

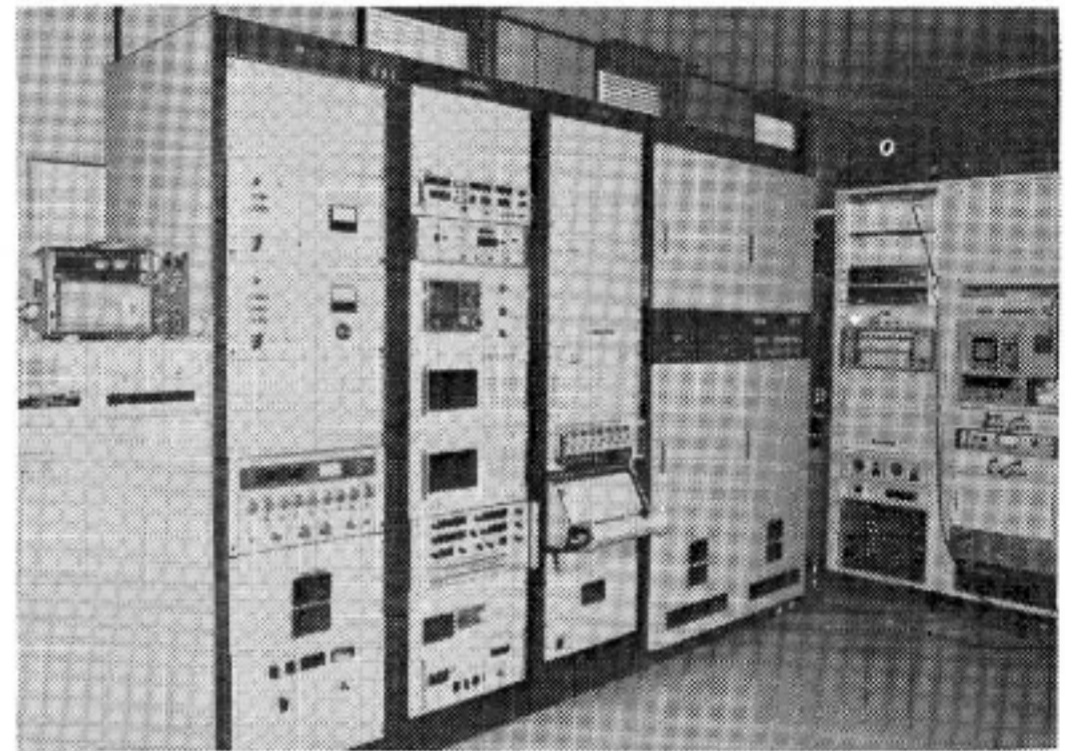
5. 衛星管制システム

5.1 管制システムの概要

5.1.1 まえがき

技術試験衛星V型 (ETS-V) は、昭和62年8月種子島宇宙センターから打ち上げられ、東経150度の静止軌道に投入される。ETS-Vの管制運用業務は宇宙開発事業団 (NASDA) により行われるが、電波研究所においても移動体衛星通信実験 (EMSS) のためのミッションコントロールを行うため、衛星管制システムの開発整備を行った。EMSS 管制システムは、衛星状態監視のためのテレメトリ装置、衛星搭載機器を制御するためのコマンド装置、衛星の軌道決定のためのデータを取得する測距装置、管制系のデータ処理を行う電子計算機及び運用管制ソフトウェアなどで構成される。これらの装置は、実験用中容量静止通信衛星 (CS) の管制システム⁽¹⁾の運用経験を生かし、可能な限り省力化を図った。また、一部の装置については既設の装置を改修して使用している。システムのブロック図を第5.1-1図に示す。

