

## 4. 衛星管制システム

### 4.1 衛星管制ハードウェア\*

衛星に課せられたミッションを遂行するためには、搭載ミッション機器の制御や、ハウスキーピング並びに軌道・姿勢保持のための運用管制を行う必要がある。運用管制システムは、送受信設備に直接インタフェースした衛星管制ハードウェアと、これから得られたデータを各種ソフトウェアにより処理する衛星管制計算装置に大別される。ここでは、最初に衛星管制ハードウェアのシステム構成について述べ、次にテレメトリデータの受信、コマンド信号の送出、距離測定等について述べる。

#### 4.1.1 システム構成

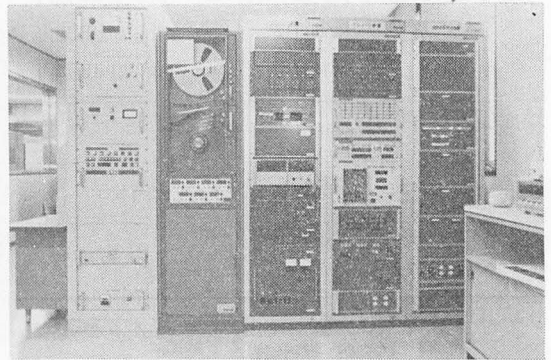
BSは、Sバンド・Kバンド両周波数帯によるテレメトリ・コマンド回線を持つ衛星である。主送受信局兼運用管制局（主局）における運用管制は、Kバンド（14/12GHz）回線を使用するもので、BSの静止後の運用管制を目的としている。このため管制ハードウェアは、基本的機能として、(i)テレメトリ信号の受信と監視、(ii)コマンド信号の送出、(iii)衛星までの距離測定のための三つの機能を持ち、テレメトリ装置、コマンド装置、測距装置、制御卓の各サブシステムから構成されている。BS運用管制ハードウェアの外観図を、第4.1-1図と第4.1-2図に示す。

第4.1-3図に、管制ハードウェアとインタフェースしている送受信設備を示す。衛星からのテレメトリ信号は、低雑音コンバータ（LNC）で周波数変換され、自動追尾受信装置で10MHzの中間周波数（IF）信号となり、テレメトリ復調装置に供給される。一方、コマンド装置からのコマンド信号は、140MHzのIF信号で、管制用送信装置に供給され、衛星に送出される。また、距離測定のための測距信号も送信装置から送出され、衛星を経由し、自動追尾受信装置で110MHzのIF信号となり、再び測距装置の入力となる。なお、管制用送信装置の冗長系として、TV系送信装置（HPA No.1）を使用することも可能である。

