

静止衛星標準バス“DS2000”の開発と今後の指針

関根功治*
舟田雅彦*
山田浩之**

Development and Guideline to Improve Standard Geostationary Satellite Bus "DS2000"

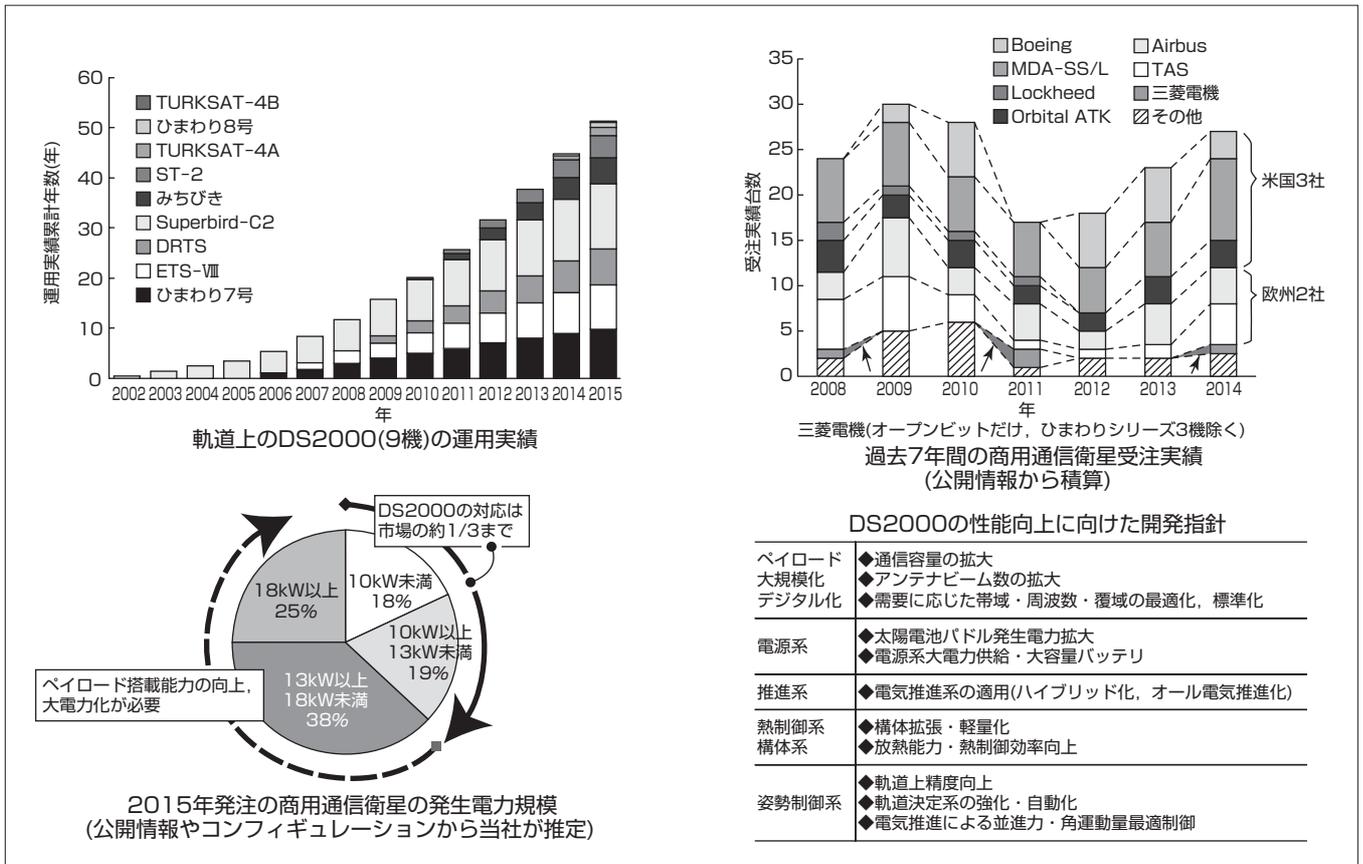
Koji Sekine, Masahiko Funada, Hiroyuki Yamada

