

# 宇宙利用の動向と今後の衛星技術

中村太一\* 小山 浩†  
 塚原克己\*\*  
 関根功治\*\*\*

Trends in Space Based Utilization Business and Technology

Taichi Nakamura, Katsumi Tsukahara, Kouji Sekine, Hiroshi Koyama

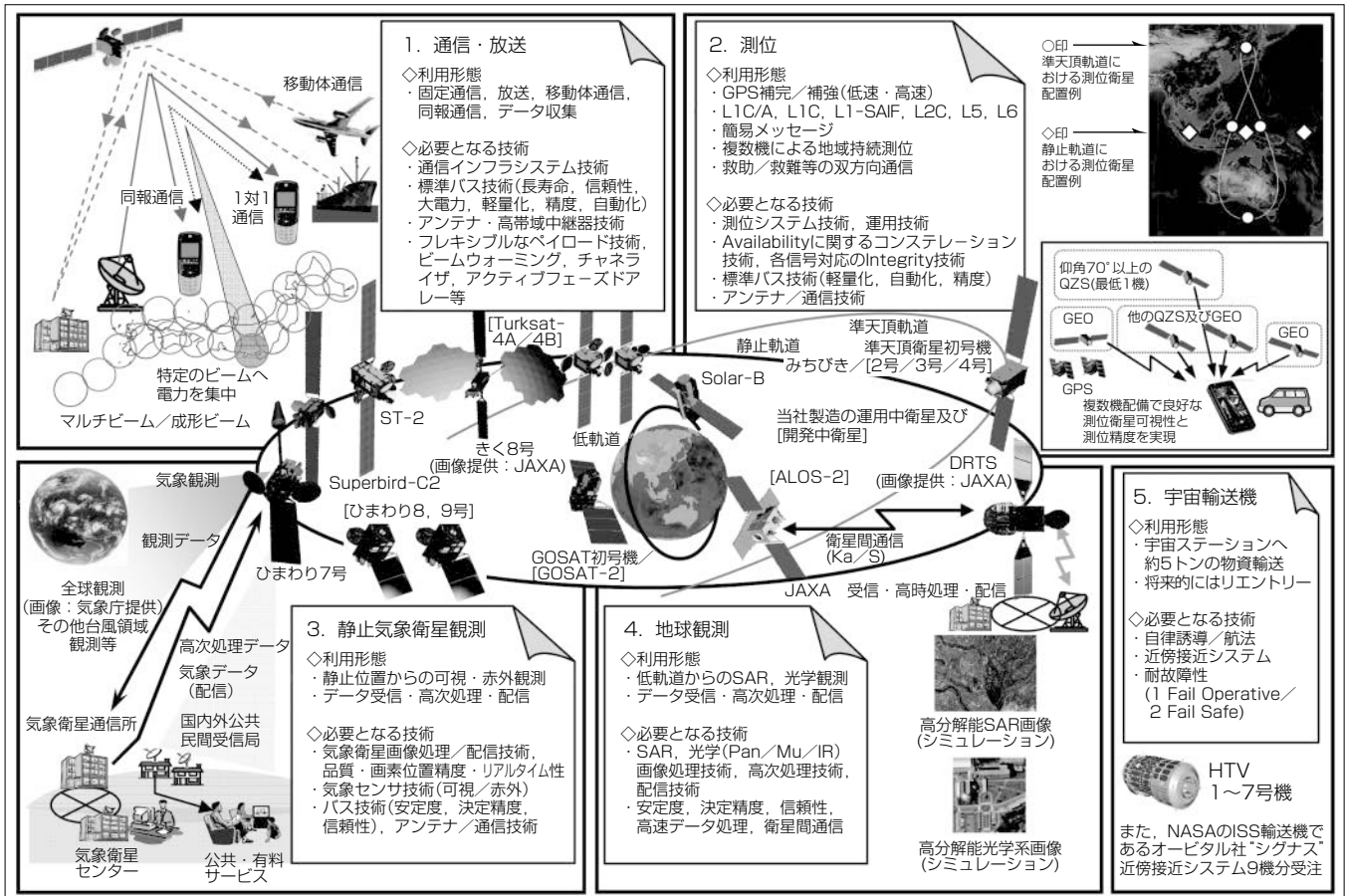
## 要 旨

2008年5月の宇宙基本法制定以降“経済的かつ戦略的な宇宙利用”という新たな方向性が示され、2013年1月の宇宙基本法改定では、“宇宙利用の産業振興”が重点課題にあげられている。市場という観点で世界に目を転じると、従来型の技術開発衛星や堅調な商用衛星需要とともに、先進国で計画中又は整備中の通信・測位・観測の衛星コンステレーションや経済発展する多くの新興国の衛星需要が大きく伸びている。企業としても、より実利用に重きをおいた宇宙インフラを国際競争力のある品質とコストで市場へ提供することが求められている。