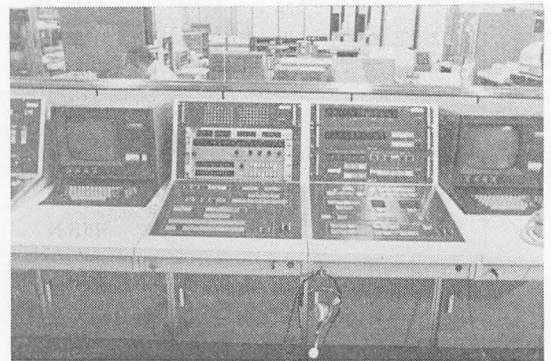
第4.1-4図に、衛星管制ハードウェアのシステム系統図を示す。

#### 4.1.1.1 テレメトリ信号の受信

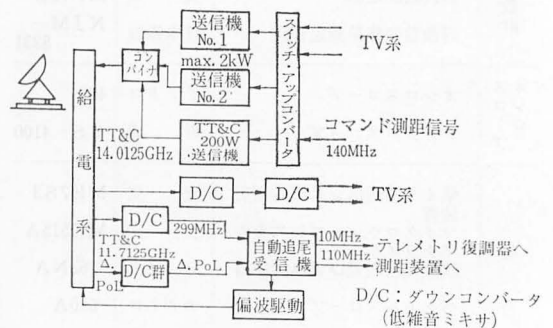
BSのテレメトリに関するパラメータを、第4.1-1表



第4.1-1図 運用管制ハードウェア



第4.1-2図 制御卓

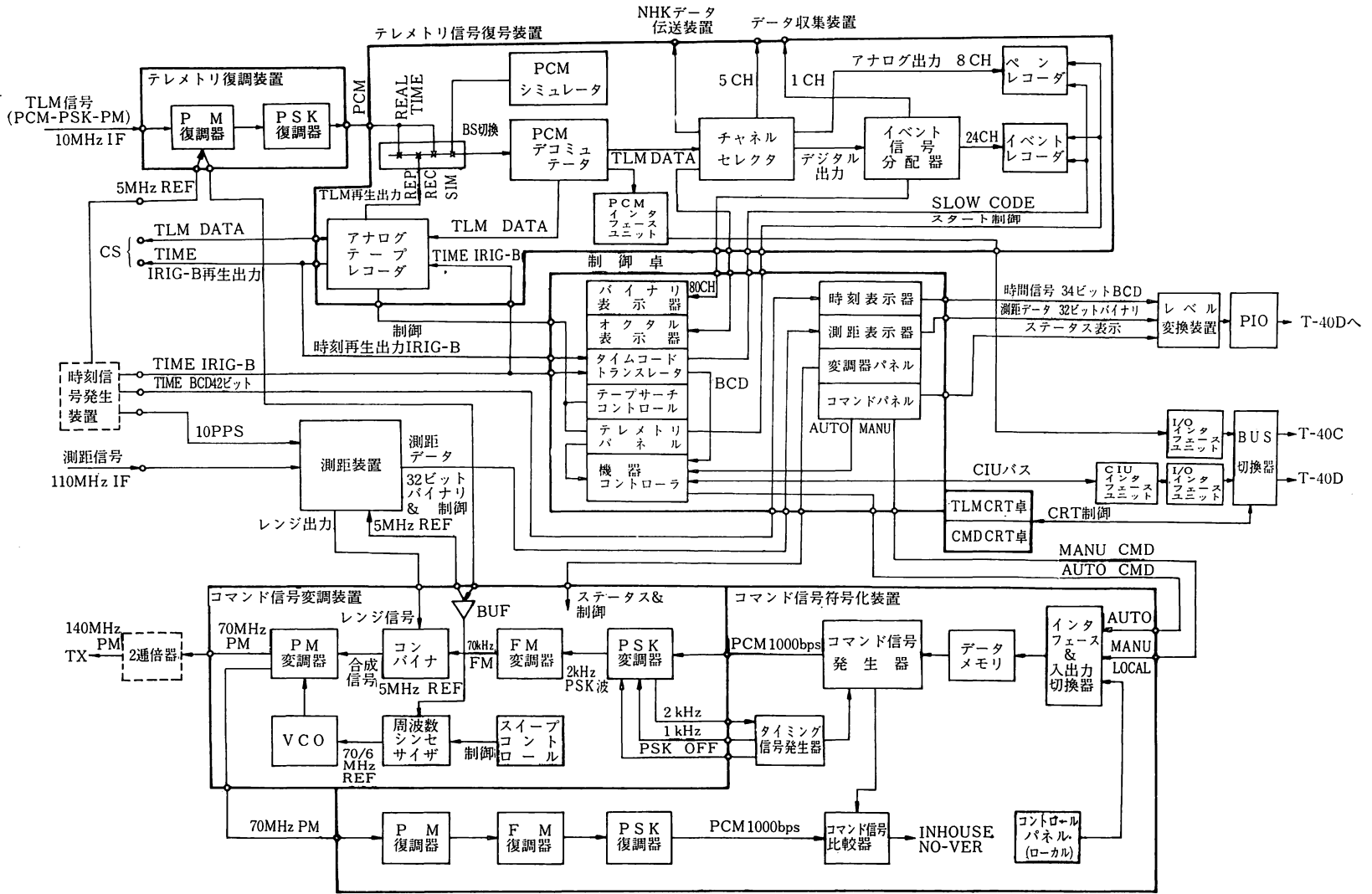


第4.1-3図 BS主局送信系

に示す。

PCM-PSK-PMの変調形式をとるテレメトリ信号は、テレメトリ復調装置で直列PCM信号に復調され、PCMデコミュータの入力となる。PCMデコミュータの入力としてはこのほか、PCMシミュレータ

\* 山谷幸作, 栗原剛幸, 小園晋一, 景山清一 (鹿島支所 衛星管制課), 甲藤隆弘 (現 宇宙開発事業団)



第 4.1-4 図 BS 衛星管制ハードウェアシステム系統図

第 4.1-1 表 BS のテレメトリ/レンジ信号パラメータ

搬送周波数	2286.5 MHz 11712.5 MHz
テレメトリ副搬送波	192 kHz
変調形式	PCM—PSK—PM
ビットレート	512 ビット/秒, Biφ—L
変調指数	1.25 rad
レンジ信号変調形式	トーン/PM
レンジ信号変調指数	0.97 rad (コマンド又はメジャートーンのみ) 0.685 rad (コンド+メジャートーン又はメジャートーン+マイナートーン)

第 4.1-2 表 BS のコマンド/レンジ信号パラメータ

搬送周波数	2110.8 MHz 14012.5 MHz
コマンド副搬送波	70 kHz (FM)
変調形式	PCM—PSK—FM—PM
ビットレート	200 ビット/秒
サブビットレート	1 キロビット/秒
副搬送波周波数偏移	最大 5 kHz
レンジ信号変調形式	トーン/PM
メジャレンジトーン	100 kHz 又は 20 kHz
変調指数	1.5 rad 以下 (コマンド又はメジャートーンのみ) 0.75 rad (コマンド+メジャートーン又はメジャートーン+マイナートーン)

からの信号とアナログ磁気テープレコーダからの再生信号があり、システムの点検や、冗長系として、非実時間のテレメトリ信号の再生処理に利用される。後者の場合、記録速度に対して、8倍速の再生処理が可能である。PCMデコミュテータは、直列PCM信号を受信し、フレーム同期をとった後、並列PCM信号に変換する。この並列PCM信号は、PCMインタフェースユニット、I/Oインタースユニットを介し、バス切替器に入力され、通常はオンライン計算機(T-40C)で処理される。処理結果はテレメトリ制御卓に表示される。更に、ペンレコーダやイベントレコーダにより、チャンネルセレクトとイベント信号分配器で選択された、任意のチャンネルのハードコピーが可能である。この場合、レコーダには時刻信号として、制御卓のタイムコードトランス

レータから出力されるスローコードが記録される。また、PCMデコミュテータからは、本線信号とは別に、入力ビットレートに応じた直列のNRZ-L信号が出力される。この信号は時刻信号と共に、アナログ磁気テープレコーダに記録され、非実時間での再生処理に利用される。なおアナログ磁気テープレコーダには、CSのテレメトリ信号も同時に記録される。

4.1.1.2 コマンド信号の送出

BSのコマンドに関するパラメータを、第4.1-2表に示す。

衛星に対するコマンド送信モードには、Auto モード

		SYNC部			コマンド部			エクセキューション部				
Type I		(3)	(13)	(1)	(7)	(8)	(1)	(17N)	(7)	(8)	(1)	(17≥)
MSB		1	0	1	SC ADR	CMD	P	0	SC ADR	EXEC	P	1
		注4			注1		注2					注3 注2

		SYNC部			コマンド部			エクセキューション部			
Type II		(3)	(13)	(1)	(7)	(8)	(1)	(7)	(8)	(1)	(17)
MSB		1	0	1	SC ADR	CMD	P	SC ADR	EXEC	P	1

		SYNC部			コマンド部			マグニチュード部			
Type III		(3)	(13)	(1)	(7)	(8)	(1)	(17N)	(3)	(14)	(17≥)
MSB		1	0	1	SC ADR	CMD	P	0	MAG ID	MAGNITUDE	1
									注5		

( ) 内はビット数

注1) SC ADRフォーマット プロトフライト 0100000  
フライト 1011111

注2) パリティビット コマンド(CMD) 8ビット, EXEC 8ビットそれぞれに対するパリティで偶数/奇数の切替えを持つ。

注3) EXECフォーマット 10100010

注4) Sync部のMSB 3ビットの“1”は冗長ビットで、衛星側デコーダに対しては不要ビット。

本来の Sync は 13ビットの“0”+1ビットの“1”である。

注5) MAG IDフォーマット 110

第 4.1-5 図 BS コマンドフォーマット

と Manual モードがある。Auto モードは、コマンド処理プログラム (COGEN) により、コマンドパネルとコマンドキャラクタ・ディスプレイ装置 (CRT) を使用し、会話形式でコマンドの送出処理を行う通常の運用モードである。Manual モードは、コマンドパネルで設定したコマンドを、COGEN を介さないで送出するモードで、Auto モードのバックアップとして運用される。

