

巻頭論文

# 宇宙利用拡大と情報通信社会を支える先端技術



小山 浩\*



中村太一\*\*



小澤 正\*\*\*

Leading Edge Technologies to Support Utilization of Space and ICT Society

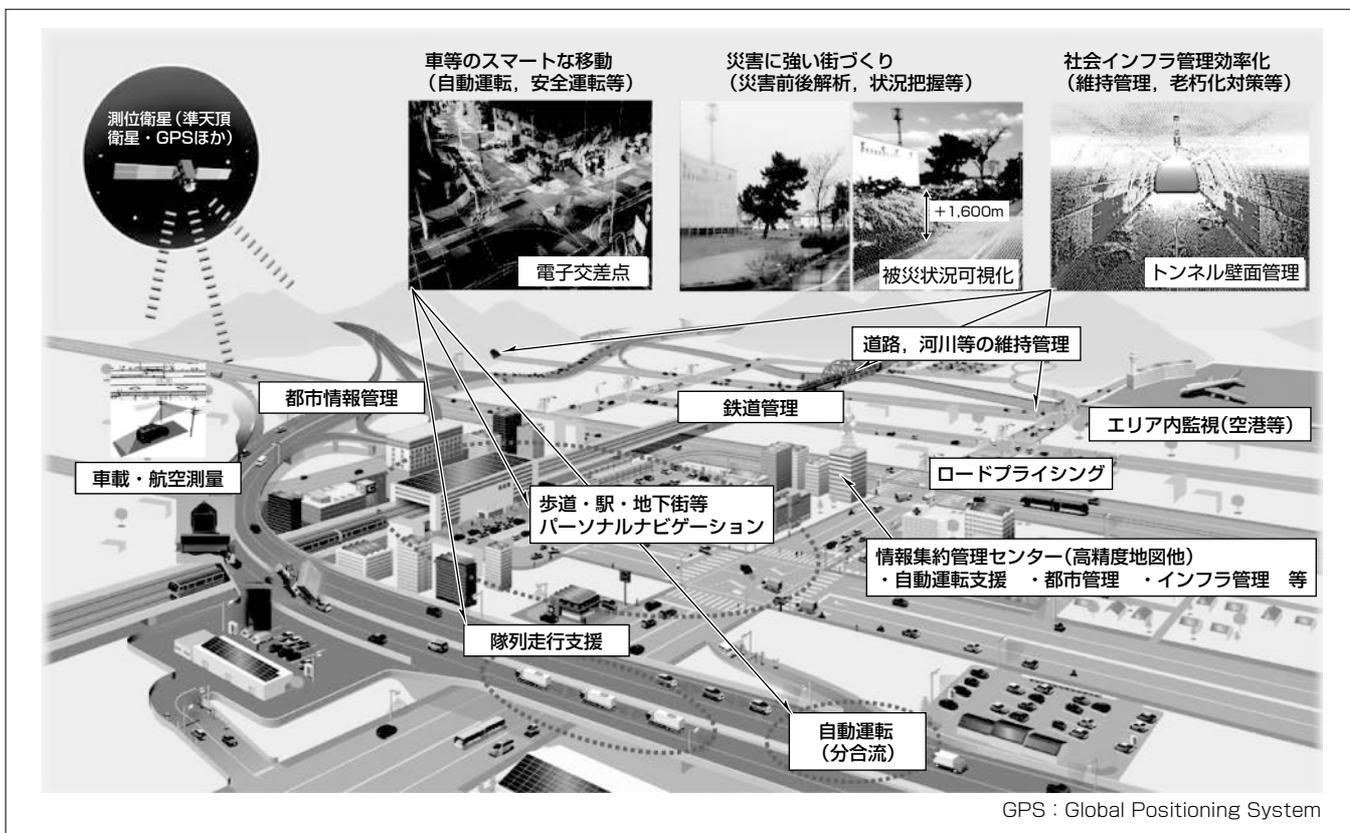
Hiroshi Koyama, Taichi Nakamura, Tadashi Ozawa

