

三菱電機宇宙事業の歴史

History of Space Business of Mitsubishi Electric Corporation



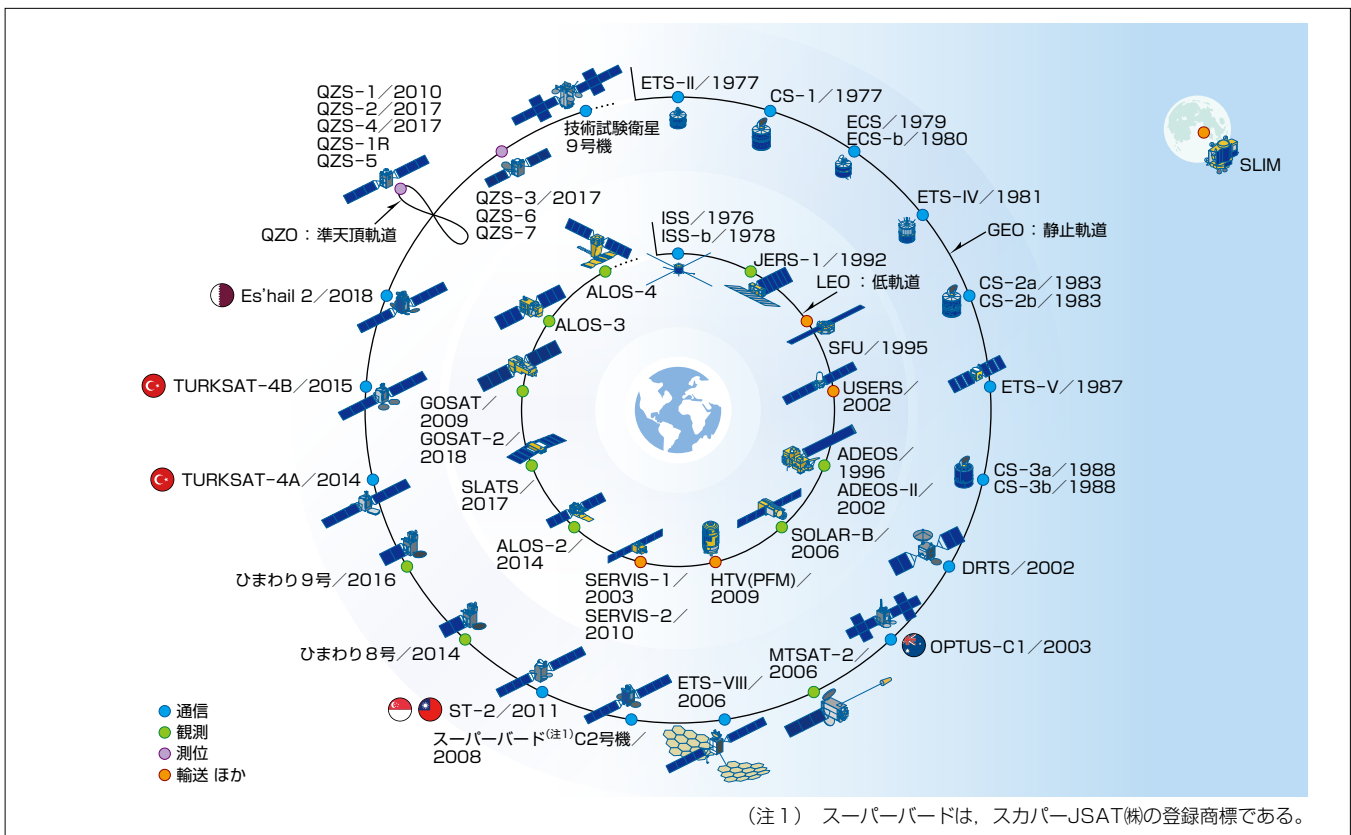
小山 浩*
Hiroshi Koyama

要旨

三菱電機は1960年代に宇宙事業に参入して以来、通信・放送、地球観測、宇宙科学、物資輸送、測位といった様々な分野の人工衛星、追跡管制局、大型望遠鏡等の開発・製造を行ってきた。“宇宙事業を通じて、豊かな社会の実現に貢献”をスローガンに事業を推進している。これまで、衛星システム主契約者として約70機の人工衛星の製造を担当し、開発した衛星搭載機器の海外輸出を通じて500機以上の国内外衛星プログラムへの機器搭載実績を持ち、太陽電池パドル、リチウムイオン電池等、世界市場で高いシェアを獲得している。また、日本の衛星メーカーとして初めて確立した標準静止衛星プラットフォーム“DS2000”の高信頼性は国内外で高い評価を得ている。