衛星のコマンドデコーダは、第 4.1-5 図に示す 3 種類のコマンドモードを処理することができる。Type I はディスクリートコマンドの場合で、コマンド部とエクゼキュート部は、2 度に分けて送出される。すなわち、コマンド部を送出しテレメトリで照会をとった後、エクゼキュート部を送出するモードで、Auto モード時に使用される。Type II もディスクリートコマンドの場合で、Type I に類似しているが、テレメトリによる照会はなく、コマンド部とエクゼキュート部を一挙に送出するモードである。Type II は Auto/Manual 両モードで使用される。Type III は、マグニチュードコマンドの場合に、コマンド部を送出しテレメトリで照会をとった後、数量コマンドを送出して実行するモードで、Auto モード時に使用される。

いずれの場合も、コマンド CRT のキーボード又はコマンドパネルで設定したコマンドは、コマンド信号符号化装置で符号化され、コマンド信号変調装置で変調された後、管制用送信装置に供給される。コマンド信号の変調形式は、PCM-PSK-FM-PM の変調形式をとる。コマンド信号を送出する場合、ハードウェアで発生する誤りを事前にチェックするための機能が必要となる。このため、コマンド信号変調装置の PM 波を、コマンド信号符号化装置内の PM-FM-PSK 復調器で復調し、コマンド信号発生部の信号と比較照合する In-house Verification 機能がある。

4.1.1.3 距離測定

主局・衛星間の距離測定は、測距装置によりトーン信号を使用して行われる。測距装置からのトーン信号は、

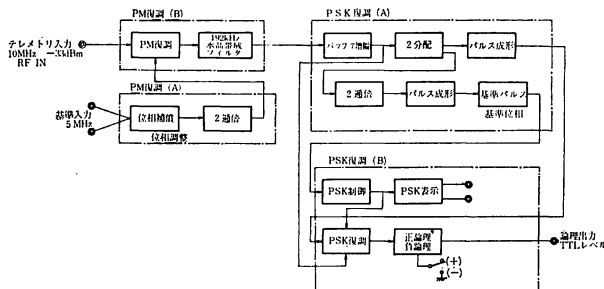
コンバイナでコマンド信号と合成され、管制用送信装置から送出される。衛星を経由してきたトーン信号は、自動追尾受信装置の IF 信号として、再び測距装置に入力され、伝搬時間を抽出し測距データとなる。測距データは、測距表示器の入力となり、伝搬時間の表示をするとともに、時計装置からの時刻信号とともに、レベル変換装置、プロセス入出力装置 (PIO) を介し、オフライン計算装置 (T-40D) に入る。

4.1.1.4 外部機器とのインタフェース

管制ハードウェアの中核となり、オペレータが直接介入して運用するものに、制御卓がある。制御卓には各種サブデバイスが実装され、テレメトリパネル、コマンドパネル、タイムコードトランスレータが、機器コントローラ、Computer Interface Unit (CIU) を通して、オンライン計算機に接続されている。CIU は、機器コントローラ、コマンド信号符号化装置と、オンライン計算機との間のデータの受授を行うために設けられたもので、I/O インタフェースユニットを介して I/O バスに接続されている。これにより I/O バスと直接インタフェースする必要がなく、システムの効率化が図られている。

管制ハードウェアで使用する時刻信号と基準信号は、時刻発生装置から供給される。時刻信号としては、IRIG (Inter Range Instrumentation Group) の B フォーマットと、42 ビット BCD コードがある。IRIG-B 信号は、タイムコードトランスレータで BCD コードに変換され、機器コントローラ、CIU バスを介して計算機に入力される。一方、基準信号としては、5 MHz 正弦波と 10 pps のパルス信号がある。5 MHz 基準信号は、テレメトリ復調装置の PM 復調器、測距装置、周波数シンセサイザの基準信号となる。10 pps は、測距データのサンプリングパルスとして使用される。

その他、外部機器とのインタフェースとして、データ収集装置へのテレメトリデータ (アナログ 5 CH, デジタル 1 CH) と、NHK データ伝送装置へのテレメト



第 4.1-6 図 テレメトリ信号復調装置系統図

第 4.1-3 表 テレメトリ信号変調装置主要性能

入力信号形式	P C M—P S K—P M
入力周波数	
テレメトリ用 I F 信号	10 MHz
副搬送波	192 kHz $\pm$ 0.01%
基準信号	5 MHz $1\times 10^{-8}$
入力インピーダンス	
テレメトリ用 I F 信号	50 $\Omega$
基準信号	50 $\Omega$
入力レベル	
テレメトリ用 I F 信号	-33 dBm
基準信号	1 V rms
P M 変調度	1.25 rad
出力信号形式	B i $\phi$ -L P C M
出力信号レベル	T T L レベル
出力信号速度	512 ビット/秒 $\pm$ 0.05%

リデータがある。

以下、各装置の詳細について述べる。

#### 4.1.2 テレメトリ装置

テレメトリ装置は、テレメトリ信号復調装置及びテレメトリ信号復号装置から構成されている。

##### 4.1.2.1 テレメトリ信号復調装置

本装置の信号系統図を、第 4.1-6 図に示す。自動追尾受信装置から 10 MHz I F の信号は、まず P M 復調器に入る。ここで時計装置からの 5 MHz 基準信号を用いた同期検波方式で P M 復調され、192 kHz の P C M—P S K 信号となる。B S の場合、P M 復調段の信号には測距信号も含まれているので、これに対して 192 kHz 副搬送波レベルと比較して十分な減衰を与える必要がある。このため 192 kHz $\pm$ 1kHz の水晶フィルタを使用し、通過エネルギー 85% 以上を確保するとともに、S/N を良くし、ビットエラー率を  $10^{-5}$  以下にしている。

P S K 復調段では、P M 復調された 192 kHz の P C M—P S K 信号から 2 通倍したクロック信号を作り、デジタル的にデータをサンプリング処理し、T T L レベルの 512 ビット/秒バイフェーズ (B i  $\phi$ -L) P C M 信号を復調する。テレメトリ信号復調装置の主要性能を、第 4.1-3 表に示す。

