を構築できるとも言われている。

我が国の基幹ロケットである H-II A、H-II B、H3 の場合、1996 年に開始された H-II A ロケット開発では、JAXA が開発を主導して委託研究開発を実施していたが、2006 年度からは、JAXA は打上げの実施、飛行安全確保を主に行い、MHI がプライムメーカーとしてロケットを製造し、その他の企業が下請けとして各担当部分を制作する製造プライム体制を構築した。また、2003 年から始まった H-II B の開発では、民間を主体とした開発を推進するため、詳細設計以降の工程でリスクの少ない部分については、民間が責任を持って開発することとしている。新型基幹ロケットの H3 については、射場設備開発と飛行安全システム開発を担う JAXA と機体開発を行うプライム・コントラクターである MHI を中心とした民間企業各社で総合力を発揮できる開発体制を採用している。

このように、昨今の我が国の契約形態においては、外部環境に合わせた変化や工夫がみられる。

図表 I-10 液体基幹ロケット開発に係る開発体制の変遷



(出典: 内閣府宇宙政策委員会宇宙輸送システム部会 MHI 作成「新型基幹ロケット開発に対する考え方」2013)

また、ロケット開発の役割分担においても、その大半が JAXA によって担われ、ロケットの総合システム設計から国主導で行われてきた中、H3 ロケットでは欧米と同様に、責任比重が徐々に民間におかれた開発体制へと移行してきている。民間企業の発想力やビジネスの視点を初期段階から取り入れることで顧客ニーズに合致した製品開発が図られるとともに、設計段階での民生部品の導入可能性の検討等を通じて開発・生産コストの低減に繋がっていくことが期待されている。そのため、今後、民間企業の関与が様々な宇宙機器の開発プロジェクト等で広がっていくことにより、日本の宇宙産業として新たなビジネス機会の獲得が期待される。

図表 I-11 液体基幹ロケット開発に係る役割分担の変遷



(出典：JAXA「新型基幹ロケット(液体燃料ロケット)の役割分担/開発体制について」2013)

(ア) ロケット

SS520 をはじめとした観測ロケット・科学衛星打上げロケットは、これまで日本独自の技術により自主開発されてきた。一方、N シリーズから始まった実用衛星用打上げロケットは、米国からの技術導入により開発が開始され、純国産の H-II ロケット、同機をもとにコスト削減を進めた H-II A、H-II B が生み出された。2020 年初打上げを目指して開発されている新型基幹ロケット H3 は、海外市場への進出を目指し、打上げコストを H-II A 等既存機の約半分にする計画にあり、JAXA は、主契約者に MHI、キー技術(主要技術)担当事業者として、固体ロケットモーター技術担当に IHI エアロスペース、誘導制御技術担当に日本航空電子等を選定しつつ、開発を進めているところにある。

(イ) 人工衛星

科学衛星については、打上げロケットの開発と並行して行われ、開発者と利用者が同一機関に所属する等、一体的な開発が実施されてきたため、性能向上と設計・製作との兼ね合いを配慮しつつ、自主技術の連続的な技術の積み重ねがなされてきた。

実用衛星については、開発製造の経験が浅かった時代には大手が海外企業とも連携しながら開発を行ってきた。例えば、MELCO は Ford Aerospace(現 SSL)、東芝



(2001年のNECとの合併(NEC 東芝スペースシステム)を経て現・NEC スペーステクノロジー)は GE 宇宙部門(現 Lockheed Martin)、NEC(現 NEC スペーステクノロジー)は Hughes Aircraft(現 Boeing Satellite)、RCA Astro Electronics(現 Lockheed Martin)とそれぞれ提携し、衛星製造のインテグレートや総合組立試験等を担当するとともに、バス機器やミッション機器の設計・製作も担ってきた。

## 5. 宇宙ビジネスの特徴及び業種的広がり～市場規模、産業構造、サプライチェーン～

宇宙関連産業には、機器製造からサービス・利活用まで含めたバリューチェーン全体をみると、多くの業界が幅広く関与している。ここでは、機器産業に的を絞って産業構造・特徴について俯瞰する。

### (ア) 産業構造と課題

航空機や自動車産業に比べて、ロケットや人工衛星の開発は、その生産量の規模が年間数機程度の水準に留まる一方で多大な開発コスト負担が必要となるものの、航空機産業のように年間 3 桁単位での量産が可能となるまでにニーズや生産体制も発達していないのが現状である。一方、航空機産業では FAA や EASA といった欧米の認証制度が発展し、新規参入プレイヤーにとってはこれら認証取得が市場参入を図る上での最大のハードルとなっている一方、宇宙産業においては、このような認証制度が構築されておらず、ロケットや衛星においては打上げ成功数・成功率や運用実績等といった信頼性の高さが受注を獲得していく上で重要な要素とされていることを踏まえれば、航空機産業同様、宇宙産業においても欧米が先んじて市場を席巻している状況ながら、日本も数少ない宇宙関連技術を有する国でもあるため、潜在的な成長可能性を秘めているとも言える。このビジネスチャンスを獲得するためにも、スピード感をもって事業環境整備を実施し、企業による新たなイノベーションを引き出ししていくことが、他国でも日々行われている研究開発に先んじて市場獲得を目指していく上でも重要になってくるだろう。

図表 I-12 宇宙機器製造産業及び他産業との比較

	ロケット	人工衛星	航空機	自動車
主要機種の開発コスト	H 約2,700億円 H-A 約1,500億円	ひまわり(大型) 数百億円 ASNARO(小型) 約50億円	B777 約4-5千億円 A320 約2千億円 A340 約3千億円	通常 400～500億円 プリウス 800億円超
開発期間	10年程度	5-10年程度	通常10年以上	通常1-2年程度
主要機種の累計生産量	H- A/B 39機	DS2000(衛星バス) 9機	B777 約12百機 A340 約4百機	プリウス 約4百万台
部品点数	H2Aロケット 約100万点 H3ロケット 約80万点(推計)	数十万点	約300万点	約3万点
国際規格の有無	特段無し	特段無し	国際線への航行に使用する上では FAA(米国連邦航空局)及び EASA(欧州航空安全機関)の認証取得が必要	安全基準や排ガス基準に関し、輸出先国・地域の定める基準・認証制度に従う必要あり

(出典: 各社 HP 等より当行作成)

宇宙機器製造業のサプライチェーンは、輸送系、人工衛星等を製造している少数のプライム・メーカー(システム・メーカー)を頂点に、主要部品等を納める大手メーカー等によって構成されているところにあり、H-II A の場合、孫請け会社までを含めると約 1,000 社の企業に支えられている。基幹ロケットである H-II シリーズやイプシロンについては、部品の国産化が進んでおり、民生部品の積極採用も進めているものの、人工衛星に関しては海外からの部品調達に依存していることに加え、製品の中心となる重要部品についても海外製を導入しており、現段階では宇宙関連技術を十分に支えられるほど国内企業が育っているとは言い難く、産業全体を支えるのが難しい状況にある。

また、宇宙関連機器製造は、極めて厳しいプロセス管理の他、宇宙空間等、利用環境の性質上、一旦使用に供すると修理が難しく、過酷な使用環境での抗堪性も求められることから、一般的な工業製品とは要求される技術・品質水準や設計思想が異なり、場合によっては専用ラインを要するという特殊性を有している。また、市場規模が小さいことから採算性が低く、需要が不安定であること、多品種少量生産が求められること、製造設備の老朽化や関連技術のライセンス切れ等もネックとなっている。ニュースペースと呼ばれる宇宙関連の新興企業の動向が目立つ一方で、開発期間中の資金手当てや技術的なハードルの高さ等、斯業界ゆえの課題が多く、撤退する企業が増加しているのもまた事実である。

多品種少量生産かつ信頼性が重視されるがゆえに、量産化等による事業採算化も困難な産業であるため、継続的に部品を生産できる企業も限られており、大手企業にとっても特定企業との取引に依存せざるを得ず、下請け企業間での競争が働きにくいことに加え、下請け一社が撤退してしまうと部品供給体制が揺らいでしまうという可能性も有している。

現在、日本では新型基幹ロケットの開発を進める中、低価格かつ高頻度の打上げ体制の確立を目指している。「低価格」を実現するに際し、既存のサプライヤーとの間で、大幅なコストダウンを図るには、これまで維持してきた信頼性や安全性を維持しながらも生産体制等を見直すことが必要となる。従前までは、生産量が限定的であり、ビジネスとしての採算化は困難であった中、サプライヤー数が限られている現状を踏まえれば、既存プレイヤー間で価格引き下げを実現していく上では限界に直面する。そのような課題を解消する上では、民生品や海外製部品の活用が挙げられる。特に、民生品については日本の大手製造業は一定の安全性を確保しながら生産効率性を高め、世界市場で競争してきた経験を有する。そのため、近年、民間大手企業が宇宙分野への市場参入を目指しているとの報道にも窺えるように、民間大手製造業の関与が広まっていくことで、これまで宇宙機器産業では実現できなかった製品開発の体制見直し、量産化・採算性の向上が図られていくことには大きな意義がありうるものと思われる。

加えて、「量産」体制を構築する上でも、特定の部品を請け負う一社の生産能力が量産能力の限界につながってくるため、サプライヤー体制の増強が望まれる。但し、上述

の通り、宇宙産業特有の「信頼性・安全性」の基準は引き続き重要となる一方、新規プレイヤー参入等を通じて量産体制確立を図る上では、それらの考え方についても見直していく必要がある。中核・基幹部品のような最高クラスの安全性が求められる部品等を除き、安全や信頼度に対する意識が高い日本の製造業が高めてきた技術水準・信頼度でも代替可能な部品も一定程度存在するものと見込まれ、どの部品や機能でそれら試行が可能なのかを探りながら、宇宙機器産業に新たな企業が参入するための間口を広げていくことも重要である。

なお、「低価格化」や「量産」を加速、推進していく上で、宇宙関連予算の現状についても振り返る必要があるものと思われる。具体的には、政府予算の対象の多くは「技術実証」や「要素技術の開発」に主眼が置かれることが多く、技術実証が成功し、開発フェーズを離れてしまうと、民間企業が当該開発を経て培った技術・製品を商業ベースに乗せていくための量産化や低価格化を実現するための投資(2号機試作や汎用化を企図した投資等)に関しては JAXA 予算を得られないため、企業にとっては自ら資金調達を行いながら、それら投資を進めることが必要となる。

JAXA 予算の下で初号機の開発が行われた準天頂衛星に関して言えば、2号機以降は利用官庁である内閣府予算の下で製造が進められ、一度 JAXA が開発した製品サービスの低コスト化や量産の可否を探るといった挑戦を JAXA 予算の下で行うことに関しては現状予算構造の下では困難であった。

宇宙機器産業に限って言えば、これまでの間、その大半が官需ミッションを目的としており、企業側も官需を取り込むことに力が置かれていたことから、国家プロジェクトのために開発された技術や製品をベースとしながら、スペックダウンや民需向け転用等を図る等、市場の広がりを求めるべく研究開発投資を進めるインセンティブが働き難かったところにある。

今後も、宇宙機器開発を通じて国内外での競争力強化を図っていく中、「量産化」や「コストダウン」を意識する局面も増えてくるものと思われるが、その際、当然、治工具への投資等、事業者側が負担する開発投資負担の全てを政府予算では対応できないケースも出てこよう。そのような投資を民間企業が行いやすい環境をつくる上で、当該機器の需要増の蓋然性やボリュームの大きさはそれら投資判断の重要な要素でもあるため、宇宙利用産業の拡大を支援するための様々な施策を打ち出していくことは、機器産業の利用機会を高め、斯産業の強化・発展を中長期的に支える上で非常に重要な意味を持つことになるだろう。

#### (イ) 部品・コンポーネント

製品によって変動はあるものの、一般的にロケットには部品が約 100 万点、人工衛星には数十万点使用されているといわれている。海外製品を多く使用されている中、国内ロケット・衛星メーカーに宇宙機器向けの部品を供給し、宇宙開発の一端を担う企

業が我が国にも存在する。人工衛星用観測機器を提供している明星電気(株)、人工衛星の姿勢制御機器を製造する三菱プレジジョン(株)、慣性誘導装置をはじめとした航空宇宙用電子機器等の製造を行っている日本航空電子、ロケットの燃料タンクに用いられるステンレス製フィルターを製造する(株)ニチダイ等が一例である。これらの企業は、宇宙産業に特化した企業ばかりでなく、他産業のトップクラスのプレイヤーである企業も多く存在する。

また、これら部品・コンポーネントの国内産業競争力強化に向けては、民間企業自らの研究開発のみならず、JAXA や関係省庁等との協力によって生み出された部品・コンポーネントも出てきている。その一例として、多摩川精機への JAXA 委託開発によって生み出された高精度角度検出器は、それまで国外に依存してきた同製品の計量・小型化を実現しており、今後は国外衛星への搭載も期待されている。また、ジーエス・ユアサへの委託によって開発された宇宙用リチウムイオンバッテリーに関しては、容量・寿命性能面で大きく向上、欧米の人工衛星用電池にも採用されている。これら非宇宙系企業との提携のみならず、IHI エアロスペースとの共同で開発された衛星姿勢制御用小型ロケットエンジン「500N スラスタ」や、IHI との共同で開発した H-Ⅱ A ロケットに搭載されるターボポンプ機構等、JAXA との共同開発を通じて国内宇宙産業の国際的地位向上につながる部品開発が進められてきていることも事実であり、既存プレイヤーや新規参入企業含め、共同開発の裾野が広がることで宇宙産業における日本企業の活躍・貢献できる分野が広がっていくことを期待したい。

#### (ウ) 素材

ロケットには軽量性・耐久性が求められることから、機体の大部分を占める燃料タンクをはじめとして、主にアルミニウム合金が使用されており、高温になる部分を中心に、ニッケル合金が使用されている。また、航空機と同様に炭素繊維複合材料(C/C コンポジット)も活用されている。ロケットでは、上部の衛星搭載部(フェアリング)や固体燃料ロケット部等に用いられ、人工衛星でも、船体フレーム、太陽電池パドル、アンテナ支柱、アームなどの多くの部分に使われている。炭素繊維の世界シェアは、東レ(株)、帝人(株)(東邦テナックス(株)も含む)、三菱レイヨン(株)の 3 社で約 7 割を占めており、我が国が強みを有する分野の一つである。

その他、人工衛星を熱から保護する金色の耐熱シートは、耐熱性素材であるポリイミド樹脂フィルムにアルミニウムを蒸着させて製造しており、国内では、宇部興産(株)、(株)カネカ、東レ(株)・デュボンが同製品を製造している。この製品は、ISAS が開発したもので、JAXA が主導し素材開発を行うケースもある。また、衛星本体の素材となるハニカムパネルは昭和飛行機工業(株)が製造しており、航空機にも用いられている。

## (工) 加工機械

### ① 工作機械

宇宙機器の加工には、NC 旋盤やマシニングセンタ、ワイヤカット放電加工機等が使用されることが多いが、汎用工作機械も用いられる。放電加工機については、加工速度が遅いものの、高精度薄肉加工や少量加工に適しており、人工衛星の加工には多用される。強度の向上と軽量化が求められる宇宙機器の内部構造は、質量を極力軽くし、かつ強度を保つため、アイソグリッド構造やハニカム構造といった加工が施されている。これらの削り出し加工は工作機械が担っている。

### ② 3D プリンター

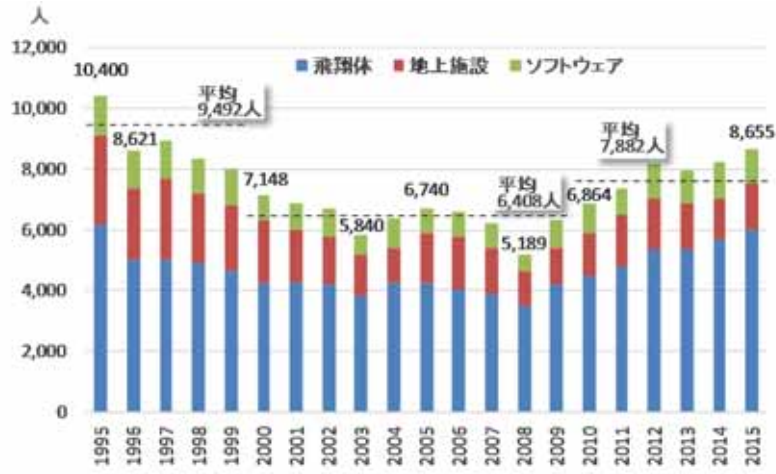
3D プリンターによる製造は様々な業界で導入が進められつつある。昨今では、3D プリンター製の航空機部品が実用化されるなど、進歩がみられる分野である。宇宙関連分野においても、実験段階ではあるものの、NASA が 3D プリンターを用いてターボポンプをはじめとした部位を試作する等、活用の検討を開始している。3D プリンターの利用により、従来品に比べて部品点数を削減することができ、コストや製造期間の短縮化が図られる見込みとされている。ただし、3D プリンターは造形の自由度が高いものの、現在採用されている構造部品の多くは切削加工に適した製品設計がなされており、3D プリンターが造形しやすい形状の部品製作に導入できれば、大幅な軽量化や高性能化、低コスト化も可能になるであろう。

## 6. 人材

以下、SJAC 資料によると、日本における宇宙機器産業の人材は、90 年代から 2000 年代後半にかけて減少傾向が続き、最盛期の 6 割弱まで落ち込んだ。その後、2010 年代には再び増加しているものの、90 年代における人材数の平均を引き続き下回っている状況にあり、技術承継のための人材育成等に係る課題が表出してくることも懸念されている。

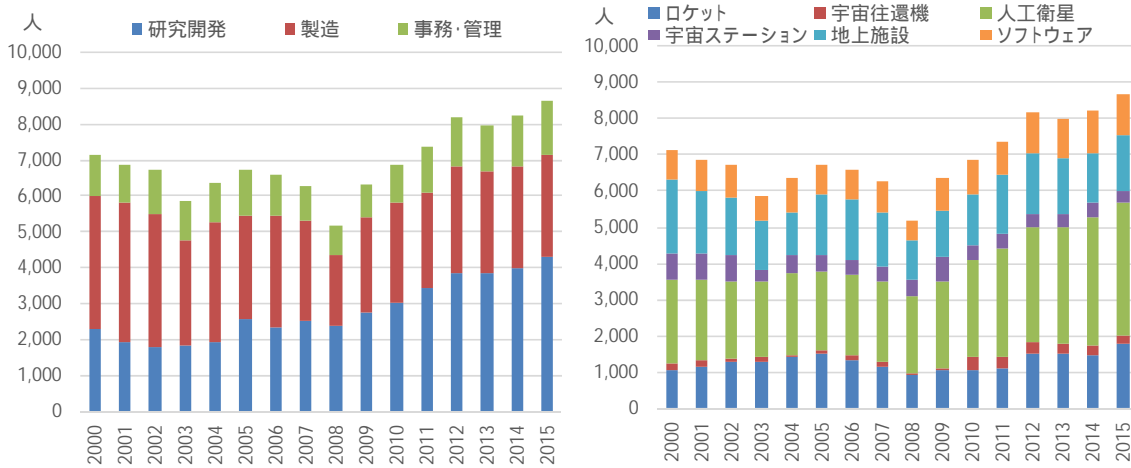
職種別、分野別では、足許約 10 年間において、研究開発に従事する人員の割合、人工衛星関連業務に従事する人員の割合が増加している。

図表 I-13 日本の宇宙機器産業の人材構成推移



(出典: SJAC「平成27年度宇宙産業データブック」より当行作成)

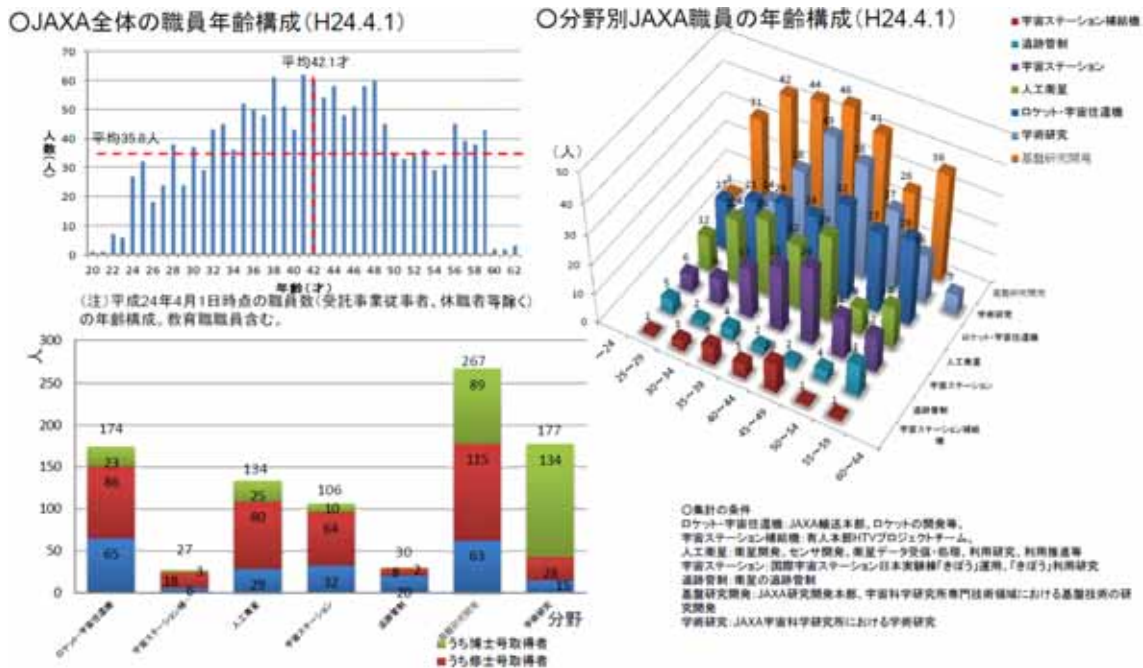
図表 I-14 職種別、分野別の人員推移



※ 2009年までのHTV開発人員は「宇宙ステーション」に分類。2010年以降「宇宙往還機」にHTV開発の人員が含まれている。

(出典: SJAC「平成27年度宇宙産業データブック」より当行作成)

図表 I -15 JAXA の人員構成

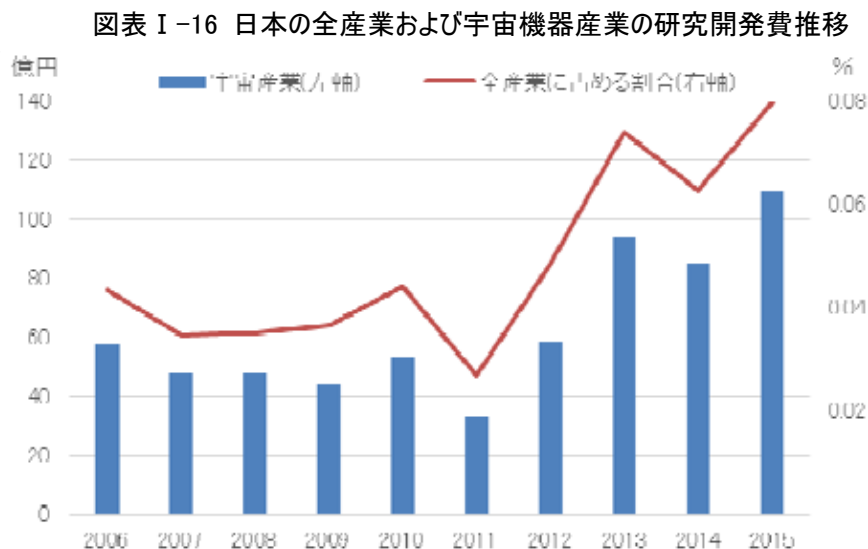


(出典:内閣府宇宙戦略室「人材育成・宇宙教育の現状、課題及び今後の検討の方向」2012)

## 7. 研究開発、設備投資

### (ア) 研究開発

日本における宇宙機器分野の研究開発費は、近年、H3 ロケットや X バンド通信衛星、準天頂衛星の開発・生産といった大型の国家プロジェクトを担うべく、それらの主契約者となる企業における研究開発も進められていることから、増加傾向にあるものの、全産業規模の研究開発費に対する割合は 1%未満に留まる状況である。



(出典：総務省「平成 28 年度 科学技術調査研究」、SJAC「平成 28 年度航空宇宙産業データブック」より当行作成)

### (イ) 設備投資(射場等地上設備を含む)

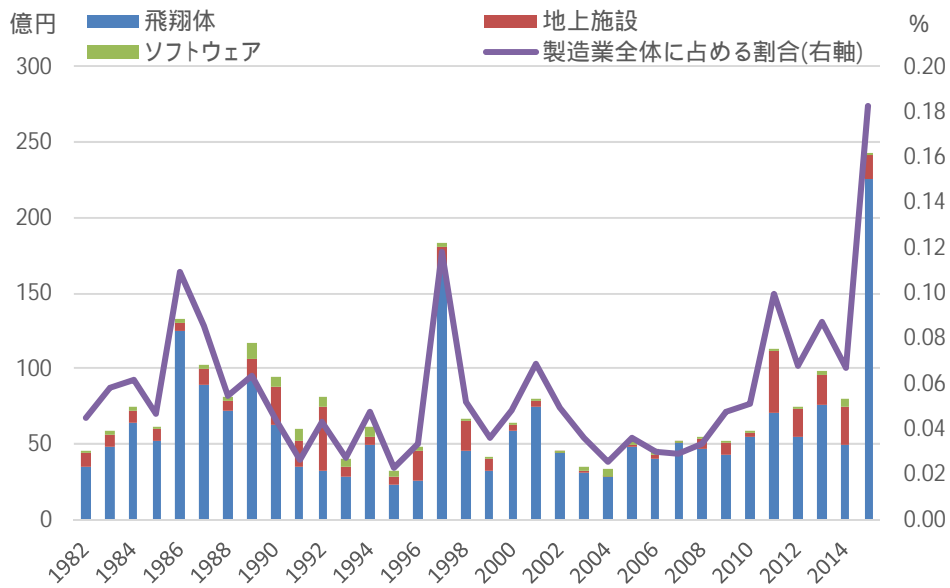
#### ① 設備投資

宇宙機器産業の設備投資については、過去 10 年間は 50～110 億円程度で推移していたが、直近では前年度から約3倍の 243 億円に伸びている。設備投資額には、宇宙機器製造の他に、宇宙利用運用分野の企業の設備投資額も含まれており、同分野の増加が全体の伸びに寄与している。さらに詳細な分野別で見ると、人工衛星分野には設備投資額の約 5 割が割かれている。人工衛星分野は、設備投資の他にも、人材において約 4 割、研究開発費で約 8 割を占めており、売上高における構成比が大きく、経営資源の多くが割かれている分野でもある。

なお、当行が実施した設備投資計画調査では、国内における宇宙機器製造企業は足許では毎年9,000 億円程度の設備投資を行っており、2016 年度は約9,300 億円となる見込みである。



図表 I-17 日本における製造業全体および宇宙機器産業の設備投資推移

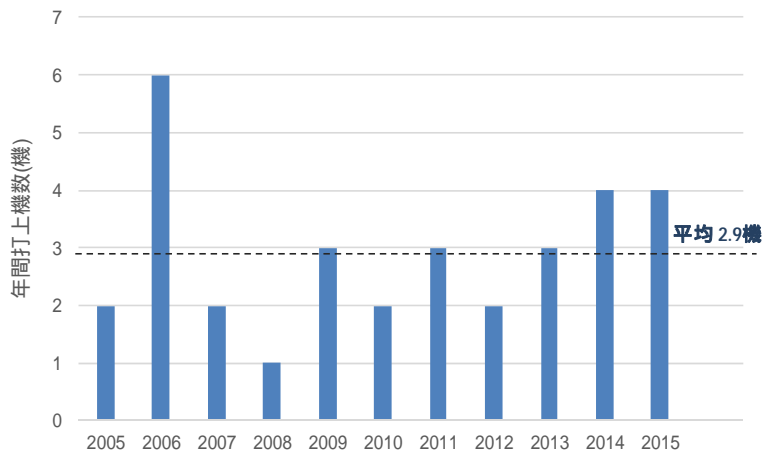


(出典: 財務省「平成 27 年度法人企業統計調査結果」、SJAC「平成 27 年度宇宙機器産業実態調査報告書」より当行作成)

② 射場等への投資

日本におけるロケット打上実績は、年間最大 4 機程度で推移しており、世界の主要射場の打上実績(2015 年: ケープカナベラル宇宙センターより計 18 機、ギアナ宇宙センターより計 11 機打上げ成功<sup>6</sup>)に比べ、低位に留まっている状況にある。

図表 I-18 日本のロケット打上機数推移



(出典: 宇宙技術開発(株)HP より当行作成)

<sup>6</sup> Spaceflight 統計資料を参照(2015 年 12 月 29 日発表)

図表 I-19 世界の主要射場



(出典：JAXA ホームページより当行作成)

年間数機程度の打上げを担うのは JAXA が現在保有する 2 射場、すなわち、種子島宇宙センター及び内之浦宇宙空間観測所となっており、種子島からは H-II A/B ロケット、内之浦からはイプシロンロケットが打ち上げられている。

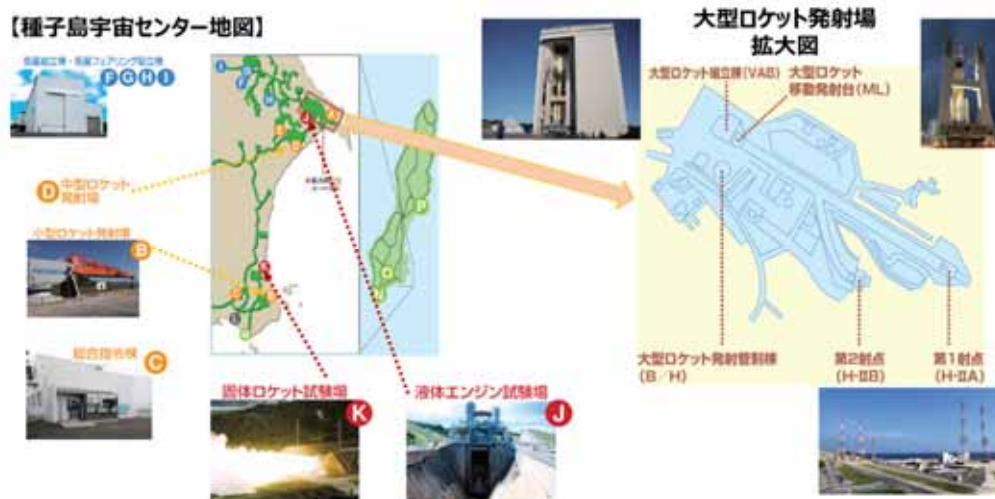
種子島宇宙センターは、1969 年の NASDA(現 JAXA) 設立時に開設された射場であるが、沖縄返還前、かつ、小笠原諸島返還直後の時期であった当時、日本の数少ない最南端の射点候補であったことから、同地に射場が設置されることとなった(※種子島の射場開設以前は伊豆諸島の新島から打上げ)。同センターから、1975 年の N-I ロケット打上げ以降、2016 年度末までに国家ミッションでの打上げ計 70 機のほか、多くの試験用ロケットや小型ロケットが打ち上げられてきた。

設立当初は竹崎に基礎技術開発のための小型ロケット射場を開設、同射点からの打上げを実施してきた中、中型ロケット用の大崎射場を新たに設立(1974 年より打上げ開始)、両射点が主に使われ、小型射場からは計 94 機、中型射場は計 27 機が打ち上げられてきたところ、小型ロケット技術の高度化・装置の要素技術開発等の目的達成に伴って 2009 年以降使用されておらず、中型ロケット射場についても 2007 年以降は使用されていない状況にある。

一方、現在も使用されている大型ロケット射場は H-II ロケット用の射場として 1986 年に着工開始、総工費 500 億円を要し、1991 年に完成、H-II A 打上げのための設備増強を 250 億円かけて実施(1997 年着工、2000 年完成)、更には、H-II B 打上げ体制を確保すべく 50 億円かけて(2006 年より改修開始、2009 年完成)H-II A/B 打上げ体制を確立している。

なお、NASDA 時代の種子島宇宙センターの 2000 年末時点の投資総額は以下の通りであり、土地や組立棟・試験棟等の建物の他、発電所設備や打上げ作業管理システム等、様々な投資が射場整備に必要であることが窺える。

図表 I-20 種子島宇宙センター概略



(出典: JAXA「種子島宇宙センターパンフレット」より当行編集)

図表 I-21 種子島宇宙センター関連有形固定資産

宇宙開発事業団財務諸表附属明細書における

種子島宇宙センター関連有形固定資産(2000年度末時点)

(単位:億円)

		取得価格	減価償却 累計額	償却後簿 価
機械装置	H- A射点設備電気系射場取扱設備、整備組立棟設備、射点設備、射座設備、大崎発電所設備等	807	615	192
車両運搬具	AGE/GSE搬送車等	8	7	1
建物	整備組立棟、第2衛星試験棟、衛星フェアリング組立棟、大型ロケット発射管制棟、成形工室、宇宙開発展示館等	387	188	199
構築物	フレームデクレフター、アスファルト舗装、GTパッケージ、敷地造成等	161	108	53
工具器具備品	打上げ作業管理システム等	36	30	6
土地	事業用土地(16.9億)、管理用土地(0.3億)	17	0	17
建設仮勘定	ロケット打上(射点整備改修等・6.5百万)、ロケット射点設備整備(多目的避雷塔等・2.0億)、射点施設整備(フェアリング組立棟用地整地測量等・45百万)	2	0	2
計		1,417	948	470

(出典: NASDA 決算書より当行作成)

内之浦宇宙空間観測所は、東京大学生産技術研究所の附属施設として1962年に開設以降<sup>7</sup>、1970年に日本初の人工衛星「おおすみ」を打ち上げ、1981年にはISAS 付属の鹿児島宇宙空間観測所となり、2003年にはNASDAとの統合に伴って現名称へと変更、M-V ロケットやS-520/310 ロケット等、観測ロケットが中心に打ち上げられる中、2016 年末までに計 405 機のロケットの打上げに活用されてきた。

<sup>7</sup> 宇宙研究科学研究所 HP 掲載「日本の宇宙開発の歴史」によれば、内之浦選定にあたっては、もともと東大生産技術研究所のあった秋田県岩城町道川海岸から別の射場を探索すべく、北海道百人浜、青森県尾鮫海岸、茨城県鹿島町・大洋村・銚子町等、和歌山県潮岬・梶取崎や宮崎県串間市も候補に検討が行われる中、諸条件を踏まえつつ、気象観測も視野に入れた場合の晴天率の高さや国有地ゆへの開発の容易性等もあり、内之浦が選定されることとなった。

図表 I-22 内之浦宇宙センター概略



(出典:JAXA「内之浦宇宙空間観測所パンフレット」より当行編集)

一般的に世界各国の主要射場の多くは平地に開設されていることが多い一方、日本国内射場は沿岸部ながら山間エリアの土地を切り開いて設立された場所に位置しており、諸外国の射場に比して山間部の開発や台地造成の費用負担等含め、開設にあたって多額の投資を実施してきたところにある。

両射場からの打上げは、漁場に囲まれた地域であることもあり、周辺の関係者に対する配慮・理解を得る必要から2011年4月までは年間打上げ可能期間を最大190日とした上で打上げを行ってきたところ、宇宙基本計画に基づく「自立的な宇宙へのアクセスを保証し、商業打上げサービスの国際競争力を向上」する観点から打上げ機会の増加を目指しすべく、2010年7月に「通年打上げを可能」とすることで妥結、これまでに比べてより多くの打上げニーズに応えられるための柔軟な体制を確保している<sup>8</sup>。

今後、数少ないロケット打上げ可能な国・地域である日本として、周辺諸国含めた他国政府や他国企業の衛星の打上げニーズを獲得していく上で、「打上げ希望者が好きな時に打ち上げられる」自立的な打上げ体制を整備していくことで、日本にとって新たなビジネスを取り込むことも可能になってくるものと思われる。

<sup>8</sup> 平成22年7月29日付文科省及びJAXAプレスリリース「種子島周辺におけるロケット打上げ期間等の見直しについて」

図表 I-23 打上げ期間

【現行の打上げ期間のイメージ】

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
打上げ期間		←(事前協議)→										
		当該年度の打上げ計画を協議										
			6/26 ～ 7/15	7/22～8/30				11/1～12/31		1/1～2/28		
			(特別期)	(通常期)				(特別期)		(通常期)		

【見直し後の打上げ期間のイメージ】

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
打上げ期間		←(事前協議)→										
		①当該年度の打上げ計画を協議 ②次年度の打上げ計画の概要を協議										
	打 上 げ 対 象 期 間											

(出典：JAXA プレスリリース「種子島周辺におけるロケット打上げ期間等の見直しについて」2010)

前述の NASDA 決算に翻ると、射場設備の維持更新含め、打上げ体制を確保する上で固定資産投資に加えて相応の維持・保全に係る費用負担が必要となってくるが、射点整備等<sup>9</sup>のハード面の負担はもちろん、打上げ体制を継続的に確立する上では、初期開発コスト負担に加えて様々な(ソフト面・ハード面含めた)維持コストが求められるため、政府や自治体、事業者の間における協力・支援や相互連携が今後も引き続き重要になってくるものと思われる。

また、図表 I-24 は基幹ロケットシステムにおける官民の役割分担イメージであるが、IHI エアロスペースや MHI といったロケット開発・打上げを請け負うプライム・コントラクターに対し、国側は JAXA を通じて、試験設備や管制機能含め、打上げ事業を現地で行うために必要な様々な機能を供給している。

今後、宇宙活動法成立以降のロケット打上げの民間事業化の流れの中で、様々な議論・検討がなされていくことになろうが、国・自治体や事業者等、打上げ事業に携わる関係者の間で円滑な協力・連携がなされ、各々が打上げ間隔の短縮等といった打上げ回数の増加を実現できる体制が構築されていくことが日本の宇宙産業の拡大のためにも望ましい。

<sup>9</sup> 射点系設備等保全運用作業に 14.4 億円、共通系施設設備等保全運用作業に 5.2 億円、射場系設備保全作業に 2.3 億円支出



図表 I-24 ロケット打上げに係る官・民の役割担当イメージ



(出典:内閣府宇宙政策委員会宇宙輸送システム部会 MHI 作成「新型基幹ロケット開発に対する考え方」2013)

図表 I-25 H3 打上げプロセス概要

■ 射場整備作業期間【注】の比較

■ H-IIAロケット: 53日(これまでの最短実績)



■ H3ロケット: H-IIAロケットの半分程度

【注】年間打上げ機数には、製造や運用面でも考慮する要素がある。

(出典: JAXA「2020年H3ロケットの目指す姿」2015)

(2) 日本の宇宙開発を担ってきた主要な宇宙関連企業

1. 本邦宇宙産業の歩み

日本のロケット研究は、戦前である1931年に陸軍、海軍でほぼ同時期に固体燃料ロケット開発が開始されたことに端を発している。その後、1935年頃から陸軍によって液体酸素とアルコールを推進剤とした液体燃料ロケットの研究もなされたが、終戦によって断絶している。

我が国における宇宙関連ビジネスの事実上の嚆矢は、1954年に開始された東京大学生産技術研究所の糸川教授らの研究チーム AVSA(Avionics & Supersonic Aerodynamics) 研究班による「ペンシルロケット」の研究開発である。ちょうど世界では、1957年のソ連による世界初の人工衛星「スプートニク」打上げに続き、翌年には米国によって人工衛星「エクスプローラー」が打ち上げられ、その後約20年にわたる米ソの熾烈な宇宙開発競争が幕を開けた時期である。

ペンシルロケットの計画は、より大型の後継機「ベビーロケット」に受け継がれた。地球観測に対する国際的要請の高まりを受け、続いてそれらの技術が応用された観測ロケットの開発

が行われることとなり、より大型で固体燃料を採用したカッパ・シリーズロケットが製造された。1958年のカッパ(K-6)型ロケットの開発以降、順次改良・大型化が進められ、L(ラムダ)、M(ミュー)等と発展を遂げた。また、SS-520をはじめ現在でも実用に供されているSシリーズの観測用固体燃料ロケットについても、1963年より順次開発され、南極におけるオーロラ観測や北欧の磁気圏観測等で大きな成果を上げている。

1950年代後半の米ソの人工衛星打上げ以来、両国の宇宙科学技術分野はめざましい発展を遂げ、先進各国でもこれに追随する動きが相次いだ。我が国でも、宇宙開発審議会の設置(1960)やNASDA発足(1969)等、国家施策として宇宙開発体制整備がなされ、人工衛星打上げを目途に、ISASによる科学衛星打上げ用ロケットとNASDAによる実用衛星打上げ用ロケットの開発が同時に進められた。実用衛星の開発は、米国企業の支援を受けながら、気象衛星をNEC、放送衛星を東芝、通信衛星をMELCOが各々開発を行っていた。

科学衛星打上げロケットについては、4度の軌道投入失敗を乗り越えて1970年にL-4S5号機により日本初の人工衛星「おおすみ」の打上げに成功し、旧ソ連、アメリカ、フランスに次ぐ4番目の人工衛星打上げ国となった。翌年には、1995年まで運用が続いたMロケットシリーズのミュー4Sが開発され、さらに打上げ能力を大幅増大した中型ロケットM-Vに発展した。M-Vは小惑星探査機「はやぶさ」の打上げ等で成果を残しつつ、2006年の打上げを最後に廃止されたが、後継として、H-IIAの固体ロケットブースターと旧M-Vの技術を組み合わせた小型固体ロケット「イプシロン」を開発し、2013年に初号機、2016年に2号機の打上げを成功させている。

他方、NASDAは、誘導制御機能<sup>10</sup>を付加した「Qロケット」計画を立ち上げ、MHIが中心となって日産宇宙航空事業部(現IHIエアロスペース)、石川島播磨重工業(現IHI)、NEC、MELCO、東芝、日立とともに自主開発に着手した。しかし、開発段階で要素技術は獲得できたものの、開発には多くの課題が伴い、予想以上の時間を要したこと等から、海外からの技術導入へと方針転換がなされ、米国の液体ロケット「デルタロケット」をベースとして新Nロケットを開発し、1975年以降、技術試験衛星(ETS)シリーズ等を相次いで打ち上げ、日本初の静止衛星打上げ等の実績を残した。

この頃から、衛星技術高度化の進行と気象、通信・放送等実用衛星の打上げ需要の高まりを背景に、Nロケットに引き続き、より大型の静止衛星に対応した打上能力強化と宇宙輸送系技術の基盤蓄積等を目途として1981年からH-Iロケットの開発が始まった。赤道からずれた地点でロケットを発射する場合、エンジンの噴射等で静止軌道に傾きを合わせて人工衛星を投入しなければならないため、その調整ができるようロケットの性能を向上する必要があったが、H-Iロケットは、その技術的な難しさを克服し、静止気象衛星「ひまわり」をはじめとした複数の実用静止衛星の打上げを行った。

---

<sup>10</sup> ロケットの方向や速さを正確に維持し、計画通りのコースを飛行させるための機能。

次いで、最重要部品であるエンジンも含めた国内自主技術での製造、国際水準費用による打上げ、多様なミッションへの対応等を目指し、H-IIロケットが開発された。エンジンの開発にあたっては、爆発火災事故等の困難があったものの、1994年に初号機が打ち上げられた。N-Iでは国産化率が53～67%であったが、N-II、H-Iの経験を経て純国産ロケットH-IIまで進歩を遂げた。

また、NASDAはH-IIロケットの開発と並行して、石川島播磨重工業(現IHI)、三菱商事、KHI、IHIエアロスペース、日本航空電子、富士重工業、国際倉庫の7社と米Lockheed Martinとの官民共同で、中小型衛星の打上需要増の増加を見込み、中小型液体ロケット「GXロケット」の開発・製造・打上を行う(株)ギャラクシーエクスプレス(GALEX)を設立し、GXロケットの開発・製造に着手した。当初は、米国の最先端技術を活用しつつ、LNGエンジンの国内開発による技術獲得を目指していたが、計画の遅れに伴う開発費の高騰や需要低迷等の中、鳩山政権下での行政刷新会議における事業仕分け検討の結果、2009年に開発中止となっている。GXロケット計画は志半ばで断念せざるを得ない状況となったが、JAXAとIHIは、LE-8エンジンの開発終了後も、その技術を基にイプシロンロケットの最終段やH-IIAクラスの大型ロケット等にも使える汎用性の高いLNGエンジンの研究を継続し、2012年にはNASAのLNGエンジンの性能を上回る製品の開発に成功し、基盤技術を確立させている。

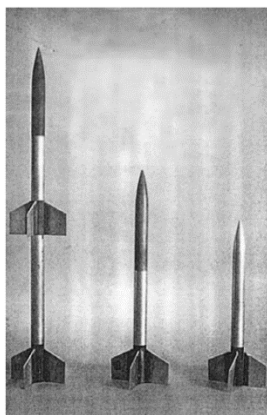
H-IIロケットについては、その後の日本国内における国産技術・ノウハウの蓄積を図る中で信頼性向上を実現し、2001年に次世代機H-IIA、2009年に打上げ能力を強化したH-IIBが開発され、打上げに成功している。その間、2002年にはMHIに対するH-IIAロケット標準型の民間移管がなされ、2003年には長らく宇宙開発を牽引してきたISAS、NAL及びNASDAの統合によるJAXA発足等、組織や体制面での大きな転換点を迎えた。

現在は、世界各国の民間市場からの受注を目指し、柔軟性・高信頼性・低価格の3要素を実現すべく、後継機であるH3が開発されている。同機の固体ロケットブースター等をはじめとした部品のほか、アピオニクスについても固体燃料ロケット「イプシロン」との共通化の検討を進めており、両基幹ロケットの開発における相乗効果の発揮が期待される。

これらの国家プロジェクトを通じて、宇宙機器開発に携わってきた本邦企業は様々な功績を残してきた。戦後日本初のロケットであるペンシルロケットは、富士精密工業荻窪工場での燃焼試験を経て誕生したものであり、同社は後にプリンス自動車工業、日産宇宙航空事業部へと姿を変え、現在のIHIエアロスペースとなっている。また、日本初の液体燃料ロケットであるN-Iは、NASDAがMHIとともに開発したものであり、現在のH-IIA、H-IIB、H3ロケットの開発につながっている。人工衛星についても、MELCO、NEC、東芝が1970年代の技術試験衛星(ETS)シリーズから研究開発に携わっており、現在では海外からの受注を受けるまでに至っている。このように、日本の宇宙開発の歩みは、日本の主たる宇宙機器企業における発展の歴史ともいえ、長い年月をかけて各社の貢献によって培われてきたものである。



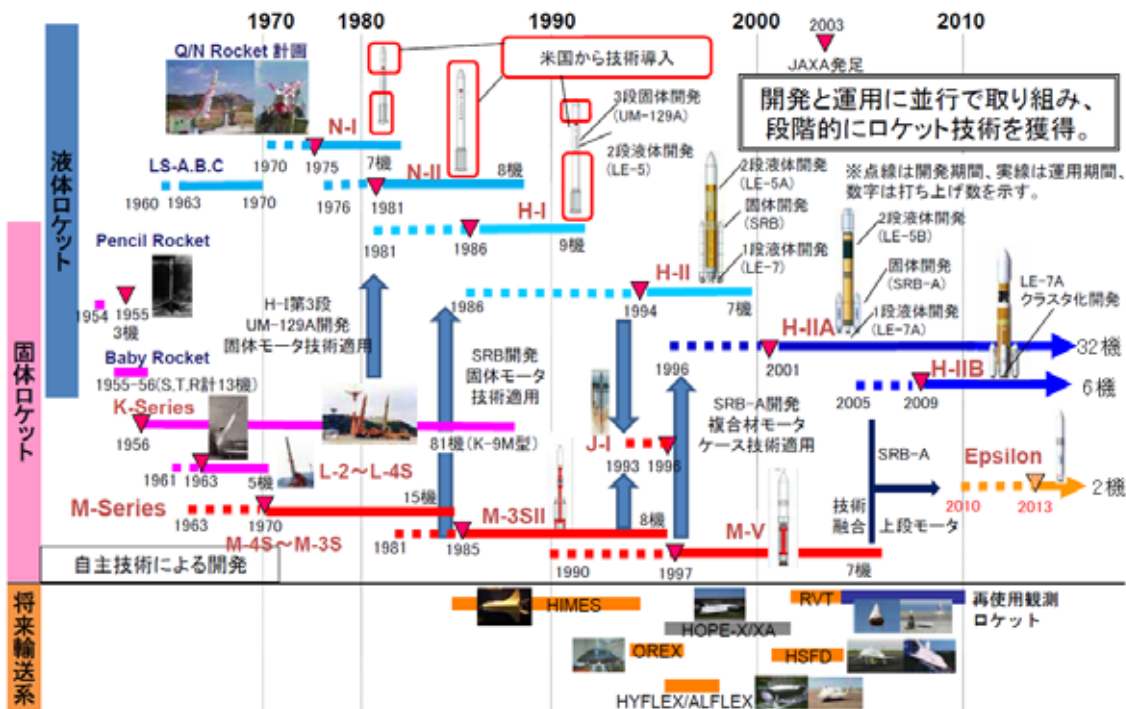
図表 I-26 初期のロケット(ペンシルロケットシリーズ)



