

令和2年度政府衛星データのオープン&フリー化及びデータ利用環境整備・データ利用促進事業費

(衛星データの利活用及び国内外の超小型衛星部品に関するサプライチェーンの動向調査)

調査報告書

令和3年3月

一般社団法人 日本航空宇宙工業会

はじめに

近年、超小型・小型衛星やその部品・コンポーネントの低価格化が急速に進行しつつあり、圧倒的な価格競争力で世界中のシェアの独占が懸念されているところであるが、我が国宇宙機器市場は大半が官需であるため、市場規模が限定的で大きな拡大が見込めない状況であり、衛星製造にあたっては海外メーカーの部品・コンポーネントへの依存度が高い。また、令和2年6月に閣議決定された宇宙基本計画において、今後の主な取り組みとして「宇宙産業基盤の維持・強化に必要な重要技術の特定に向けた調査等に着手する」と明記しており、宇宙活動を支える基盤の強化が重要となっている。以上を踏まえると、今後の衛星コンステレーションビジネスの進展に伴って、ボトルネックになっている超小型・小型衛星（キューブサット含む）の部品・コンポーネントを把握し、国内での製造も含めた検討を迅速に行うことが必要である。

また、宇宙データの質・量が抜本的に向上している中、衛星データはビッグデータの一部として様々なデータと組み合わせることで、農業やインフラ、金融等の課題に対しソリューションを提供していくことが期待されている。産業利用のさらなる拡大には、こうした衛星データを活用してソリューションを提供する利活用人材を含む宇宙産業関連人材の育成・流動化促進に係る施策が求められている。

以上のような背景の下、国内外の超小型・小型衛星の部品・コンポーネントに関するサプライチェーンの動向を把握し、国内での製造も含めた戦略を検討すること、および衛星データの利活用人材を含む宇宙産業関連人材の育成や流動化促進に求められる施策について検討することを目的として、本調査では、「①宇宙システムのサプライチェーン調査」および「②宇宙産業関連人材の育成や流動化促進に係る調査」を実施する。

「①宇宙システムのサプライチェーン調査」では、宇宙システム（特に超小型・小型衛星）を製造する国内のシステムメーカーまたは大学から、部品・コンポーネントの供給メーカーへ、上流から下流へ向かってヒアリング調査を実施し、サプライチェーンを把握するとともに、各事業者が保有する重要技術を調査した。「②宇宙産業関連人材の育成や流動化促進に係る調査」では、①と併せて大型衛星メーカーや JAXA にもヒアリングを実施し、求められる人材像と人材受給バランスおよびそこから見えてくる課題について検討を行った。

目 次

1 宇宙システムのサプライチェーン調査.....	1
1.1 本調査における「超小型・小型衛星」の定義.....	1
1.2 超小型・小型衛星分野の現状.....	2
1.2.1 世界における超小型・小型衛星分野の市場動向.....	2
1.2.1.1 超小型・小型衛星の打上げ統計とミッション.....	2
1.2.1.2 将来需要予測.....	4
1.2.2 超小型・小型衛星の主要バス技術及びミッション機器技術の現状と開発状況... 5	5
1.2.2.1 概要.....	5
1.2.2.2 海外技術の最新動向.....	6
1.3 ヒアリングの実施.....	12
1.3.1 ヒアリング先.....	12
1.3.2 ヒアリング内容.....	15
1.3.3 結果.....	16
1.3.3.1 NewSpace分野の超小型・小型衛星の国内製造事業者および大学.....	16
1.3.3.2 超小型・小型衛星の国内部品・コンポーネントメーカー.....	18
1.4 課題および施策の方向性.....	20
1.4.1 キーとなる部品・コンポーネントの特定.....	20
1.4.2 サプライヤの抱える問題点と課題.....	21
1.4.3 求められる施策等.....	22
2 宇宙産業関連人材の育成や流動化促進に係る調査.....	23
2.1 宇宙産業分野における人材需給の現状と育成および流動化に係る取組みの概要.... 23	23
2.2 ヒアリングの実施.....	23
2.2.1 超小型・小型衛星産業事業者における人材ニーズの動向.....	24
2.2.1.1 ヒアリング先.....	24
2.2.1.2 ヒアリング内容.....	24
2.2.1.3 ヒアリング結果.....	24
2.2.2 大学における人材シーズの動向.....	28
2.2.2.1 ヒアリング先.....	28
2.2.2.2 ヒアリング内容.....	28
2.2.2.3 ヒアリング結果.....	28
2.2.3 大手衛星メーカー、JAXAにおける人材充足状況.....	29
2.2.3.1 ヒアリング先.....	29
2.2.3.2 ヒアリング内容.....	29
2.2.3.3 ヒアリング結果.....	30

2.3 課題および施策の方向性	31
-----------------------	----

1 宇宙システムのサプライチェーン調査

本章では、まず我が国及び世界における超小型・小型衛星等について、市場動向および主要バス技術及びミッション機器技術の現状と開発状況について、文献にて調査を行った。

また、国内の超小型・小型衛星を利用したビジネスを企画する事業者や大学、超小型・小型衛星向けの部品・コンポーネント¹メーカー等にヒアリングを行い、サプライチェーンを把握するとともに、各事業者が保有する重要技術を調査した。

さらにヒアリング結果を分析し、超小型・小型衛星分野において我が国が重点的に研究開発を実施すべき部品・コンポーネントとはどのようなものであるかを検討し、それらに関する課題についての整理を行った。

1.1 本調査における「超小型・小型衛星」の定義

近年、世界的に 50～200kg 程度の小型衛星を利用したコンステレーションビジネスを企画する例が多くなっている。さらに 2019 年より OneWeb 衛星 (約 150kg) および Starlink 衛星 (約 220kg) の本格的な展開が始まり、2020 年の打上機数では本クラスの衛星が大きなシェアを占めるに至っている。一方で Planet 社、Spire Global 社に代表されるように数 kg～数十 kg 程度のさらに小型な衛星によるコンステレーションビジネスも進展している。このような衛星は、近年の技術革新等により実行可能なミッションの範囲も拡大しつつあり、欧米および中国では商業ミッションにおいても利用され始めている。同サイズにおいては 10×10×10cm の立方体を 1U という基本単位として、その単体または複数から構成される超小型衛星はキューブサットと呼ばれ、近年では 6U、12U といった大型のキューブサットの開発が加速しつつあり、現在では 0.25U～16U サイズまでのものが軌道上に多数展開されている状態となっている。

我が国では表 1.1-1 に示すように、現在、商業化に向け開発されている小型衛星は 50～150kg 程度の範囲のもの (特に 100kg 級) が多くなっている。また、さらに小型であるキューブサットについては、これまでは商業ミッションというよりも大学等における教育目的であるものがほとんどであったものの、近年は技術実証および各種ミッションのために、国内においても多くの実用化が開始されている。

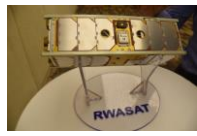


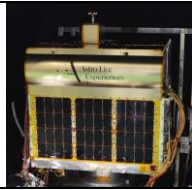
さらに近年では、国内外のこれらの小型衛星の需要増に応じて、小型衛星の打上げをワンストップサービスで提供する企業 (ブローカー) も登場している。小型衛星の開発、打上げ、運用や多数コンステレーションに対応する地上施設・ネットワークの提供、保険、輸出入手続きなど小型衛星打上げに必要な手続きも含めてサービス、コンサルテーションを提供している。

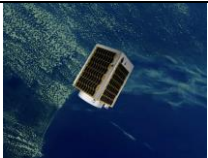
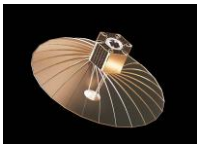

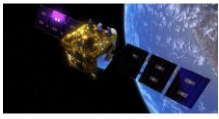
本調査では、超小型および小型衛星を明確に区分することはしないが、キューブサットを含む、概ね 300kg 程度以下の衛星を「超小型・小型衛星」と定義することとする。超小

¹ 部品は抵抗、コンデンサ、トランジスタ、IC など単独では機能を果たせないもの、コンポーネントは部品の組み合わせにより特定の機能を果たす製品とする。

型・小型衛星は、従来の大型衛星とは異なり低コスト・短期間で衛星の価値を顧客に届けられるよう、一定程度のリスクを許容しながら、また量産化も見据えつつ、可能な限り民生品や従来にない生産手法等を積極的に活用している、という特徴を有している。

表 1.1-1 我が国事業者が開発する超小型・小型衛星の代表例

事業者名	アークエッジ・スペース	アクセルスペース	アストロスケール	ALE (エール)
衛星名	RWASAT-1	GRUS	ELSA-d	ALE
重量 (kg)	約 3kg (3U)	約 100kg	約 175kg (捕獲機含)	約 75kg
主要ミッション	人材育成及び技術力向上	地球観測 (光学)	デブリ除去	人工流れ星/大気データの収集
外観				

事業者名	キャノン電子	QPS 研究所	Synspective	ワープスペース
衛星名	CE-SAT	QPS-SAR	StriX	—
重量 (kg)	35.5kg – 65kg	約 100kg	約 100kg	—
主要ミッション	地球観測 (光学)	地球観測 (SAR)	地球観測 (SAR)	低軌道衛星事業者への通信サービス
外観				

1.2 超小型・小型衛星分野の現状

1.2.1 世界における超小型・小型衛星分野の市場動向

1.2.1.1 超小型・小型衛星の打上げ統計とミッション

図 1.2-1に 2010 年以降の 1~300kg までの超小型・小型衛星の世界の打上げ実績を示す。2013 年から新たな参入者 (大学実験衛星だけでなくビジネス事業者) が加わり、打上げられる衛星数が大きく増加し、その後 2018 年までは 1-10kg までのキューブサットを含む超小型衛星数が圧倒的に多くなっている。2018 年以降は 1-10kg 級の打上げ衛星数が減り、代わりに 50kg 級以上の衛星数が増加してきており、打上げ全体数としては 2019 年、2020 年とも過去最多を更新している。特に 2019 年以降は OneWeb 衛星と Starlink 衛星の打上げが加わり、100kg 級と 200kg 以上の衛星数が大幅に増加している。

なお、本グラフ上には出てこないが、2021 年 1 月に Space X 社の Falcon 9 のライドシェアによる 143 機の衛星の打上げが成功し、Planet 社の SuperDove 衛星 48 機を含めた多

数のキューブサットが軌道上に展開されている。

また、図 1.2-2に 2019 年時点で活動を行っている世界の超小型・小型衛星事業者 84 社について、主なミッションと代表的な事業者について整理を行った。地球観測（光学）、地球観測(SAR)、電波情報、高速通信(インターネット)、低速通信(M2M / IoT / AIS / ADS-B)、超高速通信（光通信）、気象・宇宙天気、ガスエミッション、クラウドストレージ、軌道上サービス、デブリ除去、月・惑星探査、再突入・回収、人工流れ星、衝突回避情報等、多様なミッションが超小型・小型衛星により実行／計画されている。

