

巻頭論文

# 宇宙利用の新たな動向



長谷川広樹\*



村田 真\*\*

Space Related Technologies and their Application : Past, Now and Future

Hiroki Hasegawa, Makoto Murata

要 旨

これまで三菱電機技報では、この号と同様に数回にわたって“宇宙利用”をテーマとする特集号を発行してきた。正にそれに呼応して、急速かつ確実に宇宙が社会に身近なものとなってきている。

国際宇宙協力の象徴である国際宇宙ステーション(ISS)へ必要な物資を輸送するため、米国、ロシア、ヨーロッパに加えて、日本も独自の補給機を持っている。2014年以降、米国とロシアの補給機が相次いで打ち上げに失敗したが、日本は2015年8月に“こうのとりのHTV 5号”を予定通りISSにドッキングさせて無事に物資を運び入れ、世界の宇宙関係者を安堵(あんど)させた。

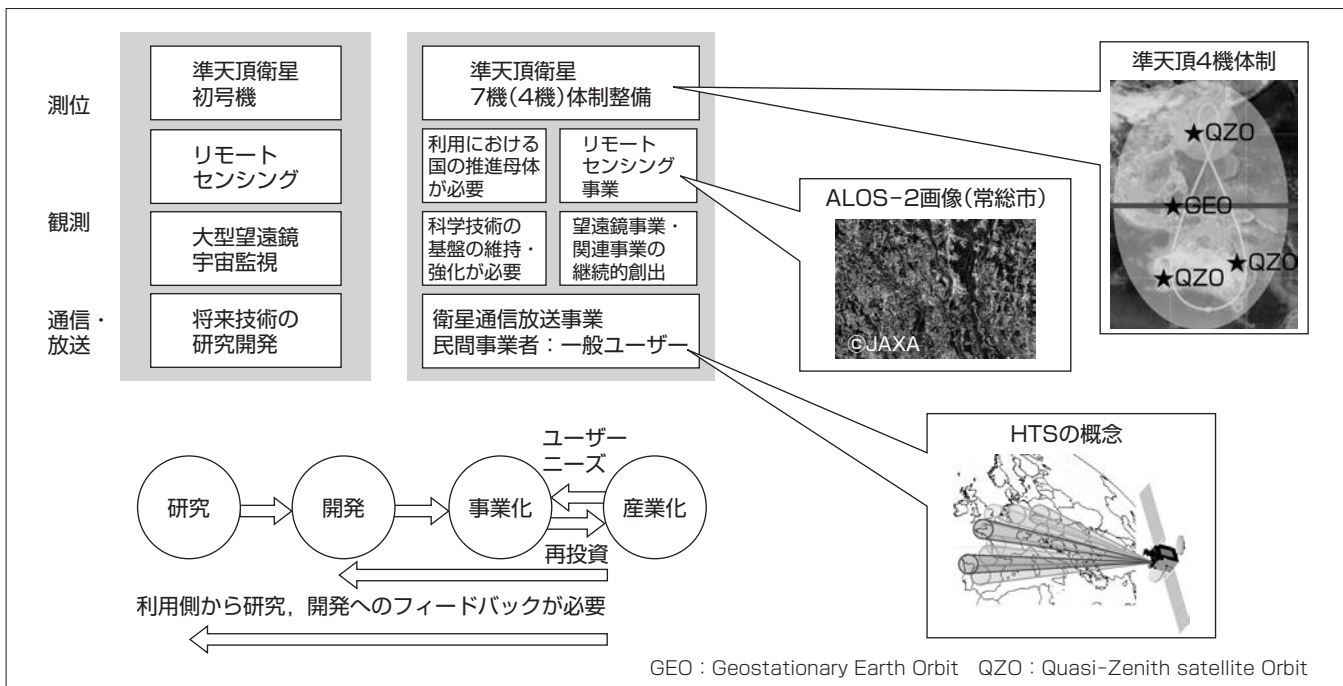
また、東京オリンピック・パラリンピックの開催を契機として、自動走行(自動運転)を含む新たな交通システムを実現する機運が高まっている。自動運転を含む新しい交通システムを実現するためには、高精度の位置情報が必要である。2018年度には準天頂衛星の7機体制の前段階としての4機体制が整い、準天頂衛星を使用したcm級の高精度