ペンシル形式	2段式	300型	標準型
全長 (mm)	460	300	230
重量 (kg)	0.367	0.251	0.202
外形 (mm)	18	18	18

(出典: SJAC「日本の航空宇宙工業 50 年の歩み」2003)

図表 I-27 日本の宇宙輸送システム開発の歴史



(出典: 内閣府「宇宙輸送システム長期ビジョン参考資料集」2014 より当行作成)

図表 I-28 日本の人工衛星開発の歴史



(出典:総務省「宇宙分野における ICT 利活用の現状と課題」2016 より当行編集)

## 2. 技術力、特許

宇宙関連の特許出願に関しては、自社競争力の源泉たる技術が競合企業に晒されてしまうことを回避する観点から、企業によっては自社では特許出願せず、他社動向を把握しながら、侵害された場合に異議申立てを行う戦略を採用するパターンも存在する他、ロケットはミサイル等の国防技術に近接していることもあり、衛星ビジネスに比べると実際の特許出願数が少ない特徴を有している状況にある。

日本の宇宙技術開発を主導してきた JAXA の出願状況を他国と比較してみると、ロケット分野においては、米中が出願を控えている状況ながら、欧州勢(CNES、DLR)に次ぐ出願数を有する地位にあることが確認できることに加え、共同出願数が CNES と並んで抜きんでいる中、企業との共同出願が最も多いことから、企業と JAXA との間での連携によって日本の宇宙技術開発が図られてきたことが窺える。

こうした中、企業ベースでの出願数を見ると、欧米の最大手企業が軒並み上位を占める一方、ロケット分野では MHI 及び IHI エアロスペース、衛星分野では MELCO が上位に食い込む等、日本の宇宙開発をリードしてきた各社において技術力が蓄積されていることが窺える。特に衛星利活用の分野は日本企業の技術蓄積・向上が目立つ分野でもあり、衛星測位システム関連の特許出願に目を向ければ、スマートフォン用の GNSS(全地測位的衛星測位システム)機能チップのビジネスを Qualcomm や Apple、MediaTek といった欧米メーカーが市

場を席卷する状況ながら<sup>11</sup>、衛星測位システム関連の特許出願件数の上位企業に日本企業も多く、受信機能や信号処置の分野では欧米企業に軍配が上がるものの、誤差補正や高精度化といった分野では数多くの日本企業が技術を磨きながら特許を確保している状況にある<sup>12</sup>。

今後、宇宙機器産業における技術開発力やビジネス展開を日本としても進めていく上では JAXA やこれら既存プレイヤーに蓄積された技術や特許を活用しながら、民需開拓を進めていくことが求められるとともに、利活用分野では、多くの日本の民生機器メーカーが高い技術を持っていることから、これまで宇宙産業に直接参画する機会の少なかった、これら電子機器関連企業との連携が、衛星測位高精度化による新たなビジネス創出の場面等で期待されよう。

図表 I-29 各国の宇宙機関、政府による特許出願数の比較

分類	国・地域	機関名	ロケット	衛星機器	衛星利活用	共同出願件数	共同出願先の属性			
							企業	研究機関	大学	個人
宇宙機関	日本	JAXA	35	58	20	89	64	0	3	22
	アメリカ	NASA	17	5	4	10	4	0	0	6
		ESA		11	27	6	0	0	0	6
	欧州	CNES	26	185	123	124	61	15	2	46
		DLR	35	96	101	49	16	0	1	32
	韓国	KARI	72	149	65	18	2	2	7	7
	カナダ	CSA	0	3	2	0	0	0	0	0
インド	ISRO		19	0	0	0	0	0	0	
政府機関	日本	防衛省	1	1	5	4	4	0	0	0
		陸軍	3	0	1	2	0	0	0	2
	アメリカ	海軍	0	10	0	1	0	0	0	1
		空軍	0	1	5	0	0	0	0	0
		中国人民解放軍	0	0	5	0	0	0	0	0
	中国	中国人民武装警察部隊	0	0	1	1	1	0	0	0
		国防科学研究所	53	38	31	12	0	0	0	12
	韓国	大韓民国陸軍	0	0	1	0	0	0	0	0
		ロシア国防省	0	1	0	0	0	0	0	0
	インド	国防省	1	0	2	0	0	0	0	0

(出典:特許庁「平成 27 年度特許出願技術動向調査報告書(概要) 航空機・宇宙機器関連技術」より当行作成)

図表 I-30 主要分野別特許出願数ランキング上位 20 社

順位	ロケット	件数	衛星機器	件数	衛星利活用	件数
1	SNECMA(欧州)	277	AIRBUS OPERATIONS(欧州)	1,146	QUALCOMM(米国)	1,066
2	GULTYAEV A M(ロシア)	209	THALES(欧州)	658	THALES(欧州)	693
3	RAYTHEON(米国)	198	ASTRIUM(欧州)	625	セイコーエプソン(日本)	661
4	ASTRIUM(欧州)	198	BOEING(米国)	547	ASTRIUM(欧州)	384
5	BOEING(米国)	132	三菱電機(日本)	311	VIASAT(米国)	346
6	三菱重工(日本)	93	AIRCELLE(米国)	259	三菱電機(日本)	340
7	POLIMER MATERIALS RES INST(ロシア)	91	BELL HELICOPTER TEXTRON(米国)	250	韓国電子通信研究院(韓国)	339
8	IHIエアロスペース(日本)	88	韓国電子通信研究院(韓国)	216	SAMSUNG ELECTRONICS(韓国)	314
9	ISKRA RES PRODN ASSOC STOCK(ロシア)	88	HONEYWELL(米国)	198	LG ELECTRONICS(韓国)	272
10	UNITED TECHNOLOGIES(米国)	75	フランス国立宇宙研究センター(欧州)	185	TRIMBLE NAVIGATION(米国)	268
11	韓国航空宇宙研究院(韓国)	72	ENERGIYA ROCKET COSMIC CORP STOCK(ロシア)	179	INTEL(米国)	265
12	INSTRUMENT-MAKING DES BURUNITARY ENTERP(ロシア)	67	韓国航空宇宙研究院(韓国)	149	BOEING(米国)	190
13	LOCKHEED MARTIN(米国)	59	ハルビン工業大学(中国)	130	NOKIA(欧州)	188
14	BOLOTIN NIKOLAJ BORISOVICH(ロシア)	56	AIRBUS(欧州)	128	ALCATEL LUCENT(欧州)	180
15	ENERGIYA ROCKET COSMIC CORP STOCK(ロシア)	54	RAYTHEON(米国)	117	MEDIATEK(台湾)	150
16	国防科学研究所(韓国)	53	北京航空航天大学(中国)	116	BROADCOM(米国)	149
17	MBDA FRANCE(欧州)	49	LOCKHEED MARTIN(米国)	101	古野電気(日本)	139
18	GUL TJAEV ALEKSANDR MIKHAILOVICH(ロシア)	44	ドイツ航空宇宙センター(欧州)	96	ソニー(日本)	128
19	ALLIANT TECHSYSTEMS(米国)	39	AIRBUS DEUT(欧州)	84	北京航空航天大学(中国)	126
20	CHERNICHENKO VLADIMIR VIKTOROVICH(ロシア)	36	BAE SYSTEMS PLC(欧州)	82	フランス国立宇宙研究センター(欧州)	123

(出典:特許庁「平成 27 年度特許出願技術動向調査報告書(概要) 航空機・宇宙機器関連技術」より当行作成)

<sup>11</sup> 2014 年第 1 四半期出荷高ベースで 3 社合計 80%を占有。

<sup>12</sup> 特許庁「平成 27 年度特許出願技術動向調査報告書(概要)衛星測位システム」調査に基づけば、1994-2013 年における日米欧中韓露印における衛星測位関連の出願件数上位 20 社にセイコーエプソン、パナソニック、ソニーを初めとする日本企業が計 9 社入っており、高精度化分野では、上位 10 社に日本企業が 5 社入っている。

### (3) 主要な国内宇宙関連企業各社の取組

これまで述べてきた通り、国内宇宙産業は官需主体に成長してきた市場であることが理解できる。その中でロケット、衛星や宇宙利用サービスを担っていた企業が一定数に留まっており、その主たるプレイヤーは、量産化や汎用化等が見込め難い中でビジネス基盤を維持するのが困難な中であつた。しかし、国の求める最先端技術開発に応え続け、世界の大手宇宙プレイヤーに負けじと事業を展開してきたところにある。

また、技術力の高さや秘匿性が求められるため、これら主要企業を中心とした構図は容易に代えがたく、サプライチェーンに新たに参入するプレイヤーも少ない。その中、これら主要企業は、斯業界を担ってきた重要なプレイヤーであり、今後も日本の宇宙産業の発展を目指していく上で、これら企業の知見・ノウハウは欠かせない。そこで、これら企業の軌跡及び近年の取組を振り返りながら、そこから浮かび上がってくる斯業界発展にかかる課題や示唆を見出していきたい。以下で述べる企業については、各社が抱える課題やビジネスの現場の状況を伝えられるよう、各社へ実施したヒアリングを参考に記載している。

なお、ヒアリング時には、事業概要等に加え、宇宙機器産業に関してはサプライチェーンを構築する上での部品等を納入する協力企業を含めたサプライチェーンの状況やそれに係る課題認識を伺うとともに、近年活発化している小型衛星コンステレーション等の動きに対する認識・新たな取組の他、(JAXA を含む)国内産業振興の在り方にかかる考え方等も併せて設問事項に設けながら実施したものである。

#### 1. 宇宙輸送(ロケット製造、打上げサービス)

##### (ア) 三菱重工業株式会社(MHI)

###### ① 宇宙事業概要

MHIは1971年にNASDAとの間でN-Iロケットの開発に着手したことを契機に、宇宙分野へ本格参入を果たしている。開発当初はMcDonnell Douglasからロケット機体製造・取り纏めの技術を導入するとともに、Rockwell International(Rocketdyne 部門)より第1段エンジンの技術導入・第2段エンジン開発に係る技術援助を受ける等、米国からの技術導入を図りながら技術力を磨き、その後もN-IIロケットの開発やH-Iロケット開発を行う中で国産化率を高めてきた。1986年に開発が開始されたH-IIロケットでは完全国産化を目指して開発が行われてきた中で1994年に初打上げに成功、日本としてロケット開発にかかる全技術を獲得するに至っている。その後は、2001年より運用開始されているH-IIAロケット及び2009年より運用開始された(能力増強型)H-IIBロケットをJAXAとともに開発、両ロケットで2017年3月末までの間に計39回(うちH-IIA:33回、H-IIB:6回)の打上げのうち計38回成功し(H-IIA6号機のみ失敗)、世界でも有数の高い成功率(97.44%)で打ち上げ続けてきた。日本の誇る基幹ロケットとして日本の宇宙関連技術の高さを国内外に示すとともに、高い信頼度から海外顧客からの打上げ受注も得られている。

図表 I-31 H3 ロケット概要



(出典: JAXA「H3 ロケットの開発状況について」2016)

H-II ロケットまでは、MHI は JAXA に対するサプライヤーの立場で開発・生産に携わってきたものの、財政構造改革の流れを受けて技術移管が JAXA より MHI へ対してなされ、H-II A ロケット 13 号機より MHI がロケット製造から打上げまでの一貫したサービスを提供する、いわゆる打上げ輸送サービスを開始している（「民間移管」、H-II B ロケットでは 4 号機から MHI が打上げ輸送サービスを開始）。その結果、MHI が中心となってサプライチェーンの管理や打上げ作業を行っており、MHI における打上げ事業に係る知見ノウハウの蓄積が図られている。現在、H-II B ロケットでは最大 8t 級衛星の静止軌道投入や大型衛星 2 基同時打上げといった新たな需要・ビジネス獲得が図られているとともに、H-II A では商業衛星市場を取り込むべく能力向上型の H-II A204 が開発されている。

打上げ輸送サービス事業の拡大のため、国際会議への参加や個別に衛星オペレーターへの営業提案を行うなど積極的に営業活動を展開、これまで 4 機の衛星を海外顧客から受注できている。なお、海外顧客からの受注衛星は以下の通り:

- I …韓国 多目的実用衛星 KOMPSAT-3(2012 年、H-II A ロケット 21 号機)
- II …カナダ 通信放送衛星 Telstar 12 VANTAGE(2015 年、H-II A ロケット 29 号機)
- III …UAE 地球観測衛星 ハリーファサット(2018 年見込、H-II A ロケット)
- IV …UAE 火星探査機アル・アマル(2020 年見込、H-II A ロケット)

・ 生産体制及びサプライヤー体制

主に MHI で部品製造を行っているのは、H-II A 及び H-II B ロケットの第 1 段・第 2 段エンジン及び機体ケースである。SRB-A ロケットブースターは IHI エアロスペース、フェアリングは KHI といったように、いくつかの部品は外注を行っており、末端を含めたサプライヤーは 350 社程度とも言われている。



図表 I -32 工場作業風景(ロケット艙装組立)



(出典:MHI ホームページ)

H-II A 及び H-II B ロケットに関する主要拠点及びその役割は下記の通り。

長崎造船所: 姿勢制御用スラスタ

下関造船所: 駆動用ガスタンク(複合材)

広島 観音工場: タンクドーム(エンジンタンク上下の蓋)

神戸造船所: 打上げ施設設備、地上設備及び試験施設設備

名古屋誘導推進システム製作所・小牧工場: 1 段エンジン・2 段エンジン製造

名古屋航空宇宙システム製作所・大江/飛鳥工場(最大拠点): 組立

名古屋誘導推進システム製作所・田代試験場(秋田県): エンジン試験

種子島宇宙センター: 最終組立

各拠点及び協力企業から集めた部品を飛鳥工場にて組立・試験、船にて 3 日かけて種子島宇宙センターに輸送の後、最終組立を実施している。なお、エンジンについては小牧工場一度組み立てた後、田代試験所(土地は MHI、設備等は JAXA 所有)にて燃焼試験を実施し、飛鳥に送っている。

図表 I -33 関係事業所地図



(出典：MHI ホームページ)

サプライヤーの選定に際しては、他産業と同様に技術力・コスト・納期遵守などを重視している。年間の打上げ機数を維持・拡大できないと既存サプライヤーが撤退することが事業リスクであり、安定した政府衛星の打上げ機数の確保、および民間の営業努力による商業衛星の獲得などが必要であり、事業拡大により新規サプライヤーの参入、また連携等が期待できる。

また、大江近辺の航空機サプライヤーに一部の部品生産を依頼するなど、航空ネットワークを生かしながら生産できている面もあり、ロケット開発生産の裾野を広げていく上でも、新規参入サプライヤーとの連携等も将来的には期待される。

## ② 事業戦略及び今後の方向性

MHI は今後も基幹ロケット開発・生産に注力していく方針であり、現在は H3 ロケットにおける量産化やコストダウンを進めようとしている。現行の H-Ⅱ A/B ロケットの強みである「高い信頼性」に加えて、国内外の潜在顧客に対して遡及できる「競争力のある価格」及び「打上げスケジュールの柔軟性・確実性」を実現できる新型基幹ロケットの開発を目下進めている。特に、これらを進めていく上で重要となるのは抜本的なコストの削減であり、そのためにも、電子部品をはじめとする民生品の活用や、システムのもジュール化によるライン生産の実現・部品点数削減も検討されている。また、顧客のニーズに対する柔軟な対応を可能とすべく、射場の機能点検や打上げ後の補修・点検等に要していた日数を大幅に削減し、現行の H-Ⅱ A/B ロケットの打上げ間隔を半分程度まで縮減していく予定である。それに向けて、機体組立における結合方法の簡素化や点検作業の自動化等を行いながら、今もプロセスの見直しを通じて着実に日数縮減が進められているところにある。

H3 の開発に加え、MHI として事業の自立性を保つためにも、打上げ回数を増やし、収益機会を獲得する上でも海外需要の取り込みは非常に重要であり、引き続き、海外政府・企業への営業を

継続していく方針にある。

新型基幹ロケットによる自立性確保や国際競争力の強化のためにも、産業基盤の確立・整備及び事業環境・インフラの整備は重要である。民間側での営業努力を継続しつつ、政府やJAXAによる方策（技術基盤強化、アンカーテナンシー、射場老朽化対策等）を働き掛けており、宇宙機器産業の裾野の広がりを期待している。

#### （イ） 株式会社 IHI エアロスペース

##### ① IHI エアロスペース概要

IHI エアロスペースは、1924 年設立の中島飛行機発動機工場（現在の東京都杉並区荻窪）がルーツである。1945 年、終戦とともに軍需から非軍需産業への転換を図り、富士産業に社名変更した後、1950 年に富士精密工業として分離独立し、1953 年に東京帝国大学の糸川英夫博士とともにロケット飛翔体の研究に着手した。そして今や我が国を代表するロケット飛翔体の開発及び製造の総合メーカーとしての地位を確立している。

1954 年にプリンス自動車工業を吸収合併、1966 年に日産自動車と合併し、ロケットを主とする宇宙・防衛部門である日産自動車宇宙航空部（のち、宇宙航空事業部）が発足し、荻窪工場を拠点として事業を継続していくこととなった。1999 年の日産自動車と Renault との資本提携後の翌年、2000 年に IHI（当時、石川島播磨重工業）に事業譲渡されたことで IHI エアロスペースが発足した（IHI100%子会社）。主力工場である富岡事業所は事業譲渡前の 1998 年に竣工されている。

現在では、科学観測ロケットや実用衛星打上げロケットあるいは防衛用ロケットなど、多くの分野で活躍している他、今まで培ってきた技術力を背景に、宇宙ステーションをはじめ、ジェットエンジン用 FRP 部品、ロボットシステムなど新たな分野にも対応している。

##### ② 宇宙輸送事業概要

IHI エアロスペースは日本国内で運用しているすべてのロケットに参画している。固体燃料ロケットであるイプシロンロケット、H-II A/H-II B ロケット用の固体ロケットブースタ（SRB-A）や科学観測、各種実験に用いられる S-310、S-520、SS-520 ロケットの開発、製造を行っており、H3 ロケット用の新型固体ブースタ（SRB-3）等の開発にも参画している。また、ロケット姿勢制御用ガスジェット装置や人工衛星用の各種推進装置の開発・製造も行っている。なお、固体燃料ロケットは温度耐性が重要であるため、ロケットモータに使用される FRP（繊維強化プラスチック）や C/C 複合材料（Carbon/Carbon Composite（炭素/炭素複合材料））の耐熱材料の研究、開発、製造も行っている。

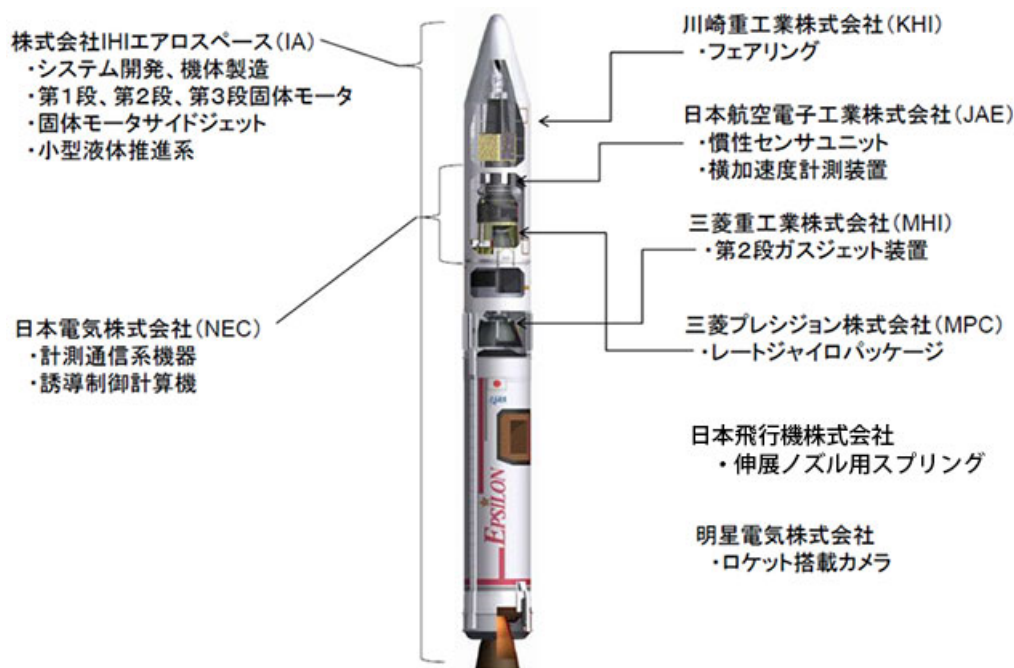
以下に IHI エアロスペースの固体ロケットを代表するイプシロンロケットの概要について紹介する。イプシロンロケットは新時代の固体燃料ロケットで、小型衛星を効率的に打ち上げることを目的としている。M-V や SRB-A を代表する、これまでに日本で培ったロケット技術を適用し、信頼性の高い機体とするとともに、新時代の地上点検システムや、衛星投入精度向上、衛星搭載環境緩和のための技術を新規に投入し、衛星ユーザーが使いやすいロケットとしている。IHI エアロスペースはこの新し



いロケットの設計、製造のメインコントラクターとして、システムインテグレーション、コンポーネント開発に携わっている。2013年9月、試験機の打ち上げに成功し、2016年12月には、打上能力向上、衛星包絡域拡大、実機コスト削減を目的とした強化型である2号機の打ち上げにも成功した。強化型の3号機は2017年度に打ち上げ予定である。また、イプシロンロケットは、今後の100Kg以下の小型衛星の打ち上げ需要への対応のための開発やH3ロケットの固体ロケットブースタ等の共通化によるシナジー開発などが計画されている。

イプシロンロケットは、ロケットの技術・製造基盤の共通化を図るために、フェアリングはKHI、第2段ガスジェット装置はMHI、各種電子機器はNECスペーステクノロジーなどの、H-IIA/H-IIBロケットと同じメーカーが担当している。現在のイプシロンロケットの事業主体はJAXAとなっており、JAXAが発注した上記コンポーネントの支給を受け、組立・点検、打上作業を行っている。H3ロケットの開発においては、国際競争力向上を目的として、モーターケース製造などに省人化の取り組みを始めしており、イプシロンロケットへの適用も進める計画である。

図表 I -34 イプシロンロケット製造担当部位模式図



(出典: JAXA ホームページ)

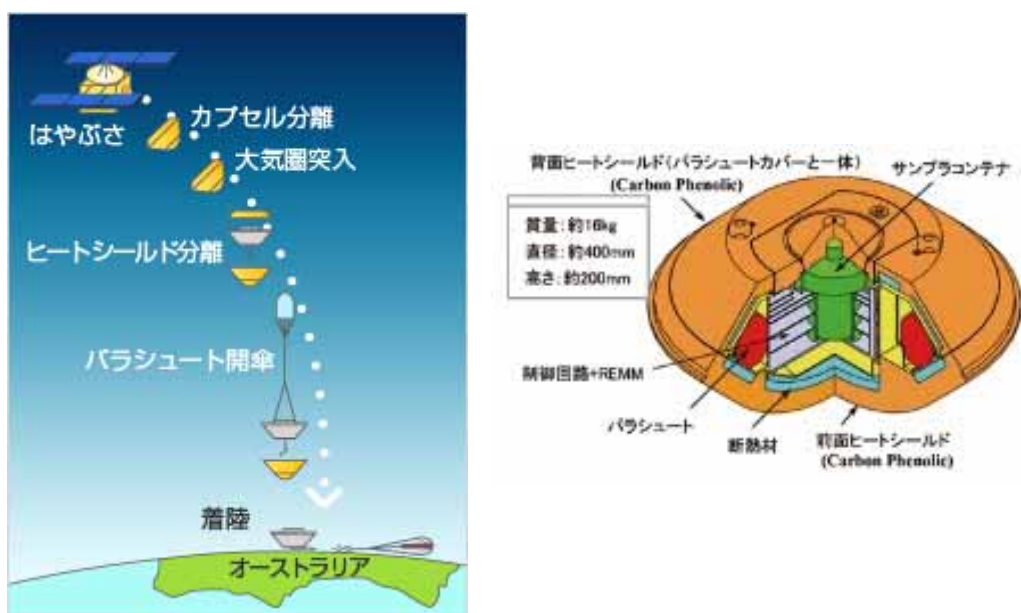
### ③ 現状の課題と今後の方針

IHIエアロスペースはJAXAと共同で2010年6月に地球に帰還した小惑星探査機「はやぶさ」の再突入カプセルの開発を行った。この成果をもとに2014年12月打ち上げの次期小惑星探査機「はやぶさ2」にも同様の先端技術を採用しているが、なかなか量産化につながらず、技術の維持が課題となっている。ロケットの開発・運用技術も同様で、繰り返しの運用と適切な周期での開発・生産が不可欠である。

国内の宇宙開発・利用にかかわる政府予算の制約から、海外打上げ需要の獲得による宇宙事業の拡大が求められている。しかしながら、打上げ手段を保有する国家は、自国の衛星打上げには自国のロケットを使用することを前提としており、商業市場規模は限定的である。IHI エアロスペースにおいても、アジア圏を中心に新興国向けの地球観測衛星の打上げサービス受注活動を推進しているが、現時点では受注に至っていない。商業市場での受注には、成功実績の積上げと打上げサービスの低価格化が重要と考える。

民間企業による宇宙開発を後押しするための宇宙活動法などの宇宙関連2法案の成立により、宇宙産業振興の環境が整備されつつあり、新規プレイヤーによる小型衛星を活用した新しいソリューションビジネスが活性化してきている。このような状況下、IHI エアロスペースはロケット開発・生産の主契約企業として、世界トップレベルの技術を有しており、新規プレイヤーと組むことにより、新たな挑戦も可能であると考え。

図表 I -35 「はやぶさ」再突入データ収集カプセル模式図



(出典: JAXA ホームページ)

(ウ) 川崎重工業株式会社 (KHI)

① 宇宙事業概要

・ 宇宙事業沿革

1971年にNASDAより、音響試験装置や種子島の射場設備の製造を受託したことをきっかけに、宇宙分野に参入した。その後、1990年代になって、航空機産業で培った技術(構造設計や流体力学等)・インフラ・設備を生かしH-IIロケットのフェアリングを担当している。

フェアリングは大気圏飛行中に衛星を守る役割を果たし、瞬時に分離できる・大型・軽量・高強度等の高度な技術が必要であるが、KHIは成功率100%の信頼性を有する。

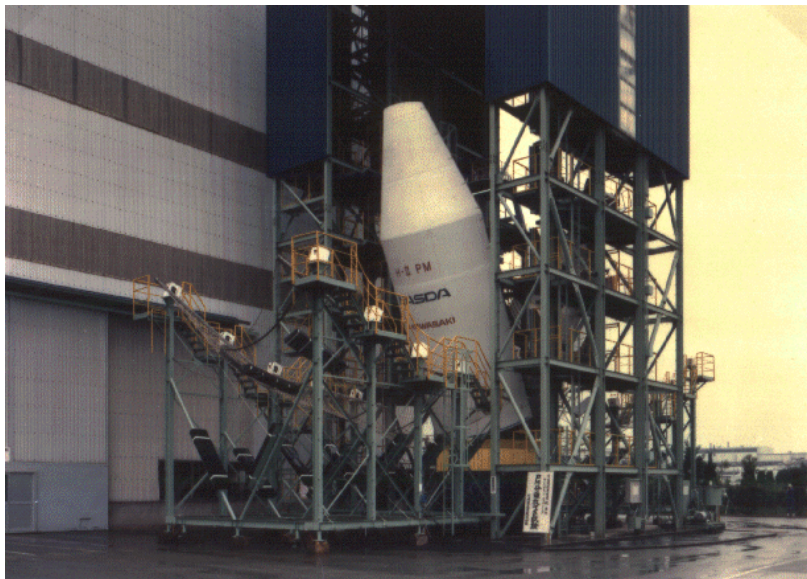
- ・ 事業内容

H-II A・H-II B・イプシロンロケットのフェアリング及びH-II Aロケットの衛星分離部製造を独占的に実施。その他、測地衛星あじさいや宇宙ステーションのエアロック等機構系、帰還カプセル用熱防護系(素材:アブレータ)などの製造も行っている。

大型の衛星フェアリングは高い技術力を要するため、製造できるのは世界でも数社程度とみられており、大型の設備投資が必要であることから新規参入が難しい分野。KHIは航空用設備の転用等により諸条件をクリアしている。

KHIは、世界標準と比べ分離時の衝撃が半分以下となる分離機構を開発しており、衛星開発費の低下につながる(衛星に加わる衝撃が低減されるため)。但し、海外へのフェアリングの販売を検討したものの、製造原価に対して輸送費が大きいため輸出が難しく、また、国策として外国企業の参入が制限されることがあるため、外国製品が割り込む事が難しい。

図表 I-36 フェアリング(開頭試験)



(出典:KHI 技報 第142号)

- ・ デブリ関連

宇宙デブリの問題が顕在化している現状を踏まえ、量産が望めるデブリ除去ビジネスへの展開を企図している。デブリ除去にはセンシング(デブリの大きさや形状、運動を把握する)、ロボット(デブリを捕まえる)といった他部門の技術が必要となってくるが、総合重機メーカーとしての強みを生かし他部門との連携で解決する予定にある。但し、デブリ除去は、衛星ユーザーにとっては余計なコストとなるため、まずは国際ルールの更なる整備が必要となってくる。

- ・ 生産体制

フェアリングは岐阜工場にてパーツ組立を実施(1年)。その後播磨工場に陸送し、最終組立及び試験を行い(1年)、射場には船にて輸送される。フェアリングは長さ16m 直径5mと巨大であり、陸送が困難であるため、岐阜工場に集約せず、臨海部にある播磨工場で最終組立を行う。その他製品については岐阜工場で開発・製造を実施。人員配置に関しては、航空と宇宙の間で設計部門では分かれているが、生産部門では両事業部間で共有されている。

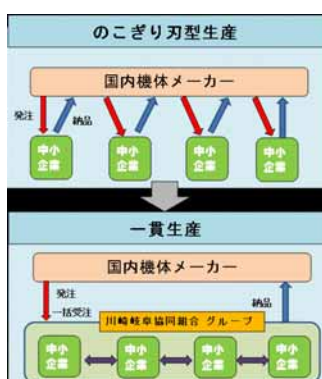
フェアリングは搭載する衛星毎に仕様が異なり、どの位置の衛星搭載機器にアクセスするかなど、ほぼオーダーメイドであるため、計2年リードタイムとして必要。但し、オーダーメイド部分の仕様決定時期は、H3ロケットのフェアリングでは打上げ4か月前でも対応可能としている。一方、コストダウン、リードタイム短縮は難しく、海外メーカーも同様の価格、リードタイムとみられている。

H3ロケットのフェアリング製造開始を見越し、複合材の設備を導入。航空部門のB787製造の技術を生かし、アルミから複合材に材料を変更している。

#### ・ サプライヤー体制

サプライヤーの大半は航空関係のサプライヤーでもあり、航空機の仕組みを宇宙に活かすという発想。そのため、のこぎり型の発注をやめ、一括発注を実施している。

図表 I-37 川崎岐阜協同組合による一貫生産連携体制(航空機事例)



(出典:KHI資料)

サプライヤーの選定基準は要求仕様、納期、価格、技術力(過去の製品・類似品)、品質保証、製造能力(経験・技術)、支援体制(終了時・不具合時のサポート)の7つであり、一般的なもの。ただし、スペックが高いため参入障壁になりがち。例えば下請け工場で作っている、現行フェアリング先端部の薄い半球状の形を作るのに必要な「へら絞り」には非常に高度な技術水準が求められる。

## ② 事業戦略及び今後の方向性

### ・ 事業戦略

新規ロケット開発に参入の機会があれば、海外への売り込みも図っていきたいと考えているものの、H3ロケットのコストダウン対応が当面の課題となっている。一方で、現時点はまだ事業規模が大きくないものの、フェアリング以外の事業分野の拡大も考えており、自社の持つ熱防護技術や固体モーター

タ技術、伸展トラスなどの機構技術を生かした宇宙探査分野、またデブリ除去を足掛かりとしたサービス分野などの展開も考えている。

- ・ 今後の方向性

フェアリング製造のための高い技術力の維持が課題である。また、今後デブリ等新規事業を開始する場合は、対象物を検知するセンシングや画像処理の技術やデブリを掴むロボット技術といったシステム系の人材が必要になる。

H3 ロケットの製造が開始すれば、サプライヤーとしてコスト減が強く求められるようになるが、それをカバーするためには打上げ回数を増やす必要があり、そのために打上げ回数引き上げに必要な政府支援策等も今後、検討・遂行されていくものと思われる。

## 2. 人工衛星

### (ア) 三菱電機株式会社(MELCO)

#### ① 宇宙事業概要

- ・ 宇宙事業沿革

1960年代からインテルサットⅢ号機の搭載機器の製造を行っていたが、1969年にNASDAが発足したことに伴い、宇宙衛星分野に本格参入した。海外技術のキャッチアップを行い、1980年代より自主技術を確立させた。更に、静止衛星用標準プラットフォームDS2000の開発に伴い、2000年代後半より海外市場に本格進出した。

政府系実用衛星に関しては1990年の日米衛星調達合意に基づき、海外からの衛星輸入が主流となった中、MELCOでは現在、各種中大型衛星、衛星搭載用電子機器及び宇宙望遠鏡等地上設備を製造している。また、トルコ・シンガポール等海外からの受注も多いことに加え、衛星搭載機器の販売はほぼ100%海外向けであり、欧米の衛星メーカーに対し納入している。具体的には、これまでに国内外の約60機の衛星システムと約500機への機器納入実績がある。

- ・ DS2000

データ中継技術衛星こだま(DRTS)と技術試験衛星Ⅷ型きく8号(ETS-VIII)を原型として開発された、通信・測位・観測全てに使用可能な標準衛星プラットフォームである。2006年打ち上げに成功した実用衛星ひまわり7号(MTSAT-2)に採用されたことを皮切りに(6号までは海外製)、以降国内外からの受注を獲得している。例えば、通信衛星の場合、顧客ニーズに応じて電波の周波数や照射エリア(カバー範囲)や太陽電池パネル枚数(必要な電力に応じて調整)といった部分を変更するが、コア部分に変更しない。世界の主要なロケットに搭載できるよう設計されている。軌道上での運用は安定しており、その信頼性の高さはユーザーから高い評価を得ている。



図表 I -38 DS2000



(出典：MELCO ホームページ)

特に、MELCO は DS2000 を主力製品として展開しつつ、国外市場でも海外製に対抗しながら着実に国際的な衛星ビジネスでの地位向上を図っているところにある。政府実用衛星における競争入札において国外企業に打ち勝って契約を獲得した「ひまわり 8 号」「ひまわり 9 号」は DS2000 を衛星バスに採用することでコストダウンを図りながら、世界初の採用となる「可視赤外放射計 (Advanced Himawari Imager、AHI)」と呼ばれる次世代気象観測センサーを搭載し、高性能化を実現している。AHI の搭載によって観測バンド数が増加するとともに、解像度は従前までの 2 倍に向上、これによって特定の気象現象(例：台風や積乱雲等)を細かに観測することができるようになり、かつ、日本のみならずアジア・太平洋 30 以上の国・地域にも観測データを提供できている。

また、MELCO が本邦衛星メーカーとして初めて受注した海外衛星 ST-2 にも使用されている他、トルコ国営衛星通信会社 Turksat Satellite Communication, Cable TV and Operation Inc. Co.が初めて欧州メーカー以外から調達した2機の通信衛星「TURKSAT-4A/4B」に関しては、DS2000 を衛星バスとして採用することでコストダウンを図るのみならず、当該衛星納入に際し、打上げサービスや打上げ保険も含むことで自らの製品サービスをパッケージ化している。これら付随サービスを含む契約は「フルターンキー契約」とも呼ばれるが、国際市場で欧米勢に対抗していく上でも必要な戦略であり、ハード面の開発のみならず、ソフト面でのサービス多様化を図ることで国際的な競争力を確保・構築しつつあることが窺える。

- ・ 生産体制

鎌倉製作所(神奈川県鎌倉市)で衛星関連、通信機製作所(兵庫県尼崎市)にて地上設備の製造を行っている。衛星の総組立ておよびシステム試験に通常1年以上かかることから、並行生産能力は最大 10 機/年。衛星市場は規模が小さく、特殊な産業(部品によっては特定メーカーが独占的に世界中に供給している場合もある)であり、いわゆるクラスター化の事例は見られない。

一方、MELCO は近年、国内外の競争入札に勝ちながら衛星受注を獲得できている中で、今後は国内衛星に加えて更に一層、前述のような海外衛星事業者からの受注を進め、宇宙システム事業の売上高を約 1,000 億円から 2021 年に 1,500 億円へ伸ばしていく計画となっている。事業拡大を目指すにあたり、鎌倉製作所に約 110 億円を投じて「新衛星生産棟」を建設(2019 年 10 月稼働予定)し、生産能力を増強(並行生産機数 10 機→18 機)するとともに、工期を縮減するための IoT 技術を活用した生産性改善を計画している。

## ② 事業戦略及び今後の方向性

今後は海外大型商用衛星需要が引き続き年 20 機前後で安定的に発生すると予想している。引き続き中大型衛星の需要獲得を目指す。

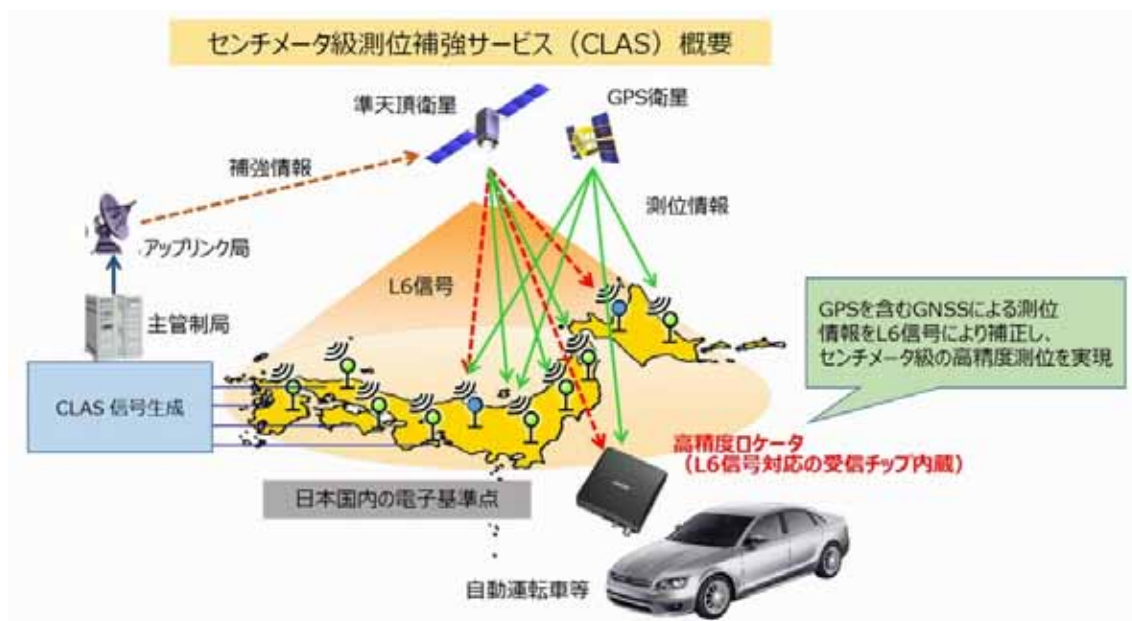
小型衛星に関しては動向を注視しつつも、衛星も地上設備も保有している事業者からすれば、コストが安い方を選択するため、現時点では光ファイバー等の地上の事業者を競合として認識している。しかしながら、今後拡大が予想される航空機等のモバイル通信については、地上設備での代替は出来ないため、衛星需要の拡大が見込まれる。

なお、MELCO が抱える課題として、衛星部品の大半は海外製であり、商用衛星はメーカー選定(発注)の際に実績が重視されることから、内製化や国産化が進んでいないことにある。加えて、単発部品であるため採算性が合わず取り組む事業者がいないことや、技術的ハードルが課題にもなっている。

また、MELCO にとっての収益面での貢献は未知数ながらも、衛星情報を用いた GLAS(センチメートル級測位補強サービス)の利用産業への展開検討も実施している。MELCO の製造する準天頂衛星「みちびき」には、GPS 衛星の信号の補完と補強の役割があり、GLAS は、衛星等からの測位情報の精度を向上するため、あらかじめ正確な位置が割り出されている場所(電子基準点等)のデータを利用して補正情報を算出し、現在位置を正確に求めるための情報を準天頂衛星「みちびき」から送信するというサービスである。MELCO は、衛星の製造のほか、NEC と共同で地上設備の整備と維持管理も担っている。2018 年には 4 機体制で運用を開始し、最終的には 7 機体制になるとされていることに加え、準天頂衛星から得られるデータについて用途の多様化が図られていることから、今後産業界において、利活用分野の拡大等が想定される。



図表 I -39 CLAS 概要



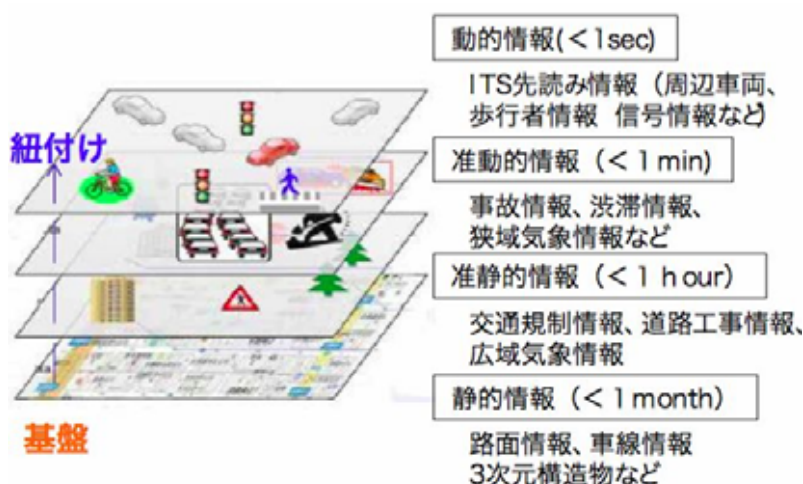
(出典: MELCO 広報発表資料)

CLAS に用いられる準天頂衛星の運用は PFI スキームで実施され、初号機を含めた 4 機の運用は、準天頂衛星システムサービス株式会社 (QSS) が行うとしている。NEC が総合システムの設計・検証と準天頂衛星システムの運用、MELCO が衛星製造を担っており、地上設備の整備と維持管理については MELCO と共同で行う仕組みとなっている。

QSS は、民間企業約 220 社<sup>13</sup>が準天頂衛星の利活用を目的として設立した高精度衛星測位サービス利用促進協議会 (QBIC) とともに実証実験を行ってきた。また、今後の更なる利活用促進のため、QSS と QBIC は道路交通、土木建設、地図作成等の取組主要分野について連携を進めてきた。主要取組分野のひとつである、準天頂衛星からのデータを利用した詳細な三次元地図「ダイナミックマップ」の作成は、日本政府が 2020 年の実用化を目指している自動運転車の実現に必須とされている。ダイナミックマップは、地物の情報だけでなく、事故・渋滞・工事規制等の時系列で変化する情報も取り込んだ高精細なデジタル地図を指し、その作成・整備の事業化検討を目的として MELCO のほか自動車業が出資する新会社が 2016 年に設立され、自動走行の他にも幅広い分野への展開を目指すこととしている。

<sup>13</sup> 高精度衛星測位サービス利用促進協議会「会員一覧」 <http://www.spac.jp/media/pdf/qbic/list/01.pdf>

図表 I -40 「ダイナミックマップ」の概念図



(出典：内閣府戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)「自動走行システム研究開発の取組状況」2016)

(イ) 日本電気株式会社(NEC)

① 宇宙事業概要

NECの宇宙事業は、古くは1956年のISAS向けテレメトリ送受信装置の納入に始まり、日本初の人工衛星「おおすみ」を開発、探査機「はやぶさ」、通信衛星「きずな」や観測衛星「しずく」等、様々なタイプの衛星・探査機の開生産を手がけ、最近では光学観測衛星 ASNARO に続くレーダー衛星「ASNARO2 号機」の開発にも携わる等、約60年の歴史を有する。また、衛星のみならず、地上システム、センサーや通信装置等の搭載機器の開発製造も担っており、衛星搭載機器については、北米、欧州、アジア向けの衛星へ搭載される等、海外への輸出にも携わっている。

1967年の宇宙開発本部設立以降、衛星機器開発を主とする宇宙事業を本格化、衛星に留まらず、衛星ミッションシステムや地上システムの開生産も手がけてきた。2001年に通信に強いNECと大型構造物・制御に強い東芝とのシナジーを目指しNEC 東芝スペースシステム((株)東芝における宇宙事業撤退に伴い、2015年5月にNEC100%出資子会社のNEC スペーステクノロジー(株)へ変更)を設立した。2008年にはNEC内に宇宙システム事業部を設立し、NECが全体的なシステム設計を手がけ、NEC 東芝スペースシステムがコンポーネントの詳細設計・生産を手がけながら、両社一体となってNECの宇宙事業の運営が図られてきた。

NEC宇宙事業の売上は、衛星受注量等の増減により毎年変動はするものの、数百億円規模の売上が経常的に創出されている。売上の半分近くが国内衛星事業となっており、地上システムは約3割前後、海外向けコンポーネント輸出は2~3割前後と言った状況にある。

搭載コンポーネントの海外輸出実績では本邦企業の中でも群を抜いており、1970年以降、世界シェア5割以上を担った地球センサーやトランスポンダ(衛星中継器)を中心に7千ユニット以上、計250機以上の海外衛星に輸出されてきた。顧客からもQCDの面で高い評価を得て、毎年のように受賞しており、信頼を得ている。

地球センサーは恒星センサーに世代交代となったものの、通信機器においては依然強みを有する中で周波数変換器や低雑音増幅器等、世界シェア 2-3 割を超える製品も揃えており、引き続き、海外衛星へのコンポーネントシェア拡大を進めている。また、通信コンポーネントだけでなく、通信ペイロードとしての提供も複数の衛星に対し行っている。

衛星開発についてはロケット同様、かつて欧米からの技術導入を受けながら、技術力向上・国内衛星開発を図ってきた。初代静止気象衛星については、NEC が主契約者として開発を進める中で Hughes Aircraft(現 Boeing Satellite)から衛星を購入、2 号機以降で機器の内製化・国産化を進めながら自社衛星開発能力を培ってきた。

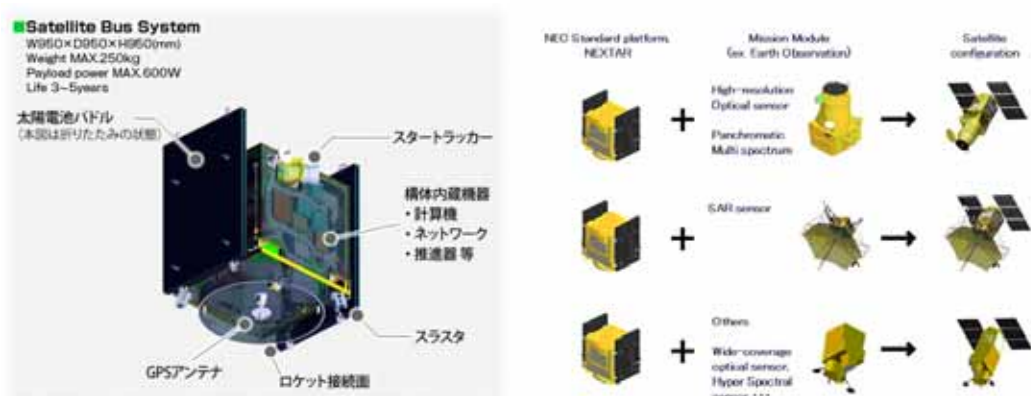
日本初の衛星である「おおすみ」から手がけ、「はやぶさ」に代表される科学探査衛星、「きずな(WINDS)」に代表される通信衛星、「だいち(ALOS)」、「しずく(GCOM)」に代表される地球観測衛星等、幅広い領域の衛星において、小型衛星から大型衛星まで幅広く対応を進め、開発した衛星数は、国内随一の実績を誇る。

