
日本公庫総研レポート No.2021-2
2021年8月

コンステレーションビジネスで広がる 中小企業の宇宙産業への参入機会

はしがき

近年、世界的に宇宙産業が注目されている。その範囲は、ロケットや人工衛星に限らず、宇宙旅行や星資源探査など幅広い。火星移住を計画する米国のベンチャー企業も出てくるなど、以前であれば夢やロマンだと思われていたものさえ、現実味を帯びてきている。

そのなかで最も注目されているのは、複数の人工衛星を一体的に運用し、通信やデータの収集・利用を行うコンステレーションビジネスである。米国では、100機以上の小型衛星から成るメガコンステレーションを形成している企業がある。さらに、数百機から数千機の小型人工衛星を打ち上げる計画をもつ企業も登場している。今後は、世界のどこでもインターネットに接続できるようになったり、衛星が収集したデータを使った新たなサービスが生み出されたりするようになると期待されている。

日本でも、コンステレーションビジネスを自ら立ち上げ、あるいは協力企業としてコンステレーションビジネスにかかわる中小企業が増えてきている。そのなかには、従来、宇宙とは無縁だった企業も少なくない。コンステレーションビジネスは、中小企業に新たな事業機会を提供すると思われる。そこで本レポートは、コンステレーションビジネスを取り上げ、中小企業にとっての宇宙産業の意義を探っていく。

第1章では、世界の宇宙産業の市場規模をみたうえで、コンステレーションビジネスが注目されている背景を整理する。第2章では、コンステレーションビジネスに参入した中小企業の事例を紹介する。第3章では、事例に基づき、中小企業からみたコンステレーションビジネスの現状や課題を整理する。

本レポートをまとめるに当たり、東洋大学経済学部・安田武彦教授にご指導いただいたほか、多くの関係機関や企業の方々に調査にご協力いただいた。ここに記して感謝したい。また、ありうべき誤りはすべて筆者個人に帰するものである。

(日本政策金融公庫総合研究所 松井 雄史)

目次

第1章	コンステレーションビジネスが牽引する宇宙産業	1
1	世界の宇宙産業	1
2	日本の宇宙産業の現状	3
第2章	中小企業の取り組み事例	5
1	コンステレーションビジネス自体に事業機会を見出した企業	6
事例1	(有)オービタルエンジニアリング	6
事例2	(株)QPS研究所	8
事例3	福井県民衛星技術研究組合	10
2	衛星データの活用に事業機会を見出した企業	12
事例4	(株)ビジョンテック	12
事例5	(株)MASA	14
3	衛星の小型化・低価格化に協力する企業	16
事例6	高砂電気工業(株)	16
事例7	峰勝鋼機(株)	17
事例8	(株)昭和電気研究所	18
事例9	春江電子(株)	19
事例10	鯖江精機(株)	20
第3章	中小企業にとってのコンステレーションビジネス	21
1	中小企業の事業機会	21
2	衛星の開発・製造は将来への投資	22

第1章 コンステレーションビジネスが牽引する宇宙産業

1 世界の宇宙産業

(1) 宇宙産業の市場規模

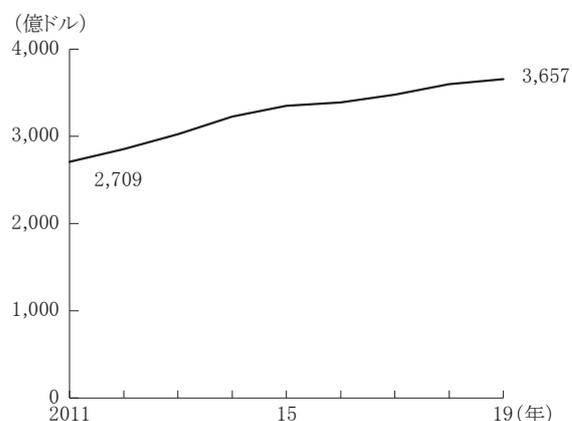
世界的に宇宙産業が成長している。衛星関連ビジネスの業界団体である、米国のSatellite Industry Associationによれば、宇宙産業の市場規模は、世界全体で2011年の2,709億ドル（約21.6兆円¹）から、2019年の3,657億ドル（約39.9兆円）に成長している（図-1）。

2019年の市場規模について、分野別の構成比をみると、衛星放送や衛星通信など「衛星サービス」が33.6%、衛星放送受信機やカーナビゲーションシステムなど「地上設備」が35.6%、「衛星製造」が3.4%、ロケットなどの「打ち上げ」が1.3%と、「衛星産業」が全体の74.0%を占めている（図-2）。ロケットや人工衛星そのものをつくる産業よりも、衛星を活用する産業のほうが市場規模は大きい。このほか、各国政府の「宇宙関連予算」と、わずかであるが「商業有人飛行」を合わせた「非衛星産業」が26.0%を占めている。

商業利用されている人工衛星には、利用目的によって通信・放送衛星、測位衛星、観測衛星の3種類がある。通信・放送衛星は、地上から発信された音声や画像、映像といったデータを受信し、それを地球に向けて送り返す中継基地の役割を果たす。BS放送やCS放送、衛星電話、飛行機や船舶でのインターネット接続に利用されている。

測位衛星は、測位信号を地球に向けて送信する衛星である。米国が運用するGPS衛星が有名で

図-1 世界の宇宙産業の市場規模の推移



資料：Satellite Industry Association, *State of the Satellite Industry Report*

ある。24機あるGPS衛星のうち、4機以上の衛星からの信号を地上の受信機で受信することで、現在の位置をほぼ正確に知ることができる。カーナビゲーションやスマートフォンの地図アプリなどで広く利用されている。

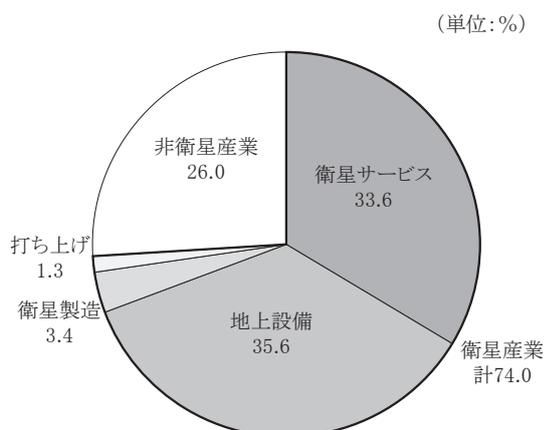
観測衛星は、可視光線や赤外線、電波をとらえるセンサーを搭載し、宇宙から地球の表面や大気の状態を観測する衛星である。遠隔（リモート）で観測（センシング）することから、リモートセンシング衛星とも呼ばれる。気象衛星が代表例で、日本では「ひまわり」が有名である。

(2) 注目されるメガコンステレーションビジネス

人工衛星を用いたビジネスのなかで最も注目されているのはコンステレーションビジネス、特にメガコンステレーションビジネスである。コンステレーションは星座のことで、人工衛星のコンステレーションとは、複数の人工衛星を一体的に運用し、機能させるシステムをいう。そのうち、数

¹ 日本銀行「東京外為市場における取引状況」の当該年の平均レート（中心相場）で換算した。以下、同様。

図ー2 世界の宇宙産業の内訳（2019年）



資料：Satellite Industry Association, 2020 State of the Satellite Industry Report

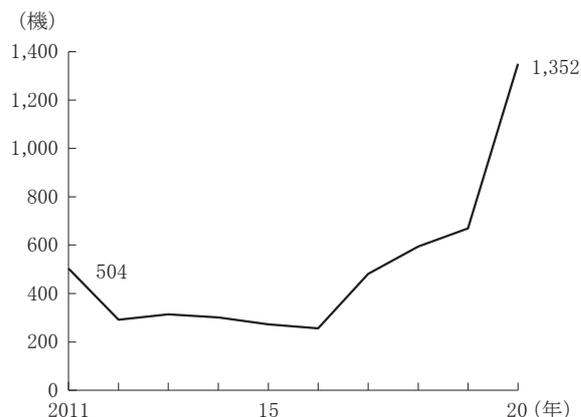
十機から数百機の小型衛星から成るものをメガコンステレーションと呼ぶ。

メガコンステレーションビジネスは、小型衛星を製造してコンステレーションを形成するビジネスと、形成されたコンステレーションを利用して通信を行ったり、データを収集・利用したりするビジネスとから成る。

小型衛星に統一的な定義はないが、経済産業省の「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」（2018年）では、小型衛星を「200キログラム程度以下の重量」のものとしている。そこで、重さ200キログラム以下の衛星の打ち上げ数をみると、2017年から急増しており、2020年には世界全体で1,352機となっている（図ー3）。

メガコンステレーションが形成されると、衛星による通信の高速化、測位の高精度化、撮像の高頻度化が実現できる。その結果、世界のどこにいてもインターネットに接続できるようになることはもちろん、衛星データを使った新たなサービス

図ー3 小型衛星の打ち上げ数の推移



資料：Jonathan's Space Report ホームページ
 (https://planet4589.org/space/log/satcat.txt)
 (注) 200キログラム以下の衛星を集計した。

が生み出されることが期待されている。

例えば、GPS衛星のデータに日本が運営する「みちびき²」のデータを組み合わせれば位置情報の精度が向上し、自動運転も可能になる。すでに日本の農機具メーカーがみちびきの信号を利用して、無人状態でも走行するロボットトラクターを発売している。また、海外には観測衛星が撮影した世界各地の石油タンクの表面にできる影を分析して石油備蓄量を推計するサービスがあり、各国の政府やエネルギー関連企業、先物取引を行う金融機関などが利用している。