##### 4.1.2.2 テレメトリ信号復号装置

本装置は、テレメトリ信号復調装置又は P C M シミュレータから入力されるテレメトリデータを必要なフォーマットに変換し、オンライン計算機及び制御卓へ送出するとともに、チャートレコーダやアナログ磁気テープレコーダに出力するものである。

本装置は、次のもので構成される。

P C M デコミュテータ (Aydin Monitor 1023 A 型)

P C M シミュレータ (Aydin Monitor 820 型)

チャンネルセレクトタ (Aydin Monitor 750 型)

イベント信号分配器

ペンレコーダ (三栄測器 8 S 13 型)

イベントレコーダ (三栄測器 8 S 13-24 型)

アナログ磁気テープレコーダ (Samgamo SABRE IV)

P C M インタフェースユニット

#### (1) P C M デコミュテータ

直列 P C M テレメトリ信号を入力とし、その信号に含まれる同期信号を検知し、マイナフレーム、メインフレームの同期をとり、8 ビットの並列 P C M 信号に復号し出力するものである。あわせて、各種同期信号を出力し、オンライン計算機でのデータ転送とデータ処理を可能にする。入力の信号形式は、B i  $\phi$ -L 又は N R Z 信号のいずれでも処理することが可能であり、入力のビットレートも 512 ビット/秒、4096 ビット/秒のいずれも処理が可能である。

#### (2) チャンネルセレクトタ

P C M デコミュテータからの並列 P C M 信号を入力とし、パッチボードにより、テレメトリフォーマット上の任意のチャンネルを選択する。更に選択された最大 30 チャンネルのテレメトリデータを、D/A 変換器によりアナログ変換しレコーダに出力するとともに、10 ワード 80 イベントのバイレベルデータをイベントレコーダに出力する。また、チャンネルセレクトタには、バイナリ表示、デシマル表示、メータ表示の機能があり、任意のチャンネルのデータを表示することができる。

#### (3) アナログ磁気テープレコーダ

テレメトリ信号の非実時間再生処理を可能にするために設けられたもので、P C M デコミュテータからの直列 N R Z-L P C M 信号と、時計装置からの時刻信号を記録する。チャンネル数は最大 7 であるが、通常は、次のチャンネルが用いられる。

チャンネル 3 B S P C M テレメトリデータ (N R Z-L) F M 記録/再生

チャンネル 4 Tape Sync 用同期信号 直接記録/再生

チャンネル 5 C S P C M テレメトリデータ (B i  $\phi$ -L) 直接記録/再生

チャンネル 6 I R I G-B 時刻信号 直接記録/再生  
テープ速度は 7 段階に分けられており、制御卓からのリモート制御が可能である。

#### (4) ペンレコーダ

第 4.1-4 表 テレメトリ信号復号装置主要性能

1. PCMデコミュテータ		4. イベント信号分配器	
入力信号形式	NRZ又はBiφ-L	入力数	80 CH
入力ビットレート	512 ビット/秒又は 4096 ビット/秒	出力数	24 CH
入力レベル	1~20 Vp-p	切替方式	ピンボードによるパッチング方式
位相同期ループ幅	0.1% 又は 0.3%	5. ペンレコーダ	
データ出力信号形式	NRZ-L 8ビット並列 NRZ-L 直列	チャンネル数	8 CH
タイミング出力信号	0° Clock, ワードレート, フレームレート, サブフレームレート	入力感度	2.5 mV~400V
データワード長	1~31 ビット	入力インピーダンス	100 kΩ 以上
フレーム長	2~999 ワード	周波数特性	DC~60 Hz
サブフレーム (パターン) (ID)	2~999 フレーム 2~512 フレーム	6. イベントコーダ	
フレームシンク長	最大 33 ビット	チャンネル数	24 CH
2. PCMシミュレータ		入力感度	0~5 V
PCM波形コード	NRZ-L/M/S Biφ-L/M/S	入力インピーダンス	100 kΩ 以上
ビットレート	1~1.6 メカビット/秒	周波数特性	DC~40 Hz
ワード長	2~36 ビット/ワード	7. アナログ磁気テープレコーダ	
フレーム長	2~999 ワード	トラック数	7トラック
3. チャンネルセクタ		テープスピード	1-7/8, 3-3/4, 7-1/2, 15, 30 60, 120 ips, 7段階切替え
出力チャンネル	アナログ 33 CH デジタル 80 CH	記録方式	FM/直接
出力レベル	アナログ信号 0~5 V デジタル信号 "0" 0 V "1" 4.5 V	周波数特性	FM DC~20 kHz (60 ips) 直接 200 Hz~300 kHz (60 ips)
		8. PCMインタフェース ユニット	
		入出力データビット	512ビット/秒又は 4096 ビット/秒
		入出力データ形式	並列 8 ビット NRZ-L

チャンネルセクタで選択されたアナログデータを記録する。チャンネル数は8で、うち1チャンネルは、制御卓のタイムコードトランスレータから出力されるスローコード時刻信号に割り当てられている。

#### (5) イベント信号分配器

チャンネルセクタで選択された80チャンネルのバイレベルデジタルデータの中から、ピンボードパネルにより任意の24チャンネルを選出し、イベントレコーダに衛星状態(イベント)信号として送出する。