要旨

三菱電機は、国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構 (JAXA) のデータ中継技術衛星 (DRTS) 及び技術試験衛星 VIII 型 (ETS-VIII) の開発実績をベースに、ミッション継続性やペイロード搭載性の向上、生産方式の標準化や工期短縮などの開発施策を行い、静止衛星標準バス“DS2000”に発展させた⁽¹⁾⁽²⁾。下の図に示すとおり、軌道上の9機の運用実績累積年数は50年以上であり、いずれも順調な運用を継続している。DS2000は、欧米各社の衛星バスと比較しても軌道上信頼性の観点で高い評価をされているが、一方、年間20~25機の新規発注が継続している世界通信衛星市場で受注機数5機 (運用中4機、製造中1機) であり、欧米大手衛

星企業との実績の差異、性能・価格・工期の実力差が大きい。特に性能面では、Kaバンドマルチビームを用いた HTS (High Throughput Satellites) によって帯域・中継器台数・アンテナ台数の要求が増大し、さらに、デバイスの進歩や周波数帯域の高度利用の観点からデジタル通信ペイロードが台頭する中で、発生電力面でも現在のDS2000での対応は市場の約1/3までの需要に限定されている。

これらに対して、ペイロード・衛星システムの性能向上に向けた開発を推進することで近年の通信衛星市場要求に対応し、欧米に比肩し得る衛星企業へ飛躍して行きたい。



DS2000の実績と今後の開発指針

DS2000は、通信・放送、気象観測、測位等の各種サービスに適応する標準プラットフォームに進化しており、軌道上の9機の運用実績累計年数は50年を越え、信頼性の観点で高い評価を得ている。一方、世界市場シェアはまだ僅かであり、近年の大規模ペイロードに対応可能な搭載容量の拡大、低コスト化・短工期の観点で製品力を強化して、事業拡大とともに衛星技術の革新を進めていく。

1. ま え が き

本稿では、DRTS/ETS-Ⅷから最近のDS2000までの各号機における継続的な開発内容を述べ、例として軌道上で運用されている商用通信衛星TURKSAT-4A, TURKSAT-4B, 及び2014年に受注したカタールの通信衛星Es'hail 2について述べる。また、競争力確保のために必要なペイロード要求・大電力化・電気推進化による打ち上げコスト削減・高精度化に関する性能向上に向けた開発指針について述べる。

2. DS2000の各号機での開発内容

DS2000は、JAXAのETS-Ⅷプログラムで認定を行った後、表1に示すとおり16機以上のプログラム又は継続の開発で性能向上・コスト削減の改良を重ねてきた。具体的には、構体/電源の軽量化、高効率太陽電池搭載、恒星センサの標準化、東西4枚の2m級展開アンテナ搭載等であり、通信放送だけではなく気象衛星⁽³⁾、静止高度測位衛星等にも対応できる自由度の高い衛星システムとペイロードをメニューとして提供してきた。次にDS2000の最新の通信衛