メガコンステレーションビジネスが注目される背景には、主に次の四つがあると思われる。

第1は、衛星の小型化・低価格化が進んでいることである。電子部品の技術発展により、衛星に搭載する部品の小型化、軽量化、高性能化が進んでいる。宇宙専用の部品だけではなく、安価な民生品を衛星に転用することも可能になっている。この結果、小型の衛星でも必要な性能や機能をもたせることができるようになり³、衛星の製造コス

² 日本の衛星測位システムのこと。2018年11月から4機体制で運用している。

³ 例えば、分解能1メートルの撮影は、従来は大型衛星でのみ可能だったが、近年は小型衛星でもできるようになっている。分解能とは装置で対象を測定または識別できる最小単位のこと、分解能1メートルとは、地上で1メートルの大きさの物体を識別可能であることを表す。

トは、従来の数百億円から数億円にまで低下し、メガコンステレーションが実現できるようになっている。

第2は、宇宙への打ち上げコストの低下が進んでいることである。小型衛星を打ち上げるには、ほかの衛星と一緒に大型ロケットで打ち上げる方法と、小型衛星を一つ一つロケットで打ち上げる方法とがある。

前者の大型ロケットの場合、米国と欧州が市場をほぼ二分しているが、米国ではNASAが国際宇宙ステーションへの物資輸送を民間企業に委託したことをきっかけに新興企業が参入し、コストダウンが進んでいる。開発資金の一部はNASAが負担するものの、大半は企業が自ら調達しなければならないからである。例えば、米国のブルーオリジン社やスペース・エクスプロレーション・テクノロジーズ社（通称スペースX社）は、ロケットの再利用によるコストダウンを図っている。

一方、欧州12カ国の53社が出資して設立されたアリアンスペース社は、使い捨てロケットのコスト削減を進めている。また、ロシアやインドも商用ロケットの打ち上げを引き受けるようになっており、価格競争が激しくなっている。

後者の小型ロケットの場合でも、宇宙産業への期待を背景に、各国の民間企業が参入している。日本では、インターステラテクノロジズ(株)というベンチャー企業がある。ただ、ビジネスとしての成功例はほとんどなく、今はまだ開発の段階にとどまる。

第3は、観測衛星が収集したデータをパソコンで解析するためのソフトウェアが開発されたり、解析したデータを提供するサービスが登場したりしていることである。観測衛星のデータは、そのままでは利用するのが難しく、目的に応じて解析し、パソコンで扱えるデータに加工する必要がある。そのため、衛星データの利用には、専門知識や高性能なコンピューター、高価な解析ソフトが

必要で、時間も費用もかかっていた。

今は、パソコンの処理能力が向上したり、安価な、あるいは無料の解析ソフトが出てきたりしている。解析したデータを提供するサービスも出てきている。例えばAmazon社は、「Earth on AWS」というサービスで、ランドサットなどいくつかの観測衛星のデータを提供している。また、日本の「Tellus」はクラウド上に、政府機関やJAXAの衛星データやデータ解析のシステムを無料で提供している。必ずしも専門的な知識がなくても、衛星データを利用することができるようになってきているのだ。

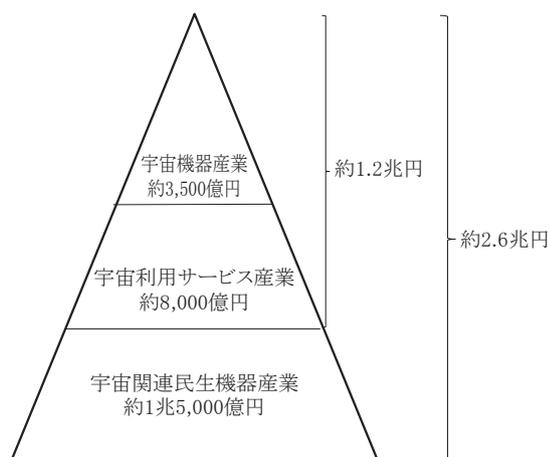
第4は、IoT（Internet of Things：さまざまなモノがインターネットにつながること）の進展と、ビッグデータと呼ばれる膨大な量のデータを処理するAIの発達である。近年、自動車や家電、工作機械などがインターネットに接続し、さまざまな情報を大量に収集できるようになっている。こうしたデータと衛星データを組み合わせ、AIで分析することで、これまでにないサービスが開発できると期待されている。

2 日本の宇宙産業の現状

日本でも宇宙産業を発展させることは政策課題になっている。2008年に施行された宇宙基本法は、宇宙の平和的利用や産業の振興などを基本理念とし、宇宙開発利用の司令塔として内閣に宇宙開発戦略本部を設置すること、政府は「宇宙基本計画」を策定することを定めている。

政府が2020年に改訂した「宇宙基本計画」では、「自立した宇宙利用大国となることを目指す」としている。そのために、「安全保障や産業利用等のニーズに基づく出口主導」で「民間の活力を活用」し、「人材・資金・知的財産等の資源を効果的・効率的に活用」しながら「同盟国・友好国等と戦略的に連携する」ことが、宇宙政策の基本

図-4 日本の宇宙産業の市場規模



資料：内閣府「宇宙産業ビジョン2030」(2017)
 総務省「宙を拓くタスクフォース報告書」(2019)
 経済産業省「宇宙産業の現状と課題について」(2016)

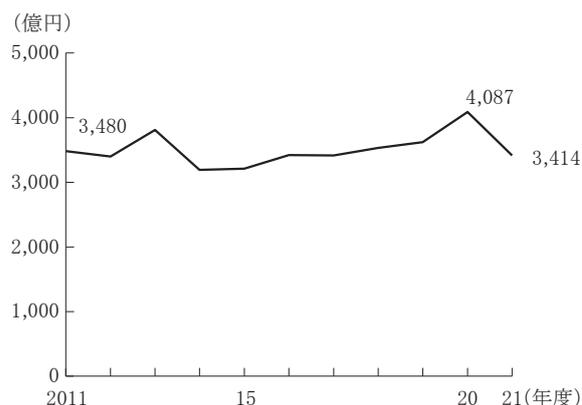
的なスタンスだとする。そのうえで、「多様な国益に貢献」と「産業・科学技術基盤を始めとする我が国の宇宙活動を支える総合的基盤の強化」との二つが宇宙政策の目標となっている。

それでは、日本の宇宙産業の市場規模はどのくらいなのだろうか。内閣府が設置している宇宙政策委員会の「宇宙産業ビジョン2030」(2017年)は、衛星、ロケット、地上施設といった「宇宙機器産業」と衛星通信・放送などの宇宙インフラを利用する「宇宙利用サービス産業」を合わせて約1.2兆円としている(図-4)。

また、総務省の「宙を拓くタスクフォース報告書」(2019年)では、「宇宙産業ビジョン2030」の「宇宙機器産業」と「宇宙利用サービス産業」に、衛星放送テレビやカーナビゲーションシステムといった「宇宙関連民生機器産業」を加え、2016年の市場規模は約2.6兆円で横ばいが続いているとしている。

どちらも、Satellite Industry Associationとは用いている統計や、集計、推計の方法が異なること

図-5 日本の宇宙関係予算の推移



資料：内閣府ホームページ
 (https://www8.cao.go.jp/space/budget/yosan.html)
 (注) 2020年度までは当初予算と補正予算の金額の合計。2021年度は当初予算案の金額。

に留意する必要があるが、世界の3,657億ドル(約39.9兆円)に比べると規模が小さい。これは、日本の宇宙機器産業は国際競争力が弱く、海外の市場を獲得できないばかりか、国内市場でも放送衛星など民需については外国企業がほぼ独占していること、国内市場の9割を占める官需は、日本企業が受注しているものの、政府の宇宙関係予算は3,000億円台と、4兆円を超える米国に比べて少なく、しかも横ばいであることが主な要因である(図-5)。

世界では民間企業が宇宙ビジネスに参入し、市場を牽引している。日本でも、企業規模の大小にかかわらず、民間企業が宇宙産業に参入することが期待される。特に、メガコンステレーションビジネスに必要な技術を国内でもち、外国への依存度を小さくすることは、宇宙基本計画で掲げる「自立した宇宙利用大国」の実現に欠かせない。

次章では、メガコンステレーションビジネスに取り組んでいる、日本のベンチャー企業や中小企業の事例をみていく。

第2章 中小企業の取り組み事例

第2章では、コンステレーションビジネスに取り組む中小企業を紹介する。コンステレーションビジネスには、人工衛星そのものの製造から打ち上げた衛星の追跡・管制、データの送受信、データの解析や利用・活用まで、さまざまな分野がある。それぞれに中小企業の参入はみられるが、参入の経緯を整理すると、三つに大別できる。

第1は衛星コンステレーションビジネス自体に事業機会を見出した企業、第2は衛星コンステレーションが収集するデータの活用に事業機会を見出した企業、第3はそれまで培ってきた技術を生かして衛星の小型化・低価格化に協力する企業である。

第1の例としては、次の3社を取り上げる。
(有)オービタルエンジニアリング（事例1）は、宇宙ビジネスの隆盛を見越して1998年に創業し、現在は超小型衛星の製造に取り組んでいる。
(株)QPS研究所（事例2）は2005年に創業した大学発ベンチャーで、現在、小型衛星を使ったコンステレーションの形成に取り組んでいる。福井県民衛星技術研究組合（事例3）は、福井県の呼びかけによって結成されたもので、福井県と県内外の企業10社が参加し、小型衛星製造と衛星データ活用ビジネスの創出に取り組んでいる。

第2の事例としては、次の2社を取り上げる。
(株)ビジョンテック（事例4）は、リモートセンシングの研究開発を行っており、観測衛星を用いた農業支援システムで農業経営を支援している。
(株)MASA（事例5）は、GPSを使ったサービスを開発するために創業し、日本で初めて「みちびき」の測位データを利用したゴルフ用距離計測器を開発している。