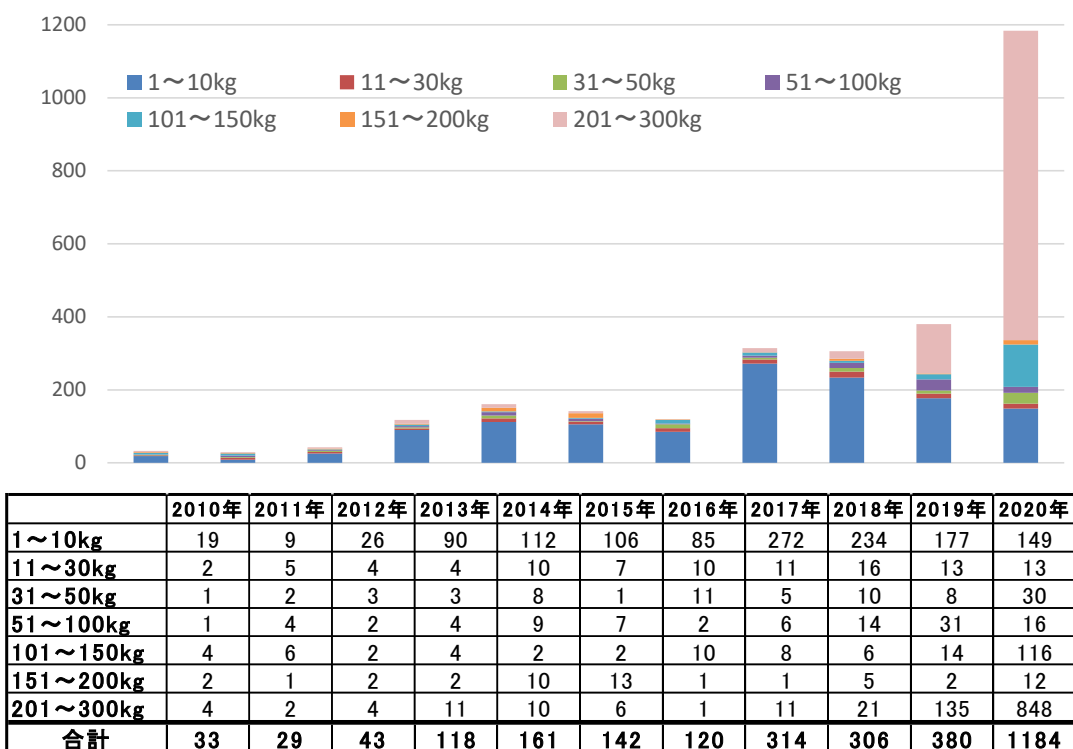


図 1.2-1 1~300kg 衛星の打上数推移（2010~2020年）（打上げ失敗を含まない）（CSP-Japan 作成）

小型衛星商用ミッション動向2019(84社)



図 1.2-2 超小型・小型衛星商用ミッション動向 (CSP-Japan 作成)

1.2.1.2 将来需要予測

超小型・小型衛星の将来市場についての予測を見る。Euroconsult 社の“Prospects for the Small Satellite Market” 第 6 版 (2020 Edition)²では 500kg までの衛星について今後 10 年間の予測を示している。2020 年代は、年間平均 1,011 機の小型衛星が打上げられ、そのうち半分が 2 つのメガコンステレーションを構成する小型衛星であると予測されている。2020 年から 2029 年の 10 年間で、通信衛星が 5,700 機近く打上げられ、地球観測衛星が 1,500 機超打上げられる見込みである。地球観測衛星の機数は過去 10 年間と比較して 3 倍程度になるが、通信衛星の伸びが顕著であるため、市場シェアは過去 10 年間の 32%から 15%に減少すると予測されている。ただし小型衛星市場は非常に不安定な市場であるため、不確実性が高く、一つのコンステレーションの失敗 (または市場参入) が、市場全体に大きく影響を及ぼす可能性があるコメントされている。

² <https://news.satnews.com/2020/07/23/4515/>

1.2.2 超小型・小型衛星の主要バス技術及びミッション機器技術の現状と開発状況

1.2.2.1 概要

図 1.2-2で示したように、世界の超小型・小型衛星の商業ミッションとしては、地球観測、通信（ブロードバンド、IoT）をはじめ、ADS-B、AIS のような飛行機・船のトラッキング、気象、ガスの監視等、非常に多岐にわたっており、様々なビジネスが立ち上がりつつある。そうした中、それらを取り巻く超小型・小型衛星向け部品・コンポーネントメーカーも、大手企業、古参企業、ベンチャー企業等、多くのプレーヤーが超小型・小型衛星サプライチェーンに参入すべく競争を繰り広げている。

超小型・小型衛星向けのコンポーネントについては、以下の傾向がある。

- 大学や宇宙機関からのスピノフも含むベンチャー企業による供給が増えている。また、米英仏独伊などの従来からの宇宙関連企業を持つ国だけでなくこれまで注目すべき宇宙産業が少なかった南アフリカやデンマーク等のベンチャー企業の存在が大きくなっている。
- 光学センサ、小型 SAR 等の高性能・小型なミッション部による小型衛星の能力向上が進むとともに、バス部については、各種コンポーネントがシリーズ化し、プラグアンドプレイなどの開発が急速に進行している。
- 小型・超小型衛星システム企業つまり衛星本体を製造する企業が、使用するコンポーネントを外部調達でなく、ほとんど内製し、高品質、短納期、低価格化を図り、競争力を高めている。
- さらに研究開発から、環境試験設備、打上げサービス、小型宇宙システムの運用までを一貫して行うことで、垂直統合型のサービスを展開し、あらゆる衛星事業者に最適なソリューションの提供を行うケースも増えている。

超小型・小型衛星向けの部品については、以下の傾向がある。

- 超小型・小型衛星向けの部品については、従来の極めて高い信頼性を確保できる宇宙用 EEE 部品 (Electrical, electronic and electromechanical components) ではなく、一般民生部品 (COTS: Commercial Off the Shelf) が使われる。使い方としては、基本的には各社での調達／試験基準に合格したものを利用するものが主体である。また、民生部品を自社の基準により宇宙環境に耐えるように改修し使用する企業もある。
- 大量の衛星を運用するシステムの場合には、故障を容認し、代替衛星を打上げることによって、トータルシステムとしての運用を確保した上でコスト低減を図っているシステムもある。

以下では、超小型・小型衛星を構成する主要な部品・コンポーネントに関して、海外における技術動向および主要なサプライヤを整理した。

1.2.2.2 海外技術の最新動向

(1) 衛星バス

小型衛星の衛星バスの製造を行っている欧米の代表的な企業としては Adcole Maryland Aerospace (米)、AAC Clyde Space (スウェーデン)、GomSpace (デンマーク)、Berlin Space Technologies (独)、SSTL (英)、Blue Canyon Technologies (BCT)³ (米)、Tyvac Nano-Satellite Systems (米)、University of Toronto Institute for Aerospace Studies Space Flight Laboratory (UTIAS SFL) (加) 等が挙げられる。超小型衛星では AAC Clyde Space (スウェーデン)、GomSpace (デンマーク)、BCT、Tyvac 等が挙げられる。

SSTL は Airbus 傘下の企業であるが、Airbus がこれまでに実現した小型衛星コンステレーション (DMC、FORMOSAT、RapidEye、ガリレオ GNSS 等) の大半を手掛けている。また、ほとんどのコンポーネントを内製化している。

BCT は主に軍事機関 (DARPA、ARMY、USAF、NRO など) や NASA に 90 以上の衛星提供契約を結び成長を続けているが、2020 年 6 月にはコロラド州に大規模な小型衛星工場を完成させ、キューブサットから 350kg までの小型衛星を年間 100 機以上製造が可能な体制を整えている⁴。また衛星の 90%以上のコンポーネントの内製化を図っている。

Tyvac 社は 6U、12U の TRESTLRES 小型衛星プラットフォーム等を製造している。

AAC Clyde は 1U から 27U の衛星バスを手がけており、輸出の割合が高くなっている。米国の Spire 社のパートナーで支援も行っている。

GomSpace は衛星バス以外にも構造体、通信機器、搭載コンピュータ、太陽電池パネル、電源系、姿勢制御系、推進系 (コールドガス) 等を手掛けているが、1U、2U、3U、6U のキューブサットプラットフォームを製造している。

国内では、エイ・イー・エス (AES) が自社開発の 50kg 級小型衛星標準バス「ACE-50」を利用し、顧客のニーズに合った衛星の開発を行っている。キヤノン電子は、反射望遠鏡や超高感度カメラ、地磁気センサ、太陽センサ、スタートラッカ、慣性基準装置、磁気トルカ、リアクションホイール、オンボードコンピュータなど、衛星バス搭載品の多くを内製化し、2021 年 1 月より 3 種類 (CE-SAT-I、II、III) の衛星受注を開始したところである⁵。また超小型衛星戦略研究センター (INSTEC) と次世代宇宙システム技術研究組合 (NESTRA) で構成される「超小型衛星センター」をトップに、各大学・企業、衛星利用コミュニティとで構成される「超小型衛星最先端プロジェクト」によって開発された「ほどよしバス」採用衛星は軌道上で多くの運用実績を重ねている。

³ 2020 年 11 月、Raytheon Technologies によって買収され、事業会社の一つの Raytheon Intelligence and Space に統合されることを発表

⁴

<https://www.bluecanyontech.com/news/blue-canyon-technologies-opens-smallsat-constellation-factory>

⁵ <https://www.canon-elec.co.jp/news/post-5235/>

(2) 電力系

衛星の電力系のコンポーネントには太陽電池パドル系と電源系のコンポーネントがある。

太陽電池パドル系には太陽光を電力に変換し、発生電力を制御するコンポーネントがあり、太陽電池パネル、シャント用ダイオード、太陽電池セル、アレイ電圧制御器等が含まれる。太陽電池パネルは太陽電池セルを直列並列に並べ電力を得るものであるが、代表的な供給企業としては AAC Clyde Space (スウェーデン)、Airbus Defense and Space Netherlands、EnduroSat (ブルガリア)、DHV Technology (西)、GomSpace (デンマーク)、Innovative Solutions In Space (ISIS) (オランダ)、Azur Space Solar Power (独)、SpectroLab (米)、Pumkin Space Systems (米) 等がある。なおキューブサットの標準化された太陽電池パネルは欧米でキット化されている。