要 旨

2013年に制定された“宇宙基本計画”で、“利用を重視し、出口戦略を明確にした”宇宙政策の新たな方向性が提示された。この方向性をより具体的な計画として規定するため、“新宇宙基本計画”が2015年1月に策定された。“新宇宙基本計画”では、国内外における宇宙利用拡大を促進するため、長期的な展望に立った宇宙開発利用、及び産業基盤整備に関する中長期ビジョンが示されている。観測分野に対しては、公共・ビジネス利用に関するニーズ、利用の在り方を明らかにした上で、これに資する衛星群を継続的に整備する方針が示されている。通信放送分野に関しては、商用通信衛星市場が宇宙利用の最大のマーケットであるとの認識の下、国際競争力強化に資する先進的衛星・新規要素技術の実証、技術試験衛星のシリーズ化が挙げられてい

る。また、衛星測位分野に関しては、準天頂衛星の利活用が最大の課題であり、2018年頃を目指した4機体制の整備、さらに持続測位が可能となる7機体制の早期確立に加え、国内、及びアジア太平洋を中心とした諸外国における準天頂衛星利活用の推進が示されている。

本稿では観測、通信放送、衛星測位の各分野における宇宙利用動向、及びそれらに対応するための各種衛星に対する三菱電機の取組み状況を述べる<sup>(1)(2)</sup>。一方、2020年に開催される東京オリンピック・パラリンピックは、我が国における最新の宇宙利用技術の“ショーケース”として、その機会活用が期待されている。今後の急速な利用市場拡大が期待される衛星測位分野を中心に、宇宙利用技術の確立・拡大に向けた当社活動状況を併せて述べる。



衛星測位による三次元位置情報を用いたサービス

高精度測位社会では、三次元位置情報の活用が期待されている。準天頂衛星によって取得される高精度測位情報、観測衛星によって取得される広域観測画像等、多様な情報を三次元位置情報上に重ね合わせて処理することによって、安全・安心・防災に貢献する新たなサービス、新産業の創出が可能となる。

## 1. ま え が き

地上におけるICT (Information and Communication Technology) 技術の進展は、衛星がもたらす大量のデータの利用を大幅に促進しつつあり、また衛星側もこれに応える実用技術を蓄積してきている。

本稿では、観測・通信放送・測位といった主要衛星種別ごとにその利用動向を述べ、さらにこれらを実現するために必要となる衛星技術及び関連利用技術を述べ、当社の技術がどのように貢献しているかを述べる。

また、これらの各種衛星はもはや個別に利用されるというよりは、その複合データを地理空間情報として複合的に利用される時代に突入している。準天頂衛星による高精度測位情報はその核をなすものであり、その利用拡大に向けた当社の取組み事例について述べるとともに、地理空間情報の利活用を1つの基軸として我が国産業界の取組みについても述べる。

## 2. 観測衛星の利用動向と当社の技術

### 2.1 観測衛星の利用動向及びニーズ

宇宙を活用した地球規模の観測によって、国際社会と我が国が直面する大規模災害、資源、エネルギー、気候変動、環境、食糧等の各種地球規模課題の解決に貢献することができる。

陸域における地震・火山・台風による大規模災害に対する早期災害情報の把握、海洋における流氷、船舶運航に対する安全確保やオイル流出などの海洋汚染に対する監視等、衛星からの広域観測に対するニーズが高まっている。これらのニーズに対応するため、観測衛星には光、赤外、電波を使った様々なセンサが選別・搭載され、速報性、視認性、広域性の高い観測要求に対応している。高度な観測に対応するため、観測衛星は、搭載センサ性能の向上だけでなく、俊敏かつ安定した衛星軌道制御や多くの観測データをいち早くユーザーへ届ける衛星-地上局間の通信手段、地上に届けられたデータを利用者のニーズに合わせて画像処理する技術に支えられている。大気・気候観測では、マイクロ波放射計(MSR)によって、地球規模の水循環(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ことで、気象・降水予測など様々な分野で、欧米からアジアにいたるまで裾野の広いニーズに答えている。温室効果ガスの継続モニタリングは、人類だけでなく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情報を提供する。また、気象衛星ひまわりの観測データに関しても、国内だけでなくアジア太平洋の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となっている。