測位を常時利用することが可能となる。高精度測位情報と三次元地図情報を活用した自動走行・安全運転支援を実現することで、抜本的な対策につながり、事故や渋滞が大幅に減ることが期待されている。

2015年9月の栃木県での大雨災害では、“ひまわり8号”が撮像した画像が正確な気象予報のために活用され、ニュース番組でも繰り返し報道された。被害の全容は、情報収集衛星及び“だいち2号(ALOS-2)”が撮像した画像で明らかにされた。なお、情報収集衛星が撮像した画像が公開されたのは、これが初めてである。

通信は、最も古くからある衛星の利用分野であるが、後に述べるHTS(High Throughput Satellite)の出現で、新たな利用分野が開拓されつつある。

下の図に示すとおり、当社の宇宙事業の測位、観測及び通信・放送の3つの分野で、研究→開発→事業化→産業化のサイクルを回してフィードバックを行い、更なる成長を実現していく。



当社の宇宙事業の展開方針と利用の拡大

測位、観測及び通信・放送の各分野で、宇宙基本計画に示される方針に沿って研究、開発、事業化から産業化へのサイクルを積極的に展開していくことが必要である。科学技術基盤の整備及び利用における推進母体の整備については、関連機関との緊密な協力関係が必須である。また、利用側からのフィードバックも確実に研究及び開発に反映していく必要がある。

## 1. ま え が き

本稿では、まず当社の宇宙開発の歴史を振り返り、次に、宇宙を利用してかつ必要不可欠な存在になっている社会インフラについて最新の事業状況を述べる。さらに、将来に向けての技術開発と、それを基盤とした事業展開の方向性について述べる。

## 2. 当社の宇宙事業の歴史

当社は、衛星セグメントと地上セグメントの両分野で事業を展開している。前者は当社の鎌倉製作所が、後者は通信機製作所が担当している。

### 2.1 衛星セグメントの開発の歴史

衛星セグメントの開発の歴史を図1に示す。当社の衛星の国際的な位置付けを明確にするために、広く市場が開放されている商用通信衛星と、各国が参加している宇宙ステーションの2つの分野を中心に次に述べる。

#### (1) 1960～1970年代

当社の宇宙事業は、1965年のINTELSAT-Ⅲ (INternational TELecommunications SATellite organization-Ⅲ) 搭載の電力制御器の受注に始まった。そして1969年に設立された宇宙開発事業団 (NASDA, 2003年に現在の国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構 (JAXA) に改組) から受注した電離層観測衛星：うめ (ISS) から衛星開発を開始した。

当時の国際情勢から、静止軌道上に日本の衛星を確保するため、いわゆる“GCB (気象衛星 (GMS), 通信衛星 (CS), 放送衛星 (BS))”の開発が1973年に決定された。当社は

1974年に通信衛星：さくら1号 (CS-1) を受注し、米国から習得した技術を基に開発を行った。

#### (2) 1980年代

それまでのスピン制御に対して、衛星の大型化に必須となる三軸姿勢制御の技術開発のためにドイツから技術導入を行い、1983年に技術試験衛星 V 型：きく 5 号 (ETS-V) の衛星システムを受注した。

また1988年には、日本が米国の宇宙ステーション計画へ参加することが決定し、当社も宇宙ステーション及び補給機 (HTV) の開発に参画することとなった

#### (3) 1990年代

先に述べたとおり、日本の初期の衛星開発は欧米からの技術導入を基盤としていた。1990年に、当時の貿易摩擦を背景として“非研究開発衛星の調達手続等について”の日米合意がなされ、GCBは全て国際競争入札で調達されることになった。そのため、当社を含む国内の衛星メーカーは商用通信衛星市場から実質的に排除された。

#### (4) 2000年代

JAXAを初めとする関係機関からの指導の下、2002年に打ち上げたデータ中継技術衛星：こだま (DRTS) 及び2006年に打ち上げた技術試験衛星 VIII 型：きく 8 号 (ETS-VIII) の開発を通して、標準衛星バスの確立を図った。その後、欧米の衛星メーカーを国際競争入札で破り、運輸多目的衛星：ひまわり 7 号 (MTSAT-2, 2006年に打ち上げ)、商用通信衛星として初めてスーパーバード C2号 (SB-C2, 2008年に打ち上げ) を受注し、標準衛星バス DS2000 を確立した。