三菱電機は1960年代の宇宙開発黎明(れいめい)期から現在まで450を超える国内外の宇宙プログラムに参画し、通

信放送・測位・観測・宇宙輸送・天文等の様々なミッションを提供してきた。当社は2008年の売上げ規模世界第8位(衛星メーカーランキング、国内では衛星・ロケットを含め宇宙産業全体で第1位)から2020年までにトップ5を目指している。国内外の宇宙利用動向を的確にとらえ、衛星単体の開発・提供だけでなく衛星を利用した総合システム開発を推進し、世界の衛星リーディングカンパニーの一員としての地位を築いていきたいと考えている。

本稿では、事業化・産業化を視野にいたした“利用される宇宙インフラ構築”の観点から、国内外の宇宙利用動向と、宇宙事業推進の核となる通信・測位・観測の宇宙三大利用事業に対する当社の取組みと技術開発の状況を述べる。



## 宇宙利用の動向と当社の宇宙システム利用への取組み

当社はこれまで450以上の宇宙プログラムで人工衛星や搭載機器を提供してきた。利用対象は通信・放送、測位、観測(陸域・海洋、環境、気象)、宇宙輸送機等多岐にわたり、国内官需のみでなく国内外の民需へも静止衛星システム、地上システム、搭載機器を供給してきた。今後10年の世界需要は特に各国の宇宙インフラ関連で高い伸びが予想され、衛星を核とした総合システムの構築を中核事業の一つとして取り組んでいく。

## 1. ま え が き

宇宙基本計画の改定が2013年1月に実施され、宇宙利用の産業振興が重点課題の一つとして提示された。この方針に基づき、宇宙利用の拡大を出口とした準天頂衛星による測位インフラの整備が開始されるとともに、測位に続く利用インフラとして、観測インフラ(防災衛星ネットワーク)の検討が開始されている。また、産業振興の一環として、宇宙産業市場における世界的な将来ニーズを見据え、通信衛星にかかわる要素技術の実証も計画されている。

本稿では、2章で宇宙産業のマーケット構造及び動向を述べ、3章で通信・測位・観測の各分野における当社の取組み、4章では市場拡大に向けた当社の生産能力と品質向上への取組みについて述べる。

## 2. 宇宙産業のマーケット構造

宇宙産業市場における主要構成要素は、図1に示すように①通信・放送、②測位、③観測(リモートセンシング)である。通信・放送マーケットは宇宙産業市場の77%を占めている。ターゲットとなる商用通信衛星市場は、今後10年間で約20B\$の需要が見込まれるが、Boeing, EADS/Astriumほかの欧米主要企業10社が市場を席巻している。測位マーケットは宇宙産業市場の15%を占めているが、測位安全保障の観点から、測位衛星自体は基本的に各国が独自に整備しており、マーケットは測位利用の市場がはるかに大きい。観測マーケットは一般的な予想と異なり、ほかのマーケットに比べて市場は8%と限定的である。安全保障をミッションとする観測衛星は主要各国ともに自ら整備するため、一般入札となる商用観測衛星市場は年間約165億円の規模にとどまっている。これは商用通信衛星市場の1/10程度である。また、各国の観測要求に的確に応えるためには、長期にわたる共同検討が必要となるケースが多く、随機的に衛星製造メーカーが決まる例が多い。当社としても、各マーケットの特性を考慮しつつ、産業競争力強化に向けた取組みを行う。

