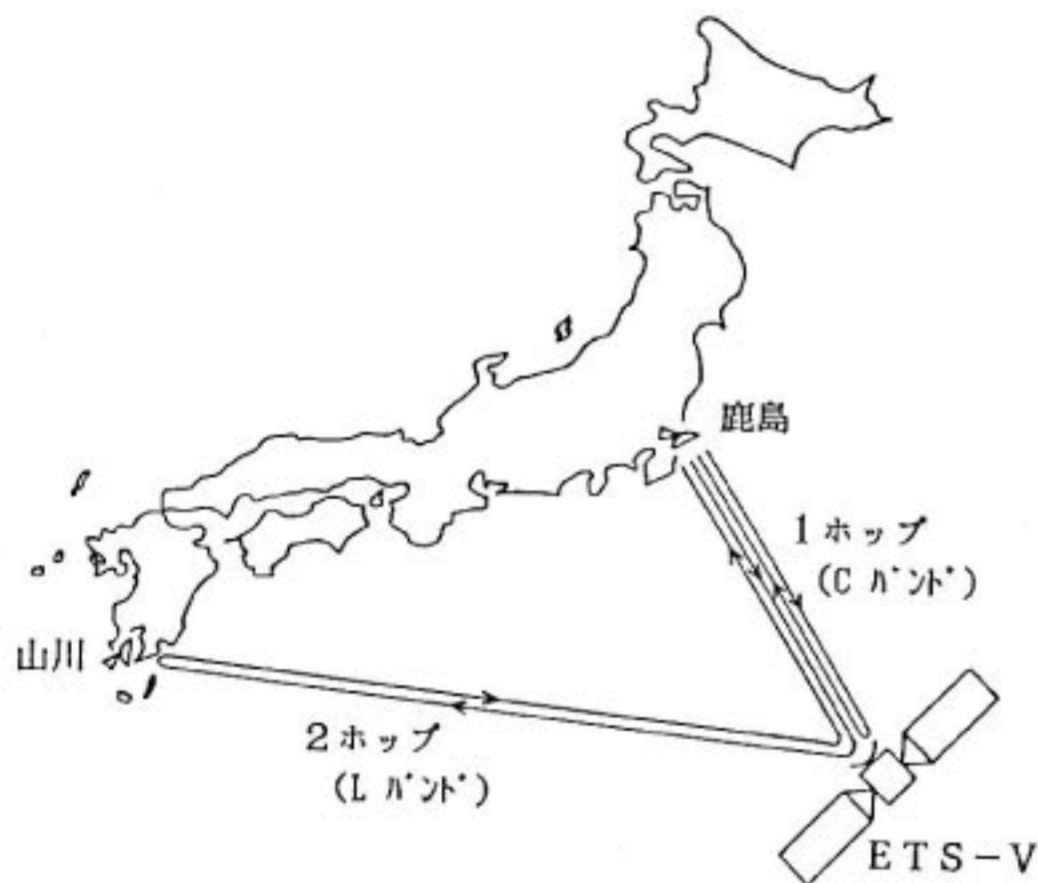


5.3 追跡データ収集系

5.3.1 測距装置

(1) 構成及び機能

ETS-V では軌道決定のために鹿島局-衛星間の測距 (1 Hop) を行うほか、測距信号折返しのための子局を設置し鹿島局-衛星-子局間の測距 (2 Hop) を行う。第 5.3-1 図にその概念図を示す。この測距には、測距信号の伝送に 2 回線を必要とするため測距用中継器が使用できないので、通信用中継器を使用する。鹿島局-衛星間は Cバンド、衛星-子局間は Lバンドを用いる。子局は山川電波観測所 (鹿児島県) に設置される。このような 1 局測距及び折返し測距 (2 Hop) を行うのは、1 局測距だけでは衛星の軌道が決定できないことと、今回使用する地球局のアンテナでは衛星の方位角・仰角情報が十分な精度で得られないからである。また、折返し測距方



第 5.3-1 図 測距系概念図

式では、1 局測距方式と比較して軌道決定誤差が $\frac{1}{2} \sim \frac{1}{4}$ になり、測距時間も $\frac{1}{3}$ 程度ですむことが CS の軌道決定実験で確かめられている⁽¹⁾。