2008年には宇宙基本法が制定され、内閣府に新たに設立された宇宙開発戦略本部によって衛星の実利用インフラ化



が強力に促進され、宇宙は“開発”から本格的な“利用”の時代に入った。

2009年にはJAXAの指導の下、このとり初号機(HTV技術実証機)の運用が成功し、日本の技術力が欧米に比肩し得るものであることが示された。

(5) 2010年代

2010年に、JAXAの準天頂衛星初号機(みちびき)を打ち上げた。また、2011年にはシンガポール・台湾の商用通信衛星ST-2を打ち上げた。

さらに、2009年に気象庁のひまわり8号(2014年打ち上げ)及び9号(2016年打ち上げ予定)、2011年にトルコからTURKSAT-4A/4B(2014年/2015年に打ち上げ)、2014年にカタールからEs'hail 2を受注し、DS2000衛星は16機(製造中の衛星含む)を数えるに至った。

2012年には内閣府に宇宙戦略室が発足し、準天頂衛星インフラの整備を強力に推進している。

2.2 地上セグメントの開発の歴史

地上セグメントの開発の歴史を図2に示す。地上セグメントは、1960年代のアンテナ黎明(れいめい)期から衛星管制・衛星通信と大型電波・光学望遠鏡の2つの流れの中で発展し、当社が開発に携わった3つの製品がIEEEマイルストーン(2015年時点で日本では17件が受賞)に認定されている。

(1) 1960年代

1963年に米国のRelay-1衛星を用いて行われた初の日米間テレビ伝送実験で、KDD茨城宇宙通信実験所(当時)で使用されたアンテナは当社が開発したものである。

また、1964年に気象庁の指導で富士山頂に設置した気象

レーダは、1999年に長野・静岡レーダにその役割を引き継ぐまでの35年間にわたって気象業務に貢献した。

(2) 1970年代

NASDAへロケット精測レーダ及び衛星追跡管制地上設備を納入し、その技術基盤を築いた。

(3) 1980年代

1980年に直径45mのミリ波電波望遠鏡を、1981年に直径10mのミリ波干渉計電波望遠鏡をそれぞれ東京大学附属東京天文台(当時)の野辺山宇宙電波観測所に納入し、大型アンテナ及び電波望遠鏡の技術基盤を確立した。1984年には直径64mの深宇宙探査用大型アンテナを宇宙科学研究所(当時)の臼田宇宙空間観測所に納入し、当社の大型アンテナ技術は不動のものとなった。

また、INTELSAT及びEUTELSAT(EUropean TElecommunications SATellite organization)向けのTDMA(Time Division Multiple Access)通信設備及び民放向けのSNG(Satellite News Gathering)システムを納入し、衛星通信事業の拡大を図った。

(4) 1990年代

1999年にハワイ島マウナケア山頂の標高4,200mに設置された国立天文台(NAOJ)の大型光学赤外望遠鏡“すばる”を納入した。一枚鏡の望遠鏡としては当時世界最大の有効開口径8.2mの望遠鏡であり、今もなお天文学の発展に貢献している。