衛星の規模面に関して言えば、NEC は中小型に強く、小型衛星バス「NEXTAR300L」シリーズとして、2014 年打上げの ASNARO-1(光学衛星)、2017 年に打上げ予定の「ASNARO-2(レーダー衛星)」は小型、軽量、低コスト、高分解能を両立させている。

・ NEXTAR

下記に述べる ASNARO 計画が目指す「短納期・低価格」を実現する上で、「これまでの衛星開発ではシステム全体最適を目指す為に個別の衛星毎にゼロから設計が行われている状況」を打開すべく、共通部の標準化を図るため「衛星バス」として、NEC が開発した「NEXTAR」では「データ制御・姿勢制御・ミッション制御」といった目的毎にこれまで設置されていた計算機の標準化・統合も行うことで小型化を実現している。なお、開発費としては ASNARO-1 では開発期間 5 年にわたって約 90 億円が投入されている。

図表 I -41 NEXTAR



(出典:NEC ホームページ)

- ASNARO

ASNARO は、経産省主導の下、短納期、高性能、小型かつ低価格の地球観測衛星を開発することで、日本の宇宙産業競争合力を高めることを目的として、2008 年に NEDO(新エネルギー産業技術開発機構)の事業として計画始動(2010 年より経産省に移管)、NEC が開発の主契約者、運用はパスコが担う形で進められてきており、2014 年に光学センサーを搭載した 1 号機を打ち上げ、運用開始した。レーダー衛星(ミッション部は MELCO 製)となる 2 号機は、2017 年に打上を予定している。いずれも衛星バスには NEXTAR300L が採用されており、高性能・小型・低コストを実現している。

図表 I-42 ASNARO 概要

	ASNARO-1	ASNARO-2
衛星概観	地球観測衛星 (光学) 	地球観測衛星 (レーダ) 
開発企業	日本電気	日本電気・三菱電機
性能	分解能 0.46 m (光学) 観測幅 10 km 質量 450 kg	分解能 1.0 m (レーダ) 観測幅 10 km 質量 550 kg

(出典:経済産業省「ASNARO プロジェクトについて」平成 28 年 6 月)

- 業務体制

宇宙関連の人員は、NEC 宇宙システム事業部及び NEC スペーステクノロジー合わせて約 1000 名強の陣容に加え、その他に複数の事業部、分身会社も含め構成されている。

事業拠点は府中事業場(23,000 m<sup>2</sup>)及び相模原事業場(7,000 m<sup>2</sup>)となっており、前者は衛星及び搭載コンポーネントの設計・生産、後者は太陽電池パドル等の生産を中心に担ってきた。主力の事業遂行機能は府中に置かれ、相模原には生産部隊中心に在籍し、製造・試験を主に手がけているところにある。

その他、宇宙事業の営業部隊は田町地区に在籍、関係する他事業部とも連携を図りながら、事業推進が図られている。

また、最近では、NEC グループ内での宇宙事業拡大・サービス拡充等を図るべく、コンピューター、通信、ネットワーク技術をリードする大手電機メーカーとして有している社内リソースとの融合を図るべく、ビジネスイノベーション統括ユニットとの連携しながら、NEC の他部門と協力しながら宇宙関連ソリューション/サービスの拡充等を検討しているところにある。

## ② 事業戦略及び今後の方向性

NEC では、通信機器を中心とした搭載コンポーネント商用市場でのさらなるシェア拡大と、小型観測衛星の拡販を進めている。

一方、これまでの宇宙機器の開発・生産のみならず、利用分野の市場拡大に貢献すべく、宇宙機器メーカー自らが利用を促進する取組をしていく必要があるとの認識の下、「ソリューション・サービス」を掘り起こすべく、宇宙利用産業への進出・事業推進の検討している。上記に述べる社内の他部門との連携はもちろん、社外の民間企業とも企業規模の大小に関わらず、可能性を取りこぼさないためにも、発想が柔軟なベンチャー企業含め、宇宙系に限らず、非・宇宙系企業とも連携しながら、サービスの可能性を模索する等、この数年で本格的に動き出しているところにある。

また、NEC は AI や認証技術等の ICT 技術に強いことから、衛星の観測画像の識別等の面でも付加価値を出していきたいと考えている他、ビッグデータ処理等も絡ませながら、宇宙×ICT の枠組で成長を図っていききたいと考えている。

一方、宇宙機器産業においては、一部の特殊部品を欧米に握られ、日本企業が自社で衛星を開発し、納期短縮やコスト削減を進める上での弊害となりうるため、本来的には欧米勢によって賄われている部品の国内開発・生産ニーズはあるものの、他産業の製品と異なり、放射線耐性等の高性能へのキャッチアップが求められながらも数量が捌けず、国産メーカーが担うには市場が小さすぎることもあり、国産メーカーが部品生産に参入できる機会が限られている面もある。ベンチャーとの協業可能性については、試作品や試験装置等では連携可能性はあるものの、宇宙へ打ち上げる衛星等へのコンポーネント搭載となると、斯業界における生産ライン整備や信頼性の実績が必要となるため、宇宙利用面に比べれば協業の余地は限られているものと考えている。

小型衛星コンステレーション計画等の新たな宇宙企業の参入については動向を把握している一方、自らが同市場に参入若しくは関わっていく上では、製品提供及びサービス提供の両パターンが考えられるが、製品(開発・生産)においてはこれまでと異なるアプローチが必要になると考えている。

将来的に市場投入できる製品を開発していく上では、政府予算での製品開発において、これまで機能性能の面で広く競争力を有する開発が求められ、それに応えてきたが、実際に市場投入する際には機能性能を絞り込み、リソース(質量、電力、リソース)を抑えたものが求められる傾向にあり、個々の衛星に合った最適化を求めず、広く市場ニーズに則した開発を進めていく必要性を認識している。

## 3. 宇宙機器・システム

### (ア) 富士通株式会社

#### ① 宇宙事業概要

##### ・ 宇宙事業沿革

宇宙事業を推進しているテクニカルソリューション事業本部は、主にサイエンスに関する顧客へソリューションを提供している部門である。宇宙分野に本格参入したのは、JAXA(旧 NASDA)からの依頼により 1967 年に衛星通信機器、測距装置等のハードウェアの設計製造を行ったのが始まり。ま



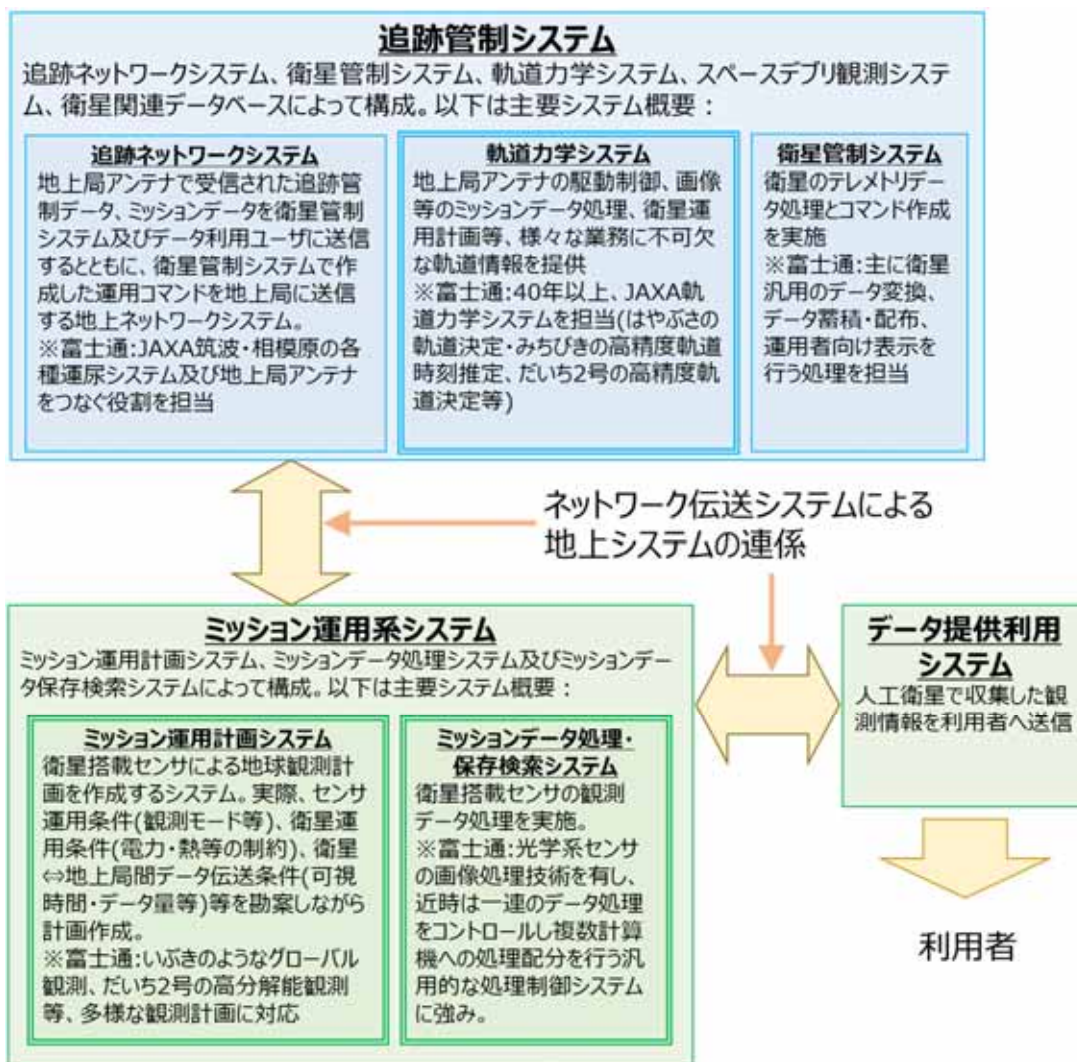
た、宇宙事業には衛星の軌道計算がカギとなるため、1970年代には追跡管制システムの中核となる軌道計算プログラムの研究開発に着手した。

- ・ 富士通が宇宙分野において提供している主要システム

宇宙関連のシステムとしては、現在大きく追跡管制システム、ミッション運用系システム及びデータ提供利用システム、ネットワーク伝送システムの四つに分類されている。

追跡管制システム及びミッション運用系システムはさらに内部で細分化されており、それぞれのシステムは、富士通が得意とする情報通信技術と業務アプリケーション技術を核とし、構築されている。

図表 I -43 宇宙分野における主要システムの関係及び富士通の主要提供システム



(出典:富士通ホームページ及びSJAC 会報第 735号「富士通の宇宙ビジネスと今後への期待」2015年3月に基づき当行作成)

富士通は長年にわたり、精度の高い軌道情報を提供するためにJAXAと共同研究を実施し、軌道力学計算の技術・知見を深めてきた。その技術により、「だいち2号」等の地球を周回する衛星が



ら、「はやぶさ」等の深宇宙を対象とする探査機まで様々な衛星の軌道計算を可能としている。また、地上局測距軌道決定・GPS 利用軌道決定・軌道制御計画など幅広い業務に対応したシステム構築を担っている。

加えて、地球観測計画立案を行うミッション運用計画システムも、上述の軌道力学システムと並んで、富士通にとって得意な分野でもある。ミッションデータ処理・保存検索システムにおける、データ処理をコントロールし、複数計算機への処理配分を行う等の処理制御技術においても国内では有数の知見・ノウハウを獲得している。

## ② 事業戦略及び今後の方向性

以前は、概ね JAXA からの直接発注であったが、近年は、衛星製造メーカーからの発注割合も増加傾向にある。

技術力向上維持・人材育成面においては、外注先を固定し継続して発注、また、技術者の出向等で積極的に人材交流を行う等の試みを行っている。

国の方針である宇宙利用の拡大には、データ利用者の拡大が前提となってくるが、富士通としては、まずは国が保有しているデータのオープン化及び衛星ベンチャー支援により超小型衛星を増やすことで、地球観測データを充実させることが必要と認識している。データ数を増やし、容易かつ安価に衛星データが入手できるような仕組みづくりを行うことで、利用者の拡大が可能であると考えている。

富士通は、かつて月周回衛星かぐや(SELENE)において搭載センサーを製造、納入していた。しかし、宇宙分野では、このように折角開発しても他の事業や分野に技術を応用することが困難な単発物の製品が多く、リソースを注ぎ込んで開発した技術や知見が活かされずに陳腐化してしまうことも問題点として挙げられる。

## 4. 宇宙データ利用

### (ア) 一般財団法人リモート・センシング技術センター(RESTEC)

#### ① 会社概要

##### ・ 沿革

RESTEC は、科学技術庁(現:文部科学省)の公益財団法人として、「人工衛星等を利用して地球の資源、現象等について探査するリモート・センシングに関する基礎的かつ総合的研究開発を行うとともに、リモート・センシングその他の宇宙開発利用に関する普及啓発を行い、もって社会経済の発展及び国民福祉の向上に寄与する」ことを目的とし、三井物産及び三菱商事に寄附により1975年8月に設立。

日本が観測衛星を保有していなかった時代には、米国の Landsat 衛星と欧州の SPOT 衛星の画像を利用していたが、NASDA が自前の観測衛星を上げたことで、先進的な事業展開ができるようになった。

現在では、人工衛星、航空機、自動車、観測タワー、船舶、パイ等より取得したデータや情報を利用者に提供することにより、森林管理、水資源管理、食料安全保障、災害監視、国土管理等

に役立っている。

- ・ 事業概要

従業員は全体で 200 名程度である。拠点は神谷町の本社のほか、鳩山(埼玉)、つくば(茨城)にある(主な研究開発機能はつくば)。従業員の多くが大学院卒の修士・博士号取得者であり、研究開発に係る従業員が全体の半分以上を占める。

近年は、データの販売にとどまらず活用にもフォーカスしており、衛星観測運用事業、リモートセンシング研究開発、キャパシティビルディング事業、シンクタンク事業、ソリューション提供事業の 5 事業を展開している。各事業の概要は下記の通り。

衛星観測運用事業: 観測データの受信・処理から地上システムの開発、校正・検証、ユーザーへのデータ提供まで一貫した衛星観測運用を実施。

リモートセンシング研究開発: 地盤沈下の高精度計測手法の確立等、観測データ利用方法の件研究を実施。

キャパシティビルディング事業: リモート・センシング技術普及のための人材養成事業。国内外の研究者や学生を受入、体験授業等を実施。アジア、南米の国からの参加が多く、全部で 60 か国程度。同事業の OB・OG は各国の科学技術分野のトップなど、重要なポストを担っている人たちが多く、既にリタイアをしている卒業生もいるほど、長く継続している事業。

シンクタンク事業: 地球観測に関する政府間会合(GEO)の事務局支援等の国際的枠組みの支援を実施。国際施策の判断材料に使用されることもあり、通常のシンクタンクとは異なる特色を有する事業。

ソリューション提供事業: 観測データを顧客の欲しい情報に加工し、提供を行っている。ブラジルにおける衛星レーダー技術を使った違法伐採低減の取組も実施しており、宇宙開発利用大賞において環境大臣賞を受賞した。この取組は、光学衛星で撮像されにくい雨季の違法伐採を取り締まるため、ブラジル政府の環境研究所と連邦警察が連携して、日本の人工衛星である「だいち(ALOS)」のレーダー画像を用いて森林監視を行い、違法伐採の減少に貢献したことが認められた。本件の実施に際し、データの提供にとどまらず、人材派遣も実施している。JICA や ADB の助成金活用事業に係る案件もある。

以前は JAXA の衛星データを多く利用していたが、近年は JAXA の衛星データのみでは取得できない画像が出てくることもあるので、NASA のほか EU や米国等の商用衛星データも利用している。足許、契約先の人工衛星の国内・海外比率は半々程度であり、使用している衛星データの海外比率も半分程度である。海外売上に関して言えば、比較的広大な国土の衛星画像を海外から調達しようとするニーズが存在しており、RESTEC はそれらニーズに対して現地代理店やパートナー経由で対応している。

## ② 事業戦略及び今後の方向性

特定地点において現在起こっている事象と過去の事象を紐づけることによって、その延長戦上にある将来時点における発生事象の予測等ができることを目指している。特に、従来の地球物理的

なアプローチでは予測がつかなかったことを、観測データを元にITシステムやディープラーニングなどの処理を行うことで新たな発見・可能性につながると期待している。その他、撮影頻度の低い高分解能衛星と比較的頻度の高い中分解能衛星で撮影した画像を組み合わせ、高分解能に近い画像を作る技術(データフュージョン)にも発展可能性があると考えている。

現状、JAXA との取引が多い一方、民間企業同士の協業による事業の多角化や政府委・JAXA に取組事業を提案すること等が必要と考えている。

リモセンやその利活用分野は、大きな初期投資や設備投資が必要となるビジネスに比べて極めてハードルが低いはずであり、海外では同分野の会社は多いが、現状ではあまり国内で参入している企業がない。そのため、当財団のような組織と上手く連携している企業の事例を社会に示し、衛星利用における新たな付加価値・可能性を提供するプレイヤーが増え、利活用の裾野が広がることが重要であると考えている。ただし、現状では特定の顧客に対して、プロダクトをオーダーメイド方式で作ってしまうので、ビジネスに広がりがないという課題がある。また、最近では RESTEC 内で空間基盤情報、農業、海洋、災害、森林といった 5 分野に焦点を当てながら、ALOS-2 等を使った新たなソリューションビジネスを模索しているところにあり、これらを数年程度のスパンで検討していく考えである。

## (イ) 株式会社パスコ

### ① 会社概要

航空写真測量企業として 1953 年に設立されたパシフィック航空測量株式会社を嚆矢とする、空間情報事業会社である。1974 年に東証一部に上場し、1987 年にはわが国初の GPS 測量を実施した。現在では主に航空写真のデータ利活用に関する業務を行っており、「国内公共」、「国内民間」、「海外」の 3 部門に分けた場合、2016/3 期における売上構成比は「国内公共」77.3%、「国内民間」:10.0%、「海外」:12.7%と国内官需関連の業務が多い。

#### ・ 事業概要

航空測量土木業の最大手業者で、情報技術事業部門においては、航空写真測量のほか地図情報のコンピュータシステム開発、構造物内壁の歪計測用 3 次元計測システム、迅速かつ精密な図面を作成するための移動計測システムなどを自社開発しており、衛星関連空間情報サービス事業も手掛けている。

#### ・ 衛星関連事業の位置づけ等

衛星関連事業については、2007 年に合成開口レーダー衛星「TerraSAR-X」の画像購入契約を締結したことから本格的に衛星事業を開始した。それに伴って衛星事業部を立ち上げ、国産地球観測衛星を運用支援も行い、海外商用衛星とも契約を締結した。それにより、パスコが主業として掲げる「空間情報サービス」をより高品質、かつ、顧客の多様なニーズに応えられるようにすべく、衛星画像ビジネスを手がけている。

衛星画像自体の収入計上先は、国内では大半が公共事業であり、国外では日本の ODA 事業や JICA 事業の請負、海外グループ企業による各国空間情報サービス事業がメインとなっている。

民間企業との取引は、物流・ロジスティクス分野で利用される動態管理や運行・配車管理システムをはじめ、業態で利用されるエリアマーケティング、戦略立案ソリューションなど、企業のニーズに応じた空間情報ソリューションを提供している。

光学及び合成開口レーダー衛星の取扱比率で言えば、光学衛星画像が大半を占める一方、合成開口レーダー衛星画像が占める割合は 2～3 割程度である。しかし、足許でこれら画像の活用が浸透し、活用方法が少しずつ広がる中で合成開口レーダー衛星画像の需要や取引ボリュームが増えてきている。

## ② 事業戦略及び今後の課題

上述の通り、当該事業の主たる取引先である官需/国内民需と安定的に取引を継続しつつ、衛星画像提供のラインアップを増やす観点では、顧客の求める適合した空間情報を提供、処理解析業務、コンサルティングを展開しているほか、衛星画像を利用した民需の掘り起こしのため、主に天然資源、災害対応、農業、インフラ維持管理等の分野でビジネスの可能性を検討している。

「民需の掘り起こし」を図っていく上では、実際の顧客からの声として「衛星の画像の使い方が分からない」といったことや「衛星画像の解析が十分に出来ない」といった、衛星画像ビジネスの認知・普及が進んでいないことが課題として挙げられている。例えば、政府の資金支援を受ける前提で、低分解能衛星画像の無償提供による衛星画像の利活用機会の増大や高分解能衛星画像提供等、利活用を促進していく上では多種多様な方法が挙げられる。

特に、衛星ビジネスにおいては、マーケットインではなく、プロダクトアウトの視点で事業が語られる点も、これら宇宙業界特有の特殊な体制や意識を乗り越えていくことも重要と思われる。パスコの立場は衛星専門のプレイヤーではなく、衛星ビジネスも空間情報サービスの一環として、官需対応に取り組む一方で、海外での営業等も全社的には行っていることから、営業的な視点での業務展開が期待される。

### (ウ) 国際航業株式会社

#### ① 会社概要

##### ・ 沿革

国際航業は、終戦によって事業継続できなくなった大日本航空(株)の一部を承継した三路興業を前身とし、戦後復興において航測技術が必要とされる中、1949年に日本航測を設立した(1954年に国際航業へ改組)。海外の最新鋭機器の導入や国際航業形空中三角測量方式を開発する等、国内有数の航空写真測量事業会社として事業基盤を構築してきた。高度成長期に差し掛かる1960年代には大型プロジェクト推進のためにコンサルティング事業のニーズが高まる中でコンサルティング部門を立ち上げ、道路や都市のみならず、地質海洋探査機導入等を通じて地質・海洋分野へも参入した。1970年代にはLANDSAT(1972年に初号機打上げ)の衛星画像活用を開始し、もも1号(1987年打上げ)や国内外衛星のデータも利用しながら、測量事業及びコンサルティング事業を「空間情報コンサルティング」として提供している。業容発展に伴い、1961年には東証二部に、

1987年に東証一部に上場した。2012年には日本アジアグループ(※)の傘下に入り(同時に上場廃止)、同グループが掲げる気候変動を始めとする地球環境に貢献しうる「グリーン・コミュニティ」を標榜しながらも従前から続く測量・コンサルティング事業を引き続き展開している。

(※)日本アジアグループは、野村証券にて投資銀行業務に従事してきた山下現会長兼社長、及び、世界経済フォーラム(WEF)の Global Agenda Council on Infrastructure, Disaster Resource Partnership や国連国際防災戦略事務局(UNISDR)に従事してきた呉取締役によって 1998年に設立され、社会インフラ構築に関するコンサルティング業務を手がけるとともに、金融事業投資を手がける投資会社である。

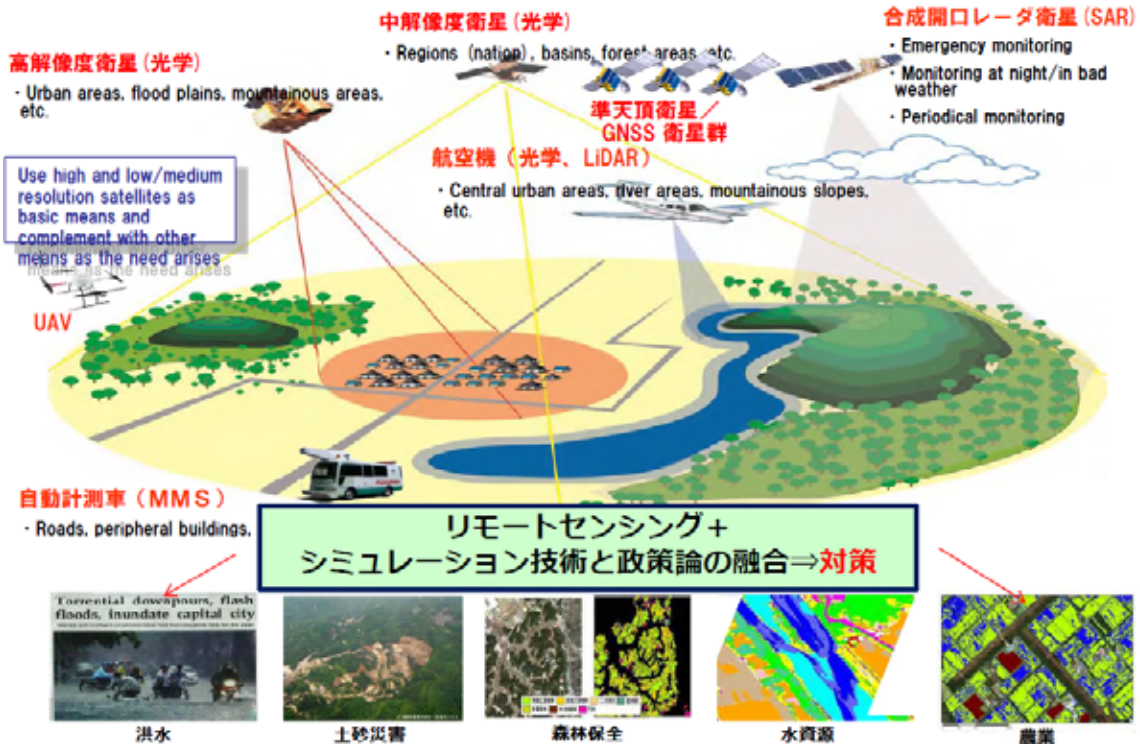
#### ・ 事業概要

日本アジアグループにおいては、社会インフラの整備・構築や民間ビジネスの業務効率化を行う「空間情報コンサルティング事業」、低炭素かつ防災機能を強化したエコタウン開発を企画する「グリーンプロパティ事業」、主に太陽光発電所を推進する「グリーンエネルギー事業」、金融機能を有する「ファイナンシャルサービス事業」の4事業を行っている。

国際航業はその中の「空間情報コンサルティング事業」に属しており、都市経営や防災・環境に関わる空間情報の収集分析や、効率的な社会インフラ施策の提言等を実施している。衛星からの画像取得や、自社保有機による航空測量の他、ドローン(UAV)については国際航業主催のドローンスクール修了者による撮像も活用しながら画像情報を取得し、測量事業及びコンサルティング事業を展開している。いち早くコンサルティング事業を進めてきた結果、売上高における測量事業及びコンサルティング事業の構成は概ね半々となっている。なお、航空測量業務の売上高約1百億円のうち、衛星撮像の寄与分は約10億円前後と、政府の統計調査や法令によって一定周期での実施が義務付けられている航空測量と異なり、衛星での観測については、そのような法令の裏付けが無い分野でもあることもあり、国際航業事業に占めるリモセン衛星画像の割合は一部に留まっている。

リモセン衛星画像の活用については、国際航業は RESTEC やパスコと異なり、衛星運用は手がけていない。一方で、欧米の主要な衛星システムを始め、2017年度当初から Planet 社のコンステレーション衛星の取扱も開始するなど、国内外の観測衛星の画像を活用しながら測量・コンサルティング業務を行っている。

図表 I-44 空間情報の撮像情報取得にかかるプラットフォーム



(出典:国際航業 2015 年 11 月作成「衛星リモートセンシングデータの農業・森林・防災での利活用事例」資料より引用)

国際航業の取組事例としては、国内外での農作物の生育診断サービスや海外のアマゾン地帯における森林地図作成業務他、パルーやパプアニューギニア等、空間情報解析やコンサルティングビジネスがある。それらを通じて培ったネットワークを駆使しながら、海外政府機関からの業務委託も受けている。また、途上国の自国森林保全活動に対して経済的利益を国際社会から提供する施策・試みである「REDD+(Reduce Emission from Deforestation and forest Degradation)+」等や国家森林保全計画支援を 15 カ国で展開しており、グリーン・コミュニティ実現を標榜する日本アジアグループの理念を受け、気候変動対策に係るこれら事業を積極的に展開している。

その他、GPS 衛星情報を活用したサービスとして、斜面メンテナンスサービス「斜面ネットドットコム」を展開しており、土砂災害危険箇所 GPS 端末を置き、24 時間体制で、斜面の変異を監視、気象や地形地質情報とともに配信する ASP サービスを行っており、わずか 2、3mm の変異でも検出できるため、地滑り予測等に活用されている。

## ② 衛星関連業にかかる事業戦略及び今後の方向性

現状、国際航業の顧客はタイプ別にみると官需 9 割、民間 1 割の構成にあるため、農業協同組合 (JA) や森林組合向けにサービス提供している民間及び海外向けの割合を引き上げていくことを想定している。製紙会社・林業会社関連及び資源開発企業の海外プロジェクト含め、ニーズ掘り起こしの余地は十分にあると考えており、海外展開についても単純に地域を広げていくのではなく、



国際航業自身でノウハウやネットワークの構築を進めている国・地域をメインに根を張って需要を取り込んでいくことが重要と考えている。

一方で、欧米の宇宙先進国がリモセン画像サービスを無償化している中、単純な撮像ビジネスにおける価格引き下げでは、競争力向上に繋がらず、それのみでは有償でサービスを提供することさえも困難な状況にあり、コンサルティング業務や顧客に直接サービスを届けるクラウドの提供等を含め、画像提供にとどまらないサービスの魅力・メリットを増やしていくことが必要と認識している。

そうした中で、国際航業は衛星関連では画像を活用したコンサルティング業務のみならず、準天頂衛星も視野に入れた GNSS 衛星情報を活用した斜面情報サービスやLBS等の位置情報サービスにも参入している。さらに将来的にはバリューチェーン全体にも関わっていくために事業会社側に入っていくための投資(例: REDD+における排出権取引ビジネス)も議論されることになると考えている。

本邦事業者として、日本の国際競争力向上といった文脈で現状の国内衛星開発を振り返ると、近年は「商業化」がテーマとなっている中で、準天頂衛星の他、リモセン衛星打ち上げによる画像販売ビジネスが主に議論される形となっているが、他国には無い日本ならではの強みを発揮していくことも長期的には必要と思料され、他国にないグローバルな環境観測衛星等についても議論の幅を広げていくことも必要なのではないだろうか。

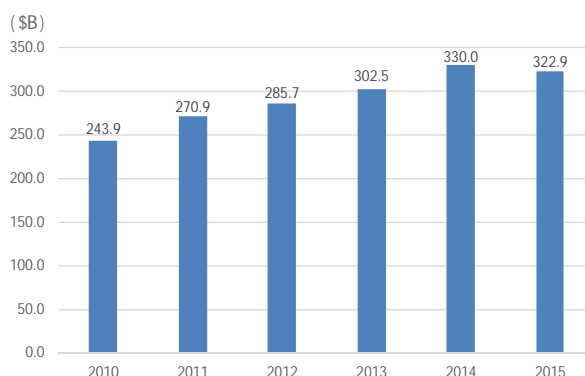
また、衛星を利活用する側の立場にある国際航業として、今後、各国において数年周期で衛星能力の改良が図られ、企業間での競争による技術革新が進むことで新たな利用方法が見出され、ビジネスチャンスの拡大にも繋がるものと見ている。一方、国際航業としては、衛星の開発者に対して衛星の設計や観測体制の方向性含め、本当に顧客が必要としている衛星(画像)情報は何かを認識すること、そのためにも、衛星開発に対して現場に近い機関・事業者含め、よりニーズを適確に汲み取ることの出来る柔軟な体制を確保していくことを求めている。

## 第Ⅱ章 世界の宇宙産業の概観・特徴、国際比較

### (1) 世界の宇宙産業概観

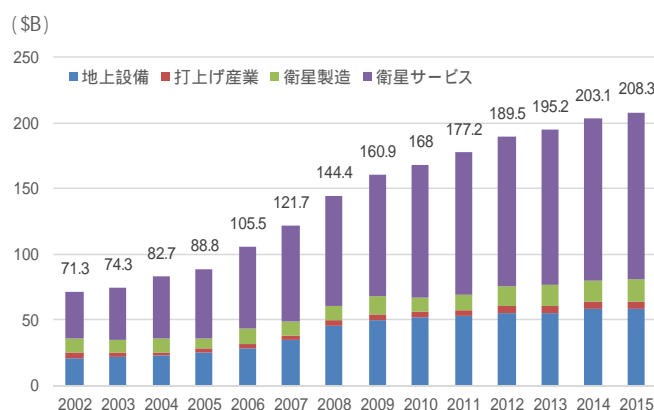
宇宙機器産業及び宇宙利用産業を合計した宇宙産業規模は世界的に毎年増加傾向にあり、2010年以降、年間2桁規模の成長率で市場が拡大している<sup>14</sup>。中でも、衛星放送や衛星通信サービス等の「衛星サービス」も含めた宇宙産業全体では約3,229億米ドル<sup>15</sup>、日本円に換算して約32兆円規模を誇っている。その大半を占める衛星サービス分野は約2千億米ドルとなっており、通信放送サービスの世界各国での普及やサービス多様化によって成長するとともに、リモートセンシング等の新たな衛星利用サービスの勃興も貢献し、右肩上がり成長している。第Ⅰ章で触れてきたロケットや衛星製造会社等を主とする「宇宙機器産業」に限れば、全世界で約8兆円市場が存在し、衛星利用サービスを支える根幹の宇宙インフラ産業として市場規模も拡大を続けている。

図表Ⅱ-1 世界の宇宙産業売上高推移



(出典: Space Foundation 「Space Report 2016」)

図表Ⅱ-2 世界の衛星産業売上推移

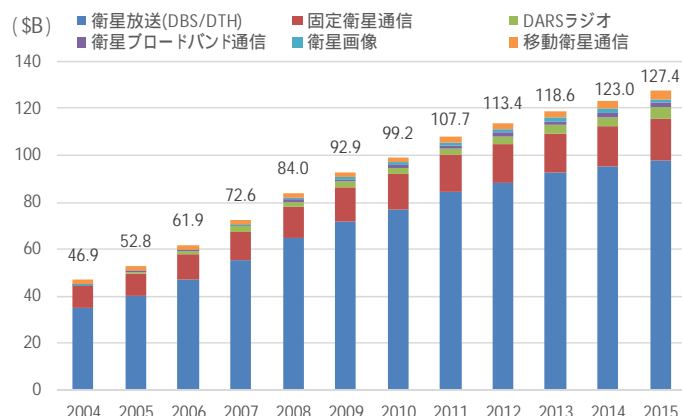


(出典: SIA/TAURI GROUP 「State of the Satellite Industry Report 2016」等より当行作成)

<sup>14</sup> 2015年は為替変動の影響があり、ドルベースでは減少しているとの由。

<sup>15</sup> TAURI GROUP 発表の宇宙産業分野別売上高を参照。当該数値は、図表Ⅱ-2にて図示する衛星産業売上高の他、有人打上げや探査等の政府ミッションも集計対象に加えて算出されている。

図表Ⅱ-3 衛星利用サービス分野別売上推移



(出典: SIA/TAURI GROUP 「State of the Satellite Industry Report 2016」等より当行作成)

世界の宇宙機器製造産業の売上は、日本国内と同様、「官需(軍事・民生・科学(惑星探査等))」が大半を占める構図が変わっていないものの、民需の占める構成比では日本が1割未満と圧倒的に低い一方、世界では官需比率が約7割、民需が約3割ということを踏まえれば、先進的な欧米企業による通信・放送分野を対象とした衛星開発や、Arianespace におけるロケット打上げ需要の獲得含め、民需を獲得するための企業体制が日本国内に比べて古くから試行錯誤の中で構築されてきたことが窺える。

こうした民需を獲得できる体制を構築するまでに、様々な形で国のバックアップが行われ、実際に目に見える「出資」や「補助金」といった資金的支援のみならず、国がアンカーテナンシーとして一定の初期需要を供給してきたことは、黎明期の宇宙事業を軌道に乗せ、事業として成立させる上で重要な要素となっている。更には、国が新たな産業やプロジェクトに対して国家全体の宇宙産業や工程表の中での一定の位置づけを行うことも、企業にとっては安心感をもって事業運営を行うことが可能となるであろう。それら施策・制度をいち早く試行してきた欧米諸国の民間企業の発展経緯等から学べるものもあることから、本章では日本にとっての先鞭となりうる欧米の制度や企業についても取り扱うこととする。

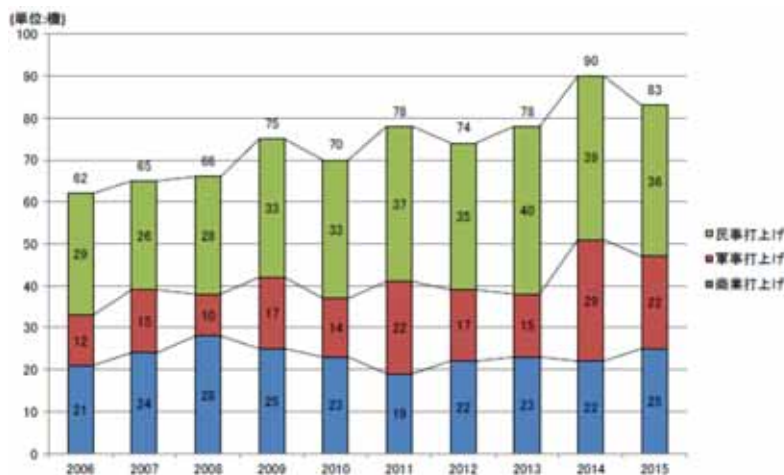
また、近年は、新興国を中心として発展途上国でも宇宙利用が拡大しており、衛星を保有する国は50か国以上に拡大している。その一方で、自国で衛星開発や打ち上げ能力を保有できていない国も多いため、これらの国・地域を対象に、市場獲得競争が行われている。また、近年は防災等を目的とする政府による地球観測衛星調達の需要の掘り起しも様々な形で進められているところにある。人工衛星および人工衛星バスについて言えば、日本においても高い技術力を有する企業が存在することから、本邦企業の活躍も期待される分野であろう。

## (2) ロケット、輸送系宇宙機

### 1. 概況

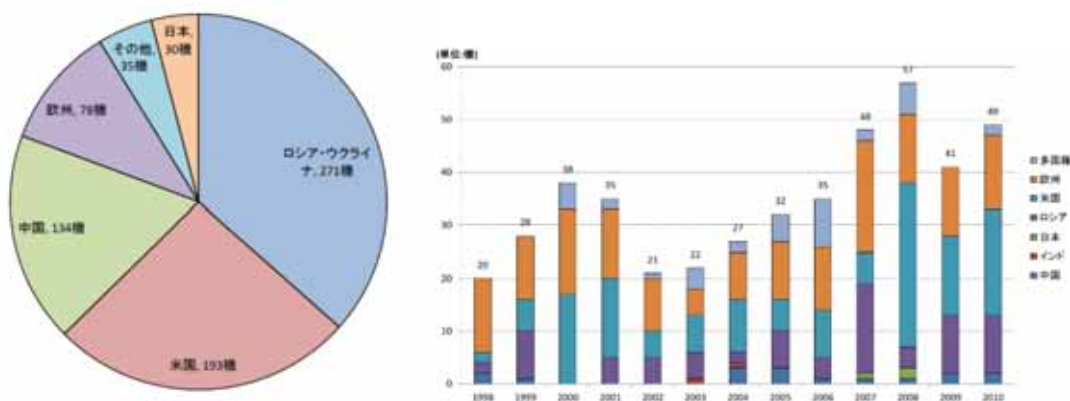
約 50 億ドル規模の「宇宙輸送サービス」市場は「軍事」、「民事」及び「商業」に大別され、「軍事」「民事」分野からなる官需市場は、国家防衛政策や国の大学等研究機関の衛星打上げニーズを賄っており、「商業」分野では、通信・放送ニーズを対象として、主に静止衛星が打ち上げられている。

図表 II-4 需要別ロケット打上げ機数推移



(出典: SJAC「平成27年度宇宙産業データブック」)

図表 II-5 打上地域別ロケット打上機数分布(左・円グラフ)及び衛星製造地域別衛星打上げ機数(右・棒グラフ)(2010年時点)



(出典: SJAC「平成27年度宇宙産業データブック」)

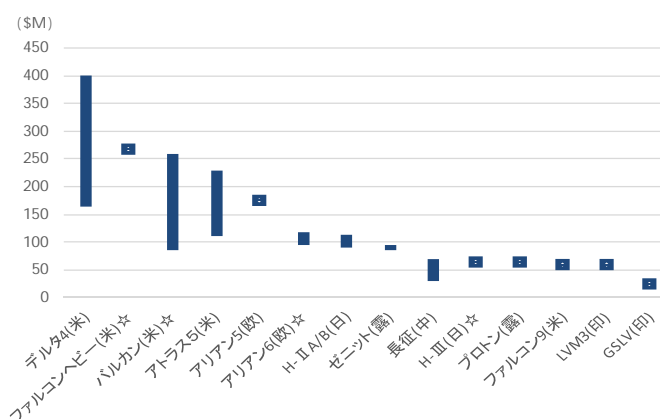
「ロケット打上げ国・地域」及び「衛星の製造国・地域」の構成を比較すると(図表 II-5)、衛星の製造国の主たる地域は米国となっている一方、ロケット打上げ国はロシア及び欧州の構成比が相対的に大きい状況にある。これは、欧州・ロシアにおいて中型クラスの打上げ能力を有するソユーズを開発・生産していることが背景にあり、近年はギアナ宇宙センターからもソユーズを打ち上げており、アリアン、ソユーズ及びベガといった大・中・小型の打上げ需要に対応可

能なロケット機種を揃えている Arianespace はロケット打上げ分野において最大手プレイヤーとしての地位を構築しているところにある。

ロケット分野における近年の潮流として、Space X に代表されるロケット打ち上げコスト低下が進められていること、小型観測衛星を多数打ち上げて運用し、高頻度での衛星撮影画像を提供すること等を企図した衛星コンステレーション・プレイヤーらの小型・低価格打上げ需要に対応することを目的とした小型ロケットの開発に注目が集まっているところにある。

ロケット業界のプライスリーダーとして注目されるのが米 Space X のファルコン9である。同社はロケット再使用化に挑戦しており、成功すれば今後さらなる価格低減が図られることになるが、日本及び欧州もそれに負けまいと H3 ロケットやアリアン 6 の開発が急がれているところであり、欧州ではロケット製造・打上げの基盤支援プログラム LEAP<sup>16</sup>によって戦略的価格を打ち出し、打上げ需要取込を図っている。なお、中国の長征は価格面で優位にありながら、米国の輸出入規制 ITAR<sup>17</sup>により、米国製部品を使用した衛星の打上げが不可能となっている。

図表 II-6 主要大型ロケットの打上げ価格比較



※☆は開発中の宇宙機

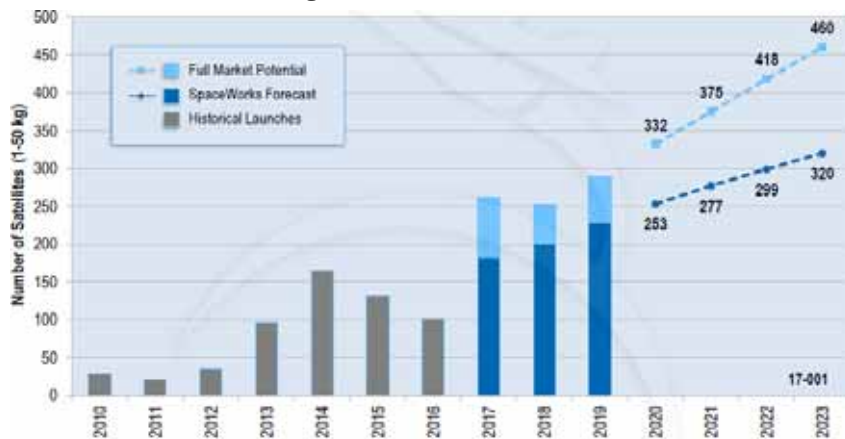
(出典：FAA「The Annual Compendium of Commercial Space Transportation: 2016」等より当行作成)

また、大学等の研究機関のみならず、各国・地域の民間事業者によって、光学衛星やリーダー衛星の他、特殊な周波数を使って観測を行う衛星まで、数十機単位の衛星コンステレーション事業が多く計画されている(詳細は第三章(1)3.参照)。特に、これら衛星運用事業者にとっては打上げコストを抑えられれば事業コストを低減できるため、自ら打ち上げる衛星のサイズに適合し、かつ、低価格で打上げ可能な小型ロケットが開発されれば、これらビジネスの環境を大きく改善するものとして期待が集まっている。

<sup>16</sup> Launcher Exploitation Accompaniment Program。EGAS/ARTA を引継、Arianespace へ財政的支援(年間€100M)と Ariane5 の技術・品質維持(年間€130M)を行うプログラム。

<sup>17</sup> International Traffic in Arms Regulations、米国の宇宙、防衛製品、技術にかかる輸出入規制を指す。

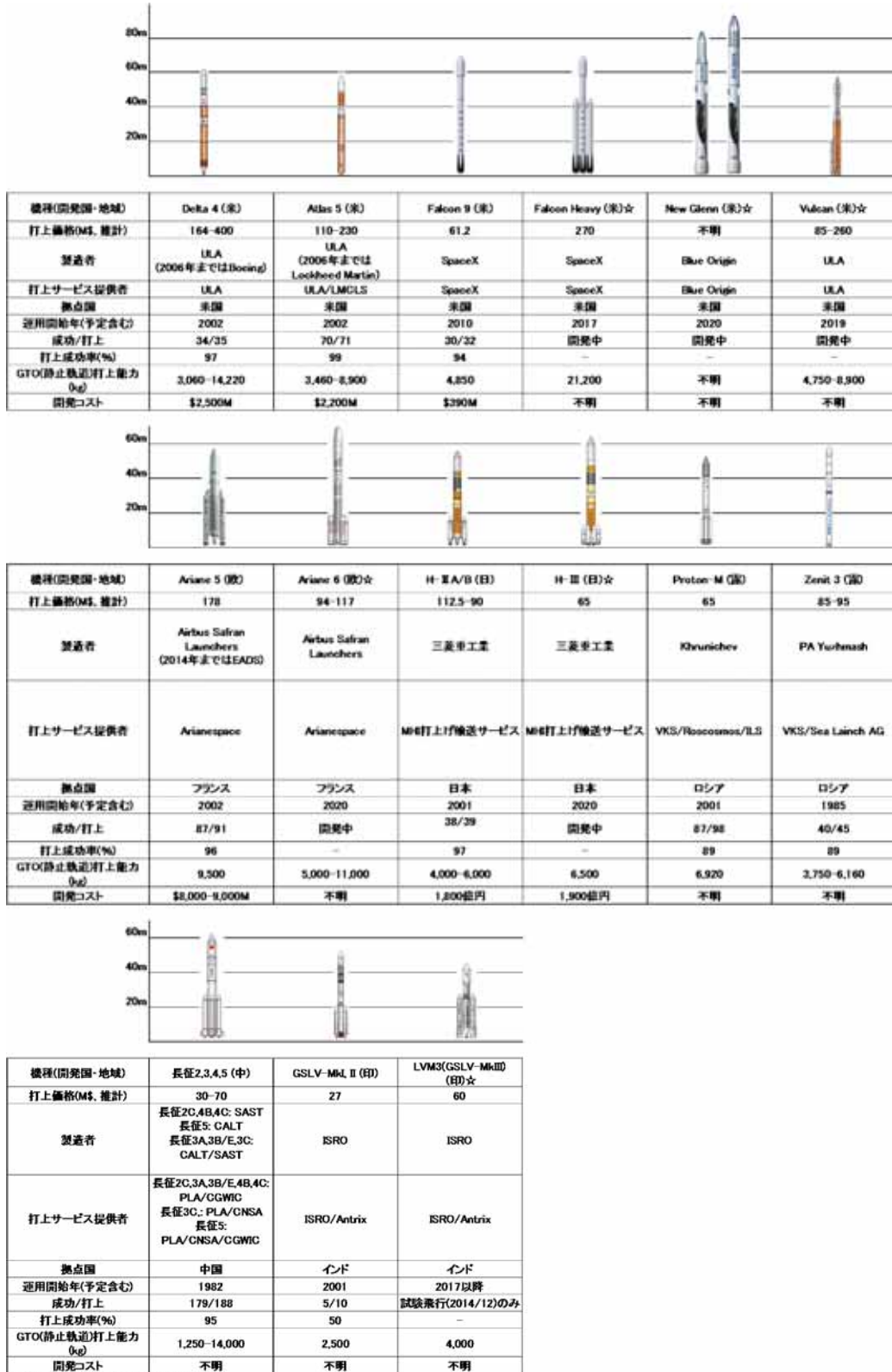
図表Ⅱ-7 50kg以下の小型衛星打上げ機数に係る将来予測



(出典:Spaceworks 「2017 Nano/Microsatellite Market Forecast」)