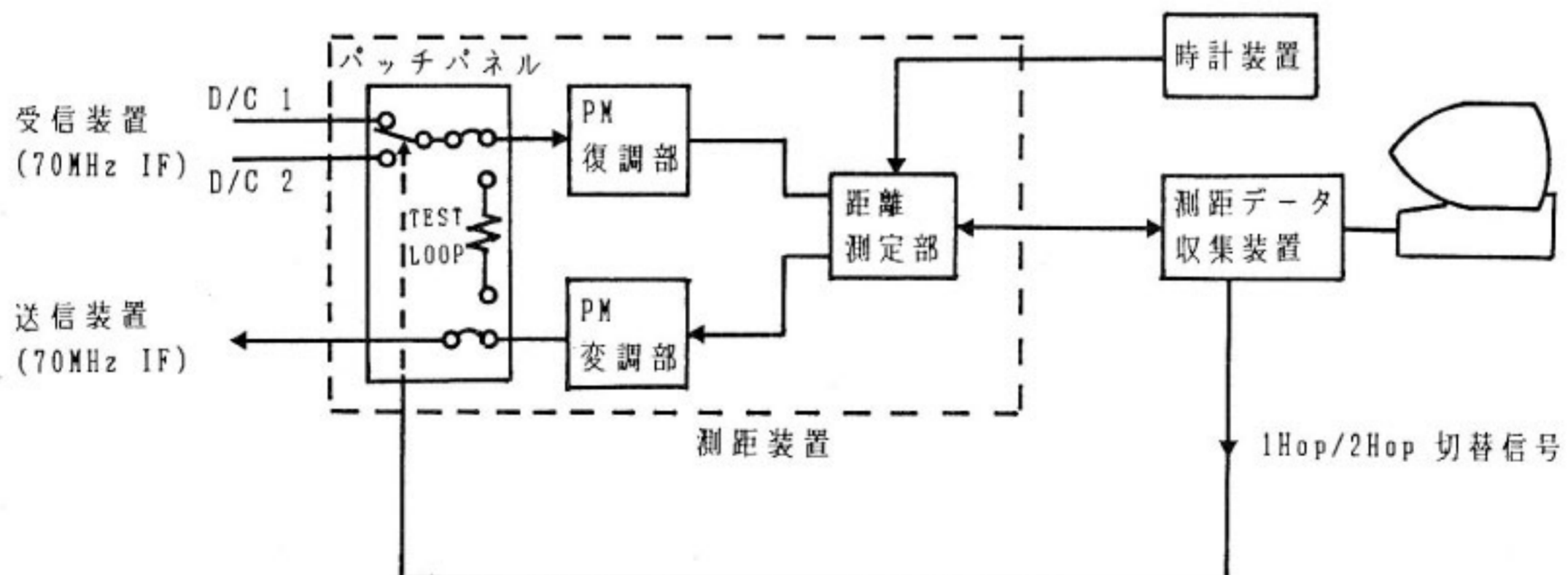
測距装置は電波が目標物まで往復するのに要した時間を測定することにより距離を測定する装置であり、その構成を第 5.3-2 図に示す。受信周波数変換装置の D/C1 と D/C2 を切り替えることによって、衛星折返し測距 (1 Hop)、子局折返し測距 (2 Hop) を切り替えることができる。1 Hop/2 Hop の切替え、測距スタート・ストップ、測距データプリセット等は計算機制御モード (PC

第 5.3-1 表 変調部主要性能

入力信号形式	複合トーン信号 (4 kHz~100 kHz)
入力信号レベル	1 Vrms
入力インピーダンス	75 Ω 不平衡
出力信号形式	Tone Multiplex/PM
出力信号周波数	70 MHz (公称)
出力レベル	0 dBm
出力インピーダンス	75 Ω 不平衡
位相変調度	1 rad peak 最大

第 5.3-2 表 復調部主要性能

入力信号形式	Tone Multiplex/PM
入力レベル範囲	-20~-50 dBm
入力インピーダンス	75 Ω 不平衡
入力周波数 (fo)	70 MHz
追尾可能周波数範囲	fo ± 150 kHz 以内
出力信号	4 kHz~100 kHz Tone
出力レベル	0 dBm
出力インピーダンス	75 Ω 不平衡
中間周波数	70 MHz 及び 10.7 MHz
位相同期ループ等価雑音帯域幅	1 kHz ± 30% 以内
自動利得制御帯域幅	10 Hz
自動利得制御範囲	50 dB



