

テレメータ，コマンド，集中電源

野 村 民 也・林 友 直・横 山 幸 嗣*
井 上 浩三郎・橋 本 正 之・富 田 秀 穂**
河 端 征 彦・大 西 晃・大 島 勉
瀬 尾 基 治・日 高 正 規

I テレメータ

1. 概 要

M-3H型ロケットでは，1～3号機とも第2段目計器部に，TM-1（295.0 MHz FM-PM），TM-2（298.1 MHz PCM-PSK），および，TM-3（915 MHz SS-FM）の3台を搭載した。

計測項目は各号機ともほぼ同様で，TM-1は機体計測の測定情報，TM-2は姿勢制御系の測定情報，TM-3は機体振動の情報を主体として地上に伝送した。

搭載テレメータは各号機とも正常に動作し，機体が水平線下に没するまで各機器の作動，および，測定情報を完全に受信記録することができた。

2. 搭載テレメータの諸元

TM-1は，各種データをFM-PM変調方式により伝送する14チャンネル多重送信装置で，2号機以後は送信機と較正器が一体化した型式となっている。

TM-2は，各種観測データをPCM-PSK変調方式で地上に伝送する39チャンネル多重装置である。なお，2号機から従来のPCM-FM方式からPCM-PSK変調方式に変更された。

TM-3は，計測器からの信号をSS-FM変調方式により伝送する6チャンネル多重送信装置で，2号機から端局部と送信機を一体化した型式としている。

送信アンテナは，300 MHz 帯テレメータでは胴体装着型フックアンテナ8本を使用し，各素子間に45°ずつの位相差を与え，TM-1とTM-2をそれぞれ右，左旋偏波としてアンテナを共用している。900 MHz 帯では逆L型アレイアンテナを使用し，胴体に90°の位相差を持たせ取付けられている。また，電界強度を上げるため空中線切換器によりノズル・アンテナに切換えている。

各テレメータの諸元は表1, 2, 3に示す通りである。図1, 2, 3は各テレメータ送信機の外観である。

* 東京大学生産技術研究所

** 日本電気株式会社

表1 300 MHz 帯 FMテレメータ送信機性能, 諸元

送信出力	5 W
送信方式	FM - PM
搬送波周波数	295.0 MHz $\pm 5 \times 10^{-5}$
最大周波数偏移	± 120 kHz
副搬送波周波数	IRIG BAND 2~15
副搬送波最大偏移	中心周波数の ± 7.5 %
チャンネル数	14
入力信号	0 ~ +5 V
入力インピーダンス	350 k Ω 以上
変調直線性	± 2 %以内
使用電力	18 V, 1.4 A 以下
アンテナ VSWR	2.0 以下

表2 300 MHz 帯 PCMテレメータ送信機性能, 諸元

送信出力	2 W
*送信方式	PCM - PSK
搬送波周波数	298.1 MHz
位相偏移	$\pm \frac{\pi}{2}$ RAD
符号形式	NRZ - L
ビット・レート	102.4 K bits/sec
1ワード当りのビット数	8 bits/word
1フレーム当りのワード数	64 word/Frame
フレーム・レート	200 Frames/sec
フレーム同期パターン	2 words (16 bits) 1110101110010000
サブフレーム同期パターン	1 Word (8 bits) F ₀ 10111000 F ₁₋₃ 01000111
アナログ入力電圧	0 ~ 5.0 V
" 入力インピーダンス	100 k Ω 以上
" 最大入力数	49 チャンネル
デジタル入力	C - Mos レベルの"1" "0" 8 bits 信号を1チャンネルとして ワードの後半でシフトレート 204.8 KBPS でシリアル入力 する.
" 最大入力数	16 チャンネル
クロック周波数安定度	$\pm 10^{-4}$ 以下
消費電力	約 15 W