第3の事例としては、次の5社を取り上げる。

高砂電気工業(株)（事例6）は、小型のバルブやポンプなど流体制御機器の製造で蓄積してきた技術を生かして衛星の姿勢制御に欠かせない、操船装置（スラスタ）のバルブを製造し、日本だけではなく、海外からも受注を得ている。近年はスラスタの小型化にも取り組んでいる。

峰勝鋼機(株)（事例7）は、顧客のどのような要望にも応える技術力を持ち、さまざまな種類のばねを1個から設計、製造する。この技術を用いて、衛星のアンテナを展開するばねを開発した。
(株)昭和電気研究所（事例8）は、画像処理装置や非破壊検査装置など電子機器のメーカーで、センサー技術や電子機器の制御技術をもっている。この技術を生かして、衛星の電源と制御システムを開発している。

春江電子(株)（事例9）は、これまで人手に依存してきた組付作業を、日本で初めて多軸ロボットを使って機械化するなど高い技術力をもつ。こうした手作業を機械化する設計力やシミュレーション技術を生かし、衛星基幹部の設計を担当している。鯖江精機(株)（事例10）は、1,000分の1ミリ単位で産業用機械を調整する技術を生かして、小型衛星の筐体きょうたいの金属板を製造している。

なお、峰勝鋼機(株)と(株)昭和電気研究所は、(株)QPS研究所のプロジェクトの、春江電子(株)と鯖江精機(株)は福井県民衛星技術研究組合の、それぞれメンバーである。もとのプロジェクトと合わせて取り上げることで、日本のコンステレーションビジネス、特に小型衛星の開発・製造部門が抱える問題の解決に、中小企業がどのように貢献しているかがより鮮明になることを意図した。

また、ヒアリングは2020年8月から2021年の1月にかけて実施した。

1 コンステレーションビジネス自体に事業機会を見出した企業

事例1 (有)オービタルエンジニアリング

○ 宇宙産業の商業化を予想し、宇宙機器の設計、製造で創業

代表者 山口 耕司 (やまぐち こうじ)
創業年 1998年
資本金 300万円
従業員数 10人

事業内容 宇宙機器等の設計、製造
所在地 神奈川県横浜市
URL <http://www.orbital-e.co.jp>

低価格を武器に衛星の設計を受注

(有)オービタルエンジニアリングは、宇宙で使用される機器の設計、製造、組み立てを手がけている。対象は、断熱材から宇宙ステーションや人工衛星に搭載される板金部品、ハニカムパネルや可視光検知器といったコンポーネントまで幅広い。人工衛星や国際宇宙ステーションで使われる機器の開発に必要な検査装置をもち、他社製機器の検査や宇宙環境を再現した試験も行っている。

創業者の山口耕司社長は、大学を卒業後、ある大手企業で航空宇宙分野の開発に携わっていた。米国の航空機メーカーと共同で開発に取り組むことが多く、たびたび渡米していた。米国で、山口社長はNASAが民間企業への技術移転や中小企業の参入の奨励、技術の商業化を進めていることを目の当たりにする。米国の状況を見て、いずれ日本でも宇宙産業の商業化が進み、中小企業も活躍できるようになると予測する。

ちょうど同じ頃、コンピューターの性能が向上し、衛星の設計に必要なCADや軌道・熱などを解析するシステムが大手企業を中心に普及し始めていた。こうしたことから、同じ宇宙分野で活躍する企業や研究者が共同で開発すれば、ビジネスになるのではないかと、1998年に独立した。

独立当初、同社は主に衛星の設計を行っていた。事業規模が小さく、固定費が少ないぶん、入

札や見積もりの価格を安くできる。そのため、宇宙開発事業団 (NASDA) や人工衛星を製造する大企業から受注することができた。その後、機械設備を購入したり、協力企業を探したりするなかで、徐々に機器自体もつくるようになっていった。

大学と共同で超小型衛星を製造

創業から一貫して宇宙機器の製造にかかわるなかで、人工衛星の小型化を実現し、内閣総理大臣賞を受賞したプロジェクトがある。「ほどよしプロジェクト」だ。

ほどよしプロジェクトは、100キログラム以下の超小型の観測衛星を、高価な宇宙の専用部品だけではなく民生品も使って、1機当たり2年程度、2~3億円で開発するという計画である。「ほどよし信頼性工学」と名づけられた設計概念が特徴で、これは信頼性とコストのバランスを「ほどよく」取るというものである。

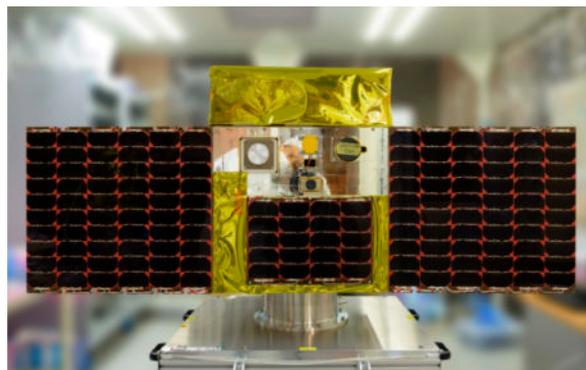
きっかけは、ほどよし信頼性工学を研究テーマにしていた東京大学の中須賀真一教授と山口社長が、2008年に経済産業省のある審議会に参加したことである。山口社長は、日本の中小製造業者が得意とする機器の小型化技術を用いて小型衛星を開発すれば、各国の競争が激しい大型衛星とは異なる小型衛星の市場ができるのではないかと考えていた。二人の意見が一致し、一緒に超小型衛星をつくらうという話になったのだ。

2010年には、この計画が国の研究開発支援事業に採択され、本格的に開発、製造していくことが決まった。そこで、中須賀教授の研究成果を商業化し、人工衛星の開発体制を構築するため、山口社長は「次世代宇宙システム技術研究組合」を設立し、その代表理事を務めることになった。組合をつくったのは、産学連携で開発するための受け皿とし、その成果を共同で管理するとともに、収益や費用を明確にするためである。

山口社長の最初の仕事は、必要な技術をもって中小企業を見つけ出し、その力を結集させることだった。創業以来の協力関係やつてをたどって、177社から成るネットワークを構築し、衛星開発に必要なすべての技術を国内で調達することに成功した。

次の仕事は、大学と中小企業の間立つことである。大学と中小企業が直接やりとりすると、大学は、中小企業には人材や資金など資源に限りがあることや、既存事業が優先であることをわからないまま仕事を依頼する場合がある。中小企業も人工衛星が大気圏を出るときの振動や熱のことはわからない。中小企業と宇宙の両方に詳しい山口社長が、それぞれの意図や事情をくみ、相手に伝えることで、スムーズな連携を可能にした。中小企業における作業の進捗管理、プロジェクト全体のスケジュール管理、資金管理も山口社長が引き受け、大学は研究に、中小企業は製造に専念できる態勢を整えた。

また、超小型衛星の試験のルールを簡略化し、コスト削減も実現した。従来はISO9001をベースにした航空宇宙産業用の品質マネジメント規格



「ほどうし3号」のフライトモデル（東京大学提供）

「JIS Q 9100」にのっってエビデンスを残していたが、書類の作成に時間と費用がかかりすぎる。そこで、写真で証拠を残せばよいといったようにルールを簡略化し、書類作成の手間を削減したのだ。簡略化しても品質に問題がないことは、多数の衛星試験データを蓄積することで示した。

大型衛星が数百億円という費用と5～10年の歳月をかけて衛星を開発するのに対し、ほどうしプロジェクトでは、当初の目標どおりに価格を1機3億円程度、開発期間を2年程度に抑えることができた。次世代宇宙システム技術研究組合は、ほどうしプロジェクトの1号機から4号機のうち2機の製造にかかわり、いずれも運用に成功している。

また、プロジェクトのメンバーが小型衛星を開発するベンチャー企業を設立した。ほどうし信頼性工学の成果を生かして衛星コンステレーションを計画するベンチャー企業も現れている。ほどうしプロジェクトと(有)オービタルエンジニアリングは、超小型衛星の技術の確立と商業化に貢献しているのである。

事例2 (株)QPS研究所

○ 日本で初めて小型SAR 衛星のコンステレーションに取り組む

代表者 大西 俊輔 (おおにし しゅんすけ)
創業年 2005年
資本金等 30億2,300万円
従業者数 20人

事業内容 人工衛星の設計、製造
所在地 福岡県福岡市
URL <https://i-qps.net>

SAR衛星の小型化、軽量化を実現

(株)QPS研究所は、九州大学の八坂哲雄名誉教授らが大学発ベンチャー企業として2005年に創業した企業である。創業当初は、人工衛星関連機器の製造や人工衛星製造の助言などを行っていたが、九州大学大学院を修了した大西俊輔さん（現社長）が2013年に入社したのを機に、小型SAR (Synthetic Aperture Radar : 合成開口レーダー⁴) 衛星の設計、製造を手がけるようになっていく。

SAR衛星は、電波を地球に照射し、地表で跳ね返ってきた電波をセンサーでとらえて地上を観測する。現在、観測衛星の主流である光学カメラを使用した衛星は、夜間や天候不良時には地上を撮影できない。だが、SAR衛星の電波は雲を透過するため、天候や昼夜を問わずに画像が手に入る。

一方で、SAR衛星は大きなアンテナと大量の電力を必要とする。このため、大型のアンテナや発電機器、蓄電機器を収納するスペースが必要であり、従来のSAR衛星は1トンを超える大きさになる。コンステレーションを構築するには膨大なコストがかかるという問題があった。

こうしたなか、同社は軽量で収納式の、100キログラム級の小型衛星に搭載するアンテナとしては、開くと最大級となる直径3.6メートルのパラボラアンテナの開発に成功した。これにより、電力の問題をクリアし、同社の小型SAR衛星は、分解能1メートル以下という高精細な画像データの