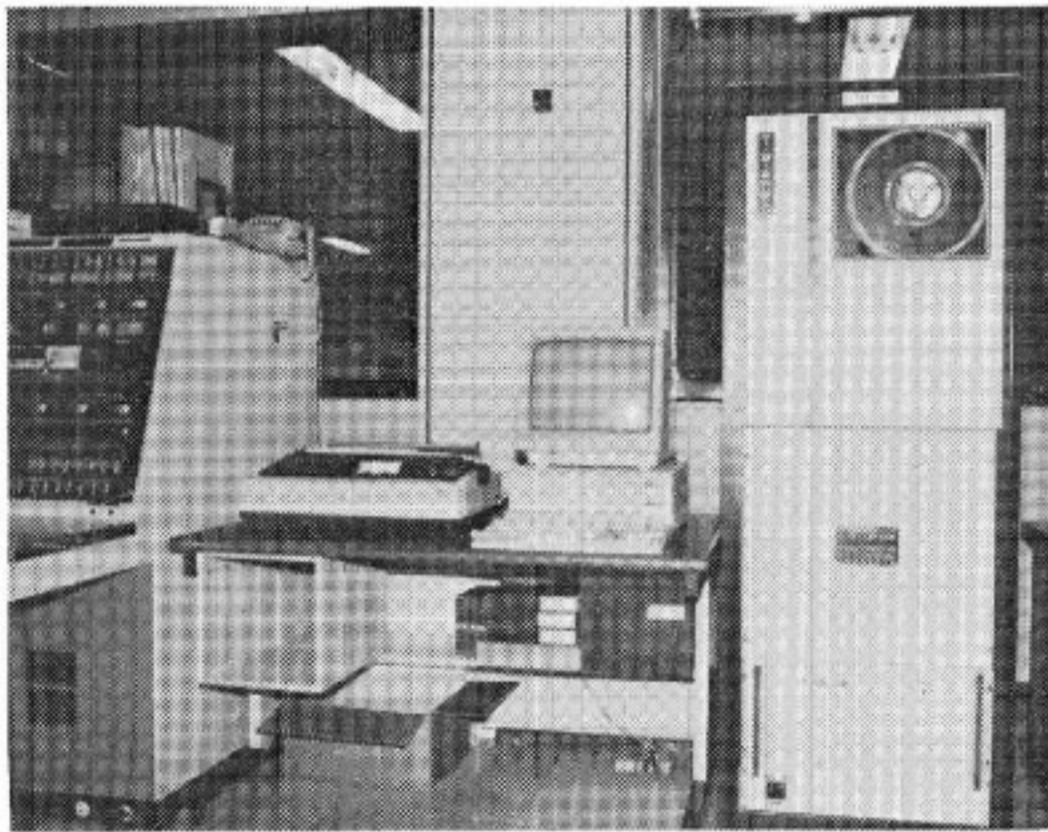
第 5.3-2 図 測距装置構成ブロック図

笠井 克幸, 西垣 孝則 (鹿島支所 衛星管制課), 西牟田 一三 (山川電波観測所)

モード)により自動的に行うことができる。また、IF パッチパネルにおいて IF 折返しを組むことにより、局内折返しによる測距装置の保守点検が可能である。

(2) 距離測定部

距離測定はサイドトーンを用い、その位相遅延から求める。測距範囲を広げかつ測距精度を上げるため、サイドトーンを精測距用の500 kHz, 100 kHz, 20 kHz のうちの1波 (レンジトーン; Range Tone) と粗測距用の100 kHz~10 Hz の7波 (アンビギュイティトーン; Ambiguity Tone) とに分割し、これらを順次送出する