* 1号機は PCM - FM方式

表3 900 MHz 帯テレメータ送信機性能, 諸元

送信出力	3 W
送信方式	SS - FM
搬送波周波数	915 MHz $\pm 1 \times 10^{-5}$
最大周波数偏移	± 303 kHz
副搬送波周波数	4.74 kHz ($\times 1, \times 2, \times 3, \times 4, \times 5, \times 6$)
チャンネル数	6
信号周波数帯巾	10 Hz \sim 3 kHz
信号入力レベル	0 dBm \sim -30 dBm
信号周波数特性	± 2 dB以下
信号出力レベル偏差	± 1 dB以内
使用電力	1.5 A / +18 V, 60 mA / -18 V
アンテナ VSWR	1.5 以下

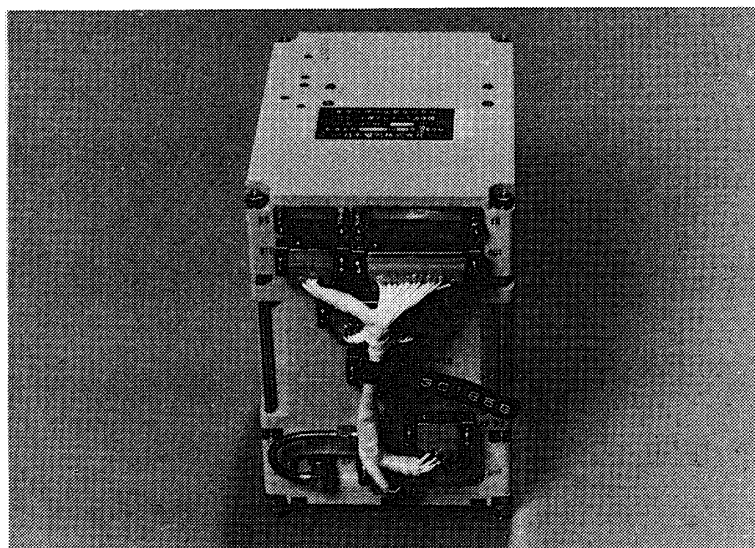


図1 300 MHz 帯 FM-PMテレメータ送信機

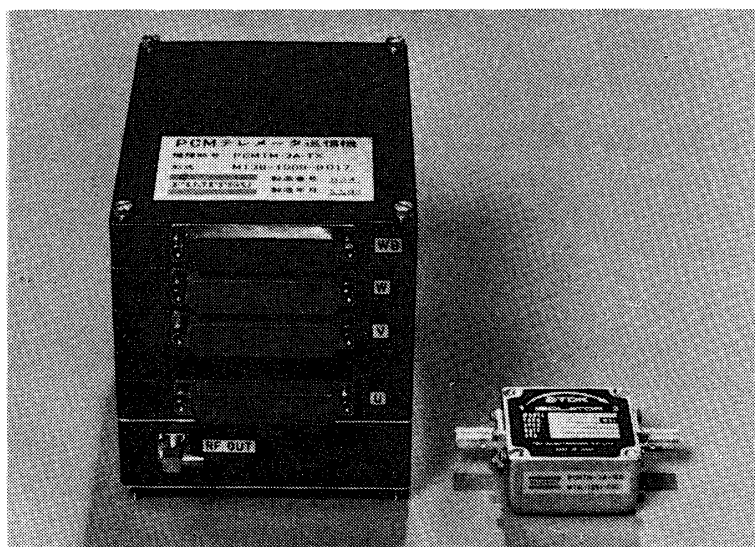


図2 300 MHz 帯 PCM-PSK テレメータ送信機

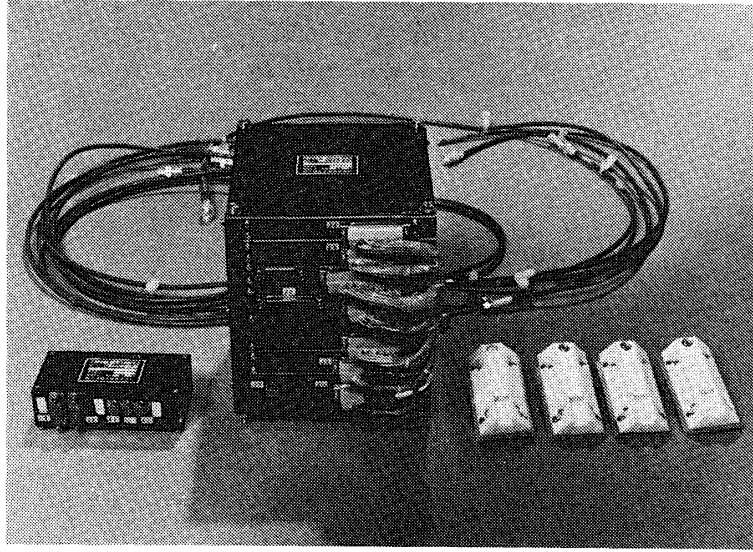


図 3 900 MHz 帯 SS-FM テレメータ送信機

表 4 300 MHz 帯 FM-PM テレメータ・チャンネルの割当

IRIG BAND No.	中心周波数 (kHz)	レスポンス (Hz)	計 測 項 目		
			M-3H-1	M-3H-2	M-3H-3
2	0.56	8.4	CM-Ans.	CM-Ans.	CM-Ans.
3	0.73	11	GAZ-S	CM-AGC	CM-AGC
4	0.96	14	GAY	GAZ-S	GAZ-S
5	1.3	20	GAX	GAY	GAY
6	1.7	25	SQ-2	GAX	GAX
7	2.3	35	SQ-3	SQ-2	SQ-2
8	3.0	45	TS-2	SQ-3	SQ-3
9	3.9	59	TS-3	TS-2	TS-2
10	5.4	81	Z-1	Z-1	Z-1
11	7.35	110	Y-1	Y-1	Y-1
12	10.5	160	Z-2	Z-2	Z-2
13	14.5	220	Y-2	Y-2	Y-2
14	22.0	330	X-1	X-1	X-1
15	30.0	450	P1/P2	P1/P2	P1/P2

3. チャネル割当

各テレメータ送信機のチャネル割当は表4, 5, 6に示す通りである.

表6 900 MHz 帯 テレメータ・チャネルの割当

チャネル No.	副搬送波周波数 (kHz)	計 測 項 目		
		M-3H-1	M-3H-2	M-3H-3
1	4.74×1	V-1	V-1	V-1
2	$\times 2$	V-2	V-2	V-2
3	$\times 3$	V-3	V-3	V-3
4	$\times 4$	V-4	V-4	V-4
