通信放送技術衛星 COMETS

COMETS Communications and Broadcasting Engineering Test Satellite

小沢 啓佑 K. Ozawa　中島 明彦 A. Nakashima　藤田 昭平 S. Fujita　津路 正幾 M. Tsuji

通信放送技術衛星 COMETS (Communications and Broadcasting Engineering Test Satellite) は，衛星間通信技術，高度衛星放送技術，および高度移動体衛星通信技術に関する通信放送分野の新技術の国内開発，多周波帯インテグレーション技術，ならびに高性能大型静止衛星バス技術の国内開発および軌道上実験・実証を行うことを目的に宇宙開発事業団 (NASDA) を中心に開発が進められている。

東芝は，バスシステムのインテグレーション，構体系，熱制御系，計装系，イオンエンジン系および高度衛星放送機器の開発を担当している。現在は，1996 年度冬期の打上げを目ざしてプロトフライトモデル (PFM) のバスシステムインテグレーション・試験を進めている。

ここでは，東芝が担当しているバスシステムの開発状況を紹介する。

The Communications and Broadcasting Engineering Test Satellite (COMETS) is being developed by the National Space Development Agency of Japan (NASDA). The objectives are to develop and verify new technologies in the areas of high-grade intersatellite communications, direct broadcasting, and mobile communications systems. Additional aims of the project are the establishment and orbital verification of a large-scale geostationary satellite bus system as well as integration technology for combining multifrequency communications equipments.

Toshiba is the bus integrator for COMETS and is responsible for the spacecraft structure subsystem, thermal control subsystem, integration subsystem, and the 21GHz broadcasting equipment incorporating a traveling-wave tube amplifier (TWTA). The bus integration for COMETS PFM (protoflight model) is currently in progress, and it is scheduled for launching in fiscal year 1996.

1 まえがき

COMETS は，衛星間通信，21GHz 帯高度衛星放送および Ka/ミリ波帯高度移動体衛星通信のミッションを搭載し，次に示す技術の開発や実験・実証を行うことを目的としている。

(1) 低軌道を周回する衛星と地球局間の大容量データ伝送中継を可能とする大型アンテナ技術，高精度捕捉追尾技術などの開発

(2) 将来の高帯域で高画質なテレビジョン放送，ディジタル技術を活用した統合ディジタル放送，地域別放送を可能にする 21 GHz 帯の高出力中継器，低サイドローブマルチビームアンテナなどの開発

(3) 今後，発展と多様化が予想される移動体通信分野に対応するため，Ka/ミリ波帯を用いた中継器の高出力化，再生中継技術などの開発

(4) 多くの周波数帯のミッション機器を一つの衛星に搭載するためのインテグレーション技術 (電磁干渉，熱設計，構造設計など) の開発

(5) 電源系の高効率化 (放電深度を大きくとれるニッケル水素電池，高効率 200μm GaAs セルを用いた軽量フレキシブル太陽電池パドルの採用)，推進系の高効率化 (二液調圧方式アポジエンジンと一液ブローダウン方式のガスジェット系を統合した統合型推進系の採用)，姿勢制御系の高精度化 (大型アンテナの指向制御) などの技術開発

東芝は，バスシステムインテグレータとしてバス系システムインテグレーション，衛星形状設計，構造・熱設計などのシステム設計を担当している。また，バス機器として，構体系，熱制御系，計装系，イオンエンジン系，ニッケル水素電池，ミッション機器として，21 GHz 帯高度衛星放送用の低サイドローブマルチビームアンテナ，および 200 W 級の高出力進行波管電力増幅器 (1 チャネル分) などの開発も担当している。