#### (6) イベントレコーダ

イベント分配器で選択されたテレメトリデータを記録する。チャンネル数は24で、チャンネルにはペンレコーダと同様に時刻信号を記録する。

#### (7) PCMシミュレータ

テレメトリ信号復号装置の動作確認を行うもので、衛星から送られてくるPCMテレメトリデータを擬似的に発生する装置である。発生できる信号形式は、Biφ-L

又はNRZ-Lの2種類でる。

#### (8) PCMインタフェースユニット

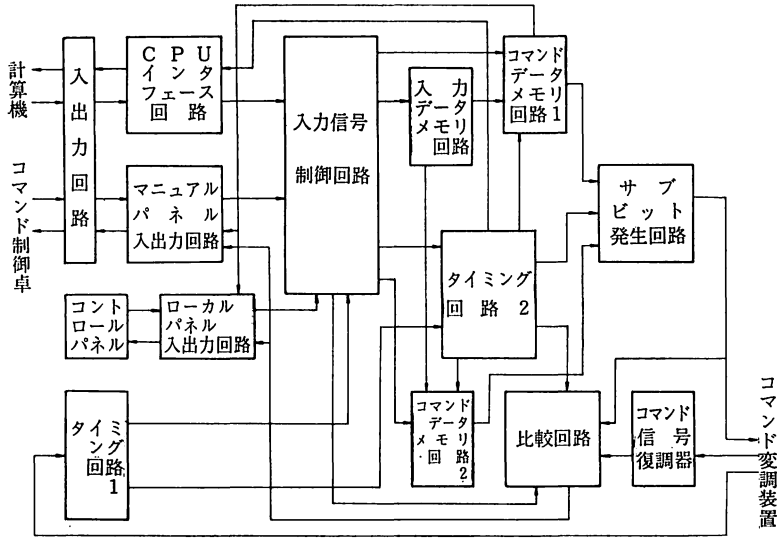
PCMインタフェースユニットは、テレメトリ信号をオンライン計算機に入力するためのインタフェース回路で、64ワード×8ビットのバッファレジスタを2系統持ち、データの書き込みと読み出しを並行処理している。すなわち、2系統のレジスタは、交互にマイナフレームずつデータをストアし、一方がストアしているときに他方が計算機にデータを転送する。転送されたデータは、オンラインソフトウェア(PAS)により、1マイナフレームごとに処理される。

テレメトリ信号復号装置の主要性能を、第4.1-4表に示す。

#### 4.1.3 コマンド装置

コマンド装置は、コマンド信号符号化装置、コマンド信号変調装置、2通信器によって構成されている。

##### 4.1.3.1 コマンド信号符号化装置



第 4.1-7 図 コマンド信号符号化装置系統図

本装置は、BS に対して指令を与えるためのコマンドデータの作成と送出を主機能とする装置である。本装置は、コマンド信号発生器、コントロールパネル、コマンド信号復調器から構成されている。

指令信号を作成するコマンド信号発生器の制御モードの決定は、コマンド制御卓とコントロールパネルで行われる。このモードには、定常運用モードである Auto モード、コマンド制御卓で制御する Manual モード、及びコントロールパネルで制御する Local モードの 3 種類がある。

第 4.1-7 図に、コマンド信号符号化装置の系統図を示す。それぞれのモードにおいて入力されたデータ及び制御信号は、入力信号制御回路でモードに従って切り換えられ、データは入力データメモリ回路に、制御信号はタイミング回路 2 等に転送される。データメモリ回路に転送されたデータは一時的にストアされてから、テレメトリデータメモリ回路 1 及び 2 に転送され、コマンドタイプ指定に応じたフォーマットに変換される。

タイミング回路 2 は、コマンド開始信号が転送されると同時に動作を開始し、タイプ指定信号に従い規定の各タイミング信号を作成し、コマンドデータメモリ回路等に分配する。タイミング回路 2 から、コマンドデータメモリ回路 1 及び 2 に、コマンド信号送信用レジスタ制御信号が入力されると、フォーマット化されているコマンドデータは、200 ビット/秒の速度でサブビット発生回路に転送される。このコマンドデータは、タイミング回路 2 で作成されたサブビット制御信号により、1000 ビット/秒のデータに変換され、コマンド信号としてコマンド変調装置に送出される。

第 4.1-5 表 コマンド信号符号化装置主要性能

コマンド送出モード	AUTO/MANUAL/LOCAL
入力信号形式	コマンド 8 ビットオクタル マグニチュード
コマンド形式	14 ビットオクタル ディスクリットコマンド マグニチュードコマンド
コマンドフォーマット	第 4.1-5 図による
サブビットコード	“1” “0”
サブビット A	01110 01001
サブビット B	11000 11011
信号形式	NRZ-L TTL
出力サブビット速度	1000 ビット/秒
コマンド項目数	最大 255 項目
コマンド信号復調部	
復調形式	PM-AM-PCM
入力信号	70 MHz±150 kHz -50 dBm, 50 Ω
復調出力	NRZ-L, 1000 ビット/秒

コマンド信号は、コマンド信号変調装置で PSK-FM-PM 変調され、管制用送信装置とコマンド信号復調器に送出される。コマンド信号復調器に返されたコマンド信号は復調され、コマンド信号発生器の比較回路に転送される。

比較回路では、タイミング回路 2 から転送される比較制御信号により、コマンドデータメモリ回路 1 及び 2 から転送されるコマンドデータと復調器から転送されるコ

マンド信号を比較し、コマンド信号伝送途中におけるビットエラーを検出し、エラーが発生した場合にはコントロールパネル及びコマンド制御卓面上にそれを表示する。コマンド信号符号化装置の主要性能を、第4.1-5表に示す。

#### 4.1.3.2 コマンド信号変調装置

本装置は、コマンド信号と測距信号を所定の変調形式で変調し、管制用送信装置へ送出する装置で、次のような機能がある。

(1) コマンド信号符号化装置から1000ビット/秒PCMコマンド信号を受け取り、2kHzPSK-70kHzFM-70MHzPM変調信号を管制用送信装置へ送出する。この場合、PSK変調にはパイロット信号として、サブキャリア(2kHz)に同期した1kHz同期信号を重畳する。このパイロット信号は、コマンドを衛星のデコーダで復調する際の同期信号となる。

(2) 測距装置からのトーン合成波又はARC測距信号で70MHzをPM変調し、管制用送信装置へ送出する。

(3) PM変調前に、コマンド信号(PSK-FM波)と測距信号をPM変調モードに合わせて選択するための切替制御を行う。

(4) PM変調搬送波である70MHz信号を、衛星側受信機の最適受信周波数に合わせて掃引する。

本装置には、コマンド信号符号化装置から、PSK変調波の搬送波信号である2kHzに同期した1000ビット/秒PCMコマンド信号(TTLレベル)と1kHz同期信号が送られており、PSK変調器で2kHz信号を位相反転し、2kHzPSK変調波を得ている。

PSK変調されたコマンド信号はFM変調器で70kHzFM変調され、コンバイナに加わる。コンバイナでは測距信号も受けて、PM変調モードに合わせて加算、あるいは両信号のうちいずれか一方を選択して、規定のPM変調度になるレベルでPM変調器に送出している。

コンバイナから出力されたコマンド及び測距信号は、70/6MHz信号をPM変調し、更に6倍倍されて70MHzPM変調波となり、管制用送信装置へ送出される。また、コマンド信号が誤りなく送信されたかどうかをチェックするために、PM変調器出力を分岐してコマンド信号符号化装置で比較する。