表1. 各プログラムでの性能向上のまとめ

| 衛星 コンフィ ギュレー ション | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|---|---------------------------------------|---------------------------|---|---|-----------------------------|-------------------------------|--------------------|---|---|----------------|
| 衛星名称 | こだま (DARTS) | ひまわり7号 (MTSAT-2) | きく8号 (ETS-Ⅷ) | Superbird-C2 | みちびき | ST-2 | TURKSAT-4A TURKSAT-4B | ひまわり8号 ひまわり9号 | 準天頂2号機・ 3号機・4号機 | Es'hail 2 | 今後の方向性 | | |
| ミッション概要 | 通信 | 観測・通信 | 通信 | 通信 | 測位 | 通信・放送 | 通信・放送 | 観測 | 測位 | 通信・放送 | 通信・測位・ 観測等多くの 静止ミッション に対応。 | | |
| ミッション1 | Ka/Sバンド による観測 データ・TTC 中継 | 気象観測・ 中継 | Sバンド移動体通信 | Kuバンド 通信 | Lバンド測位 補完・補強 | Kuバンド 通信・放送 | Ku/Ka/Cバンド等 通信・放送 | 気象観測 (ダウンリンクKa) 気象DCP | L1, L2, L5, L6等, 測位補完・補強信号 | Ku/Kaバンド等 通信・放送 | 特に、大規模 通信を安価な ロケットで 提供(軽量と 低コスト) | | |
| 打ち上げロケット | H-IIA-2024 | H-IIA-2024 | H-IIA-204 | Ariane-V | H-IIA-202 | Ariane-V | Proton-Breeze-M | H-IIA-202 | H-IIA-202/204 | Falcon-9 | 提供(軽量と 低コスト) | | |
| ドライ/打ち上げ質量 | 1.3トン/ 2.8トン | 1.7トン/ 4.65トン | 2.87トン/5.8トン | 2トン/ 4.8トン | 1.8トン/ 4.0トン | 2.0トン/ 4.9トン | 1.7ト/4.8トン (4A) 1.8ト/4.9トン (4B) | 1.3トン/3.5トン | 1.6~1.7トン/ 4.1~4.3トン | 2.2トン/5.3トン | ~24kW級 | | |
| 発生電力EOL | 2kW | 3.7kW | 8kW | 8kW | 6kW | 12kW | 8.6kW | 2.2kW | 6kW | 13kW | ~24kW級 | | |
| TTC | USB/Ka | USB/S/KU | USB | Ku | USB/C | C | Ku | Ku | C/Ku | Ku/Ka | C/X/Ku/Ka | | |
| 設計寿命 | 7年 | 10年 | 10年 | 15年 | 12年 | 15年 | 15年 | 15年 | 15年 | 15年 | 15年 | | |
| 電源方式 | 50V非安定化 | 100V安定化バス、ETS-8電源 | | 性能向上△1 100V安定化バスに対して次世代軽量化電源投入 | | | | | | | 性能向上の説明△1 小型軽量化電源を投入、PCU・PDCUを従来の60%に軽量化 | ~24kW級 | |
| SAPセル | 高効率Siセル | GaAsセル | 高効率Siセル | | 性能向上△2 GaAsセル搭載標準化による大電力化 | | | | | | | 性能向上の説明△2 DJ⇒ATJ⇒ZTJ等のセル最新技術を取り入れ、海外大手と同等の性能・軽量化を実現 | 薄膜セル、 二次元展開 |
| バッテリー | ニッケル水素バッテリー | | | 性能向上△3 リチウムイオンバッテリーの搭載標準化による軽量化・運用性向上 | | | | | | | 性能向上の説明△3 海外輸出を進め、DS2000もLi-BATで標準化。110AH, 190AH大容量化を推進 | 大電力・電気 推進対応 | |
| データバスシステム | CU-RIUデータバス | 1553B(SC~バス機器間) SC/RIM方式 | | | | | 性能向上△4 第一バス1553B(SCP~バス機器)及び第二バスSpW(SCP~ミッション計算機間(測位・気象)) | | | | | 外部データバス、 L/O強化 | |
| 計算機システム | ・コールドスタンバイ | ・コールドスタンバイ | ・ヒータ・バッテリーソフトウェア制御・R490統合化計算機(SC) | | | 性能向上△5 ホットスタンバイ強化・ハンドオーバー強化 HR5000S・ヒータ・バッテリーソフトウェア制御 | | | | | | 更なる ミッション 継続性強化 | |
| 姿勢制御系 | バイアス モーメントム | ・4-skew ゼロ/バイアス任意設定 ・10年寿命アクチュエータ | 性能向上△6 ・4-skew ゼロ/バイアス任意設定 ・15年寿命アクチュエータ | | | | 性能向上の説明△6 2015年対応の衛星バスに強化、ひまわりで低い擾乱(じょうらん)RWAを標準メニュー化。 | | | | | 電気推進の 自動化、 軌道決定機能 強化 | |
| 化学推進系 | 統合型推進系 | 二液式推進系 | | | | | | | | | | 電気推進・ Kaバンドに 対応した 高精度化、 安定度向上 | |
| 電気推進系 | アークジェット | 20mNイオンエンジン系 | | | | | | | | | | オール電化、 Ispの向上、 打上コスト削減 | |
| 構体方式 | 小型構体 | DS2000標準 | DS2000標準 | DS2000標準 | DS2000標準 | 性能向上△8 アンテナ増強 | DS2000標準 | 小型DS2000 | DS2000標準 | DS2000標準 | 性能向上の説明△8 東西4枚の展開アンテナ開発、軽量メンブレンアンテナ | 軽量化・ 構造簡略化に よるコスト削減 | |
| | | 南北連絡HP/展開ラジエタ | | 性能向上の説明△8 東西4枚の展開アンテナ開発、軽量メンブレンアンテナ | | | | | | | 東西HPP | | |