これまでの日本の宇宙開発の歴史で1988年の“米国宇宙

ステーション計画への参画”，1990年の“日米衛星調達合意”，2008年の“宇宙基本法及び宇宙基本計画の制定”，2010年代後半の“ニュースペースの台頭”“海外衛星の急速な技術進展”等，幾つかの大きな環境変化があった。特に，近年の衛星に対する高度なQCD(Quality Cost Delivery)要求に加えて，打ち上げ後の通信サービスエリア，機能・性能のフレキシブルな変更を可能にするデジタル化，フルソフトウェア化への対応要求はますます高まっており，更なる技術開発への取組みが急務である。当社は，宇宙事業を経営基盤強化に向けた主要事業の一つと位置付けており，これらの宇宙ビジネス環境の変化を踏まえつつ，幅広い分野にまたがる衛星・地上システムの製品群を開発・製造することによってグローバルな社会インフラ構築に貢献することを目指している。



当社宇宙事業の歴史

これまでに当社の開発した衛星システムを年代順に示している。図上で通信，観測，測位，輸送の各分野を衛星名称とともに区別している。当社は，衛星システム主契約者として約70機の衛星製造を担当し，500機以上の国内外衛星プログラムへの機器搭載実績を持つ。

1. ま え が き

当社宇宙事業は、1990年頃には研究開発衛星と衛星搭載機器の販売が中心の小規模事業であった。その後、市場環境の変化を捉えた事業展開によって、官需の確固たる事業基盤に加え、商用事業を拡大した。

2013年には、事業規模の更なる拡大を見据えた設備投資として衛星組立・試験棟を増築し、年間生産能力4機から8機への倍増を実現した。加えて、拡販体制の整備に取り組み、同年にシンガポールに海外営業拠点を設置し、アジア・パシフィック、中東地域をターゲットとした活動を進めてきた。2020年4月には衛星組立・試験新棟を増設し、年間生産能力18機への拡大を実現した。

当社は宇宙事業を経営基盤強化に向けた主要事業の一つと位置付けており、幅広い分野にまたがる衛星・地上システムの製品群によってグローバルな社会インフラ構築への貢献を目指している(図1)。具体的には、観測衛星による地球温暖化防止、気象現象・地球環境の監視強化、災害状況把握、防災への貢献、測位衛星による高精度な測位情報の提供、通信衛星による各地域の通信・放送インフラ発展への貢献、大型望遠鏡による宇宙科学への貢献等を挙げることができる。

2. 宇宙事業を巡る環境の変化と対応

2.1 初期の宇宙事業

当社は1960年代から宇宙事業への取組みを開始して、1965年に米国TRW社からインテルサットⅢ号機用搭載電力機器を受注し、1969年にNASDA(現JAXA)から電離層観測衛星“うめ”を衛星システムとして受注し、宇宙事業への本格的取組みを開始した。

事業開始当初は国産技術による技術試験衛星開発と海外からの技術導入による実用衛星の開発が中心であった。技術試験衛星は新規技術の開発・実証を通じて、実用衛星での国産化率を高める役割を担っていた。当社は主契約者

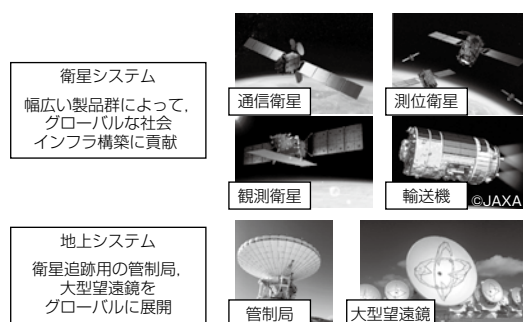


図1. 当社の宇宙事業

として技術試験衛星Ⅱ号“きく2号(ETS-Ⅱ: Engineering Test Satellite-Ⅱ)”, “きく3号(ETS-Ⅲ)”, “きく5号(ETS-V)”, “きく8号(ETS-Ⅷ)”等の開発を担当した。各衛星の打ち上げ年度、技術実証目標を表1に示す。