5.1.2 衛星管制ハードウェア

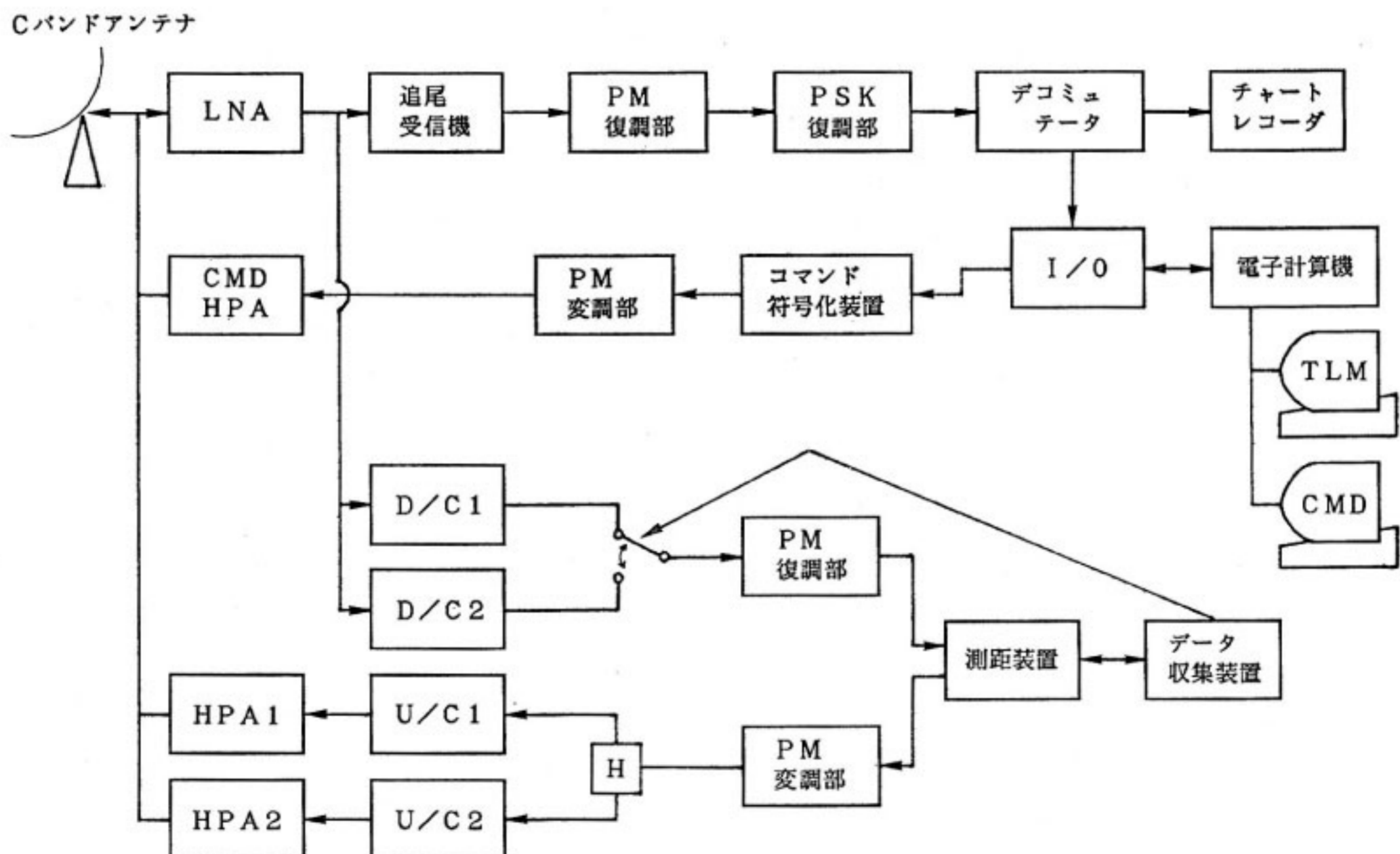


第5.1-2図 衛星管制ハードウェア

(1) テレメトリ装置

テレメトリ装置は、衛星から送られてくるテレメトリ信号 (PCM/PSK/PM) を復調、復号して計算機に入力する。計算機は入力データを処理してテレメトリ卓に表示する。

(2) コマンド装置



第5.1-1図 ETS-V/EMSS 衛星管制システム

西垣孝則, 土屋清實 (鹿島支所 衛星管制課)