### 2.2 当社観測衛星及び関連利用技術

陸域・海洋観測分野では、2014年5月に陸域観測技術



図1. ALOS-2

衛星2号(ALOS-2)(図1)が打ち上げられ、搭載されたLバンド合成開口レーダ(PALSAR-2)によって、国土データの蓄積や災害時の状況把握のための観測が始まっている。PALSAR-2は、電波を用いたセンサであり、昼夜問わず、また台風や火山の噴煙等の大気状態が悪い場合でも観測できる特長とともに、Lバンド合成開口レーダとしては世界最高レベルの高分解能(1m)や広域(490km)の観測性能を実現している。またALOS-2は、基準軌道に対して±500mの軌道を保持できる自律軌道制御技術、800Mbpsという高速データ伝送技術等を備えることで高精度な観測データを迅速にユーザーに送る能力を持っている。さらに、これらの衛星運用を支える地上システムは、緊急事態に柔軟に対応し、ユーザーに配信する画像プロダクトの視認性をより高めるため、これまで培った画像処理技術をベースに構築されている。今後は、より高度なユーザーニーズに応えるため、多くの有効な情報を得ることができる判読性の高い情報提供を目指していく。

大気・気候観測分野では、海洋観測衛星(MOS-1)搭載のマイクロ波放射計(MSR)、環境観測技術衛星(ADEOS-II)搭載の高性能マイクロ波放射計(AMSR)、米国NASAの衛星Aqua搭載の改良型マイクロ波放射計(AMSR-E)に続いて、2012年に打ち上げられた水循環変動観測衛星(GCOM-W1)搭載の高性能マイクロ波放射計(AMSR2)を開発し、継続的な性能向上を実現している。AMSRのデータは、米国、中国、日本を始めとする全世界の機関・組織が利用しており、利用データ量は年間約300万ファイルに上る。また、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)の観測データは、地球温暖化・気候変動の解明のため、米国、中国、日本を始めとする世界50か国以上、2,500機関以上のユーザーに配信され、日々活用されている。“いぶき”の後継機では、当社は搭載センサを含む衛星システム、及び観測データ処理を含む地上システムの開発を担当している。

気象観測分野では、運輸多目的衛星2号(ひまわり7号)

に続き、2014年10月に打ち上げられたひまわり8号、2016年に打上げ予定のひまわり9号と地上画像処理システム開発を担当している。ひまわり8号は、可視+赤外チャンネル数、観測頻度、観測対象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、広帯域放射計姿勢決定系も適用している。同等の放射計は2016年に打上げ予定である米国の気象衛星GOES-Rにも搭載予定であるが、ひまわり8号が世界に先駆けて観測データを発信することになる。

3. 通信放送衛星の利用動向と当社の技術

3.1 通信放送衛星における市場動向、及び利用者ニーズ

世界の衛星通信・放送需要は今後も拡大基調にあり、大容量通信かつ長寿命(10~15年)を志向する静止衛星では、衛星電力及び質量が増大し、大型化する傾向にある。通信・放送事業者が高機能的な衛星を長期にわたり持つことで効率化を図ろうと企図していることが背景にある。

従来使用されているC帯、Ku帯は既に、周波数制約上飽和状態にあるが、これら帯域の通信放送衛星については継続的な切換え需要が期待される。一方、Ku帯より高い周波数帯のKa帯では、広帯域、狭ビーム幅による大容量伝送が可能のため、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 Satellite)の活用が注目されている。HTSは仏国Eutelsat社、米国Viasat社ほか、既に軌道上に衛星を配備して運用を行っており、ブロードバンド・インターネット、直接放送衛星など多様な用途に使用されつつある。また、衛星質量低減による打上げコスト削減を図るため、静止軌道への投入用推薬を不要とするオール電化衛星の技術(電気推進技術)も今後、不可欠な技術として普及しつつある。

3.2 当社通信放送衛星ラインアップと関連技術

当社は(独)宇宙航空研究開発機構(JAXA)委託によるデータ中継技術衛星(DRTS)、技術試験衛星Ⅷ型(ETS-Ⅷ)の開発成果をベースに、社内開発、衛星生産方式の標準化、工期短縮などの諸施策を実施し、衛星標準バス“DS2000”を確立し、DS2000バスの商用衛星市場への投入を実現した。DS2000バスを採用した通信放送衛星として、2005年にスーパーバード(注1)C2号機(SB-C2)を受注し、2008年に軌道上引き渡しを行った。さらに、2008年には日本初の海外市場向け国産衛星となるシンガポールと台湾の通信会社が共有するST-2を受注し、2011年に軌道上引き渡しを行った。その後、欧米の衛星メーカーと厳しい競争の下、2011年にトルコのTURKSAT-4A/4B 2機を、2014年にカタールのEs'hail2を受注する等、軌道上実績を積み上げ、国際市場における認知度を高めつつある。これらの通信放送衛星の通信系の帯域情報を表1に、また、代表例としてTURKSAT-4A/4Bを図2に示す。