コマンド信号変調装置の主要性能を第4.1-6表に示す。

#### 4.1.4 測距装置

測距装置は、電波を利用して、地上局と衛星間の距離を測定するもので、方式により、トーンレンジング方式、SSRR(Spread Spectrum Range and Range Rate)方式、ドップラ方式、レーダ方式等がある。

第4.1-6表 コマンド信号変調装置主要性能

入力信号形式	
コマンド信号	NRZ-L直列PCM
測距信号	トーン/ARC変調波
基準信号	5MHz
入力信号レベル	
コマンド信号	TTLレベル
測距信号	0~4Vp-p
基準信号	1.0Vrms
出力信号形式	PCM-PSK-FM-PM
副搬送波周波数	PSK用 2kHz FM用 70kHz
コマンド同期信号	1kHz
出力周波数	70MHz±150kHz
出力レベル	0dBm, 50Ω
PM変調指数	
コマンドモード	0.375rad
レンジモード	0.375rad (メジャートーン、マイナートーンともに)
コマンド+レンジモード	コマンド 0.25rad レンジ 0.25rad (メジャートーン、マイナートーンともに)

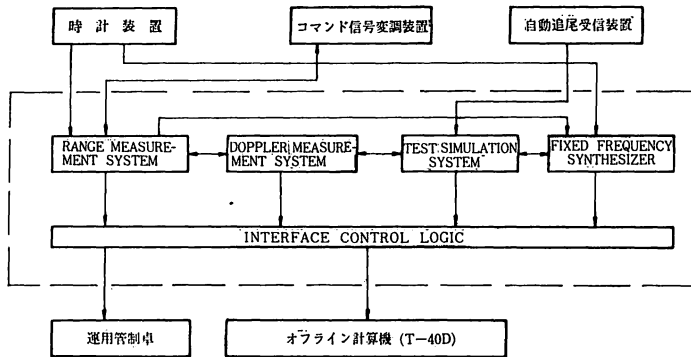
本装置に採用されたトーンレンジング方式は、衛星に搭載されたトランスポンダを使用し、距離と距離変化率を測定するもので、一般的に静止衛星に対する距離測定に多く使用されている。距離測定は、電波の発射源と折り返し点の間の往復距離が、電波の位相遅れ、又は伝搬時間に直接比例することを利用して行われる。伝搬時間には、地上局内部の遅延時間(測距装置、変復調装置、空中線部等)及び衛星内部(空中線部、トランスポンダ等)の遅延時間が含まれるため、取得されたデータを処理する際に、補正する必要がある。

#### 4.1.4.1 機能概要

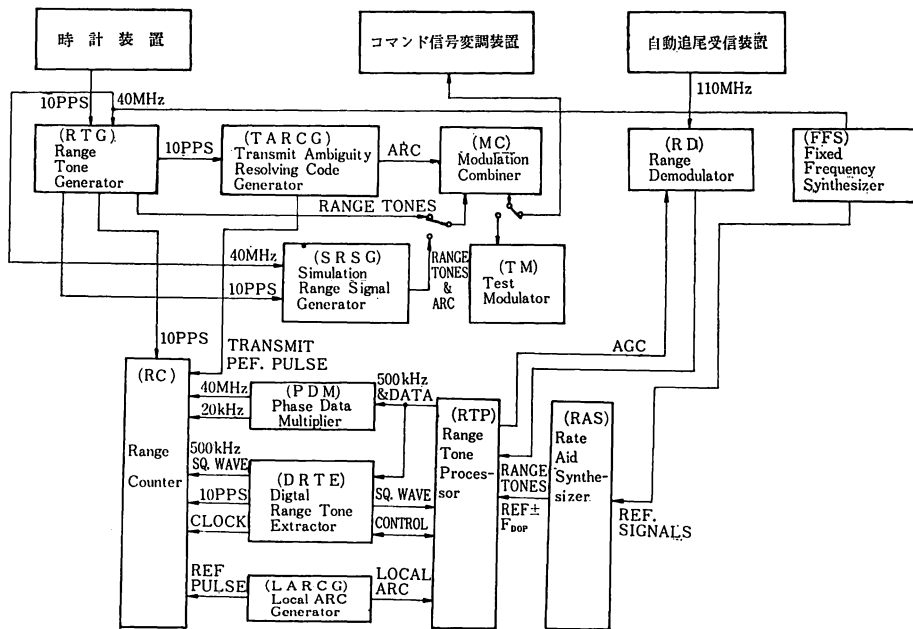
本装置は、自動追尾受信装置、時計装置、コマンド信号変調装置と組み合わせて運用され、衛星に搭載されたK/Sコンバータ及びSバンドトランスポンダを介して、地上局と衛星間の距離を測定するものである。

取得された距離データは、PIOを通してオフライン計算機(T-40D)に入力され、MTに記録編集後、軌道決定プログラム(ODAS)で使用される。測距信号は、正弦波サイドトーンを用い、精測距用のメジャートーン(Major Tone)3波と、あいまいさ(Ambiguity)を取り除くためのマイナートーン(Minor Tone)7波が用意されている。一般に、メジャートーンのトーン周波数が高い程、測定精度は向上するが、同時にあいまいさも





第 4.1-8 図 測距装置系統図



第 4.1-9 図 距離測定サブシステムブロック図

大きくなる。このあいまいさを除くために、捕捉時には、メジャートーンを送出した後、順次マイナートーンを送出する。本装置での最低マイナートーンは、10 Hz であり、これによる  $3 \times 10^7 \text{m}$  以上のあいまいさを取り除くため、ARC (Ambiguity Resolving Code) を使用する。これによって最大距離測定範囲が 644,000 km となる。

また、装置の機能試験や、保守の簡易化を図るために、距離シミュレータを組み込み、トランスレータ (Translator) と組み合わせた距離較正も可能である。

4.1.4.2 サブシステムの構成

本装置は、次の五つのサブシステムで構成される。各サブシステムの関連を、第 4.1-8 図に示す。

距離測定サブシステム

ドップラ測定サブシステム

固定周波数シンセサイザサブシステム  
 テストシミュレーションサブシステム  
 インタフェース・コントロールサブシステム  
 以下、距離測定サブシステムを中心に、信号の流れと各サブシステムの機能を説明する。