星であるTURKSAT-4A, TURKSAT-4B, Es'hail 2について述べる。

3. TURKSAT-4A, 4Bの概要

TURKSAT-4A(図1)とTURKSAT-4B(図2)は、当社がトルコの国営衛星通信会社“Turksat Satellite Communication, Cable TV and Operation AS”から受注した通信衛星であり、DS2000の衛星としては7機目、8機目である。既に静止軌道上で稼働しているTURKSAT-4Aはカザフスタンのバイコヌール宇宙基地から2014年2月に、TURKSAT-4Bも同基地から2015年10月にProtonロケットによって打ち上げられ、両衛星とも軌道上試験を経て無事客先へ軌道上納入した。

両衛星の主な諸元を表2に示す。現在、TURKSAT-4AとTURKSAT-4Bは、静止軌道上からトルコを中心とした各エリアに表3⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾に示す通信・放送サービスを提供している。

4. Es'hail 2の受注と開発

Es'hail 2(図3)は、当社が2014年にカタールの国営衛

星通信事業者であるEs'hailSat(エスヘイルサット)社から受注した通信衛星であり、DS2000としては16機目である。日本の衛星メーカーとしてアラブ諸国から初めて受注した通信衛星であり、2016年末にSpace-X社のFalcon-9ロケットで打ち上げられ、静止軌道上東経26度に配置される予定である。

この衛星の打ち上げ質量は約5,300kg、太陽電池パドルの寿命末期での発生電力は約13kWであり、Kuバンド、Kaバンドを中心に14台のアンテナを地球指向面及び東西面に搭載し、中東及び北アフリカ地域へ通信・放送サービスを提供する。表1に示すように、この衛星は当社が納入してきたDS2000の中で最大級の能力を持つものとなる。

表2. TURKSAT-4A/4Bの諸元

| | TURKSAT-4A | TURKSAT-4B |
|------------------|------------|-------------|
| 衛星バス | DS2000 | |
| パドル発生電力(EOL)(kW) | 8.6 | 8.6 |
| ドライ質量(トン) | 1.7 | 1.8 |
| 打ち上げ質量(トン) | 4.8 | 4.9 |
| 打ち上げ日 | 2014年2月15日 | 2015年10月17日 |
| 静止軌道位置 | 東経42度 | 東経50度 |
| 軌道上寿命 | 15年以上 | |

表3. TURKSAT-4A/4B通信系

| 衛星 | 帯域 | サービスエリア | サービス内容 | 中継器数 |
|------------|-------------|---------------------------------|------------------|------|
| TURKSAT-4A | Ku帯 | トルコ 中東 アジア 北アフリカ 欧州 | 衛星放送 | 36 |
| | Ku帯/ Ka帯 | アフリカ トルコ 欧州 | 衛星通信 | |
| TURKSAT-4B | Ku帯 | トルコ 中東 アジア 北アフリカ 欧州 | 衛星通信 | 43 |
| | Ka帯 | トルコ 中東 欧州 アジア | マルチスポット ビーム通信 | |
| | C帯 | アフリカ トルコ | 衛星通信 | |