また1990年代にはH-IIロケット射場システムの設置が進み、当社はNASDAの設備である精測レーダ及びテレメータアンテナの開発を担当した。

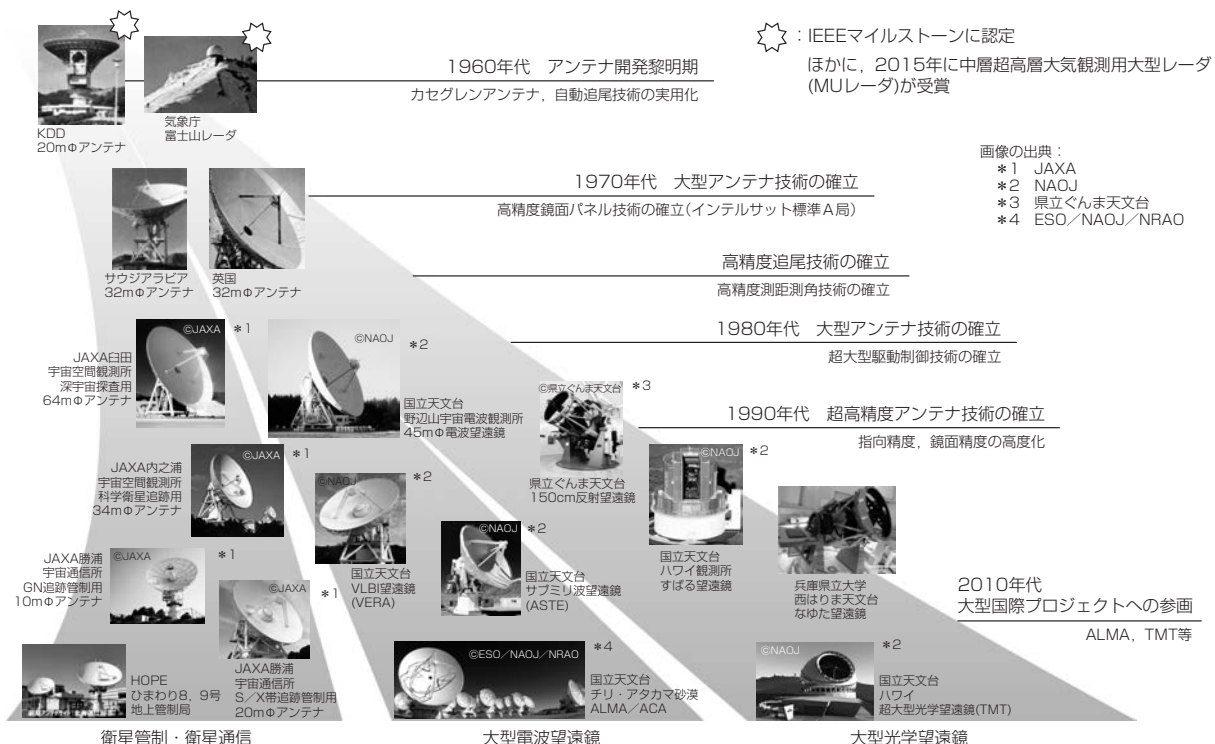


図2. 当社の宇宙開発の歴史(地上セグメント)



(5) 2000年代

2002年に、NASDAの衛星追跡管制業務を筑波から遠隔操作で行う新しい地上ネットワーク(GN)として、国内(3サイト)及び海外(4サイト)に地上局設備(無人局)を納入し、現在のJAXA衛星の追跡管制業務を支えている。

(6) 2010年代

2010年から宇宙初のPFI(Private Finance Initiative)事業となる“ひまわり”の運用事業に参画して、その地上設備の開発を担当した。衛星とともに日本の気象観測の一翼を担っている。

2011年にALMA(Atacama Large Millimeter/sub-millimeter Array)プロジェクト向けの直径12m及び直径7mの16台のアンテナから成るACA(Atacama Compact Array)アンテナ群“いざよい(十六夜)”を国立天文台に納入し、天文学の解明や宇宙生命科学への貢献が期待されている。

3. 当社の宇宙事業の展開

2015年1月、政府は2013年に策定された“宇宙基本計画”の見直しを行った。これは、“宇宙安全保障の確保”“民生分野における宇宙利用の推進”及び“宇宙産業及び科学技術の基盤の維持・強化”の3つを重点課題として、今後10年間の長期計画を具体的な工程表と事業規模で示すものである。当社は、宇宙基本計画に沿って事業展開を図っていく。

3.1 DS2000とそれを軸にした商用衛星分野

(1) 当社の事業方針

当社は1980年代後半から“システムインテグレータへの道”という目標を掲げ、商用通信衛星をフルターンキーで受注するための施策に着手し、早くから段階的に衛星工場の整備を行ってきた。また、衛星搭載機器を積極的に輸出し、当社の認知度の向上と実績を積み重ねることに注力して商用衛星市場への参入に成功した。2.1節で述べた日米合意は、正に“システムインテグレータへの道”を不退転の覚悟で切り拓く契機になったと言える。

国内衛星に加えて、JAXAを初めとする関係機関からの支援を得て海外の市場開拓にも継続して積極的に取り組んで宇宙事業の拡大を図る当社の事業方針は、“宇宙基本計画”が掲げる重点課題を解決する。