ここでは，東芝が担当している COMETS バスシステムの開発状況を紹介する。

2 COMETS バスシステムの概要

COMETS は，NASDA が開発を進めている静止初期質量

約2tの世界最大級の大型静止三軸衛星で，1996年度冬期に種子島宇宙センターからH-IIロケットによって打ち上げられる予定である。

図1にCOMETSの外観を示す。

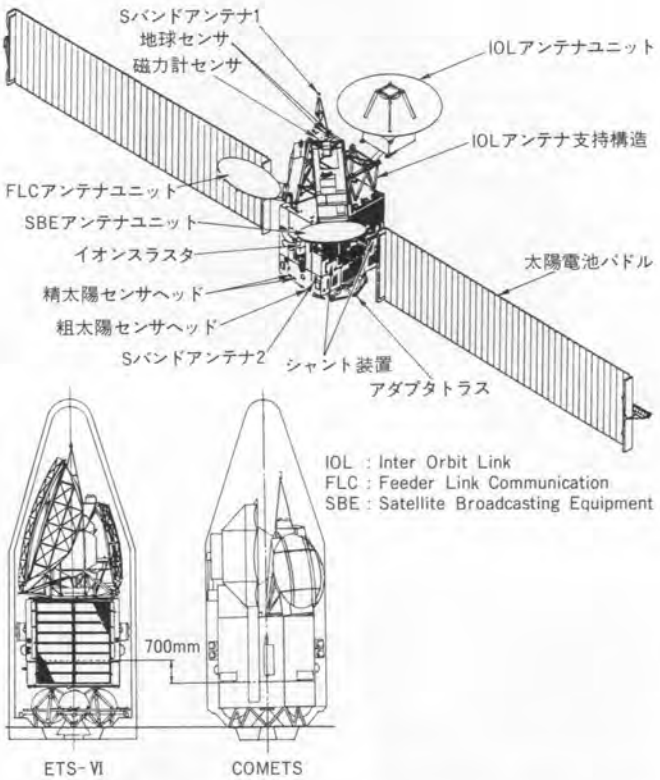

図1．通信放送技術衛星 COMETS　静止軌道上での外観およびロケット収納状態の外観を示す。コンパクトな設計によりアンテナ搭載領域を拡大できた。

Configuration of COMETS

静止軌道上での衛星本体寸法は縦8m，横6m，高さ8mであり，太陽電池パドル展開時の長さは31mにも達する。

COMETSは，ミッション部，バス部，アンテナ部の各モジュールから構成される。ミッション部はU字形状のパネルからなり，機器搭載面を提供するとともに，パネル内部に埋め込まれたヒートパイプとパネル外表面の太陽光反射器(OSR)によって搭載機器の温度を適切な範囲に保っている。一方，バス部は構体バス部，軌道制御用イオンエンジン，推進系スラスタ，姿勢制御用センサなどからなっており，アダプタトラスを介してロケットに結合される。また，バス部に統合型推進系の大型タンクを一体として組み込むことで，ロケットフェアリングのミッションペイロードに利用できる空間を技術試験衛星ETS-VIに比べて700mm増加させ，三つの大型アンテナを折り畳むことなく搭載することを可能にした。

COMETSバスシステムは，NASDAが開発を進めてきたETS-VIバスをさらに高性能化するものであり，**表1**に示すように，ETS-VIで確立された技術を継承するとともに，新しい技術が導入されている。

表1．技術試験衛星 ETS-VI 技術の継承と新規技術

Characteristics of COMETS bus system

ETS-VI技術の継承	炭素繊維強化プラスチック軽量化構体技術 パネル埋込み型ヒートパイプ イオンエンジンによる南北軌道制御 統合／分離可能マルチバス電源方式 三軸トランスファ軌道
新規技術	二液式統合調圧方式の推進系 フレキシブル太陽電池パドル 高効率200μm GaAs太陽電池セル 35 Ah ニッケル水素バッテリ

COMETSバスシステムは，このような技術の採用によって，将来の多様な衛星通信放送ミッション実験機器の搭載に対応できる共通プラットフォームを目ざしている。

3 開発モデルによるバスシステムの開発試験概要

COMETSバスシステムは，1994年10月をもって詳細設計を完了し，現在はPFMの製作が進められている。

詳細設計においては，システム熱構造モデル(STM)とシステム電気モデル(SEM)という，二つのシステム開発モデルを用いてシステム設計の妥当性を検証し，さらにその結果をPFMの設計に反映させた。

以下に，各モデルによる開発試験の概要を述べる。

3.1 STMによる構造・熱試験

STMは，システム構造・熱設計・解析の評価確認に供されるモデルで，構体は実機相当の開発モデルであり，ヒートパイプ，OSR，ヒータといった熱制御材も実機相当品が装着されている。搭載機器のうちアンテナ，太陽電池パドルなどの大型構造物は，実形状，構造特性を模擬した構造ダミーであり，また，電子機器などは，取付部のインタフェース寸法，質量，および発熱を模擬したダミーとしている。

STMによる構造・熱試験の目的は次のとおりである。

(1) 打上げ時の荷重環境に対して構体が十分な強度をもっていることを確認する。また，搭載機器の環境条件を評価する。

(2) 衛星が基本固有振動数要求を満たしていることを確認する。

(3) 衛星温度を要求値内に制御できることを確認するためのデータを取得し，評価する。

(4) 構造解析用数学モデル，熱解析用数学モデルを検証する。

図2に構造試験フロー，**図3**に熱試験フローを示す。

構造試験は，衛星搭載大型構造物の構造特性を把握するためのモジュールモーダルサーベイ，衛星全機の質量・重心位置などを測定する質量特性試験，衛星の振動特性および低周波領域での耐振動性，搭載機器環境条件を確認するための正