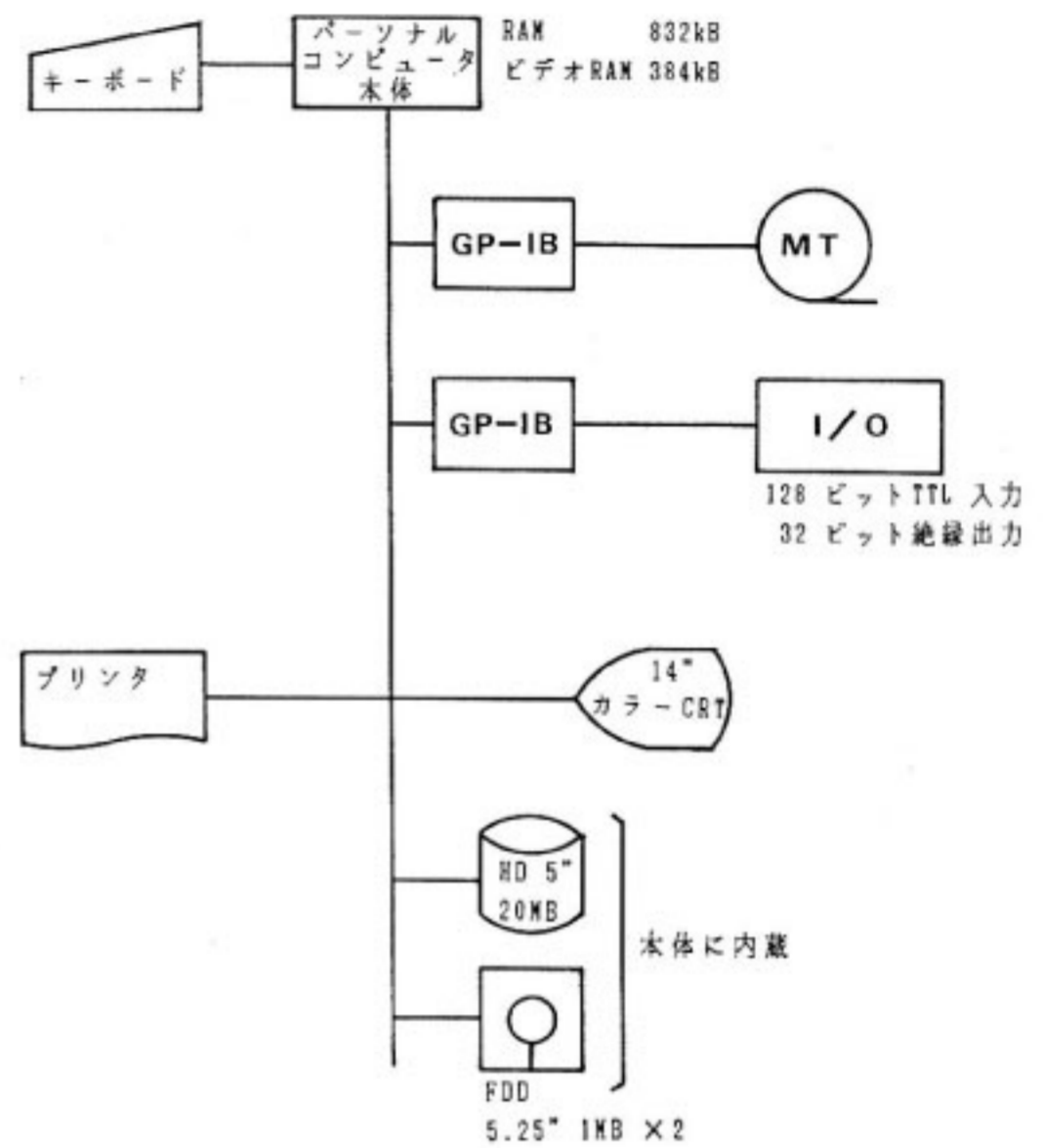


第 5.3-3 図 測距データ収集装置外観

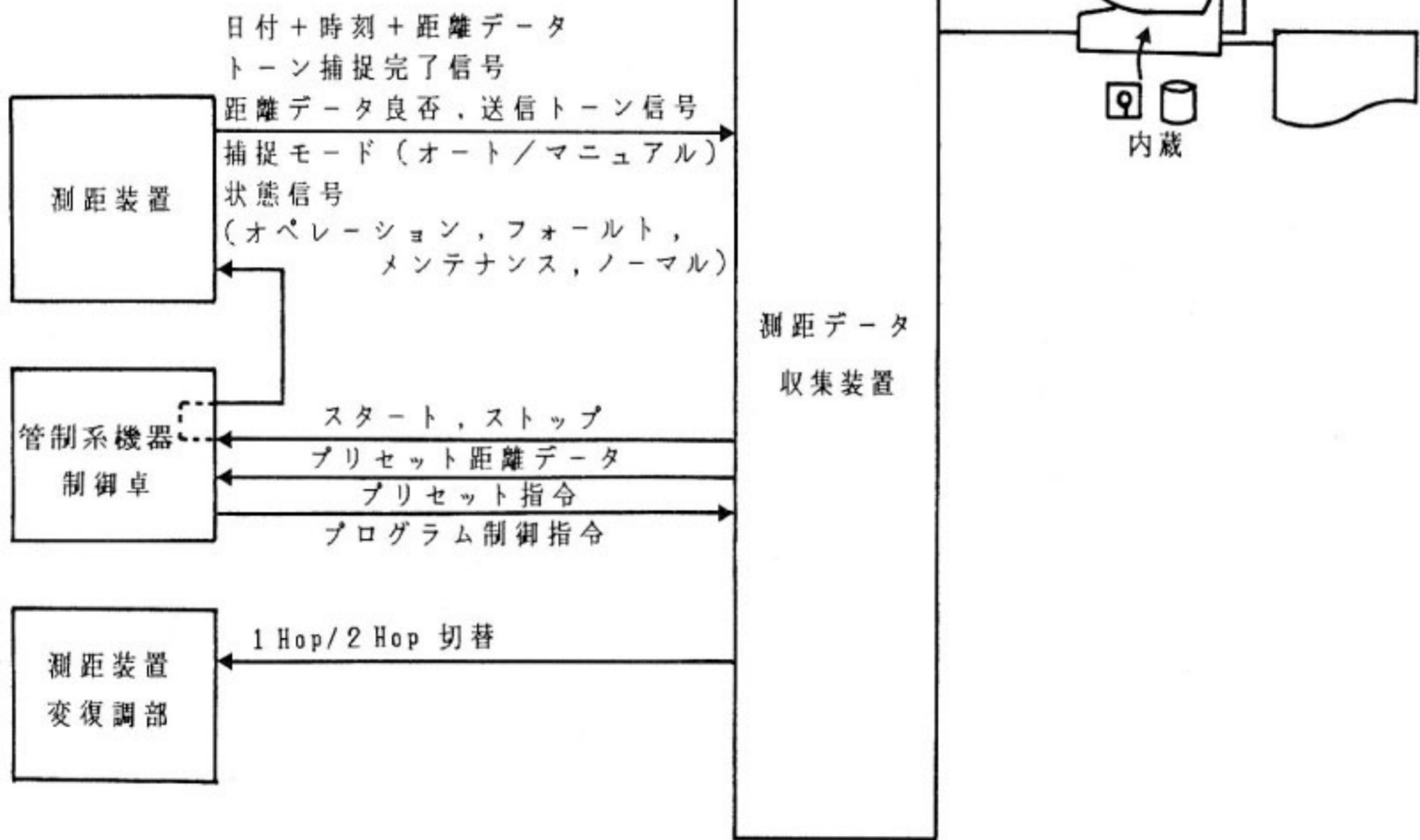
方式を使用している。この方式ではレンジトーンにより目標物までの距離のうち下位の桁が決定され、アンビギュイティトーンによりその上位の桁が決定される⁽²⁾。