電源系のコンポーネントは、太陽電池で発生した電力を適切にバッテリーに充電し、各機器に配分する役割を担うもので、衛星搭載バッテリー、電力制御器、電力分配器等が含まれる。衛星搭載バッテリーはエネルギー密度の観点から、リチウムイオンバッテリーが主流であるが、超小型・小型衛星では地球周回軌道へ投入される場合が多く、静止衛星と比較して日照・日影のサイクル数が多い。このため、充放電回数が多く、静止衛星のような低サイクル長寿命型ではなく、高サイクル中期寿命型に対応できるバッテリーが要求される。超小型・小型衛星用のバッテリーには、民生品をスクリーニングして使用方法と宇宙用セルを製造する企業製品を採用する例の 2 つがある。EnerSys (旧 ABSL) (米)、EaglePicher (米)、SAFT (仏) 等は航空宇宙用のバッテリー供給に長期の実績があり、代表的な製造企業となっているが、超小型・小型衛星プラットフォームを製造する GomSpace や AAC Clyde Space も超小型・小型衛星用に特別に設計されたバッテリーを生産している。

(3) 通信系

超小型・小型衛星における通信は、テレメトリ・コマンド系に UHF、S 帯、ミッションデータのダウンリンクに S、X 帯を使用しているのが通例である。テレメトリ・コマンド系は地上から指令を受け、衛星自身の状態を地上へ送るためのコンポーネントであり、アンテナ、電波切替え器、コマンド送受信機、テレメトリ送信機、トランスポンダ等が含まれる。

超小型衛星では、10cm 四方でコンパクトに収納可能な UHF/VHF、S、X 帯および光通信ペイロードが開発されている。S バンドは主にミッションデータの送信もしくは衛星状態監視に使用されており AAC Clyde Space (スウェーデン)、GomSpace (デンマーク)、EnduroSat (ブルガリア)、Innoflight (米)、ISIS (オランダ)、Syrlinks (仏)、L3 Harris (米) 等の企業が製品を販売している。X 帯は通信速度の向上や軽量化にむけた開発がすすめられている。Planet 社がキューブサット用として独自の通信機を搭載し、2020 年には 1.8Gbps を達成しているが、マイクロ衛星サイズでは JAXA、東大、慶應義塾大学が革新的衛星技術実証 1 号機の一部である小型実証衛星 1 号機 (RAPIS-1) において 3.3Gbps を

達成している⁶。なお国内では明星電気、アドニクスなどが超小型・小型衛星用の通信機を製造・販売している。

一方、光通信技術は次世代高速通信技術として衛星―地上間、衛星―衛星間、低軌道衛星―静止衛星間、地上局/地球周回―探査軌道間でのニーズが考えられ、今後は光通信機の小型開発競争が進むと見られている。近年ではキューブサット級の超小型衛星でも光通信の軌道上実証が成功しており、その技術が急速に成熟しつつある。

(4) 姿勢制御系

姿勢制御は人工衛星にとって電源確保や温度維持のための重要な要素であり、万が一誤動作があった場合には、ミッションのみならず衛星本体の機能喪失に直結する。衛星の姿勢制御系のコンポーネントには、衛星の姿勢を検出するセンサ、指示に従い衛星の姿勢を所望の方向へ回転させるアクチュエータ、制御装置としてのコンピュータ等が含まれる。

センサには太陽センサ、磁気センサ、地球センサ、スタートラッカ（恒星センサ）、ジャイロ、GPS 受信機等がある。アクチュエータには、磁気トルカ、リアクションホイール、CMG（コントロールモーメントジャイロ）等がある。

(a) ADCS 統合ユニット

超小型衛星という小スペースに機器を詰め込む関係から、ADCS（Attitude Determination and Control System）統合ユニットとして、複数の異なる姿勢制御およびナビゲーションコンポーネントを組み合わせて、衛星の姿勢制御要件を満たすシンプルな単一コンポーネントもある。超小型衛星では近年、キット化の動向がアメリカや欧州中心にみられている。

Adcole Maryland Aerospace（米）、Blue Canyon Technologies（BCT）（米）、New Space Systems（南ア）、Hyperion Technologies（オランダ）等が超小型・小型衛星用の ADCS ユニットの供給しているが、国内では ADCS 統合ユニットを供給するメーカーはない。

(b) 太陽センサ

太陽センサは衛星のボディフレーム内の太陽の方向を推定するために使用される。太陽センサにはいくつかの種類があり、それぞれ異なる原理で動作するが、代表的な供給企業としては Adcole Maryland、New Space Systems、Lens R&D（オランダ）、ZARM（独）等がある。

(c) スタートラッカ

スタートラッカは、恒星の情報から衛星の姿勢を検出するものであり、現時点で小型衛星の姿勢センサの中で最も高い精度を持つ。Adcole Maryland、Berlin Space Technologies（独）、BCT、Danish Technical University（ベルギー）、Sinclair Interplanetary（カナ

⁶ https://www.t.u-tokyo.ac.jp/shared/press/data/setnws_202008071031036724913159_740805.pdf

ダ)、SODERN (仏)、SSTL (英)、Hyperion、arcsec (ベルギー) 等が実績を重ねている。

(d) 磁気センサ

磁気センサは地磁気の方向を検知するセンサである。キューブサットの大半は、市販の (COTS) 磁力計を使用しており、ソフトウェアで性能を向上させている。New Space Systems、SSTL、SpaceQuest (米)、ZARM 等が製品の供給を行っているが、日本の明星電気も小型衛星用の 3 軸磁気センサを供給している。

(e) GPS 受信機

低軌道で運用される衛星では、GPS 受信機が軌道決定を行うための主要な方法となっている。オンボード GPS 受信機は、現在では小型衛星用の成熟した技術となっている。最近では、チップサイズの新世代の COTS GPS 受信ボードが販売されている。代表的な GPS 受信機供給企業としては、General Dynamics (米)、NovAtel (カナダ)、SkyFox Labs (チェコ)、SSTL (英) 等がある。

(f) 磁気トルカ

磁気トルカは、電磁誘導を利用してコイルに発生させた磁場と地磁気とを反応させることでモーメントを発生させるものである。その性質上、トルカによる制御は衛星の残留磁気や地磁場の乱れの影響を強く受けるため、正確な制御システムの性能評価を求められる。衛星の姿勢をリセットする場合や、異常時のセーフモードの際に衛星の姿勢を一定に保つ場合に使用される。欧州の ZARM や SSTL が多くの販売実績を有している。また、Nano Avionics (リトアニア)、New Space Systems、国内では明星電気が小型衛星対応の磁気トルカを製造・販売している。

(g) リアクションホイール

衛星の姿勢制御において、最も多用されているのがリアクションホイールである。これは回転コマの原理を利用して姿勢を制御するアクチュエータであり、通常の地球観測衛星には 3 軸に各 1 個ずつ配置されている。超小型・小型衛星向けのリアクションホイールは、大型衛星向けに提供する企業と比べて、欧米では参入企業が多い。AAC Clyde、BCT、Nano Avionics、Sinclair、Hyperion、Honeywell (米)、Rockwell Collins (米)、New Space Systems、国内では多摩川精機が多くの搭載実績を有している。

(h) オンボードコンピュータ (OBC)

衛星のオンボードコンピュータ (OBC) は、衛星の姿勢・軌道制御、衛星内部の健康状態の維持 (熱制御や電力制御)、観測データの演算等の重要な処理を行う、衛星の心臓部であるとも言える。様々な企業が超小型・小型衛星用の高度に統合されたモジュール式の OBC システムを製造しているが、これらのシステムはボード上の他のサブシステムと使用する

ための様々な標準インタフェースを備えている。SEAKR Engineering (米)、MOOG (米)、BAE Systems (米) などが小型衛星用の耐放射線性をもつ OBC を、ISIS、Pumpkin、Innoflight、AAC Clyde などがキューブサット用の COTS 製品を供給している。

(5) 熱構造系

(a) 構体

構体は衛星の骨格部分の構造体である。機器をまとめ、熱、振動、放射線環境から保護する役割を果たす。超小型衛星のバス構造体については、コスト低減という観点から、バス製造担当の企業が内製、もしくは宇宙以外の加工企業より調達している事例がみられる。またバス構造材は、アルミ合金フレーム構造、アルミ表皮・アルミハニカムのサンドイッチパネル、CFRP 表皮・アルミハニカムサンドイッチパネルの使用が通例である。モノコック構造では AAC Clyde Space (スウェーデン)、Pumkin Space Systems (米)、モジュラー・フレームでは NanoAvionics (リトアニア)、ISIS (オランダ)、GOMSPACE (デンマーク)、ENDUROSAT (ブルガリア) 等が代表的な企業となっている。

(b) 機構系

超小型衛星におけるメカニズムは、大型衛星と比較して搭載例は多くない。太陽電池は衛星構造体にマウントされる例が多いため、太陽指向する装置は殆ど搭載されない。また、アンテナについても X バンド通信機を搭載する衛星は一部でジンバル装置を搭載しているものの、S バンドや UHF バンドのアンテナは伸展機構が使用されている程度である。これらの背景から、小型衛星におけるメカニズムを製造する企業は大手企業の RUAG Space (スイス)、Moog (米)、QinetiQ Space (ベルギー) に加え、Tethers Unlimited (米)、CTD (Composite Technology Development, Inc) (米)、ROCCOR⁷ (米)、Honeybee Robotics (米) 等がある。

(c) 熱制御系

熱制御系はパッシブおよび／またはアクティブな熱管理技術を用いて、衛星の温度管理を行うコンポーネントである。近年、熱管理技術の小型化が進められ、小型衛星でも十分な熱制御技術を利用できるようになっている。パッシブな熱制御系は多層断熱材 (MLI)、熱コーティング、表面仕上げ、ヒートパイプなどにより熱制御を行うもので、電力を必要としないため、そのシンプルさから信頼性が高いことが示されている。Sheldahl (米)、Dunmore (米)、Aerospace Fabrication and Materials (米) などが LEO 環境における MLI やコーティング等で実績を有している。アクティブな熱制御系は電気抵抗ヒーター、熱電クーラーなどがあるが、超小型・小型衛星での使用は限定的である。

⁷ 2020 年 10 月、Redwire 社による買収が発表されている。

<https://redwirespace.com/2020/10/29/redwire-acquires-roccor-a-manufacturer-of-critical-systems-for-the-satellite-industry/>

(6) 推進系

超小型・小型衛星における推進系は、コールドガス、化学推進、固体推進、電気推進とある。主な利用目的は、LEO 軌道低下率の低減(軌道維持)、コンステレーション軌道維持、フォーメーションフライト(ランデブードッキングや干渉観測)、姿勢制御、デオービット、再突入精度、探査飛行である。一方で、推進系を搭載しない超小型・小型衛星も数多く存在する。超小型衛星では、寿命や軌道維持やコストの観点から推進系の搭載、非搭載が選択できる体制となっているのが通例である。近年ではコールドガススラスタの搭載が見られているが、さらに電気推進や固体推進及び低毒性スラスタの開発も進められており、将来的にはガス系以外にも固体や電気推進の搭載が見込まれる。