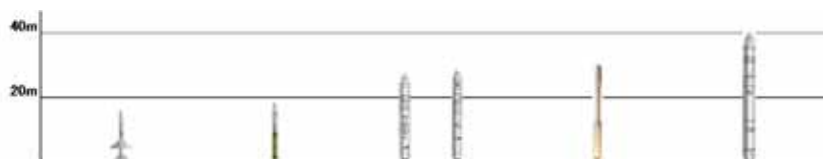
図表 II-8 主要な大型ロケット(中高軌道打上げロケット)



※2017年4月時点。☆は開発中の宇宙機。

(出典: TAURI「The Annual Compendium of Commercial Space Transportation 2016- FAA」、各社 HP 等に基づき当行作成)

図表 II-9 主要な中小型ロケット(低軌道打上げロケット)



機種(開発国・地域)	Pegasus H/XL	Minotaur I	Minotaur IV, V	Taurus XL	Antares
打上価格(M\$, 推計)	40	40	46, 55	24	80-85
製造者	Orbital ATK	Orbital ATK	Orbital ATK	Orbital ATK	Orbital ATK
打上サービス提供者	Orbital ATK	Orbital ATK	Orbital ATK	Orbital ATK	Orbital ATK
拠点国	米国	米国	米国	米国	米国
運用開始年(予定含む)	1991	2000	2010, 2013	2004	2013
成功/打上	38/43	11/11	4/4	6/9	5/6
打上成功率(%)	88	100	100	67	83
LEO(低軌道)打上能力(t <sub>0</sub> )	450	580	1,600 (VはGTOのみ)	1,450-2,180	3,500-7,000



機種(開発国・地域)	Electron	Delta 2	イプシロン	Vega	Rocket	Dnepr
打上価格(M\$, 推計)	4.9	137	39	37	41.8	29
製造者	Rocket Lab	ULA (2006年まではBoeing)	IEEエアロスペース	ELV SpA	Khruinichev	PA Yuzhmash
打上サービス提供者	Rocket Lab	ULA	JAXA	Arianespace	VKS/Eurockot	ISC Kosmotran
拠点国	米国	米国	日本	フランス	ロシア	ロシア
運用開始年(予定含む)	2017	1989	2013	2012	2000	1999
成功/打上	-	151/153	2/2	8/8	25/27	21/22
打上成功率(%)	-	99	100	100	93	95
LEO(低軌道)打上能力(t <sub>0</sub> )	225	1,870-3,470	700-1200	1,963	1,820-2,150	3,200



機種(開発国・地域)	Soyuz 2.1 a/b, v	Soyuz FG	Soyuz U	長征2,6,7,11号	PSLV
打上価格(M\$, 推計)	80, -	50-213	-	30	33
製造者	TsSKB Progress	TsSKB Progress	TsSKB Progress	長征2D: SAST 長征2F, 7: CALT 長征6: CALT/SAST 長征11: CALT	ISRO
打上サービス提供者	VKS/Arianespace/Star sem	VKS/Roscosmos	VKS/Roscosmos	長征2D, 6, 7: PLA/CGWIC 長征2F: PLA/CNSA 長征11: PLA	ISRO/Antrix
拠点国	ロシア	ロシア	ロシア	中国	インド
運用開始年(予定含む)	2000	2001	1973	1974	1993
成功/打上	57/62	58/58	765/786	48/49	37/39
打上成功率(%)	92	100	97	98	95
LEO(低軌道)打上能力(t <sub>0</sub> )	1,820-2,150, 3,000	7,800	6,700-6,900	700-13,500	1,750

※2017年4月時点。☆は開発中の宇宙機。

(出典: TAURI「The Annual Compendium of Commercial Space Transportation 2016 - FAA」、各社 HP 等に基づき当行作成)

## 2. 欧米における主要ロケット開発

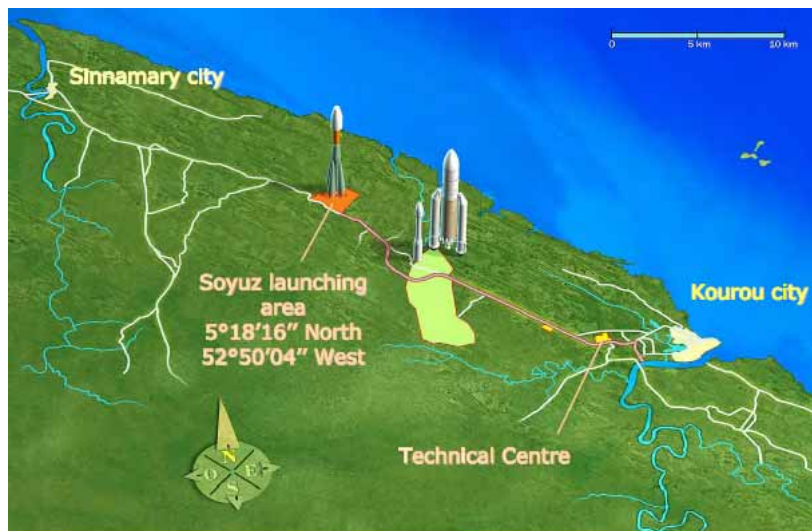
### (ア) 欧州

Arianespace は、大型ロケット「アリアン」、中型ロケット「ソユーズ」及び小型ロケット「ベガ」の 3 種類のロケットを対象に、仏領ギアナに有する宇宙センターからの打上げを行う、ロケット打上げ会社である。

Arianespace の設立は 1980 年に遡るが、仏独を中心に共同開発されていた通信衛星「シンフォニー」の打上げを検討する中、NASA に打上げを依頼しようとしたところ、技術実証試験が終わった後にも商業用通信に使用しないことについて誓約するよう要請され、米国主導の通信衛星プログラム「インテルサット」に対抗する欧州での通信衛星プログラムを将来的に運営していくために欧州独自の打上げ会社の設立が必要との判断に至ったことから、欧州 12 ヶ国、欧州企業 53 社の出資<sup>18</sup>を受けて設立された。

射場に関しては、フランス政府が所有する南アメリカ大陸のギアナ領の北緯 5 度 3 分と低緯度に位置しており、静止軌道への打上げに最適な立地といえる。フランス政府から ESA が借り受け、ESA からフランス国立宇宙研究センター「CNES」が運営委託を受けている状況にある。

図表 II-10 ギアナ宇宙センター 射場配置図



(出典: Arianespace 各ロケットユーザーズマニュアル)

各主要ロケットの開発製造の主契約者については、「アリアン」は ASL、「ソユーズ」はロシア連邦宇宙局、「ベガ」は ELV となっており、それら 3 社が開発・製造を各々とりまとめている。

<sup>18</sup> JAXA「ジャンルイ・クロードン〜ロケットに求められるのは高い信頼性〜」[http://www.jaxa.jp/article/interview/vol29/index\\_j.html](http://www.jaxa.jp/article/interview/vol29/index_j.html)

図表Ⅱ-11 Ariespace 及び主要企業・機関における関係



(出典: Ariespace 各ロケットユーザーズマニュアルに基づき当行編集)

「アリアン」ロケットは、他国に依存しない経済的な輸送系の維持・運用を目的として開発された、欧州の大型基幹ロケットであり、1979年に初号機を打ち上げ、1980年にAriespaceが新設され、現在はアリアン5シリーズを運用中である。同ロケットの運用については、ロケット製造会社:EADS Astrium Space Transportation(現 ASL)及び打上げサービス:Ariespaceの分業体制を敷くことで収益責任の明確化が図られている。

アリアン5に関しては、もともと有人宇宙往還機「エルメス」開発計画での活用が想定されていたものの、90年代に欧州を襲った不景気により同計画が中止、衛星輸送に特化せんとする中で打ち出されたセールスポイント「衛星の2機同時打上げ」をコンセプトとして開発・生産され、衛星運用事業者にとっての一機あたり打上げコスト低減に貢献するロケットとして衛星打上げニーズを獲得してきた。また、当該衛星で賄えない中型の打上げ需要をソユーズによって対応することで、赤道直下という好条件の射点環境を最大限に活用しながら、衛星打上げ市場を席卷する等、実績を積み重ねてきた。

現在、2020年の初打上げを目標に「アリアン6」の開発が進められている状況にあるが、アリアン5シリーズまでの開発・生産体制と異なる特徴として、Airbus及びSafranの合併会社「Airbus Safran Launchers(ASL)」の下で進められているところにあり、その背景として、従来のESAに対する各出資国別の割合に応じて生産シェアも分担されていた開発・生産体制では生産シェアの調整等が必要となっていたところ、各国の能力・リソースに応じた適確な分担比率とすることで、一層の効率的な生産体制及び低価格を実現しようとしている。

好立地の射点環境に加え、「宇宙への自由なアクセス」を確保すべく市場ニーズをい

ち早く捉えた開発が現在の Ariespace を支えているが、衛星打上げ委託者に対して金融保険サービスも併せて展開すべく、プロジェクトファイナンスやローンを提供する Ariespace Finance SA(1996 年設立)や保険会社 S3R(80 年代設立、96 年に再営業開始)を 1996 年以降より活用されてきたことも、アリアン 5 の市場獲得に貢献しているところにある。

(イ) 米国

現在米国で運用されている大型基幹ロケットは、デルタ IV、アトラス V、ファルコン9で、デルタ IV、アトラス V は米国の ULA、ファルコン 9 は Space X が担っている。デルタ IV、アトラス V の開発当初は、それぞれ Boeing、Lockheed Martin が独自運用を行っていたが、2006 年に両社の衛星打上げ部門が合併して ULA が設立され、両ロケットの運用は同社で行われることとなった。

デルタロケット及びアトラスロケットは、当初は弾道ミサイルとして開発されたものであったが、1950 年代後半に衛星の打上げ用にロケットとして改良された。デルタロケットについては、日本が基幹ロケットを国産化できるようになるまで、当ロケットの技術導入によって製造が行われていた経緯もあり、日本のロケット開発に大きな影響を与えている。

デルタ IV 及びアトラス V は、いずれも米国空軍が、軍事衛星や政府の衛星を安定して打ち上げることを目的に、国家予算の下で開発されたロケットで、いずれも 2002 年に初号機が打ち上げられて以降、現在まで概ねすべての打上げに成功している。アトラス V に比べ、デルタ IV は製造方法が複雑でコストが高いものの、現在世界で最大の打上げ能力を有しており、超大型衛星等の打上げにはデルタ IV に頼らざるを得ない場合もある。

ULA は基幹ロケットの運用で着実に実績を残してきたが、2014 年のウクライナ問題に端を発する米露関係の悪化により、米国側からロシアに対する経済制裁の一環で、アトラス V に搭載されているロシア製高性能ロケットエンジン「RD-180」の輸入数に制限が課されたことで調達が難しくなり、競合機である Space X のファルコン 9 を活用する動きが広まっていった。

かかる状況下、アトラス V の需要を取り込んでいったのは Space X であり、同社は 2002 年の設立以降、ファルコン 9 の開発に成功、ベンチャー企業ながら、NASA 出身者等の技術者を引き入れながら開発を推進する中で政府からも多大な支援を受け、NASA の商用軌道輸送サービスの受託企業に選定されている他、世界各国からも、その打ち上げコスト低減の成否に注目が集まっている企業でもある。

現在、ULA は Amazon 創業者のジェフ・ベゾス氏が立ち上げた宇宙企業 Blue Origin と共同で、2017 年の完成を目指し、RD-180 の代替となる新型エンジン「BE-4」の開発を行っており、同社は BE-4 エンジンを搭載したロケットで、アトラス V、デルタ IV 両者の後継機となり得る性能を持ち合わせた「ヴァルカン」の開発を進めている。

このように、米国では、これまで国家事業を担ってきた大企業と企業文化を異にするベンチャー企業のロケットやエンジンを活用することで大胆なコスト削減を図られているが、これを可能にしている一つの要因が高い人材流動性とも言えるかもしれない。これら新たな技術・製品開発を担っている主体は Space X や Amazon といったベンチャー企業ながら、その社内において開発を担っている人材は、これまで同様に NASA や Boeing 等でロケット開発等を担ってきた人物である。こういった宇宙産業に従事してきた人材が登用され、新たな企業体の中で自らの能力や技術力を発揮し、試していくことで、これまでの組織体では成し得なかった低価格化等を実現できているものと思われ、そのような挑戦を称揚するベンチャー企業の仕組みを米国政府も上手く活用できているとも言える。

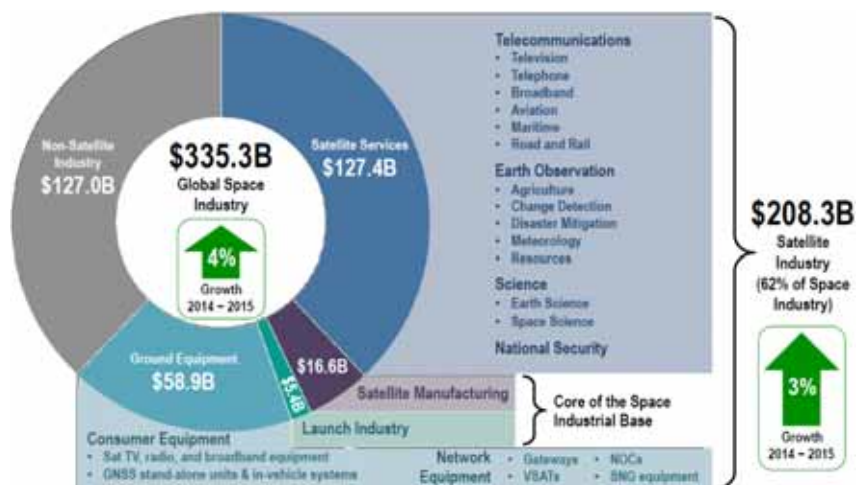


### (3) 人工衛星

#### 1. 概況

世界の衛星利用サービス産業の市場規模は約 12 百億ドルとなっており、2015 年末時点において軌道上で運用されている人工衛星数は軍事、民事、商業含め計 1,381 機存在している。うち、用途別に見れば、通信・放送向けが 51%、リモート・センシング衛星が 14%、研究開発 12%、航法 7%、軍事偵察 8%、科学観測・実験 5%、気象 3%となっている<sup>19</sup>。

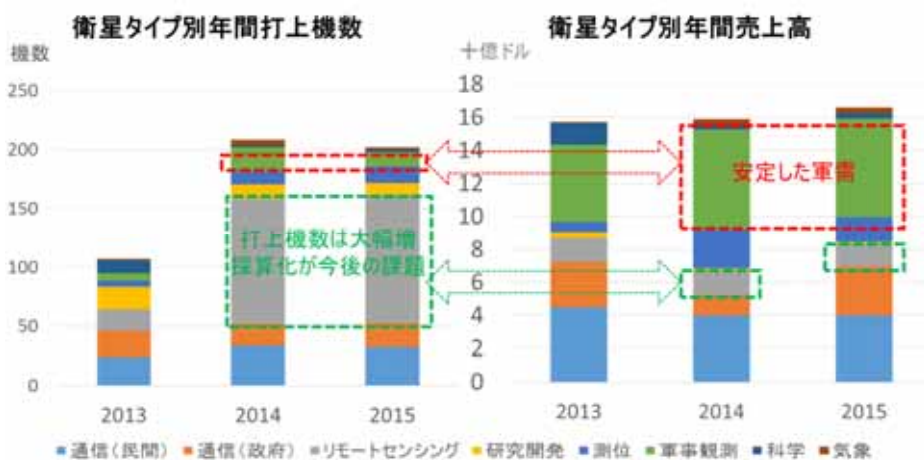
図表 II-12 世界の宇宙産業の市場規模内訳



(出典: SIA/Tauri Group「State of the Satellite Industry Report 2016」)

人工衛星の打上げ機数はこれまで約 100 機前後で推移してきた中、ここ数年はリモートセンシング衛星の台頭が年間打上げ機数を押し上げているが、発展途上の分野でもあるため、軍事衛星や通信衛星等の安定収入が得られる衛星に比べると、足許は売上高を大きく押し上げるまでに至っていない。だが、コンステレーション事業が機能し始め、衛星観測画像の活用が様々な産業に普及することで、売上面での貢献も増えてくるものと見られている。

図表 II-13 世界の衛星打上げ機数及び売上高推移(用途別)



(出典: SIA/Tauri Group「State of the Satellite Industry Report 2014~2016」より当行作成)

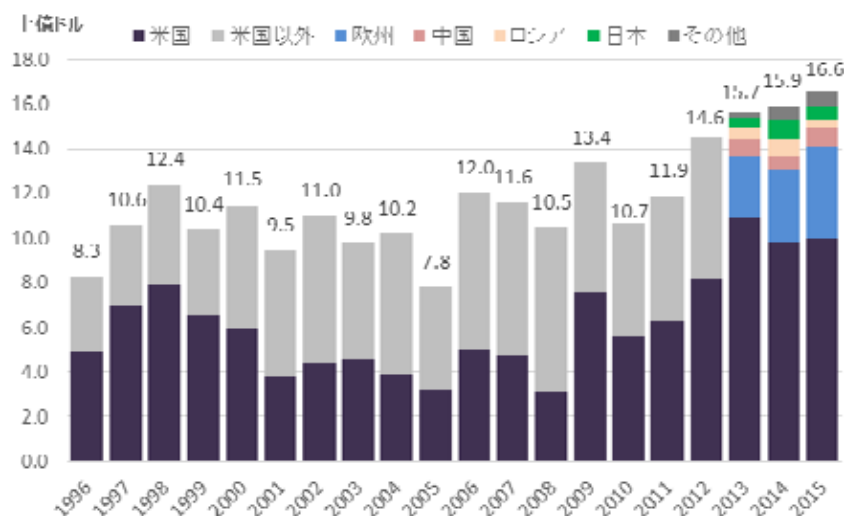
<sup>19</sup> SIA (Tauri Group database of spacecraft and launch activities and Union of Concerned Scientists)

世界の衛星機器製造業の売上高は年間約 160 億ドル規模となっており、これまでは最も需要の多い通信衛星のライフサイクルに応じた更新投資が主であったが、近年はリモートセンシング衛星に加えて一部主要国で整備・拡充が図られている測位衛星の開発・生産も寄与する形で市場規模が増加しているところにある。市場の大部分を担っているのは、Boeing Satellite、Lockheed Martin や SSL 等、これまで多くの大型衛星向けに衛星の基幹部である「衛星バス」を供給してきた企業を要する米国勢となっている。これら衛星バスが高価格の通信衛星や軍事衛星に安定的に使用されている一方、中国、ロシア及び日本は海外衛星マーケットにおいて欧米勢との厳しい競争に晒されながらも、日本においては大型衛星バス「DS2000」を MELCO、小型衛星バス「NEXTAR」を NEC が開発・生産する中で、DS2000 ではシンガポール・台湾、トルコ、カタルから受注を獲得する等、着実に国外市場における実績・信頼を構築しているところにある。

人工衛星は、主に静止衛星（主要用途：通信・放送）と非静止衛星（主要用途：測位、リモセン）に分けられ、世界の商業静止衛星の打上げの実績と需要予測については、今後 10 年間で衛星数は年間 20 機程度で安定して推移するものと見込まれている。その内訳については、更なる衛星機能の高度化（例：本章 3.(ウ)における HTS 衛星を参照）による差別化を各国とも図ろうとする中で、更なる大型化も一部進むものとも言われている。

他方、測位、リモセンに用いられる周回衛星（非静止衛星）については、今後 10 年間で小型衛星のコンステレーション事業の運用開始に伴い、年間衛星打上げ機数は爆発的に伸びるものと見込まれ、それら需要を支えるための衛星打上げ環境の整備が急務となってくる。一方、大型静止衛星の約 15 年とも言われる寿命に比べ、小型衛星は寿命が短くなることから、一度、小型衛星コンステレーション事業が運用開始されると、これら打上げ需要は一定周期で定期的に打上げ続けられることとなるだろう。

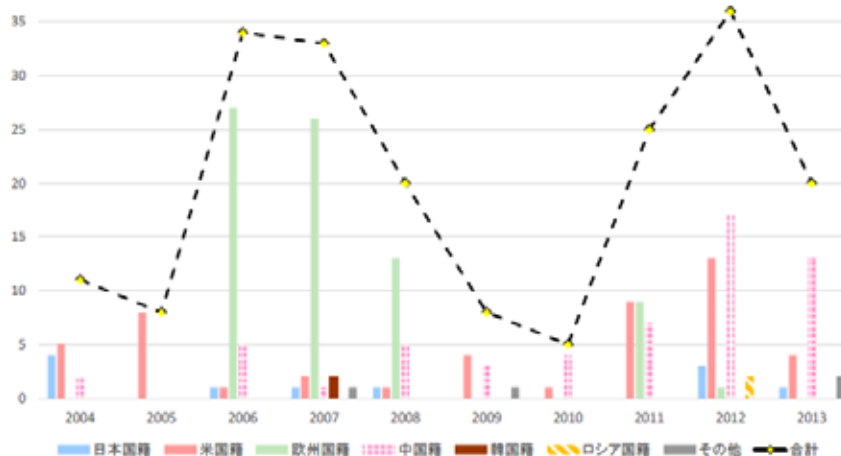
図表 II-14 世界の衛星機器製造業の売上高推移



(出典：SIA/Tauri Group「State of the Satellite Industry Report 2003～2016」より当行作成)

また、衛星コンステレーション事業を運用する上では、小型衛星を単純に打ち上げるだけでなく、小型衛星からの衛星情報送信や各衛星から提供される情報の処理含め、数十機単位の衛星を運用するための技術が必要になってくるため、ベンチャー企業を含む欧米勢に加えて中国の大学等研究機関も近年、この分野で特許出願を多く行っており、実際のコンステレーションの運用開始に向けて各社・各国政府とも事業化に向けて動き出しているところにある。

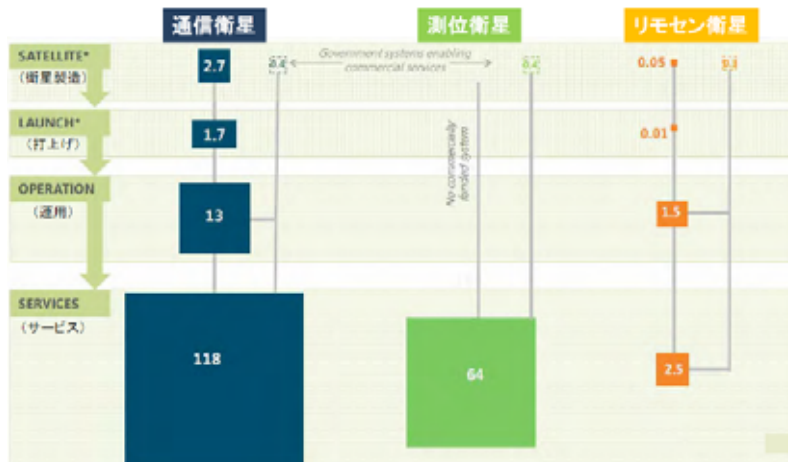
図表 II-15 コンステレーション技術に関する特許出願数推移



(出典: 特許庁「平成 27 年度特許出願技術動向調査報告書 航空機・宇宙機器関連技術」)

衛星タイプ別にバリューチェーンを見た場合、通信放送、測位、リモセンでは、通信放送が市場として確立されていることもあり、衛星製造からサービス産業まで一定の市場規模を確保できている。一方、測位及びリモセンに関しては、産業として発展途上の段階にあり、リモセン市場であれば小型衛星製造及び小型ロケット打上げサービスから運用まで、これまでとは一線を画する事業形態が新たに築かれようとしており、様々な企業の有する技術・リソースに加えて政府との連携等を進めながら市場形成を図っていく必要がある。

図表 II-16 各衛星分野のサプライチェーン別市場規模比較



(出典: Euroconsult 「A SNAPSHOT ON SPACE MARKETS TRENDS AND DYNAMICS」 2015)

## 2. 衛星バス

人工衛星は、通信、地球観測、データ収集等のミッションを遂行する「ミッション機器」と、電力、通信、姿勢制御等の基本機能を担う「バス機器(衛星バス)」に大別され、ミッションの目的やタスク内容等によって分類される。コンポーネントの一つである衛星バスは、日本では MELCO が大型衛星バス「DS2000」を開発・製造している他、特許出願ランキングでも上位に位置するなど、高い技術力を有しているといえる。

図表 II-17 主要な衛星バス






国名	企業名	バス型式名	打上げ時 質量	最大 電力	設計 寿命	受注 実績
米 国	ロッキードマーチン(LM)	A2100A系	3~6t	18kW	15年	70
	ボーイング	BSS702系	5~6t	17kW	15年	52
	スペースシステムズ/ロラール(SSL)	LS1300系	6~7t	25kW	15年	115
	オービタルサイエンシズ(OSC)	Geostar-1/-2	2~4t	5kW	15年	40
欧 州	エアバス(IBEADSアストリウム)	Eurostar-3000系	5~6t	18kW	15年	46
	ターレス・アレニア・スペース(TAS)	Spacebus-4000系	5~6t	15kW	15年	28
ロシア	ISS レシエトネフ	Ekspress-2000型	3~4t	N/A	15年	4
日 本	三菱電機(株)	DS-2000型	3~5t	14kW	15年	15
中 国	中国空間技術研究院(CAST)	東方紅4型	5t	18kW	15年	19
インド	インド宇宙研究機関(ISRO)	I-3000型、4000型	2~3t	N/A	10年	9

(出典: 科学技術振興機構「世界の宇宙技術力比較(2013年)」)

## 3. 人工衛星の種類

人工衛星は、天体観測や地球環境の調査をはじめとした科学研究を目的とした「科学衛星」と、測位、地球観測、通信放送等の実用に供することを目的とした「実用・技術試験衛星」に大別される。以下にて、「実用・技術試験衛星」の主たる3分野でもある測位衛星、リモートセンシング衛星、通信衛星について述べることにしたい。本来であれば、国外市場で最も需要の大きい通信衛星を取り上げなければならないが、現在、日本国内において宇宙利用産業振興の主たる分野として、準天頂衛星の打上げによる測位システム整備や観測衛星市場の民需創出等に焦点が当てられていることもあり、測位衛星及びリモートセンシング衛星を先に取り扱うことにしたい。

図表Ⅱ-18 現在運用中の JAXA の人工衛星

地球観測衛星			
			
<b>だいち2号 (ALOS-2)</b>	<b>GPM/DPR</b>	<b>しずく (GCOM-W)</b>	<b>いぶき (GOSAT)</b>
「だいち」の後継機として、より詳細かつ迅速なデータ提供を行い、広域巨大災害発生時から平時まで幅広い分野での利用が期待されている。	世界で最も進んだ雨のレーダ観測技術をもつJAXAがセンサ開発を担当する全球降水観測主衛星。地球全体の降水マップを作成。	気候変動のメカニズムの解明に向けて、長期に渡って水蒸気、海面水温、土壌水分、雪氷などをグローバルに観測。	部品は少なく、シンプルにという従来の人工衛星設計思想を覆し、「失敗しない確率をあげる」ために重要なパーツを二段構えに設定。温室効果ガスの濃度分布を観測し、二酸化炭素 (CO2) の排気量削減へ貢献。
通信衛星		測位衛星	
			
<b>きずな (WINDS)</b>	<b>こだま (DRTS)</b>	<b>みちびき (内閣府へ移管)</b>	
超高速・大容量の宇宙通信を実現。地域情報格差の解消、医療分野・教育分野でのコミュニケーション、災害時の情報伝達に利用。	携帯電話約25,000台分のデータを一気に送信するデータ中継技術で、衛星や宇宙ステーションの大量データを中継。	日本の衛星測位システム (QZSS) を構成する準天頂衛星で、日本の準天頂(ほぼ真上)で米国のGPS信号を補完・補強する衛星。	

(出典: JAXA ホームページより当行作成)

(ア) 測位衛星

衛星からの測位情報を活用して地球上の位置情報を検知するシステム「全球航法衛星システム(GNSS: global navigation satellite system)」としては米国が運用する GPS が一般的に普及し、知られているが、より精度の高い位置情報システムを構築すべく、米口をはじめ欧州、中国、日本、インド等の世界各国において独自の計画が進められているところにある。衛星による測位には、受信機の位置を特定するために緯度、経度、高さ、時刻の 4 要素を把握する必要があり、衛星は最低でも 4 機必要とされるため、4 機以上の可視衛星を確保することでより多くの情報を集め、地球上でのより正確な衛星測位を可能にするシステムである。

測位衛星の市場は、関連機器:約 12 億ドル、サービス関連:640 億ドル規模に達しているとも言われており、自動運転分野への応用や高精度化による新たな事業ニーズ発掘の可能性も検討される等、今後も更なる伸びが期待される分野でもある。具体的には、測位サービス自体は政府機関によって担われているため、測位

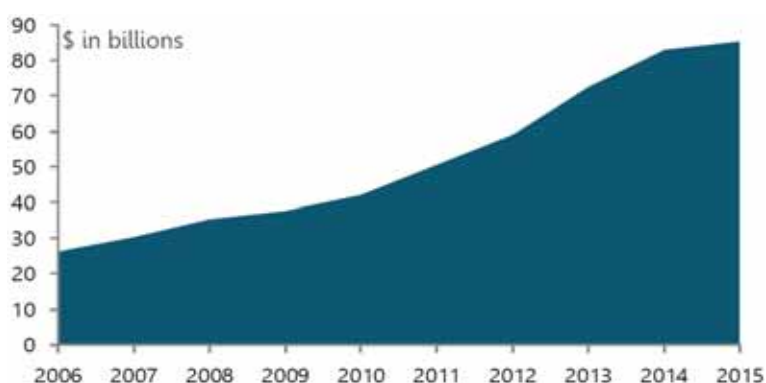


衛星サービスによって直接繋がるビジネス・産業としては GNSS を受信するデバイス機器であるが、その多くが現状は(携帯電話に搭載される)位置サービスと(自動車に搭載される)道路サービスとなっている。双方合わせて GNSS 機器市場の 9 割を占める一方、その他、船舶や航空機は未だ GNSS 機器市場全体の 1%程度にとどまり、農機においても 1-2%となっている状況にある。携帯電話向けチップといった機器市場では既に欧米勢による寡占状況にある中、第 I 章(2)2. でも見たように、日本の民生機器メーカーが培ってきた高精度・測位補強の技術を活用していく上でも、船舶や航空機等、これまでニーズが低位であった分野への応用可能性を探ることは意義があるものと思われる。

代表的な GNSS の例として、米国の GPS(Global Positioning System)が挙げられるが、同システムは当初軍事目的で開発されたものの、航空機墜落事件の発生を受け、民間航空機の安全航行のために非軍事的な用途(民生的用途)でも使えるよう開放され、自由に GPS の民生用信号を利用できるようになった。その後、民間での活用がさらに進み、2000 年には、GPS の精度を意図的に劣化させていた SA>Selectivity Availability)が廃止され、従来の 10 倍以上に精度が向上した。米国以外の国においても、軍事目的のみならず、民生部門への安定的なサービス提供を目指し、様々な施策が推進されている。

日本の衛星測位システム「準天頂衛星システム(Quasi-Zenith Satellite System, QZSS)」は現在構築段階にあり、2010 年に技術実証のための準天頂衛星初号機みちびき(QZS-1)が打ち上げられており、2018 年には 4 機体制で運用開始し、さらに 2020 年に初号機の後継 1 機と 2023 年に衛星 3 機を追加して 7 機体制で運用される予定である(2018 年までの 4 機体制では静止衛星 1 機及び準天頂衛星 3 機にて運用)。

図表 II-19 世界の衛星測位システム市場(2006-2015)



(出典: Euroconsult「SATELLITE VALUE CHAIN: SNAPSHOT 2016」)

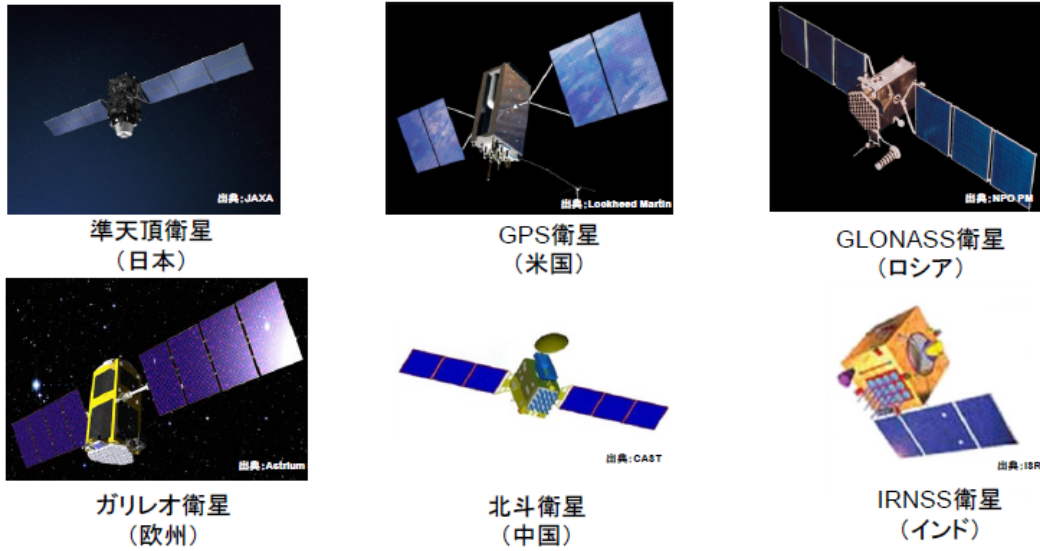


図表Ⅱ-20 測位衛星の可能性



(出典: 内閣府宇宙戦略室「準天頂衛星システムサービスとシステムの整備状況」2014)

図表Ⅱ-21 各国の測位衛星



(出典: 内閣府宇宙戦略室「準天頂衛星システムサービスとシステムの整備状況」2014)

図表Ⅱ-22 各国のGNSS運用状況及び計画

衛星測位システム	GPS	GLONASS	Galileo	BeiDou	QZSS	IRNSS
サービス提供範囲	全世界			アジア、オセアニア		
運用主体	米国	ロシア	欧州	中国	日本	インド
計画衛星数	32	24	30	35	4+3	7
現状	運用中	運用中	軌道上8機で試験中	15機で運用中	1機で運用中	1機で試験運用中
運用開始年	1993	1996	2016	2012	2018	2016
開発開始年	1973	1976	1999	2000	2006	2010
測位精度 (オープンサービス時)	10m	平均測位精度 12.05m 最大測位誤差 68.09m	無償提供: 1m 有償提供: 1cm	10m		18.3m

(出典: 内閣府、各団体資料等より当行作成)

## I 準天頂衛星「みちびき」(日本)

日本の衛星測位システム「準天頂衛星システム(Quasi-Zenith Satellite System, QZSS)」は、準天頂衛星を打ち上げることにより米国の GPS を補完・補強し、山間部や高層ビル街等、GPS 信号が届き難く、見通しの悪い場所での測位も可能にするため計画されたものである。「みちびき」の初号機は、次世代衛星測位システムの基盤技術開発及び軌道実証を目的とし、2010 年 9 月に打ち上げられた。2011 年 6 月からは、測位信号の提供が開始され、準天頂衛星システムサービス株式会社(QSS)が運用を行っている。現在は技術実証・利用実証の段階にあり、今後は 2018 年に 4 機体制で運用開始され、最終的には 7 機体制にて運用すべく計画が進められている。

## II GPS 衛星(米国)

米国が運用する衛星測位システムであり、1978 年に GPS ネットワークを構成する最初の衛星「NAVSTAR」が打ち上げられ、1993 年より運用を行っている。元来、GPS は軍事用の測位システムとして開発されたものであるが、1983 年の大韓航空機撃墜事件発生を受け、レーガン大統領(当時)が GPS の運用開始後は民間航空機の安全航行のための使用を認めると表明したことが契機となり、国際民間航空機関(ICAO)に対する GPS の民生サービス公開が開始されている。その後、1996 年 3 月には、米国 GPS 政策によって民生用に精度を調整したデータが全世界に無償提供されることとなった。さらに、2000 年には GPS の制度を意図的に劣化させていた制度「Selective Availability」が廃止され、その精度は従来からの 10 倍以上向上することとなった。現在は 30 機体制で展開されており、データの高精度化、衛星ネットワークの抗堪性向上の取組が進められている。

## III ガリレオ衛星(欧州)

米国の GPS に依存しない自立的な衛星測位システムを構築すべく、2002 年から開始されたプロジェクトである。衛星の軌道投入の失敗による追加費用発生その他、多国間の調整難航等で計画は遅延しながらも、2011 年から軌道上実証機(IOV)を順次打上げ。開発開始から 17 年を経て、2016 年 12 月に 18 機の衛星を用いて初期運用フェーズを開始し、翌年には日欧間で当該測位システムの相互利用協定を締結した。完全運用フェーズ(30 機)に至るのは 2020 年を予定している。

### (イ) リモートセンシング(地球観測)衛星

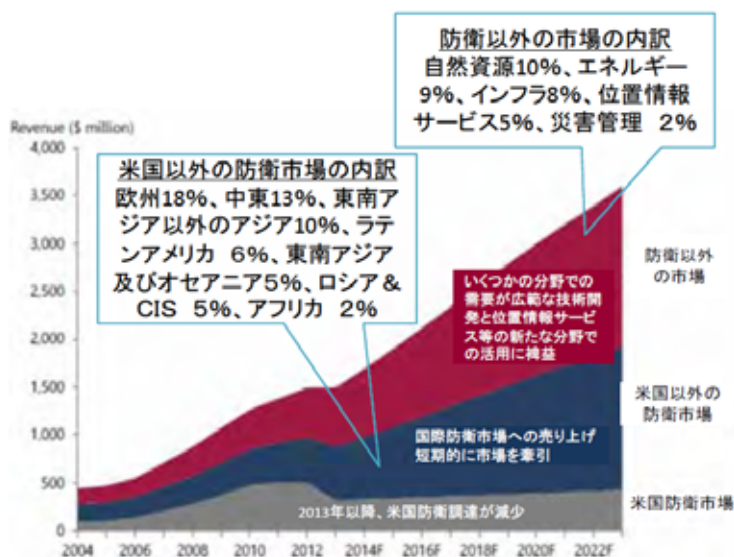
リモートセンシング(地球観測)衛星とは、搭載した観測センサーを用いて、電波、

赤外線、可視光等により地球を観測する人工衛星のことである。これにより、地表の土地利用、森林、農作物等の状況、海面の温度や色、雲の状態等、様々な情報を取得することができるため、各国防衛政策上の情報収集に使用されることもある他、近年では情報技術の発展や衛星数及び衛星からの撮像頻度の増加によって、防災分野におけるニーズや(日本が新興国との間で取り組んできた)森林違法伐採の防止を企図した森林の衛星観測にとどまらず、農業分野における作物の生育状況把握やエネルギー産業におけるプロジェクト進捗状況把握等、実際のビジネスにおける便益や収益に直結する形での観測衛星の活用方法も見出されている状況にある。

これまでのリモセン分野の投資は、過去 10 年間合計で約 280 億ドル規模となっており、133 機のリモセン衛星が既に打ち上げられている中、今後 10 年間で、小型衛星を数十機単位で打上げ、運用するコンステレーション事業者による打上げ計画も多数予定されており、特に小型衛星を低軌道上で運用していくビジネスが数年の間に実現される見込にある。衛星によるリモートセンシング市場は、日本国内で約 1 百億円、世界全体で約 1~2 千億円といわれており、これまでは 1 枚毎の販売であった衛星画像ビジネスにおける撮像頻度の向上による販売及び購入機会の増加が見込まれている他、上述のような新たなニーズの創出・開拓が進むことで更なる成長が期待されており、今後 10 年で約 4 倍に拡大するとの見通しもある(図表 II-23)。

足許の市場規模は 15 億ドル程度であり、需要別に見れば、安全保障分野が約 6 割、残り 4 割が民生および商業利用である。米国の防衛需要で大幅な増加は見込み難い一方、先進国の防衛需要や新たな産業での需要増が期待されている。

図表 II-23 世界のリモセン画像ビジネスの市場規模推移及び予測



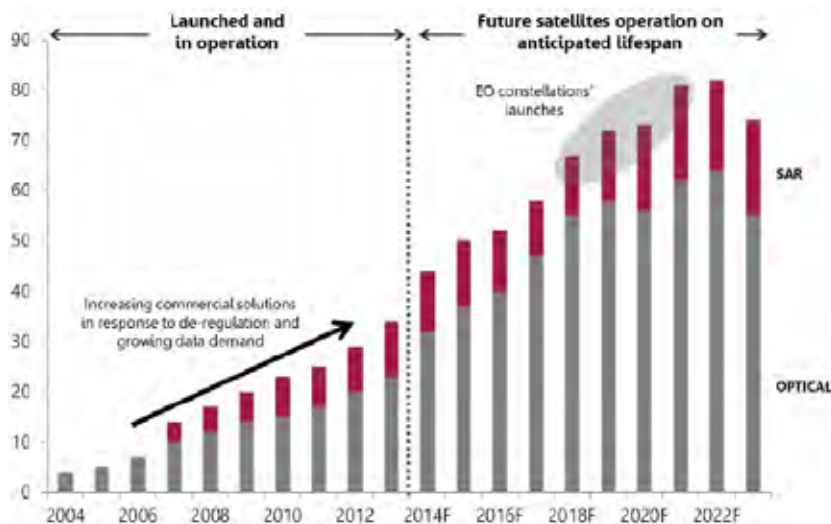
(出典: Euroconsult「Stellite-Based Earth Observation, Market Prospect to 2023」2016)

また、本章(3)1.においてリモートセンシング衛星の打上げ機数が爆発的に増加するとも言われている中、光学カメラを搭載した観測衛星がその大半を担うものと見られており、レーダー衛星(SAR)に関しては小型化が技術的に非常に困難であり、かつ、光学衛星に比べて高価格であることもあり、コンステレーション事業として数十機単位での運用を行っていく上では、光学衛星が主流になってくるものと思われる。

こうした動きは、Planet や Spire Global といった海外勢に加え、日本国内でも(株)アクセルスペースが 50 機単位でのコンステレーション計画を打ち出す等、多くのプレイヤーの参入が期待されている。その多くが光学カメラを搭載した衛星となっており、その分解能の細分化を各社図りながらも、いち早く先行者利益を獲得すべく、各社とも鎬を削りながら日々開発が進められている状況にある。

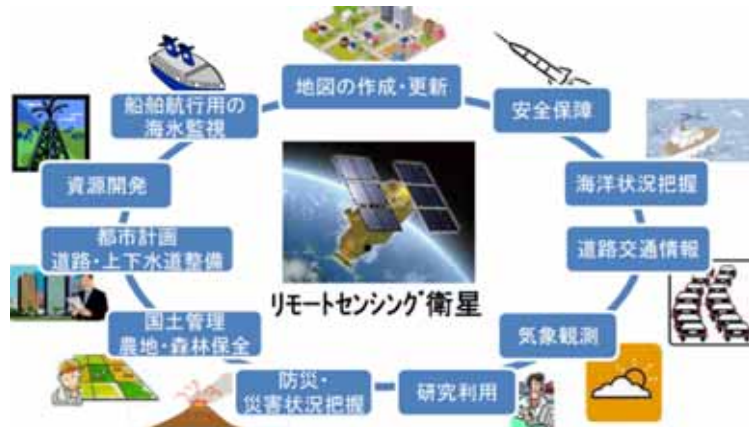
図表 II-24 商用リモセン衛星の打上げ機数実績および将来予測

(SAR: 合成開口レーダー衛星、OPTICAL: 光学衛星)



(出典: Euroconsult「A SNAPSHOT ON SPACE MARKETS TRENDS AND DYNAMICS」2015)

図表 II-25 リモートセンシング衛星の用途



(出典: 内閣府宇宙戦略室「我が国の安全保障をめぐる動向」2015)

商用リモートセンシングの主要な担い手としては、「IKONOS」、「GeoEye」や「WorldView」といった観測衛星プログラムを運営してきた米国 Digital Globe、「SPOT」プログラムを運用する Airbus グループの他、「RapidEye」システムを運営するカナダ MDA(現在は Planet が運営)が存在しており、RapidEye に関して言えば、カナダ MDA と独 OHB Systems の合弁事業として、ドイツ政府等からの助成金や両国政府系金融機関からの融資等を受けることで総額 160 百万ユーロの初期投資額を得ながら開発・運用されてきた。

後述する米国の商用リモート・センシング事業にも共通するが、大型の高性能衛星の開発に多額の投資負担が必要となり、かつマーケット自体が発展途上の段階にある商用リモートセンシング分野においては、民間事業者の設立・育成等を通じて民間・商業市場の形成・発展を促す上で、(ア)特定事業者・プロジェクトを施策上のキープレイヤーとして明確に位置づけることによって安定的な事業運営の下支えを図るとともに、(イ)開発費用を助成金や政策金融機関等を活用しながら支援しつつ、(ウ)官需等を通じた一定のサービス購入を保証すること等によって、民間企業による衛星プログラム運営及び商用ニーズの掘り起こしを支えてきたところにある。

図表 II-26 各国のリモートセンシング衛星

	日本	米国	ドイツ	フランス	イタリア	イスラエル
政府専用衛星 空間分解能： 10cm程度？	・ IGS (光学、レーダ：2013-)	・ KeyHole (光学：1992-) ・ Lacrosse (レーダ：1988-)	・ SAR-Lupe (レーダ：2006-)	・ Helios (光学：2004-) 連携		・ Ofeq(光学：1988-) ・ TecSAR (レーダ：2008)
デュアル・ユース衛星 空間分解能： 30cm-数m	・ ALOS-2 (Lバンドレーダ：2014) ・ ASNARO-1 (光学：2014) ・ ASNARO-2 (Xバンドレーダ：2017 予定)	・ DigitalGlobe社 ・ GeoEye-1 (光学：2008-) ・ IKONOS (光学：1999-) ・ WorldView-1,-2,-3 (光学：2007) ・ QuickBird (光学：2001)	・ Brack Bridge社 ・ RapidEye-1~5 (光学：2008-) ・ Airbus D&S社 ・ TerraSAR-X (レーダ：2007) ・ TanDEM-X (レーダ：2010)	・ CNES ・ Pleiades-HR-1A, -1B (光学：2011,2012) ・ Airbus D&S社 ・ SPOT-6,-7 (光学：2012,2014)	・ ASI ・ COSMO-SkyMed-1~4 (レーダ：2007-2010) 連携	・ EROS A,B (光学：2000,2006)

( )内の数字は打上年および打上開始年。

(出典：内閣府資料より当行作成、「デュアルユース衛星」は政府需要に加え、民生用途向けにもデータ提供する衛星を指す)

図表Ⅱ-27 本邦衛星画像販売企業の主要契約衛星一覧

衛星運用企業	光学									
	Digital Globe(米)				Airbus Defence & Space(欧)			Planet Labs		ImageSat International
衛星名称	GeoEye-1	WorldView-1	WorldView-2	WorldView-3	Pleades	SPOT6	SPOT7	RapidEye	SkySat	EROS-B
運用開始時期	2008/9～	2007/9～	2009/10～	2014/8～	2011/12～	2012/9～	2014/6～	2008/8～	2013/11～	2006/4～
衛星軌道/軌道高度	SSO/681km	SSO/496km	SSO/770km	SSO/617km	SSO/694km	SSO/694km	SSO/694km	SSO/630km	SSO/595km	SSO/500km
撮影頻度/回帰日数	約2日	約2日	約2日	約2日	毎日	毎日	毎日	毎日	1.5-3時間 (24機配備後)	2日
(一財)リモートセンシング技術センター	○	○	○	○	○	○	○	○	-	-
(株)パスコ	○	○	○	○	○	○	○	○	-	○
日本スペースイメージング(株)	○	○	○	○	-	-	-	○	-	-
国際航業(株)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	-