5	$\times 5$	V-5	SL-1	SL-1
6	$\times 6$	SL-1	SL-2/LD	SL-2/LD
パイロット信号 リセット信号	$\times 8$ 1,185			

4. テレメータ受信系統図

テレメータ受信系統はM-3H各号機ともほぼ同様である. そのあらましのブロック構成を図4に示す. なお, 2号機からはPCMテレメータ受信装置にPANAFACOM-U 200ミニコンピュータシステムを接続し, 飛翔時における姿勢制御系の必要情報をファイリングし, CRTディスプレイでモニタすると同時にRSサブシステムにデータを送出している.

表 5 300 MHz 帯 PCM-PSK テレメータ・チャネルの割当

チャネル番号	Comm Rate	計 測 項 目		
		M-3H-1	M-3H-2	M-3H-3
8 S 1	× 8 (760 Hz)	Programmer	Pitch Angle Yaw Angle Roll Angle Roll Correction	Pitch Angle Yaw Angle Roll Angle Roll Correction
8 S 2		Commutator		
4 S 1	× 4 (280 Hz)	Engine Relay - A	Engine C mmand - A	Engine Command - A
4 S 2		Engine Relay - B	Engine C mmand - B	Engine Command - B
4 S 3		Engine Relay - C	Engine Command - C	Engine Command - C
4 S 4		Engine Relay - D	Engine Command - D	Engine Command - D
4 S 5		Engine Relay - E	Engine Command - E	Engine Command - E
4 S 6			Pitch Radio Command	Pitch Radio Command
4 S 7			Yaw Radio Command	Yaw Radio Command
2 S 1	× 2 (140 Hz)		P_1 / P_2	P_1 / P_2
2 S 2			Commutator	Commutator
2 S 3			X - 1	X - 1
N 1	× 1 (70 Hz)	P_1 / P_2	Pitch Error	Pitch Error
N 2		Pitch MSB	Yaw Error	Yaw Error
N 3		Pitch LSB	Roll Error	Roll Error
N 4		Pitch Angle	Pitch Rate	Pitch Rate
N 5		Yaw Angle	Yaw Rate	Yaw Rate
N 6		Yaw MSB	Roll Rate	Roll Rate