取得と、質量100キログラム以下という小型化、軽量化とを実現した。1機当たりの製造コストも数億円と従来の100分の1以下にした。2019年には1号機「イザナギ」、2021年には2号機「イザナミ」の打ち上げに成功し、「イザナミ」は同年3月に地上の画像取得に成功している。

同社は2025年以降を目標に、36機の小型SAR衛星を打ち上げてコンステレーションを形成することを計画している。完成すれば、世界のほぼすべての場所を約10分ごとに観測することが可能となり、土地や建物などの静止体だけでなく、車や船舶、人、家畜など移動体の画像データも継続して取得できるようになる。

画像データの使い方はさまざま考えられている。例えば、災害が起きたときに、人が現地に行かなくても画像を見て被害の状況を把握できる。また、人の動きや数を分析すれば、店舗の価値を算出することも可能である。気象や経済データと組み合わせれば、作物の生育具合や地域の経済を予測することもできるようになると見込まれる。すでに、電力会社や鉄道会社から保守管理業務への活用を探りたいとの問い合わせが来ているという。同社はこうした衛星の画像データを販売することで収益をあげていく方針である。

地場企業と一緒に開発

同社の小型SAR衛星の開発を支えているのは地場の中小企業21社である。このネットワークを

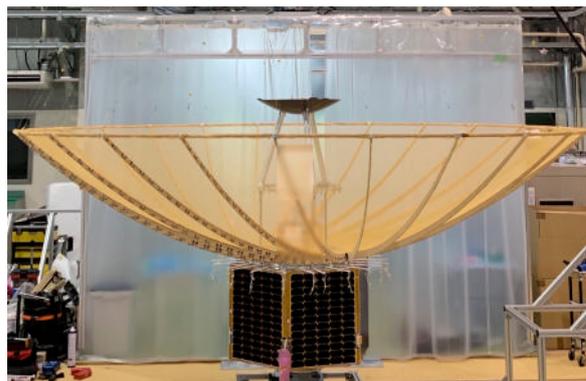
⁴ 小さなアンテナを移動させることにより仮想的に大きなアンテナを合成し、分解能を向上させたレーダーのこと。

つくったのは、八坂取締役をはじめとする3名の創業者らである。八坂取締役が同社を創業した理由の一つに、人工衛星をつくるノウハウを学生だけでなく、地域の中小企業に蓄積したいという思いがあった。当時、学生は卒業すると関東方面に就職することが多く、人工衛星を開発する技術が地域に根づかないことに課題を感じていたのだ。

八坂取締役がまず行ったのは、足で九州を回ることである。宇宙や人工衛星の部品製造についての講演会を開いては、地場企業に参加を呼びかけた。人工衛星の部品をつくるのは技術的に難しいのではないかと、自社の事業とは関係ない、などと言う経営者には、「振動や熱はロケットよりも車のエンジンルームのほうが厳しい」と説明し、心理的なハードルを下げることから始めた。その結果、新しい産業に取り組みたいという企業や、八坂取締役らの考えに賛同する企業の協力を取り付けることに成功した。

地場の中小企業は同社から受注して、部品を製造したり、衛星を組み立てたりしているだけではない。衛星の基本設計からかかわっている。同社の研究者だけで作成した基本設計は、宇宙工学に基づいたものではあるが、理想的なものであり、必ずしも実現できるとは限らず、つくりやすいわけでもない。研究者が実際のものづくりに強いわけではないからだ。そこで、つくる側の中小企業にどのような材料を使って、どう部品を加工し、それをいかに組み立てるか、早い段階から相談し、意見を取り入れているのである。また、2週間に1回はメンバー全員が集まって話し合った。

小型SAR衛星は基本設計を固めて、次は、実物の2分の1などの大きさのモックアップをつくってもらった。こうすると、衛星の設計や衛星をつ



「イザナギ」のフライトモデル（㈱QPS 研究所提供）

くるに当たって、どのような問題があり、どこに注力すればよいかわかるという。

各社が部品をつくり衛星を組み立てたら、ロケットの振動に耐えられるか、宇宙空間でも計算どおりに動くかなど試験を行った。問題が生じれば、メンバーがその場で改善策を出し合い、すぐにつくり直す。これを繰り返して、熱構造モデル⁵やエンジニアリングモデル⁶をつくる。これらで確認をしながら、詳細設計を行い、実際に打ち上げるフライトモデル⁷をつくる。イザナギもイザナミも、フライトモデルをつくるまで、1機につき20回以上もの細かい改良を行ったという。

現在、同社は3号機の開発をスタートさせている。3号機は2号機に比べ、太陽光パネルの枚数を増やして蓄電量を増大させる予定である。長時間連続してミッションをこなせるようにすると同時に、分解能を向上させるためである。一方で、衛星の大きさ自体はほぼ変えず、一層の軽量化とコスト削減を進める方針でもある。この3号機が成功すれば、同じ仕様で量産に踏み切るという。まずは、2022年に新たに4機打ち上げる予定で、計画の実現に向け、開発を加速させている。

⁵ 消費電力や宇宙環境での機器温度を確認するモデルのこと。

⁶ 基本設計に基づいてつくる試験モデルのこと。機能や性能、環境試験を行い、設計の妥当性を確認したら、次の詳細設計に移る。

⁷ 実際に宇宙に打ち上げるモデルのこと。詳細設計に基づいてつくる。各種試験で打ち上げ用として品質を備えていることを確認したら完成となる。

事例3 福井県民衛星技術研究組合

○ 衛星ビジネスの地場産業化に挑む

設立年 2016年
組合員 10企業と福井県

事業内容 人工衛星製造とデータ活用の共同研究
事務局 福井県産業労働部

県の主導で始まったプロジェクト

福井県は、宇宙産業の将来に期待し、日本における宇宙産業の拠点になることを目指している。きっかけは2015年のことだ。県の産業の発展に向けた経済戦略と具体的なプロジェクトを議論する「福井県経済新戦略推進本部会議」で、ある委員が宇宙産業への参入を提案したのだ。

福井県には眼鏡、繊維、刃物といった地場産業から自動車部品までさまざまな製造業がある。ただ、人口の減少と高齢化を背景に、いずれも国内市場は縮小傾向にある。そのため、培ってきた多様な技術力を生かして新たな産業を創出することが課題となっている。県は「県内には優れたものづくり技術を有する企業が多く、人工衛星の製造では県内企業の技術力を生かせる」「宇宙産業はハード、ソフトの両面で新しい産業を起こす契機になる」と判断し、「福井県経済新戦略」で「自治体初の人工衛星を開発し打ち上げる」ことを取りまとめた。

とはいえ、福井県庁の職員は誰も宇宙や人工衛星のことを知らない。宇宙産業に参入するには、何から始めればよいかもわからない。そこで、2015年9月に人工衛星の製造にかかわりたいという企業を県内から募り、「ふくい宇宙産業創出研究会」を立ち上げた。設立時には21社が参加して、宇宙産業や人工衛星のことを徹底的に勉強することから始めた。

まず、福井県は県職員の人脈を駆使し、小型衛星の研究をしている東京大学の中須賀真一教授に連絡を取った。交渉の結果、福井県に来て企業に

講義してくれることになった。県の工業技術センターで県内15社の29人を相手に、衛星軌道論や人工衛星の制御といった宇宙工学の授業をしてくれたのだ。同教授の指導は、2015年の年末から2016年の年初にかけて、約1週間にわたって行われた。

その後、28人が同教授の研究室に赴き、小型人工衛星の設計や製造、試験のトレーニングを受けた。衛星の製造にも実際にかかわり、組み立ての手伝いを2〜3カ月行った。そこで、機器をコンパクト化したことや、部品の不具合を見つけたこと、アンテナの信頼性を高めたことなどが同教授に評価され、同教授の研究室が開発・製造を受注した衛星3機について、電源、通信、姿勢制御、構造など衛星の基本的な機能をつかさどるバス部を、研究室の指導の下で、福井県の企業4社が製造することになった。

4社は、基本設計の検討から始め、エンジニアリングモデルの製造、詳細設計、フライトモデルの製造へと段階を進めていった。それぞれの段階では、何度も試験と試作を繰り返したという。性能試験は福井県の工業技術センターで行った。工業技術センターは振動試験機、クリーンブース、電波暗室、熱真空試験機といった衛星の製造・試験に欠かせない設備がそろった施設で、福井県が整備した。2019年から2020年にかけて衛星3機を完成させ、いずれも打ち上げと国際宇宙ステーションからの放出に成功した。

福井県独自の小型衛星を打ち上げ

このように大学と共同で人工衛星をつくることで、県内企業がノウハウを蓄積すると同時に、福

井県は独自の県民衛星「すいせん」の製造にも取り組んだ。人工衛星の部品や完成品の製造ノウハウを蓄積するとともに、衛星データを活用したビジネスを新たに創出するためである。

まず、2016年に県民衛星の製造と有効活用を実現する組織として、「福井県民衛星技術研究組合」を設立した。組合は衛星製造グループ7社と衛星データ活用グループ4社との計11社で構成した⁸。衛星製造グループには、大学との共同研究に携わった4社に加え、小型衛星をつくるベンチャー企業のA社にも加わってもらった。

A社は2023年を目標に超小型人工衛星を10機飛ばし、地球を毎日観測する計画を進めている。県民衛星を単独で運用しても、同じ地点を約2週間に1回しか撮影できないが、衛星コンステレーションを形成するうちの一つの衛星になれば、同じ地点を毎日撮影できるようになるからだ。