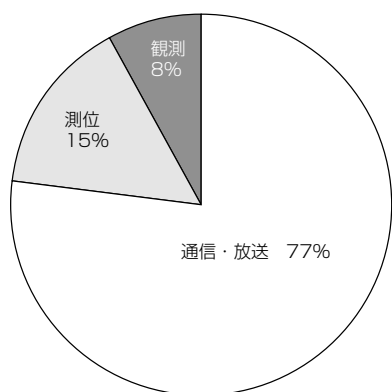


図1. 宇宙産業のマーケット構造<sup>(1)</sup>

## 3. 各分野の宇宙利用動向と当社の宇宙技術

### 3.1 通信分野における利用

通信・放送衛星技術は成熟した世界ではなく、欧米主要メーカーを中心に継続的な技術開発が推進されている。日米衛星調達合意以降、国内では継続的な技術試験衛星の開発機会が減少し、欧米との技術格差が拡大している。特に近年はKuバンドが周波数制約上飽和状態にある中で、新規の大容量通信需要を満たすKaバンドマルチビームによるHTS(High Throughput Satellites)が脚光を浴びている。例えば米国Viasat社、Hughes Network Systems社(Echostar社がその後買収)はそれぞれ6~7トン級の100Gbpsを超えるKaバンド衛星を打ち上げており、更にその倍のスループットの2号機の調達を開始している。このスループットが衛星1機で実現できれば、衛星・ロケット・地上局整備コスト、調達リスク(保険)、ユーザーの端末導入コストを考慮しても、光回線など地上インフラの新規導入コストに十分対抗することが可能であり、欧米のみならず新興国でも新しいビジネスを創出している(図2)。

一方、今回の新宇宙基本計画では、“我が国の宇宙産業の国際競争力の強化を図るため、将来のニーズを見据えて各要素技術について実証を行う。”旨が規定されている。世界商用通信衛星市場への参加権維持のためには、この施策に基づき、技術試験衛星シリーズによる継続的な開発と軌道上実証・運用実績を蓄積することが重要である。具体的には、大容量通信に適合した大型衛星バス、及び今後のトレンドであるKu/Ka帯でのマルチビーム技術・フレキシブルペイロード技術(利用者の増減に合わせ打ち上げ後にサービスエリアを自在に変更する通信技術)の開発・実証が必須と考えている(図3)。

また、図4に当社が開発した200Mbps級のチャネライザによるフレキシブル通信の例を示す。

### 3.2 測位分野における利用

準天頂衛星4機体制の整備(将来的には、持続測位が可

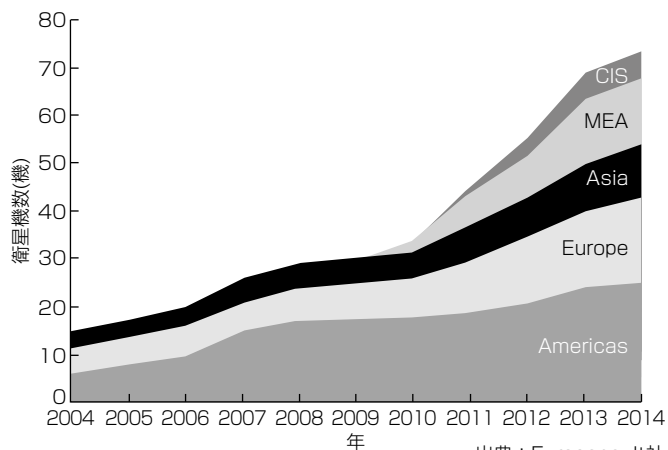


図2. Ka帯通信需要の動向(運用機数/コンステレーションを除く)

能となる7機体制を目指す)が2011年9月に閣議決定された。これによって準天頂衛星システムの整備も2013年3月から内閣府によって開始され、当社は衛星システム3機の整備、及び地上の衛星管制系、センチメートル級測位補強等の設備整備を担っている。準天頂衛星はGPSと相互運用性を持つ信号を送信するとともに(測位補完)、GPSによって得られる測位位置を補正し、高精度測位を可能とする信号を送信する(測位補強)。測位補強はGPS/Glonass/Galileo等の他の測位衛星にない準天頂衛星固有の機能であり、当社はセンチメートル級測位補強の利活用の拡大・推進を目指している。準天頂衛星初号機“みちびき”<sup>(2)</sup>で、センチメートル級測位補強の実証実験が実施され、日本国内で平均約2cmの測位精度が得られることが確認されている。