N 7	Yaw LSB	PT - 2	PT - 2
N 8	TVC PT - 1	TS - 3	TS - 3
N 9	Roll Angle	DAM Data - 1	DAM Data - 1
N 10	Pitch Rate	DAM Data - 2	DAM Data - 2
N 11	TVC PT - 2	ANT V-RAD	ANT V-RAD
N 12	X - 1	ANT V-REF	ANT V-REF
N 13	Roll MSB	ANT U-RAD	ANT U-RAD
N 14	Roll LSB	ANT U-REF	ANT U-REF
N 15	Yaw Rate	TS - 1	TS - 1
N 16	Roll Rate	Pitch Rate (1st Stage)	Pitch Rate (1st Stage)
N 17	Roll MSB	_____	_____
N 18	Roll LSB	_____	_____
S 1	$\times 1/4$ (17.5Hz)	FC - 1	FC - 1
2		FC - 2	FC - 2
3		TSL	TSL
4		TSL	TSL
5		TSL	TSL
6		_____	_____
7		SQ - 1	TSL SQ
8		SL - 2/SQ - 4	EPT/SQ - 4
9		PT - 1	PT - 1
10		PF	SQ - 1
11			
12			

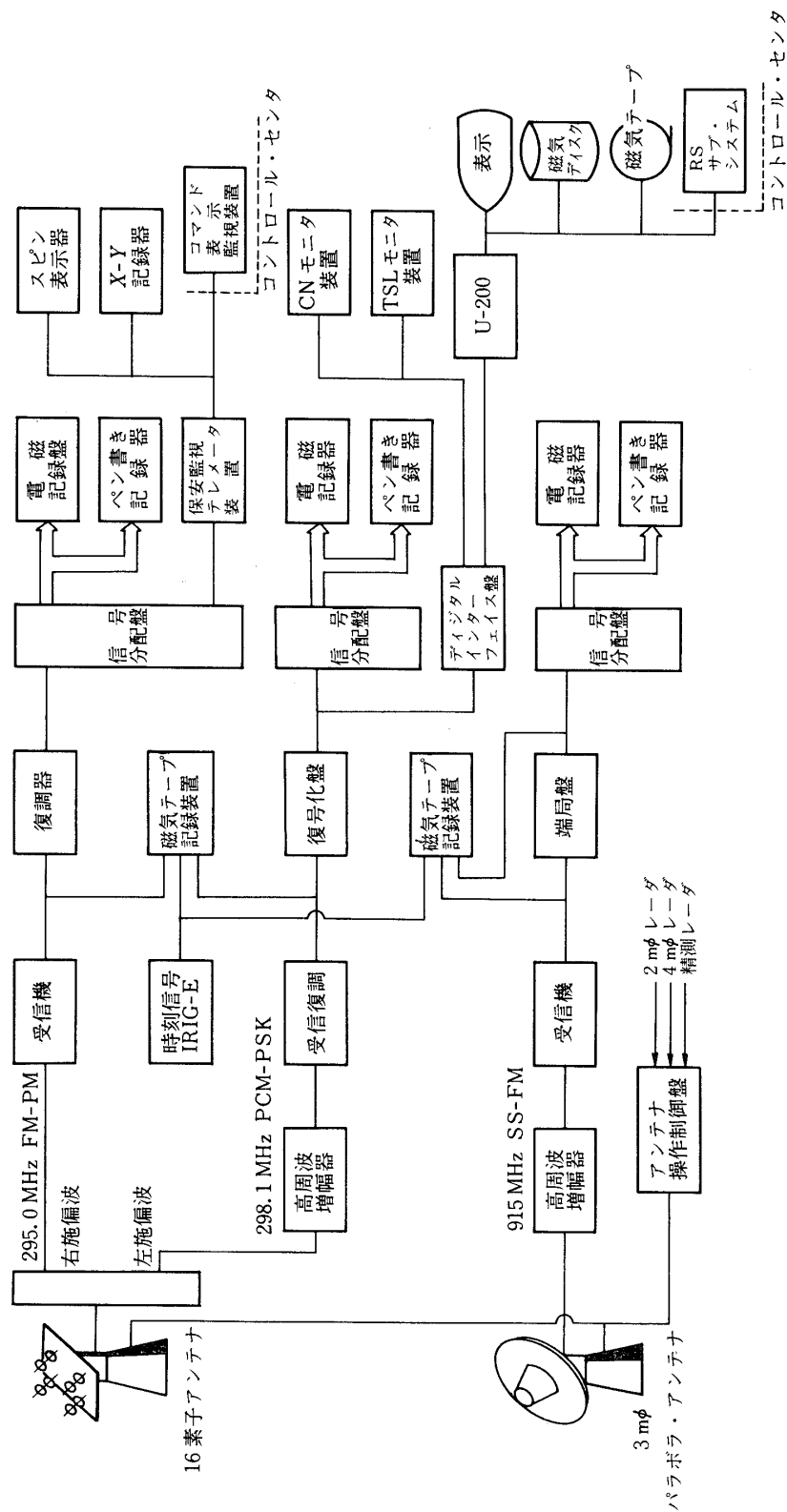


図4 テレメータ受信系統図

5. 受信状況

各号機における受信入力レベルの実測値を図5～図13に示す。M-3H号機においては、第2段目計器部に搭載した300 MHz帯、900 MHz帯各テレメータとも、M-3C型に較べいずれも上昇し、変動も少なくなっている。しかし、第2段モータと第3段モータの点火時に瞬時的なレベル減衰を生じているのと機体の姿勢変化にともなってレベル低下が見られる。

M-3H-1号機：300 MHz帯テレメータでは、送信アンテナ系の電力分配器の特性改善によってレベル変動が少なくなり、発射後約9分41秒まで受信し、データを記録した。900 MHz帯テレメータでは、発射前の動作チェックにおいて、発射方位角の関係から不安定な受信状態にあったが、飛翔時には正常に計測データを受信した。また、159秒のアンテナ切換後のレベルも予想通りの上昇が認められた。

M-3H-2号機：300 MHz帯、900 MHz帯テレメータともいずれも正常に動作し、飛翔中の受信状況は良好で着水までの全期間の計測データを記録した。受信レベルは1号機と同様、各段モータの点火時には一時的なレベルの低下が見られるが、各テレメータとも理論値とよく一致して、回線全体が正常であったことを示している。なお、2号機ではPCMテ