福井県は、A社に人工衛星の設計と製造を委託し、県内企業はそれを学び、一部部品の製造を請け負うという役割分担とした。開発費は福井県が3分の2を、組合企業が残りの3分の1を、それぞれ負担することにした。

衛星データ活用グループは、人工衛星が撮影した画像を行政で利用するための「衛星画像利用システム」を開発した。すでにほかの衛星が撮影した画像データを活用し、県内の土地や森林などを



「すいせん」の1/2スケールの模型

継続的に監視し、どう変化しているのか表示できるようにになっている。今は、福井県庁内でシステムを自由に使ってもらい、どのような業務に生かすか検討中である。森林や河川の監視や環境保全、防災分野での活用を見込んでいる。

開発の費用は、衛星データ活用グループを構成する4社が負担している。福井県はシステムの利用料を支払うが、それだけでは各社は開発費用を回収できない。福井県以外の各自治体にシステムを販売し、収益を得る予定である。

福井県は今後、ほかの自治体や県外の大学、海外から衛星の製造を受注して人工衛星の生産を拡大し、人工衛星の製造に参入する企業を増やしたいと考えている。また、衛星データ利用システムの改良や受注にも取り組み、福井県を日本における宇宙産業の拠点としていく方針である。

⁸ 2021年8月時点では、衛星製造グループ6社と衛星データ活用グループ4社の計10社となっている。

2 衛星データの活用に事業機会を見出した企業

事例4 (株)ビジョンテック

○ リモートセンシングのデータを用いて農業経営を支援

代表者 山本 義春（やまもと よしはる）
創業年 1997年
資本金 2,000万円
従業員数 20人

事業内容 ソフトウェアの受託開発、情報提供サービス
所在地 茨城県つくば市
URL <http://www.vti.co.jp>

AgriLookで農場の将来を予測

(株)ビジョンテックは、ある企業でリモートセンシング事業に携わっていた6人が独立して始めた会社である。創業以来、リモートセンシングの研究開発を行い、衛星データの提供や加工、解析サービスのほか、衛星データを活用したシステムなどを提供してきた。

主要な製品に、観測衛星のデータを用いた農業支援システムの「AgriLook」がある。AgriLookは、日々刻々と変化する稲の生育状況や栽培環境をモニタリングし、高品質な米を効率的に生産するためのシステムである。このシステムを使えば、圃場の「現在」を詳しく観察できるだけでなく、気象データなどと組み合わせることで、圃場の「将来」を予測することができる。

例えば、ある圃場を選択すると、取得した衛星の画像をもとに稲の生育の状況や米のタンパク質の含有量を色の違いで見ることができる。生育の推移をグラフで表示することも可能である。毎日取得している気温・降水量・風速・日射量といった気象データと組み合わせ、過去の生育実績と比較することもできる。品種や移植日といったデータを入力すれば、幼穂形成期、出穂期、成熟期の予測が可能になる。

この結果、農家は経験や勘ではなく、データをもとに稲の栽培をすることで、コスト削減と米の

品質向上につなげることができる。例えば、稲の生育状況のマップを見て、生育が遅れているところにだけ肥料を追加すれば、コスト削減と品質向上の両立を図ることができる。米のタンパク質の含有量のマップを見て、害虫が発生していることがわかれば農薬をまいて駆除することも可能である。同じく、タンパク質の含有量のマップを見て、生育が進んだところから刈り取りを始めることもできる。

近年は、米の産地間の競争が激しく、食味ランキングで高いランクを得ることが販売の増加につながる。もし、評価サンプルに品質の低い米が混じってしまうと、ランクが落ちるおそれがある。こうしたことから、今は特に、米の品質を底上げし、高い水準で均一にするためにAgriLookが使われることが多いという。

主な利用者は、地方自治体や農業協同組合の営農指導員である。今は、900人ほどに使ってもらいながらシステムの実証研究をしている段階であり、同社は利用料を受け取っていない。システムの開発費や運用費は国の研究事業などに採用されることで賄っている。

ただし、2022年には国の研究事業ではなくなってしまう。そこで、同社は各自治体や農業協同組合と使用契約を結び、使用料を受け取る予定である。提供するサービスによって異なるが、利用料は年間120万円程度を想定している。15程度の地

方自治体や農業協同組合に使ってもらえれば、毎年の運用コストを賄える見込みだという。

衛星を組み合わせ雲の影響を除去

衛星の画像データは、米国Planet社の「Dove」を中心に複数の観測衛星のものを組み合わせて利用している。Doveは100機を超える衛星から成るメガコンステレーションで、毎日同じ場所を撮影できる。衛星データは配信会社から購入するが、無料の衛星データを利用することもある。

同社の特徴は、光学式の観測衛星で撮影した画像から雲を除去する技術をもっていることだ。一般に、光学式の観測衛星で地上を撮影すると天候によっては雲が写る。雲があると地上の様子はわからない。そこで、同社は同一地域を撮影した複数の衛星画像を組み合わせることで雲を取り除くプログラムを開発した。同社は、地表に投影された雲の影まで取り除くことができる。

衛星の画像や気象データは、同社がプログラムを組んで、同社のサーバーに自動的に蓄積し、そこで分析もしている。利用者はインターネットでサービスにアクセスすれば、いつでも情報を受け取ることが可能である。

農場の本当の姿を把握し精度を向上

同社は、リモートセンシングビジネスでは、生の画像データをどう加工し、どのようなサービスを提供するかが重要だと考えている。そのためには、発想力が問われるという。顧客にニーズを聞いても、衛星データをどう活用すればよいか、アイデアは出てこない。

提供するサービスを決めた後のシステムの開発には、衛星データをどう組み合わせ、どう処理するかという「処理技術」と、それをどう使うかという「開発技術」の二つが必要だという。処理



「AgriLook」の稲の生育マップ

技術は、長年蓄積してきたノウハウを従業員間で引き継いでいて、今は、知見をもった人材を新たに採用する必要はないほどだという。開発技術はソフトウェアの開発と同じ技術で、プログラムを組める人材がいれば開発することが可能である。

衛星画像をアルゴリズムで処理する技術さえあれば、AgriLookと同じような予測システムをつくることは可能だと山本義春社長は言う。同社の強みは、予測精度の高さである。20年間に蓄積した衛星データと、地上で把握した圃場ごとの品種と生育状況を結びつけて、予測のずれをシステムで修正しているのだ。

圃場ごとの品種は、同社のシステムを利用する営農指導員に確認してもらったうえでシステムに登録している。生育状況は、現場の農家や営農指導員にスマートフォンで画像を撮ってもらい、同社のサーバーに蓄積している。

衛星には寿命があり、運用が終わってデータが取れなくなったり、後継機が打ち上げられても仕様が変わり、従来のアルゴリズムを変更しなければならなくなったりすることも多い。こうした問題の解決に取り組みつつ、同社はこれからも圃場ごとの予測精度の向上を追求し、農家の期待に応えていく方針である。

事例5 (株)MASA

○ 衛星の測位情報を利用し、ゴルフ用距離計測器を開発

代表者 末永 雅士 (すえなが まさし)
創業年 2007年
資本金 2,800万円
従業員数 15人

事業内容 電子機器の設計、製造
所在地 東京都中央区
URL <https://masa.co.jp>

日本初のゴルフ用GPS距離計測器

(株)MASAは、創業以来「宇宙とメディアを融合したサービスの創造」を目指している。社名も「Media And Space Adventure」の頭文字をとったものだ。同社の最初のプロジェクトで、今も主力製品となっているのは、日本で初めてゴルフの距離測定にGPSを利用した「グリーンオン」シリーズである。

グリーンオンは、GPSの電波でプレイヤーの現在位置を確認し、あらかじめ登録したコースデータと照らし合わせて、グリーンセンターやエッジ、バンカーや池といったハザードまでの距離を表示する携帯型の端末である。

機種によっては、自分のショットの飛距離も測定できるほか、コースのレイアウト、目視できないハザード、グリーン周りの状況を知ること也有可能だ。グリーンオンを使えば、キャディがいなくてもプレイヤーは次のショットをどのクラブでどう打てばよいか的確に判断できる。

放送衛星の開発に携わった経験を生かし創業

同社を創業した末永雅士社長は、ある大手メーカーで放送衛星を中心に多くの衛星開発にかかわり、1995年宇宙担当の技師長に就任した。だが、その頃には、日本の衛星開発では、商業衛星の開発に関与できる機会が少なくなっていた。

そこで、末永社長は衛星を活用したビジネスを企業自身が立ち上げれば、衛星の開発を行うことができると考え、新たな衛星放送システムを考案

する。強力な電波を発する衛星と、電波が届かないところをカバーする地上中継器を組み合わせることで、携帯電話サイズの受信機があればどこでも見られる移動体向けの放送システムである。

このシステムの可能性を見出した日本の大手企業は、新たな衛星放送システムを実現するために、共同で出資して新会社を立ち上げた。末永社長は、その会社の取締役となって、システムの実現と事業化をリードし、2004年にはサービス開始に成功する。しかし、加入者が伸びなかったことから、ビジネスとしては成功に至らず、2006年に末永社長は取締役を辞任した。

その後、ゴルフのルールが改訂され、レーザーやGPSで距離を測定し表示する機器を用いることが認められるようになったとの記事を読む。自分の経験を生かしてGPSを使った距離計測器を開発すればビジネスになるのではないかと考え、同社を創業した。

台湾のメーカーに委託し製品化

末永社長が製品の開発に当たって追求したのは、小型で高精度な製品である。GPSの受信機と電子機器の組み合わせやソフトウェアの設計はスムーズに進んだが、同社には製造能力がない。要求水準を満たしてくれそうな企業をインターネットで探したところ、台湾のメーカーならできそうだとわかる。メールを送り、返信があったいくつかの工場を自ら訪問して構想や仕様を説明したところ、量産できるメーカーが見つかり、2008年に初代のグリーンオンを発売した。