一方、実用衛星では、気象衛星を日本電気(株)、放送衛星を(株)東芝、通信衛星を当社がそれぞれ分担し、異なる米国メーカーの支援を受け、開発を行った。当社の担当した実用通信衛星は“さくら(CS: Communication Satellite)”に始まる“さくらシリーズ”である。2.3節に述べる日米衛星調達合意前の“さくら3号a(CS-3a)”, “さくら3号b(CS-3b)”までを当社が開発を担当し、中型の実用スピコン型静止通信衛星技術を確立した。

2.2 米国宇宙ステーション計画への参画

日本の宇宙開発の歴史での第一の環境変化は1988年の政府間協定による米国宇宙ステーション(International Space Station: ISS)計画への参画である。この計画への参画によって一定規模の予算(年間400億円規模)が毎年、継続的に投入されることになり、政府の宇宙関連予算の構造が大きく変わることになった。ISS本体に関しては、当社が持っていた電源技術をベースに“日本実験棟きぼう(JEM: Japanese Experiment Module)”に必要な電力を供給するための電源系開発を担当した。一方、ISSプログラムへの参画を機に日本の輸送機によるISSへのアクセス・物資補給・軌道上サービス等を行うために必要になるランデブ・ドッキング技術の研究が本格的に開始された。NASDA、NAL(現JAXA)及び当社で1980年頃から開始した“ランデブ・ドッキング技術の研究”の成果を踏まえ、1996年に打ち上げられた宇宙実験・観測フリーフライヤ“SFU(Space Flyer Unit)”でのスペースシャトルとのランデブ・回収運用に向けて、遠方ランデブ技術の開発が行われた。ここで、遠方ランデブとは宇宙空間の任意の地点に移動するための技術である。また、1997年に打ち上げられた“おりひめ/ひこぼし(ETS-Ⅷ)”でターゲット衛星近傍での接近、離脱及びターゲット衛星へのドッキングを可能にする近傍ランデブ技術の軌道上実証が行われた。両衛星で当社はランデブに必要な航法誘導制御系、地上運用システムの開発・運用を担当した。これらの実証成果、技術的知見をベースに宇宙ステーション補給機“こうのとり(HTV: H-Ⅱ Transfer Vehicle)”の開発が開始された。

表1. 技術試験衛星の実証目標

名称	打ち上げ年度	技術実証目標
きく2号	1977年	静止衛星打ち上げ、追跡管制、軌道保持、姿勢保持技術等
きく3号	1981年	同上
きく5号	1987年	H-Iロケット試験機性能確認、静止3軸衛星バス技術の確立等
きく8号	2006年	災害時通信手段の提供、移動体通信実験等

当社はSFUとETS-VIIで培った航法誘導制御技術をベースにHTVの航法誘導制御系を含む電気モジュール、地上のHTV運用管制設備、及びHTVのISS接近に必要なJEM搭載の近傍接近システムの開発を担当した。HTVの開発は1997年から開始されたが、スペースシャトルの事故等、宇宙ステーションプログラム自体の遅延もあり、初フライトは2009年になった。以降、2020年の実用9号機まで継続し、HTVプログラムは成功裏に終了した。HTVの開発を通じて、航法誘導制御系技術と有人対応技術を確立し、その技術はHTVの後継機である“HTV-X”(2023年打ち上げ予定)、小型月着陸実証機“SLIM(Smart Lander for Investigating Moon)”(2023年、月面へのピンポイント着陸を目指す)、火星衛星探査機“MMX(Martian Moons eXploration)”(2020年代前半の打ち上げを目的に火星衛星の観測、サンプルリターンを目指す)の実現に活用されている。これらランデブ・ドッキングの技術開発の道りを図2に示す。