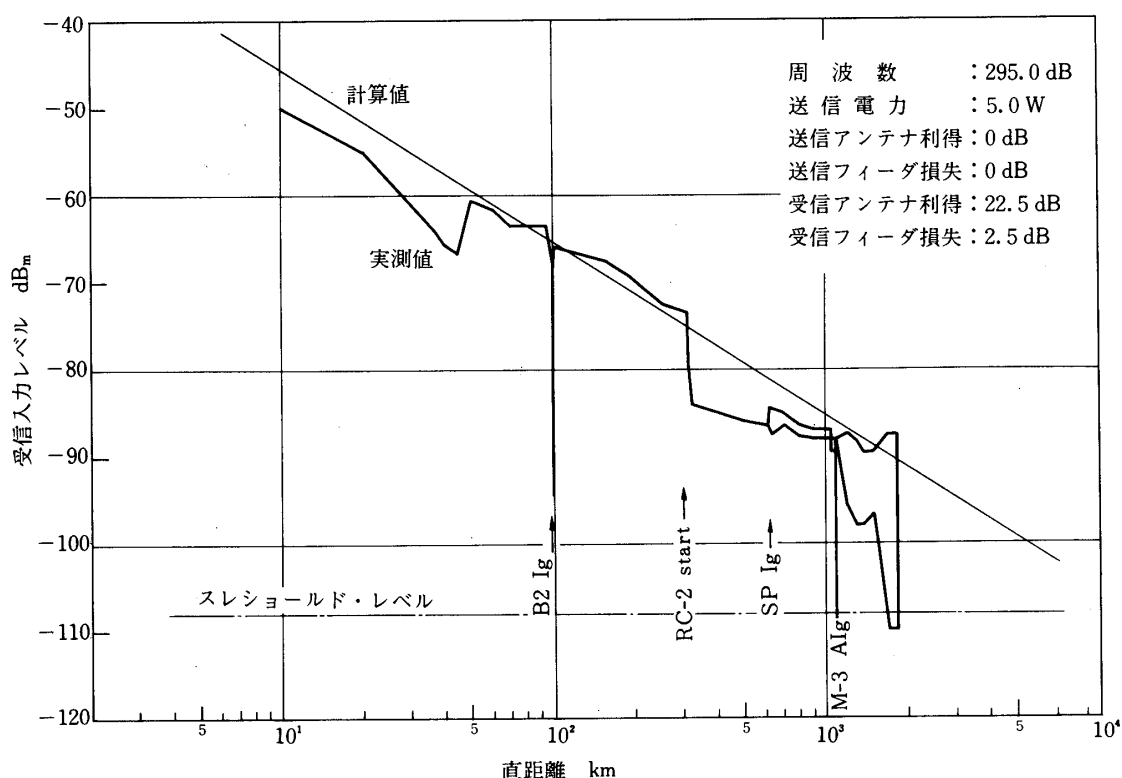


図5 M-3H-1号機, 295.0 MHz FMテレメータ受信入力レベル

レメータ装置に PANAFACOM-U 200 ミニコンピュータ・システムが接続され、PCMレメータ全データの計算機用磁気テープへの書き込みと CRTディスプレイに動作チェック、および、飛行時における姿勢制御系の必要情報の表示などを行い RS サブ・システムの一環としての機能をはたした。

M-3H-3号機：300 MHz 帯，900 MHz 帯レメータともいずれも正常に動作し，飛行中の全期間の計測データを受信記録した。受信レベルは2号機と同様，各レメータとも理論値とよく一致して，回線全体が正常であったことを示している。なお，2号機に引き続き，PCMレメータからの姿勢制御データの RS サブ・システムへの送出も正常に行なわれた。