測位衛星インフラの継続、7機体制の構築に向けてはこのシステムの利用拡大が必須である。センチメートル級測位補強サービスによる、想定ユーザー規模と要求測位精度を図5に示す。高精度測位の実現は測量を初めとし、2020年頃には人・自動車の衝突回避、鉄道上下車両の分離と走行位置による安全運行管理等の大きなマーケットへの適用が期待される。また、2013年8月には高精度衛星測位サービス利用促進協議会(QBIC)も設立され、200社以上が準天頂衛星の利用活動に参画している。各測位ユーザーと連携を図りつつ、将来の海外への利用展開も視野に、必要な端末、

各種アプリケーション開発も含め、準天頂衛星システムの利用拡大・推進を図る方針である。

### 3.3 観測分野における利用

#### 3.3.1 陸域・海洋観測

世界的に観測衛星の利用が急速に拡大・浸透しつつあり、災害時の観測や森林監視、農業等への応用が進んでいる。

このような背景の下、陸域観測技術衛星2号(ALOS-2)<sup>(3)</sup>は、災害時などにおける公共の安全の確保、国土保全・管理に資する情報の提供、食糧や資源・エネルギー供給の円滑化、環境問題の解決への貢献等を目的として、(独)宇宙航空研究開発機構(JAXA)が打ち上げを予定しているLバンド合成開口レーダ(SAR)を搭載する観測衛星である。当社は主契約者として衛星、SAR及び地上管制・処理システムから成る全系取りまとめを担当している。この衛星は、高度628kmの太陽同期準回帰軌道を14日回帰で飛行し、アクティブフェーズドアレー(APAA)方式のSARアンテナを用いて、分解能3×1m分解能のスポットライト観測から観測幅490kmの広域観測までを行う。また、左右対称なセンサ配置と左右姿勢変更機能を加味することによって、観測可能な観測領域幅2,320kmを実現し、この衛星1機によって日本国土を1~2日の頻度で観測することを可能としている。ALOS-2衛星外観と合成開口レーダの性能比較を図6に示す。

また、低コスト・短工期かつ高性能な小型衛星の実現を目指す経済産業省のASNAROプログラムでは、2号機の

特集  
I

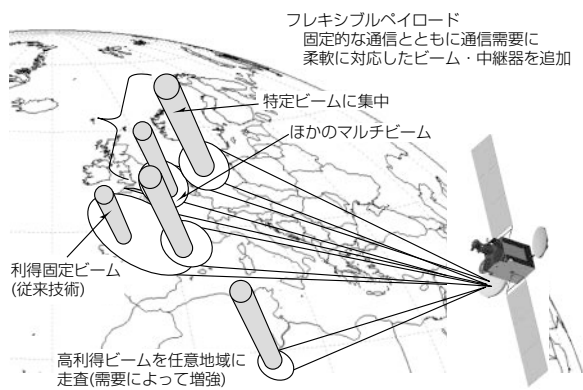


図3. フレキシブルペイロード技術

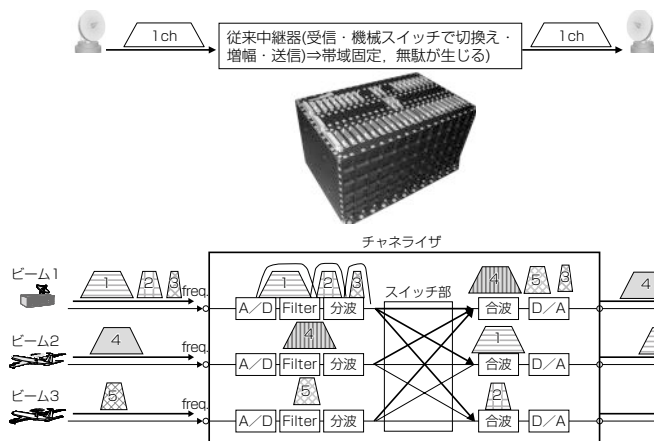


図4. チャネライザによるフレキシブルな通信系

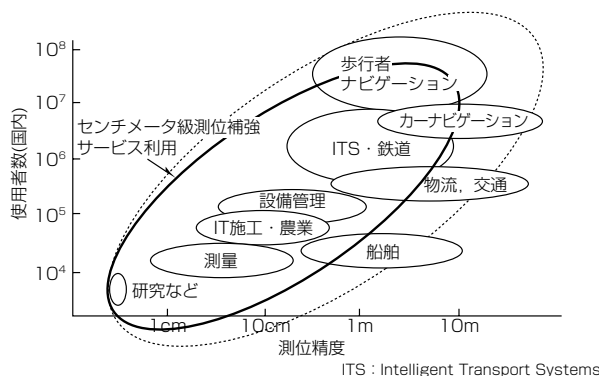


図5. 高精度測位ユーザーの規模



(画像提供: JAXA)