(3) 変調部

変調部では距離測定部から送出する複合トーン信号



第 5.3-4 図 測距データ収集装置システム構成図



第 5.3-5 図 測距データ収集装置と他装置とのインタフェース・ブロック図

(レンジ/アンビギュイティーン)を位相変調し、70 MHzにて送信周波数変換装置に送出する。また、出力レベルと変調度の調整機能を有する。第5.3-1表に変調部主要性能を示す。

(4) 復調部

復調部では受信周波数変換装置から送出する70 MHz IF信号を位相復調し、複合トーン信号を距離測定部へ出力する。なお、メンテナンスの際には測距信号変調部と組合せ、70 MHzにてIF折返しを行う。また、受信信号レベル表示の機能を有する。第5.3-2表に復調部主要性能を示す。

5.3.2 測距データ収集装置

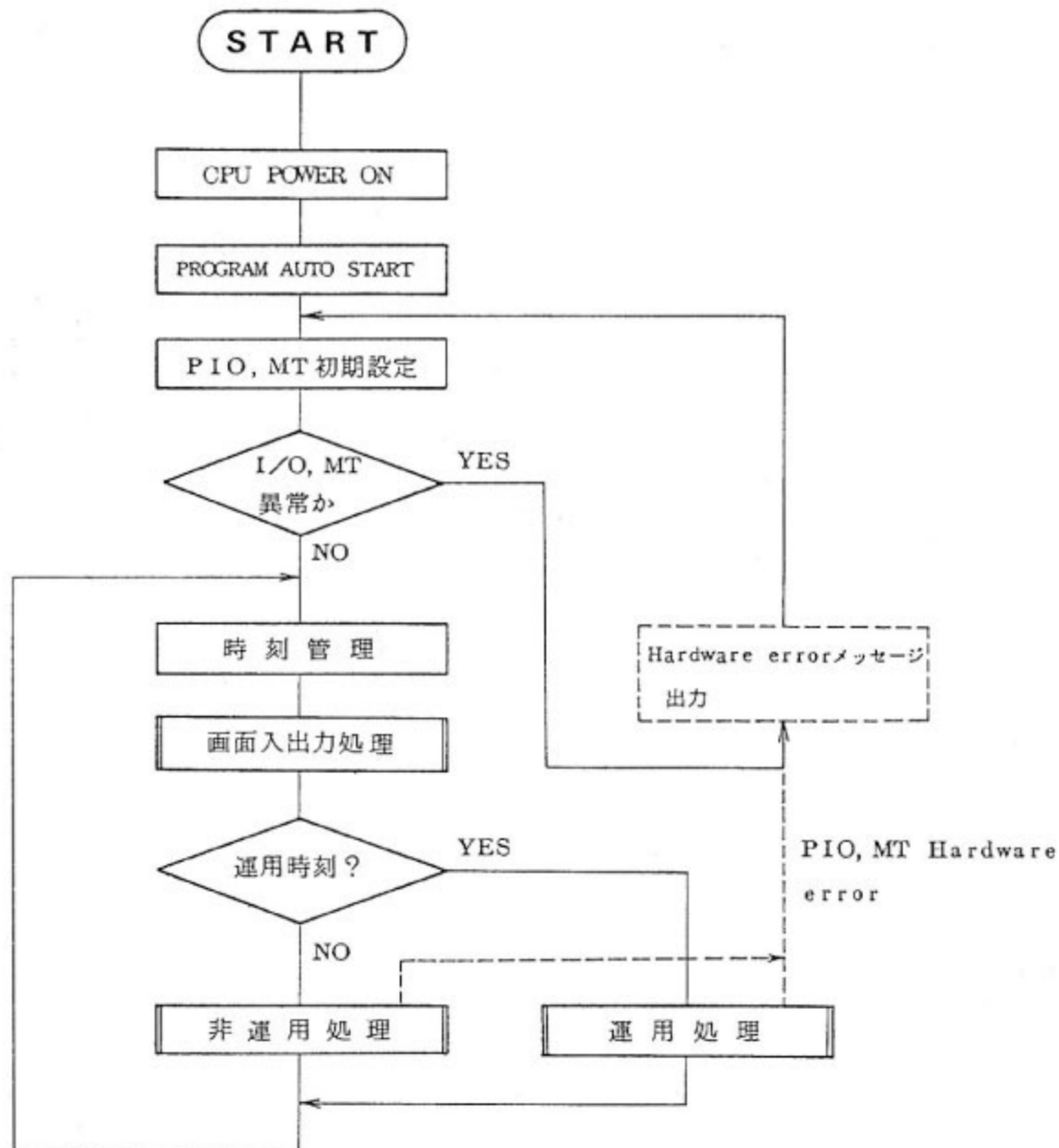
(1) システム構成とインタフェース

第5.3-3図及び第5.3-4図に測距データ収集装置の外観とシステム構成を示す。このシステムは16ビットの汎用パーソナルコンピュータによってコントロールされる。パーソナルコンピュータはフロッピーディスク及び固定ディスクを本体に内蔵しており、GPIBを介して磁気テープ装置及びI/O装置に接続されている。第5.3-5

図に測距データ収集装置と他装置とのインタフェースブロック図を示す。測距データ収集装置は、運用計画に基づいて測距装置に測距スタート・ストップ、1Hop/2Hop切替え等の命令を出し、測距・時刻データの入力及び磁気テープ(MT)への記録を行う。また、この測距装置のトーン信号の最低周波数が10 Hzであるため、15000 km以上の測距に対して不確定性が生じる。そのため、15000 km以上の測定の場合には、おおよその距離を測距データ収集装置が自動的にプリセットする。

(2) データ収集と運用

第5.3-6図に測距データ収集運用プログラムのフローチャートを示す。画面入出力処理ルーチンでは測距データ収集運用計画画面(第5.3-7図参照)の表示を行い、システム時刻の変更及び運用計画の入力・更新が可能である。非運用処理ルーチンでは、PIOより制御対象の状態読み込み、プログラムステータス更新を行う。運用処理ルーチンでは、1Hop/2Hop切替え、測距スタート/ストップ、プリセットデータ出力、MTへの観測データ書き込み及びMT残量管理等を行う。



