

堀井 茂勝
HORII Shigekatsu

小林 司
KOBAYASHI Tsukasa

運輸省航空局から受注した運輸多目的衛星 (MTSAT : Multi-functional Transport SATellite) 用の衛星制御地球局システム (TTC システム) を開発した。このシステムは、航空局の神戸航空衛星センターに設置され、MTSAT の静止軌道上での衛星バス系、航空ミッション系の監視制御に用いられる。

システムの特長は、空中線装置を除き冗長構成が取られており、高信頼性が確保されていることである。また、衛星および局の設備に対し、計算機のなかで一括運用手順を記述することができるとともに自動的にその手順を実行することができる。

Toshiba has developed the TTC-95 satellite control ground station system for the Multifunctional Transport Satellite (MTSAT) under an order from the Civil Aviation Bureau of the Ministry of Transport. This system will be employed to monitor and control the satellite bus and the aeronautical mission subsystem.

This satellite control ground station system features high performance reliability afforded by a redundancy configuration except for the antenna mechanical part. The computer software incorporated in this system not only describes the operating procedures for the satellite and ground station, but also automatically performs the procedures.

1 まえがき

TTC-95 型衛星制御地球局システム (TTC (Telemetry, Tracking and Command) システム) は、MTSAT の静止軌道上での衛星バス系および航空ミッション系の監視制御に用いられ、衛星の軌道制御、衛星搭載機器の監視・制御を行う設備であり、神戸航空衛星センターに設置される。

MTSAT は、航空管制のための航空ミッションと気象観測のための気象ミッションを搭載した複合衛星で、運輸省航空局と気象庁が共同調達し、1999 年夏期に打上げが予定されている静止衛星である。

2 システムの概要

MTSAT の制御および監視を行うための TTC 全体システムの系統を図 1 に示す。MTSAT は、気象ミッションも搭載していることから、神戸航空衛星センターの TTC システムは気象庁設備ともインタフェースする。

各システムの位置付けを以下に示す。

- (1) 神戸航空衛星センターの TTC システム MTSAT の静止軌道上での衛星バス系および航空ミッション系の監視制御に用いられる。
- (2) 茨城航空衛星センターの TTC システム 災害などで神戸航空衛星センターが使用できないときに、一部気象庁設備 (ベースバンド～空中線) を使用して MTSAT の監視制御を行うことが主たる機能である。

- (3) 気象庁設備 MTSAT の静止軌道上での衛星バス系および気象ミッション系の監視制御に用いられるものである。

- (4) 追跡管制局 MTSAT の打上げから運用前までの制御および監視を行う。また、運用前の軌道上での衛星の機能確認試験 (IOT : In Orbit Test) は、追跡管制局からのコントロールで神戸航空衛星センター、気象庁設備を用いて実施される予定である。追跡管制局 (MCC : Mission Control Center) は、衛星メーカーであるスペース・システムズ/ロラル社で開発されている。以上の各システムは、地上通信網で接続されており、互いに他のシステムの補完をする機能をもつ。

また、MTSAT は、TTC 用に S バンドおよび USB (Unified S-Band) の二つの通信回線をもっている。S バンドおよび USB の使い分けは、通常の運用は衛星に搭載した指向性空中線を用いた S バンドで行うことを前提としている。USB は、無指向性空中線が搭載されており、打上げから軌道投入時まで衛星の姿勢が確立されていない間の通信手段に用いられる。