衛星運用企業	合成開口レーダー				
	JAXA	DLR	MDA	e-GEOS(伊)	NSPO(台湾)
衛星名称	ALOS-2	TerraSAR-X	RADARSAT-2	COSMO-SkyMed	FormoSat-2
運用開始時期	2014/5～	2007/6～	2007/12～	2007/6～	2004/5～
衛星軌道/軌道高度	SSO/628km	SSO/514km	SSO	3	SSO/891km
撮影頻度/回帰日数	14日	11日	24日	16日 (4機体制)	1日
(一財)リモートセンシング技術センター	○	-	-	○	○
(株)パスコ	○	○	○	-	-
日本スペースイメージング(株)	-	-	-	○	-
国際航業(株)	○	-	-	○	-

(出典:各社 HP より当行作成)

## 1 ランドサット及び米国民間リモートセンシング事業

ランドサットは、可視・赤外のバンドを持つセンサーが搭載された米国の地球観測衛星である。初号機の Landsat-1 は 1972 年打ち上げられた世界最初の地球観測衛星である。その後 Landsat-2,3,4 と続き、現在は Landsat-5 及び Landsat-7 が運用されている。なお、日本においても、ALOS<sup>20</sup>運用開始に伴う自立的な衛星観測インフラが整備されるまでは、リモートセンシングには主にランドサットの画像を利用してきたところにある。

米国政府が資金負担している衛星のデータのうち、中空間分解能から低空間分解能の衛星は公的資金によって無償で運用されており、データを廉価または無料で配布することで、付加価値産業の育成を推進しており、Landsat のデータについても 2008 年よりインターネットで無償公開されている。また、高空間分解能の衛星は PPP 等の枠組での運用を含め、民間事業者に対する画像購入保証型のサービス調達形態を採ることで衛星開発に必要な政府予算の低減を図るとともに、民間事業者の事業の下支えを図っている。

商用部門における米国リモートセンシング衛星は、「World View」を運用する Digital Globe と「GeoEye」等を運営する GeoEye(2012 年に Digital Globe を存続会社とする合併により消滅)によって担われてきた。1992 年の私企業による衛星画像商用利用を認めた「Land Remote Sensing Policy Act」成立を受け、GeoEye は Orbital Sciences の一部門として設立、Digital Globe も 1992 年に

<sup>20</sup> ALOS は東日本大震災の被害状況把握等にも活用されたが、2011 年 4 月に制御不能となったため、2014 年より後継機であるレーダー衛星「ALOS-2」の運用が開始されている。



Walter Scott 氏及び Douglas Gerull 氏によって設立されている(Walter 氏は原子力物理学等で有名なローレンス・リバモア国立研究所にて国家戦略防衛計画の一端を担う「Brilliant Eye」プログラムを率いており、Gerull 氏は Intergraph 社で地理空間・地図解析部門のトップとして在席)。

1992 年の法制定を受け、Digital Globe は商用リモートセンシング事業に係る認可を初めて受けた事業者として、政府によるお墨付きの下で米国における民間「リモートセンシング」事業を担うべく成長・事業展開してきており、GeoEye についても中堅宇宙関連企業 Orbital Sciences の下で自らの衛星プログラム GeoEye を開発するとともに、Raytheon 及び Lockheed Martin の合併会社による Space Imaging LLC が運営する「IKONOS」事業を買収することで成長してきた。2013 年に Digital Globe が GeoEye に買収統合されることとなり、現在の米国におけるリモートセンシング事業は Digital Globe を主とする体制の下で運営されており、その衛星のタスクの一つとして、政府・防衛向けの情報収集・提供も担うことで政府からの安定収入を得ながら、商業サービスも提供できる事業環境を確保できているところにある。

これら観測衛星プログラムを軌道に乗せていく上で、許認可制度の下でサービスの安定性・信頼性を図りつつ、事業者にとっても安定して事業運営できる素地を整えると共に、画像購入契約を通じて衛星開発支援等を行う等の政府支援が打ち出されてきたことは、今後、日本でも観測衛星事業の推進を検討していく上で参考になるであろう。

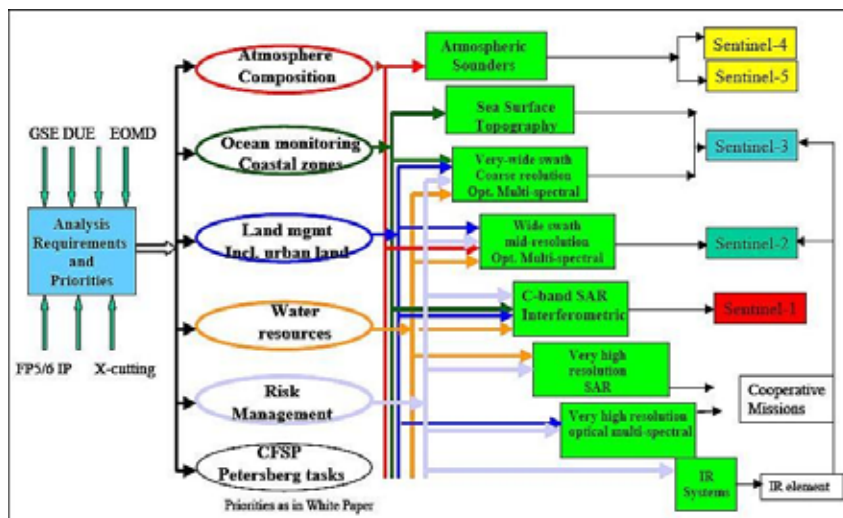
## II コペルニクス計画<sup>21</sup>(欧州)

欧州が主導する全球的な地球観測網であり、レーダー、マルチスペクトル観測<sup>22</sup>等、それぞれ異なる機能を搭載した複数機の衛星「センチネル」で構成されている。大気観測、海域観測、陸域観測、気候変動、危機管理、安全保障にかかる 6 つのコアサービスを提供しており、低解像度画像等のデータを全世界に無償提供している他、対外協力の一環として、アフリカで環境監視プロジェクトが進められている。欧州委員会は、コペルニクスの観測データを無償開放することにより、科学研究やデータサービスに加えて、物流、保険、農業等、様々な業界に波及があり、2030 年までに 300 億ユーロの経済利益と 5 万人の雇用創出が見込まれると試算している。また、欧州域外の国々が当該データを利用することに伴う環境への取組促進も目的としている。

<sup>21</sup> Earth Observation Portal「Copernicus」 <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/copernicus>

<sup>22</sup> 可視光のほか、赤外線も観測も可能であり、植生や水蒸気の状態も把握できる。

図表 II-28 コペルニクス計画における重点分野と各衛星の役割



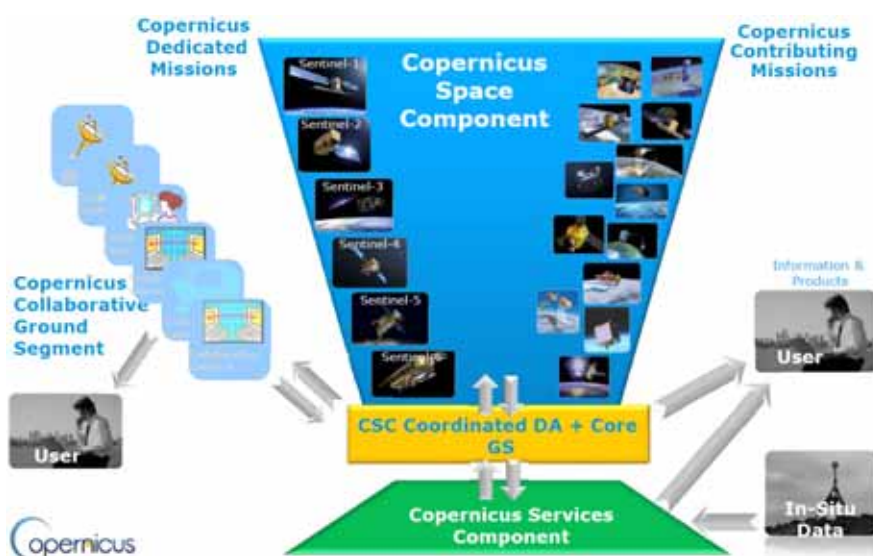
(出典:ESA Sentinel Online HP)

図表 II-29 センチネル衛星の打上げ実績・予定

2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
S1A	S2A	S1B S3A	S2B S3B S5P		S2C	S6A	S4A S5A	S2D	S4B	S5B	S6B		S5C

(出典:ESA 資料等に基づき当行作成)

図表 II-30 コペルニクス計画の連携イメージ



(出典:ESA「COPERNICUS –an European Achievement」2015)

### III 陸域観測衛星「だいち」(ALOS-2)及び近年の日本の衛星画像利活用

陸域観測を主な目的として打ち上げられたレーダー衛星で、同様の目的で打ち上げられた ALOS の後継機である。ALOS は、光学センサー、SAR センサー(合成開口レーダー)を同時に搭載していたが、2011 年の運用終了時に 2 種類のセンサーともに観測を終了することとなった。ALOS-2 以降の計画では、まず光学衛星とレーダー衛星を別々に打ち上げることとなり、先に運用を開始したのがレーダー衛星の ALOS-2 である。ALOS-2 の画像処理・販売を共同で行うパスコ及び RESTEC では、ALOS-2 の衛星画像情報をメインに付加価値画像の作成を検討・実施しながら、衛星画像ビジネスにおける新たなビジネス機会を模索しているところにある。

その他、政府が運用している地球観測衛星として、JAXA が運用する温室効果ガス観測技術衛星「いぶき」(GOSAT)、経済産業省系の組織が運用する小型地球観測衛星「ASNARO」、気象庁が運用する気象衛星「ひまわり」等がある。

また、政府保有の人工衛星データの利活用をめぐることは、今後のリモートセンシング衛星市場の成長に向け、事業者のみならず政府においても様々な検討がなされている。また、政府保有人工衛星のデータ無償開放についても様々な場で検討がなされ、民需掘り起こしを図っていくための制度整備として以下の課題点が挙げられている<sup>23</sup>。真に利活用ニーズを掘り起していく上では、衛星等のインフラを運用する主体、そこから得られる情報を加工し使用する主体、情報を活用する可能性を有する企業・機関が、業界・分野等の現行枠組を越えて議論・検討する必要も出てくるものと思われる。そのためにも、JAXA をはじめ様々な官庁・組織が一体となった横断的な連携が必要となり、観測衛星のビジネスを軌道に乗せるためにも、以下の問題を解決していくことも求められよう。

- (ア)従前の政府観測衛星が試験研究開発を目的としていたがゆえの「衛星データの継続性の欠如及び空白期間の存在」
- (イ)衛星所有者・データ販売者の間における相互が保有する衛星情報の横断的・俯瞰的な把握がなされていないことによる「データアクセスの困難性」
- (ウ)データ加工の困難性(撮像周期・撮像エリア・観測幅の相違に伴うデータ処理の困難性、衛星と相互利用する政府保有データのフォーマットの未統一、多大なファイル容量等)
- (エ)データ解析によるソリューション提供サービスの発掘が発展途上にあり、かつ、画像販売ビジネスからソリューション提供サービスへの過渡期を下支えするための安定需要の欠如

<sup>23</sup> 内閣府宇宙政策委員会第 56 回会合配布資料 6「宇宙利用産業の振興について」

#### (ウ) 通信・放送衛星

衛星通信は、静止衛星等の宇宙飛行体上に開設された無線局を經由し、地上に開設された無線局(地上局)の間で行う通信であり、固定局同士で通信する「固定衛星」と船舶や航空機等の移動体を対象とした「移動衛星」に分類される。

国際通信で主に利用されているのは光ファイバーを使った海底ケーブルで、日本と海外の通信の99%を担っているが、固定衛星通信(FSS)は、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・遠隔地で利用されており、移動衛星通信(MSS)は、船舶や衛星通信電話等との通信に利用されている。

通信・放送衛星は世界の衛星市場の約80%を占める。同分野では、年平均20機程度が打ち上げられており、市場規模は過去10年間で216億ドル程度である。衛星を用いた通信・放送サービスは、世界的に民間事業者が提供する体制が整っていることから、商用人工衛星の市場が確立しているといえ、衛星による通信・放送の需要は着実に増加しており、市場は拡大する見通しであるが、その反面、価格競争は激化している。また、衛星電力、衛星重量が増大し、大容量化・大型化の傾向にあり、市場ニーズに対応した技術開発が進められている。国・地域別では、SSL、Orbital Sciences、Boeing Satellite、Lockheed Martinの米国企業4社で商業通信衛星の世界シェアの約半数を占めており、Airbus及びThalesの欧州2社で約3割を占めている。また、容量ベースでは、従来技術の固定通信については、年間6%程度の伸びが見込まれている。

衛星通信は、地上系インフラと比較して、高品質かつ大容量のデータを、同報性・広域性高く伝達することができるというメリットがある。他方、デメリットとしては、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、衛星の運用寿命に係る保守等がある。しかし、地上系インフラである光ファイバー

や地上無線の場合、サービスのカバーエリアが狭いうえ、ネットワークの柔軟性の面で劣っており、衛星通信は未だ優位性を持っているといえる。

近年は、IT企業をはじめとした異業種からの衛星通信事業への参入が増加傾向にあるほか、地上事業者による衛星放送・通信市場の侵食もある。今後も異業種からの参入が続く場合は、従来の衛星事業者はさらに厳しい事業環境となることが想定される。

図表Ⅱ-31 光ファイバー、地上無線、通信衛星との比較

	光ファイバー	地上無線 (中継系)	地上無線 (アクセス系)	通信衛星
高速性				周波数帯の使い分けやH T S で高速性を実現
同報性				衛星からの電波を、全国の多数の受信側地球局に、同時に同一内容の情報を伝達することができる。
品質				地上回線に比べフェージングの影響が少なく、また、1中継で伝送できるため、品質の劣化を最小限に抑えられる。
容量				回線の構成上、大容量の情報を伝達することができる。
広域性				一つの衛星で地球表面のほぼ3分の1を通信範囲にできるため、日本全国で送受信ができる。
経済性 (敷設コスト)	大	大～中	小	小
機動性 (敷設スピード)				地球局があれば簡単に通信回線が設定できる。多様な周波数帯を使用可。
柔軟性				地上に通信回線を設置しないため、受信側地球局の追加、撤去、移動が容易に行える。
耐災害性				通信回線が宇宙にあるため、災害の影響は受けず、宇宙局と地球局さえ無事であれば常に安定した通信回線が確保できる。
多元接続				激しい降雨、太陽雑音で一時的に回線品質を劣化する場多数の地球局間で同時にかつそれぞれ独立して回線を設定することができる。
遅延時間				通信衛星までの距離は約36,000kmあるため、通信に約0.5秒ほどの遅れが生じる。
保守点検				運用寿命があるため、10～15年ごとに新しいものを打ち上げる必要がある。

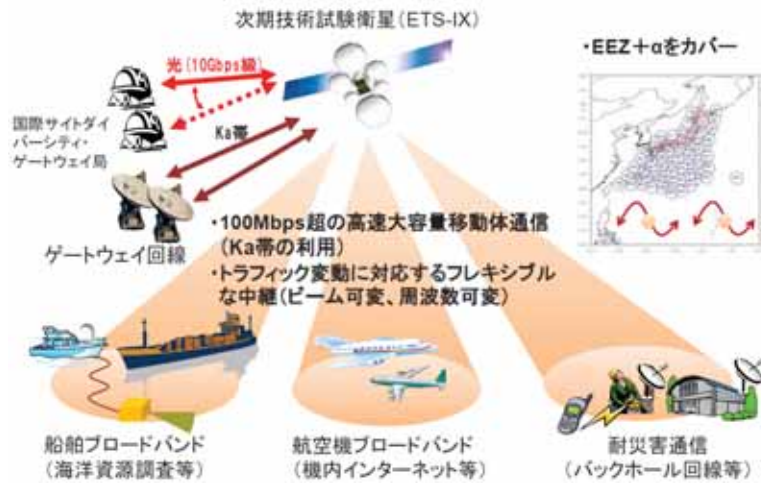
(出典：各種資料にもとづいて当行作成)

衛星通信に利用される周波数帯については、固定衛星通信システムは C 帯(4～8GHz)や Ku 帯(12～18GHz)、移動衛星通信システムは L 帯(0.5～1.5GHz)や Ku 帯を利用したシステムが主流であるが、いずれの周波数帯も利用が逼迫していることを背景に、世界的に地上波との混信が少ない Ka 帯(20～30GHz)の利用が注目されており、これを船舶や航空機等の移動衛星通信サービスに使用していく動きが国外では見られており、日本国内でも、Ka 帯を移動体向けに活用すべく協議・整備が進められているところにある。

近年の技術トレンドとしては、Ka 帯を使用して、多数のビームを出せる中継器を装備して大容量衛星通信を実施する機能を持つ「高回線容量衛星(HTS: High Throughput Satellite)」や、多数の衛星を複数の軌道面へ投入することで、全球に均一なサービス展開を実施することを目的とした複数連携システムである「コンステレーション型衛星通信」等が挙げられる。

HTS 衛星は数十～百 Gbps の高速・大伝送容量の通信サービスを提供可能な衛星で、欧米を中心に普及が進んでいる。同じ帯域幅で比較した場合、従来型衛星と比べて 2 倍以上のスループットを実現可能であり、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に加え、航空機や船舶といった移動体向けサービスを提供している。同衛星は、今後容量ベースで年 40%を超える急速な成長が見込まれるとの試算もある。

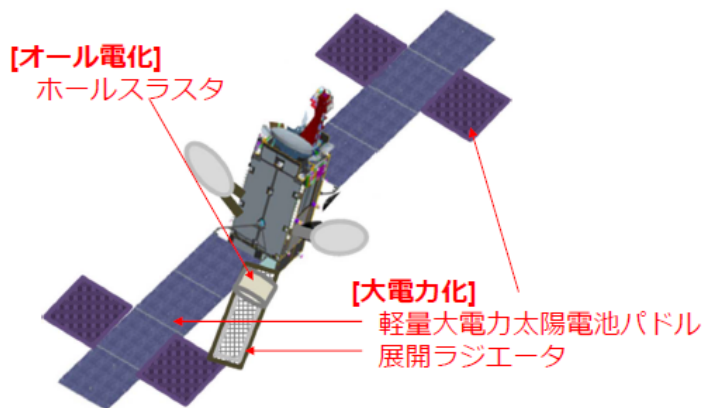
図表Ⅱ-32 HTS(High Throughput Satellite)のサービスイメージ



(出典: 情報通信研究機構「新時代を迎える衛星通信の利活用と技術開発」2017)

世界における HTS 衛星市場を Thales や Boeing Satellite 等欧米企業が開発・生産する衛星バスが席巻しようとしている中、日本でも衛星大規模化・伝送容量増加及び周波数幅の可変性を実現しうる次世代衛星の開発が進められており、2021 年の初打上げ、年間 20 機程度の衛星市場における年間シェア 1 割に相当する年間 2 機の需要獲得が目標に掲げられている。

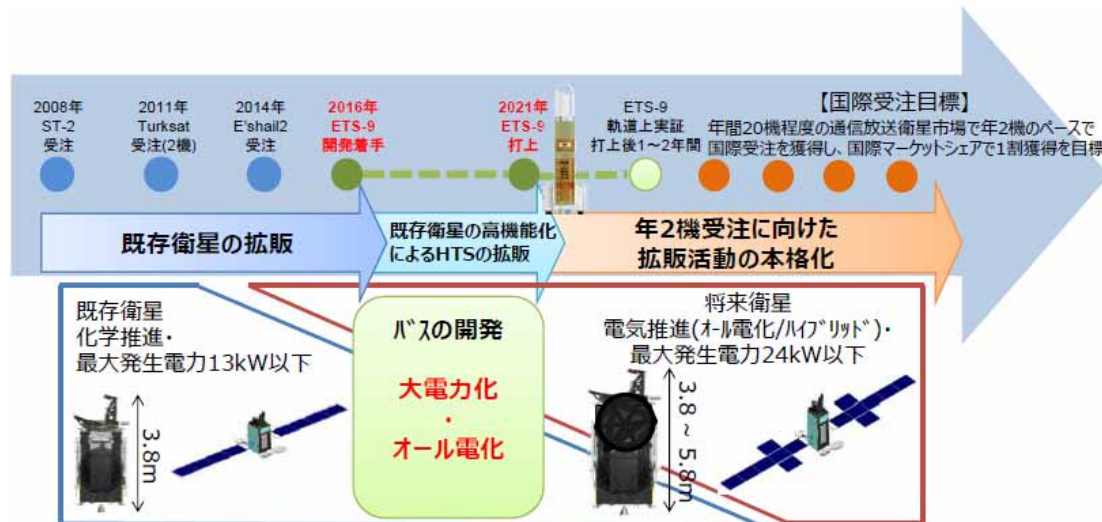
図表Ⅱ-33 ETS-9 イメージ図



(出典: 総務省情報通信国際戦略局「通信・リモートセンシング衛星の現状と動向について」平成 28 年 9 月)



図表Ⅱ-34 ETS-9の開発・打上げに係るスケジュール見込



(出典:内閣府宇宙政策委員会平成28年6月9日開催分配布資料(総務省・文科省・経産省作成))

通信・放送衛星は、もともと衛星を利用してサービスを提供する通信・放送会社等をはじめとした民間セクターが主体となって整備してきたものであり、今後も国は技術開発等で後方支援する方針を示している。一方、測位衛星、リモセン衛星については、政府が中心となって社会インフラとして整備<sup>24</sup>するものと認識されており、特に日本では欧米と異なりリモートセンシングに係る民間衛星は存在しなかった。しかしながら、最近ではデータの利用主体が廉価で人工衛星を打ち上げ、直接画像を取得することを提案するベンチャー企業や衛星オペレーターも登場してきたため、政府主導から民間主導の流れが生まれつつあるといえる。その民間の動きに呼応して、我が国にとって安全保障上の不利益になることを防ぐこと等を目的として、国会でリモセン法や宇宙活動法が整備されることとなった。

### 1 民間における通信衛星

衛星通信市場の50%をインテルサット及びSESの2社によって占められており、両社の概要は以下の通り:

#### i インテルサット

ルクセンブルクに拠点を置く世界最大の衛星オペレーター(実態上の本社は米国)。同社は、米国、日本をはじめとした11か国と、140か国以上の通信事業者が出資し、1964年に設立された。当初は、人工衛星を使った国際通信の世界均一サービスの普及のため、非営利目的で運営されていた国際機関であったが、2001年に民営化され、現在は約52機の通信衛星を運用している(うち、C帯:44機、Ku帯:41機、Ka帯:4機対応可)。

<sup>24</sup> 大学等の研究教育機関も小型のリモセン衛星を打ち上げている。

## ii SES

1985年に設立された、ヨーロッパ初の情報通信衛星運用企業。世界第2位の売上高を有し、ルクセンブルクに本社を置く。衛星放送の他、都市部外地域でのブロードバンドアクセス、モビリティ・政府・公共機関向け等、多くのサービスを提供している。現在は、44もの衛星(うち、C帯:8機、Ku帯:36機、Ka帯:9機対応可)を運用しており、ほぼ世界全地域からのアクセスが可能となっている。足許では、Planet Resourcesの株主にもなっているルクセンブルク政府と共同で、小惑星から希少資源を採掘する宇宙資源事業の立ち上げを検討しているとの報道もあり、宇宙探査分野への展開も目指しているところにある。

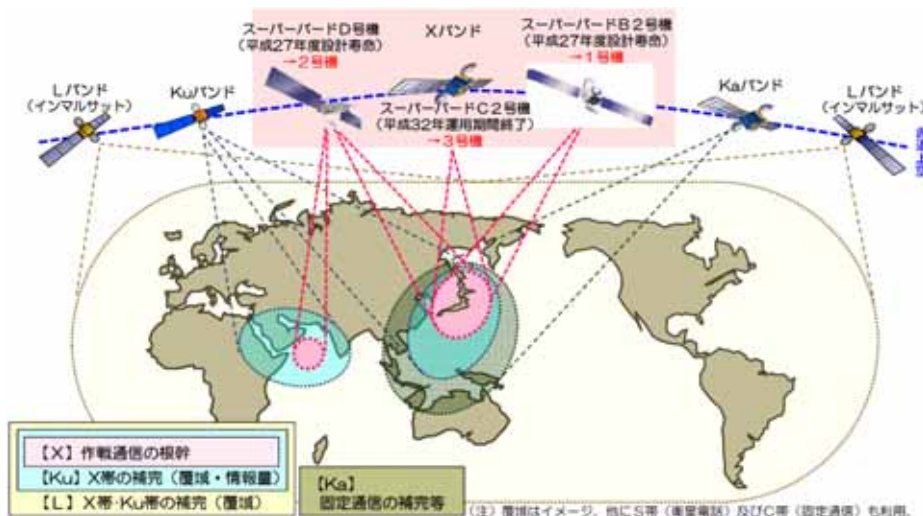
### (エ)近年の日本政府における衛星開発(Xバンド防衛通信衛星「きらめき」)

Xバンド防衛通信衛星は、防衛省が整備・保有・運用を担う通信衛星である。従前は民間企業であるスカパーJSAT保有の商用通信衛星「スーパーバード」で構成されていたが、2015年度に設計寿命に達するため、後継機として計画されたものである。従来、防衛省・自衛隊は、民間の通信衛星「スーパーバード」3機を作戦部隊の指揮統制に利用していたが、衛星が順次設計寿命を迎えることや、宇宙基本法の改正により軍事専用衛星の保有が可能になったことから、後継衛星「きらめき」の整備が進められるに至った。2017年に2号機が打ち上げられており、2018年、2021年に残り2機が打ち上げられる予定となっている。

衛星通信は、作戦通信の根幹を担うX帯とそれを覆域・情報量で補完するKu帯に加え、更にX帯・Ku帯を補完するL帯にお加え、固定通信を補完するKa帯によって構成されており、作戦部隊の指揮統制や作戦情報支援等、部隊行動に関わる情報通信にX帯が使用されることとなっている。

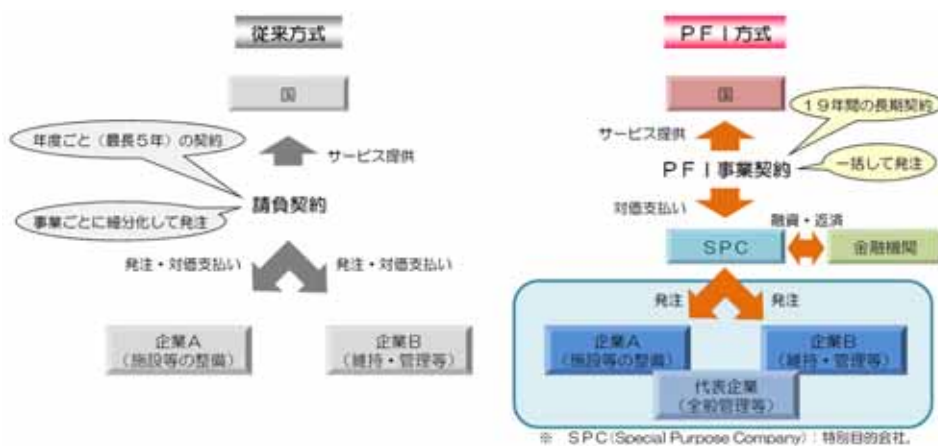
従来の衛星では、通信事業者に中継役務を発注する形式で担われていたのに対し、本件で防衛省による主体的運用を目指す上で、防衛省自ら運用リスクを負担するには多額な資金コストが懸案となっていたが、それを解決すべく長期サービス購入方式のPFI手法を採用することでリスク・コストの最適化が図られているところにある。開発費用や打上げ費用を含め、多大な運用コストを伴う衛星運営においては、衛星が担うタスクの発注元との間でサービス購入型のファイナンスを採用するパターンは国外でも採用されている。今後、様々な衛星を活用したプログラムが計画されている中、衛星の担うタスクに応じて、様々な形でファイナンスが組み立てられていくことになる。

図表Ⅱ-35 防衛省の衛星通信体系におけるXバンド通信衛星の利用



(出典:内閣府資料 防衛省 Xバンド衛星通信整備事業推進グループ「Xバンド衛星通信中継機能等の整備・運営事業」2016)

図表Ⅱ-36 Xバンド防衛通信衛星「きらめき」運用スキーム



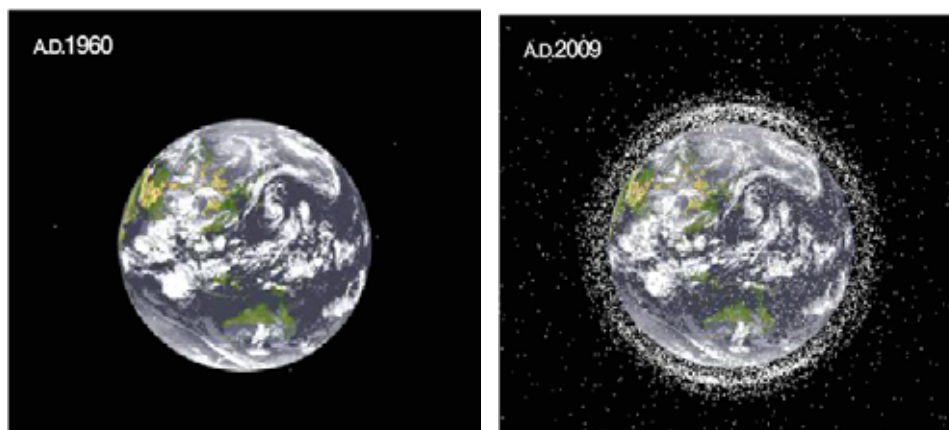
(出典:内閣府資料 防衛省 Xバンド衛星通信整備事業推進グループ「Xバンド衛星通信中継機能等の整備・運営事業」2016)

#### 4. 近年台頭する潜在的な衛星関連ビジネス

人工衛星の利活用が進められる中、避けて通れない課題の一つが、運用停止後の人工衛星が宇宙空間のゴミとなる、いわゆる「スペースデブリ」問題であろう。スペースデブリは、今後の増加に拍車がかかると見込まれており、運用中の人工衛星や宇宙ステーション等と衝突し、重大な事故を起こす可能性が懸念されていることから、国連による「デブリ低減ガイドライン」が出される等、その対応は喫緊の課題となっている。現在の国際ルールにおいては、高度 2,000km以下の軌道に投入した人工衛星は運用終了後、25 年以内に大気圏へ突入させて燃やすか、他の衛星と干渉しないよう軌道変更することが要求されている。

日本においては、NEC が国内唯一のスペースデブリ専用観測施設の構築・運用を実施しているほか、JAXA は積極的なスペースデブリ対策として、飛行しているデブリに電流が流れるひも「導電性テザー」を取り付け、衛星にブレーキとなる力を発生させて人工衛星を大気圏に突入させるという仕組みを実現するため、実証実験を実施している。

図表Ⅱ-37 低軌道におけるスペースデブリ分布図(1960 及び 2009 年の比較)



(出典：日本宇宙フォーラム HP)

図表Ⅱ-38 主なスペースデブリ発生国(2009 年 12 月時点)

No.	国名	人工衛星	ロケット機体・破片	合計
1	ロシア	1,423	4,279	5,702
2	アメリカ	1,084	3,755	4,839
3	中国	82	3,066	3,148
4	フランス	48	424	472
5	日本	122	77	199
6	その他	652	288	940
合計		3,411	11,889	15,300

落下済を除く。

(出典：日本宇宙フォーラム HP)

かかる状況を受け、スペースデブリ問題の解消を中核事業の一つとする企業を設立する動きも見られ、国内では(株)アストロスケール、海外では LeoLabs といったベンチャー企業が存在する。

アストロスケールでは微小サイズのスペースデブリ観測人工衛星を打ち上げる事により、微小デブリと呼ばれる砂粒サイズ(0.1～数 mm)のデブリの位置観測を行い、計測データから微小デブリの分布や量を把握し、衝突被害を最小化するための運用や防護設計につなげることを目標としている。また、10cm 以上の大型デブリについては、衛星に搭載されている子機を接着させ、大気圏に突入させる技術も開発中である。また、世界的研究機関

SRI インターナショナルからスピンアウトした LeoLabs については、地上のフェーズドアレイレーダーを利用し、低軌道上のデブリ衝突回避予測軌道決定支援サービス等の展開を目指しており、2017 年 2 月に 4 百万米ドルの資金調達を行っているが、その投資家の顔触れは SRI インターナショナル、ホライズンベンチャーズに加え、Aibus Ventures も入っており、今後、OneWeb を通じて低軌道コンステレーション事業に参画していく Airbus グループがこのような事業へ出資を行っていることは注目に値する。

その他、NASA が SSL と連携し、衛星がスペースデブリにならないよう、衛星を掴み、燃料補給し、再度軌道に投入させるロボットを研究する等、将来的には低軌道のコンステレーション運用衛星機数が増加していくこと等を踏まえると、今後も様々な企業や事業が台頭してくるものと思われる。

#### (4) その他宇宙機器

日本においては、重工業メーカーをはじめとする宇宙機器の開発・生産を担ってきた企業によって高度な技術・知見が蓄積されており、これら技術・知見を活かし、ロケットや人工衛星以外の宇宙機器の製造にも関与している。そのうち、以下でその取組を紹介する。

##### 1. 国際宇宙ステーション(ISS)

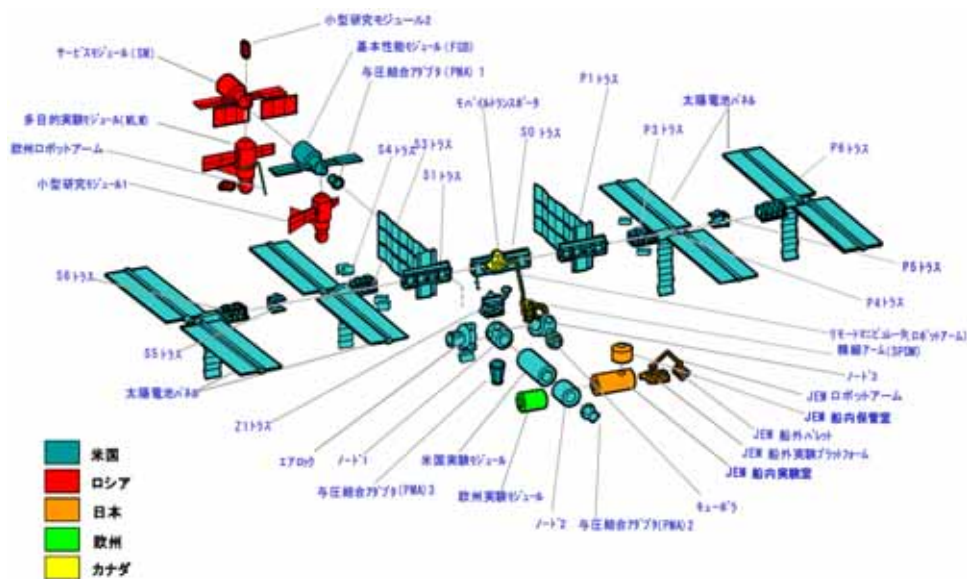
ISS は、宇宙の特殊な環境を利用した実験・研究成果の獲得および産業利用等を主な目的として、世界 15 か国が参加する有人実験施設である。1998 年から建設が進められ、2000 年に利用が開始された。ISS は、各国が協力して担当部位の開発を実施しており、日本は実験モジュールのひとつである実験棟「きぼう(JEM)」の構築を担っている。同設備は、地上から約 400km 上空に建設され、宇宙空間で長期間活動できる日本初の有人施設であり、最大 4 名までの搭乗が可能。ここでは、宇宙実験を安定的に行える環境を実現しており、2009 年の完成以来、生命科学、工学等の先進分野にかかる重要な研究拠点となっている。

「きぼう」では、全体の機構を4つに分け、複数主契約者方式を採用し、各部位の開発製造を担当している。主要事業者となっているのは、MHI、IHI、IHI エアロスペース、NEC の 4 社であるが、実際には国内企業約 650 社が製造に関与しているとのことである。

なお、「きぼう」での実験は商業利用することも可能で、JAXA による公募のほか、有償利用という制度もある。同制度は、一定の利用料を支払えば、その成果を独占的に取得・使用することができるというもので、国内では創薬ベンチャーであるペプチドリーム(株)が微小重力環境における高品質タンパク質結晶生成の実験を行っている他、(株)大林組が静岡大学及び有人宇宙システム(株)と共同で研究中のカーボンナノチューブの宇宙曝露環境での耐久性試験を実施している。このように、宇宙特有の環境を提供するプラットフォームを今後も開放していくことで、創薬や素材開発等、様々な形で日本の産業競争力向上に貢献することが期待されている他、小型衛星の有償による放出にも利用される等、幅広く活用が進められている。

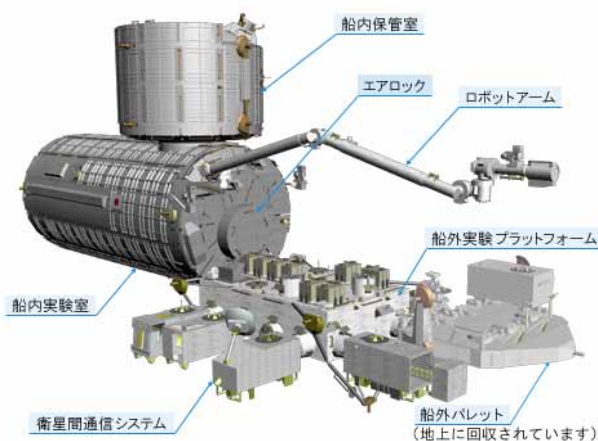


図表 II-39 各国・地域が提供する ISS の構成要素



(出典: JAXA「国際宇宙ステーション (ISS) 計画概要」2014)

図表 II-40 日本実験棟「きぼう」の構造



(出典: JAXA ホームページ)

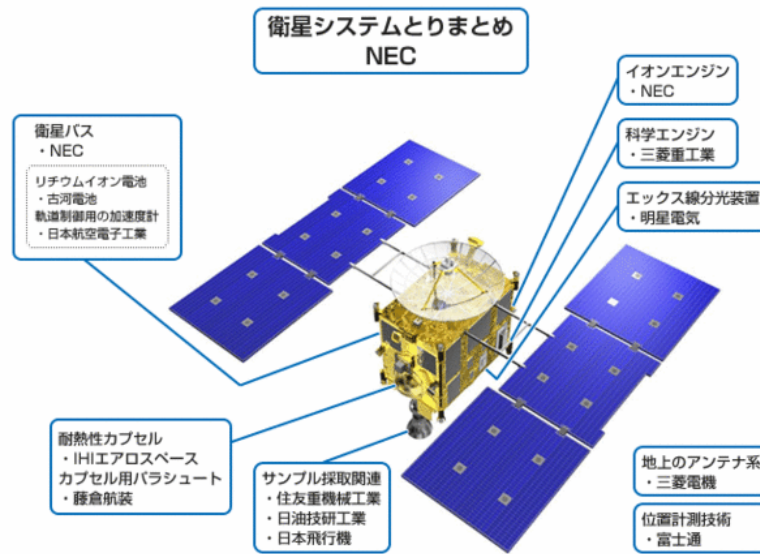
## 2. 探査機

宇宙空間に存在する天体の科学研究を主な目的として、これまでに多くの探査機が打ち上げられてきた。記憶に新しいのは、小惑星イトカワの探査を行った小惑星探査機「はやぶさ」ではないだろうか。同探査機は、2010年にイトカワから採取した岩石試料を地球に持ち帰ることに成功しており、これは世界初の事例として知られている。

「はやぶさ」は、探査機全体にかかる製造のとりまとめは NEC が実施しており、それぞれの部位を担当各社が得意とする技術を生かして製造に携わっている。



図表Ⅱ-41 小惑星探査機「はやぶさ」の各社担当部位



(出典: JAXA ホームページ)

昨今は、科学研究に限らず産業利用までを見越し、世界各国で資源探査・開発を主な目的とした惑星探査が計画されており、さらに注目が集まっている。本邦企業においては、MELCO が日本初の月面探査機の受注を受けており、2019 年度にも打上げが予定されている。

また、政府主導の惑星探査にとどまらず、民間での動きも活発化している。米 Google 社が主催する民間企業を対象とした月面探査レース「Google Lunar X Prize」には、惑星探査の技術を有する宇宙ベンチャーが複数名乗りを上げている。

かかる状況下、産業界の動きに呼応するように、各国政府は法整備を進めている。2015 年には、米国では水や鉱物等の天然資源を月や小惑星から採取することを許可する法案（2015 年商業打上競争力法、通称：宇宙法）が成立し、宇宙空間での商業採掘が世界で初めて合法化された。

また、ルクセンブルク政府は、彗星、小惑星等をはじめとした NEO と呼ばれる地球に接近する軌道を有する天体を主な対象として惑星探査機を送り込み、鉱物資源の調査・採掘活動の支援を実施することとした。宇宙資源探査は同国の国家重点施策と位置付けられており、自国を世界における小惑星資源探査の国際拠点とすることを目指している。

さらに、宇宙空間の平和利用を目的に設立された国連宇宙空間平和利用委員会 (COPUOS) では、2017 年の議題として「宇宙資源探査及び利用のために考えられる法的枠組みに関する意見交換」が採択される等、海外を中心に活発な動きがみられる。

## (5) 世界における宇宙機器産業全体のプレイヤー概観

世界の宇宙機器ビジネスでは、最大の市場を有する米国企業が上位を占め、続いて欧州企業が並ぶ構図となっている。主要プレイヤーの多くは、米国企業が大半であり、防衛産業にも携わる複合事業体である。アジアおよび日本におけるトップは 19 位の MELCO である。

図表 II-42 宇宙関連企業における宇宙事業売上高ランキング

順位	企業名	売上額 (百万\$)	事業概要	備考
1	(米) ロッキードマーティン	11,440	衛星、ロケット、地上設備など製造、サービス	防衛産業トップ
2	(米) ボーイング	8,673	衛星、ロケット、地上設備など製造、サービス	防衛産業2位
3	(欧) エアバス	6,428	衛星、ロケット、地上設備など製造、サービス	欧州防衛産業2位
4	(米) ノースロップグラマン	5,008	衛星機器、地上設備製造、技術支援など	軍艦世界最大手
5	(米) レイセオン	4,629	衛星機器、技術支援、ソフトウェアなど	
6	(米) ガーミン	2,760	GPS関連機器、ソフトウェア	
7	(欧) タレスアレニアスペース	2,680	衛星、衛星関連機器など	
8	(米) L-3 コミュニケーションズ	1,800	衛星、ロケット、地上設備など製造、サービス	
9	(米) エコースター	1,672	地上設備、技術支援、ソフトウェアなど	
10	(米) トリンブル	1,644	GPS関連機器	
11	(米) ジェネラル・ダイナミクス	1,524	衛星、ロケット、地上設備など製造、サービス	
12	(米) ハリス・コーポレーション	1,489	衛星、ロケット、地上設備など製造、サービス	
13	(米) アライアント・テックシステムズ	1,347	衛星、ロケット、衛星関連機器など製造、サービス	
14	(米) オービタル・サイエンシズ	1,346	衛星、ロケット製造	
15	(欧) アリアンスペース	1,311	ロケット打ち上げサービス	商業打上トップ
16	(米) スペースシステムロラール	1,108	衛星製造	商業衛星トップ
17	(米) ユナイテッド・テクノロジーズ	1,000	衛星、ロケット、宇宙服	
18	(欧) サフラン	949	衛星、ロケット、地上設備など製造、サービス	
19	(日) 三菱電機	930	衛星(大型・中型)、衛星関連機器、地上設備製造など	
20	(欧) BAEシステムズ	776	衛星、衛星関連機器、地上設備製造など	
-	(日) 三菱重工業	n/a	大型液体ロケット	
-	(日) IHIエアロスペース	n/a	中・小型固体ロケット	
-	(日) 川崎重工業	n/a	衛星フェアリング、射点設備整備	
-	(日) 富士重工業	n/a	宇宙機構造	
-	(日) 日本電気	n/a	衛星(中型・小型)、衛星関連機器、地上設備製造など	
-	(日) 富士通	n/a	地上システム	

(出典: Space News「2011Top 50 Space Industry Manufacturing and Service」より当行作成)

図表Ⅱ-43 世界の宇宙産業主要プレイヤー

	輸送系		人工衛星		その他	
	製造 ←	サービス →	製造 ←	サービス →	製造 ←	サービス →
米国	<p>打ち上げ・地上設備</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Lockheed Martin</li> <li>Boeing</li> <li>United Launch Alliance</li> <li>International Launch Alliance</li> <li>Orbital ATK</li> </ul> <p>打ち上げ紹介</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Space Flight</li> </ul>	<p>宇宙船</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Sierra Nevada Corporation</li> <li>Space Systems/Loral</li> </ul> <p>地上設備</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Space Port America</li> <li>Space Port Colorado</li> </ul> <p>小型・超小型衛星用</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Firefly Space Systems</li> <li>Rocket labs</li> </ul> <p>打ち上げ紹介</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Ecliptic Enterprises</li> <li>Made in Space</li> <li>Altius Space Machines</li> <li>Waypoint2 Space</li> <li>Zero2Infinity</li> </ul>	<p>衛星全般</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Lockheed Martin</li> <li>SSL</li> <li>Boeing</li> </ul> <p>観測・リモセン</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Skybox/google</li> <li>Planet Labs</li> <li>Spire</li> <li>NanoSatsifi</li> </ul>	<p>通信</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Intelsat</li> <li>Directv</li> <li>Aprize Satellite</li> <li>Innovative Data Services</li> <li>Kymeta</li> </ul> <p>測位</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Oneweb</li> <li>Google</li> </ul> <p>観測・リモセン</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Digital globe</li> <li>Farmlogs</li> <li>IBM/WS</li> <li>Spire</li> <li>OmninEarth</li> </ul> <p>気象</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Geo Optics</li> <li>Geo Met Watch</li> <li>PlanetIO</li> </ul>	<p>宇宙旅行等</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>XCOR Aerospace</li> <li>Begelow Aerospace</li> <li>Space Adventures</li> <li>Virgin Galactic</li> <li>SHIPinSPACE</li> </ul> <p>宇宙旅行・移住</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>SpaceX</li> <li>Golden Spike</li> <li>Bigelow Aerospace (1999)</li> <li>4 Frontiers Corporation</li> </ul> <p>惑星・小惑星資源探査</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Astrobotic Technology</li> <li>Moon Express</li> <li>Shackleton Energy</li> <li>Golden Spikes</li> </ul> <p>IS S</p> <p>輸送</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>SpaceX</li> <li>Orbital Sciences</li> <li>Boeing</li> </ul> <p>宇宙服</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Orbital Outfitter</li> <li>Final Frontier Design</li> <li>Masten Space Systems</li> </ul>	<p>利用</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Nanoracks</li> <li>iXpress Genes</li> <li>Made In Space</li> <li>Zero gravity Solutions</li> <li>Amqen</li> <li>Genentech</li> </ul> <p>軌道サービス</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>D-orbit</li> <li>Vivisat</li> <li>Saber</li> <li>AGI</li> <li>Tether Unlimited</li> </ul> <p>Planetary Resources</p> <p>Deep Space Industries</p> <p>Inspiration Mars </p>
欧州	<p>打ち上げ・地上設備</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Ariane Space/Airbus</li> <li>Reaction Engine</li> <li>Swiss Space Systems</li> <li>AVIO</li> </ul> <p>打ち上げ紹介</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Nova Nano</li> <li>EDM Space Technologies</li> <li>Oxford Space System</li> <li>Copenhagen Suborbitals</li> </ul>	<p>衛星全般</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Airbus/SSTL</li> <li>ThalesAlenia</li> </ul>	<p>通信</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Eutelsat</li> <li>SES</li> <li>LuxSpace</li> <li>Gom Space</li> <li>O3b Networks</li> </ul> <p>観測・リモセン</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Here</li> <li>eleaf</li> </ul>	<p>宇宙旅行等</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Booster Space Industries</li> </ul> <p>惑星・小惑星資源探査</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mars One</li> </ul>		
日本	<p>打ち上げ・地上設備</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>三菱重工業</li> <li>IHIエアロスペース</li> <li>川崎重工業</li> <li>富士重工業</li> </ul> <p>小型・超小型衛星用</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Interstellar Technologies</li> <li>カムイスペースワークス</li> <li>キャノン電子</li> </ul>	<p>衛星全般</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>三菱電機</li> <li>NEC</li> </ul> <p>打ち上げ紹介</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>AXELSPACE</li> <li>キャノン電子</li> </ul>	<p>通信</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>スカパー-JSAT</li> </ul>	<p>システム</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>富士通</li> </ul> <p>惑星・小惑星資源探査</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ispace</li> </ul> <p>軌道サービス</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ASTOROSCALE</li> </ul> <p>宇宙旅行等</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Interstellar Technologies</li> <li>PDエアロスペース</li> </ul>		
その他	<p>打ち上げ紹介</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ロシア 国営企業群</li> <li>インド Earth 2 Orbit</li> </ul>		<p>リモセン</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ロシア Dauria Aerospace</li> </ul> <p>通信</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>カナダ exactEarth</li> </ul>	<p>IS S</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>カナダ Urthe Cast</li> </ul>		