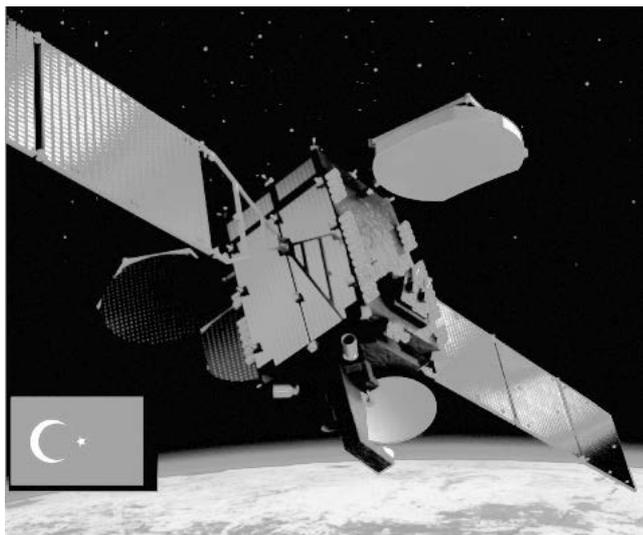


図1. TURKSAT-4A

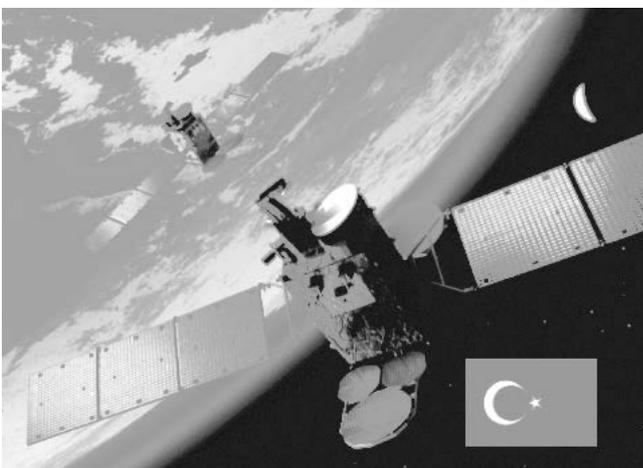


図2. TURKSAT-4B(奥はTURKSAT-4A)