	PALSAR(だいち)	PALSAR2(だいち2号)
観測頻度(緊急観測時)	5日程度	1~2日
観測可能範囲	約870km(右側のみ)	約2,320km(左右観測可能)
分解能	10×10(m) (高分解能モード)	1×3(m) (スポットライト・モード) 3×3(m) (高分解能モード)ほか

図6. ALOS-2の外観と合成開口レーダの性能比較

XバンドSARミッションを当社が担当している。このSARはホーンアンテナ方式のコンパクトなものであるが、海外商用観測衛星並みの高精度な観測性能を実現する予定である。

今後、これらSAR衛星の開発・軌道上実証成果を取り込み、宇宙基本計画にうたわれている、光学衛星を含む観測衛星コンステレーションによる防災等での衛星利用の本格化に向け、実用衛星としての更なる品質向上を図っていく予定である。

### 3.3.2 環境観測

環境観測は全世界で取り組むべき重要な課題の1つである。衛星からのグローバルな観測データは、陸地・海洋・大気に見られる全世界レベルの地球環境を日々把握し、これらのデータを幅広い分野で解析・活用することに、大きく貢献している。

#### (1) 水循環の観測

日本の環境観測衛星は、欧米からアジアに至るまで裾野の広いニーズに応じており、マイクロ波放射計は、地球の水循環(水蒸気、海面水温、土壌水分、雪氷など)を観測し、地球環境の変化を捉えるほか、気象・降水予測など様々な分野で利用されている。当社は1987年及び1990年に打ち上げられた海洋観測衛星(MOS-1)に搭載されたマイクロ波放射計(MSR)、2002年に打ち上げられたADEOS-II搭載の高性能マイクロ波放射計(AMSR)、2002年に打ち上げられた米国NASA(National Aeronautics and Space Administration)の衛星Aqua搭載の改良型高性能マイクロ波放射計(AMSR-E)、2012年に打ち上げられたGCOM-W1<sup>(4)</sup>搭載の高性能マイクロ波放射計(AMSR2)を担当しており、継続的に性能向上を実現してきた。AMSRのデータは、米国、欧州、日本を始めとする全世界の機関・組織が実利用し、利用データ量は年間約300万ファイルに上り、日本のセンサによる貢献が国際社会の中で定着した事例となっている(図7)。

#### (2) 温室効果ガスの観測

地球温暖化防止のため、主要な温室効果ガスである二酸化炭素・メタンを測定する温室効果ガス観測技術衛星“いぶき”(GOSAT)<sup>(5)</sup>が、2009年1月に打ち上げられ、その観測データが地球温暖化・気候変動の解明に役立っている。全世界で約56,000点の観測ポイントからの貴重な観測データは、米国、欧州、日本を始めとする海外機関・研究者で日々評価されている。温室効果ガスの継続モニタリングは、人類のみならず全ての生態系が持続的な活動を続ける地球環境を維持する上で重要なテーマである。当社は引き続きGOSAT-2システムの開発を担当し、衛星単体だけでなく、衛星の運用と観測データを処理する地上システムの開発、さらに定常運用における観測データの校正検証にも継続的に取り組んでいく(図8)。

#### (3) 気象観測

気象衛星ひまわりの観測データは、国内のみならずアジア太平洋諸国の30以上の国や地域に配信され、これら地域

の気象業務に欠かせない存在になっている。当社は、運輸多目的衛星新2号(ひまわり7号)と地上画像処理システムの開発を担当し、2006年の打ち上げ後、現在も順調に運用を行っている。2009年には、気象庁からひまわり8、9号を受注し、現在8号機のPFT(衛星システム試験)を実施中である。表1に示すとおり、ひまわり7号と比較して可視+赤外チャンネル数、観測頻度、観測能力とも飛躍的に向上させた気象観測センサを搭載し、衛星の姿勢決定精度だけでなく、広帯域放射計視線決定系も適用している。同じ