2.3 日米衛星調達合意

第二の環境変化は日米衛星調達合意によって訪れた。1980年代以降の日米間の自動車、半導体分野等での貿易摩擦激化への対抗策として、米国は日本が打ち上げる政府実用衛星の市場開放を要求した。結果として1990年に日米衛星調達合意が結ばれ、日本国内で調達される政府実用衛星は国際競争入札が前提になり、技術力に勝る米国メーカーが国内実用衛星市場を独占することになった。これによって商用市場への参入を目指した国産実用衛星の開発は一時的にトーンダウンする形になった。こうした状況を打破し、事業規模の確保・拡大を図るため、当社は1990年

代後半、海外企業に伍(ご)する衛星システムメーカーになるため“インテグレータへの道”というスローガンを掲げて、商用通信衛星市場への参入に向けた活動を開始した。市場参入に向けて、海外通信オペレータへのヒアリングを重ねる中で、発注を受けるためには幾つかの要件を満たすことが必要であることが分かってきた。それは、高い製品競争力(品質、コスト、納期の観点で勝ること)を持った軌道上実績のある標準衛星を持っていること、及び製造工程の自在性を確保するため、自社に一貫生産体制を持つこと等である。標準衛星の課題に対しては、NASDAの指導の下に開発したデータ中継衛星“こだま(DRTS)”、“きく8号(ETS-VIII)”の開発成果をベースに社内開発を加え、静止衛星市場向け標準衛星プラットフォーム“DS2000”を確立し、標準化を推進することで短納期・低コスト化を実現した(図3)。一貫生産体制の課題に対しては、1999年に当社鎌倉製作所内に宇宙空間の真空状態を模擬する大型スペースチェンバー、衛星打ち上げ時の音響環境下での機能確認を行う音響試験設備、宇宙空間の電波環境を作って通信の性能確認を行うコンパクトアンテナテストレンジ等の設備の一つの建物内に全て備えた衛星一貫生産工場を建設し(図4)、当時国内メーカーでは唯一となる衛星の設計・製造・試験にわたる全行程を一貫して行う生産体制を整備した。

こうした取組みによって、DS2000を商用衛星市場へ投入し、欧米メーカーとの競合下で2000年に運輸多目的衛星“ひまわり7号(MTSAT-2: Multi-functional Transport SATellite-2)”を受注し、2005年には“スーパーバードC2号機”を宇宙通信(後にスカパーJSAT(株)に合併)から受注し、DS2000が初めて商用通信衛星に採用された。その後も2009年にシンガポール・台湾向け“ST-2”, 2011年