■ : 1998年以前に設立された企業  
 ■ : 1999年以降に設立された企業

(出典: 各種公表資料に基づき当行作成)

## 1. 米国

### (ア) Lockheed Martin(売上額 1 位)

1995 年にともに航空機メーカーであるロッキード社とマーティン・マリエッタ社の合併により誕生した。宇宙産業のみならず、防衛産業でも世界首位の米国企業である。

2015 年の事業別売上高構成比は、航空: 33.8%、宇宙システム: 19.7%、任務システム・訓練: 19.7%、ミサイル・射撃コントロール: 14.7%、情報システム・グローバルソリューションズ: 12.1%となっている。

### (イ) Boeing(売上額 2 位)

仏 Airbus と世界シェアを二分する大型旅客機メーカーで、宇宙産業、防衛産業の両分野において、世界 2 位の米国企業である。民間航空機メーカーとして広く知られているが、軍用航空機やロケットを製造する防衛企業でもある。防衛主要企業の中では、民間向けの売上高比率が比較的高い。

### (ウ) Northrop Grumman(売上額 4 位)

1994 年に、航空機メーカーのノースロップ社によるグラマン社の買収によって誕生した企業である。主に軍用航空機、人工衛星、ミサイル、軍艦などを製造しており、軍艦メーカーでは世界最大手である。

### (エ) Raytheon(売上額 5 位)

米国の軍需製品メーカーで、主力製品は、ミサイルの他、レーダーや軍事関連システム等である。世界第 1 位のミサイルメーカーであり、売上の大部分が米軍や米国政府向け製品である。7 万人強の従業員のうち、約 4 万人を技術者が占めている。

### (オ) Garmin(売上額 6 位)

米国で創業された GPS 機器メーカーである。現在は本社をスイスに置いているが、実質的な本社機能は米国子会社が担っている。

### (カ) SSL(売上額 16 位)

衛星通信を主力事業とするロラル・スペース&コミュニケーションズ社の製造子会社である。カナダ公務員年金投資委員会と共同で、カナダの衛星通信事業社テレサットに投資を行っているほか、XTARと呼ばれる X バンド通信衛星の持ち分所有等も行っている。また、同社は MELCO と共同でオーストラリア国防省からの高出力衛星の発注を受けた実績がある。

## 2. 欧州

### (ア) Airbus(売上額 3 位)

Boeing と世界市場を二分する世界 2 位の民間航空機メーカー。欧州では防衛産業 2 位である。同社は Airbus、Airbus Defense and Space(Airbus・ディフェンス・アンド・スペース)、Airbus Helicopters(Airbus・ヘリコプターズ)の 3 事業部門を有している。

### (イ) Thales(売上額 7 位)

2005年に、宇宙航空・防衛関連の複合企業体である仏タレス・グループと宇宙航空・防衛関連企業の伊フィンメッカニカ社の合併で誕生した企業である。宇宙関連分野では、衛星・衛星関連機器の製造を行っている。

売り上げの約60%が軍需部門である。

(ウ) Arianespace(売上額 15位)

欧州12カ国の53社が出資し1980年に設立された。企業の国籍別出資比率は、フランス57%、ドイツ19%、イタリア7%、ベルギー4%等で、仏クールクーロンヌに本社を置く。

同社はロケット打上げ専門に特化し、製造はASL等ロケット生産会社が請け負う。

(エ) Safan(売上額 18位)

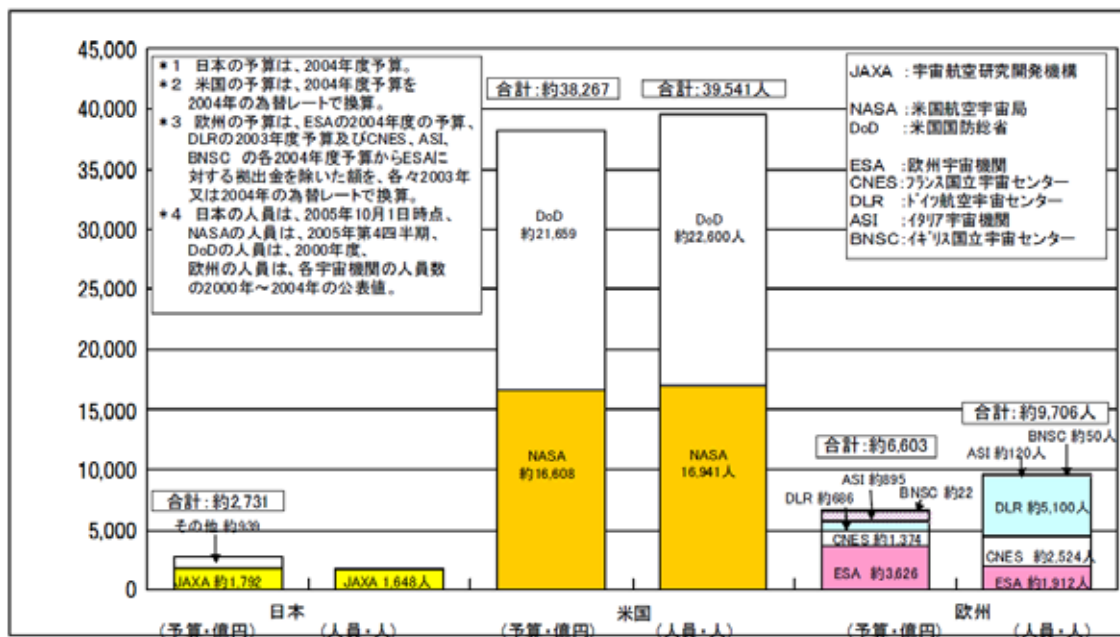
フランスに本拠地を置く防衛、航空、通信分野の複合企業体である。航空宇宙、防衛およびセキュリティの3分野に従事し、多数の企業を傘下に置きグループを構成している。航空宇宙はさらにエンジンやタービンなど推進力に関わる部門と油圧・電気機械など航空機やヘリコプター向けの機器を扱う部門に分かれる。前者はSnecma(スネクマ)やTurbomeca(ターボメカ)、後者はMessier-Dowty-Bugatti(メシエ・ダウティ・ブガッティ)、Aircelle(エアセル)などの子会社を通じて活動している。

(6) 各国の政策、取組方針、推進組織

日本の宇宙関連の予算規模は、米国の1/14、欧州の1/4程度であり、近年は3,000億円程度で推移している。日本の研究機関所属人員は増加傾向に転じているものの、米国の1/9程度の規模にとどまっている。自前の打上げ能力等、フルセットの宇宙産業基盤を国内に持つのは、日本、米国、EU、ロシア、中国、インド、ウクライナ、イスラエル、イランの9か国・地域で、近年は中国、インド等の新興国が台頭してきている状況にある。

本項では、各国・地域の宇宙開発機関や体制・主な施策等を紹介する。

図表Ⅱ-44 世界の宇宙機関の予算・人員比較



(出典: 文部科学省研究開発局「宇宙輸送システムについて」2016)

## 1. 日本

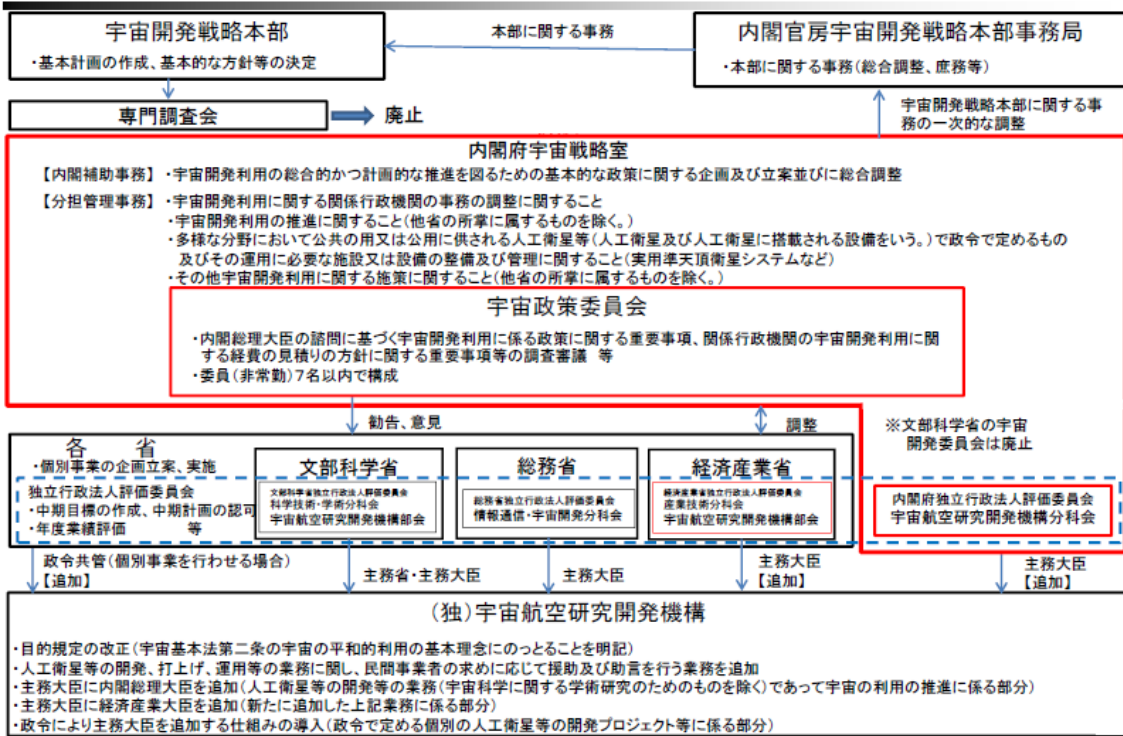
日本では、1969年に宇宙開発とその利用促進を目的としてNASDAが設立された。設立以降、長らく宇宙開発に関連した技術の維持向上に貢献してきたが、2003年にISAS、NAL及びNASDAの3機関が統合され、JAXAが発足した。日本の宇宙開発関連予算3,324億円のうち、過半をJAXAの予算1,821億円が占めている(2016年度予算ベース)。

我が国では、官需に基づく事業を対象にJAXAを中心として宇宙開発がなされてきた中、現在、政府は内閣府の宇宙開発戦略推進事務局を中心とした省庁横断的な宇宙政策を推進している。その施策の一環として、昨今の民間企業の宇宙活動の進展に伴い、民間事業を後押しするための制度インフラとして、2016年に「人工衛星の打上げ及び人工衛星の管理に関する法律(宇宙活動法)」、「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(衛星リモセン法)」の宇宙二法を整備する等の取り組みがみられる。



図表Ⅱ-45 日本の宇宙開発体制

宇宙開発利用の戦略的な推進体制



(出典:内閣府宇宙戦略室「内閣府における新たな宇宙開発利用の推進体制について」平成 25 年 3 月、※内閣府宇宙開発戦略室による宇宙開発戦略本部事務局統合の後、平成 28 年 4 月に宇宙戦略開発推進事務局に一元化)

2. 米国

米国では、1958 年に民生分野の研究開発機関としてアメリカ航空宇宙局(NASA)を設置し、軍事分野を担当する国防総省と役割分担をして宇宙政策に取り組んできた。両組織の他に、衛星の運用機関として商務省・海洋大気庁や内務省・米国地質調査所等があり、衛星データはその他の省庁においても利用が可能となっている。なお、国防総省は航行測位衛星(GPS)、偵察衛星などの研究開発と運用の双方を担っている。

米国の宇宙開発関連予算は約 4.5 兆円で、うち 2.5 兆円が国防総省、残り 1.8 兆円が NASA に配分されている。2010 年にオバマ政権大統領より「国家宇宙政策(National Space Policy of the United States of America)」が公表された後、老朽化と運用コストの高さからスペースシャトルを 2011 年に中止し、国際宇宙ステーションへの物資補給をはじめとした宇宙輸送を民間に担わせる路線へと転換した。他方、地球近傍の低軌道以遠の輸送手段として次期打上げロケット(SLS)と有人宇宙船(Orion)を政府主導で開発している。

米国では、企業の民需開拓を官需が土台として支えている。ベンチャー育成においても、投資マネーだけでは無く、政府プログラムが重要な役割を果たしている。代表的なものとして、民間企業における ISS への輸送や有人飛行の技術開発と実用化を NASA が支援することで、

民間企業の宇宙ビジネスを後押しする調達プログラムである。例えば、商用軌道輸送サービスのプログラム「COTS」は、民間企業の能力開発を目的として、ISS への輸送への物資輸送のための宇宙船開発を民間企業に委託するものであり、商業物資輸送サービスにかかるプログラム「CRS」は、ISS 等への物資輸送に民間宇宙輸送機メーカーや宇宙物資輸送サービス提供会社の民間宇宙輸送事業を利用するプログラムである。これらの支援により、SpaceX や Orbital Sciences といった企業が、ロケットや宇宙船の開発を実施している。

これらのプログラムを通じて開発した製品・サービスは、採択された企業が商業利用できるため、低コストでの技術開発のインセンティブが働く仕組みになっている。

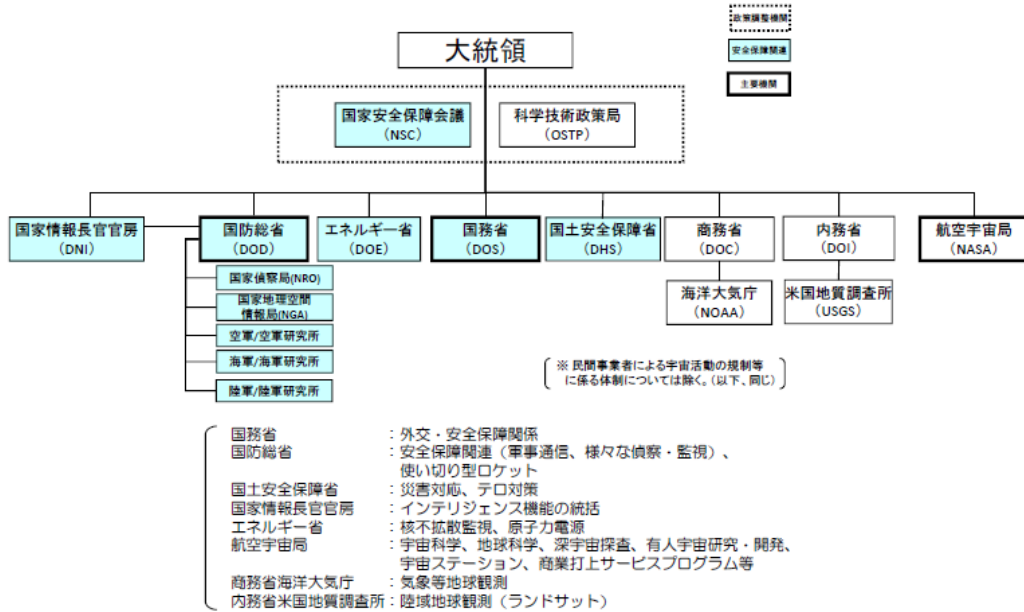
なお、現政権を担うトランプ大統領は、中国の宇宙開発計画に対抗する旨を表明しており、NASA に対し、自身の 1 期目の任期中に月軌道への有人飛行を成功させるよう要求しているが、実現可能性については未知数である。

図表 II-46 米国政府の主要な宇宙関連組織

	主な役割	近年の動向
航空宇宙局 (NASA)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 大統領直下の独立した組織として1958年に設立。</li> <li>・ 下記のセンターを中心にロケット・衛星の研究開発、打上げ・運用等を行っている。</li> <li>・ ジョンソン宇宙センター：国際宇宙ステーションの管制。</li> <li>・ ジェット推進研究所：月探査機、小惑星探査機、火星探査機等の開発運用。</li> <li>・ ケネディ宇宙センター：商業クルー輸送プログラムの管理、打上げ支援。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 老朽化と運用コストの高さからスペースシャトルを2011年に中止。国際宇宙ステーション(ISS)への輸送手段を民営化路線へ転換、LEO以遠の輸送手段として次期打上ロケット(SLS)と有人宇宙船(Orion)を政府主導で開発中。</li> <li>・ 有人宇宙船の打上げに向けてNASAが開発が進められていた新型ロケット「アレス 」や「アレス 」を中止。民間企業のロケット開発や打上げを支援し、利用することを方針とした。</li> <li>・ 技術移転を促進するためNASAの各センターに技術移転やライセンス、パートナー開拓を担う部署を設置し、研究者や技術者と協力して、NASAの技術を希望する外部団体とのマッチングを行わせている。</li> </ul>
【軍事関連組織】 国防総省 (DOD)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 軍事分野では国防総省(DOD)が航行測位衛星(GPS)、偵察衛星等の研究開発と運用の双方を担っている。</li> <li>・ 米国防総省(DOD)プログラムELS、ELCにより、基幹ロケットEELV(Delta,Atlas)の維持の役割を担う。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 米国の宇宙予算のうち、DODの宇宙予算は過半を占める。</li> <li>・ 莫大な予算を背景に、偵察、通信、早期警戒、測位等あらゆる機能を自前で研究開発、保有、運用している。</li> <li>・ 米国防総省(DOD)が10ヵ年の米国家安全保障宇宙戦略(NSSS)を発表。宇宙空間での軍事的優位を維持・拡大していく方針を提示。</li> </ul>

(出典：特許庁「平成27年度特許出願技術動向調査報告書(概要)」、各種公開情報より当行作成)

図表 II-47 米国の宇宙開発体制



(出典:内閣府宇宙戦略室「海外主要国の宇宙政策及び宇宙開発利用の動向」2013)

図表 II-48 欧米の支援施策の例

分類	産業課題			
	要素技術開発	新規事業創出	商業化	プレイヤー発掘・育成
金銭的支援 (資産・資金等)	施設・インフラ提供	QuickLaunch Licensing (NASA)		Ames Research Center (NASA) Business Incubation Centre (ESA)
	資金提供	SBIR & STTR (NASA) Innovative Lunar Demonstrations Data (NASA) COTS (NASA) CRS (NASA) VCLS (NASA) ARTES (ESA)		
非金銭的支援 (法制度・サービス等)	法制度・税制		Space Act of 2015 (米国政府) SpaceResources.lu (ルクセンブルグ政府)	
	コミュニティ・情報サービス	Space Portal (NASA) Catapult (UKSA) INNOspace (DLR)		Space Portal (NASA) INNOspace Masters (DLR)

(出典:内閣府宇宙開発戦略推進事務局「我が国の宇宙機器産業の課題、現状及び対応の方向性検討における論点」2016)

### 3. 欧州

欧州宇宙機関(ESA)は、1975年に設立された欧州各国が共同で設立した宇宙開発・研究機関である。欧州の宇宙開発予算は漸増傾向にあり、ESAの2015年度の予算総額は約44億ユーロ(約5,940億円)となっている。

欧州では、欧州連合（EU）、ESA、欧州各国政府でそれぞれ独自の宇宙活動が進められてきた。測位衛星システム「ガリレオ」、リモートセンシング計画「コペルニクス」等は、あくまで EU が主導する施策であり、ESA の加盟国は各国の政策目標に応じて拠出金を提供することで、ESA を通じて宇宙関連の研究開発、利用促進を行っている。

近年はドイツの拠出金が首位となることが多くなっているが、欧州各国の宇宙機関の中でも、特に存在感を示しているのが CNES で、ESA の設立やアリアンロケットの開発等で尽力してきた。CNES は、商工業的公共施設法人（EPIC）として、一般企業と同様に株式保有が可能であったことから、1980 年代は、CNES のリードで Arianespace 等の主要宇宙関連企業を設立するなど、積極的に産業振興を推進してきた。

ESA では、加盟国の GDP 比に基づいて支出する予算と、参加国が各プログラムへの参加の有無に合わせて拠出額を決定する予算が分かれていることに加え、参加国企業に本拠地を置く起業に契約配分を実施する「地理的均衡配分」の原則等、独自の仕組みを展開している。義務的予算は ESA の経費、設備維持費のほか、科学探査プログラム等に分配されるが、選択的予算はロケットや衛星の開発等に用いられる。当該システムにより、プログラムを主体的に実施したい国にはより多くの拠出金の負担が求められるが、その分主導権が与えられる仕組みとなっている。

欧州では、Airbus グループや Thales 等のコングロメリット企業が官需をベースロードとしつつ、民間事業を展開しており、他方、ベンチャー企業は政府支援を受けつつ、大企業との事業展開を推進している。

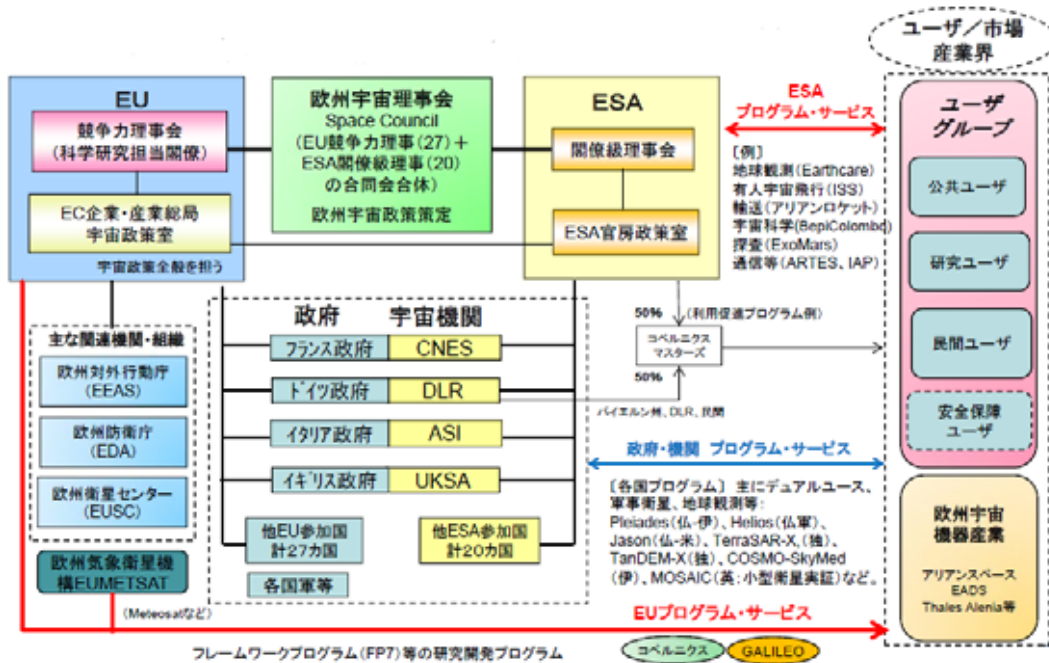
ESA が展開している代表的な施策としては、宇宙産業競争力強化に向けた研究開発プログラム「ARTES」が挙げられる。同プログラムでは、衛星メーカー、衛星運用事業者等のバリューチェーン全体の競争力強化を目指して、原則的に官民連携（PPP）で事業を進め、ESA、衛星メーカー、衛星運用事業者等がコストをシェアすることとしている。欧州は米国を意識した宇宙開発に取り組んでおり、ESA とプログラムへの参加事業者間で、市場ニーズを考慮した研究開発の実施等に関し、産業競争力強化の観点から相互の対話が活発に実施されている。

図表 II-49 欧州政府の主要な宇宙関連組織

	主な役割	近年の動向
欧州連合 (EU)	<ul style="list-style-type: none"> <li>EUレベルの目標や政策の達成手段として宇宙を位置づけ、欧州の旗艦プログラムとなっている。</li> <li>測位衛星システム「ガリレオ」、全球的環境・安全保障監視「コペルニクス」(旧称GMES)を推進。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>総合的な地球観測データ利用システムを開発・運営し、データへのアクセスは、openandfreeaccessのポリシーにより原則無償のコペルニクス計画等、利用推進のための枠組みが充実。</li> <li>ホライゾン2020との連携や次世代の研究開発の枠組みを議論する「競争力維持に向けた新たな宇宙産業政策法案」(2013年2月、EC)が検討中。</li> </ul>
欧州宇宙機関 (ESA)	<ul style="list-style-type: none"> <li>加盟国(20カ国)の拠出金により、平和目的に限定した宇宙関連のR&amp;D及び利用を促進。</li> <li>EUとESAが「枠組み協定」(2004年5月発行)、2007年5月、欧州の宇宙活動におけるEU/ESA間開発の共通の政治的枠組みとして「欧州宇宙政策」を承認。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ISS及び宇宙探査について、将来の探査計画に備えるため、ISSを最大限活用。探査プログラムのもと、革新的な技術開発や人材育成、無人火星探査を計画。宇宙探査ハイレベル会合を開催。ISSの2020年までの運用延長を決定した。</li> <li>2012年11月のESA関係級理事会でアリアン5の能力を向上した「アリアン5ME」ロケットの開発継続が承認されたほか、アリアン6について、詳細検討の開始を承認。</li> </ul>
欧州各国政府	<ul style="list-style-type: none"> <li>各国の政策目標に応じて、ESAへの拠出、自国宇宙機関・国防関連機関への支出という形で直接宇宙開発利用に関わる。</li> <li>ドイツ、フランスがESAへの拠出額のトップを競っており、中心的な役割を担う。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>フランス:2008年、宇宙活動法を制定し、CNES(フランス国立宇宙研究センター)の役割を宇宙政策の牽引役として明確にした。非軍事・軍事両分野で研究開発。アリアンスペース社に出資、アリアンロケットの開発で中心的役割を果たす。</li> <li>ドイツ:多角的な宇宙開発の推進を行う。ドイツ航空宇宙センター(DLR)を中心に軍事分野を含む国家プログラムを計画・実施。地球観測、有人宇宙活動(ISS)、宇宙探査・化学に重点。</li> </ul>

(出典:特許庁「平成27年度特許出願技術動向調査報告書(概要)」、各種公開情報より当行作成)

図表 II-50 欧州の宇宙開発体制



(出典: JAXA「欧州の宇宙政策の概要」2013)



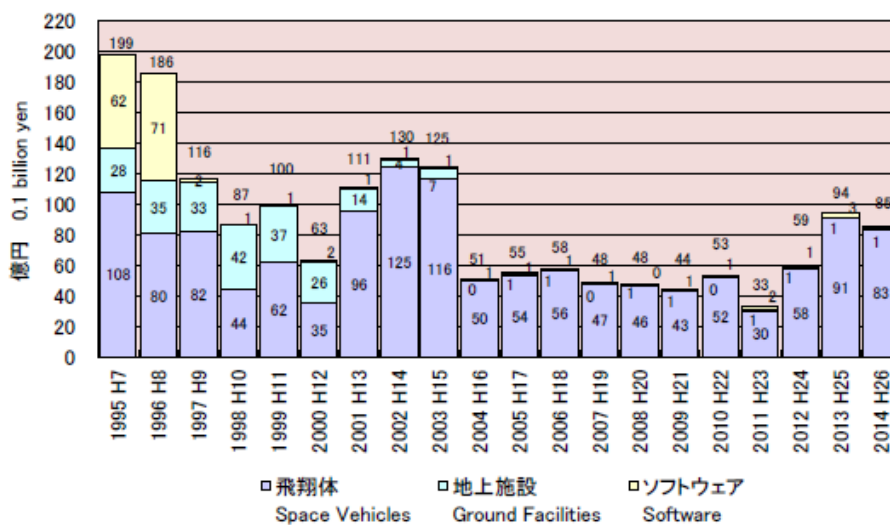
#### 4. ロシア

ロシアは旧ソ連時代から米国と並ぶ宇宙開発大国としての存在感を示してきた。ソ連崩壊後の1993年からは、ロシア連邦宇宙局(FSA/ROSCOSMOS)が長年宇宙開発を担ってきたが、近年のロケット打上げ失敗や衛星の故障等が相次いでいることから、宇宙産業立て直しを図るため改革が断行された。その一貫として2016年にロシア連邦宇宙局が解体され、宇宙関連機関48機関と宇宙関連企業14社を統合した国営宇宙開発企業「ユナイテッド・ロケット・スペース」が新たに設立された。ロシアでは、近年宇宙予算が大幅な増額傾向にあり、2015年度予算は約8千億円規模となっている。

#### (7) 研究開発、人材

日本では、2000年代半ばから2010年頃にかけて、宇宙関連の研究開発費が低水準で推移する状況が続いていたが、足許数年間は概ね増加傾向にある。宇宙産業に従事する人員は、足許増加傾向にあるものの、その規模はピーク時の約7割程度に留まっており、米国の1/9、欧州の1/5程度となっている。また、各国の衛星技術関連の論文シェアをみると、論文数が上位20位までの国でシェアが減少しているのは、日本とロシアのみで、それ以外の国では増加している。

図表Ⅱ-51 日本の宇宙関連研究開発費



(出典: SJAC「平成27年度宇宙産業データブック」)

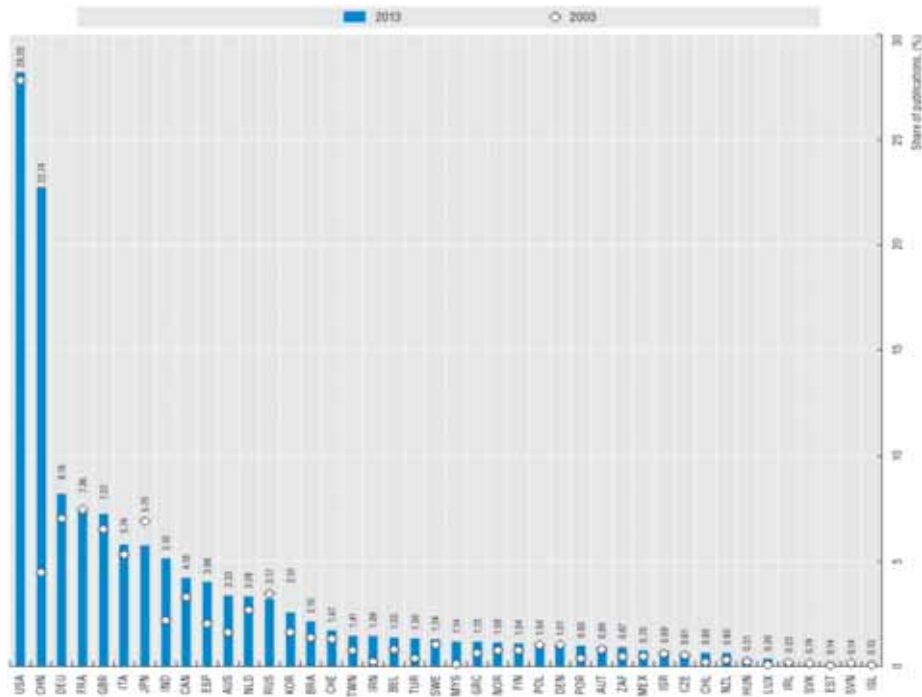


図表Ⅱ-52 日米欧宇宙産業人員数比較



(出典: SJAC「平成27年度宇宙産業データブック」)

図表Ⅱ-53 各国の衛星技術関連の論文シェア



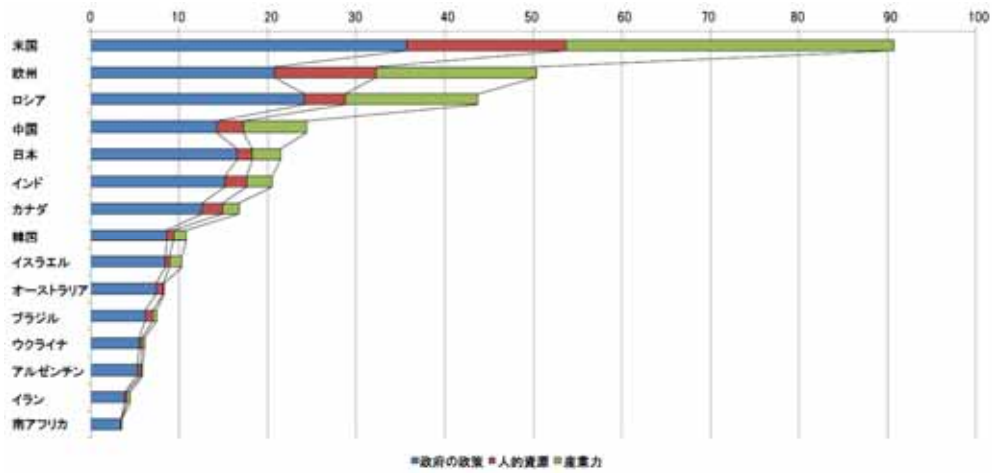
(出典: OECD「The Space Economy at a Glance 2014」)

宇宙機器産業における国際競争力指標では、指標を構成する3つの要素、政府の政策、人的資源、産業力のいずれにおいても、米国が他国を引き離している。また日本は2009年、2010年と米国、欧州、ロシアに次いで第4位であったが、2011年以降は中国の後塵を拝しているものの、宇宙分野に関わる数少ない、確たる自国の打上げ技術を有している国でもあり、今後とも技術力の維持・向上が求められる。

世界の宇宙技術力に関する調査では、日本は米国、欧州、ロシアに次いで4位となっている。昨年の前回調査から順位の変化はなかったものの、米国 SpaceX によるロケット再使用実験の成功

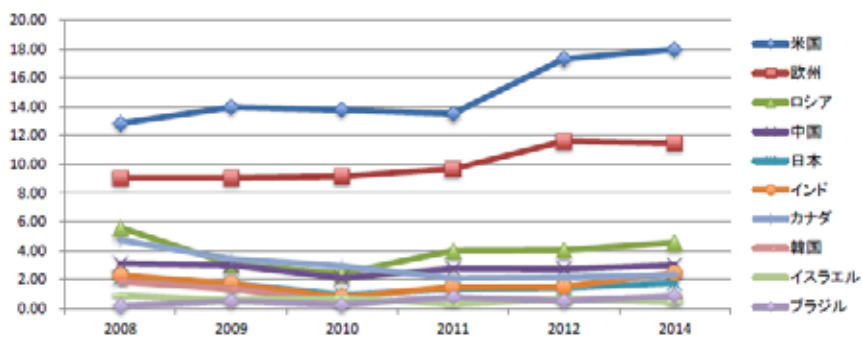
や、ロシアのアンガラロケットの試験飛行成功、中国の新型小型ロケットの打上げ成功等、様々な成功事例が報告されており、今後宇宙開発における我が国の地位が脅かされる可能性も十分あると考えられる。

図表 II-54 各国の宇宙競争力の比較



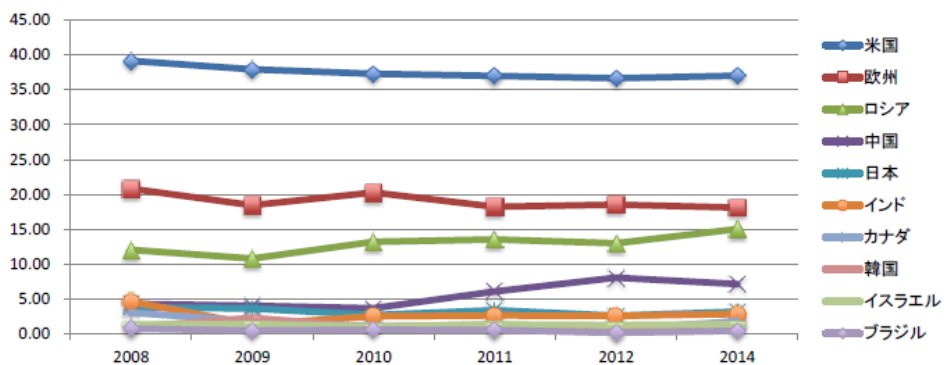
(出典: Futron's 2014 Space Competitiveness Index)

図表 II-55 宇宙産業における人的資源指標の各国比較



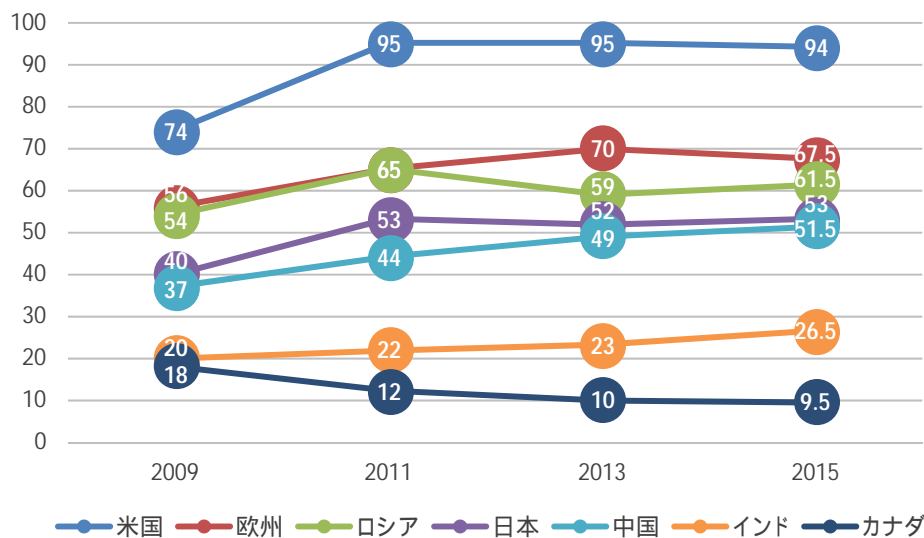
(出典: Futron's 2014 Space Competitiveness Index)

図表 II-56 宇宙産業における産業力指標の各国比較



(出典: Futron's 2014 Space Competitiveness Index)

図表Ⅱ-57 世界の宇宙技術力の比較



(出典: 科学技術振興機構「世界の宇宙技術力比較(2011、2013、2015年)」より当行作成)

## 第三章 足許の宇宙産業を取り巻く特徴的な動き、宇宙関連業界の変容

### (1) 本邦における宇宙業界を取り巻く制度・政策

#### 1. 概論

第 I 章及び第 II 章において、国防政策や通信産業の要請に基づいて成長してきた基幹ロケット打上げや大型通信衛星を主とした、既存の宇宙産業を取り上げてきたが、これまで国内外の一部のプレイヤーによって支えられてきた当該産業における新たな流れとして、小型ロケットや小型衛星の開発、更には衛星コンステレーション運営等に焦点を当てた新たな宇宙ビジネスが育ちつつあり、それらの担い手として国内外の民間ベンチャー企業に注目が集まっているところにある。

足許、国内外で注目を集めている宇宙ベンチャーの多くは 2000 年代以降に設立された企業であり、その多くは、エンジェル投資家やベンチャーキャピタルの出資を受けながら、研究開発を進めている状況にある。こうした宇宙ベンチャー勃興や宇宙ブームと呼ばれる潮流は 1990 年代にも国内外で散見されたが、技術確立の困難性に加え、収益性及び事業資金の確保に窮する中でその多くが撤退していった。例えば、世界の至る所から通話ができる携帯電話網の構築を目指した「イリジウム計画」については、銀行融資や社債発行等により 52 億ドルもの資金を調達し、創業から 11 年を経た 1998 年に通話が可能となったものの、そのわずか 9 か月後に会社更生法を申請する事態を招いてしまった。イリジウムの専用端末では衛星を目視できる屋外でなければ通話が不可能であったという事業性上の問題に加え、計画当初からサービス開始までの約 10 年間で地上基地局を利用した携帯電話が普及し、通話料金も大幅に下がる等、大きな外部環境の変化にさらされ、想定していたほど加入者を獲得できなかったこと等が、失敗の主な要因とされている。更に言えば、当時は近年に比べて衛星開発費やロケット打上げコストが高く、資金調達額も大きくなる中で銀行借入を行わざるを得ず、借入返済スケジュールに見合った収入計上を計画通りに進めていく必要もあった。

このように、同社と同じ時期に破産に至った Global Star や ICO 等、調達した負債の返済資金を事業キャッシュから創出することができずに破産申請を行うことをやむを得なくされた前例が過去にはあるものの、近年の宇宙関連企業はそれら前例が置かれていた事業環境が大きく異なる中で事業展開を図ることができている。その背景として、

①情報技術の進歩による宇宙ベンチャー事業ニーズの多様化及び実現性の高まりに加え、  
②大型ロケット「ファルコン 9」の開発に成功し、大企業へと成長した Space X や、グーグルから 5 億ドルで買収された Skybox Imaging(Terra Bella への改称を経て現 Planet 傘下)のように、これまで多大な開発資金負担を強いられてきた宇宙ベンチャー企業にとって多様な資金調達手段が確保されている、かつ、上記 2 社のように、これら課題を克服している企業の存在が、新たな宇宙ベンチャー企業の台頭を後押ししているところにある。

例えば、イリジウムの類似事例として、人工衛星を用いて全世界に高速インターネット通信サービスを提供することを目指す OneWeb 社が挙げられるが、現在は人工衛星技術の進

歩により衛星の小型化・高性能化が進み、衛星重量はイリジウムのサービス開始当時の約1/5程度となっていることに加え、ロケットの打上げ価格も低減していること等から、衛星打上げコストの圧縮が可能となっている。また、インターネットが十分普及している国であっても、航空機からのネット接続や災害時のバックアップ回線等、幅広い用途での活用も考えられており、イリジウムを取り巻いていた環境と異なり、事業にとって追い風となる要素があるといえる。

本稿における「ニュースペース」について決まった定義は無く、かつ、各社の売上高は未上場企業も多く非公開であるため、具体的な定義づけは難しい。一方、いわゆる宇宙ベンチャーの筆頭格であるSpace Xが2002年に設立されて以降、新たなベンチャーの設立が相次いでいる現状を踏まえ、2000年代以降に設立された宇宙関連企業を「ニュースペース」に属するプレイヤーとして取り扱う。

ニュースペース分野における主要カテゴリーとしては、概ね既存の従来型の宇宙産業と同様ながら、①ロケット打上げ事業者(Space X、Blue Origin等の大型ロケット開発会社の他、小型ロケット開発会社としてFirefly Space SystemsやRocket Labに加えて国内企業ではインターステラテクノロジズ等が存在)、②衛星製造会社及び衛星コンステレーション・プレイヤー(衛星コンステレーション運営にあたって必要となる衛星についても自社運営ニーズに合わせて自ら開発するケースが多く、Spire Global、Planet、Capella Space、(国内では)(株)アクセルスペース等が挙げられる他、700もの通信衛星を活用したメガコンステレーション計画を有するOneWeb等が存在)、③その他、宇宙旅行(Virgin Galactic)、宇宙探査会社(Planetary Resources)等(国内では月面探査機の開発を手がけるHAKUTOプロジェクトを進めるispace、有人宇宙機開発を行うPDエアロスペース等が存在)に大きく分けられる。

次節では、主要プレイヤー概要として、主たる国内外事業者の概要について、第I章及び第II章まで取り扱ってきた従来型宇宙産業の主要領域であるロケット打上げ・衛星事業と関連性の高い分野である①②の国外企業を中心に取り上げ、各社動向について述べることとする。

## 2. 国外・主要プレイヤー概要(ロケット開発)

### (ア) 概要

下表は、主要な小型ロケット開発事業者及び小型ロケットのスペック一覧であり、その多くは2017年以降に初打上げが予定されているものとなっており、既存の開発済小型ロケットの価格は中国を除けば数十億円規模と衛星打上げ希望者にとって高価格となっている一方、今後開発が期待される推定打上げ価格は数百万ドルを目指したものとなっていることが窺える。

図表Ⅲ-1 小型ロケット一覧

ロケット製造会社	ロケット名称	推定打上 価格	全長(直径)	LEO投入 能力	SSO投入 能力	初打上時期 (予定)
Orbital ATK(米)	Pegasus XL	\$40M	16.9m(1.3m)	450kg	325kg	1994
イラン宇宙機構	Safir	n.a.	22m(1.3m)	50kg	50kg未満	2009
Orbital ATK(米)	Monotaur I	\$40M	19.2m(1.7m)	580kg	440kg	2000
中国航天科工集団	快舟 1/1A	\$3M	19.4m(1.4m)	300kg	250kg	2013
中国運載火箭技術研究院	長征 11	\$5.3M	20.8m(2m)	530kg	400kg	2015
CubeCab(米)	Cab-3A(空中発射 方式)	\$250k	5.3m(0.5m)	5kg	n.a.	2017
Generation Orbit Launch Services(米)	GoLauncher-2(空 中発射方式)	\$2.5M	5.9m(0.8m)	45.4kg	n.a.	2017
Rocket Lab(米)	Electron	\$4.9M	16m(1.2m)	n.a.	150kg	2017
Firefly Space Systmes(米)	Alpha 1.0	\$8M	23.6m(1.5m)	400kg	200kg	2017
Virgin Galactic Spaceship Company(米)	Launcher One(空 中発射方式)	\$10M	n.a.	500kg	300kg	2017
Vector Space Systems	Vector R	n.a.	12m(1.2m)	60kg	40kg	2017
Rocket Crafters, Inc.(米)	Intrepid 1	\$5.4M	16.2m(1.7m)	n.a.	376kg	2018
Horizon Space Technologies(英)	Black Arrow 2	\$6.12M	25m(1.8m)	500kg	200kg	2018
ARCA Space Corporation(米)	Haas 2C	n.a.	18m(1.2m)	400kg	n.a.	2018
Vector Space Systems	Vector H	\$3M	n.a.(1.1m)	110kg	75kg	2019
PLD Space(西)	Arion 2	\$4.8-5.5M	19.2m(1.2m)	150kg	n.a.	2020

(出典: FAA「The Annual Compendium of Commercial Space Transportation: 2016」より抜粋)

これまで各国で打ち上げられてきた衛星の多くが数 t 程度搭載可能な大型クラスに集中している一方、足許において数百機規模の衛星コンステレーション計画が数多く立ち上げられていることから、これら事業者の低価格打上げニーズに合わせ、打上げ能力 100kg 程度の小型ロケット開発が急がれているところにあり、それらの多くは従前の大型ロケット開発・製造を担ってきたプレイヤーではなく、NASA 出身者によって設立されたベンチャーを始めとするロケット開発を専門とするベンチャー企業によって担われている。

また、小型ロケットのみならず、大型ロケットにおいても、Space X を始めとする非宇宙系企業が新たに進出する等、既存プレイヤーによってしめられていた打上げ市場が塗り替えられつつあり、その一方で ULA が開発中のロケット搭載エンジンの開発を Blue Origin が担う等、新旧プレイヤーの連携も進んでおり、それによって既存プレイヤーは自らの事業体制・枠組では開発できなかった新たな技術等を取り込むとともに、新規プレイヤーにとっても、既存大手プレイヤーとの連携を図ることで自らの技術・製品の信頼性及び汎用性を確立し、かつ、コンポーネント単位ながらマーケットを獲得することが期待されている。

#### (イ) Space X

##### ① [経営者・沿革]

Space X 創業者のイーロン・マスク氏(1971 年 6 月南アフリカ生まれ)は、ペンシル



バリア大学ウォートン・スクール卒業後、自ら弟ともに 1995 年に設立したオンラインコンテンツ会社の成功に続き、1999 年に創業したオンライン金融サービス会社 X.com を軌道に乗せ、同社とコンフィニティ社の合併によって誕生した PayPal のナスダック上場(2002 年)後に eBay に買収されることとなったが、これによって得た 165 百万ドルもの資金を元手に 2002 年に Space Exploration Technologies Corporation(略称「Space X」)を設立することとなった。

同社は現在、ファルコン 9 等のロケット開発で知られているが、元々は火星移住構想を有するマスク氏が最初に企図した火星への植物栽培構想が発端にあり、その栽培キットを火星まで運ぶロケットを既存のもので代用すると莫大な費用がかかることから、それらを自ら低価格で開発・製造することを目的にロケット開発を始めることとなった。

最初に取りかかったのは「ファルコン 1」という全高 21.3m、直径 1.7m、搭載能力約 400kg の小型ロケットの開発であり、米国国防高等研究計画局(Defense Advanced Research Projects Agency、「DARPA」)の衛星を受注する形で初号機・2号機を 2006 年、2007 年に打ち上げるも軌道投入に成功するには至らず、仕様設計に改良を施した 3号機(2008 年)では NASA 衛星を積むも打上げ失敗、4号機で成功に漕ぎ着け(2008 年)、5号機(2009 年)はマレーシア国営宇宙企業の衛星 RazakSAT の打上げに成功する。しかしながら、当時は小型衛星運営プレイヤーが十分に存在しなかったことから、同ロケットの製造はその後行われておらず、Space X においては大型ロケット「ファルコン 9」の開発に先立つ習作の位置づけに留まっている。

同社の主力ロケットである「ファルコン 9」は、第 1 段エンジンに装着されるエンジン数が 9 機であることに由来し、全高 70m、直径 3.7m、搭載能力 8t(静止軌道)の大型ロケットであり、2005 年に NASA が始めた国際宇宙ステーションへの補給物資・宇宙飛行士輸送事業の純民間プロジェクトの下で予算配賦を受けながら<sup>25</sup>、Space X 社が進める有人宇宙輸送機「ドラゴン」とともに開発が進められてきた。開発当初は、小型版であるファルコン 1 の打上げ成功実績はなかったものの、ファルコン 1 で培った技術を活用することで<sup>26</sup>、短期間での開発に成功、2010 年 6 月の初号機打上げに成功以降、機体改良を加えながら 2017 年 1 月末までの間に計 30 機打ち上げ、2016 年 9 月の実験時には打上げ前の燃焼試験でロケット・衛星ともに爆発する失敗を引き起こすも、打上げ失敗は 2 回にとどまっており、高い成功率・

<sup>25</sup> 2006 年 8 月に Space X は NASA との間でファルコン 9 及びドラゴンの両プロジェクトを対象として Commercial Orbital Transportation Services Agreement を締結し、当該契約に定めるマイルストーン達成時点毎に助成金が支払われることになっており、契約に基づく最大助成総額は 396 百万ドル。加えて、ISS 補給ミッションを対象として NASA との間で計 12 の補給ミッション(総額 1,590 百万ドル)を対象とする Commercial Resupply Services Agreement を 2008 年 12 月に締結。いずれの契約も同社の他、Orbital Sciences 社も助成対象に選出されている。

<sup>26</sup> 第 1 段エンジンにはファルコン 1 で使用するマーリンエンジンを 9 機搭載し、第 2 段についてはマーリンエンジンのノズルを大型化すること等によってロケット開発期間を大幅に短縮。

信頼性を誇る同社の主力ロケットとして、Space X 自社用の貨物(ドラゴン)のみならず、通信企業からの発注を受けた通信衛星や他国観測衛星の打上げも行っている。

同社におけるロケット開発にあたっては、外部からの宇宙産業在籍者を多く引き入れており、CIA のベンチャーキャピタル部門である In-Q-Tel や NASA、ジェット推進研究所を経てオービタルサイエンス社で最高技術責任者を務めていたマイケル・グリフィン氏や、CNES 勤務を経てジェット推進研究所出身のジム・カントレル氏、Hughes Aircraft での人工衛星製造や TRW にてエンジン開発を担ってきたトム・ムーラー氏その他、Boeing でデルタロケット開発に従事してきたクリス・トンプソン氏、世界屈指のロケット試験専門家と知られるティム・バザー氏、ジェット推進研究所出身のステーブ・ジョンソン氏、誘導制御システム開発担当には航空宇宙エンジニアのハンス・コエニグスマン氏を起用する等、この他にも枚挙にいとまないが、宇宙機器製造の大手企業で開発に携わってきた人材を多数引き入れることで、それまで既存プレイヤーの技術・ノウハウを獲得するとともに、更にベンチャーゆえのスピード感や技術・製品コンセプトの変革をマスク氏自らリードすることで、優秀な宇宙産業人材の能力を引き出しながら、開発を進めていったことが、同社の勝因の一つとも言えるだろう。

## ② [主たる事業内容]

上述の通り、現在の主たる同社事業はファルコン 9 及びファルコンヘビーの開発・打上げであり、ファルコン 9 は前述の通り、米国における純民間プロジェクトを任せられた二社のうちの一社として、米国の基幹ロケットとしての意味合いも有する。

2010 年の商業打上げ開始以降、その主たる打上げ衛星は商業用のみであったが、2015 年 5 月に軍事衛星の認可を受け、米空軍の打上げ予定衛星 GPSIII の入札(2018 年 6 月)においてコスト競争力を活かして受注を勝ち取る等、商業打上げで培った低価格性及び信頼性を強みに、軍事衛星打上げニーズの獲得も今後期待されている。

図表Ⅲ-2 ファルコン9、ファルコンヘビー



(出典: SpaceX ホームページ)

図表Ⅲ-3 ドラゴン9



(出典: SpaceX ホームページ)

(ウ) Blue Origin Corporation

① [経営者・沿革・事業内容]

世界最大手 E コマース企業 Amazon の創業者であるジェフ・ベゾス氏(1964 年 1 月米国生まれ)によって Amazon 事業にて得た莫大な資金を原資として 2000 年に設立され、有人宇宙輸送機の開発を目的に設立、現在は引き続き有人宇宙輸送機の開発を行うとともに無人宇宙輸送機の開発も手がけている。

NASA の助成プログラム等を積極的に活用する Space X と異なり、Blue Origin はベゾス氏の私財を投じながら開発を行っており、(1)宇宙旅行を主目的とする有人宇宙輸送機「ニューシエパード」の開発(2015 年 11 月に宇宙空間(高度 100km)に到達、同機を再使用し 2016 年 1 月に高度 101km に打ち上げ、2017 年 1 月までに計 4 回再使用に成功)、(2)大型ロケット「ニューグレン」の開発が進められている<sup>27</sup>。また、ニューシエパードで使用する自社製エンジン BE-3 に次ぐ後継エンジン BE-

<sup>27</sup> 2016 年 9 月 12 日付で 2 段式:全高約 82m、3 段式:全高約 95m の大型ロケット「New Glenn」開発を発表、初打上げは 10 年以内に行う計画。ニューシエパードでの再使用技術を培いつつある同社は、New Glenn でも第 1 段ブースターの再回収・再使用を可能とすべく、開発を進めていく計画。

4 をニューグレンに搭載すべく開発中であり、同エンジンは自社ロケットのみならず、ULA が Space X に対抗すべく開発中の次期基幹ロケット「ヴァルカン」の搭載候補エンジンともなっている<sup>28</sup>。

図表Ⅲ-4 ニュー Shepard 打上げイメージ(左図)及び New Glenn(右図)



(出典: Blue Origin ホームページ)

(I) Rocket Lab USA Inc.