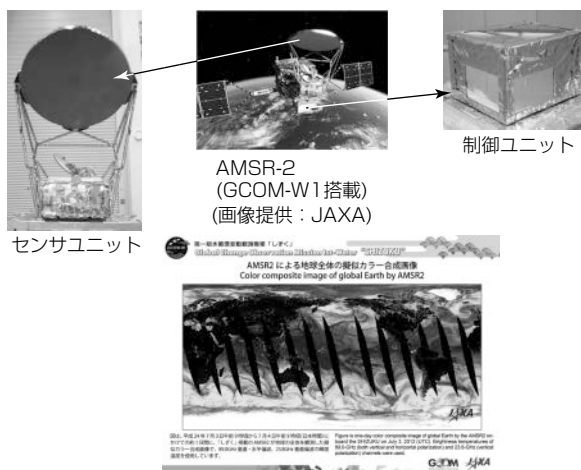


図7. AMSR-2と全地球カラー合成画像

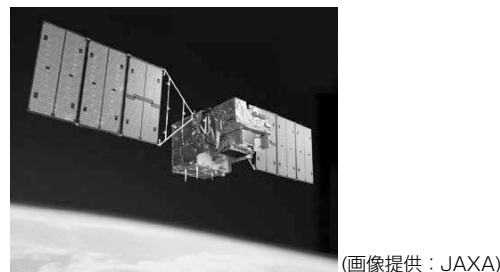


図8. GOSATの外観

表1. ひまわり7号からひまわり8、9号への性能向上比較

	ひまわり7号	ひまわり8、9号
	2006年2月	2014年及び2016年
衛星バス	DS2000	DS2000
姿勢決定系(AOCS) (姿勢決定精度:度)	ESA/FSS/IRU R/P:0.05, Y:0.15	STT/IRU R/P/Y:0.02
広帯域決定系(地上)	なし	ARS/ACC放射計視線決定系
打ち上げ質量(ドライ)/寿命	4,600kg(1,700kg)/10年	3,500kg(1,300kg)/15年
気象観測センサ(実績)	ITT社Imager(GOES-IP)	ITT-Exelis社 可視赤外放射計AHI (GOES-R:2015打ち上げ予定)
可視/赤外チャンネル数 (分解能)	可視1ch(1km) +赤外4ch(4km)	可視3ch/近赤外3ch (0.5km/1km/2km) 赤外10ch(2km)
観測頻度/対象	全球30分, 半球15分, その他の時間で局所 観測可能	10分間で(全球+日本領域+ 台風領域+GCP/積乱雲) 計50回以上を観測可能
ダウンリンク(データレート)	Sバンド(2.6Mbps)	Kaバンド(66Mbps)
衛星の コンフィギュレーション		 (画像提供: 気象庁)

放射計はGOES-Rにも搭載される予定であるがひまわり8号が世界に先駆けて2014年に打ち上げられる予定である。

### 3.3.3 天文観測

当社は、世界最大級・最高性能の光学赤外線望遠鏡(すばる)、国際プロジェクトALMA(Atacama Large Millimeter/submillimeter Array)計画ACA(Atacama Compact Array)(チリ)のサブミリ波電波望遠鏡の開発を担当した。

すばる望遠鏡は口径8.2mの世界最大級の光学赤外線望遠鏡であり、1999年の観測開始以来多くの成果をあげている。2013年には、ダークエネルギー計測を目的とするHSC(Hyper Suprime-Cam)計画で、望遠鏡の主焦点部に広視野化したカメラを搭載し、7月にはアンドロメダ銀河の画像が公開されるなど今後の成果が期待されている。

ALMA計画は、国立天文台を代表とする東アジア、米国立電波天文台を代表とする北米連合、ヨーロッパ南天天文台を代表とするヨーロッパの国際共同プロジェクトであり、日本は“ACA”と呼ばれる高精度の干渉計システムを構成する直径12メートルのアンテナ4台と直径7メートルアンテナ12台、サブミリ波を中心とする3種類の受信機、関連器などを担当している。2013年1月から本格的な観測を開始し、今後の成果が期待されている。