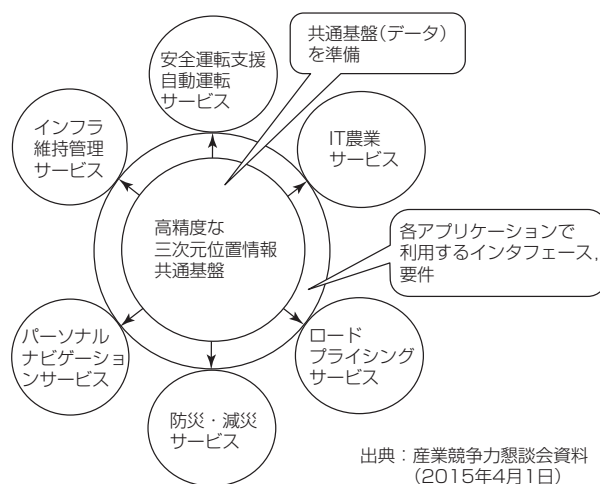
(2) 標準衛星バスDS2000の高い品質と信頼性

商用通信衛星では、事業者の事業リスクの担保として衛星打ち上げ及び軌道上での不具合に対して保険を付与され、この保険料率が衛星の信頼性を示す国際的な指標となっている。

DS2000衛星は現在9機が軌道上で運用されているが、保険金が支払われる事故は皆無であり、世界最高レベルの品質と信頼性を持つとの評価を得ている<sup>(1)</sup>。

3.2 準天頂衛星とその利用

準天頂衛星の7機体制の前段階である4機体制の整備が進み、2018年度からは測位サービスの提供が開始される。



出典：産業競争力懇談会資料 (2015年4月1日)

図3. 三次元位置情報を用いた新たなサービスの創出

当社はこれまでに得た経験を活用し、政府が整備する準天頂衛星及びその地上設備だけでなく、衛星運用及び測位サービスの利用にも積極的に参画していく。特に図3に示すとおり、三次元位置情報を用いた新たなサービスの創出に取り組む必要がある。

3.3 気象衛星・観測衛星

気象衛星の分野では、ひまわり7号(運輸多目的衛星：MTSAT-2)が2006年に、ひまわり8号が2014年に打ち上げられた。さらに、ひまわり9号が2016年に打ち上げられる予定であり、日本を中心とする気象観測は、20年以上にわたって気象庁、JAXA及び関連機関の指導で当社が開発した“ひまわり”によって行われていることになる。

観測衛星の分野では、JAXAの指導で開発したGOSAT(温室効果ガス観測技術衛星：いぶき)、AMSR-2(Advanced Microwave Scattering Radiometer)を搭載したGCOM-W1(水循環変動観測衛星：しずく)、及びPALSAR-2(Phased Array L band SAR)・CIRC(Compact IR Camera)を搭載したALOS-2(陸域観測技術衛星：だいち2号)が運用され、貴重な観測データを日夜提供している。今後、GOSAT-2(いぶき2号)、先進光学衛星などの開発を完遂するとともに、新たな観測センサ及び観測衛星の開発機会の創出に努めていく。

4. 将来に向けての技術開発と事業展開

4.1 衛星通信の動向

1945年にアーサー・C・クラークが静止衛星の概念を提唱した際には、C帯に近い周波数を用いることが想定されていた。2.2節で述べたRelay-1衛星もC帯を使用していたが、衛星通信で使用される周波数は、より高い周波数であるKu帯に移行していった。2000年代前半の光ケーブルの驚異的な技術進歩と普及によって危機に陥った衛星通信業界を救ったのは、正にKu帯の利点を活用したテレビ放送(Direct To Home：DTH)である。また、L帯からS帯にかけての周波数は移動体通信に使用されるなど、衛星通信で

の移動衛星業務(Mobile Satellite Service : MSS), 固定衛星業務(Fixed Satellite Service : FSS), 放送衛星業務(Broadcasting Satellite Service : BSS)の3つのサービスが確立された。

4.2 将来に向けての技術開発

各周波数帯における衛星通信サービスを図4に示す。近年、ハイスループット衛星(High Throughput Satellite : HTS)が注目されており、既に海外ではおよそ50機が打ち上げられている。HTSとは、Ka帯の使用による狭ビーム化と周波数の再利用によって、同じ帯域幅で少なくとも2倍以上(数十倍に及ぶ場合もある)にスループットを向上させた高速大容量の衛星を指す。

海外では100Gbpsを超えるスループットを持つHTSによるサービスも開始され、通信サービスの単価の大幅な削減を実現している。テレビ放送の需要が残る地域などを中心としてDTH衛星は存続すると考えられるが、今後の通信衛星市場はHTSへ移行していくことは明らかである。