SB-C2の通信系はKu帯であったが、その後に受注した

表1. 当社通信衛星の通信系帯域情報

衛星名	帯域
SB-C2	Ku帯
ST-2	C帯
	Ku帯(K1)
	Ku帯(K2)
	Ku帯(K3)
TURKSAT-4A	Ku帯
	Ka帯
TURKSAT-4B	C帯
	Ku帯
	Ka帯



図2. TURKSAT-4A/4B

衛星では時代の趨勢(すうせい)を反映し、Ka帯の搭載が要求される等、大容量通信に対応する技術開発が求められている。世界の商用通信放送衛星市場における国際競争力の維持・拡大には、次世代に向けた衛星バスの大型化、通信ペイロードにかかわる要素技術の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。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(衛星の打上後であっても利用者の増減に合わせてサービスエリア、及び各サービスエリアへの通信容量を自在に変更する通信技術)が特に重要である。海外技術レベルへのキャッチアップ、凌駕(りょうが)に向け、通信技術試験衛星によるこれら次世代通信技術の早急な開発、軌道上実証の実施が期待されている。

(注1) スーパーバードは、スカパーJSAT株の登録商標である。

4. 測位衛星の利用動向と当社の技術

4.1 測位衛星整備の国際動向、準天頂衛星の特長

GPS(米国)、GLONASS(ロシア)に加え、Galileo(欧州)、BeiDou(中国)等の測位衛星整備が進められている。我が国でも2011年の閣議決定を受け、準天頂衛星4機体制の整備、及び持続測位が可能となる7機体制に向けた検討が開始されている。準天頂衛星はGPSと互換性のある測位信号を天頂近傍から送信して安定した測位精度維持に貢献する

とともに、測位精度向上のための補正情報を送信(以下“測位補強”という。)して大幅な測位精度向上を可能とする。測位補強による高精度測位の提供が準天頂衛星システムのユニークな特長である。

#### 4.2 準天頂衛星の整備状況と提供サービス

準天頂衛星初号機“みちびき”が2010年に打ち上げられ、開発主体であるJAXAを中心に技術実証が、衛星測位利用推進センター

(SPAC)を中心に利用者・事業者の立場から準天頂衛星の効用を確認する利用実証が進められている。“みちびき”に加え、追加3機の整備が並行して進められており、2018年から4機体制での測位関連サービスの提供が予定されている。準天頂衛星から提供される主要な測位関連サービスは次のとおりである。

- (1) 測位補完サービス：GPSと同一信号を天頂から提供
- (2) 測位補強サービス：測位精度を向上させるための補正信号を提供
- (3) 簡易メッセージ・メッセージ通信サービス：災害時の緊急通信

当社は準天頂衛星システム3機の開発とともに、地上の運用管制設備、及び高精度測位補強設備の整備を担当している。現在2種類の測位補強サービスが計画されているが、当社は日本全土で数cm精度での測位を可能とするCLAS (Cm Level Augmentation Service)の整備を担当している。

#### 4.3 高精度測位補強と活用分野

通常の衛星測位では測位衛星の軌道推定誤差、電離層遅延等、複数の誤差要因によって、位置決定精度が劣化する。これら誤差に対する補正情報をリアルタイムで提供するものがCLASであり、“みちびき”での利用実証によって日本全土で数cm精度での測位が実現できることが確認されている。CLASは当社で手掛けていたFKP(Flächen Korrektur Punkt)方式によるcm級高精度測位サービスを基に、衛星配信用に独自の改良を加えたものである。CLASの仕組みを図3に示す。

衛星による測位情報の利活用分野は多岐にわたる。当社はcm級高精度測位の有用性に着目し、CLASを核とした新たな測位利用の創出・拡大を目指している。社内外の測位関係機関、利用ユーザーとの連携の下、自動運転支援、ロードプライシング、鉄道、パーソナルユース等と多方面への利活用検討を推進している。