コマンド装置は、コマンド卓で指定したコマンド信号を符号化し、変調器、送信機を経て衛星に送信する。

コマンド送信を行う場合、送信前にアップリンクを上げ、周波数掃引して衛星搭載受信機の PLL をロックする必要がある。この掃引機能を自動化し、運用の簡易化を図っている。

(3) 測距装置

衛星の軌道決定は、トーン方式の測距装置を使用して得られる衛星・地球局間の距離データを用いて行う。1地球局では静止衛星の軌道決定が不可能なため、2地球局で測距を行う必要があるが、当所では子局折り返し測距⁽²⁾を行う。子局は山川電波観測所に設置する。

子局折り返し測距を行うためには衛星折り返しの1ホップ測距と子局折り返しの2ホップ測距の切り替え制御が必要なので、この制御のためパーソナルコンピュータを用いている。また、このコンピュータで測距データ収集を行う。

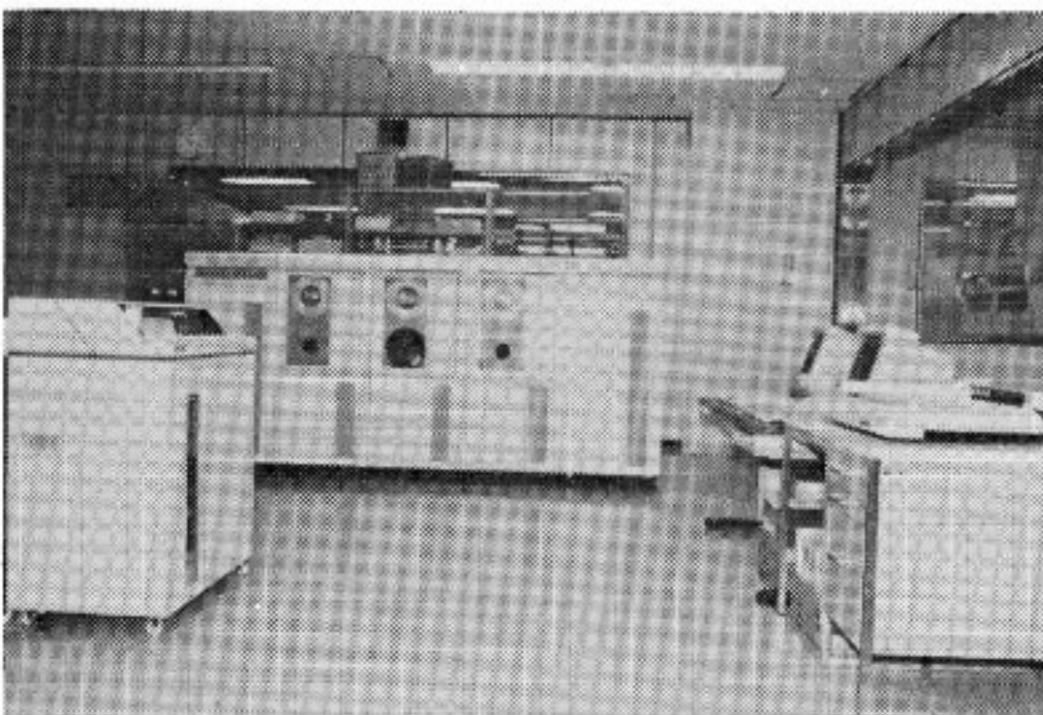
(4) 管制系機器制御卓

本装置は、管制系機器の状態表示、コマンド送信時のアップリンクアキュイジションのコントロール、測距装置のコントロールを行う。

アップリンクアキュイジションは、コマンド送信のためにアップリンクを上げて、そのままでは衛星搭載受信機の PLL 回路がロックしないので、送信周波数を掃引して受信機をロックさせる操作である。この操作は CS では手動で行ってきたが、本システムでは周波数掃引及びロックの判定をマイクロプロセッサを使用して自動化した。