また、従来の化学推進系を電気推進系に置き換えたいわゆる“オール電化衛星”は大幅に衛星バスの質量を削減することが可能であり、通信ペイロードのリソースとしてより質量を必要とするHTSとの組合せにその特長を発揮する。2015年3月に打ち上げられた米国Boeing社のABS-3AとEutelsat 115WBが2015年9月から10月にかけて所定の軌道位置に到達して通信サービスを開始し、オール電化衛星の軌道上実績が示された。欧米の他の衛星メーカーでも、オール電化衛星の開発はかなりのレベルまで進められており、当社も至急キャッチアップする必要がある。

また、HTSの性能を十分に発揮するためには、軌道上でビームパターンやビーム間接続などの通信コンフィギュレーションを柔軟に変更できるフレキシブルペイロード機能が必須である。当社では、デジタルチャネライザなどの開発は既に完了しており、DBF(Digital Beam Forming)と組み合わせてフレキシブルペイロード機能の早急な実現を図る計画である。

4.3 将来に向けての事業展開

米国運輸省連邦航空局(米国FAA)が毎年発行する“Commercial Space Transportation Forecasts”によれば、

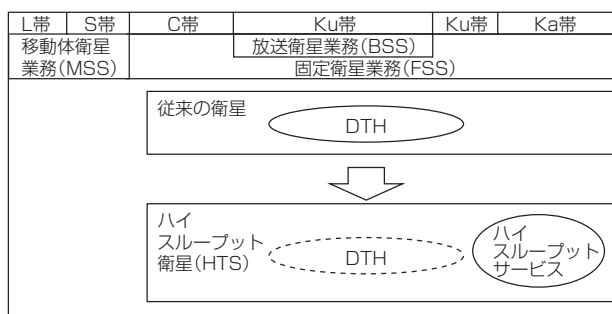


図4. 各周波数帯における衛星通信サービス

商用通信衛星の国際市場では今後継続して毎年20機以上の需要が見込まれる。

当社は、海外の衛星メーカーと競い合うことによって、“宇宙基本法”及び“宇宙基本計画”が提起する課題に対応する実力を身に付けることができると考えている。商用通信衛星に加えて、新しい分野で海外衛星市場を開拓し、日本の宇宙産業のプレゼンスを示していくことは当社に課せられた責務である。

4.4 新たなプレーヤーによる宇宙利用の変革

近年、海外では、IT(Information Technology)業界などから衛星業界へ参入する事例が増えている。従来の枠に収まらないこれらの新たなプレーヤーの動きにも注意を払うとともに、航空機や無人飛行機などを用いた同種のアプリケーションとの差別化を図る必要がある。

5. むすび

約50年に及ぶ日本の宇宙開発の歴史を通して、当社はこれまでに国内外含めて、主契約者として60機以上、副契約者として450機に及ぶ衛星の開発に参画してきた。

DS2000衛星はこれまでに9機打ち上げられ、全て健全に動作しており、軌道上運用実績は昨年末で累計で50年を超えた。さらに、当社が開発した全ての衛星の軌道上運用実績は、昨年末で累計で200年を超えている。しかし、これは、米国SSL社の全衛星の軌道上運用実績1,900年以上<sup>(2)</sup>、米国Lockheed Martin社のA2100衛星(40機以上)の軌道上運用実績450年以上<sup>(3)</sup>と比較すると、スタートラインに立ったに過ぎないと言える。高品質・高信頼性の衛星の実績を積み重ねることと衛星利用を支える地上設備の充実化を進めることを併せて、ソリューションの提供を図っていく。

大型望遠鏡の分野では、日本(国立天文台)、米国及びカナダなどが共同で推進する国際プロジェクトである次世代超大型天体望遠鏡TMT(Thirty Meter Telescope)の開発を開始した。TMTは、492枚の複合鏡から成る口径30mの光学・赤外線望遠鏡であり、“すばる”をしのぐ性能を実現することが期待されている。世界に誇る“Only One”の高い技術力で今後も歴史に残るプロジェクトに貢献していくとともに、既存の事業領域にとどまらず更なる飛躍・発展を続けていく。

参考文献

- (1) <http://www.sankei.com/premium/print/150424/prm1504240001-c.html>
- (2) <http://www.sslmda.com/html/products/products.html>
- (3) <http://www.lockheedmartin.com/content/dam/lockheed/data/space/photo/a2100/Modernized%20A2100%20Flysheets.jpg>