このような状況の中、目的に応じたスラスタは世界中で開発・販売中である。代表的な企業としては Aerojet Rocketdyne (米)、PacSci EMC (米)、Digital Solid State Propulsion (DSSP) (米)、Bradford Space (オランダ)、VACCO Industries (米)、Busek (米)、Enpulsion(オーストリア)、Morpheus Space (米)、Accion Systems (米)、ThrustMe (仏) 等がある。

(7) 観測系

観測系とは地球観測を行うために必要なミッション機器のことであり、光学系であれば、集光部、光学センサ、電子回路、光学スペクトロメータ、電波系であれば SAR アンテナ、SAR 電子機器等が含まれる。超小型・小型衛星における光学ペイロードで実績のある企業としては Dragonfly Aerospace (南ア)、Hyperion Technologies (オランダ)、SATLANTIS (スペイン)、Berlin Space Technologies (独) 等がある。

1.3 ヒアリングの実施

超小型・小型衛星を製造する国内のシステムメーカーまたは大学から、部品・コンポーネントの供給メーカーへ、上流から下流へ向かってヒアリングおよびアンケート調査を実施し、サプライチェーンを把握するとともに、各事業者が保有する重要技術を調査した。

1.3.1 ヒアリング先

経済産業省殿と相談の上、以下に挙げる企業／機関を超小型・小型衛星等のサプライチェーンに関するヒアリング先として選定した（合計 17 ヶ所）。ヒアリングについては、主に対面またはオンラインによるインタビュー形式で行ったが、一部、インタビューは実施せず、アンケート回答だけの企業もあった。

- ① NewSpace 分野の超小型・小型衛星の国内製造事業者：6 社
- ② 超小型・小型衛星を開発・製造している国内の大学：1 大学
- ③ 超小型・小型衛星の国内部品・コンポーネントメーカー：10 社

表 1.3-1 ヒアリング先一覧（衛星製造事業者、大学）(1/2)

	会社名	設立年/本社所在地	事業内容	主な衛星（開発中も含む）
1	株式会社アークエッジ・スペース（旧スペースエッジラボ）	2018 年 東京都千代田区	宇宙機（超小型衛星）、地上局、関連部品の設計・製作及び運用サービスの提供 上記に関連するソフトウェア開発、教育・コンサルティング業務等	TRICOM-1R、 Optimal-1、 RWASAT1、 NSPO6U 衛星
2	株式会社アクセルスペース	2008 年 東京都中央区	超小型衛星等を活用したソリューションの提案 超小型衛星及び関連コンポーネントの設計及び製造 超小型衛星の打上げアレンジメント及び運用支援・受託 超小型衛星が取得したデータに関する事業	HODOYOSHI-1、 WNISAT-1R、 GRUS-1、 RAPIS-1、 GRUS-1BCDE
3	株式会社アストロスケールホールディングス	2013 年 東京都墨田区	スペース・デブリの除去技術の開発およびサービスの提供	IDEA OSG 1、 ELSA-d
4	株式会社 ALE（エール）	2011 年 東京都港区	宇宙エンターテインメント事業「Sky Canvas」 大気データ取得・小型人工衛星技術の研究開発	ALE-1、 ALE-2、 ALE-3

表 1.3-2 ヒアリング先一覧（衛星製造事業者、大学）(2/2)

	会社名	設立年/本社所在地	事業内容	主な衛星（開発中も含む）
5	株式会社 Synspective	2018年 東京都江 東区	衛星データを利用したソリューションサービス 小型合成開口レーダ衛星の開発と運用	Strix- α
6	株式会社ワー プスペース	2016年 茨城県つ くば市	低軌道衛星向け通信インフラ事業 小型衛星用モジュール開発事業 衛星関連技術移転事業	WARP-01
7	九州工業大学 工学部宇宙シ ステム工学科	福岡県北 九州市	さまざまな分野における複雑な工学システムの創生、研究開発、製造、運用を担える高度技術者・研究者の養成を目指し、学生は機械または電気の専門科目を学ぶ。またシステムエンジニアリングやプロジェクトマネジメントについても学ぶ。	HORYU1~4、 AOBA-VELOX、 BIRDS など

表 1.3-3 ヒアリング先一覧（部品・コンポーネントメーカー）(1/2)

	会社名	設立年/本社所在地	事業内容	主な衛星用部品・コンポーネント（開発中も含む）
1	株式会社ア ストレック ス	2018年 東京都品 川区	宇宙用電源制御装置、バッテリーモジュールの開発、地上用電源装置の開発、電子回路設計、組み込みソフトウェア開発、筐体、構造体設計・製造、宇宙用蓄電デバイス・材料の研究開発・宇宙実証 など	PCU(Power Control Unit)、 PDU(Power Distribution Unit)、 バッテリー
2	株式会社ア ドニクス	1998年 東京都八 王子市	電子機器の開発・設計・試作 超小型衛星用テレメトリ受信復調装置及びコマンド信号発生装置関連の開発 UAV用通信機の開発	Sバンドテレメトリ送信機、Sバンドコマンド受信機、Xバンド高速送信機、UHF通信ボード、Kuバンド高速送信機、Xバンドトランスポンダ
3	株式会社エ ルム	1980年 鹿児島県 南さつま 市	産業用省力化設備・電子応用機器開発、光ディスク修復装置、ブルーレイディスク修復装置、LED照明器具、食肉工場向けトレーサビリティシステム、衛星自動追尾受信装置、平ネット自動包装機	衛星の地上局一式
4	相模通信工 業株式会社	1967年 神奈川県 茅ヶ崎市	各種設計、表面実装、DIP・はんだ付け、組立・ハーネス加工/検査、特殊作業・部品交換、宇宙機器設計・製造	Cubesat用基板モジュール

表 1.3-4 ヒアリング先一覧（部品・コンポーネントメーカー）(2/2)

	会社名	設立年/本社所在地	事業内容	主な衛星用部品・コンポーネント（開発中も含む）
5	次世代宇宙システム技術研究組合（NESTRA）	2010年 神奈川県横浜市	超小型衛星（重量50Kg以下級）の技術開発、超小型衛星を利用したビジネス展開	宇宙用バッテリー、HODOYOSHIのコンポーネント（受注した開発品は個々のメーカーが販売） 光通信関連機器
6	多摩川精機株式会社	1938年 長野県飯田市	サーボコンポーネント、モータドライバ・コントローラ・ロボット・慣性計測装置・自動制御機器・バイオ研究用試薬の製造販売および（ならびに）受託サービス	モータ、センサ、リアクションホイール、光ファイバージャイロ慣性基準装置（FOG IRU）
7	株式会社テクノソルバ	2004年 神奈川県藤沢市	構造解析業務（人工衛星・宇宙開発機器、航空機・鉄道搭載部品、通信装置、一般機械、CFRP部品）、設計・製造・試験（宇宙開発機器、複合材料）、解析ソフトウェア	衛星構体、アンテナ、コンポーネント筐体、構造解析、熱解析
8	原田精機株式会社	2007年 静岡県浜松市	航空機、人工衛星などの精密部品の設計・開発・製造	超小型人工衛星3U/6U、望遠鏡システム（撮像システム）
9	明星電気株式会社	1938年 群馬県伊勢崎市	通信、電子、電気計測、情報処理、理科学機器、精密機械器具、医療用機器、その他電気一般に関する装置、機械器具、部品の製造、販売など	高速Xband送信器、GPS受信機、磁気トルカ、磁気センサ、6U/3U用OBC、放射線モニタ、高圧電源モジュール、地球センサ、2WAY/Sバンド送受信機、スタートラッカ、衛星搭載用モニタカメラ、汚染モニタ
10	株式会社由紀精密	1961年 神奈川県茅ヶ崎市	航空宇宙、医療、電機・電子、半導体製造装置・各種試験装置関連部品の試作・量産、自動車関連部品の試作・テスト装置の開発、人工衛星筐体、人工衛星エンジンテストベンチ、特殊環境で用いられる装置の設計・製作等	金属加工部品、スラスタ

1.3.2 ヒアリング内容

前項で選定した企業／機関と面談、オンライン会議またはアンケートにより、以下に挙げる項目に関し、ヒアリング調査を行った。

<ヒアリングおよびアンケート項目>

① NewSpace 分野の超小型・小型衛星の国内製造事業者

- ・ ヒアリング先事業者の衛星の強み（キー技術、信頼性、価格など）と現在または将来的な競合企業
- ・ ヒアリング先事業者が開発生産する超小型・小型衛星におけるキーとなる部品・コンポーネントとそのサプライヤ
- ・ ヒアリング先事業者が開発生産する超小型・小型衛星の部品・コンポーネントのうちシングルソースとなっているもの
- ・ ヒアリング先事業者が開発生産する超小型・小型衛星の部品・コンポーネントのうち国産化が望ましいもの
- ・ サプライチェーン戦略やサプライヤに期待していること
- ・ サプライチェーン構築や維持に関する課題やリスク、COVID-19の影響
- ・ 次世代の衛星製造において新たに調達が必要となる部品・コンポーネント、開発を希望する部品・コンポーネント（アイデアレベルも可）
- ・ サプライチェーンに関して国に期待する支援策等

② 超小型・小型衛星を開発・製造している国内の大学

- ・ ヒアリング先大学の衛星の特徴や強み（キー技術、信頼性、価格など）
- ・ ヒアリング先大学の衛星におけるキーとなる部品・コンポーネントとそのサプライヤ
- ・ ヒアリング先大学の衛星の部品・コンポーネントのうちシングルソースとなっているもの
- ・ ヒアリング先大学の衛星の部品・コンポーネントのうち国産化が望ましいもの
- ・ サプライチェーン戦略やサプライヤに期待していること
- ・ サプライチェーン構築や維持に関する課題やリスク、COVID-19の影響
- ・ 次世代の衛星製造において新たに調達が必要となる部品・コンポーネント、開発を希望する部品・コンポーネント（アイデアレベルも可）
- ・ サプライチェーンに関して国に期待する支援策等

③ 超小型・小型衛星の国内部品・コンポーネントメーカー

- ・ ヒアリング先メーカーが製造・販売している超小型・小型衛星用の部品・コンポーネント
- ・ ヒアリング先メーカーの部品・コンポーネントの納入先／搭載衛星／強み／市場