図2．STM構造試験のフロー　COMETS STM構造試験のフローを示す。

Process of STM structural design verification test

図3．STM熱試験のフロー　ソーラ熱平衡試験は，静止軌道上，トランスファ軌道上の熱入力を模擬した二つの試験からなる。

Process of STM thermal design verification test

弦波振動試験，高周波領域での耐振動性を確認するための音響試験，実火工品を用いて耐衝撃性を確認するための衝撃試験などからなっている。

一方，熱試験は，宇宙空間での真空環境を模擬したスペースチャンバ内で行われるもので，外部熱環境としてソーラ光を用いるソーラ熱平衡試験とIR (Infrared Rays) 熱源によるIR熱平衡試験からなり，前者では衛星外部搭載機器の取付面の温度を，後者では埋込みヒートパイプの性能を確認する。

図4に構造試験，**図5**に熱試験の状況を示す。

構造試験は1993年9月から1994年3月にかけて，熱試験は1994年6月から11月にかけてそれぞれ実施された。

試験の結果，構造試験では構体の振動・音響・衝撃環境に対する耐性および構造解析用数学モデルの妥当性を確認したほか，搭載機器の環境条件を評価するうえで必要なデータを取得できた。

また，熱試験では，熱解析用数学モデルの検証と温度データの取得を行い，衛星搭載機器を設計予測温度内で制御できる見通しを得た。

3.2　SEMによるバスシステムインテグレーション試験

SEMは，システム要求に対する電気的適合性の評価試験に供されるモデルで，搭載機器は実機相当のエンジニアリングモデルであり，導波管，同軸ケーブル，ハーネスにより実機

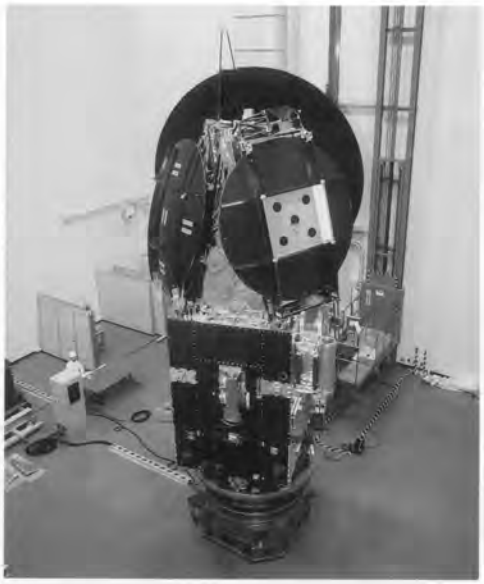

図4．STM構造試験の状況　STM構造試験のうち，一例としてアライメント試験の状況を示す。

Configuration of STM structural design verification test (spacecraft alignments test)

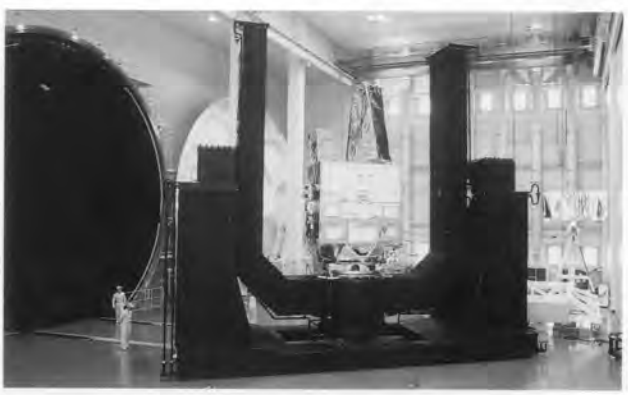

図5．STM熱試験の状況　静止ソーラ熱平衡試験において，STMをスペースチャンバ内に収納するようすを示す。アンテナは搭載しない。

Configuration of STM thermal design verification test (solar simulation test)

と同等の電気接続がなされている。これを搭載する構体は実機相当の電気的特性をもつように模擬したダミーを用いる。

SEMによるバスシステム試験の目的は次のとおりである。

(1)　衛星バスシステムの電気的な機能性能について確認する。

(2)　システムPFMのインテグレーションに先立ち，電気インテグレーション方法を確立する。

(3)　地上支援装置との適合性を確認する。

図6に試験フロー，**図7**に試験状態を示す。

バス系サブシステム組合せ試験では，バス系のサブシステムごとに電気インタフェースおよび基本機能・性能を確認しながらバスシステムを組立てる。ミッション機器／バス計装系接続試験では，バスシステムとミッションシステムをケー