そのほか、軌道投入後に衛星姿勢異常が生じた場合など、指向性空中線を使用する S バンドが使用できなくなった場合の緊急時対応に用いる。

3 TTC システム主要機能

以下に主要機能を列挙する。

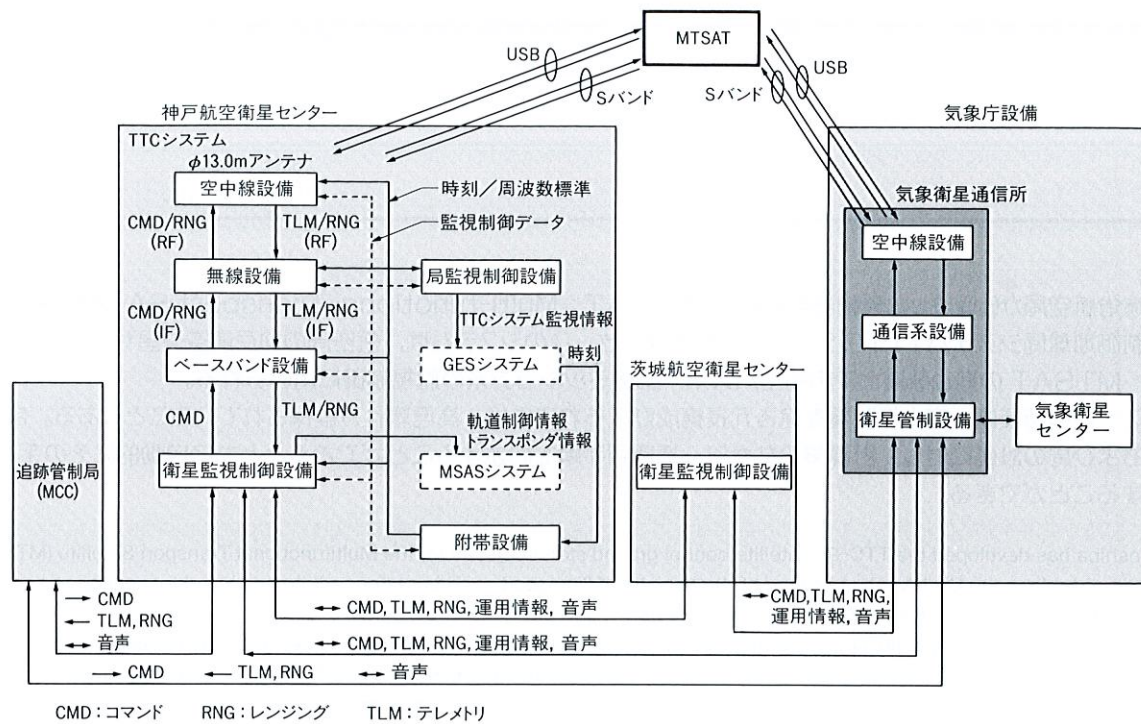


図1. MTSAT 監視制御全体システムの系統 MTSAT は、神戸航空衛星センター、気象庁設備、茨城航空衛星センターから監視制御される。打上げから運用前までは MCC から監視制御される。

Schematic flow diagram of total monitoring and control system for MTSAT

(1) コマンド処理送信機能 (USB および S バンド)

MTSAT へのコマンド信号の発生、変調、送信機能をもつ。

(2) テレメトリ受信処理機能 (USB および S バンド)

MTSAT からのテレメトリ信号の受信、復調、デコード、モニタ機能をもつ。

(3) 測距機能 衛星の運用を行うには衛星の軌道を把握する必要があり、衛星の軌道を把握するには衛星までの距離を正確に計測する必要がある。この手法として、TTC システムでは USB レンジング、S バンド 3 点測距、S バンド 1 局レンジングの測距機能をもっている。

(4) 測距、測角データを用いた軌道決定、予測機能

軌道保持、軌道制御には、正確な軌道把握が必要なため、測距、測角を行いこれらのデータから衛星の軌道を計算によって求める機能をもっている(このことを軌道位置決定または軌道決定と言う。この計算で現在の軌道と今後の軌道(予測値)を求めることができる)。

この決定値に基づき軌道制御計画を作成し、制御を実施する。さらに軌道制御後も軌道決定を行い、制御前後の軌道決定値から制御の評価を行うとともに、次の制御計画へ反映する。

(5) MTSAT バス系の監視制御機能

衛星のバス系(共通系)は、衛星の使用目的(ミッション)にかかわらず、一般的に電源系、熱制御系、TTC 系、推進系、姿勢

制御系、機構・構造系などから構成される。MTSAT も同様で、これらの各系の搭載機器の動作状態を監視制御する必要がある。TTC システムは、テレメトリを監視し、コマンドで制御することにより、バス系の監視制御を行う。

(6) MTSAT 航空ミッション系の監視制御機能

バス系の監視制御機能と同様に航空ミッション系のテレメトリ監視、コマンド送信機能を持ち、航空ミッション系の監視制御を行う。

(7) MTSAT の運用計画機能

衛星の運用は、計画を作成し、その計画に従って運用される。TTC システムは静止軌道上での運用(定常運用)に使用される。

定型的な運用(測距運用、軌道制御運用などの衛星を維持するための運用、ミッション運用)を登録することにより、自動的に運用することができるが、MTSAT は航空局と気象庁の二つの機関で運用することから、運用計画の立案は互いの調整のもとに行われ、運用が競合しないように運用計画を照合(競合チェック)する。

(8) MTSAT データ解析機能(オフラインテレメトリデータ解析)