動向／競合

- ・ ヒアリング先メーカーの部品・コンポーネントのサプライチェーン
- ・ ヒアリング先メーカーの部品・コンポーネントが衛星製造事業者にサプライヤとして選択される際、重視されていること／期待されていること
- ・ ヒアリング先メーカーが衛星製造事業者のサプライチェーン参入に向けた取組みや課題
- ・ ヒアリング先メーカーの部品・コンポーネント製造におけるサプライチェーン戦略
- ・ サプライチェーン構築や維持に関する課題やリスク、COVID-19の影響
- ・ 次世代の衛星製造において有望と考えられる部品・コンポーネント、技術（アイデアレベルも可）
- ・ サプライチェーンに関して国に期待する支援策等

1.3.3 結果

1.3.3.1 NewSpace 分野の超小型・小型衛星の国内製造事業者および大学

各質問項目に対する各社の回答を集約する。

まず【自社衛星の強み】については、多くの事業者が中大型衛星ではなく小型衛星により競争力のある価格でサービスを行うこと、さらに民生部品の活用等により低コスト化を図っていることであると回答した。またミッション自体の新規性が高く、ミッション部の独自技術が自社の強みであるとの回答も多かった。さらに設計、製造から運用までを一気通貫で実施でき、競争力のある価格でシステムズエンジニアリングを提供できることを強みとしている事業者も複数あった。

【キーとなる部品・コンポーネント】については、自社事業を行うためのミッション機器に関するコンポーネントを挙げる事業者が多かった。バス機器としては、リアクションホイールやスタートラッカなどの姿勢制御系コンポーネント（キューブサットの場合は姿勢制御ユニット）を挙げる事業者が半数以上あった。その他、太陽電池やバッテリーなどの電力系コンポーネント、通信機もキーとなるコンポーネントとして挙げられた。

上記の【キーとなる部品・コンポーネントのサプライヤ】については、ミッション機器に関するコンポーネントについては内製もしくは国産品からの調達が多かったが、一部国内では開発・製造ができず海外調達になっているものがあった。また姿勢制御系のコンポーネントについては一部内製化を図っている事業者もあったが、多くは仕様を満足するような国産品が存在せず、多くを海外調達に頼っている状況であった。さらにキーとなるコンポーネントとして電源系を挙げた事業者については、セルやバッテリーを国内から調達しているが、国内での供給が限定的であり、調整等に課題を抱えているとのことであった。

【超小型・小型衛星の部品・コンポーネントのうちシングルソースとなっているもの】については、多くの事業者が特にないと回答した。ただし一部、ミッション機器の部品や太陽電池セルがシングルソースとなっているとの回答もあった。また、多くの事業者が常にセカンドソースの候補は確保するように努めているとのことであったが、実際に調達先を変更するとなると、価格が上がったり、設計をやり直したりと手間がかかったりするので、容易ではないとの意見も多く見られた。

【超小型・小型衛星の部品・コンポーネントのうち国産化が望ましいもの】については、一部ミッション機器や長納期の部品・コンポーネントとの回答があった。また、リアクションホイール、推進系、太陽電池セルやリチウムイオンバッテリーなども国産が望ましいとされた。特にリチウムイオンバッテリーは、国連危険物輸送勧告により海外からの空輸に手間がかかるため、国産品への期待が高いが、現状は供給が不足している状態であり、価格競争力があって高品質な物を国内数社から調達したいとのことであった。また姿勢制御系は、キューブサットを含めても海外製品は高価であるため、低価格の国産姿勢制御系ユニットを求める声が強かった。なお部品・コンポーネントは品質、納期、価格の面が要求を満たせば、特に国産である必要はないとの意見もあったが、米国製や ITAR 規制にかかる可能性のある製品への警戒感は強く、それらを回避するためにもセンサなどの先端技術を採用しているものは国産での調達を希望する声もあった。さらに、サプライチェーン戦略として考えると、自社の近隣地域からの調達を一定程度確保すべきとのコメントもあった。

【サプライチェーン戦略やサプライヤに期待していること】としては、安定した品質、短納期、低価格を期待することはもちろんであるが、事業者により、宇宙実績を重要視しているところと宇宙品質は追求せず短納期で低コストなものを求めているところと両者が存在した。また、キーコンポーネントについてはコストや品質のみを満足すればいいのではなく、内製または国産化を目指しているという事業者もいた。さらに、サプライヤの経営層のコミットメントレベルが高いことや、サプライヤにはビジネスパートナーとして設計変更等に柔軟に対応してくれるかなどの点を期待しているとの意見もあった。サプライヤを共に日本の宇宙産業を創っていくパートナーとして重視しているとの声も多かった。

【サプライチェーン構築や維持に関する課題やリスク】については、まずは少量の発注となるため対応してもらえるかどうかの課題となっているとのことであった。コンステレーション構築するとしても、他の産業の大量生産とは数の規模が違うため、サプライヤが儲ける仕組みにならないことに対する懸念の声もあった。特にキューブサットではどれだけ数が出たとしても、大型衛星に比べて全体の調達量が僅少であるため、太陽電池パネルの接着剤など少量単位での取り扱いがなく問題となっているとの指摘もあった。その他、

100～200 kg級の衛星はニッチ市場であり、適合した機器は市場に少ないため、電源電圧や電気インタフェース等が多種にわたっているため、統一してシンプルにしたいとの回答があった。またサプライチェーンの品質担保を問題点として指摘する意見もあった。さらに、海外では買収も多く企業が突然変わるリスクもあり、最適なバランスで調達できるように国内のサプライチェーンの選択肢が増えることに対する期待もあった。

【COVID-19 の影響】については、海外品や一部国産品で若干の納期遅れが見られたものの、部品・コンポーネントの調達時期とずれていたりして、サプライチェーンの関係で受けた影響は軽微に留まっていたようであった。ただし、人が集まって行う実験などは制約を受けたり、打上げスケジュールが遅延したりとの影響は受けていたようである。なお、社内の働き方や海外企業とのコミュニケーションでは、円滑にリモートに対応できており、大きな問題は生じていないようであった。

【次世代の衛星製造において新たに調達が必要となる部品・コンポーネント、開発を希望する部品・コンポーネント】については、具体的にはより燃料が少なく軌道間移動できるための電気推進機、より軽量バスを実現するための CFRP、より高精度な姿勢制御を行える（キューブサット搭載用）小型コンポーネント（スタートラッカ、小型スラストなど）等が挙げられた。また現状、海外製品に頼っているイメージセンサやバス用コンポーネントの国産化に期待する意見もあった。量産機となると短納期であることが重要となるため、今後は短納期の部品・コンポーネントがより求められていくとの回答もあった。さらに、衛星製造事業者がミッション系に注力できるような低価格で高信頼性の国産汎用バスの開発を求める意見もあった。

最後に、【サプライチェーンに関して国に期待する支援策等】については、宇宙環境試験設備が安価に使用できる仕組みや関連データベースの構築を求める声が多かった。また小規模なベンチャー企業が部品等を調達する際のまとめ調達や共同購買の仕組み作りを求める声も複数から出てきた。特に競争エリアではないバス部品のような汎用性の高いものについての共同購買や、バスシステム製造請負会社の設立支援等を期待しているとの意見もあった。その他、国内サプライヤとベンチャー企業のアンマッチを解消する仕組み、量産に向けてのサプライヤ体制の変更、ベンチャー企業が大手企業との与信判断に要する時間を短縮する対策、等の回答があった。

1.3.3.2 超小型・小型衛星の国内部品・コンポーネントメーカー

各質問項目に対する各社（10社）の回答を集約する。

各社が製造・販売している超小型・小型衛星用の部品・コンポーネントについては表 3.1-2

に示した通りである。これらの強みについては、部品・コンポーネントの種類にもより異なるが、実績と信頼性を挙げるところが多く見られた。その他、民生品の宇宙搭載化により低価格を達成していること、インタフェースが簡略化されていること、部品調達に関して独自のルートを確認していること等が挙げられた。これらの部品・コンポーネントの市場動向については、国内でも小型衛星のコンステレーション展開が進んでおり、市場規模は拡大する見込みであるとの期待がある一方、海外についてはすでに市場が確立されており、競合が多いため海外展開は厳しいとの回答が多くあった。(ただし一部のコンポーネントについては、海外から引き合いも増えているとの回答もあり)

【衛星製造事業者にサプライヤとして選択される際、重視されていること、期待されていること】は何かという質問に対しては、実績（品質）、コスト、納期との回答が大半であった。特に過去の実績や品質が重視されているようであったが、サプライチェーンや調達に対する独自のルートを持っていることや、顧客のニーズに応じてカスタマイズ対応していること等の回答もあった。

【衛星製造事業者のサプライチェーン参入へ向けた取組みや課題】については、まずは市場が小さすぎるとの点が指摘された。いつ発注があるか分からないため長納期部品等はストック化しており在庫高が増えていること、数量が出ないこと等が課題としても挙げられた。特に国内の New Space といわれる事業については安定的な将来市場とは見ておらず、サプライチェーン参入についての積極的な取組は行なわないとの回答が複数あった。大学衛星に対しても利益を追求できずにビジネスとしての成立性が低いため、積極的に売り込むメリットはあまりないようであった。ただし大手企業や海外市場への展開には意欲的な企業は複数あり、COTS（国内外の最先端な民生部品）を活用することでの低コストや小型化に努めているとのことであった。また、品質確保のためにも環境試験や軌道上での実績が必要であるとのことで、国等への支援を求める声もあった。その他、人材不足（後継者の育成）の問題を抱えているため、現在の開發生産規模を拡大する余裕はないとの意見もあった。

自社の部品・コンポーネント製造におけるサプライチェーンの現状については、一部、電子部品や接着剤等は海外からの調達もあるものの、国内のサプライチェーンから調達しているものが増えている。今後の【サプライチェーン戦略】については、内製化を進めたいというところと、特に進めようとは思わないとの両方の意見があったが、現在海外品に頼っているものの国産化が重要であるという回答も多くあった。また現在、海外部品を使用している企業からは米国製の部品は避けることが前提であるとの回答もあった。その他、サプライチェーンの中での取引先には柔軟性ややる気を重視しているとの意見や、新規のパートナー開拓よりは現状のサプライチェーンを維持、継続することを重要と考えているという意見もあった。

【サプライチェーン構築や維持に関する課題やリスク】については、市場が小さいためサプライヤの数が少ない、サプライチェーンの存続のために人材の維持・確保が課題となっているとの回答があった。また、世界的に小型衛星利用が加速的に増加しているため、輸入部品の場合は入手が難しい状況に陥ることもあること、シングルソースとなっている部品については安定供給の面でもリスクを抱えていることも指摘された。その他、供給サイドに立った場合の最大の課題は、どの程度コンポーネントの安定した需要があるかの見通しが立てられないことであるとの意見もあった。必要に応じて部品、材料をストック化して対応するが、現在の会計法では、1年間使用がない部品等は評価減が求められている点もあり、過大在庫を持たないこともリスクとなっているということであった。