最初に登録したゴルフ場のコースデータは500ほどで、航空写真や衛星写真を用いて、末永社長が登録したものである。その後、GPSを使って距離を測定することが一般的になったため、どのゴルフ場もゴルフ場のデータの取得に協力的になり、今では、国内のほぼすべてのゴルフ場と、日本人がよく行くアジアや米国など海外のゴルフ場の詳細なデータが登録されている。

また、発売当初は、金銭的な余裕がなく広告を出すことはできなかった。だが、タレントが番組で「最近欲しいもの」として取り上げてくれることが何度もあり、プレーヤー同士の口コミで売れるようになった。あるゴルフ用品の販売サイトでは、全商品のなかで半年間を通して最も売れた商品になったこともあるという。

精度を追求

2012年には、腕時計型のゴルフ用ウェアラブル端末「ザ・ゴルフウォッチ」を発売した。それまでのスマートフォンのような形状だと、ポケットから取り出して画面を見る必要があったが、腕時計型にしたことでより簡単にデータを確認できるようになった。ここでも位置情報の正確さを追求し、アンテナをバンドと付け根の部分に配置したり、ケースにアンテナの感度に影響を与える金属やカーボンではなく、樹脂を採用したりするな



「ザ・ゴルフウォッチ」

どの工夫を行った。

2016年には消費者向けのウェアラブル端末としては世界で初めて、日本の測位衛星である「みちびき」が送信するL1S信号を受信できるようにした。GPSの信号とL1S信号を組み合わせると、誤差1メートル以下の測位が可能になる。同社は、より正確な距離の測定を実現したのだ。

末永社長は、「衛星の電波を受信するアンテナの進化や受信機の小型化により、さまざまなハードで新たなサービスをつくることができるようになってきている。今後は、どのようなアイデアを生み出し、それをソフトウェアでどう実現するかというほうが事業化では重要になっている」と言う。これからも同社は衛星開発で培った経験を生かして、新たなサービスを開発していく方針である。

3 衛星の小型化・低価格化に協力する企業

事例6 高砂電気工業(株)

○ 流体制御機器の小型化技術でスラスターのバルブを生産

代表者 浅井直也(あさいなおや)
創業年 1959年
資本金 9,000万円
従業者数 257人

事業内容 流体制御機器等の設計・製造・販売
所在地 愛知県名古屋市
URL <https://takasago-elec.co.jp>

設計力と小型化技術が強み

高砂電気工業(株)は、バルブやポンプなど、流体制御機器のメーカーである。売り上げの約75%を分析装置向けのバルブが占め、血液分析装置用のバルブでは国内トップのシェアをもつ。

同社の強みは、マイクロリットルという微量の液体を制御できることと、バルブやバルブを搭載する基板を小型化する技術力をもつことである。バルブ、ポンプなど複数のコンポーネントを組み合わせ、一連の流体制御機能をパッケージとして提供している。

また、顧客が製品のコンセプトと希望の機能さえ示せば、設計から部品選定、試作品製造まで一貫して行えることも特徴である。こうした提案力を背景に、同社は、毎年400種類の提案書を作成している。多品種少量の生産体制を構築し、年間約2,000種類ものバルブを生産するという。

強みを生かし宇宙分野に狙いを定める

同社は新たな事業分野を開拓しようと、2010年代初頭から航空・宇宙分野の研究開発を始めた。航空・宇宙分野に狙いを定めたのは、バルブの技術が生かせると考えたからだ。しかし、航空分野は実績がないとなかなか採用してもらえない。そこで、宇宙分野に狙いを定めた。宇宙分野は技術開発の余地が大きく、実績がなくても採用

してもらえると、JAXAの事業開発部門で異業種参入を促進する担当者から助言を受けたからだ。

2013年から、宇宙に関する展示会に参加するようになったところ、JAXAから同社のポータブル培地交換システムを国際宇宙ステーションで使いたいと打診があった。宇宙用に開発し直して、納品したところ、宇宙分野で同社の知名度があがった。その頃国内外の企業から、実験装置だけではなく衛星部品の開発依頼も来るようになった。2016年には衛星の姿勢制御や軌道修正を行うスラスターに使用するバルブの製造を開始するまでになる。

同社の「HVA」シリーズは、スラスター専用バルブとしては世界最小クラスである。衛星コンステレーションの形成を計画する欧州の人工衛星メーカーを中心に、これまで7社に出荷した。また、日本の宇宙ベンチャーが手がけた衛星に同社のバルブが採用され、2019年1月に軌道投入にも成功した。これも、同社のホームページを見て、直接依頼があったものである。

2018年からは、日本のある中小企業と共同でスラスター本体の開発に取り組んでいる。経済産業省の「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」でその会社の社長と席が隣りになったことがきっかけである。このプロジェクトは、国の「宇宙産業技術情報基盤整備研究開発事業」にも採択されている。

事例7 峰勝鋼機(株)

○ (株)QPS 研究所と共に展開アンテナ用のばねを開発

代表者 竹山 良次 (たけやま りょうじ)
創業年 1959年
資本金 1,000万円
従業者数 11人

事業内容 ばねの製造
所在地 福岡県糸島市
U R L <http://minekatsu.jp>

どのような要望にも応える技術力

峰勝鋼機(株)は、金属製ばねの製造業者である。コイルばね、皿ばね、板ばねなどさまざまな種類のばねを、顧客の要望に基づき、1個から設計、製造している。

同社の強みは、顧客のどのような要望にも応えられる技術力である。設計では、ばねが設置されるスペースや使用環境に合わせて、ばねに要求される反発力や耐久性、予算を満たす材料や形状を選定する。職人の手作業でミリメートル単位の調整を行う一品生産のばねから、量産設備を使って数万本単位でつくるばねまで対応できる。

アンテナに用いるばねを共同開発

同社が人工衛星にかかわるようになったのは、2007年である。同社の林哲志会長が九州大学のある教授と産学連携で製品開発を行っていたところ、同大学の名誉教授で、(株)QPS研究所の共同創業者の一人だった八坂哲雄さんが、ばねのことを知りたいと同社を訪ねてきたのだ。

その後、2015年に(株)QPS研究所は小型SAR衛星の開発を始めたが、実現の要になったのがパラボラアンテナの新たな展開方式である。パラボラアンテナを広げた状態で衛星に搭載することはできない。小さく畳んでおき、宇宙空間で展開する必要がある。(株)QPS研究所は、パラボラアンテナのリブをばね状にし、アンテナのハブに巻き付けて畳み、ばねの反発力を利用してアンテナを展

開することを考え出す。こうすれば必要な部品数も故障のリスクも減らせる。問題はどうかやってばねをつくるかである。そこで、(株)QPS研究所から同社に開発の依頼があった。

同社がつくることになったのは、2メートルもの長さの板ばねである。八坂さんから求められたのは、ばねの精度を10分の1ミリ以下にすることである。同社がいつも扱っているばねの10倍の精度だ。これを(株)QPS研究所が開発する人工衛星の1号機、2号機でそれぞれ24本ずつ、つくることになった。

同社は、まず2メートルの板ばねの材料を調達するところから始めた。これほどまでの長さの材料は一般には売られていない。仕入先の材料メーカーに相談したところ、特別に対応してくれることになった。加工するときにも問題に直面した。材料からばねを切り出すときには、断面に熱が発生する。2メートルもの長さになると、熱の発生量も大きくなり、ばねの切り口や表面にどうしてもひずみが出てしまう。

そこで、このひずみをできる限り小さくし、求められる精度を確保するため、熱が発生しにくい切り出し方法を検討した。同社の職人が、工具や機械の速度、材料の切り方などさまざまな方法を試し、最終的には八坂さんが求める精度を確保できる加工方法を見つけることができた。(株)QPS研究所は、さらなるアンテナの軽量化とコストダウンを追求しており、同社もより良いばねづくりを続ける考えだ。

事例8 (株)昭和電気研究所

○ センサー技術や電子機器の制御技術を生かし、衛星の電源と制御システムを開発

代表者 河井 伴文 (かわい ともふみ)
創業年 1951年
資本金 7,200万円
従業者数 76人

事業内容 電子機器の設計、製造
所在地 福岡県福岡市
URL <https://www.showalabo.co.jp>

大学の衛星開発に協力

(株)昭和電気研究所は、画像処理装置や非破壊検査装置など電子機器のメーカーである。画像を認識したり音を検知したりするセンサーの技術や、装置を制御する技術に強みを持ち、設備やソフトウェアの設計から装置の製造、メンテナンスまで一貫して自社で行える。

同社が宇宙事業に携わったのは2004年からである。九州工業大学が開発する人工衛星に、太陽電池パネルを組み付けることになったのが始まりだ。また同じ年には、九州大学の人工衛星「QTEX-PR」の電力ユニットの設計を支援し、エンジニアリングモデルの製造にも携わった。

2010年には九州大学の人工衛星「QSAT-EOS」の開発に参加している。ここでは電力ユニットや衛星を制御するシステムの設計を支援するとともに、太陽電池パネルと各システムをワイヤーハーネスでつなげるといった作業を行った。このほかにも、国際宇宙ステーションや宇宙空間で用いられる実験装置もつくっている。

電力確保と信頼性を両立

こうした実績があったことに加えて、九州大学の人工衛星「QSAT-EOS」で、(株)QPS研究所の現社長である大西俊輔さんと一緒に開発した縁から、同社も(株)QPS研究所による小型SAR衛星の開発にかかわることになった。