蓄積されたテレメトリデータから指定時間幅のデータを入力し、トレンドグラフ表示、統計処理(最大値、最小値、平均値)を行い、MTSAT の動作解析を行う。

テレメトリ項目としては、各部分の温度、電力、姿

勢情報などの解析を行い、運用計画に反映する。

- (9) TTCシステム各設備監視制御機能 局監視制御設備の機能で、TTCシステム内の各設備、機器の監視制御を行う。
- (10) 運用手順自動実行機能 このシステムでは、局の運用手順と衛星の運用手順を統合したものをGSSOP (Ground Station and Spacecraft Operation Procedure) と呼び、電子化している。これは、衛星および地上局設備の運用手順を自動運用するための構造をもった記述方式により実施するための運用手順である。
局設備の監視制御および衛星監視制御の定型化された運用手順をGSSOPで記述することにより、その運用を自動実行することができる。
- (11) 局内折返しによる測距校正機能 トランスレータを用いた局内折返し機能、局内の測距信号遅延量を求める機能をもつ。
- (12) 他システムとのインタフェース機能 航空通信ミッション用のGES (Ground Earth Station) システム、航空航法用のMSAS (MTSAT Satellite-based Augmentation System)、茨城航空衛星センター、気象庁設備、MCCとインタフェースする機能をもつ。

4 主要特性

このシステムの主要性能を表1に示す。

空中線としてφ13mのパラボラアンテナをもち、Sバンド、USBの両リンクを用いて衛星を監視制御できる。

5 システムの特長

システムの特長は次のとおりである。

- (1) 高信頼性 このシステムは、空中線装置以外は基

本的に冗長系であり、機器に異常が生じても冗長系で運用できるシステム構成となっている。さらに、Sバンド、USBの二つの周波数帯で衛星との通信が可能であり、総合的に高い信頼性をもつシステムとなっている。

- (2) 運用手順自動実行機能 電子化されたGSSOPにより、局設備および衛星に対する運用手順を総合的に記述し、自動的にその手順を実行することができる。また、その手順はフローチャートの形でモニタすることができる。
- (3) 運用計画照合機能 二つの機関(航空局、気象庁)で運用が競合しないように運用計画を照合(競合チェック)する機能をもっている。この機能により、相互の機関のMTSATに対する運用計画が競合することなく立案され、実行される。

6 システムの構成・系統

TTCシステムは、Sバンド、USBの二波共用で、有効開口直径13mの鏡面修正カセグレン方式のアンテナをもった空中線設備、送受信信号の周波数変換、電力増幅を行う無線設備、テレメトリ信号、コマンド信号、測距信号の処理を行うベースバンド設備、衛星の軌道決定制御、衛星搭載機器の監視・制御を行う衛星監視制御設備、TTCシステムの各設備の制御・監視・計測データの一元管理を行う局監視制御設備、各種データへの時刻付加および設備間の同期を取るための附帯設備から構成される。

図2にシステム系統を示す。MTSATとの通信回線としては、SバンドとUSBがあることから、それぞれの信号系統にはSバンド系とUSB系があり、信頼性向上の観点から各系は主系と冗長系をもっている。同様に、空中線装置以外は基本的に冗長構成である。図3に空中線装置の主反射鏡、図4に無線設備の一部を示す。

表1. TTCシステム主要性能

Major characteristics of TTC system

項目	Sバンド		USB	
	送信	受信	送信	受信
空中線開口径 (m)	13 (Sバンド/USB共用)			
周波数範囲 (MHz)	2,025~2,035	1,670~1,700	2,035~2,110	2,200~2,290
偏波面	直線(軌道面垂直)		右旋円偏波	
送信EIRP (dBm)	84.0以上(コマンド) 97.0以上(測距)	-	108.5以上	-
受信G/T (dB/K)	-	24.3以上	-	26.7以上
変調方式 (コマンド/テレメトリ)	PCM(NRZ-L)-PSK/PM	PCM(Biφ-L)/PM	PCM(NRZ-L)-PSK/PM	PCM(Biφ-L)-PSK/PM
データレート (bps)	250	4,800	250	4,800
測距方式	サイドトーン(正弦波)			
変調方式(測距)	トーン/PM			
測距トーン周波数 (kHz)	200		100	