(1) 距離測定サブシステム

このサブシステムは、機能上から、測距信号発生部分と距離決定部分に大別される。ブロック図を第 4.1-9 図に示す。

測距信号発生部分：レンジ トーン 発生器 (RTG : Range Tone Generator), 送出 ARC 発生器 (TARCG : Transmit Ambiguity Resolving Code Generator), 混合器 (MC : Modulation Combiner) で構成され、作られた測距信号が、ステーションエキサイタとして、

コマンド信号変調装置へ出力される。

RTGは、固定周波数シンセサイザから入力される40 MHz 基準信号を、分周器で分周し、時計装置からの10 pps 信号と同期した500 kHz, 100 kHz, 20 kHzの各メジャートーンと、100 kHz, 20 kHz, 4 kHz, 800 Hz, 160 Hz, 40 Hz, 10 Hzの各マイナートーンを作り、MCに出力する。(ただし、BSの測距には500 kHzメジャートーンは用いない。)

TARCGは、RTGからの10 pps 信号を用いて、10 Hz以上のあいまいさを除くために、10ビットシフトレジスタで、1023ビットPNコードを作りMCに出力する。

MCは、RTG及びTARCGからの信号を結合しコマンド信号変調装置へ送出するが、その際送出する測距信号の位相アライメント(Alignment)と、トーン信号の変調指数を制御するレベル調整の機能を持ち、更に距離捕捉時には、メジャートーンにマイナートーンとARC信号を加算する。この場合160 Hz, 40 Hz, 10 Hz, TARCG信号は、4 kHz サブキャリアでPSK変調し、800 Hz 信号は、4 kHz 信号と合成した後に、メジャートーンに加算する。

距離決定部分：レンジ復調器(RD: Range Demodulator), レートエイドシンセサイザ(RAS: Rate Aid Synthesizer), レンジトーンプロセッサ(RTP: Range Tone Processor), フェーズデータマルチプライヤ(PDM: Phase Data Multiplier), デジタルレンジトーン抽出器(DRTE: Digital Range Tone Extractor), ローカルARC発生器(LARCG: Local Ambiguity Resolving Code Generator), レンジカウンタ(RC: Range Counter)で構成され、自動追尾受信装置で受信された測距信号の位相遅延量から距離を決定し、得られた距離データを出力する。

RDは、自動追尾受信装置から110 MHz IF信号を得、RTPのメジャレンジトーンレベルに同期したAGCをかけ、レンジトーン信号を検波し、RTPに出力する。

RASは、キャリアのドップラ周波数に、キャリアとメジャレンジトーンの周波数比を乗じ、メジャレンジトーンに重畳するドップラ成分を検出する。更に求められたドップラ成分をRTPに出力する。RTPは、RDから送られたトーン信号から、純粋なメジャートーンを作るために、ドップラ成分を差し引く。この信号を使用することにより、メジャレンジトーンの周波数(位相)ゆらぎは、ほぼキャンセルされ、ドップラによる変動に対しても遅延誤差が微小となり、狭帯域トラッキングフィルタが使用可能になる。

RTPは、測距信号のアクイジション(Acquisition)やトラッキングに関連するアナログ処理も行う。RDから入力されるレンジトーンにより、レートエイド(Rate Aided)PLLを形成し、PDM, DRTEに対し、距離情報を含むメジャートーン信号を出力する。

DRTEは、RTPから500 kHz 信号を受け取り、2 通倍した後に、分周し、ローカルレンジトーンを作る。こうして作られたレンジトーンと、RTPからのレンジトーン間の位相整合を行なう。また、DRTEで作られたレンジトーンと同期した10 pps 信号と160 pps クロック信号を、レンジカウンタとLARCGに出力する。

LARCGは、DRTEからのクロック信号と10 pps 信号で、送出されたARCと同様の波形を作り、レンジカウンタに基準パルスを出力する。

PDMには、RTPから位相の形で距離情報を含む500 kHz レンジトーンが入力される。これと後述のFFSで作られる480 kHz 基準信号を混合し、距離情報を保有しつつ20 kHzの信号に変換する。

その後、2次のPLLを用いてこの信号を2000 倍し、40 MHz 信号を作る。40 MHz 信号は、距離情報を周波数の形で含み、レンジカウンタに出力する。これらの処理により、RTPから500 kHzのレンジトーン信号の位相遅延情報は、分解能が2000 倍に拡大される。

RCには、PDM, DRTE, RTG, TARCG, LARCGから信号、基準パルス、クロック信号が入力される。RC内部でこれらの信号を精、中間、粗の3段階に分割して計数した後に合成し、オフライン計算機とディスプレイに出力する。RCには、また、地上局と衛星内部の遅延時間を減算するためのオフセット機能がある。

## (2) ドップラ測定サブシステム

本測距装置では、現在使用されていないため、割愛する。

## (3) 固定周波数シンセサイザサブシステム

固定周波数シンセサイザ(FFS: Fixed Frequency Synthesizer)は、CS・BS両地上局の時刻標準となる時計装置より入力される5.0 MHz及び10 pps 信号から、RTG, RD, PDM, RAS等の装置内で必要とする正確な基準信号を作る。

## (4) テストシミュレーションサブシステム

シミュレーション用レンジ信号発生器及びテスト変調器で構成される。任意の距離に相当する遅延量を、シミュレーション信号発生器のサムホイールスイッチで設定し、本装置内で折り返しループを形成することが可能である。この装置を用いて測距装置単体の機能試験を行う。

## (5) インタフェースコントロールサブシステム

第 4.1-7 表 測距装置主要性能

測距方式	トーン, ARC
レンジトーン周波数	
(i)メジャートーン	500 kHz, 100 kHz, 20 kHz
(ii)マイナートーン 及びARC 出力インピーダンス	100 kHz, 20 kHz, 4 kHz, 800 Hz 160 Hz, 40 Hz, 10 Hz, ARC 50 Ω
出力レベル	0~4 Vp-p (標準設定 2 Vp-p)
タイミング入力	“1” 80 m sec, “0” 20 m sec 10 pps 立ち上がり時間 10 n sec
入力測距形式	トーン, ARC-PM
入力周波数	
(i)測距信号	110 MHz, 50 Ω
(ii)基準信号	5 MHz, 50 Ω
入力レベル	
(i)測距信号	-83 dBm±2 dBm
(ii)基準信号	1.0 Vrms
(iii)タイミング信号 号	“1” 0±0.5V, “0” -6±0.5V
入力信号安定度	
(i)基準信号	1×10 <sup>-9</sup> 以上
(ii)タイミング信号 号	5 n sec 以下
ARC信号形式	1023 ビットPNコード
ARC信号伝送速度	160 ビット/秒
測距データ形式	32 ビットバイナリー
表示可能最大距離	644,000 km
分解能	0.15 m