【COVID-19の影響】については、部品の工場生産の縮小や輸入の物流の関係で長納期化している、国内外の物流が追跡不能な状況のため進捗管理の問い合わせに対応不可となっている、との問題点が挙げられた。また、それ以上に実験、開発、製造などの場面では対面での議論や情報収集が重要となるが、それらが円滑に行えないことが問題となっているとの回答が多くあった。

【サプライチェーンに関して国に期待する支援策】については、まずは宇宙業界の規模が小さすぎるため、サプライチェーンの数が少なすぎることを課題として挙げられた。その上で連携できる企業群としてのサプライチェーンの拡充を行うためには、人材育成や地域ごとに人が集まって研究開発できるような場の創出も重要であり、そのための支援を求める声が複数あった。その他、軌道上実証機会の増加、アンカーテナンシー、継続して複数年度に渡り受注が期待できるような計画の推進等につながる施策を求める声もあった。

1.4 課題および施策の方向性

1.3項までの検討結果を受けて、本項では NewSpace 分野の超小型・小型衛星の国内製造事業者にとってのクリティカルな部品・コンポーネントを抽出し、サプライヤが抱えている問題点と国内におけるサプライチェーン構築にあたっての課題および求められる施策等を整理する。

1.4.1 キーとなる部品・コンポーネントの特定

NewSpace 分野の超小型・小型衛星の国内製造事業者へのヒアリングでは、以下の部品・コンポーネントが自社の衛星を開発製造するに当たってのクリティカルな部品・コンポーネントであることが分かった。さらに、これらの部品・コンポーネントについては、いずれも国産化が望ましいとの意見が多くみられた。

<NewSpace 分野の超小型・小型衛星にとってキーとなる部品・コンポーネント>

- ・ ミッション機器に関する部品・コンポーネント
- ・ 姿勢制御系の部品・コンポーネント
- ・ 太陽電池セル、(リチウムイオン) バッテリー等

自社衛星によるビジネスを行う NewSpace 分野の超小型・小型衛星の製造事業者にとっては、衛星により得られるデータの品質やサービスの優位性に直接影響を与えるミッション機器こそがビジネスの成否を分ける最も重要な部分となっている。また、ミッション機器はサービス・事業ごとに異なるため、コモディティ化による価格競争の影響を受けにくい部品・コンポーネントともなっている。

一方、バス部分としてはリアクションホイールやスタートラッカなどの姿勢制御系コンポーネント(キューブサットの場合は姿勢制御ユニット)がキーとなるコンポーネントとして挙げられた。一部、内製化を図ったり、国内より調達したりしている例もあったが、多くは海外調達に頼っているため、低価格の国産の姿勢制御系部品・コンポーネントに期待する声が多かった。

バス用部品・コンポーネントとして太陽電池セルやバッテリー等もキーとなっているとのことであった。長納期部品・コンポーネントを輸入に依存したくないという意見もあったが、特にリチウムイオンバッテリーは国連危険物輸送勧告により海外からの空輸に手間がかかるため、国産への期待が高くなっているコンポーネントである。長納期部品や輸入手続き等が煩雑な部品・コンポーネントを国産化することにより、コスト面以外での付加価値がつけられれば、十分な競争力を確保することが可能となる。

1.4.2 サプライヤの抱える問題点と課題

このような状況の下、部品・コンポーネントを供給する国内メーカーとしては、以下に示すような問題点を抱えている。

<国内サプライヤの抱える問題点>

- ・ 市場が小さすぎる、かつ NewSpace といわれる事業については将来的な安定性が不明であるため、リスクを抱えてまで参入するメリットがない。
- ・ そもそものサプライチェーンの数が少なすぎる。存続のためにも人材維持・確保が課題となっている。
- ・ バス系の部品・コンポーネントについては、海外においてはすでに市場が確立しており、欧米サプライヤと比した競争力を持つことが難しい。
- ・ 部品・コンポーネントを採用してもらうためには実績と信頼性が重要となるが、軌道上の実証機会が十分でない。

ミッション機器に関する部品・コンポーネントについては、国内で研究開発を推進し、

高性能のものを供給できる体制にすることが期待されているが、部品・コンポーネントメーカーからすると、特定事業者のためだけの小さな市場で終わる可能性もあるという難しさを抱えている。そもそも宇宙産業・市場が小さすぎるため、人材不足の点も相まって、実際には現状のサプライチェーンや製造規模を維持するだけでも限界に達している状態のところが多くなっている。また姿勢制御系の部品・コンポーネントについては、衛星製造事業者からは国産低価格のものを求められているところであるが、すでに欧米では同規模の衛星が多数生産されている中で、海外低価格品と比した競争力のあるものを供給するのは容易ではない。さらに、新規に部品・コンポーネントを開発しようとしている企業にとっては、宇宙実績と信頼性を求められることが大きな課題となっている。

1.4.3 求められる施策等

NewSpace 分野の超小型・小型衛星の国内製造事業者へのヒアリングでは、以下のような施策が求められていることが分かった。

<NewSpace 分野の超小型・小型衛星の国内製造事業者が求める施策>

- ・ バス部品・コンポーネントのような汎用性の高いものまとめ調達や共同購買の仕組みづくり、バスシステム製造請負会社の設立支援
- ・ 宇宙環境試験設備が安価に利用できる仕組みや関連データベースの構築

<超小型・小型衛星の部品・コンポーネントメーカーが求める施策>

- ・ 連携できる企業群としてのサプライチェーンの拡充
- ・ 継続して複数年度にわたり受注が期待できるような計画の推進等につながる施策
- ・ 軌道上実証機会の増加

2 宇宙産業関連人材の育成や流動化促進に係る調査

本章では、1章のサプライチェーン調査でヒアリングを行った超小型・小型衛星製造事業者、大学、部品・コンポーネントメーカーに加えて、大型衛星メーカーや JAXA にもヒアリングを実施し、求められる人材像と人材受給バランスを調査するとともに、課題として挙げられた項目について整理を行った。

2.1 宇宙産業分野における人材需給の現状と育成および流動化に係る取組みの概要

急速に拡大している世界の宇宙産業において、我が国では宇宙分野の専門人材が不足していることが問題となっている。特に、近年は国内外で宇宙ベンチャー企業の参入が活発化している一方で、宇宙人材の流動性は低く、需要と供給のバランスがとれていないという問題点が指摘されている。

こうした課題解決のために、様々な機関で宇宙産業内の人材流動性の向上及び他産業からの宇宙産業への人材流入の促進を図るための取組みが進められている。

例えば、経済産業省では、2019年12月より宇宙関連の技術開発やビジネスを手掛けるベンチャー企業と高い専門スキルを持つ人材のマッチングを支援する Web サービス「S-Expert」を開設している。関連企業の求人情報と、JAXA や大手企業で経験を積んだ人材の職務経歴などをそれぞれ掲載し、連絡手段を提供するプラットフォームとなっており、マッチングを促進する活動が進められている。また、JAXA では2015年3月より、クロスアポイントメント制度による職員受入制度を整備し、2018年度からは、JAXA から外部に送り出す動きも始まっている。クロスアポイントメント制度は、国内外の研究者等の受入れを促進するため、所属機関に縛られることなく研究者等が活躍できることを目指した制度であり、研究者が出向元と出向先の双方で雇用されつつ、それぞれの機関の役割に応じて研究開発業務に従事するための手段の一つとなっている。

さらに民間でも、大企業で働く人材が元の企業に在籍したまま一年程度ベンチャー企業のプロジェクトに参加できるという企業間の「レンタル移籍」と呼ばれる人材育成の仕組みが生まれてきている。株式会社ローンディール⁸がそれらを促進するプラットフォームを運営しているところであるが、同社の H.P.を見ると、2021年2月現在、受入登録をしている宇宙分野のベンチャー企業は7社に及んでいる。

2.2 ヒアリングの実施

宇宙産業分野において人材が不足しているという現状認識はあるが、具体的な人材ニーズおよび課題を把握するために、1章のサプライチェーンの調査と合わせて超小型・小型衛星産業事業者に求める人材像についてのヒアリングを実施した。

さらに、大学、大手衛星メーカーおよび JAXA にヒアリングを行い、宇宙産業分野の就職・転職の状況、人材充足状況、人材交流等について調査を実施した。

2.2.1 超小型・小型衛星産業事業者における人材ニーズの動向

2.2.1.1 ヒアリング先

超小型・小型衛星産業事業者における人材ニーズの状況を把握するために、ヒアリング調査を実施した。1章のヒアリングと同時に行ったため、ヒアリング先としては、1.3.1項で示した NewSpace 分野の超小型・小型衛星の国内製造事業者 6 社と超小型・小型衛星の部品・コンポーネントメーカー 10 社となっている。

2.2.1.2 ヒアリング内容

NewSpace 分野の超小型・小型衛星の国内製造事業者と超小型・小型衛星の部品・コンポーネントメーカーに対し、面談、オンライン会議またはアンケートにより、以下に挙げる項目に関し、ヒアリング調査を行った。

<ヒアリング項目>

- ・ 現在の従業員の構成（専門分野、職種、年齢、国籍等の特徴）
- ・ 現在の人材の充足状況について。不足している場合は求める人材像（職種、専門分野、熟練度等）
- ・ 最近（直近 3 年）の求人方法と採用実績
- ・ 人材確保に当たっての障壁や課題等
- ・ 大学、その他研究機関、大手宇宙企業、他産業等からの人材登用について、可能性と期待すること

2.2.1.3 ヒアリング結果

(1) NewSpace 分野の超小型・小型衛星の国内製造事業者

1.3.1項で示した NewSpace 分野の超小型・小型衛星の国内製造事業者 6 社のヒアリング結果を集約する。

現在の従業員数とその構成については、以下のようにまとめられる。

- ・ 従業員が 10 人未満の事業者から 100 名程度の事業者まで、規模にばらつきがある。
- ・ 従業員の半数以上はエンジニアである事業者が多い。（その他の従業員は、営業、ビジネス開発、事務系等の仕事に従事）エンジニアの専門分野は電気、機械、ソフトウェアなど衛星設計全般にわたっている。
- ・ 従業員 50 名以上の事業者では、2-3 割が外国籍である。一方、50 人以下の小規模な事業者では、ほとんどの従業員が日本人となっている。
- ・ 従業員の年齢層は幅広いが、ほとんどの事業者で 30 代半ば～40 歳前後までの従業員が最多となっている。一方で、60～70 代の宇宙企業 OB も従事している事業者も複数ある。