図3. Es'hail 2

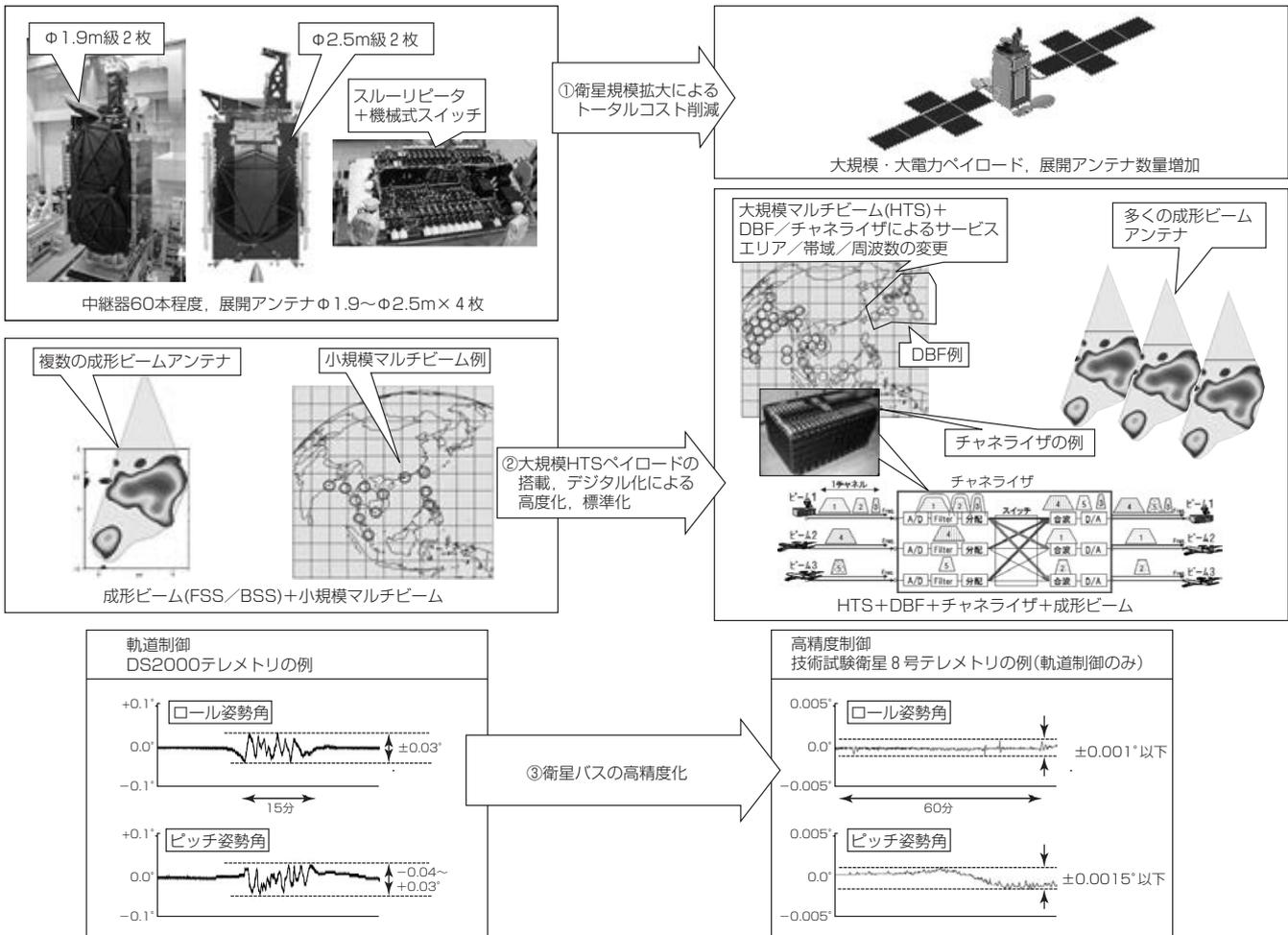


図 4. DS2000の性能向上に向けた開発指針

5. 性能向上に向けた開発指針

通信衛星の世界市場では、米国衛星企業のコスト削減戦略や搭載能力向上戦略(MDA-SS/L社, ATK-Orbital社), 打ち上げコスト・ランニングコストを含めたトータルコスト削減(Boeing社)が新しい価格性能競争をリードしている。それに触発された形で、欧州はESA (European Space Agency), 通信オペレータ, 企業が協力しつつ, ARTES (Advanced Research in Telecommunications Systems) プログラムや商用衛星プログラムの中でAirbus社・TAS社・OHB社等が新規バス投入競争の終盤を迎えている。背景には、KaバンドのHTSを単独又は既存のKu/Cバンドサービスに相乗りする形で通信サービス単価削減と新規Kaバンド需要の取り込みを計画する、衛星オペレータの地上波との競争圧力も推察される。このような状況の中で、当社も図4にすように①衛星規模拡大によるトータルコスト削減, ②大規模HTSペイロードの搭載, デジタル化による高度化, 標準化, ③衛星バスの高精度化の指針に沿って、性能・コスト・工期の国際的競争力の向上を図っていく。

6. むすび

DS2000の各号機の性能向上開発内容について述べ、最

近の通信衛星3機について述べた。また、国際的な競争が更に厳しくなる静止通信衛星市場に対応するために、欧米企業の更なる進化やKaバンドHTSの台頭を例にDS2000の性能向上に向けた開発指針を示した。

参考文献

- (1) 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)
- (2) 関根 功治, ほか: 宇宙利用の技術動向と事業展開—世界の衛星リーディングカンパニーを目指して—, 三菱電機技報, **88**, No.9, 496~502 (2011)
- (3) 高原 修, ほか: 高精度気象観測システムの実現に向けたひまわり8, 9号の衛星システム設計, 三菱電機技報, **88**, No.2, 119~122 (2014)
- (4) <https://www.turksat.com.tr/sites/default/files/uydu/turksat-satellite-catalog-en.pdf>
- (5) https://www.turksat.com.tr/sites/default/files/uydu/turksat_4a_uydu_ingilizce.pdf
- (6) https://www.turksat.com.tr/sites/default/files/uydu/turksat_4b_uydu_ingilizce.pdf