このサブシステムは、測距装置と計算機及び制御卓とのインタフェースをなすものである。あらかじめオペレータによって設定されたデータ収集条件を計算機に入力する。この条件に基づく計算機からの信号によって測距の開始・停止の制御が行われる。

また、手動操作による、測距開始・停止も可能である。

測距装置の主要性能を、第 4.1-7 表に示す。

#### 4.1.5 制御卓

制御卓は、衛星管制ハードウェアの種々の機能が集約されたもので、運用の中心となる。主要機能としては、(i)テレメトリデータの表示とソフトウェア制御、(ii)コマンド信号の送出制御と表示、(iii)測距装置の制御とデータ表示、(iv)管制ハードウェア機器の制御と表示、(v)時刻の表示とコード変換、(vi)外部機器からのステータス表示と制御がある。制御卓は、テレメトリ制御卓、コマンド制御卓、テレメトリCRT卓、コマンドCRT卓の4卓からなり、テレメトリCRTとコマンドC

RTは互いに冗長系をなし、切替えが可能である。テレメトリ制御卓には、テレメトリパネルを中心に、バイナリ表示器、オクタル表示器、タイムコードトランスレータ、テープサーチコントローラ及び機器コントローラが実装されている。コマンド制御卓は、コマンドパネル、変調器パネルを中心に、時刻表示器、測距表示器が実装されている。

テレメトリパネル：PCMデコミュテータへの入力信号の切替え、ペンレコーダ/イベントレコーダのON/OFF制御、アナログ磁気テープレコーダの速度切替えが可能である。また、機器コントローラ、CIU経由でオンライン計算機とインタフェースし、ソフトウェアシステムに対して処理要求を出す。

バイナリ表示器：イベント信号分配器で設定されたバイナリ信号を、表示するもので、80CHの表示能力がある。

オクタル表示器 (Aydin Monitor 750 型)：PCMデコミュテータからの並列PCM信号を入力とし、任意の2CHのテレメトリ値を、8進数で表示する。

タイムコードトランスレータ (DATUM 9210 型)：時刻信号発生装置又は、アナログ磁気テープレコーダで再生される、コード化された時刻信号 (IRIG-B) を入力とし、その時刻を解読し、テープサーチコントロールユニット及び、オンライン計算機入力用のBCDコードの並列時刻信号を発生する。合わせて、レコーダ用のスローコード時刻信号を出力する。

テープサーチコントロールユニット (DATUM 9241 型)：タイムコードトランスレータと組合せ、アナログ磁気テープレコーダの駆動制御を行うもので、磁気テープに記録されている時刻信号をタグとし、磁気テープの走行位置を制御する。これにより、記録されているテレメトリデータの検索が容易となる。

機器コントローラ：制御卓の各サブデバイスとオンライン計算機の間でデータ転送を行うためのインタフェースロジックで、計算機とはCIUバスでインタフェースされる。その主な機能は、(i)コマンドパネル及びテレメトリパネルのスイッチ情報の読み取り、(ii)コマンドパネル及びテレメトリパネルのスイッチ選択に応じたランプの点灯、(iii)タイムコードトランスレータからの時刻信号の転送である。各サブデバイスは、各々サブデバイスアドレスを持ち、当該アドレスが指定された場合、計算機からのOC (Output Command) 信号により、サービスを受ける。

時刻表示器：標準時刻信号を入力とし、時刻表示を行う。

測距表示器：測距装置からの32ビットバイナリコー

ドの測距データを入力とし、これを10進数で表示する。入力測距データは、10回/sec周期で更新されるが、表示は、1回/secの周期でサンプルされたデータである。表示の単位はナノセカンドで、最大表示能力は $4.29 \times 10^9$ nsec (644,000 km 相当)である。更に、測距装置のSTART/STOP等の制御が可能である。

変調器パネル：コマンド信号変調装置のリモート制御を行うもので、変調装置のアラーム表示、コンバイナのモード切替え、掃引装置のリモート制御が可能である。コンバイナモードとして、次のものがある。

MOD OFF 70 MHz 搬送波のみ送出。

RANG 測距モード。

CMD コマンド送出モード。

RANG&CMD 測距とコマンド同時送出モード。

ただし、この場合、コンバイナのモード切替えとは無関係に、CMDの送出を止めることができる。

掃引装置は、衛星の受信機に地上局の搬送周波数をロックさせるためのもので、PM変調器段での70 MHz搬送波を掃引する。掃引動作は中心周波数を中心に、デジタルスイッチで設定された「SEARCH」周波数の幅で、衛星受信機のロック状態を確認しながら行う。掃引幅は70 MHzに対して $\pm 150$  kHzである。

コマンドパネル：管制用送受信装置の状態表示と、コマンド送出のための制御を行う。コマンド送出の制御モードには、「AUTO COMMAND」と「MANUAL COMMAND」がある。AUTO COMMANDは、コマンドCRTを使用し、オンライン計算機でコマンド信号発生器を動作させ、コマンドを送出する。「MANUAL COMMAND」は、パネル面のデジタルスイッチで、コマンド信号発生器を動作させコマンドを送出する。そ

のほか、オンライン計算機を介して、コマンドシーケンスの作成と編集が可能である。

#### 略語表

LNC；低雑音コンバータ

HPA；大電力増幅器（出力アンプ）

I/O；入力／出力

PIO；プロセス入出力

CIU；コンピュータインタフェースユニット

IRIG；インタレンジインストラメンテーショングループ

BCD；バイナリコードデッドデシマル（測距装置関係）

ARC；あいまい除去用コード

RTC；レンジトーン発生器

TARC；送出ARC発生器

MC；混合器

RD；レンジ復調器

RAS；レートエードシンセサイザ

RTP；レンジトーンプロセッサ

PDM；フェーズデータマルチプライヤ

DRTA；デジタルレンジトーン抽出器

LARC；ローカルARC発生器

RC；レンジカウンタ

FFS；固定周波数シンセサイザ

CRT；ブラウン管

OC；アウトプットコマンド

CMD；コマンド