第5.3-6図 測距データ収集運用プログラムのフローチャート

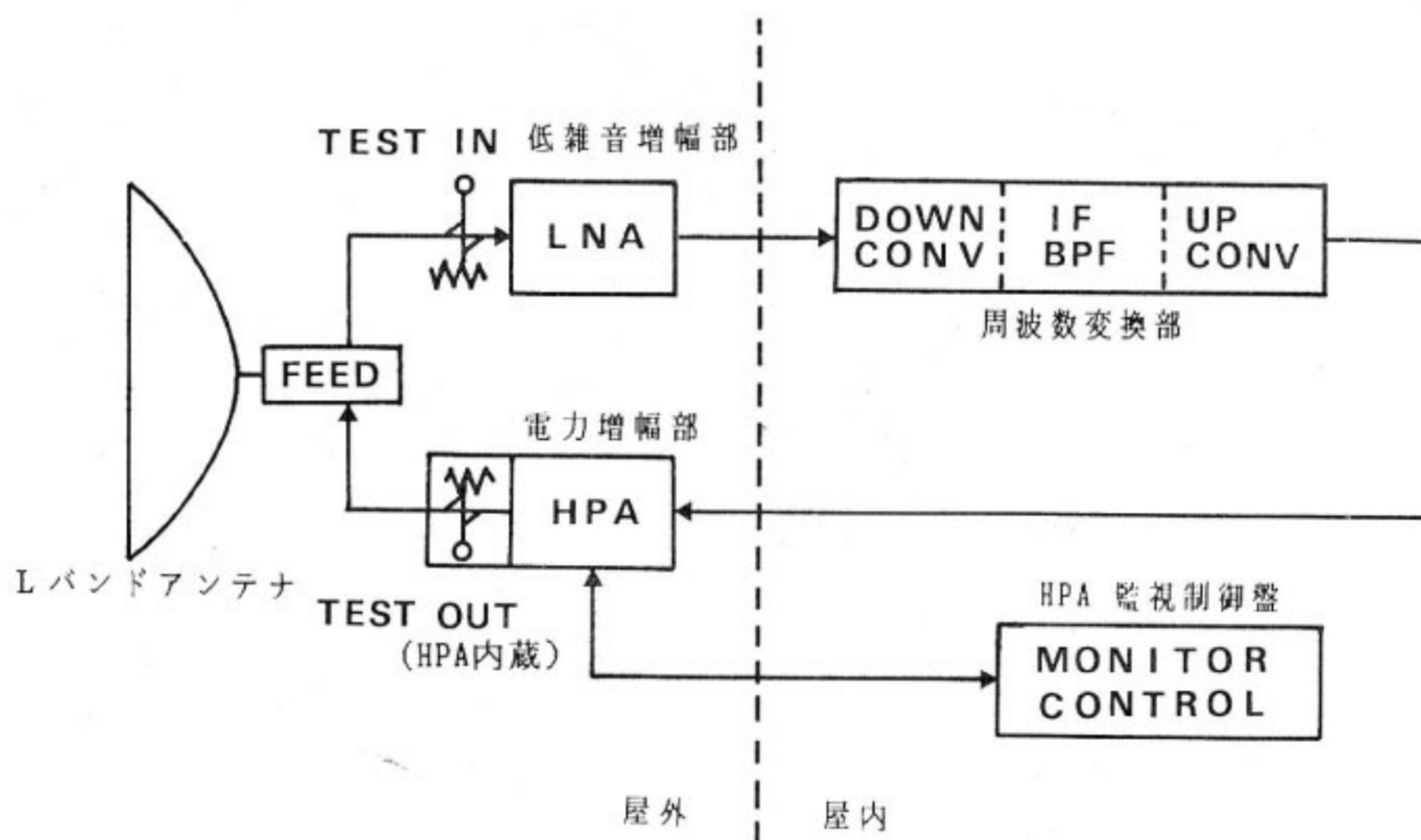
*** 測距データ収集運用 ***

** 運用計画 **

1987 4 10 9:35

待機中	計画1	開始時刻	T1= 1987 4 10 10: 0	注意事項
		終了時刻	T2= 1987 4 10 12:30	1 繰返し間隔=1時間
		1ホップ測定時間	t1= 15 分	2 t1+t2<=60
		2ホップ測定時間	t2= 15 分	3 1ホップのみ t2=0
		データ入力間隔	Ti= 1 秒	4 2ホップのみ t1=0
	計画2	開始時刻	T1= 1987 4 10 13: 0	5 Ti=1, 2, 5, 10 秒
		終了時刻	T2= 1987 4 10 13:20	
		1ホップ測定時間	t1= 2 分	
		2ホップ測定時間	t2= 0 分	
		データ入力間隔	Ti= 2 秒	
	計画3	開始時刻	T1= 1987 4 10 14: 0	MT残量 100 %
		終了時刻	T2= 1987 4 10 14:30	
		1ホップ測定時間	t1= 0 分	
		2ホップ測定時間	t2= 3 分	
		データ入力間隔	Ti= 5 秒	
	計画4	開始時刻	T1= 1987 4 10 15: 0	機能呼び出しキー
		終了時刻	T2= 1987 4 10 17:30	f・1 : 運用計画設定
		1ホップ測定時間	t1= 15 分	f・2 : システム時刻設定
		2ホップ測定時間	t2= 15 分	f・3 : データ収集終了
		データ入力間隔	Ti= 1 秒	f・10: 画面終了

第 5.3-7 図 測距データ収集運用計画画面



第 5.3-8 図 測距信号折返し装置ブロック図

5.3.3 測距信号折返し装置

(1) 構成及び機能

本装置は山川電波観測所に設置されるものであり、その構成は第5.3-8図に示すように主としてLバンド(1.5/1.6 GHz) アンテナ、低雑音増幅部、周波数変換部、電力増幅部からなる。RF 機器をLバンドアンテナ背面に収納することにより、EIRP 及び G/T の向上を計っている。衛星から送られて来るLバンドの測距信号を受信

し周波数変換した後、測距信号を衛星へ送り返す機能を有し、地球局—衛星—子局の間の距離を測定するのに用いられる。また、受信レベル記録用出力を有する。

(2) Lバンドアンテナ

第 5.3-9 図にLバンドアンテナの外観を示す。このアンテナはLバンド専用の小型アンテナとしてコンパクト化したフロントフィード型パラボラアンテナで、給電部は直交ダイポールになっている。通常、アンテナは

第 5.3-3 表 Lバンドアンテナ性能

(位置) ベッセル系	
緯度	N 31°12'3.8
経度	E 130°37'6.0
アンテナ位置海拔高	75.4 m
(機械系)	
アンテナ直径	2.4 m (公称)
マウント方式	Az-EI 方式
角度調整範囲	Az 145.809°±10° EI 48.031°±10°
耐風速	
有害な永久変形を生 じない瞬間最大風速	60 m/s
耐震性能	水平方向 1 G 垂直方向 0.5 G
(電気系)	
周波数範囲	送信帯 1642.5~1650 MHz 受信帯 1540.5~1548 MHz
偏波	左旋円偏波(送信, 受信帯共)
利得	送信帯 28.8 dBi 受信帯 28.6 dBi
雑音温度	126.2 K (仰角50度)
偏波面軸比	0.8 dB (送受信帯共)
VSWR	送信 1.25以下 受信 1.25以下