G/T: 利得対雑音温度比

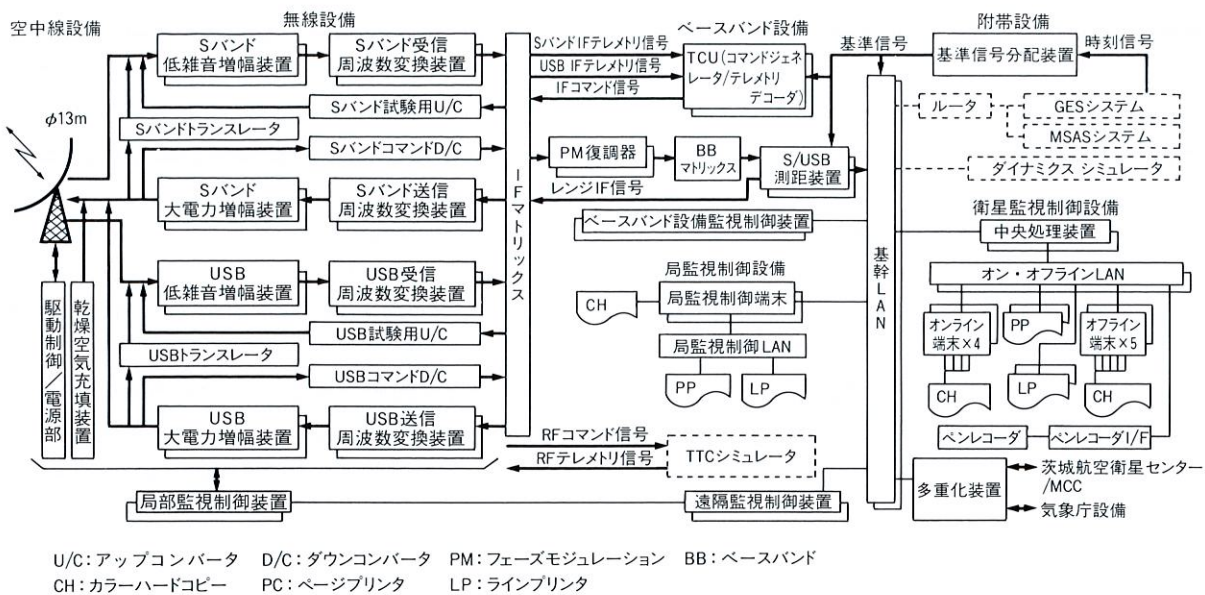


図2. TTCシステムの系統 MTSATとの通信回線としては、SバンドとUSBがあることから、それぞれの信号系統にはSバンド系とUSB系があり、信頼性向上の観点から各系は主系と冗長系をもっている。

Schematic flow diagram of TTC system

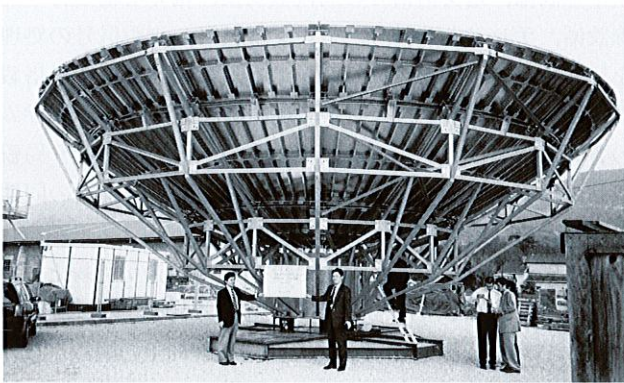


図3. 空中線装置主反射鏡 φ13mアンテナの仮組み試験の状況を示す。

External view of main reflector



図4. 無線設備の一部 送信機, 周波数変換装置などを示す。

Part of RF subsystem

7 あとがき

このシステムは、今後神戸航空衛星センターに設置され、単体調整される。その後、他システムとのインタフェース試験を経て、1999年夏期予定のMTSAT打上げ後に軌道上試験のために使用され、2000年度から定常運用に供される計画となっている。

当社が現在開発を進めている気象庁設備の中の衛星管制設備、茨城航空衛星センターのTTCシステムと合わせ、MTSAT全体の監視制御運用を遂行する計画である。

謝辞

このシステムの開発に際し、ご指導をいただいた運輸省航空局管制保安部無線課の関係各位、(財)航空保安無線システム協会 衛星技術部の関係各位に深く感謝の意を表する次第である。



堀井 茂勝 HORII Shigekatsu

小向工場 宇宙情報システム技術部参事。
衛星地上局システムの開発・設計に従事。計測自動制御学会、日本リモートセンシング学会会員。
Komukai Works



小林 司 KOBAYASHI Tsukasa

小向工場 宇宙情報システム技術部主務。
衛星地上局システムの開発・設計に従事。電子情報通信学会会員。
Komukai Works