① [経営者・沿革・事業内容]

約 15 年にわたってニュージーランドのクラウンリサーチ研究所でロケット燃焼機構等の研究に従事してきた Peter Beck 氏によって 2006 年に創業されたロケット開発会社であり、2016 年 4 月時点で約 100 名の従業員を擁しながら、2017 年前半の初打上げを目指して小型ロケット開発を進めている。

取締役には、同社株主でもある Khosla Ventures(2013 年より Sven Strohband 氏就任)、Bessemer Venture Partners(2014 年より David Cowan 氏就任)の他、Iridium の COO である Scott Smith を非常勤取締役に迎えており、出資元である VC は当然ながら、宇宙業界からの同社事業に対する期待の高さが窺える布陣となっている。

2009 年に同社初の実証ロケットである Atea1 を高度 100km 超まで打ち上げることに成功、2012 年には小型ロケット「Electron」プログラムを立ち上げ、2013 年に 9 月にシリーズ A ラウンド(計 5.5 百万ドル調達)で Bessemer Venture Partners を投資家として迎えて以降、2015 年 9 月にはシリーズ B ラウンドで Bessemer Venture Partners、Khosla Ventures 及び K1W1 investment fund 等より計 21 百万ドルを調達、続く 2015 年 11 月には 15 百万ドルを調達しており、ベンチャーキャピタルにおける宇宙分野の第一人者である Bessemer のバックアップを受けることで資金調達

<sup>28</sup> ULA はアトラス V(ロシア製の RD-180 エンジンを使用)の純国産・後継ロケットとして 2019 年初打上げ予定の「ヴァルカン」に搭載予定のエンジン BE-4 を Blue Origin と共同開発することを 2014 年 12 月に発表。しかしながら、エアロジェット社が開発中の AR-1 が換装候補に挙がる中で「ヴァルカン」搭載エンジンとして最終確定はしておらず、2017 年春まで同決定が持越しとなっている。

を円滑に進めながら、ロケット開発を非日々進めているところにある。

2015年10月にはNASAとの間で、Venture Class Launch Services contractを締結<sup>29</sup>、NASAから6.9百万ドルの打上げ契約を獲得している他、2015年にはGoogleが主催する民間企業月面探査コンテスト「Google Lunar X Prize」の最有力候補であるMoon Expressより打上げの受注を獲得、2016年2月には衛星コンステレーション事業者であるSpire Globalより12台分の打上げを受託する等、ロケット成功に最も期待を寄せられている企業の一つとなっている。

足許では、ニュージーランド・マヒア半島で2015年12月より進められてきた自社射場の建設が2016年9月に完成しており、同射場からの2017年前半の打上げを目指して目下、1号機の試験が行われているところにある。

図表Ⅲ-5 開発中ロケット及び従業員集合写真



(出典:Rocket Lab ホームページ)

<sup>29</sup> NASAでは、足許の小型衛星需要の増加を踏まえ、従前の相乗り型基幹ロケット事業ではない単発型の小型ロケット打上げ事業をいち早く商業化させ、CubeSat Launch Initiativeに代表される、数多計画されているコンステレーション事業を軌道に乗せるべく、「Venture Class Launch Services」事業者を募り、Rocket Lab、Firefly Space System Inc.及びVirgin Galactic LLCの3社を選定各3社に対してNASA衛星打上げ価格をコミットすることで各社のロケット開発を後押し(Rocket Lab:\$6.9M、Firefly:\$5.5M、Virgin Galactic:\$4.7M)。

(オ) Firefly Space System Inc

① [経営者・沿革]

現 CEO・Thomas E. Markusic 氏<sup>30</sup>他 2 名(現 CFO・Michael A. Blum 氏及び P. J. King 氏)によって 2014 年 7 月に設立されたロケット開発会社である。従業員数は 2016 年 9 月末時点で 159 名に及んでいる。

200kg の搭載能力を有する小型ロケット「Fire Fly Alpha」を目下開発しており、2018 年初打上げ、将来的には年産 50 機体制を目指しており、NASA の VCLS<sup>31</sup> Contract 締結先の一社に選定され、5.5 百万ドルの契約を 2015 年 10 月に獲得し、2016 年 6 月には総額 38 百万ドルの調達を目指した資金調達において計 19 百万ドルの調達に成功、順調に見えていたところにあった。

だが、シリーズ A ラウンドの資金調達において投資家候補の筆頭格が投資検討を中止し、調達目標額の半分に届かなくなったことから資金繰りに窮し、159 名の従業員を解雇、潜在顧客 9 社より受領した意向書も背景に、売却先を探ってきたが、その目途がつかず、同社に対して融資を行っていた EOS Launcher Inc(ウクライナ出身の Maxym Polyakov 氏によって創業された地球観測事業等を掲げる宇宙ベンチャー企業)によって 2017 年 3 月、同社の無形資産を含めた全資産が競売にかけられ、解散を余儀なくされている。

② [主たる事業内容]

同社ロケット Firefly Alpha は「エアロスパイク」と呼ばれる旧来から存在する原理を活用したものであり、過去に開発が検討されながらも機体開発等を理由に中止されていたスパイクエンジンを活用するものであり、(高空でのノズル効率維持のためのノズル面積を広げるための)可変ノズル機構を不要とする等、原理的に単純な構造を採ることで低価格性を実現するものである。

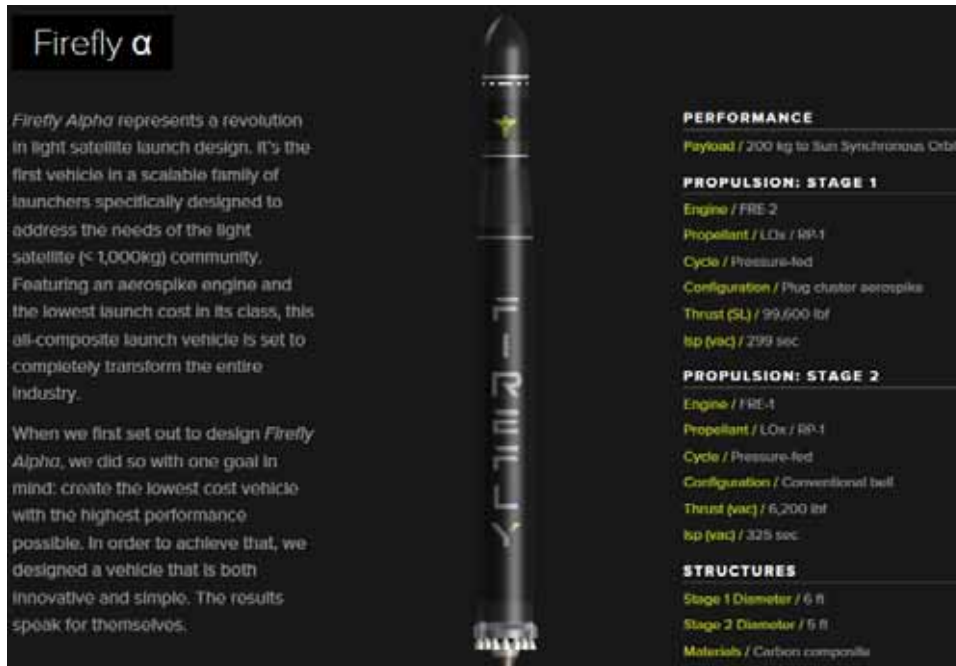
---

<sup>30</sup> NASA での燃焼器開発担当を経て Space X テキサス試験場 Director、Blue Origin シニアシステムエンジニア及び Virgin Galactic 燃焼器担当 Vice President を経て創業。

<sup>31</sup> Venture Class Launch Services



図表Ⅲ-6 Firefly Alpha 概要



(出典: Firefly ホームページ)

### 3. 国外・主要プレイヤー概要(衛星開発・衛星コンステレーション事業者)

#### (ア) 概要

下表は、リモートセンシング事業者における現在運用中若しくは開発・計画中的リモートセンシングプログラムの一覧である。既存の事業者及びプログラムの多くが数機単位の大型観測衛星によって運用されている一方、足許で計画が進行中の観測衛星プログラムの多くが、数十機から百機単位の衛星を打ち上げ、大型衛星に比べて分解能は低めながらも 24 時間以内の高頻度で画像データを提供可能な内容となっている。その背景としては、これまで販売単価が高く、かつ、画像が必要な時間に衛星が地球の裏側に位置すること等によって、顧客の希望するタイミングでの画像提供ができなかった観測衛星ビジネスの課題がある。そのため、これらを克服すべく、今後見込まれる衛星打上げ費用低下や IT 技術の進歩によって情報サービスに対する顧客ニーズの多様化も相俟って、ベンチャー企業を中心に、小型衛星オペレーターが台頭しているところにある。

また、コンステレーション計画の多くは小型化技術が浸透した光学衛星を主に展開されており、合成開口レーダー衛星に関しては未だ小型化が非常に困難であり、そのため衛星開発費用及び打上げコストの回収は困難であるため、レーダー衛星を主とする衛星オペレーターは Capella Space や Iceye 等一部に留まる状況であり、かつ、光学衛星に比べて技術が確立・普及していないこともあり、その運用開始には未だ相応の時間を要する。

以下では、通信衛星コンステレーション・プレイヤーとして期待される OneWeb に加え

て、観測衛星オペレーターの筆頭格でもある Planet、Spire Global について取り挙げる。

図表Ⅲ-7 リモートセンシングプログラム一覧

衛星オペレーター	衛星開発生産会社	衛星プログラム	運用開始	衛星数	衛星重量	周回頻度	分解能
Digital Globe	Lockheed Martin	IKONOS	1999	1	816kg	72時間以内	1m
ImageSat International	IAI	EROS	2000	1	280kg	24-288時間	1.5m
Digital Globe	Ball Aerospace/Lockheed Martin/TAQNI	World View	2007	WorldView1 WorldView2 WorldView3 WorldView4 TAQNI(6)	2,500kg 2,800kg 2,800kg 2,087kg 150kg	41-130時間 26-89時間 24時間以内 72時間以内 未定	0.5m 0.5m 0.3m 0.25m 未定
DLR	Airbus	TerraSAR	2007	TerraSAR-X TanDEM X TerraSAR NG	1,023kg 1,023kg 未定	264時間 264時間 264時間	3m 0.5m 0.25m
Digital Globe	Lockheed Martin	GeoEye	2008	1	907kg	50-199時間	0.41m
Planet	MDA	RapidEye	2008	5	150kg	24時間	6.5m
UrtheCast	Dauria Aerospace	Deimos	2009	Deimos 1 Deimos 2	120kg 200kg	24時間	20m 0.75m
Planet	Skybox Imaging (Google買収によるTerra Bellaへ改称後、Planetが2017年買収)	SkySat	2013	24	91kg	24時間以内	1m未満
Planet	Planet	Dove	2013	100+	10kg未満	24時間	3-5m
Spire Global	Spire Global/Clyde Space	Lemur	2016	50+	4kg	24時間以内	n.a.
アクセルスペース	アクセルスペース	GRUS	2017	50	95kg	24時間	2.5m
Hera Systems	Hera Systems	HOPSat	2017	48	12kg	24時間以内	3-5m
Astro Digital	Astro Digital	LandMapper	2017	30	10-20kg	24-96kg	2.5-22m
Satellogic	Satellogic	NuSat	2017	25	37kg	24時間以内	未定
Iceye	York Space Systems	Iceye	2017	10-20	150kg	未定	未定
Capella Space	Capella Space	Capella	2020	30	未定	未定	1m
UrtheCast	SSTL	OptiSAR	2021	16	SAR:1,400kg 光学:670kg	24時間以内	未定

(出典: FAA「The Annual Compendium of Commercial Space Transportation: 2016」より抜粋)

(イ) OneWeb

① [経営者・沿革・事業内容]

OneWeb は Greg Wyler 氏(1969 年生、アフリカでの通信普及業務を経て 2007 年に O3b Networks 設立を経て創業)によって 2012 年に設立された通信衛星コンステレーション事業者である。

Wyler 氏は、アフリカでの通信普及を企図し、自ら創業した Terracom を通じて現地通信会社 Ruwandatel 株式を取得、現地の人々に携帯電話やインターネットサービスを提供したものの、その情報通信を行う上での課題となっていた高速通信網を O3b Networks を通じて提供することで実現した経験を踏まえ、通信可能な地域

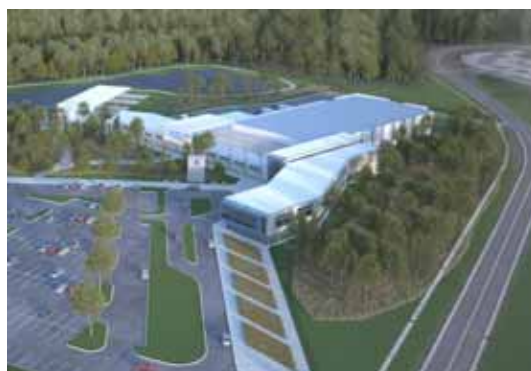
を更に拡大すべく、OneWeb を 2012 年に立ち上げることとなった。

計画では、150kg の小型通信衛星を高度 1,200m の低軌道に 648 基配備する（但し、予備衛星含めて最大 900 機生産する計画）ことで、地球全土をカバーする高速通信網を 2020 年までに構築する内容となっている。

2015 年には、新たに株主となった Airbus と連携した生産体制を構築すべく合併会社を設立することで合意、具体的には最初の 10 機をトゥールーズ工場で製造し、ソユーズロケットから 2018 年に打ち上げられることとなっている、10 機の製造ができ次第、残りの 890 機を米国フロリダ工場で量産していく計画が発表されている。

資金調達面では、2015 年に Airbus、Intelsat、コカコーラや Virgin グループ等 6 社から 500 百万ドルの調達に成功、2016 年 12 月にはソフトバンクから 1,200 百万ドルを調達し、2017 年 2 月には Intelsat と合併することで合意がなされているところにある。

図表Ⅲ-8 工場全景イメージ



(出典: OneWeb ホームページ)

(ウ) Spire Global

① [経営者・沿革・事業内容]

Spire Global は、2012 年に Peter Platzer 氏(現 CEO、投資業務等を経て宇宙産業に従事すべく NASA Ames 研究センターでのインターン参加後 Spire Global 設立)、Joel Spark 氏(設計技師)、Jeroen Cappaert 氏(パイロード設計担当)によって設立された衛星開発・運営会社(本社:サンフランシスコ)である。

2012 年に「NanoSatisfi(2014 年に商号変更)」との社名での設立直後は、小型衛星開発を個人や企業に開放する事業を営んでおり、具体的には、光学カメラに加えて 25 個のセンサーを搭載した「ArduSat」をクラウドファンディングによる資金調達の下で開発・製造すべく、クラウドファンディングの参加者に写真撮影や衛星アプリケーション利用権付与といったインセンティブ付けを行うことで「Kickstarter」経由で 10.6 万ドルを調達している。

以降、3 回に及ぶ資金調達を行っており、2013 年には Lemnos Labs 等投資家 6 名より計 1.5 百万ドルを調達、2013 年 8 月の ArduSat の実験成功を受け、2014

年 7 月に行ったシリーズ A ラウンドでは Lemnos Labs に加えて宇宙ベンチャー投資に積極的な RRE Ventures の他、三井物産(三井グローバル投資)のや中国系 VC を含む計 6 名の投資家から 25 百万ドルを調達し、2015 年 6 月には宇宙ベンチャー投資に注力する Bessemer Venture Partners 等計 4 投資家から 40 百万ドルを調達し、着実に企業規模を拡大させながら、自社運営衛星プログラム「Lemur」の打上げ機数を増加させているところであり、2016 年 10 月に行った打上げによって計 17 機の衛星を軌道上に配備しているところにある<sup>32</sup>。

Spire Global が運用する Lemur プログラムは、船舶の自動船舶識別装置(AIS)が発する電波を受信することができるとともに、「GNSS Radio Occultation」センサーを搭載することで大気を通過する GPS 信号を元に気温・気圧・湿度等の天候情報を取得することができるものであり、100 機超の衛星で地球全体をカバーすることであらゆる地域の気象情報を高頻度で提供できる体制の構築を目指している。

## (I) Planet

### ① [経営者・沿革・事業内容]

Will Marshall 氏(現 CEO、NASA にて月面観測業務等を担当)及び Robbie Schneider 氏(現 Chief Strategy Officer、NASA にて小型宇宙船事業やホワイトハウス担当を経験)によって 2010 年に創業されリモートセンシング会社(本社:サンフランシスコ)であり、同社は小型衛星を主として自ら観測衛星開発・製造を手がけている。

2010 年に Marshall 氏、Schneider 氏及び Chris Boshuizen 氏(2015 年に退職)の NASA 出身者 3 名によって Cosmogia 社として創業され、2013 年に小型衛星「Dove」打上げの成功実績を築くことで小型衛星開発分野におけるパイオニアとしての地位を確立している。

Planet は特に、巨額の資金調達と 2 回にわたる大型買収の成功によって成長を遂げてきており、2015 年 4 月のシリーズ C ラウンドまでにおいて計 158 百万ドルの資本調達を実施しており(うち、2013 年 6 月では 13 百万ドル、2013 年 12 月に 52 百万ドル、2015 年 1-4 月に行ったシリーズ C において 93 百万ドルを調達している)、2015 年 1 月には Western Technology Investment から 25 百万ドルの借入調達を実施、計 183 百万ドルを米国内外から調達していることでも知られている。

まさに、小型衛星 Dove の打上げ成功によって資金調達を円滑に進める一方で、2015 年前半に調達した総額 118 百万ドルを調達する傍ら、Rapid Eye 観測衛星のオペレーターとして、2011 年の経営破綻から再生の途に着いた Black Bridge を買収、2017 年 2 月には SkySat 衛星のオペレーターである Terra Bella を Google が

<sup>32</sup> Lemur1 号機:Dnepr(ロシア-ウクライナロケット事業 JV)にて 2014 年 6 月、Lemur2#1-4 号機:PSLV (ISRO)にて 2015 年 9 月、Lemur#5-12 号機:Atlas V(ULA)にて 2016 年 3 月、Lemur2#14-17 号機:Antares(Orbital ATK)にて 2016 年 10 月に打上げ実施済。

ら買収している。

これらによって、自らが開発・運営を進めている Dove 衛星コンステレーション事業ではカバーできない高分解能分野を SkySat の衛星でカバーできるとともに、広範囲をカバー可能な RapidEye を持つことによって、多様なニーズに応じた画像提供が可能になるとともに、高頻度での画像提供が可能なサービス体制を確保しつつある。

#### 4. 国内における近年の動き

2.及び3.で取り挙げた欧米の宇宙ベンチャーの設立や宇宙産業に対する期待の高まりとともに、国内でもロケット開発から衛星開発まで各分野において新たに企業が設立される動きが見られ、国内における宇宙専門ベンチャー不在の中で大手企業による後押しを受け、これら企業の研究開発が進められているところにある。

これら企業の多くは、技術の源泉を大学の研究室に持つ大学発ベンチャー企業であり、国内宇宙ベンチャー業界の人材供給を大学が担っている構図が見受けられる。

一方、これまで日本国内では無かった動きとして、JAXA 出身者や大手企業が自ら独立するパターンが一部見られている点は特筆すべきである。NASA 出身者や大手企業在籍者によるベンチャー企業設立のように、大手企業において蓄積された知見・ノウハウがベンチャー分野にも移転され、ベンチャー企業の成長の源泉となっている欧米の動向に近いものとして、JAXA 出身の藤原謙氏によるウミトロン設立が挙げられ、このような動きが今後の国内ベンチャー企業設立・成長を後押しすることを期したい。

図表Ⅲ-9 国内主要宇宙ベンチャー一覧

		設立	主要経営者経歴	株主・資金調達等	主業概要
ロケット開発	インターステラテクノロジズ(株)	2003年	稲川貴大氏 (東工大(機械物理)院卒・卒業後13年に同社入社・社長就任)	堀江貴文(元・ライブドア社長)、2016/1に調査費用拠出等で丸紅と業務提携	小型ロケットの開発・打上げ
有人機開発	PDエアロスペース(株)	2007年	緒川修治氏 (福井大(工学部機械)卒業、MHI、アイシン等を経て同社設立)	09年～HISより資金援助、HIS・ANAによる5千万円出資(2016/12)	有人宇宙飛行機「ヘカリス」開発(18年に無人機・20年に高度100kmへ有人機到達を目標)
衛星開発	(株)QPS研究所	2005年	大西俊輔氏 (九大(工学博士)卒業、13年同社入社、14年より現職)	衛星開発受託事業等を主に運営。	九州大学発ベンチャーとして、大学教授が有する豊富なノウハウ・知見を強みとし、衛星開発経験を活かしながら事業展開。
	(株)アケルスペース	2008年	中村友哉氏	シリーズA(2015/9・計18億円)調達にて物産、ウェザーニューズ、SBiHD、スカル・JSAT、科学技術振興機構らが出資	衛星開発、超小型衛星による地球観測事業(22年までに超小型衛星「GRUS」を50機打上げ、衛星観測網を展開)
衛星運用	(株)ALE	2011年	岡島礼奈氏 (東大(理・天文)博士卒・ゴールドマン等を経て11年同社設立)	個人投資家より7億円調達(2016/12)	流星源放出装置(衛星から「流れ星」を発生)開発、デブリ除去等(第1号放出目標時期:2018年)
	(株)アストロスケール	2013年	岡田光信氏 (東大農学部卒・大蔵省入省、マッキンゼー、通信業・介護起業を経て同社創業)	シリーズA(2015/2、\$7.7M)でシャープ・笠原健二ら出資、シリーズB(2016/3、\$35M)で産革機構・シャープら出資	デブリ除去
衛星情報活用	(株)スペースシフト	2009年	金本成生氏 (IT関連企業を経て現・エリクソンスペース(米・宇宙ベンチャー)日本代表として同社創業)	クラウドファンディングにより1百万円調達(2016/3)	衛星開発キット販売を行う一方で、衛星データ解析ソフトウェアの開発等を通じて衛星情報の利用可能性を検討。
	ウミトロン(株)	2016年	藤原謙氏 (東工大(機械宇宙システム)院卒、JAXA等を経て同社設立)	n.a.	人口衛星による地球観測データを活用した水産養殖の生産効率化
惑星探査	(株)space	2013年	袴田武史氏 (名大工・ジョージア工科大院卒、在籍時に参加した日欧月面探査プログラムの改組に伴い同社設立)	KDDIを主とし、IHI、Zoff、JAL、リクルート、スズキ等もパートナー支援 Google Lunar XPRIZE 中間賞:50万ドル	月面探査(民間初の同事業実現による賞金獲得、中長期的には惑星探査・宇宙資源開発等を企図)

(出典:各種公開情報より当行作成)



## (2) 本邦における宇宙業界を取り巻く制度・政策

### 1. 宇宙開発政策大綱

1978年に宇宙開発委員会が定めた日本の宇宙開発指針。数年ごとに改訂され、この大綱に沿って毎年度改訂される宇宙開発計画に基づき、関係各省庁の協力のもと、一元的に推進されてきたが、21世紀に入ってから、宇宙開発に係る国内外の状況が変化したことにより、新たに設置された宇宙開発戦略本部による宇宙基本法および宇宙基本計画に基づき、宇宙開発が推進されることとなった。

### 2. 宇宙基本法

宇宙開発政策大綱に代わり、宇宙開発の根幹を担う法律として策定された。2008年5月成立、8月施行。施行に伴い、宇宙開発利用に関する施策の総合的・計画的な推進を行うため、内閣総理大臣を本部長、内閣官房長官と宇宙開発担当大臣を本部長とする宇宙開発戦略本部が内閣府に設立された。

宇宙基本法に基づく体制見直しに係る検討等が行われ、平成24年7月に宇宙開発委員会が廃止された後、内閣府に宇宙戦略室、宇宙政策委員会が設立された。

### 3. 宇宙基本計画

宇宙基本法に基づき、平成21年6月に決定。本計画は、向こう10年間程度を見通し、5年間の基本方針と実施施策を取りまとめたもので、平成24年の新体制発足に伴い宇宙基本計画が見直され、平成25年1月に改訂された宇宙基本計画が制定された。その後、政府の方針により今後20年程度を見据えた10年間の計画を盛り込んだ新しい宇宙基本計画の作成を行うこととなり、平成27年1月に宇宙開発戦略本部により、今後5年間の新しい「宇宙基本計画」が制定された。新しい宇宙基本計画に掲げられている宇宙政策の目標・基本的なスタンスは以下の通り。

#### ➤ 宇宙政策の目標と宇宙政策推進にあたっての基本的なスタンス

##### ◇ 宇宙政策の目標

- 安全保障の確保
- 民生分野における宇宙利用の推進
- 宇宙産業および科学技術基盤の維持・強化

##### ◇ 宇宙政策推進にあたっての基本的なスタンス

- 宇宙利用による価値の実現(出口戦略)を重視
- 予算配分に見合う政策効果の実現を重視
- 個々の取組の達成目標を固定化せずに環境変化に応じて意味のある目標に

宇宙基本法、宇宙基本計画の策定後、本法においても、民間企業の宇宙活動の進展

に伴い、事業の予見可能性を高め、民間事業を後押しするための制度インフラとして、以下の宇宙二法が整備された。

4. 宇宙活動法(人工衛星等の打上及び人工衛星の管理に関する法律)

平成 28 年 11 月 9 日成立、11 月 6 日公布、公布日より 1 年以内に一部施行。宇宙開発利用の果たす役割を拡大すると宇宙基本法の理念にのっとり、①人工衛星およびその打上げ用ロケットの打上げに係る許可制度、②人工衛星の管理に係る許可制度、③第三者損害の賠償に関する制度を創設することで宇宙諸条約を担保し、本邦の宇宙開発利用の推進等を主な目的に策定された。

5. 衛星リモセン法(衛星リモートセンシング記録の適正な取扱いの確保に関する法律)

平成 28 年 11 月 9 日成立、11 月 6 日公布、公布日より 9 か月以内に一部施行。衛星リモートセンシングの装置使用に係る許可制度、リモセン記録保有者の義務、リモセン記録を取り扱う者の認定等を主な目的として策定された。

図表Ⅲ-10 各国の衛星リモート・センシング法の概要

	米国	カナダ	ドイツ	フランス
制定年	1992年	2005年	2007年	2008年
法律名	国家及び商用宇宙プログラム法 (旧陸域リモセン法)	リモセン宇宙システム法	リモセン安全保障法	宇宙活動法
管轄省庁	商務省	外務省	経済エネルギー省	国防・国家安全保障総局
規制対象システムの閾値	全てのシステム ※ただし、運用上、分解能によって規制の強度は異なる模様	全てのシステム ※ただし、実質的に対象システムは RADARSAT	全般: 2.5m以下 ・ハイバースペクトル: 10m以下かつ49ch以上 ・熱赤外: 5m以下 ・SAR: 3m以下	・パナクロ: 2m以下 ・マルチ: 8m以下 ・ステレオ: 10m以下 ・赤外: 5m以下 ・SAR: 3m以下
規制対象データの閾値	【超高分解能】 パナクロ0.25m以下、マルチ1m以下は政府以外へのデータ配布禁止(ハイバースペクトル、SARの閾値は非公表)	全てのデータ ※生データとそれ以外で扱いが異なる ※高次処理、高付加価値のものは適用除外	全般: 2.5m以下 ・ハイバースペクトル: 10m以下かつ49ch以上 ・熱赤外: 5m以下 ・SAR: 3m以下	・パナクロ: 2m以下 ・マルチ: 8m以下 ・ステレオ: 10m以下 ・熱赤外: 5m以下 ・SAR: 3m以下

※パナクロ:白黒、マルチ:カラー、ステレオ:立体、SAR:レーダー

(出典:内閣府宇宙開発戦略推進事務局「宇宙二法の成立を踏まえた今後の宇宙産業振興のための環境整備について」2016)

図表Ⅲ-11 各国の宇宙関連法の概要

日本	米国	フランス	ロシア
宇宙航空研究開発機構法 (2002/12/13)	国家航空宇宙法(NASAct)	CNES設置法(研究法)	宇宙活動に関する連邦法
宇宙基本法(2008/5/28)	商業宇宙打上げ法	CNESに関する政令(Decret)	連邦宇宙局規制
宇宙開発戦略本部宇宙活動に関する法制検討WG報告書(2010/03/00)	陸域リモートセンシング政策法	宇宙活動法	連邦ナビゲーション活動法
損害責任条約に関する国内措置 (1983/3/23)	宇宙通信法(抄)	宇宙活動政令(Decret)	
	宇宙空間における発明(米国特許法 (抄))(1990/11/15)	リモートセンシング政令(Decret)	
	1998年商業宇宙法(1998/1/27)		

(出典:慶応義塾大学宇宙法センター資料より当行作成)

### (3) 宇宙分野に対する金融機関の関与

宇宙分野の企業活動を支援すべく、金融分野におけるプレイヤーも様々な取組を行っている。本節では、本邦宇宙関連企業の海外輸出に係る金融的支援制度とPPP・PFIのほか、海外を中心として活況を呈しているニュースペースに係る資金調達についても紹介する。

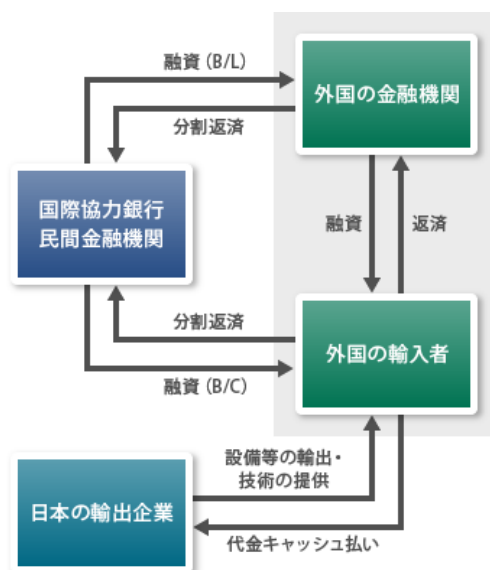
#### 1. 投融資

##### ① 輸出金融、貿易保険

企業の輸出や海外ビジネス展開を支援するため、民間の保険ではカバーしきれないリスクを公的資金で保証する組織を「公的輸出信用機関(ECA)」という。日本ではJBIC(国際協力銀行)とNEXI(日本貿易保険)がECAとしての業務を担っており、両組織が提供している投融資・保険サービスは、宇宙関連分野でも活用が進んでいる。以下でその取り組みを紹介する。

輸出金融は、日本企業や日系現地法人等の機械・設備や技術等の輸出・販売を対象とした融資で、外国の輸入者(買主)または外国の金融機関等向けに供与される。鉄道やエネルギー関連設備等のインフラ輸出のほか、船舶や航空機等の輸出にも用いられる。宇宙関連分野では、人工衛星の輸出の際に利用されている。融資形態は、「外国直接融資(バイヤーズ・クレジット(B/C)、バンクローン(B/L))」、JBICと一般金融機関との協調融資がある。外国直接融資は、外国の輸入者や金融機関に対して、日本からの設備等の輸入、技術の受入に必要な資金を直接融資するものである。JBICからは融資総額の6割を上限として資金が提供され、融資金額、金利、融資期間・返済方法、リスクプレミアム等の融資諸条件については、公的輸出信用の秩序ある活用を寄る輸出者間の公平な競争環境の実現を目的として策定された紳士協定「OECD 公的輸出信用アレンジメント」に基づき決定される。

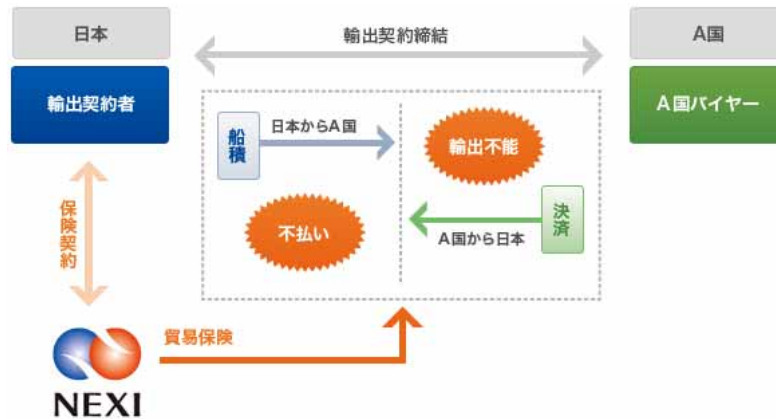
図表Ⅲ-12 バイヤーズ・クレジット(B/C)、バンクローン(B/L)のスキーム



(出典:JBIC ホームページ)

貿易保険は、企業が行う輸出入、海外投資、融資等の対外取引に伴うリスクをカバーする保険のことで、日本では NEXI が実施しており、貿易保険業務を民間組織が実施している数少ない事例の一つである。当該保険の目的は、貿易取引や海外投資を実施する際に発生するカントリー・リスク、ポリティカル・リスク、信用リスク等の各種リスクを軽減し、企業の海外展開を促進することである。輸出企業にとっては、輸出契約や海外投資に伴う代金回収や事業継続不能等のリスク回避による不安解消、資金調達手段の確保、金融機関にとっては、融資の円滑化等のメリットがある。また、輸出仕向け国政府が関係するトラブルの場合、問題解決のため政府間交渉等により、政府が支援するケースもある。日本国内に居住しており、活動基盤も日本国内にある企業であれば、日本法人、外国法人を問わず利用が可能である。宇宙関連分野においても、人工衛星をはじめとした宇宙関連機器の輸出に際し、「貿易一般保険」等の利用がなされている。

図表Ⅲ-13 輸出契約に対する貿易保険の適用例



(出典: NEXI ホームページ)

② PFI

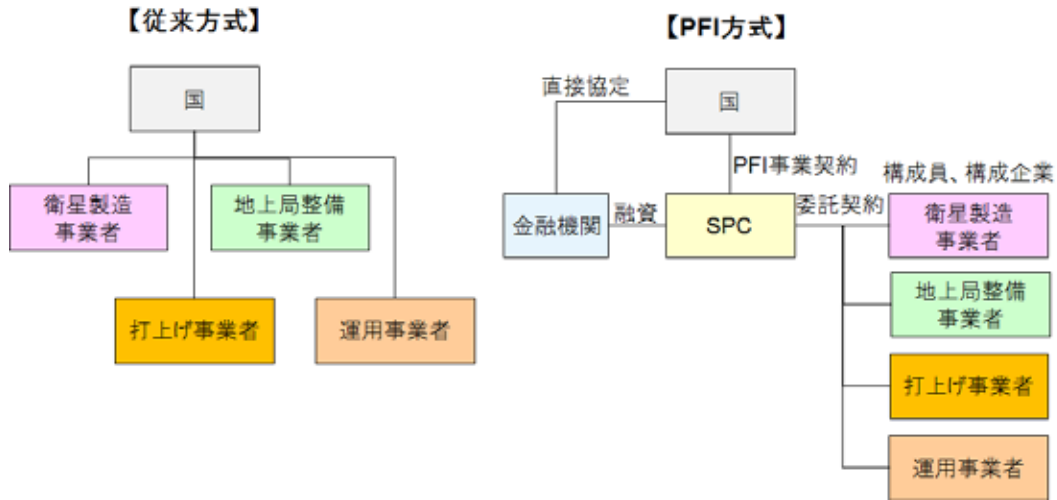
PFI(Private Financial Initiative)は、官民が連携して民間企業の資金・経営能力・技術力等を活用した公共施設等の整備・運営・維持管理等を実施するもので、公共サービスを事業主体である民間事業者が実施することにより、良質かつ廉価なサービスを提供することを目的としている。宇宙関連分野では、気象衛星「ひまわり」、準天頂衛星「みちびき」、Xバンド防衛通信衛星「きらめき」の運用にPFIが活用されている。PFI事業では、特別目的会社(SPC)を設立することで、プロジェクトファイナンスとしての資金調達が可能となるため、出資企業のバランスシートに負債を計上しないオフバランスとすることができる。人工衛星PFI事業は他のPFI事業と比較して、総事業費が大きくなることから、事業運営者にとってもオフバランス効果のメリットが大きいといえる。

図表Ⅲ-14 PFIを活用している人工衛星プロジェクトの事例

		静止地球環境観測衛星の運用等事業	Xバンド衛星通信中継機能等の整備・運営事業	準天頂衛星システムの運用等事業
事業内容と事業方針の概要		・衛星管制を行うための施設、衛星及びミッション管制に係るシステム等の整備、維持管理等業務と、衛星運用に関する業務(衛星管制、放射計データ、通報局資料に係る業務)を実施する	・衛星の調達(製造、打ち上げ)及び運用並びに衛星に係る地上施設の整備及び維持管理を一体的に実施する	・総合システムの設計・検証・運用等、地上システムの開発・整備・維持管理等に関する業務を実施する
事業費		約293億円	約1,221億円	約1,173億円
VFM		約29%	約15.15%	約6.9%
事業方式	衛星本体	—	BTO	—
	地上設備	国有地使用 BOT or 民有地使用 B00	国有地使用 BTO or 民有地使用 B00	国有地使用 B00 or 民有地使用 B00
	ミッション	—	BTO	—
官民の役割分担	衛星の製造	国	民	国
	地上設備の整備	民	民	民
	打ち上げ	国	民	国
	衛星管制	民	民	民
	ミッション管制	民	民	民
	維持管理	民	民	民

(出典: 日本衛星ビジネス協会ホームページ)

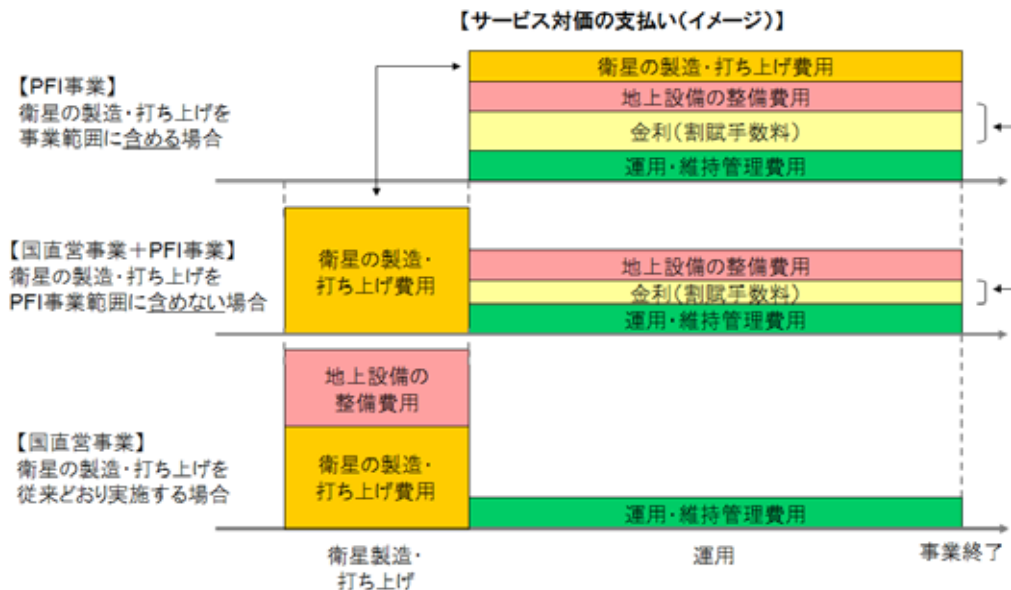
図表Ⅲ-15 人工衛星運用にかかるPFIのスキーム



(出典: 日本衛星ビジネス協会ホームページ)

人工衛星のPFIは、衛星の製造、打上げ、地上局の整備、維持管理、運用に大別され、本邦においては、衛星の製造、打上げ、地上局の整備、維持管理、運用を一体的に実施する場合と、衛星の製造、打上げをPFI事業から分離して国直轄の事業とし、残りの地上局整備、運用のみをPFI事業とする場合の2つのケースが存在する。PFIの事業範囲については、国、民間事業者のリスク分担の考え方と、事業費の平準化の考え方による。

図表Ⅲ-16 人工衛星運用に係るPFIの事業範囲



(出典: 日本衛星ビジネス協会ホームページ)



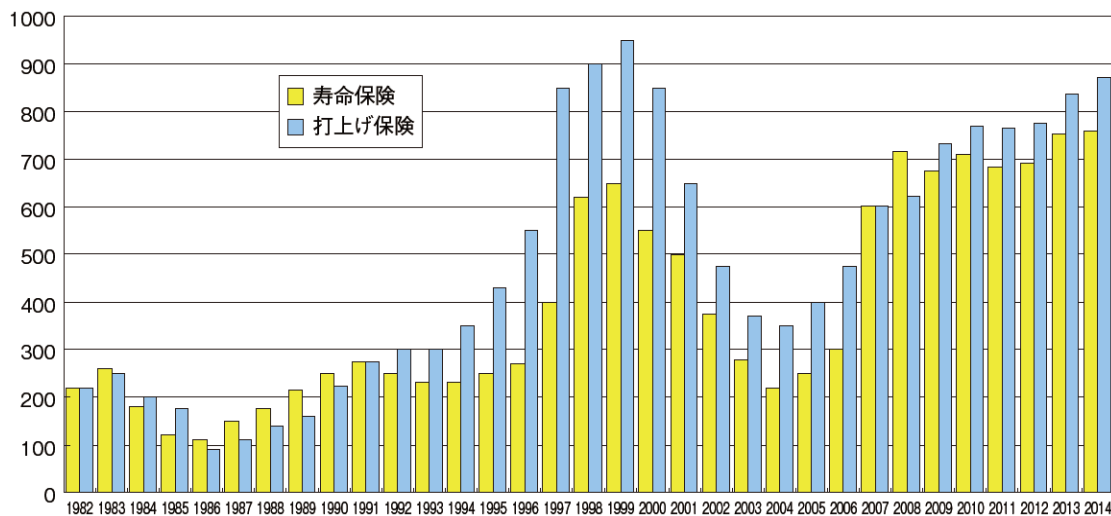
我が国のロケット、人工衛星等にかかる宇宙開発技術が確立されたことにより、今後は宇宙関連技術の商業利用の流れがますます加速すると思われるが、宇宙事業は事業費や民間事業者の負担するリスクが大きい反面、事業機会は今のところ多いとは言えない状況にあり、PFIは民間事業者の事業機会創出には役立つものと考えられる。