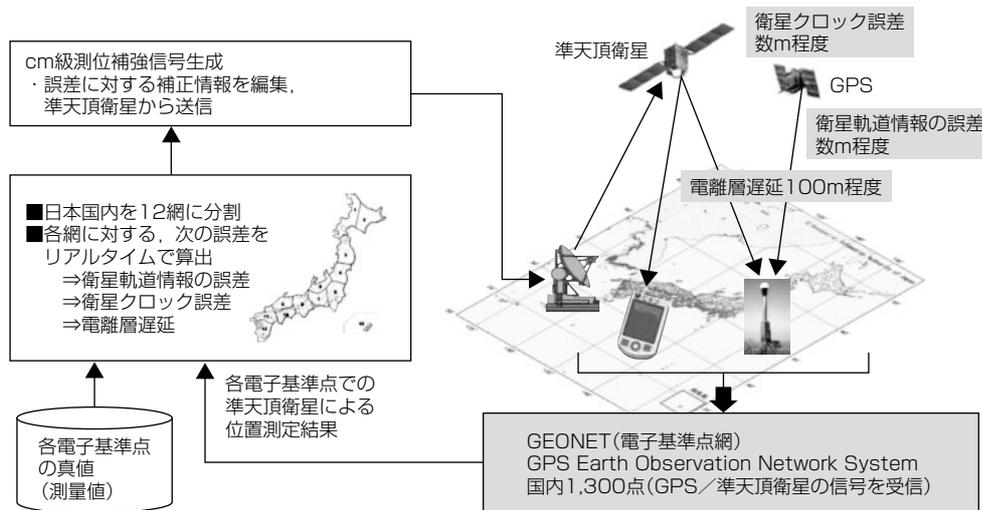


図3. CLASの仕組み



図4. MMS

### 5. 地理空間情報としての衛星利用の拡大

#### 5.1 準天頂衛星が拓(ひら)く高度情報化社会

これまで当社ではFKP方式によるcm級高精度測位サービスを手掛け、情報化施工分野向けなどにcm級高精度測位を利用したシステムを開発してきた。また、cm級高精度測位を利用した自律走行車を開発し、その発展形としてMMS(Mobile Mapping System)(図4)を製品化し、移動体測量という新たな分野を切り開いてきた。

しかしながら、MMSでは測位補強情報は計測後にダウンロードし、後処理で測位演算を実施するという非リアルタイムなアプリケーションにとどまっていた。

2018年からの準天頂衛星によるCLASサービス開始後は、日本全国でシームレスなリアルタイムサービスを提供することが可能となり、MMSもリアルタイムでのサービスや新たなアプリケーションを生み出すことが可能となる。また、その頃にはロシアのGLONASS、欧州のGalileoが整備されるとともに、GPSでも従来のL1C/Aに加え、L1C, L2C, L5といった民生用信号に対応した衛星(準天頂衛星はこれらの信号に対応している)の整備が進んでいく。マルチGNSS(Global Navigation Satellite System)環境が整うとともに、多周波・多衛星を利用するcm級高精度測位でも、民生用信号だけで高精度測位が可能となることは非

常に大きなメリットとなり、可用性が大きく向上すると考えられる。

世界的にマルチGNSS化が進むことでcm級高精度測位で使用する受信機も低価格化することが予想される。これまでcm級の位置情報を利用していたのがBtoB(Business to Business)市場の一部だけであったものが、BtoC(Business to Consumer)分野まで急速に拡大していく可能性が高い。準天頂衛星及びCLASによって、いつでも・どこでも・誰でもcm級の高精度な位置情報を活用できる時代が訪れるのである。

### 5.2 cm級高精度測位の利用構想

利用分野としては、先に述べたMMSのリアルタイム化が挙げられ、それはすなわち自律走行車＝自動運転につながるものとなる。既に各種センサを利用したレーンキープ等が実用化され始めているが、そこにcm級の高精度な位置情報を付加することで、更なる進化が期待される。産業競争力懇談会(Council on Competitiveness-Nippon: COCN)におけるサービスの検討では、これらの分野をモビリティ・ロボット(動体)と定義し、この分野に属するカテゴリとして、自動運転、高齢者・障がい者支援、ドローン自動運転、IT農業、ロードプライシング、ビックデータ収集等が挙げられている。高精度な位置情報を活用することで、これらの移動体の制御が可能になることが期待される。