### 3.4 宇宙輸送

当社は国際宇宙ステーション(ISS)へ食糧・衣類・実験装置などの物資を輸送する“こうのとりのり” (H-II Transfer Vehicle: HTV)<sup>(6)</sup>の頭脳にあたる電気モジュールの開発・製造を担当している。HTVのISSとのランデブ技術は、技術試験衛星Ⅶ型(おりひめ・ひこぼし)で培った技術を基にしており、計画されている7機のうち4機のミッション運用を全て無事完了し、日本の技術力に高い評価を得ている。HTVは他の衛星を含めて、当社最大かつ貴重な量産機であり、この経験を商用衛星などの量産化に活用していく。

## 4. 生産能力と品質の向上

我が国の宇宙開発が従来の研究開発主体から、衛星利用を重視する方向に変わりつつある中で、衛星メーカーとしては、所定の品質の衛星を所定の工期で衛星利用者に提供することがますます重要な任務となっている。

当社は1990年代半ばから、商用通信衛星市場への参入活動を開始し、衛星生産一貫工場の設置を始めとする設計、製造、試験、運用の全フェーズにわたる設備投資、標準衛星バスの構築及び技術競争力強化のための開発投資、100.00%の成功率達成を目標とした品質力強化活動、QCD(Quality, Cost, Delivery)の総合的改善と連動した調達力の強化、セキュリティシステム、これらを支える長期的人材育成等の活動を総合的に進めてきた。

この結果、海外からの商用衛星受注を果たすとともに、通信・気象衛星や宇宙ステーション補給機(HTV)を始め

とする各種実用プログラムへの参画を実現し、実用衛星の生産経験を蓄積しつつある。今後、これらの経験・知見を国内の衛星利用プログラムで“実用衛星品質”として反映さ

せていくとともに、世界のメジャーとの距離を少しでも縮めるため、これまでの取組みを更に深化・発展させていく計画である。図9は、2013年3月に竣工した当社の新人工衛星生産棟の外観である。また、この特集号の“三菱電機の衛星ミッションサクセス“BMS100.00%”活動の歩みと成果”(p.41)では、当社品質強化活動の取組みについて述べる。



図9. 新人工衛星生産棟の外観

## 5. むすび

宇宙機器産業の立場からは、世界の宇宙マーケットで産業競争力を持つことが必須である。このことは“売れる製品”を持つこと、すなわち、技術、価格、納期、品質の全ての面で世界レベルの製品を作る能力を持つことと等価である。価格、納期、品質で世界に伍(ご)するためにはベースロードとなる規模の確保が必須と考えている。また、技術で世界に伍するためには、継続的な次世代技術の開発実証が不可欠である。ベースロード確保に向け、当社は各種宇宙インフラシステム事業に積極的に取り組む所存である。併せて、宇宙産業市場のユーザー動向を見極めつつ、継続的な技術開発に取り組んでいきたい。

## 参考文献

- (1) 日本航空宇宙工業会：平成20年度宇宙産業データブック(2009)
- (2) JAXAプロジェクト：準天頂衛星初号機「みちびき」  
[http://www.jaxa.jp/projects/sat/qzss/index\\_e.html](http://www.jaxa.jp/projects/sat/qzss/index_e.html)
- (3) JAXAプロジェクト：陸域観測技術衛星2号機「だいち2号」(ALOS-2)  
[http://www.jaxa.jp/projects/sat/alos2/index\\_j.html](http://www.jaxa.jp/projects/sat/alos2/index_j.html)
- (4) JAXAプロジェクト：第一期水循環変動観測衛星「しずく」(GCOM-W1)  
[http://www.jaxa.jp/projects/sat/gcom\\_w/index\\_j.html](http://www.jaxa.jp/projects/sat/gcom_w/index_j.html)
- (5) JAXAプロジェクト：温室効果ガス観測技術衛星「いぶき」(GOAST)  
[http://www.jaxa.jp/projects/sat/gosat/index\\_j.html](http://www.jaxa.jp/projects/sat/gosat/index_j.html)
- (6) JAXAプロジェクト：宇宙ステーション補給機「こうのとりのり」(HTV)  
[http://www.jaxa.jp/projects/rockets/htv/index\\_j.html](http://www.jaxa.jp/projects/rockets/htv/index_j.html)