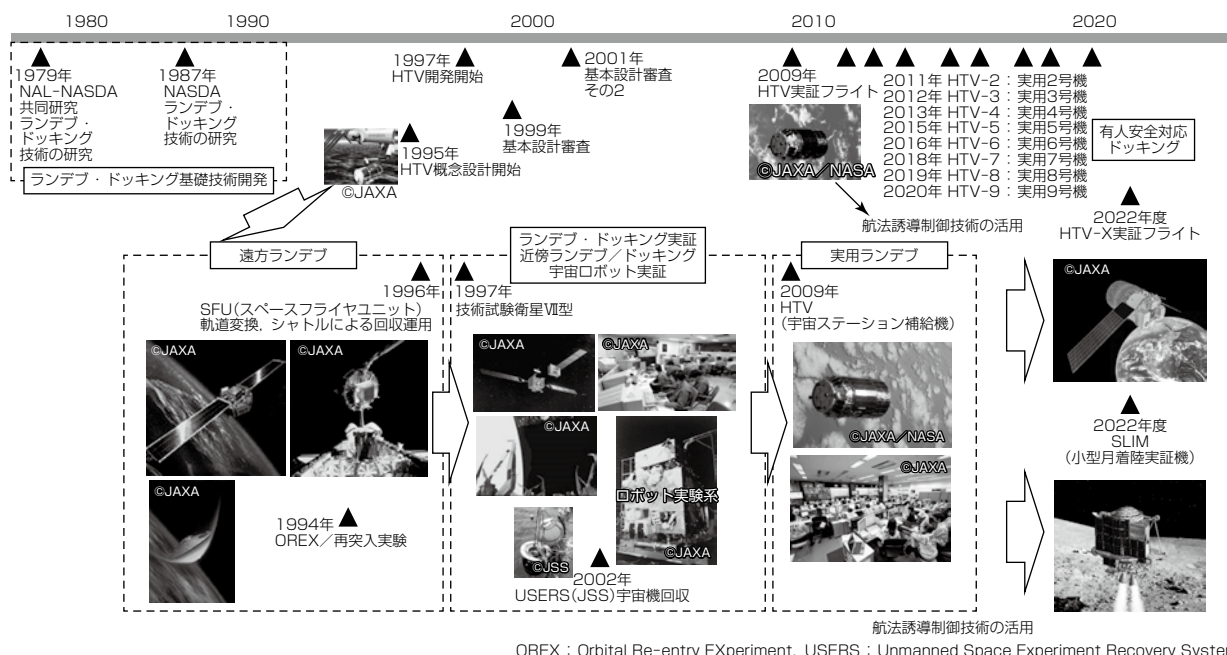


図2. ランデブ・ドッキング技術開発の道り

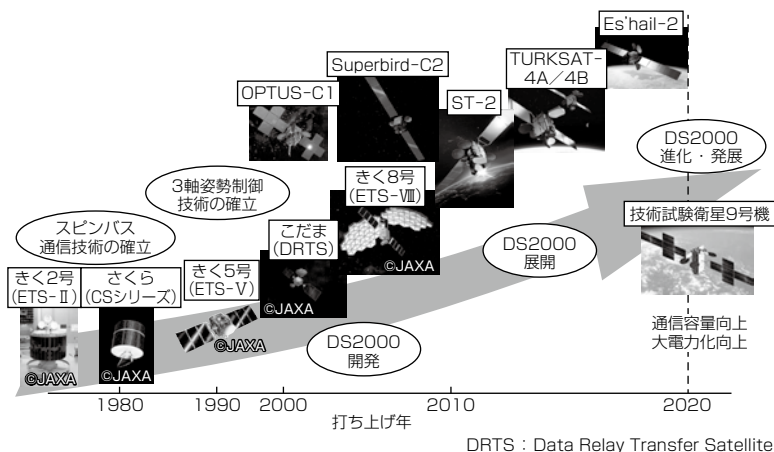


図3. DS2000の確立

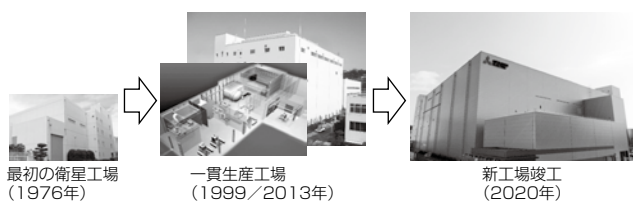


図4. 当社の衛星生産工場

にトルコ向け“TURKSAT-4A/4B”, 2014年にカタール向け“Es'hail 2”といった商用通信衛星を受注するに至った。また、DS2000は“ひまわり8・9号”, 準天頂衛星“みちびき(QZSS: Quasi-Zenith Satellite System)”等の商用通信衛星以外にも採用されている。現在ではDS2000を採用した衛星は打ち上げ前の衛星も含め国内外で23機になり、軌道上の衛星は2017年1月と8月にそれぞれ運用寿命を終えた“きく8号(ETS-VIII)”, “こだま(DRTS)”, 及び“ひまわり7号(MTSAT-2)”を除く全ての衛星がどれも順調に運用されており、運用年数は2020年6月現在で延べ105年を超えるに至っている。

2.4 宇宙基本法及び宇宙基本計画の制定

第三の環境変化は、宇宙基本法及び宇宙基本計画の制定である。これによって、“安全・安心で豊かな社会の実現”“安全保障の強化”“宇宙外交の推進”“先端的な研究開発による活力ある未来の創造”“21世紀の戦略的産業の育成”“環境への配慮”等の指針が規定され、その後の日本の宇宙政策の新たな方向性の基盤が築かれることになった。宇宙基本計画は2009年に初版が制定され2013年、2015年、2020年に改訂がなされている。2015年の改訂では、“宇宙利用の拡大”と“自律性の確保”が基本的方針として制定され、“安全保障・防災”“産業振興”“宇宙科学等のフロンティア”が三つの重点課題として識別された。この中で、準天頂衛星“みちびき(QZSS)”は“安全保障・防災”及び“産業振興”に資する日本の宇宙インフラとして計画され、2013年には“2010年代後半を目途にまずは4機体制を整備する。