同社が担当したのは、主に衛星の電源と電力や

人工衛星の姿勢を制御するシステムである。この開発で難しかったのは、省電力と機器やシステムの信頼性の確保とを両立することである。SAR衛星は電波を地球に照射し、地表で跳ね返ってきた電波をセンサーでとらえて地上を観測するため、光学衛星に比べ、多くの電力を必要とする。だが、小型衛星は発電量に制約があり、大型のSAR衛星に使われている電子部品を利用するのは難しい。例えば、従来のSAR衛星で使用されてきたCPUを動かすには電力が足りない。

そこで、同社と(株)QPS研究所は、これまで宇宙で使用されたことはないが、高性能で消費電力が小さい電子部品を用いることにした。ここで必要になるのが、宇宙での利用実績がない電子部品をロケット打ち上げ時の振動や地上と宇宙空間との温度差、放射線から保護し、正しく機能し続けられるようにすることである。

放射線については、さまざまな素材を試験するしかなかったが、振動と温度差については、電源機器がモータースポーツ用の二輪車で採用されたときの経験が生きた。ロケット打ち上げ時の振動は数分間のため、モータースポーツのように何時間も振動にさらされるのに比べれば、やさしい環境である。温度差も、二輪車のエンジン付近のほうが激しい。

(株)QPS研究所は3号機の開発をスタートさせている。同社も、引き続き省電力と信頼性の両立、軽量化に取り組んでいく方針である。

事例9 春江電子株

○ 産業用ロボット開発の経験を生かし、衛星の設計を担当

代表者 山口博司（やまぐちひろし）
創業年 1980年
資本金 1,500万円
従業員数 44人

事業内容 電子部品、産業用機械の製造
所在地 福井県坂井市
URL <https://www.haruedensi.co.jp>

多軸ロボットで工場の省人化を推進

春江電子株は、電子部品の製造業者として創業した会社である。創業以来、大手電機メーカー向けに半導体のはんだ付けやプレス加工、外観検査を行っている。2000年代に入ってから、熟練工や労働力の不足を予測し、産業用ロボットの開発に着手する。2015年には、組付作業を多軸ロボットで機械化する装置の開発に日本で初めて成功した。これは、人の手にあたる作業部にセンサーを組み込み、人の感覚に依存してきた高度な組み付け動作をロボットに再現させるものだ。こうした自動化装置は、顧客の工場の合理化や省人化に大きく貢献し、大手の自動車用部品メーカー、半導体メーカーで導入されている。

人工衛星の基本機能をつかさどるバス部を設計

手作業を機械化する技術力が評価されて、同社は福井県から「ふくい宇宙産業創出研究会」への参加を要請された。研究会では、福井県が招いた東京のある大学教授の講義を受けた後、研究室に赴き、衛星の製造に携わった。その後、研究会で衛星のバス部を開発することになると、同社は設計を担当することになった。

設計は、山口博司社長と多軸ロボットの開発を担当してきた技術者の西澤英樹さんが二人三脚で行った。同社はまず、衛星全体の構造やバス部の構造、サイズなど基本設計を行った。ロケットが大気圏を出るときの振動や10Gにもなる加速度に耐えるとともに、表面温度がマイナス150度から

プラス120度になる衛星の内部温度を電子部品が作動する範囲内に収まるように、設計とシミュレーションを繰り返した。特に品質とコストのバランスを取ることに注力した。

これまで同社は3機の衛星の設計に携わり、いずれも成功している。そのなかで、日本のテレビアニメ「機動戦士ガンダム」に出てくるキャラクターの模型を積み、国際宇宙ステーションから放出された超小型衛星（G-SATELLITE）は、特に課題が多かったという。縦横10センチメートル、長さ34センチメートルの衛星から宇宙空間に模型を放出しなければならないが、前例がほとんどないうえに、開発期間が約7カ月と、通常の1年に比べて短かったからだ。

模型を放出する機構には、モーターを使うことも考えられたが、真空中で正しく作動するモーターは少なく、故障する可能性がある。そこで、大学の研究者と一緒に検討した結果、ばねを使うことになった。模型を載せた台にばねをかませてテグスで固定し、これをニクロム線の熱で溶かし、ばねの反動で模型を放出するのである。同社は、この機構の設計を担当した。宇宙空間を想定した当初の実験では、低温の影響で成功率は75%程度にとどまったが、部品の素材や配置を見直すなどして、成功率をほぼ100%にできた。

同社は宇宙事業部を設け、県民衛星「すいせん」の設計を担当した宇宙ベンチャーから設計技術やシミュレーション技術を学ぶなど、衛星設計のノウハウをさらに蓄積するようにしている。

事例10 鯖江精機株

○ ミクロン単位の加工技術を生かし、小型衛星の筐体を製造

代表者 浅井 滋 (あさい しげる)
創業年 1963年
資本金 1,000万円
従業者数 137人

事業内容 産業用機械の設計、製造
所在地 福井県越前町
URL <https://www.sabaeseiki.jp>

高い加工精度でIT社会を支える

鯖江精機株は、産業用機械のメーカーである。眼鏡フレームを加工する機械の製造からスタートし、1960年代後半からは電子部品をつくる機械を製造している。パソコン用、携帯電話用など時代に応じて受注の幅を広げ、現在はIT機器、デジタル家電、自動車などで使用される電子部品をつくる機械が主力製品だ。

IT機器の小型化・軽量化に伴い、電子部品の加工機械には100分の1ミリから1,000分の1ミリ単位の精度が求められる。同社では、長年培ってきた技術力と最新鋭の機器で部品を加工し、組み上がったときの動きを想定しながら1,000分の1ミリ単位での調整を行うことで、要求される精度を実現している。

技術力を生かして筐体を製造

同社が人工衛星の製造に携わるようになったのは、福井県から「福井県民衛星技術研究組合」への参加要請があったからだ。宇宙産業という新しい産業を根づかせるため、県が主体になって取り組んでおり、同社としても何か貢献したいと考えたことや、宇宙に携わることには夢やロマンがあり、自社技術のPRになるのではないかと考えたことから、参加することを決めた。人工衛星の製造ノウハウを学ぶ「ふくい宇宙産業創出研究会」では、同社は衛星のバス部の筐体を製造することになった。高精度で加工できる自動機械をもち、1,000分の1ミリ単位で誤差を調整できる技術力

が役立つと考えられたからだ。

人工衛星の基本的な機能をつかさどるバス部は、筐体のなかに電子部品や機構部品を配置してつくる。同社は、筐体をどのような形にして、それをどうつくれば、強度や精度が確保しやすいかということ提案した。例えば、「この部分は2枚の板を組み合わせたほうがつくりやすく、強度や精度も高い」といった具合である。

同社は、福井県のプロジェクトに参加するに当たり、桐山勉相談役を責任者として宇宙事業専属のチームを立ち上げた。専属としたのは、一つの衛星の開発に約6カ月かかるなど、絶えず仕事がある状態であり、既存事業との兼務は難しいのではないかと考えたためだ。メンバーは当初、設計担当と製造担当が合わせて6人いたが、現在は設計担当が二人となっている。筐体の製造は、従来の業務との兼務でも足りるとわかったからだ。

筐体を設計するには、打ち上げるときの振動や宇宙空間での温度変化、放射線の影響などを十分に理解し、それぞれ対策を考える必要がある。設計担当者は、それまで宇宙事業に携わったことがなく、宇宙がどのような環境かも知らなかったので、大学の教授から講義を受けるなどして、一から学んでいった。

県民衛星「すいせん」では、一部の部品の製造にもかかわっている。また、福井県民衛星技術研究組合の構成企業の1社である宇宙ベンチャーからは、別途、衛星部品製造の依頼も来ており、その企業で勉強し、衛星製造のノウハウを蓄積するようにしている。

第3章 中小企業にとってのコンステレーションビジネス

第1章では、世界的に宇宙産業が成長していること、なかでもコンステレーションビジネスが注目されていること、日本では自立した宇宙利用大国を実現するために、民間企業の参入が期待されていることを述べた。第2章では、コンステレーションビジネスに取り組んでいる中小企業の例をみた。第3章では、事例に基づき、中小企業からみたコンステレーションビジネスの現状や課題を整理する。

1 中小企業の事業機会

コンステレーションビジネスに対する中小企業のかかわり方は、ほかのビジネスと同様、二つに大別できる。一つは、自らが主体となってビジネスを創出する方法であり、もう一つは協力企業や下請け企業として他社のビジネスに参加する方法である。前者は、さらに小型衛星を独自に開発・製造したり、衛星コンステレーションを形成したりするインフラ部分のビジネスと、衛星データを利用して新たな製品・サービスを開発するビジネスとに分けられる。

協力企業や下請け企業として宇宙ビジネスにかかわる中小企業はこれまでもみられたが、コンステレーションビジネスによって、中小企業が参入する余地は一段と広がっている。例えば、(有)オービタルエンジニアリングがコーディネートした「ほどよしプロジェクト」や、(株)QPS研究所のプロジェクト、福井県民衛星技術研究組合に参加している中小企業の多くは、人工衛星とは無縁だった企業である。いずれも、宇宙専用ではなく、それまで培った技術（民生技術）を応用して小型衛星の部品やコンポーネントの開発・製造に成

功している。日本の中小製造業には、小型衛星を安価に製造する力が十分にあると考えられる。

日本が「自立した宇宙利用大国」になるには、日本のものづくりを支えてきた中小製造業の力が欠かせない。言い換えれば、技術力のある中小製造業にとって、コンステレーションビジネスには多くの事業機会がある。

一方、小型衛星の製造やコンステレーションの形成などインフラ部門のビジネスは、高度な専門知識と多様な技術、資金が必要であり、中小企業が単独で立ち上げるのは難しい。

衛星の開発・製造では、(有)オービタルエンジニアリングや(株)QPS研究所や福井県民衛星技術研究組合の事例でみたように、プロジェクトの中心となる企業や人が、中小企業によるネットワークを組織したうえで、専門知識をもつ大学や研究機関、大企業と連携して開発を行うことが欠かせない。逆に、こうした体制をつくることができれば、小型衛星の開発・製造に中小企業が主体的に参加することは可能である。