(5) 電子計算機システム

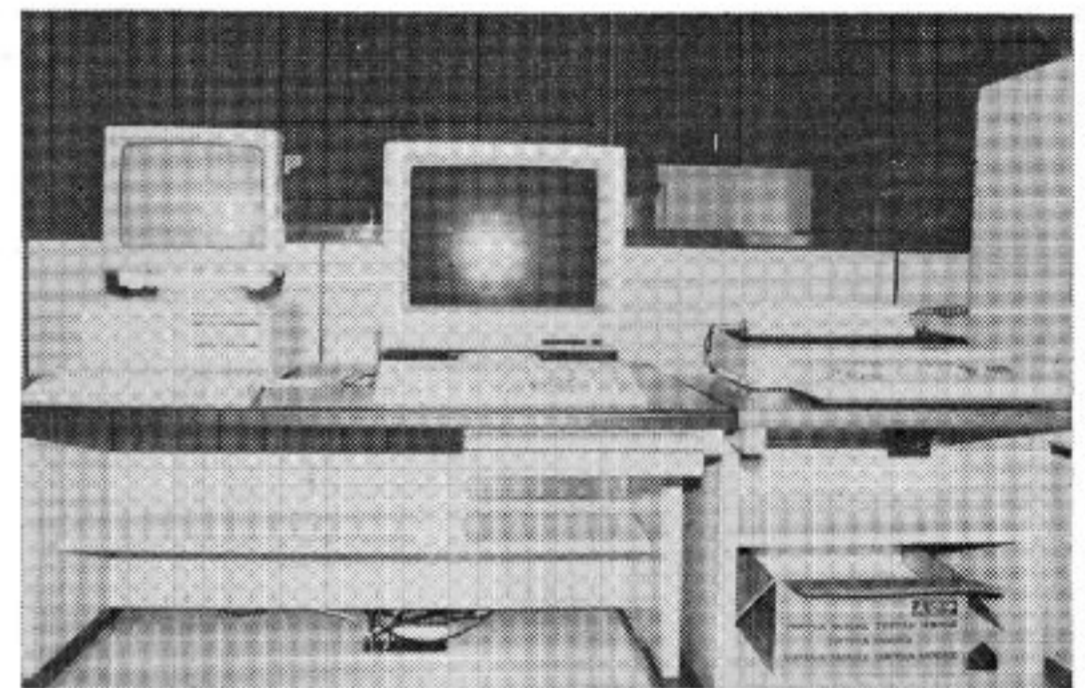
テレメトリデータの処理、コマンド送信制御などのオンライン実時間処理を行うため電子計算機を設置している。使用している機種は MELCOM 70/MX 3000 である。システム構成を第 5.1-1 表に示す。また、この計算機はテレメトリデータ統計処理、日報出力、軌道計算な



第 5.1-3 図 電子計算機室

第 5.1-1 表 計算機システム構成

機種名	MELCOM70/MX3000
OS	OS60/UMX
記憶装置	
主記憶装置	6 Mbyte
高速記憶装置	512 kbyte
キャッシュメモリ	128 kbyte
科学技術計算プロセッサ	1 台
固定ディスク装置	135 Mbyte×2 台
フロッピーディスク装置	2 台
磁気テープ装置	3 台
ラインプリンタ装置	1 台
CRT ディスプレイ	4 台
キーボード付	システムコンソール テレメトリコンソール コマンドコンソール TSS コンソール
タイプライタ装置	1 台
XY プロッタ	1 台
I/O	2 台



第 5.1-4 図 管制運用コンソール

どのオフライン処理にも用いる。

ETS-V 管制システムでは衛星管制卓として計算機の CRT ディスプレイとキーボードをそのまま用いており、専用の管制卓は製作しなかった。キーボードから直接キーインすることにより CRT 画面の切り替え、テレメトリ・クイックロック出力制御、コマンド送信制御などを行う。

5.1.3 衛星管制ソフトウェア

衛星管制においては、ソフトウェアの占める役割は非常に大きい。その機能、性能によりオペレータに対する負担の大きさが左右されるので、CS、BS での運用経験をふまえて作成した。衛星管制ソフトウェアは、テレメトリ及びコマンド処理を行うオンラインソフトウェアとデータベース管理や軌道決定等を行うオフラインソフトウェアから構成される。