将来的には持続測位が可能になる7機体制を目指すこととする”旨が閣議決定され、みちびき初号機に続く、追加3機の整備が開始された。図5に準天頂衛星外観と軌道を示す。QZSSは日本国内、アジア・オセアニア域への測位サービス提供を目的とした測位衛星であり、測位の安定性の向上、センチメートル級の高精度測位サービスの提供等を目標にする。当社はQZSSを主契約者として開発したほか、2013年3月には4機体制を目指した2～4号機を受注し、2017年に打ち上げを完了して初号機と併せて4機体制で運用中である。4機体制のサービスインイベントが2018年11月1日に実施され、これによって、日本国内で24時間、QZSSのサービスを受けることが可能になった。

また、現在、2023年の7機体制確立に向けて、5～7号機を製造中である。7機体制実現時にはQZSSだけで常に位置決定を行うことが可能になる。QZSS計画で当社は衛星本体、地上運用管制設備、高精度測位系の開発・整備を担当している。

QZSSの実用サービスインまでの道のりは平坦(へいたん)なものではなかった。QZSSに関する検討は1970年代に始まり、2000年頃には総合科学技術会議でQZSSを“産官の連携の下に推進する”との方針が決定された。これを受けて、2002年に当社ほか59社の出資によって準天頂衛星を活用し、通信と放送に測位を複合させたサービスを提供する新衛星ビジネス(株)(Advanced Space Business Corporation: ASBC)が設立され、民間による事業化判断の検討が開始された。最終的には継続的な国のインフラになる測位衛星を、後続機を含め民間が担うことは難しいとの判断に至り、政府によってQZSSの整備を行う旨の閣議決定になった。

宇宙基本計画では“産業振興”に関する施策として衛星システム・衛星搭載機器の輸出力強化に加え、裾野拡大に向けた宇宙システム利用の拡大も重要な要素として位置付けられている。宇宙システム利用の主要分野がQZSSの提供する高精度測位情報利用及び国内各種観測衛星の提供する

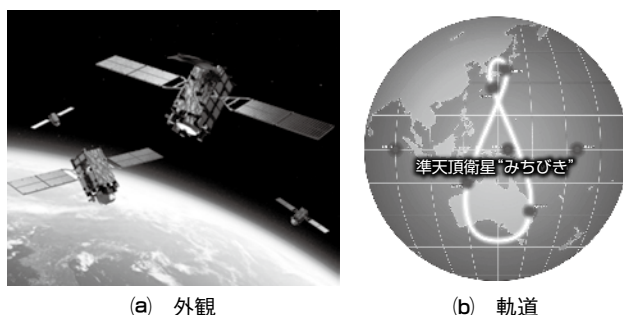


図5. 準天頂衛星

観測衛星画像データ利用である。

QZSSの提供するセンチメートル級高精度測位情報は今後の“スマート社会”実現に向け、新たな革新的サービス、新たな産業を生み出す可能性を持っている。当社は高精度測位情報利用拡大への取組みを推進、社会の高度化・自動化や安心・安全の向上に貢献するため、センチメートル級高精度測位用の端末の開発・販売、その活用が見込まれる自動走行、自動農業等、高精度測位の活用に向けた実証の推進、社会実装化の支援を行っている。ここで、高精度測位情報の主要利用分野である自動走行システムの実現

に際しては、宇宙インフラに加え、車載用の高精度測位端末と自動運転用の高精度三次元地図(ダイナミックマップ)情報の提供が不可欠である。この地図情報の整備・提供を行うことを目的として、当社は2016年、地図会社6社、国内自動車会社11社とともに、“ダイナミックマップ基盤企画㈱”を設立した。

観測分野に関しては、当社は気象観測を行う気象庁の静止気象衛星“ひまわり”に加え、JAXA指導の下、地表の様子を広域かつ高精度な画像として捉える先進光学衛星“ALOS-3”を始めとする光学観測衛星、夜間・悪天候下でも地表の様子をレーダで精細に捉えることのできる先進レーダ衛星“ALOS-4”を始めとする合成開口レーダ衛星、地球温暖化ガスを捉えることができる温室効果ガス観測技術衛星“いぶき(GOSAT)”、“いぶき2号(GOSAT-2)”のシステム開発に携わってきた。これまでに当社が開発に参画したレーダ観測衛星・光学観測衛星・環境観測衛星・気象衛星の系譜を図6に示す。