## 2. 保険

人工衛星の打上げ等の際に用いられる「宇宙保険」は、大きなリスクを伴うほか統計的安定性を得にくい分野であるため、1社の保険会社で保険契約を成立させることが困難である。宇宙保険成立のためには、世界規模で引受保険会社がまとまる必要があることから、宇宙保険分野では国際単一市場が成立している。宇宙保険市場に参画している世界の保険会社の数は、約40社程度に限られる。

同市場の総キャパシティは、近年は市場全体の成績が概ね好調であることから、供給が需要を上回るキャパシティ過多状態にある。

図表Ⅲ-17 宇宙保険市場の総キャパシティの推移



(出典: SJAC「航空と宇宙」 2015.3月号)

宇宙保険の種類には、ロケット、衛星の財産価値、関連費用をカバーする「物保険」と、宇宙関連事業に伴う賠償責任リスクをカバーするための「賠償責任保険」がある。物保険では、ロケットによる衛星打上げから衛星運用までの各フェーズに対応して「打上げ前保険」「打上げ保険」「軌道上保険(寿命保険)」がある。賠償責任保険は、ロケットの打上げに起因する賠償責任をカバーする「打上げ第三者賠償責任保険」が主であるが、他にも「軌道上第三者賠償責任保険」もある。

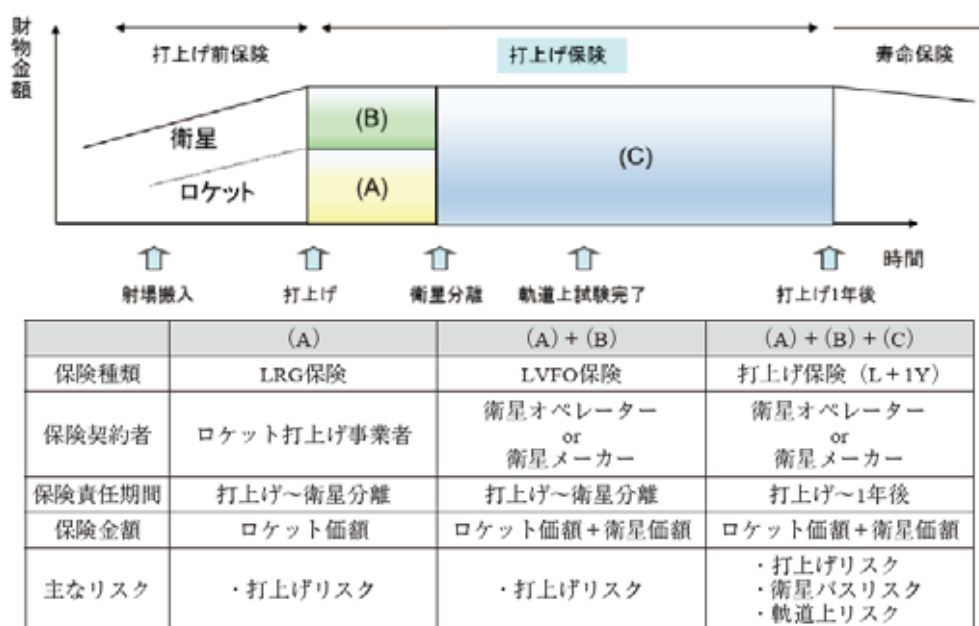
宇宙保険の代表格は、ロケット打上げ時から、衛星の軌道上における初期運用間の財

物リスクを担保する「打上げ保険」である。保険の責任期間は、多くの場合、打上げから一年間とされている。保険金額(補償額)は、通常の場合、衛星購入代金、ロケット打上げサービス購入代金、打上げ保険料等のその他経費の合計額で設定される。

宇宙保険は、一回の事故で想定される保険金支払額が極めて高額であること、事故発生頻度が相対的に高いこと、対象となるリスクの件数が少ないこと、技術革新が活発な最先端技術を背景としており過去の統計が必ずしも有効ではないことから、保険事業の安定的運営に必要な統計的安定性を確保することが難しいとされている。また、事故が起きた際に損害状況を実際に見て査定することができないこと、ロケット・衛星に関する技術情報が保険設計上極めて重要であることから、同保険の設計には高度な専門性が必要とされている。

これらの理由から、宇宙保険事業の難易度が高くなっており、同市場への参画者は極めて限られている。

図表Ⅲ-18 人工衛星の打上げフェーズと打上げ保険の種類



(出典: SJAC「航空と宇宙」 2015.3 月号)

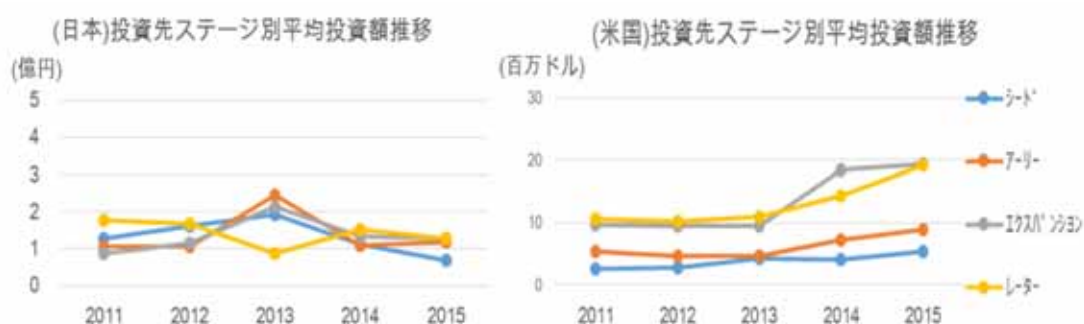
### 3. 宇宙産業を取り巻くベンチャーキャピタルの動向

#### ① 米国及び日本のベンチャーキャピタル投資

ベンチャー投資の盛んな米国ではベンチャーキャピタルが集中するシリコンバレーを中心にファンドの層が厚く、2015年時点の米国におけるベンチャーファンド運営会社は798社、組成ファンド本数も1,224本(うち新規組成は236本)となっており、同時点の日本のファンド本数が直近5年間で最大の51本となっていることを踏まえれば、両国のベンチャーファンドの層の厚みの違いは明らかである。

結果として、それら相違は投資規模に反映され、日本が足許 13 百億円に留まるのに対し、米国は 600 億ドルに迫る規模であり、その差は歴然としている。しかしながら、年間投資件数で比較すれば、日本は米国の 1/4 の規模に迫る勢いで投資案件が積み増されている状況ながら、1 件あたりの平均投資額は日本ではシードからレーターまでの各ステージにおいて平均投資額が均一となっており、本来あるべき、米国で見られるような小規模出資のシードステージからレーターステージに移行することに伴う資金調達増加が期待し難い状況にある。また、投資金額も 1 回あたり平均 1 億円と、シードステージでも平均 5 億円を調達可能な米国と比べれば、日本のベンチャー企業は資金調達面で遅れをとっている状況にある。

図表Ⅲ-19 日米間のベンチャーキャピタル平均投資額比較



(出典:(一財)ベンチャーキャピタルエンタープライズセンター「ベンチャー白書 2016」より引用)

② 宇宙ベンチャー投資をとりまくベンチャーキャピタル、エンジェル投資家ネットワーク及びクラウドファンディングの状況

日本国内では、宇宙分野に特化したベンチャー企業数が数えるほどしか設立されておらず、ロケット開発から衛星開発、探査サービス等各分野とも一、二社がやっと存在する規模にとどまっている一方、欧米ではロケット開発では大型から小型まで、既存プレイヤーからベンチャー企業まで入り乱れて競合している状況にあり、衛星開発分野でも、光学衛星からレーダー衛星まで各社独自の成長戦略・事業計画の下で研究開発を進めながら、数億円から数十億円規模の出資を受けられているところにある。

特に、(2)で取り挙げた企業の事例でも散見されるように、衛星の初号機開発では所要額も小規模にとどまることからクラウドファンディング等が活用されており、その後、本格的に衛星ビジネスとしてコンステレーションを確立していく上で膨大な打上げ機数の衛星開発費及び打上げ費用が必要となる段階で、数億円から数十億円規模の資金調達を成功させている段階にある。

事業形態別で見れば、実証試験含め、莫大な開発費用負担を要するロケットに比べ、衛星開発期間中の資金繰りコストは比較的低コストでの開発・生産が可能であり、ロケットのように多大な人件費負担等を強いられることがなく、開発期間中の資金繰り

破綻リスクが少ないこと、打上げに際しても既存ロケット打上げ事業者に発注した中大型ロケットに数機から数十機単位で搭載することが可能であるため、足許においては衛星開発から打上げ実施(軌道への衛星配備)まで順調に事業を進められている企業が出て来ているところにある。

一方、ロケット開発事業者に目を向けると、(2)で述べた Firefly Space System のように、一定の受注ロットを確保し、政府からの受注契約を獲得している場合においても、ロケット開発期間中の多大な人件費や実証実験コストを含む開発資金の調達に失敗し、事業破綻を強いられるケースも出ているのも事実である。Space X や Blue Origin は、創業者が自ら立ち上げた IT 事業によって得た潤沢な資金が開発力の源泉となっており、国内においても実業家・堀江貴文氏がスポンサーとしてインターステラテクノロジズを支援する等、純粋な民間資金だけでは負担しきれない開発リスクをこれら投資家が担っている状況にある。

日本国内では、宇宙分野を注力先に掲げるベンチャーキャピタルが不在の中、金融機関の中では産業革新機構がアストロスケールに出資をする等、上記のエクイティ供給の一端を担っているところにある。一方、米国では宇宙業界専門チームを設ける Bessemer Venture Partners の他、Khosla Ventures、RRE Ventures を筆頭に、斯業界への投資に積極的なベンチャーキャピタルが増加しているところにある。これらトラックレコードと専門知識を有する投資家の存在が他の投資家による出資の呼び水になる等、宇宙ベンチャーの資金調達において、これらベンチャー投資家は不可欠な存在となっている。

下表は主要なベンチャー企業の資金調達状況であるが、シードラウンドでは数百万ドル規模の調達に留まるため、ロケット開発事業者においてはアーリーステージでの資金調達を行っていく必要があるものの、シードラウンド及びアーリーステージともに出資に参画する投資家が限られており、衛星開発分野に比べて当分野へ出資経験を有する投資家層が薄い点が同分野成長を図っていく上での課題となっている。

図表Ⅲ-20 主要ベンチャー企業における資金調達動向

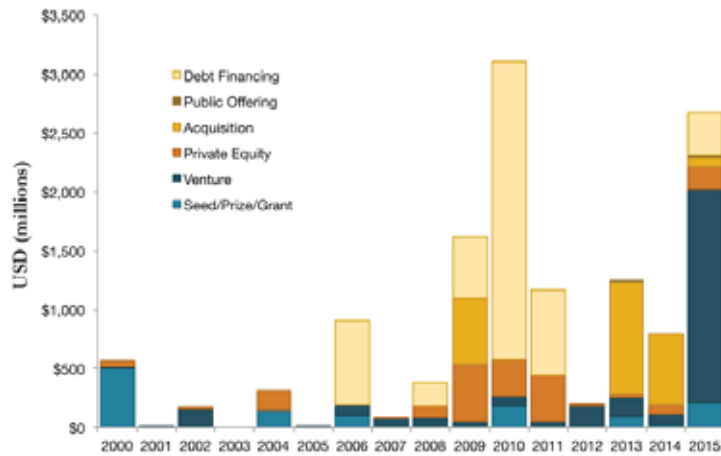
	調達総額	シードラウンド		アーリーステージ～	
■ロケット開発ベンチャー					
Rocket Labs	\$42M	n.a.		\$5.5M(2013/9)	\$36M(2015/9-11)
		n.a.		Khosla Ventures	Bessemer Venture・Khosla Ventures等
Firefly Space Systems	\$22M	\$2k(2014/3)	\$2M(2014/5、計3社)	\$19M(2016/6)	
		Space Angels	Space Angels・SK Ventures等	Tank Stream Ventures	
PLD Space	\$1.3M	\$1.3M(2013/1)		-	
		Caxia Capital・CDTI他一名		-	
■衛星開発ベンチャー					
OneWeb	\$1,700M	金額非公開(2015/1)		\$500M(2015/6、計7社)	\$1,200M(2016/12)
		Qualcomm Ventures・Virginグループ		Airbus Group・Intelsat・Virgin Gr.・Coca-Cola等	Softbank
Planet	\$183M	n.a.		\$13M(2013/6、計6社)	\$52M(2013/12、計12社)・\$93M(2015/1-4、計22社)
		n.a.		Founders Fund・First Round Capital・Capricorn Investments等	Lux Capital・Founders Fund・DFJ・AME Cloud Ventures、Yuri Milner等
Spire Global	\$70M	\$100k(2012/7)	\$1.5M(2013/2-7、計6社)	\$25M(2014/7、計8社)	\$40M(2015/6、計5社)
		Kickstarter	Lemnos Labs・Beamonte Investments等	RRE Ventures・Lemnos Labs・三井グループ投資等	Bessemer Venture・Lemnos Labs・RRE Ventures・Jump Capital等
Hera Systems	\$4.2M	\$1.8M(2013/9) 非公開		\$2.4M(2015/9) 非公開	
Iceye	\$2.8M	n.a.		\$2.8M(2015/11)	
		n.a.		Lifeline Ventures・True Ventures等	

(出典:Funderbeam 社 HP 等より、当作作成)

なお、2000年以降の衛星事業者の資金調達も含む宇宙関連企業全体の資金調達額推移に目を向けると、O3b等衛星事業者による銀行借入調達額が大きく伸びた2006年及び2010年を除けば、資金調達の多くはPE投資家やベンチャーキャピタルを中心に行われており、エンジェル投資家も全体的な投資額から見れば寡少にとどまるものの、ベンチャー企業の黎明期を支える初期投資家として重要な役割を果たしている。

また、ベンチャー投資額は約10百万ドル前後と低位で推移してきた中で Bessemer Venture や Khosla 等の宇宙分野参入によって他ファンドの参入が増えてきている状況にある。2015年はSpace X(1,000百万ドル)、OneWeb(500百万ドル)やPlanet(91百万ドル)等の大規模資金調達が集中したことによるものではあるが、これら大規模ファイナンスにベンチャーファンドが応えられる資金調達環境が構築されつつある点は着目に値する。

図表Ⅲ-21 2000年以降の宇宙ビジネスにおける資金調達額推移



(出典: FAA「The Annual Compendium of Commercial Space Transportation: 2016」より抜粋)

### ③ 主要な投資プラットフォーム及びベンチャーキャピタル概要

#### 1. Space Angels Network

Space Angels は自ら資金調達及び運用を行わず、宇宙分野の起業家とエンジェル投資家のマッチングを行うネットワークであり、上記のようにシードラウンドの資金調達で活用されることが多く、アーリーステージの資金調達においても活用されており、幅広い資金ニーズに対応可能なクラウドファンディング・ネットワークとなっている。

会長を務める Joe Landon 氏は Space Adventures 社での宇宙飛行プログラム開発に携わるとともに、Boeing 衛星開発部門でエンジニアとして従事した経験を有し、現在は会長として企業家と投資家の橋渡しに尽力するとともに、Planetary Resources の CFO として同社の財務に携わっている。

これまで、上記企業その他、探査サービスを手がける Planetary Resources、Deep Space Industries の出資に際しても活用される等、ベンチャー企業がアーリーステージに移行していくための自社技術力を証明するための実証実験を支える数少ない資金調達プラットフォームとして機能しており、今後も、シード投資のプラットフォームとしての役割が期待される存在である。

#### 2. Founders Fund

PayPal 共同創業者の Peter Thiel 氏によって 2005 年に設立されたベンチャーキャピタル(本社:サンフランシスコ)であり、「科学的、技術的に、圧倒的に難易度の高い問題を解決しようとしている優秀な起業家に投資」することを投資方針として掲げている。

Peter Thiel 氏を含む計 11 名のパートナー(総勢 19 名)の下、これまで 20 億ドル以上の運用実績を有している。投資対象企業数は 100 社以上にのぼり、IT 企業

やヘルスケア企業等をメインに出資を行ってきており、宇宙分野では Space X、Moon Express(2019/9 出資)及び Planet の 3 社に投資している。

### 3. Bessemer Venture Partners

Robert Goodman 氏によって 1998 年に設立されたベンチャーキャピタル(本社:ニューヨーク)であり、設立以降、ブラジルやイスラエル、インドを始めとするアメリカ内外の IT 企業をメインに出資を行ってきており、宇宙分野では Spire Global、Rocket Lab 及び Skybox Imaging に投資を行っており、2010 年に Skybox Imaging に出資したことで、宇宙分野への投資においてその名を知られることとなった。

宇宙専門チームとして、Iridium より招聘した Scott Smith 氏(Digital Globe 社元 COO、IridiumCOO)の下、Rocket Lab の取締役の席を持つ David Cowan 氏(Partner)、Lockheed Martin 出身の Ray Johnson 氏及び Sunil Nagaraj 氏のチーム編成の下で Rocket Lab のシリーズ B ラウンドのリード・インベスターを務める等、衛星画像ビジネスのみならず、ロケットビジネス分野に参画している数少ないプレイヤーでもある。

### 4. Khosla Ventures

Bessemer と並び、宇宙分野にいち早く参入したベンチャーキャピタルの一つであり、Sun Microsystems の共同創業者である Vinod Khosla 氏によって、アーリーステージのバイオテクノロジー等への投資経験を有する Samir Kaul 氏と共同で 2004 年に社会的に意義・影響のある技術に投資を行い、革新的なイノベーションを支援することを目的として設立された。累計投資先数は約 150 社にのぼり、ロボットを始めヘルスケアや農業等、多岐にわたり、宇宙分野では Skybox Imaging や Rocket Lab の他、天候予測ベンチャー Climate Corporation(2012/9)への出資実績を持つ。

#### ④ 宇宙ベンチャーへのファイナンスの更なる可能性

本章では、ニュースペースに係る動向に着目し、将来的に宇宙産業における利活用分野の機会を広げるとともに、これまで大手企業では実現が困難であった技術面及びビジネス面でのブレイクスルーをもたらす可能性を有するベンチャー企業の動向やその事業遂行を支えるファイナンスの状況について述べてきた。これらベンチャー企業の台頭は、現行の宇宙大手企業にとって競合するものではなく、自社では取組困難な新たなイノベーションを進めるためのパートナーとなりうる他、ベンチャー企業が宇宙利用産業の裾野を広げることで宇宙機器市場の規模そのものも広がる可能性もあるため、相互連携や協働にも期待していきたい。

なお、それらベンチャー企業を対象としたファイナンスを考える上で、これまで欧米のベンチャーキャピタル市場を題材に議論してきたが、日本におけるベンチャー企業



向けファイナンスの可能性を探る上で、以下の 3 つの視点で日本におけるリスクマネー供給の更なる可能性について述べたい。

#### (ア)事業特性・タイプを活かしたファイナンスの可能性

試作段階から多大な開発資金の負担を求められるロケット事業と比べ、衛星事業においては、ロケット打上げ費用や衛星開発コストが大幅に引き下げられようとしている中、超小型衛星を数機打ち上げるための費用を数億円程度に抑えることができるようになるとも言われている。これによって、金融投資家からの資金調達を実現するために必要な「実績」や「トラックレコード」を、数機単位での衛星運用を通じて、将来的に目指す衛星事業の一端をデモンストレーションすることで投資家に対して実行可能性を説明できるようになる。即ち、開発に数十億円以上のコストをかけて初めて試作機を軌道に打ち上げられるロケット事業と異なり、衛星事業はクラウドファンディングといったレベルから、このようにマイルストーンを設定しながら増資を進めていくようなパターンを採ることで自らの衛星事業を円滑に展開することも可能になるだろう。

更に言えば、国外では観測衛星事業者を中心とした M&A が活発化している状況にあり、これら M&A を通じた株式譲渡等を想定することで自らの出資の回収シナリオを描くこともできるため、宇宙産業の中でも金融投資家にとってもなじみやすい分野になりつつあるともいえるだろう。

#### (イ)ベンチャー企業にとっての資金調達ルートの可能性

金融投資家の視点から本件を語る場合には、ベンチャーキャピタルを主語に語りがちになってしまうが、ベンチャー企業にとっては、資金調達のルートは金融機関に限られず、事業会社等と組むことで、その相手方の有する信用力や社内イノベーション制度や資金枠を活用するといったこともありうるだろう。大手企業の中には、社内ベンチャー/イノベーション制度といった新たなビジネスチャンスを取り込もうとする体制を構築している企業も存在するが、その枠組の中で、いわゆる事業投資とは異なる観点からの(=採算性の基準についても柔軟に対応しつつ)事業出資を可能とする制度枠組を構築している企業も近年増加している。そうした大手企業と連携することで単なる資金だけではなく、大手企業ゆえの幅広い社内リソースを活用できることは社内体制や営業体制が未確立のベンチャー企業が成長を加速していく上でも有効な成長手段となろう。

#### (ウ)投資家から見た宇宙向けファイナンスの在り方

金融投資家にとって「宇宙分野」「衛星等」がペイするビジネスかの品定めは至難である。金融投資家の層が未だ広がっていない背景として、多くの企業や金融機関

にとっても、宇宙分野は「そもそも宇宙産業に収益機会は存在するのか」「この宇宙関連プロジェクトが強みとする技術の根源はどこにあるのだろうか」等、これまで金融機関が直接ファイナンス面で関与する機会が限られていた分野であることが挙げられる。そのため、今まさに様々なプロジェクトが立ち上がりつつあり、各々の視点から自らの事業の将来性や強みを投資家に対してアピールする機会も増えてくるものと思われるが、金融投資家にとっては、宇宙分野に係る知見の浸透が進んでいないこともあり、業界全体や宇宙産業のサプライチェーンに対する理解は当然ながら、その技術と競合する製品サービス等との優位性の比較を実施することが困難な状況にもある。それら知見ノウハウの不足が、本当に将来性のあるプロジェクトが資金調達を目指す上のボトルネックとなることも想定されるが、それら宇宙関連技術の特殊性を解きほめて説明できる第三者が今後必要になってこよう。欧米ではそれらの機能を宇宙専門チームを擁するベンチャーキャピタルが担っているが、日本でもそのようなプレイヤーが出てくることを期待したい。それらプレイヤーが出現することはベンチャー企業にとっても非常に重要な意味を持っており、通常のベンチャーとは規模を大きく別にする数十億円単位の資金調達を進める上で、現状は何十もの投資家にしっかりと事業の内容を理解してもらいながら、数千万円から数億円を幾多の投資家から調達する労力・コストは非常に大きく、それらを第三者的なお墨付きを得て効率的に進められることは、ベンチャー企業の数少ないリソースを回し、成長を加速していく上でも非常に重要な意味を持つ。

今はまだ、金融機関や投資機関における宇宙専門チームや部門は多くない状況であるが、将来的には、情報通信技術の一角をなすがゆえの他産業とのシナジーや連携可能性による成長可能性に意義を見出し、そのような部門を自ら若しくは外部機関のリソースも活用しながら設立される動きも出てくる可能性にも期待したい。

## 第IV章 国内宇宙産業の発展に向けて

第I章から第III章まで本邦宇宙機器産業の発展経緯や主要企業の事業概要を述べるとともに、宇宙先進国である欧米の状況やそれらの地域における宇宙新興産業を概観してきたが、本稿を締め括るにあたり、これらを以下の通り総括するとともに、本邦宇宙産業の課題及び今後の示唆を述べたい。

まず、本邦宇宙産業における課題として、

- (1)宇宙機器産業は、「官需」主導の下で発展してきた中、例えばロケット開発の場面では過去には「政府が定義した打上げ能力・仕様の下で開発・生産されてきたこともあり、開発・生産サイド自らが市場獲得を目指して設計等に取り組む余地は限定されていた特殊な産業構造
- (2)単発受注に応える形で開発・生産されてきたこと、他産業に比べて特殊な高レベルの安全性・信頼性が要求されること等もあり、サプライチェーンを担う企業が限られるなど競争原理が働き難く、結果として価格低減の動きが生まれにくい状況にある中、宇宙先進国の欧米に伍して勝ち残っていく上で、衛星やロケット開発で言えば低価格化等、これまでとは視点が異なる技術開発や生産性向上が求められる局面に置かれている。係る状況下、衛星のソーラーパネル等、「非宇宙系」企業ながらも、部品供給等で関わってきた大手電機メーカー等、民生部門の強い日本ならではの強みを活かせる分野も存在しており、このような企業の発掘、連携を模索していくことは国内宇宙産業発展の鍵になるものと思料される。

そのような中で、現在進められている H3 ロケット開発での国際市場獲得に向けて企業が定義した仕様による開発や準天頂衛星システムを整備することによる産業振興等、政府主導プロジェクトにも新たな機運が見られる中で、今後の宇宙産業での世界的な地位向上を目指す上でも民生機器メーカー等との協働がより一層重要になるものと思われる。

また欧米に目を向ければ、手探り状態の黎明期から国家のサポート等も得つつ着実に成長する中で、民需の一大分野である通信放送ニーズの大半を取り込んでいる状況にある。現在は未知数ながらも成長分野とされるリモートセンシング市場の獲得も視野に入れ、「非宇宙系」企業を含む様々な企業が動き出すとともに、政府も市場掘り起こし(民需創出)に積極的に乗り出しているところにある。

日本には宇宙ベンチャー企業が少ない一方で、欧米では Space X を筆頭に既存の大手企業と対等に渡り合える企業が市場変革を起こす中、既存プレイヤーとの連携も一部で始まる等、既存プレイヤーにとっても自社事業の発展や多様化を促すきっかけ等として、これら新規参入プレイヤーとの提携を活用している面も窺える。

宇宙活動法とりモセン法が成立し、今後更なる民間企業の活躍が期待されているが、適正な競争環境や創意工夫が生まれてくるような状況を作り出す上では、多様なプレイヤーの出現や大小様々な企業が宇宙業界のサプライチェーンに加わるのが重要になるため、国だけでなく産業界においても、様々な企業が有する多様な技術力、発想力やネットワーク等を見つめ直すこと等を通じて、宇宙産業を発展させ

ていくことのできる新たな連携の形を模索していくことが必要になるであろう。以下は斯業界が抱える主要な課題であり、それら解決の示唆を示すものである。

### 国内宇宙産業の抱える課題及び解決の可能性

	技術力の維持・確保	事業性の掘り起こし	多大な開発コスト
本邦宇宙産業が抱える課題	<ul style="list-style-type: none"> <li>国の「基幹事業」開発に携わる既存プレイヤー・サプライヤーにとっては、研究開発にリソース投入を継続的に行う必要があり、新規/非中核分野への進出・開拓にはハードルあり。</li> <li>一方、非宇宙分野の技術力が衛星事業等で活用される等、日本ならではの強みも。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>官需一辺倒であったロケット・衛星産業を商業化させる上では、「ニーズの掘り起こし」が必要ながら、衛星画像の活用方法の浸透等含め、需要喚起が大きな課題。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>幾度もの実証実験等に伴う多大な開発コストを賄う上で、その事業性の認知が発展途上の斯業界では資金調達の手段が限られている状況。</li> </ul>
海外事例からの示唆	<ul style="list-style-type: none"> <li>国外機関やベンチャー企業との連携によってリソースを確保</li> <li>当該提携から得たノウハウを本体側に還元することで本体事業の改善にも貢献</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>衛星打上げニーズの黎明期から始まったロケット開発等「民需獲得」を意識した設計・開発が不可欠</li> <li>観測衛星ビジネス市場を伸ばす上では、需要喚起のための画像情報公開等の政策支援が重要</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ベンチャー企業やエンジェル投資家では負担できない多額の開発コストを実業家らが私財投入で事業の継続性を確保</li> </ul>
日本における可能性	<ul style="list-style-type: none"> <li>大手企業がベンチャーとの連携を模索する上では、欧米に比べて候補企業数が稀少。裾野関連企業も僅少。</li> <li><b>(日本の技術力の高さゆえの)非宇宙系産業との提携可能性。</b></li> <li><b>海外機関との連携可能性もあり。</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>国によるペイロード供給の他、衛星情報の無償提供を国のバックアップで推し進める(情報提供者には国が一定の収益を保証)等<b>官需を掘りつつも、民需を創出するための支援が必要。</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>少額案件や衛星事業等では資金調達が機能し始めているが、多額の資金が必要な際に、投資家不在や認知度不足が課題。<b>的確な投資判断をサポートするためのプレイヤー・工夫が必要。</b></li> </ul>

上記の非宇宙系産業との提携や民需創出のための政策支援といった案はあくまで一例であり、下記に示すように、宇宙産業振興小委員会や経団連を含め、官公庁や産業団体等から様々な提案が打ち出されている状況にある中、それら提案内容や個別企業の戦略、技術などを総合的に俯瞰しながら、限られた資源をどの分野に重点配賦して進めるか、今まさに決めていかねばならない時である。官需依存から「民需の取り込み」は戦略の中核となろう。一方、海外の宇宙先進国が既に日本と同様(若しくはそれ以上)のことを先駆けて行っている中、どの分野で「協調」し、どの分野で「競合=勝負」するか、の見極めが重要となろう。また、日本でも今後、民間プロジェクト等を通じて取組が期待されるリモセン市場においては、欧米プレイヤーが無償サービス提供を行う等、それら先行取組に対して差別化できるポイントを見出していく必要がある。そういった意味では、現有の「ビジネスに直結する」ことが容易に想定されるプロジェクトにとどまらず、幅広い視野をもって技術開発を進める、継続していく、若しくは撤退していく分野を見直していくことは長期的に重要になってくるものと思われる。

### 宇宙機器産業の振興に向けた示唆

大型衛星における	(1)国際競争激化に伴う技術開発力の必要性 (2)国際実績の不足 (3)キー部品・コンポーネントの供給基盤の海外依存・脆弱性	(1)市場ニーズに対応した継続的な技術開発 (2)海外拡販における官民連携 (3)今後キーとなる部品・コンポーネントへの開発・実証の推進
大型ロケット打上サービスにおける	(1)コスト競争力の必要性 (2)打上時期の硬直性	H3ロケットの開発・実用化における課題解決模索
小型衛星・ロケットにおける	(1)資金・技術面でのハードルの高さ (2)ルール等法的インフラや射場等物理的インフラの未整備	(1)ベンチャー企業等に対し開発委託できる調達方法の導入 小型衛星データの活用試行 (2)法整備検討・射場認定方法整備の検討

(出典:宇宙産業振興小委員会配布資料(作成:内閣府宇宙開発戦略推進事務局)より当行抜粋)

## 宇宙利用産業の振興に向けた示唆

衛星データの断続性/継続性の欠如	利用ニーズ等を継続的に反映する仕組の具体化 利用府省・利用側産業を所管する府省の参画促進
データ所在把握の困難性・不便なデータアクセス	政府系衛星データへのアクセス環境の改善 政府系衛星データ&フリー化の推進
衛星データの加工の困難性	衛星開発段階から加工し易いデータ仕様とすること
ソリューションサービスの脆弱性・未発展	ソリューション開拓事業者の起業等支援・アイディ開拓活性化
過渡期を支える安定需要の不足	社会実証モデル分野を選定した上での政府による率先的な支援
エンドユーザーの宇宙分野に対する理解の未徹底	

(出典:宇宙産業振興小委員会配布資料(作成:内閣府宇宙開発戦略推進事務局)より当行抜粋)

また、今後、宇宙に新たに参入しようとするプレイヤーにとって、宇宙に関わる根幹の技術を有する既存プレイヤーの中にある先行経験やノウハウは非常に重要であり、新旧プレイヤーが共同して新たな宇宙事業を検討、立ち上げていくという発想も重要である。

また、これまで本邦宇宙機器産業の規模がほぼ政府宇宙関連予算と同義であったことを踏まえると、需要喚起が喫緊の課題であり、官需のみならず民需を創出するための支援が必要となる。他の産業から示唆を得るとすれば、ヘリコプター開発について触れる事こととしたい。国内ヘリコプター産業においては、宇宙機器産業同様にプレイヤーが大手重工に限られ、中核技術を確保する欧米のメーカーが席卷している市場において、KHIに目を向ければベル47のライセンス生産を1953年に開始以降、技術力を磨くとともに、車両開発等様々な事業展開の中で培われてきたトランスミッション系の設計開発力という非常に大きな強みを有していたため、1977年2月にMBBとの間でBK117の開発を目的とし、国内初となる国際共同開発について合意、MBB社と半々の開発負担の下で生産を行ってきたところにある。欧米プレイヤーが先んじてマーケットを独占する中で、後発の日本企業が同じ市場に参入していく上では独力では様々な課題に直面するものの、海外企業・機関と共同開発の形で連携を深めることで、本来、日本勢だけでは取り込めなかった市場も獲得できる可能性も広がってくるであろう。そのためには当然ながら、海外企業と伍すことのできる中核技術や日本勢と組むことのメリットを示す必要があるが、宇宙機器産業の中で今後、その可能性のある分野を見出して育成することも一つの方法であり、また、宇宙にとらわれずに産業を見直すことで、日本企業が欧米の宇宙プレイヤーと組みながら国際的に活躍できる分野も出てくるかもしれない。

さらに、技術確立や採算化に長期・膨大な開発コストを要することからも分かるように、民需の拡大を目指す上では資金供給の担い手も斯業界成長を占う上で重要な要素となってくる。特に、欧米のみならず国内でもベンチャー企業への大手企業等出資が加速する一方、ロケット開発等、開発負担コストが抜きんでいる分野では、既存の資金供給ルートだけでは賄いきれない面もある。また、政府予算では研究開発や技術実証に主眼が置かれる中で一度確立された技術の商用化・量産化といったプロジェクトに手当される機会が少なく、政府予算で確立された技術をビジネス・事業に繋げていく上で乗り越えるべき過渡期に必要なファイナンス・資金供給手法が必要になることも事実である。近年の議論の中でも「量産化」や「コストダウン」による製品・技術のブレイクスルーが求められており、これまでは、こういった議論を一気呵成に進めるための予算配布や制度が欠如しており、具体的にこれら検討を加速させるための制度的装置が必要になってこよう。「量産化」や「コストダウン」という概念は従来の本邦宇宙産業ではさほど重

視されていなかったものの、民需の取り込みを戦略として据えるならば、発想そのものを変えていかなければならない。つまり、高度な要素技術開発を重視するならば技術指向型の企業や研究所が組みながら、関連する企業=事業者が資金の担い手となって要素開発を進めていこうが、特定企業の色や特定研究者の拘りという側面があったり、国費が投入される場合はその使い途に制限がかけられたり等、汎用性を担保できなくなってしまう。例えば、中立的な立場にある(金融)機関が資金供給するという形態に注目すれば、既存のベンチャーキャピタルやプロジェクトファイナンスとはリスクリターンに対する視点を別にする、政策金融等の立場にある金融プレイヤーの出現が市場活性化を促す可能性も考えられる。

航空機産業においては、欧米の航空機産業大国が自ら許認可制度の枠組の確立も行いながら、全世界における圧倒的な立場を築いており、我が国でもそれを打破すべく様々な取組に挑戦しようと日夜多くの汗が流されている。反面、宇宙産業においては、各国の法整備体制の構築等といった課題はあるものの、航空機に比れば産業全体が発展途上にあり、まだ欧米プレイヤーも試行錯誤で事業展開を図っている中で、宇宙は国際的な規制・ルールが完全に確立されていないため、日本の産業やプレイヤーにとっても様々な可能性が広がっている分野でもあることは間違いなく、より一層、加速度的に様々な検討・議論や開発が進んでいくことを期待したい。

本稿がより多くの読者の目に触れることで、宇宙産業に対する関心が高まり、宇宙産業により多くの企業や人々が参入することを強く期待するとともに、多種多様なプレイヤーが様々な形で連携しながら、これまでに無い新たな宇宙ビジネスが創出されていくことを強く望んでいる。

以上

## 謝辞

本調査を結ぶにあたり、執筆を行う上でご指導ご鞭撻を賜った方々に対し、ここに感謝の意を表します。

特に、本調査を監修頂いた国立研究開発法人宇宙研究開発機構(JAXA)の皆様には、本調査の企画段階から忌憚のないご意見を賜り、その遂行にあたって終始ご指導を頂きました。また、ヒアリングにご快諾頂いた企業、団体の皆様には、業務多忙の中ご対応を賜り、有益なご助言を頂きましたこと、深く感謝致します。その他、本調査に際して多大なる貢献を賜った関係各位に対し、心より御礼申し上げます。



## おわりに

日本の宇宙産業において、官需主導の構造の中で技術開発が行われてきた中、IoT の進展に伴い、ニュースペースと称される企業をはじめとするプレイヤーによって新たな宇宙産業のビジネスチャンスが広がりつつある状況にあるが、日本としても、これら商機を確実なものにしていく上でも、既存プレイヤーによる新たな事業展開や民生機器産業からの本産業への参入の他、ベンチャー企業の台頭等、様々な形で産業全体の競争力向上が求められている段階にある。

本産業は多大な開発コストが求められる他、非常に高度な技術水準が必要とされる分野でもあり、経済規模も低位に留まっており、ビジネスや事業としての視点から見た場合に未だ発展途上の段階にあることもあり、金融機関に留まらず、政策支援含め、様々な関係者の相互連携や支援が必要であり、これまで他の産業においても経験したことのない課題を解決していく上でも、これら多様なプレイヤーの協働が非常に重要になってくるものと思われる。

そのためにも、これまで宇宙産業を担ってきた重工業メーカーや電子機器メーカーをはじめとして、今まさに宇宙分野での参入を検討している企業や金融機関、さらには政府含め日本の宇宙産業に関わるプレイヤーが相互に連携し合い、世界の宇宙産業の中で日本企業の競争力・地位が向上するよう、願ってやまない。

以上

本稿執筆担当者：

株式会社日本政策投資銀行

企業金融第2部 副調査役

黒田 徹朗 (tekurod@dbj.jp)

産業調査部 副調査役

大沼 久美 (kuoonum@dbj.jp)

## Appendix

### 1. 掲載企業等の略称等および正式名称

本稿での略称	正式名称
Airbus	Airbus SE
Arianespace	Arianespace SAS
ASL	Airbus Safran Launchers SAS
Bessemer Venture Partners	Bessemer Venture Partners LLC
Blue Origin	Blue Origin, LLC
Boeing	The Boeing Company
Boeing Satellite	Boeing Satellite Systems International Inc.
Capella Space	Capella Space Corp.
Digital Globe	Digital Globe Inc.
EADS Astrium Space Transportation	EADS Space Transportation SA
eBay	eBay Inc
ELV	ELV S.p.A
Firefly Space Systems	Firefly Space Systems Inc.
Ford Aerospace	Ford Aerospace Ltd.
Founders Fund	Founders Fund LLC
Garmin	Garmin Ltd
GE	General Electric Co.
GeoEye	GeoEye Inc.
Hughes Aircraft	Hughes Aircraft Company
IAF	国際宇宙航行連盟
Iceeye	Iceeye Ltd.
Intelsat	Intelsat S.A.
Iridium	Iridium Communications Inc
Khosla Ventures	Khosla Ventures, LLC
LeoLabs	LeoLabs, Inc.
Lockheed Martin	Lockheed Martin Corporation
MBB	Messerschmitt-Bölkow-Blohm GmbH
MDA	MacDonald Dettwiler and Associates Ltd.
Moon Express	Moon Express Inc
Northrop Grumman	Northrop Grumman Corporation
OHB Systems	OHB System AG

本稿での略称	正式名称
Oneweb	OneWeb LLC
Orbital Sciences	Orbital Sciences Corporation
PayPal	PayPal Holdings Inc.
Planet	Planet Labs Inc.
Planetary Resources	Planetary Resources, Inc.
Rapideye	RapidEye AG
Raytheon	Raytheon Company
RCA	RCA American Communications Inc.
Renault	Renault S.A.S.
Rocket Lab	Rocket Lab Ltd.
Safran	Safran SA
SES	SES S.A.
Skybox Imaging	Skybox Imaging, Inc.
Space Angels Network	Space Angels Network Inc.
Space X	Space Exploration Technologies Corp.
Spire Global	Spire Global Inc.
SSL	Space Systems Loral LLC
Singapore Technologies	Singapore Technologies Engineering Ltd
Terra Bella	Terra Bella Ltd
Thales	Thales Alenia Space SAS
TRW	TRW Inc.
Turksat Satellite Communication	Turksat Satellite Communication, Cable TV and Operation Inc.
ULA	United Launch Alliance LLC
Virgin Galactic	Virgin Galactic, LLC
X.com	Xtera Communications, Inc.
IHI	株式会社 IHI
IHI エアロスペース	株式会社 IHI エアロスペース
ispace	株式会社 ispace
KHI	川崎重工業株式会社
国際航業	国際航業株式会社
MELCO、三菱電機	三菱電機株式会社
MHI	三菱重工業株式会社
NEC	日本電気株式会社
NEC スペーステクノロジー	NEC スペーステクノロジー株式会社

本稿での略称	正式名称
RESTEC	一般財団法人リモート・センシング技術センター
アストロスケール	株式会社アストロスケール
インターステラテクノロジズ	インターステラテクノロジズ株式会社
国際倉庫	国際倉庫株式会社
ジーエス・ユアサ	株式会社 ジーエス・ユアサ コーポレーション
ソフトバンク	ソフトバンク株式会社
東芝	株式会社東芝
東レ	東レ株式会社
日産	日産自動車株式会社
日本航空電子	日本航空電子工業株式会社
パスコ	株式会社パスコ
PD エアロスペース	PD エアロスペース株式会社
日立	株式会社日立製作所
富士重工業	株式会社 SUBARU(富士重工業株式会社より商号変更)
富士通	富士通株式会社
三菱商事	三菱商事株式会社
CNES	Centre National d'Etudes Spatiales
DAPRA	The Defense Advanced Research Projects Agency
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
FSA/ROSCOSMOS	ロシア連邦宇宙局
NASA	National Aeronautics and Space Administration
ISAS	文部省宇宙科学研究所
NAL	独立行政法人航空宇宙技術研究所
NASDA	特殊法人宇宙開発事業団
NEDO	国立研究開発法人エネルギー・産業技術総合開発機構
JAXA	国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構
SJAC	一般社団法人日本宇宙工業会
QBIC	高精度衛星測位サービス利用促進協議会
QSS	準天頂衛星システムサービス株式会社
JBIC	株式会社国際協力銀行
NEXI	株式会社日本貿易保険

## 2. 参考資料

発行者	参考資料にかかる名称／URL
Aerospace Industries Association	Engine for Growth: Analysis and Recommendations for U.S. Space Industry Competitiveness
Euroconsult	A Snapshot on Space Markets Trends and Dynamics
同上	Stellite-Based Earth Observation,Market Prospect to 2023
ESA	COPERNICUS –an European Achievement
Federal Aviation Administration	The Annual Compendium of Commercial Space Transportation
Futron	Futron’s 2014 Space Competitiveness Index
OECD	The Space Economy at a Glance
Satellite Industry Association	State of the Satellite Industry Report
Space Foundation	Space Report 2016
Spaceworks Enterprises Inc.	2017 Nano/Microsatellite Market Forecast
The Tauri Group	Start-Up Space
Arianespace	<a href="http://www.arianespace.com/">http://www.arianespace.com/</a>
ESA	Sentinel Online <a href="https://sentinel.esa.int/web/sentinel/home">https://sentinel.esa.int/web/sentinel/home</a>
Funderbeam	<a href="https://markets.funderbeam.com/">https://markets.funderbeam.com/</a>
SpaceNews	<a href="http://spacenews.com/">http://spacenews.com/</a>
国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構	宇宙輸送システムの動向について
同上	種子島宇宙センターパンフレット
同上	内之浦宇宙空間観測所パンフレット
同上	種子島周辺におけるロケット打上げ期間等の見直しについて
同上	2020年:H3 ロケットの目指す姿
同上	H3 ロケットの開発状況について
同上	国際宇宙ステーション(ISS)計画概要
同上	「欧州の宇宙政策の概要
内閣府	国内外の宇宙機器・利用産業の市場構造及び動向について
同上	新型基幹ロケット開発に対する考え方
同上	新型基幹ロケット(液体燃料ロケット)の役割分担/開発体制について
同上	人材育成・宇宙教育の現状、課題及び今後の検討の方向
同上	宇宙輸送システム長期ビジョン参考資料集
同上	準天頂衛星システムの推進と利活用について
同上	自動走行システム研究開発の取組状況

発行者	参考資料にかかる名称／URL
内閣府	準天頂衛星システムサービスとシステムの整備状況
同上	我が国の安全保障をめぐる動向
同上	内閣府における新たな宇宙開発利用の推進体制について
同上	海外主要国の宇宙政策及び宇宙開発利用の動向
同上	我が国の宇宙機器産業の課題、現状及び対応の方向性検討における論点
同上	宇宙二法の成立を踏まえた今後の宇宙産業振興のための環境整備について
国立研究開発法人 科学技術振興機構	世界の宇宙技術力比較(2011年度、2013年度、2015年度)
川崎重工業(株)	KHI 技報
経済産業省	ASNARO プロジェクトについて
高精度衛星測位サービス利用 促進協議会 (QBIC)	高精度衛星測位サービス利用促進協議会 (QBIC)
国際航業(株)	衛星リモートセンシングデータの農業・森林・防災での利活用事例
財務省	平成 27 年度法人企業統計調査結果
国立研究開発法人 情報通信研究機構	新時代を迎える衛星通信の利活用と技術開発
総務省	平成 28 年度 科学技術調査研究
同上	宇宙分野における ICT 利活用の現状と課題
同上	通信・リモートセンシング衛星の現状と動向について
特許庁	平成 27 年度特許技術動向調査等報告(概要) 航空機・宇宙機器関連技術／衛星測位システム
(一社)日本宇宙工業会	平成 28 年度航空宇宙産業データベース
同上	平成 27 年度宇宙産業データベース
同上	平成 26 年度宇宙機器産業実態報告書
同上	日本の航空宇宙工業 50 年のあゆみ
同上	航空と宇宙
(一財)日本航空機開発協会	民間航空機関連データ集
(一財)ベンチャーキャピタルエンタ ープライズセンター	ベンチャー白書 2016 年
防衛省	Xバンド衛星通信中継機能等の整備・運営事業
文部科学省	宇宙輸送システムについて
宇宙技術開発(株)	<a href="http://www.sed.co.jp/tokusyu/rocket.html">http://www.sed.co.jp/tokusyu/rocket.html</a>

発行者	参考資料にかかる名称／URL
国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構	<a href="http://www.jaxa.jp/">http://www.jaxa.jp/</a>
慶応義塾大学宇宙法センター	<a href="http://space-law.keio.ac.jp/">http://space-law.keio.ac.jp/</a>
(株)国際協力銀行	<a href="http://space-law.keio.ac.jp/">http://space-law.keio.ac.jp/</a>
国立研究開発法人 情報通信研究機構	<a href="https://www.nict.go.jp/">https://www.nict.go.jp/</a>
(一財)日本宇宙フォーラム	<a href="http://www.jsforum.or.jp/">http://www.jsforum.or.jp/</a>
日本衛星ビジネス協会	<a href="http://www.sspi-tokyo.org/">http://www.sspi-tokyo.org/</a>
(株)日本貿易保険	<a href="http://nexi.go.jp/product/">http://nexi.go.jp/product/</a>
内閣府 宇宙政策委員会 宇宙産業振興小委員会	<a href="http://www8.cao.go.jp/space/comittee/kaisai.html">http://www8.cao.go.jp/space/comittee/kaisai.html</a>
総務省電波利用ホームページ	<a href="http://www.tele.soumu.go.jp/j/adm/inter/itu-r/">http://www.tele.soumu.go.jp/j/adm/inter/itu-r/</a>
財務省 法人企業統計調査	<a href="http://www.mof.go.jp/pri/reference/ssc/results/">http://www.mof.go.jp/pri/reference/ssc/results/</a>



©Development Bank of Japan Inc.2017

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、取引等を勧誘するものではありません。本資料は当行が信頼に足ると判断した情報に基づいて作成されていますが、当行はその正確性・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ましては、ご自身のご判断でなされますようお願い致します。本資料は著作物であり、著作権法に基づき保護されています。本資料の全文または一部を転載・複製する際は、著作権者の許諾が必要ですので、下記連絡先までお問い合わせ下さい。著作権法の定めに従い引用・転載・複製する際には、必ず、『出所：日本政策投資銀行』と明記して下さい。

**本稿に関するお問い合わせ先**

株式会社日本政策投資銀行

〒100-8178 東京都千代田区大手町 1-9-6

Tel. 03-3244-1660

企業金融第2部 航空宇宙室