⁸ <https://loanddeal.jp/>

現在の人材の充足状況と求める人材像については、以下のようにまとめられる。

- ・ すべての事業者において、現在、人材が不足している状況にある。
- ・ 衛星のプロジェクトマネジメントができる人材のニーズが高い。
- ・ 熟練エンジニアのニーズが高い。電気、機械、ソフトウェア、軌道姿勢制御等の個別分野に加え、システムレベルでの構造系、熱制御等ができる人材が求められている。
- ・ 事業開発系の人材のニーズも高い。
- ・ JAXA／国家プロジェクト対応や国内サプライチェーンの中で調達を行うにあたって、日本語が必要となることが多く、外国籍の比率が高い事業者で、日本人の採用希望が高くなっているところがある。
- ・ ほとんどの事業者で即戦力となる人材が求められている。ただし、大学の衛星プロジェクトの経験者は新卒でも採用している事業者もある。
- ・ プロジェクトの立ち上げ経験があったり、関連技術に特化したエンジニアや課題にあった専門家であったりすれば、宇宙のバックグラウンドは必要ないという回答が多くあった。
- ・ 採用に当たっては、ベンチャー企業のカルチャーにフィットするかということ、マインドセットができるかということも重視される。

最近の求人方法と採用実績については、以下のような実態となっている。

- ・ 従業員 50 名以上の事業者では、自社の Web サイトでの募集、転職エージェントの利用、リファラル採用⁹の 3 種類の求人方法を活用している。
- ・ 自社の Web サイトに外国人から毎日のように応募はあっても、求めるレベルには達成していないケースが多く、一次フィルターにもかからないとの回答があった。

人材確保の障壁や課題等については、以下のような意見がみられた。

- ・ 新卒を育成するような余裕がなく、これがベンチャー企業特有の課題となっている。
- ・ 特に小規模の事業者では、長期にわたって雇用を保証できるわけではなく、家族の反対などにあうケースもあり、難しい問題となっている。
- ・ 外国籍の比率が高い事業者では、語学の問題が大きな障壁となっている。英語を使った多国籍チームに負担なく参画できる語学能力と技術力の両立が課題となっている。
- ・ ニッチな分野の専門家のニーズがあっても、そのような人材が採用プラットフォームに登録している可能性は低く、必要な人材の登用機会がない。

⁹ 社員が知人・友人を紹介する採用手法。大企業のように採用活動に多くのコストをかけられない中小企業、ベンチャー企業などで多く導入されている。

大学、その他研究機関、大手宇宙企業、他産業等からの人材登用について、可能性と期待することについては、以下のようにまとめられる。

- ・ すべての事業者が、他産業も含めて他の研究機関、企業等からの人材登用については、大きな期待を寄せている。すでに他業種からの人材には門戸を開いており、積極的に採用している事業者も多くあった。
- ・ 他産業からの人材に具体的に求めているところとしては、自動車系、医療機器など安全の設計に携わってきた人材、他産業で実務経験がありすぐに手を動かせる人材、などが挙げられた。
- ・ 一方で、宇宙の知見が必要とされる場合も多く、宇宙の経験豊富な人材に対するニーズも高くなっている。ただし、必ずしもフルタイムの雇用が可能であるわけではなく、必要な場面でアドバイザー的な役割を求めているとの回答もあった。また、これらに関して以下のような人材流動化の仕組みを求める声があった。
 - ✓ 1～3年程度のローンディール¹⁰のような仕組み
 - ✓ 具体的には、ベンチャー側から人材交流したいポジションを公募し、人材育成に活かしたいその他研究機関、宇宙企業、他産業等が応募するような人材流動支援プラットフォームを作り、そこに必要な予算補助
 - ✓ 社会や文化的に完全な移籍は難易度が高いので、例えば出向、副業などを通じての宇宙企業などとの人材交流が、より早いサイクルで多角的に行われていくような仕組み

(2) 超小型・小型衛星の部品・コンポーネントメーカー

1.3.1項で示した超小型・小型衛星の部品・コンポーネントメーカー10社のヒアリング結果を集約する。

現在の宇宙機器分野に携わる従業員数とその構成については、以下のようにまとめられる。

- ・ 従業員数の規模にばらつきがあるが、数名～10名前後のところが大半である。従業員の国籍は、ほとんどの企業が日本人のみであった。
- ・ 宇宙専業でない企業が多く、宇宙部門の従事者は他の部門との掛け持ちとなっている場合が多く見られた。

現在の人材の充足状況と求める人材像については、以下のようにまとめられる。

- ・ すべての企業において、現在、人材が不足していると考えている。
- ・ システム全体をまとめるプロジェクトマネジメントができる人材のニーズもあるが、機械系、電気系、システム系のエンジニアが不足しているとの回答が多い。必ずし

も宇宙分野での経験が必要とされているわけではないが、全体的に機械系のエンジニアの人材が不足しているとのことであった。

- ・ 特殊な専門分野の人材を求めている企業もあるが、そのような人材を探すことができないとの意見も複数あった。
- ・ ほとんどの企業において、新卒より経験者のニーズが高くなっている。
- ・ 人材は不足しているが、受注や売上げが安定せず、継続的に雇用を維持できるかの不安もあるため、非常勤や顧問の形で入ってもらうことを望んでいる企業も複数ある。

最近の求人方法と採用実績については、以下のような実態となっている。

- ・ 現在求人は行っていないというところ、リクナビのようなエージェントを利用するところ、自社の Web サイトで募集を行っているところ、縁故や人づてで採用しているところ、それぞれ数社ずつあった。
- ・ 所在地が地方のため、専門的に勉強した人材がいない上に人が集まらないという声が複数あった。
- ・ 宇宙事業を行っているということに興味や魅力を感じて、それなりの応募数がある場合もあるが、実際の採用には必ずしも結びついていない。
- ・ 大学や専門学校にも声掛けをしており、新卒採用を行っている企業もある。大学卒以上に高専や工業高校卒の人材を求めているところもある。

人材確保の障壁や課題等については、以下のような意見がみられた。

- ・ 特殊な分野の専門家が必要な場合が多く、そのような人材を見つけることができない。(いるのかどうかすら分からないケースもある)
- ・ 宇宙産業の規模が小さく、経験者が少ない中で、優秀な人材を確保するのは難しい。
- ・ 新卒は大手が採用してしまう。中小企業というのが人材確保を行う上で一つの障壁になっている。
- ・ 所在地が地方のため、人が集まらない。
- ・ 団塊世代の高齢化が進み、その後のバブル世代では製造に携わる人の数が極端に減っており、製造業では現在 60 歳少し超えたぐらいの層が薄くなっているという問題が生じている。大企業も同年代の人材を繋ぎ止めたりしているのが実態であり、中小企業の同年代の人材確保がより難しくなっている。
- ・ 専用人材を補充する余裕が（コスト的に）ない。

大学、その他研究機関、大手宇宙企業、他産業等からの人材登用について、可能性と期待することについては、以下のようにまとめられる。

- ・ 宇宙産業界、他産業界を含めて企業間、研究機関、大学等の人材交流の推進を期待

¹⁰ あらかじめ期限を設けて一定期間のみ（一時的に）移籍すること

する声が多くあった。

- ・ 宇宙分野の専門的な知見が必要であるのは基本路線だが、狭い世界であるため人材が少なく、偏りが発生しているため、他産業から多くの人材を流入させる必要性が多く指摘された。
- ・ そのための方策としては、宇宙産業界が魅力ある業界であることをアピールしていくこと、ASNARO の開発時に組織された中小企業や新規参入企業も加わるようなコンソーシアムが有効であること、等が示された。
- ・ 従業員を雇用することのリスクが大きいため、JAXA や大手宇宙企業の OB 等にアドバイザーや顧問の形で加わってもらうことを求める企業も複数あった。具体的に、雇用負担回避のため有識者・経験者をプールするマネジメント法人の設立を期待するとの意見もあった。

2.2.2 大学における人材シーズの動向

2.2.2.1 ヒアリング先

超小型・小型衛星産業事業者における人材需給の状況を把握するために、シーズ側である大学を対象にヒアリング調査を実施した。

<人材シーズに関するヒアリング先>

- ① 超小型・小型衛星を開発・製造している国内の大学：九州工業大学

2.2.2.2 ヒアリング内容

前項で選定した大学と面談（オンライン）し、以下に挙げる項目に関し、ヒアリング調査を行った。

<ヒアリングおよびアンケート項目>

- ① 超小型・小型衛星を開発・製造している国内の大学
 - ・ 宇宙関連分野を専攻した学生の最近の求人や就職の傾向
 - ・ 宇宙関連分野と関係がなかった学生の宇宙関連企業への就職の有無
 - ・ ベンチャー企業への就職状況。学生側からの希望と企業側からの求人のバランス
 - ・ 学生がベンチャー企業へ就職するにあたっての障壁や課題等
 - ・ 大学側が就職に際して行っている支援
 - ・ 大学の教授、講師、学生の企業向け一時派遣等の実績、そのことについての意見

2.2.2.3 ヒアリング結果

ヒアリングの結果として、人材シーズ側である大学について、宇宙企業、特に宇宙ベンチャーからの求人や大学からの就職状況について、以下のことが分かった。

- ・ 宇宙関連分野に就職を希望する学生は大企業を志向することが多い。中小企業やベンチャーを希望する学生は少ない。希望しても周囲の理解を得られない場合がある。
- ・ 宇宙ベンチャーでは即戦力の人材を求められており、それなりの経験が必要とされるので修士レベル以下の学生とはマッチしない。またベンチャーからの求人は姿勢系、構造系など、職種を非常に限定している例が多く、学生とのマッチングが難しくなっている。
- ・ 学生の宇宙ベンチャーのインターン希望は多い。

2.2.3 大手衛星メーカー、JAXA における人材充足状況

2.2.3.1 ヒアリング先

宇宙産業分野の人材需給の状況を把握するために、人材充足状況および人材流動化に関して大手衛星メーカーおよび JAXA を対象にヒアリング調査を実施した。

<人材充足状況および人材流動化に関するヒアリング先>

- ① 大手衛星メーカー：2社（日本電気株式会社、三菱電機株式会社）
- ② JAXA

2.2.3.2 ヒアリング内容

前項で選定した大手衛星メーカーと JAXA に対し面談（オンライン）を行い、以下に挙げる項目に関し、ヒアリング調査を行った。

<ヒアリングおよびアンケート項目>

- ① 大手衛星メーカー
 - ・ 宇宙システム・宇宙機器分野に携わる人材の充足状況、どのような専門能力・人材のタイプを求めているか
 - ・ 今後、一層の人材需要があると考えられる専門能力・人材のタイプ
 - ・ 自社内の宇宙関連部門と他部門との間での人事交流と障壁・課題等
 - ・ 他社他産業からの宇宙関連部門への人材採用状況と障壁・課題等
 - ・ 宇宙ベンチャー企業との人材交流について、可能性と期待すること
- ② JAXA
 - ・ 宇宙分野に携わる人材の充足状況、どのような専門能力・人材のタイプを求めているか
 - ・ 今後、一層の人材需要があると考えられる専門能力・人材のタイプ
 - ・ 他産業から宇宙部門への中途採用、他産業との人材交流の状況と障壁・課題等
 - ・ 宇宙ベンチャー企業との人材交流について、可能性と期待すること