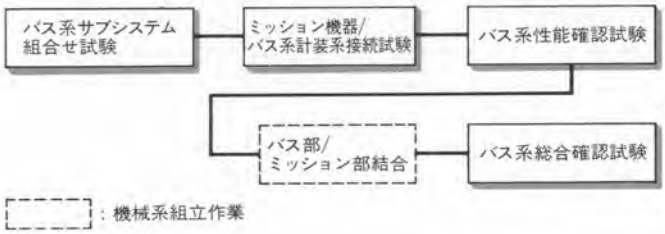

図6．SEM バスシステムインテグレーション試験のフロー　バス系サブシステム試験からバス系総合試験に至るバスシステムインテグレーションフローを示す。

Process of SEM bus system integration and testing

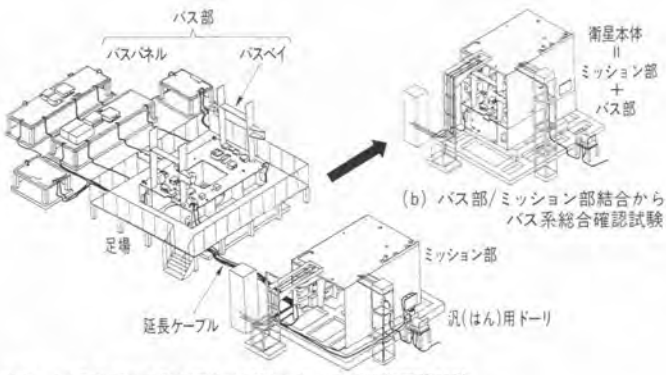

図7．SEM バスシステムインテグレーション試験　バス系性能確認試験まではパネルを開いて延長ケーブルで接続して試験するが，バス系総合確認試験では衛星組立状態で試験する。

Configuration of SEM bus system integration and testing

ブルで接続し，両システム間の電気インタフェースを確認する。また，バス系性能確認試験では，衛星を構成するすべての機器を電気的に接続した状態で衛星の電気的機能性能を確認し，バス系総合確認試験では，図7(b)に示すように衛星を組み立てた状態で，バス系性能試験時の機能性能が維持されていることを確認する。

試験は，1993年11月から1994年5月にかけて東芝小向工場で行われ，バスシステムが所期の機能性能を満たしていることを確認した。また，本試験に引続き，同年6月から7月にかけて筑波宇宙センターで実施した電磁適合性試験では，軌道上での衛星形状を模擬し，実際にアンテナを用いて無線回線を構成することで実運用を模擬した電磁環境下でのバスシステム性能を確認・評価した。

4 あとがき

COMETSの開発は，現在バスシステムPFMのインテグレーション試験を進めている段階である。インテグレーション完了後，1995年11月から1996年8月にかけて筑波宇宙センターでシステムプロトフライト試験を実施し，実フライトに供することを確認する予定である。その後，一部の搭載機器を改修したうえで，種子島宇宙センターに輸送し，射場での作業を経て1996年度冬期に打上げ予定である。

図8にCOMETSの開発スケジュールを示す。

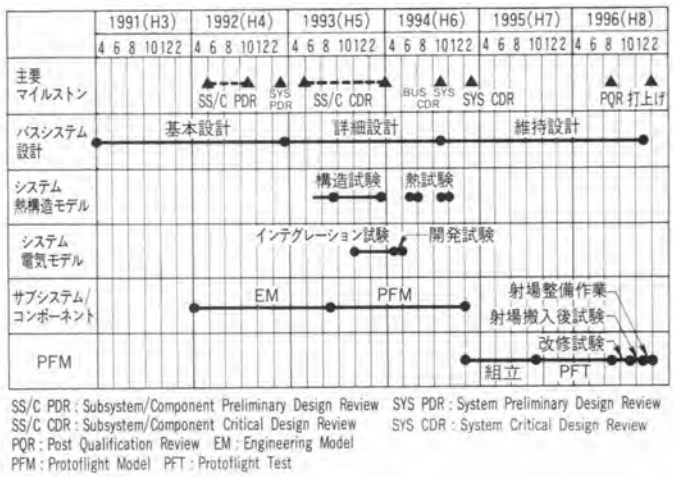

図8．COMETSの開発マスタスケジュール　COMETS基本設計スタートから打上げまでの開発スケジュールを示す。

Master schedule for development of COMETS

謝　辞

COMETSの開発にかかわる諸機関および関連メーカ関係者各位のご協力とご支援に感謝の意を表する。

小沢　啓佑　Keisuke Ozawa

1969年宇宙開発事業団入社。打上管制，宇宙実験，通信衛星などの開発に従事。現在，COMETSプロジェクトマネージャ。

National Space Development Agency of Japan

中島　明彦　Akihiko Nakashima

1983年宇宙開発事業団入社。地球観測衛星などの開発に従事。現在，COMETSプロジェクト副主任開発部員。

National Space Development Agency of Japan

藤田　昭平　Shôhei Fujita

1980年入社。BS-2，ETS-VI，COMETSの開発に従事。現在，小向工場宇宙技術部主務。

Komukai Works

津路　正幾　Masaiku Tsuji

1980年入社。COMETSの開発に従事。現在，小向工場宇宙技術部主務。

Komukai Works