(1) オンラインソフトウェア

本ソフトウェアは、テレメトリデータ処理、コマンド

データ処理をオンライン実時間で行うソフトウェアである。テレメトリ処理プログラムは、テレメトリデータの入力、工学値変換、リミットチェック、CRT ディスプレイ表示、ファイルへの記録を行う。コマンド処理プログラムは、コマンド送信制御、コマンド時刻管理、送信コマンドの記録などを行う。

(2) オンライン処理サポートソフトウェア

本ソフトウェアは、データベースの管理、テレメトリデータ統計処理、テレメトリデータのグラフ出力、日報作成などを行う。データベースの内容は、テレメトリ工学値変換データ、リミット値データ、グループコマンド等である。

(3) オフラインソフトウェア

本ソフトウェアは、軌道決定、軌道制御計画作成、姿勢決定（アンテナ指向方向決定）などを行う。これらのソフトウェアは、当所においてすでに開発されているソフトウェアを ETS-V 用に改修して用いる。

5.1.4 TT & C 回線設計

ETS-V の管制運用を行うためのトラッキング、テレメトリとコマンド (TT & C) の周波数は S バンド (2 GHz) を使用している。ETS-V は TT & C を C バンド (6/5 GHz 帯) でも行うことができるように S/C コンバータを搭載しており、当所では C バンドを使用している。C バンドでの回線計算結果を第 5.1-2 表に示す。コマンドのマージンは 19.9 dB であるが、衛星受信機入力の規定値 -113.0 dB 以上に対しては 10.2 dB のマージンとなるので、通信実験用送信機を用いて送信出力を 100 W に上げることも可能である。

参考文献

- (1) 「実験用中容量静止通信衛星 (CS) ・実験用中型放送衛星 (BS) 計画と電波研究所施設特集号」 電波季 24, 131, DEC. 1978.
- (2) 西垣, 川瀬, 橋本「地上局折り返し測距データによる CS の軌道決定」 第23回宇宙科学技術連合講演会講演集, OCT. 1979.
- (3) 塩見, 川瀬, 西垣, 早坂, 平井「CS の運用管制実験」 電波季 26, 140, NOV. 1980.

第 5.1-2 表 C バンド TT & C 回線計算結果

(1) テレメトリ回線

周波数	5105 MHz	
衛星送信電力	19.6 dBm	
給電部損失	3.7 dB	
衛星アンテナ利得	19.5 dB	
衛星 EIRP	35.4 dBm	
自由空間損失	198.0 dB	距離 37260 km
大気損失	0.5 dB	
偏波損失	0.2 dB	
地球局アンテナ利得	53.5 dB	
地球局受信機入力	-109.8 dBm	
システム雑音電力密度	-178.8 dBm/Hz	雑音温度 95.0 K
受信 C/N ₀	69.0 dB·Hz	
変調損失	5.7 dB	変調指数 0.8 rad.
データ帯域幅	27.1 dB-Hz	ビットレート 512 bps
テレメトリ S/N	36.2 dB	
要求 S/N	13.0 dB	BER=1×10 ⁻⁵ + H/W 劣化 3.4 dB
マージン	23.2 dB	

(2) コマンド回線

周波数	6396 MHz	
地球局送信電力	43.0 dBm	送信機出力 20 W
給電部損失	3.0 dB	
地球局アンテナ利得	54.7 dB	
地球局 EIRP	94.7 dBm	
自由空間損失	200.0 dB	距離 37260 km
大気損失	0.5 dB	
偏波損失	0.2 dB	
衛星アンテナ利得	21.8 dB	
給電部損失	18.6 dB	C/S コンバータ損失を含む
衛星受信機入力	-102.8 dBm	
システム雑音電力密度	-170.8 dBm/Hz	雑音温度 597 K
受信 C/N ₀	68.0 dB·Hz	
変調損失	11.1 dB	変調指数 0.4 rad.
データ帯域幅	21.0 dB-Hz	ビットレート 125 bps
コマンド S/N	35.9 dB	
要求 S/N	16.0 dB	BER=1×10 ⁻⁶ + H/W 劣化 5.2 dB
マージン	19.9 dB	