2.2.3.3 ヒアリング結果

(1) 大手衛星メーカー

ヒアリングの結果として、大手衛星メーカーのヒアリングからは、求められる人材や宇宙ベンチャーとの人材流動について、以下のことが分かった。

- ・ 大手企業では高度な専門性を有する人材を常に育成しているが、年代や分野により人材の不足が生じている状況もある。特に、プロマネや事業戦略に関わる人材は経験が必要であり、途切れずに継続して育成する必要性が高い。
- ・ 特定の分野の専門性を高める以上に、技術横断的な理解や個々の領域を統合した知見を持つ人材が必要とされている。最先端のペイロード技術への専門性を有すると同時に、アプリケーションも含めてシステム全体を理解できる人材の必要性も高い。
- ・ 自社内での宇宙関連部門と他部門との間の人事交流はある。また他産業からも、宇宙システムに親和性がある人材であれば、受け入れも積極的に行っている。宇宙部門だからと言って障壁があるわけではない。
- ・ 戦略的に行っているレベルではないが、宇宙ベンチャー企業との人材交流はある。スピード感を含めて学ぶことが多く、知見を得ることが期待できる。ただし人材を派遣するというよりは、ビジネスとしてハードウェアの供給を行う中で、互いの技術や知見のやり取りが生まれるので、そのような形での人材交流を行うほうが実効的であるとの意見もある。

(2) JAXA

JAXA のヒアリングから、JAXA の人材育成実施方針や宇宙産業分野の人的基盤の強化に係る取組状況、求められる人材や宇宙ベンチャーとの人材流動と課題について以下のことが分かった。

- ・ JAXA の事業規模からすると職員の絶対数は不足している。特に、宇宙機システムのプロジェクトマネジメントが行える人材、各プロジェクトを包括したような事業戦略、事業管理を行える人材の不足が著しい。機械系、電気電子系の人材、安全・信頼性・品質管理が行える人材も不足している。
- ・ 上記の人材に加えて、今後は単一の技術専門分野だけでなく多能工のような人材、またシステムズエンジニアリングの能力のある人材が求められる。衛星データを含むデータの処理・解析・アプリケーションを創出できる人材のニーズも高まる。
- ・ ここ数年、経験者採用の枠を拡大して、宇宙業界以外からの経験者を求めている状況であり、実際に自動車や原子力など他産業からの人材の採用に至っている。クロスアポイントメント制度による他の研究機関や民間企業との双方向の人材派遣や、JAXA からの研修（派遣）越境プログラムによる人材育成なども始まったところであり、人材交流は活発化している。ベンチャー企業への出向や研修（派遣）越境プログラムも行

っており、JAXA 職員にはシステム全体の設計・製作の経験や社会実装等の能力を身に着けてくることが期待されている。また、民間で行っていることを理解することで、改めて JAXA の役割や立ち位置を再認識してもらうことも目的となっている。

- ・ 宇宙は特殊分野であるというイメージが強いので、他産業から見ると敷居が高く感じられ、人材流入の一つの障壁となっている。実際にはすぐにキャッチアップできるのだが、不安に感じ躊躇してしまう人も多くいる。業界として、宇宙分野の最低限の知識が得られ、組織を跨いでも使えるスキルが身につく人材育成プログラムを整備しておき、他産業からの人材流入の敷居を下げるような仕組みが求められている。

2.3 課題および施策の方向性

上項までの結果をふまえ、現状の超小型・小型衛星産業の人材における主要課題は人材の絶対量不足、求められる人材の偏りであると考えられる。また、人材の流動化促進の検討を進めていく中で、我が国の超小型・小型衛星産業を支えている中小部品・コンポーネントメーカーにおける後継者育成（事業継承）の問題も大きな課題の一つとなっていることも分かった。

人材の不足については、NewSpace 分野の衛星製造事業者、部品・コンポーネントメーカー、大手衛星メーカーおよび JAXA の全てにおいて言及されている問題となっていた。

一方で、宇宙への憧れや魅力は大きく、求人への応募（外国からも含む）が途切れない NewSpace 分野の事業者もあつたり、宇宙教育課程で学んだ多くの学生が、宇宙関連企業へ就職したくてもできなかつたりという現状が少なからずあるという実態も報告されており¹¹、これらの企業が求めている人材像に偏りが生じているという現状もあると推測される。

求められる人材像については、ヒアリング結果から以下のように整理される。

- ・ NewSpace 分野の衛星製造事業者は新卒を受け入れる余力はなく、即戦力となる人材を必要としている。特に、衛星のプロジェクトマネジメントが行える人材のニーズが高い。関連技術に特化した熟練のエンジニアのニーズも高いが、必ずしも宇宙のバックグラウンドは求めてない。
- ・ 超小型・小型衛星の部品・コンポーネントメーカーも経験者のニーズがより高くなっている。宇宙分野の経験は必要ないが、機械系、電気系、システム系のエンジニアを求めているメーカー（特に機械系）が多い。
- ・ 大手衛星メーカーや JAXA においても、衛星のプロジェクトマネジメントや事業管理が行える人材のニーズが高い。また、技術者には特定の専門分野に特化していることに加えて、横断的に技術領域の知見を有することが求められており、これらの人材の

¹¹ 「宇宙産業分野における人的基盤強化のための検討会」報告書、経済産業省、平成 30 年 4 月

育成にも努めている。

これらの結果を見ると、衛星のプロジェクトマネジメントおよび事業戦略・事業管理系の人材のニーズが高くなっていることが分かる。これらの能力を獲得するためには、長期間の人材育成と経験が必要とされるため、現状では需要が供給を大きく上回っている状態にある。また機械系等のエンジニアについては、宇宙分野に限らず、労働市場全体において不足しているため、これらの人材を確保するためには人材獲得競争において宇宙分野が優位な立場をとるための魅力づけが必要となる。

このように全体として求められる人材像に偏りがあり、プロジェクトマネジメントやエンジニアに不足感がある現状では人材の流動性向上が必要になる。短期的には、大手宇宙企業や JAXA 等から NewSpace 分野の衛星製造事業者や超小型・小型衛星の部品・コンポーネントメーカーへの人材流動性向上を図ることが求められ、具体的には定年を迎えた OB 人材の活用や出向や副業・兼業等を通じた現役人材の活用が考えられる。特に、ベンチャー企業や中小企業は人材の正規雇用をする体力がないところが多いため、正規雇用の形態にとらわれない柔軟な働き方が重要となると考えられる。近年では、JAXA でもクロスアポイントメント制度や研修（派遣）越境プログラムの導入により人材流動の拡充が図られており、また大企業で働く人材が元の企業に在籍したまま一年程度ベンチャー企業のプロジェクトに参加できるという人材育成の仕組みも生まれてきているが、人材を供給する側にも受け入れる側にも、双方に負担に応じた受益が必要とされる。受け入れ側が人材不足の補填を行えるだけでなく、供給側も移籍者の成長と組織への還元が確実に得られるような体制の整備が求められる。

その上で、プロジェクトマネジメントが行える人材など、どの企業においてもニーズの高い人材については JAXA や大学等においての一層の積極的な育成が望まれる。JAXA ではプロジェクトへの参画を通して働きながら、システムズエンジニアリングやプロジェクトマネジメントなどの能力を増やしていける場があり、大学においても超小型衛星プロジェクトを経験した博士課程の学生などは即戦力に近い力を蓄えることが可能と考えられる。実際に、大学で超小型衛星プロジェクトに関わった人材の能力を欲している超小型・小型衛星企業も多くあった。

この他、人材不足を解消するためには、宇宙分野に限定されず、他の産業分野からの人材流入を促進し活用していくことが必要不可欠である。ヒアリングにおいては、いずれの企業も他産業からの人材登用には積極的であり、広く門戸を開いている現状が確認できた。エンジニアを始めとして、プロジェクトマネジメントに関する人材についても、宇宙業界との差異について理解してもらうことが前提ではあるが、他業界からの呼び込み・活用を検討すべきと考えられる。超小型・小型衛星産業では、求めている人材の専門分野が特化

しすぎていて、外から見つけることができないという問題が生じているが、他産業も含めて間口を広げて探す仕組みがあれば、求めている能力を有する人材を獲得できる可能性は広がると考えられる。そのためには宇宙分野に限定されない、人材需給マッチングを推進するための仕組みの構築が期待される。

最後に、中小の部品・コンポーネントメーカーにおける特定技能を持った後継者育成やノウハウの技術継承も大きな課題となっていることが分かった。1章の調査からも見えてきたように、我が国の超小型・小型衛星の製造や学術機関の衛星部品調達においては、ロコミ等により特定中小メーカーへの発注が集中しているケースが多々みられている。この背景には、日本のエレクトロニクス産業が全盛期であった1990年代に、第一線で活躍したエンジニアがキーとなっており、その個人的ノウハウが現代でも生かされていることにある。一方で、そのノウハウを有する人材の高齢化が進み、事業継承の悩みを抱えている中小メーカーも多くある。個人のノウハウを若手へ継承したいという心持ちはあるものの、若手の人材を集めるのが難しかったり、さらに若手の雇用には慎重にならざるを得ない状況であったりとの事情があり、中小の部品・コンポーネントメーカーが事業や技術を継承する若手の育成を課題として抱えている。これらの問題の解決には、宇宙という特殊技術の事業継承を行う施策が求められる。例えば助成金やファンド等によって仮想的に連携して財務、法務、税務の業務を一括で対応して米国のように垂直統合を目指す仕組みなどを整え、中小部品・コンポーネントメーカーに若手の人材が流入し、事業や技術を継承していきやすい環境を作ることが急務であると考えられる。

<参考文献>

- [1] 「コンステレーションビジネス時代の到来を見据えた小型衛星・小型ロケットの技術戦略に関する研究会」報告書、経済産業省、平成30年5月
- [2] 「宇宙産業分野における人的基盤強化のための検討会」報告書、経済産業省、平成30年4月
- [3] 「平成30年度製造基盤技術実態等調査事業（欧米の小型衛星コンステレーション事業者における技術動向調査）」成果報告書、一般財団法人宇宙システム開発利用推進機構、平成30年12月
- [4] Euroconsult, “Prospects for the Small Satellite Market” (2020 Edition)
- [5] NASA, “State of the Art of Small Spacecraft Technology”
<https://www.nasa.gov/smallsat-institute/sst-soa-2020>
- [6] 各社 H.P.