宇宙基本計画では日本の宇宙政策の目標の一つとして、“災害対策・国土強靱(きょうじん)化や地球規模課題の解決への貢献”が掲げられ、大規模災害や大事故への対応、老朽化するインフラの維持管理等への活用による災害対策・国土強靱化の推進、地球規模課題の解決への貢献、SDGs(Sustainable Development Goals)の達成が示されている。近年、自然災害の発生頻度と規模が深刻さを増しているが、当社は光学センサ及び合成開口レーダを搭載する複数の衛星を連携させた防災向け衛星観測ソリューションの提供を目指している。

2.5 ニュースペースの台頭と海外衛星の急速な技術進展

第四の環境変化の一つはベンチャーを中心とした小型衛星コンステレーション事業の登場である。これまでにない数百～数万の小型衛星を打ち上げる計画が提案・推進されており、IT業界等、他業種からの参入者主体に構成され

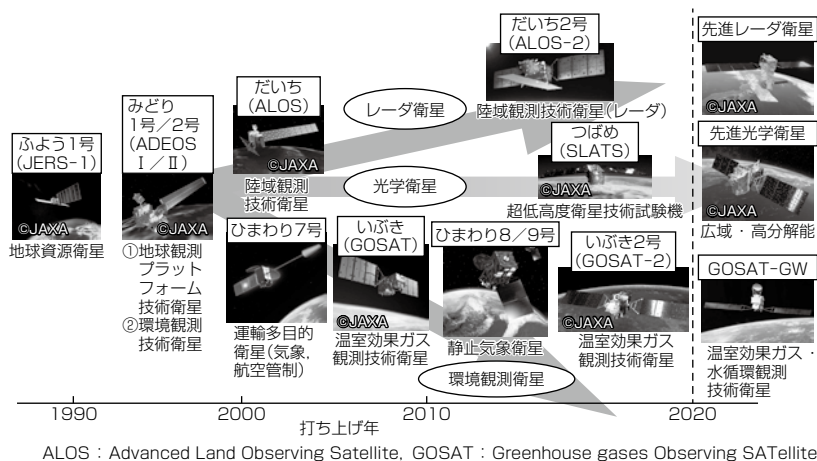


図6. 当社観測衛星の系譜

たニュースペース企業と従来の宇宙関連企業の連携が進み始めている。ニュースペース企業との新たな連携、大量の衛星の量産を前提とした製造方式への取組みが求められている。

また、商用通信衛星の世界を中心とした、デジタルパイロードによるフレキシブル化の流れはもう一つの大きな変化である。これらのデジタルパイロード機器を商用衛星に適切なコストで搭載することによって、通信需要やビジネスモデルの変化に対応することが可能になる。内部の処理を全てソフトウェア化することで、異なる地域のトラフィック需要変動に応じて、秒単位で地上から衛星パイロードの通信モード設定を変更できる。

今回改訂された宇宙基本計画では、衛星技術の開発・実証を戦略的に推進する枠組みとして、“衛星開発・実証プラットフォーム”という新たな仕組みが規定され、国内外の技術、市場、政策を調査分析した上で、将来のユーザーニーズを先取りした革新的で野心的な衛星技術の開発テーマを設定し、推進することが示されている。欧米の商用通信衛星に適用されている各種技術は、まさにこうした戦略的・長期的開発の成果である。このプラットフォームの今後の役割に期待したい。

3. む す び

当社の宇宙事業のこれまでの取組みの歴史を述べた。これら宇宙システムの開発実績、利活用への取組みを通じて、Society5.0で定義された“国及び国民の安全・安心の確保と豊かで質の高い生活の実現”“地球規模の課題への対応と世界の発展への貢献”“持続的な成長と地域社会の自律的な発展”に対して、貢献を果たしていく。

参考文献

- (1) 三菱電機技報, 94, No.2 (2020)
- (2) 三菱電機技報, 92, No.2 (2018)
- (3) 三菱電機技報, 90, No.2 (2016)