しかし、コンステレーションを形成するとなると、数十億円、衛星の数によっては数百億円という規模の資金が必要になる。例えば、(株)QPS研究所は、これまでに30億円を超える資金調達を実施しているが、それでも全36機体制のうち、6号機までの資金の一部を賄えるにすぎないという。これだけの資金を集めるとなると、コンステレーションを確実に形成できると信じられるだけの技術力や実績が必要であり、一般の中小企業が参入することはまず無理だろう。夢のあるビジネスではあるものの、大企業を含めても参入する企業は少数にとどまるだろう。

衛星データを利用したビジネスは、最も新規参

入が期待されている分野であるが、実際に参入している企業は少ない。測位衛星のデータについては、GPSがすでに幅広く利用されており、中小企業による製品やサービスもめずらしくはないが、「みちびき」のデータを利用した製品はまだ少なく、日本の中小企業によるものとなると㈱MASAの製品くらいしかない。観測衛星のデータを利用したものも、実用化の例はまだ少なく、その少ない活用例も、㈱ビジョンテックのAgriLookのように、農業や漁業、防災など特定の分野に偏っている。

観測衛星のデータを利用したビジネスが少ないことは、「宇宙産業ビジョン2030」でも指摘されている。同ビジョンでは、その理由として、衛星データの継続性が必ずしも保たれていないこと、撮像の頻度が少ないこと、衛星データへのアクセスが容易ではないこと、衛星データの取り扱いには専門的な知識や技術が必要なことが挙げられている。そのため、㈱ビジョンテックのように、リモートセンシング事業の経験者でなければ参入が難しいというのが現状である。

これらに加えて、そもそも観測衛星のデータから何がわかるのかが十分に解明されていないこともあると考えられる。どのデータをどう加工すれば何の役に立つのかがわからないのであれば、製品もサービスも開発のしようがない。ユーザーも衛星データを問題解決に役立てようとは考えない。㈱ビジョンテックの山本社長も「顧客に尋ねても、新しいアイデアは出てこない」と言う。

衛星データの継続性や撮像頻度の問題は、今後コンステレーションが増えるにつれて解決されていく。また、2019年にTellusがサービスを開始したように、専門的な技術や知識がなくても、衛星データを利用するビジネスを創出する環境は次第に整っていくと思われる。しかし、最も重要なのは「この問題の解決に衛星は使えないか」「この地上のデータと衛星のデータを組み合わせたら面

白いのではないか」という柔軟な発想や想像力である。これは測位衛星のデータ利用でも同じである。IoTやAIが進化していくなか、中小企業も衛星データの利用について意識しておく、新たなビジネスにつながるかもしれない。

2 衛星の開発・製造は将来への投資

日本が自立した宇宙利用大国を目指すうえで欠かせないのが、小型衛星の開発・製造に協力する中小製造業である。インフラ部門が整備されてこそ、データ利用企業も活躍できる。中小製造業にとっても、コンステレーションビジネスの将来性を考えれば、衛星の開発・製造に参加することは魅力的だろう。事例企業のなかにも、宇宙ビジネスを将来の事業の柱として育てていこうとする企業がある。

例えば、高砂電気工業㈱は、人工衛星で用いたバルブの技術を、宇宙で食料やビールを製造する装置のバルブでも使えるよう研究を進めている。宇宙に滞在することがめずらしくなくなれば、宇宙でも地上と同じような食生活を送りたいというニーズが増えるからである。

しかし、現時点で衛星の開発・製造は儲かるビジネスであるとは言い難い。一つ一つの仕事をみれば、利益率が高いものも少なくないが、生産数量が少ないので、売り上げや利益の総額は小さいからである。どの事例企業をみても、衛星の開発・製造による売り上げは、全体の数パーセントを占めるにすぎない。

それでも、中小製造業が小型衛星の開発・製造に協力しているのは、コンステレーションビジネスをはじめとする宇宙ビジネスへの期待だけではなく、企業として成長する機会が得られるからだろう。具体的には、次の四つである。

第1に、知名度や企業イメージが向上する。宇宙ビジネスは注目度が高いため、マスコミでも取

り上げられやすい。また、自社のホームページで宇宙ビジネスに取り組んでいることを発信すれば技術力のアピールになる。その結果、報道記事やホームページを見て新たな仕事の引き合いがあったり、営業先に興味をもってもらえたりする企業が少なくない。

例えば、峰勝鋼機(株)は(株)QPS研究所のプロジェクトに参加していることをメディアで紹介されたことがきっかけで技術力の高さが知られ、新しい取引先から新たなばねの開発を受注した。

また、鯖江精機(株)では、福井県民衛星技術研究組合のプロジェクトに参加したことを知った大学や民間企業から宇宙で使う部品をつくってほしいとの依頼がいくつも来ている。宇宙関連だけではなく、精度の高い加工が求められる金属部品も受注している。

春江電子(株)では、産業用ロボットの新規顧客開拓に興味をもってもらえるようになったという。取引したことがない大手企業は、会ってもらうことすら難しかったのが、今では商談にこぎつけられるようになった。

知名度アップは、人材確保にもつながる。春江電子(株)や鯖江精機(株)では、「宇宙事業に携わってみたい」「技術力の高い会社で働きたい」と、地元の国公立大学からの応募が増え、毎年安定して採用できるようになった。

第2に、従業員のモラル向上である。宇宙事業にかかわることを通じて、多くの企業では仕事に対する従業員の熱意や責任感が高まり、宇宙事業を成功させた自信が社内の活性化につながっている。例えば、峰勝鋼機(株)では「難しい加工を実現した」「自分たちがつくったばねが宇宙で活躍している」ということが従業員の自信になり、社内に新しいものに前向きに取り組んでいこうという雰囲気生まれた。その結果、製造現場で提案が増えたり、従業員同士のコミュニケーションが良くなったりしたという。

第3に、新たな人脈や企業ネットワークが築ける。(株)QPS研究所のプロジェクトでは、九州の中小企業21社が衛星の開発や製造に取り組んでいる。福井県民衛星技術研究組合には、衛星製造グループ6社と衛星データ活用グループ4社の計10社が参加している。同じ県内であっても、衛星開発がなければ、出会うことのなかった企業同士が集まっている。また、各プロジェクトには、大学教授や研究機関も参加している。必ずしも全員が一緒にといいわけではないが、共同で開発や製造に携わるなかで、技術やノウハウを共有することもある。経営者だけではなく、プロジェクトに参加する従業員にとっても、知見が広がることは良い刺激になる。

第4に、技術力の向上である。人工衛星に使われる部品は、地上で使われる場合に比べて高い精度が求められる。人工衛星の傾きやセンサーの動きのわずかなずれが、地上では大きな誤差となって表れるためだ。また、一度宇宙に打ち上げてしまえば、不具合があっても修理することはできないため、高い信頼性や耐久性も求められる。こうした今まで経験したことのない開発を手がけるなかで、技術力が向上するのである。

峰勝鋼機(株)は、2メートルもの長さの板ばねをいつもの10倍の精度で加工するよう(株)QPS研究所から求められた。同社は、工具や機械の速度、材料の切り方などを工夫することで、ばねの切り口や表面にひずみが出にくい加工方法を開発し、要求に応えた。

春江電子(株)は、産業用ロボットの設計では考慮する必要のない、激しい振動や加速度、温度変化を織り込んで、設計とシミュレーションを繰り返した。また、産業用ロボットでは経験したことのない機構を設計した。厳しい環境で必要な機能を発揮するよう設計するノウハウや、品質とコストのバランスを取って設計するノウハウが得られたという。

このように、小型衛星の開発・製造に参加することは、企業の可能性を広げる投資という意味をもつ。だから事例企業は、すぐに利益にはならないとわかっているにもかかわらず、衛星の開発・製造に取り組んでいるのである。企業が成長するには、従来手がけてこなかった仕事をする必要がある。コンステレーションビジネスは、その有力候補といえるだろう。

本レポートではコンステレーションビジネスに的を絞ったが、第1章で述べたように、宇宙ビジネスは多様である。コンステレーションビジネスに関連するものだけでも、小型ロケットの製造や打ち上げ、多くの衛星を正確にコントロールする地上設備や衛星の電波を受信する装置、事故や故障で宇宙のゴミ（スペースデブリ）となった衛星やその破片を回収するビジネスなど幅広い。ほかにも、宇宙旅行や宇宙での実験や惑星の探査な

ど、さまざまな分野で欧米だけではなく、日本の企業もビジネスを展開し始めている。

宇宙というと、自分たちとは関係ないと思う中小企業も多いかもしれない。しかし、すでに我々は、宇宙を意識することなく、日常的にカーナビゲーションやスマートフォンの地図アプリを使っている。GPSの位置情報を利用して新しいサービスを生み出すベンチャー企業も少なくない。今後は、専門的な知識や経験がなくても、GPSの位置情報のように、観測衛星のデータを自在に使える時代が来るはずだ。これからは、自社やユーザーが抱える問題の解決に衛星データが使えるかもしれないと、頭に置いておくべきだろう。

宇宙ビジネスは、いまだ全貌が明らかになっておらず、不確実性も大きい。だが、それだけに参入の機会が多い。特にものづくりに長けた中小企業の方は、今まさに必要とされている。自社を成長させる手段として、宇宙ビジネスへの参入は選択肢の一つになり得るだろう。

日本公庫総研レポート No.2021-2

発行日 2021年8月26日
発行者 日本政策金融公庫 総合研究所
〒100-0004
東京都千代田区大手町1-9-4
電話 03(3270)1269

(禁無断転載)