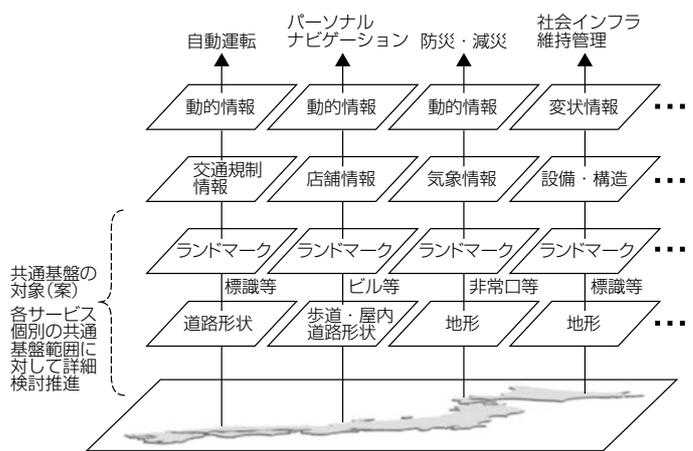
制御の前段階としてのナビゲーション(誘導)分野では、自動車ナビゲーション、パーソナルナビゲーション、地図整備・防災等のカテゴリでの活用が見込まれる。特に自動車ナビゲーションでは従来の方路でのナビゲーションから車線ごとのナビゲーションもcm級の位置情報によって可能になると考えられるため、更なる発展が期待できる。

また、先般のトンネル崩落事故を受けて、インフラ総点検が打ち出されるなど、社会インフラ(管理)分野として、社会インフラの維持管理、情報化施工、BIM(Building Information Modeling)/CIM(Construction Information Modeling)への利活用が求められている。これらの3分野は、独立しているものではなく、相互に連携している。cm級の高精度な位置情報の活用によって相乗効果が生み出されるものであり、我が国の産業・社会の発展に大きく寄与するものである。

### 5.3 産業界の連携

cm級の高精度な位置情報の活用に関する検討は、当社だけでなく産業界全体の関心事であり、SPACを中心とした高精度衛星測位サービス利用促進協議会(QZSS Business Innovation Council: QBIC)で各種アプリケーションの検討、標準化活動、実証実験が進められている。

また、どのアプリケーションでも端末側で高精度な位置情報が得られるというだけではシステムとして成立せず、これらに共通する高精度な地図データを利用することが前



出典：COCN 2014年度プロジェクト中間報告「3次元位置情報を用いたサービスと共通基盤整備」中間報告<sup>③</sup>

図5. 三次元位置情報の共通基盤

提となる。このため、COCNで、“3次元位置情報を用いたサービスと共通基盤整備”というプロジェクトが立ち上がり、高度情報化社会を実現するための共通基盤整備検討が進んでいる<sup>(3)</sup>。当社も参加している、このプロジェクトでは、各種アプリケーションの実現のため、これまで整備が進められてきた二次元中心の地図から三次元を中心とした高精度な三次元位置情報を含んだ地図への進化が検討され、共通的に利活用できる基盤の整備を目指している(図5)。

## 6. むすび

ICT技術の進展に呼応し増大しつつある衛星利用の動向を示し、これらを実現するために当社が蓄積してきた衛星技術及び関連利用技術について述べた。

また、これらの各種衛星利用の集大成として、地理空間情報としての複合的な衛星データ利用に向け、準天頂衛星による高精度測位利用を中核とした当社の利用拡大取組みについて述べるとともに、地理空間情報の利活用を1つの基軸として我が国産業界の取組みについても言及した。

衛星は、作って飛ばすことを第一目標とした時代から、飛ばして得られた付加価値によって評価される時代へと変化しつつある。当社は、我が国の衛星でのリーディングカンパニーとして、衛星開発だけでなく、利用による付加価値創出に照準を合わせ、世界的な衛星利用の拡大に今後とも貢献していく所存である。

## 参考文献

- (1) 三菱電機技報, 特集「飛躍する宇宙利用」, 85, No.9 (2011)
- (2) 中村太一, ほか: 宇宙利用の動向と今後の衛星技術, 三菱電機技報, 88, No.2, 100~104 (2014)
- (3) 産業競争力懇談会: 3次元位置情報を用いたサービスと共通基盤整備, 2014年度プロジェクト中間報告 (2014) <http://cocn.jp/common/pdf/thema69-S.pdf>