第 5.3-4 表 低雑音増幅部性能

周波数範囲	1540.5~1548 MHz
雑音温度	76.9 K 以下
利得	61.2 dB 以上
帯域内利得偏差	0.1 dB 以下
出力レベル	+3.3 dBm (0.1 dB 利得圧縮点) +10.7 dBm 以上 (1 dB 利得圧縮点)
利得安定度	0.1 dB/日 以下
入力 VSWR	1.14 : 1 以下
出力 VSWR	1.08 : 1 以下

ETS-V のノミナル位置方向を向いているが、方位角 (Az), 仰角 (EI) 共に ±10 度の範囲で手動により調整できる。第 5.3-3 表にアンテナの性能を示す。

(3) 低雑音増幅部

低雑音増幅器 (LNA) は、Lバンドアンテナの背面にある機器収納箱に収納される。常温 GaAs FET 増幅器及び MIC (Microwave IC) 回路の採用により、小型・高信頼性を実現している。また、帯域外及び送信波の影響を除去するため増幅器内部に BPF (帯域通過ろ波器) を内蔵している。第 5.3-4 表に低雑音増幅部の性能を示す。

(4) 周波数変換部

周波数変換部は山川電波観測所庁舎内に設置される。LNA で増幅された 1.5 GHz 帯の信号を 70 MHz 帯の IF 信号に変換し、BPF で不要波を除去した後 IF 増幅

第 5.3-5 表 周波数変換部性能

入力周波数	1542.75 MHz (f1), 1546.50 MHz (f2)
出力周波数	1644.75 MHz (f1), 1648.50 MHz (f2)
IF 周波数	70 MHz
帯域幅	fo(中心周波数)±0.7 MHz ; 3 dB 帯域幅
変換利得	43.5 dB
出力レベル	5.0 dBm (1 dB 利得圧縮)
局部発信器周波数安定度	±1×10 ⁻⁷ /日 以下
局部発信器位相安定度	-90 dBc/Hz 以下 (1 kHz 離調) -100 dBc/Hz 以下 (10 kHz 離調)
スプリアス	-60 dBc 以下 (但し, 1642.5~ 1650 MHz にて受信帯域内に含ま れる雑音成分は含まれない)
イメージ抑圧比	70 dB 以上

第 5.3-6 表 電力増幅部性能

周波数範囲	1642.5~1650.0 MHz
最大連続出力	50 W
最大利得	51.3 dB 以上
利得偏差	1 dB _{p-p} 以下
利得安定度	±0.5 dB/日 以下
冷却	強制冷却

第 5.3-7 表 総合性能

受信周波数	1542.75 MHz (f1), 1546.50 MHz (f2)
送信周波数	1644.75 MHz (f1), 1648.50 MHz (f2)
帯域幅	±0.7 MHz
EIRP	73 dBm 以上
G/T	5.5 dB/K
信号遅延時間	946.0 nsec (f1), 950.1 nsec (f2)
信号遅延等価距離値	141.8 m (f1), 142.4 m (f2)

を行う。その後、1.6 GHz 帯の信号に変換し電力増幅部へ信号を送り出す。入出力周波数には AMEX の海事バンド (f1), あるいは航空バンド (f2) を使う。f1 と f2 の選択はフロントパネルにあるスイッチを操作して、内蔵の水晶発振器を切替えることにより行われる。第 5.3-5 表に周波数変換部の性能を示す。

(5) 電力増幅部

電力増幅器 (HPA) はLバンドアンテナの背面にある機器収納箱に収納される。また、庁舎内に監視制御盤が設置され、それを用いて HPA の電源 ON/OFF, RF スイッチ (ANT/DUMMY) 切替え, 出力電力の調節, 及び HPA の状態モニターを行う。HPA はC級増幅動作の SSPA (Solid State Power Amp) で、出力を入力レベルの変動, 周囲温度の変動に無関係に一定のレベルに保つために ALC (Auto Level Control) 機能が採

用されている。第 5.3-6 表に電力増幅部の性能を示す。

(6) 総合性能

第 5.3-7 表に測距信号折返し装置の総合性能を示す。送受信周波数は、前述のように AMEX 海事バンドの 1 波 (f1) と航空バンドの 1 波 (f2) を切り替えて使用する。

参考文献

- (1) 宇宙通信連絡会議開発実験部会；CS 実験総合報告書，昭和58年3月。
- (2) 塩見 正，他；“衛星管制システム”，電波季 24, 131, DEC. 1978.