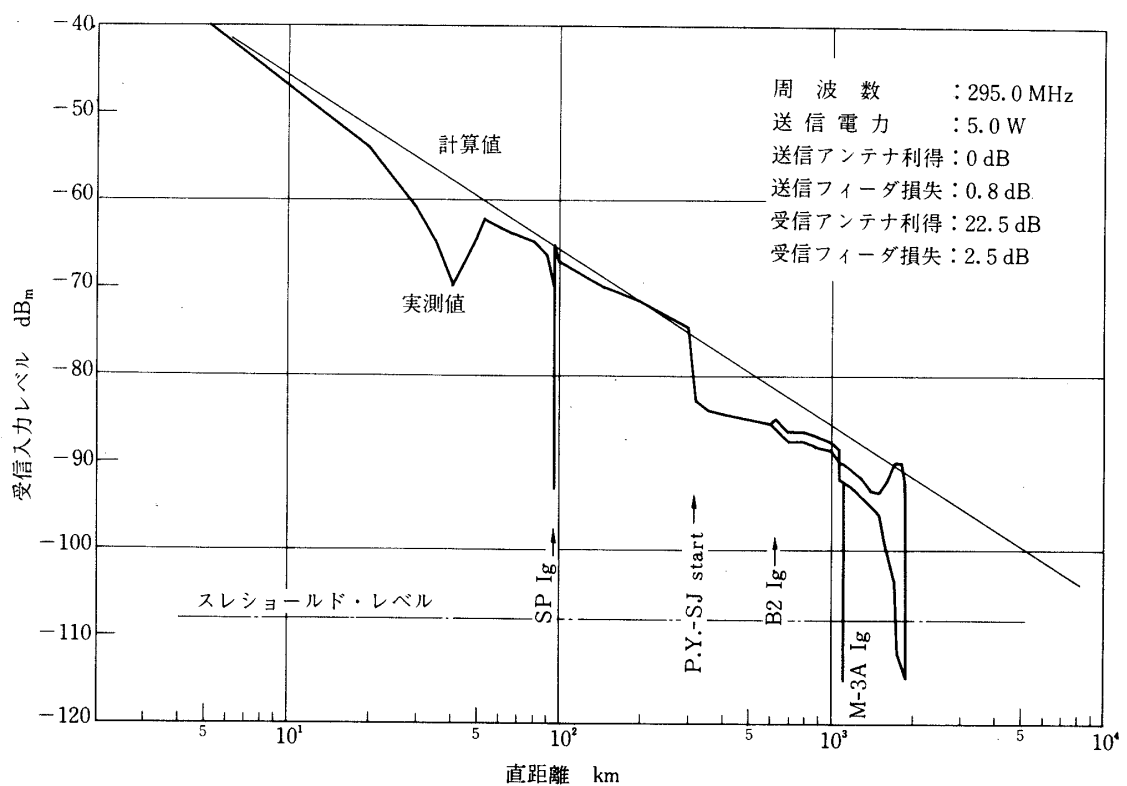


図6 M-3H-2号機, 295.0 MHz FMレメータ受信入力レベル

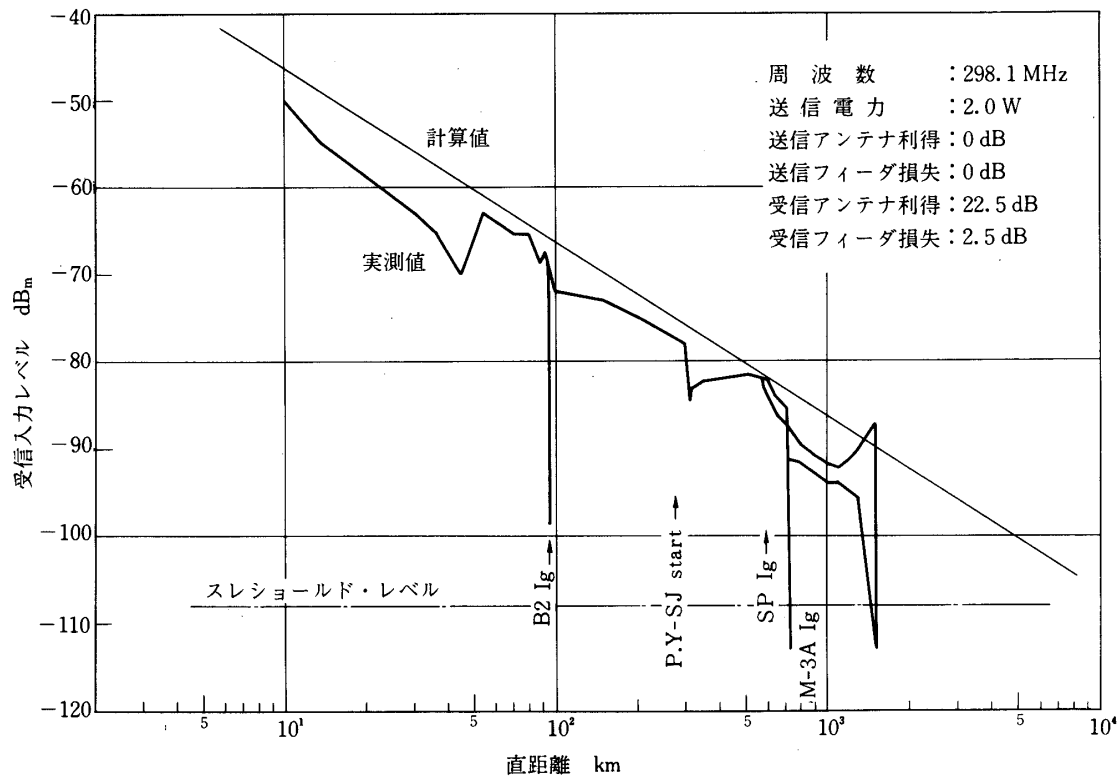


図7 M-3H-3号機, 295.0 MHz FMテレメータ受信入力レベル

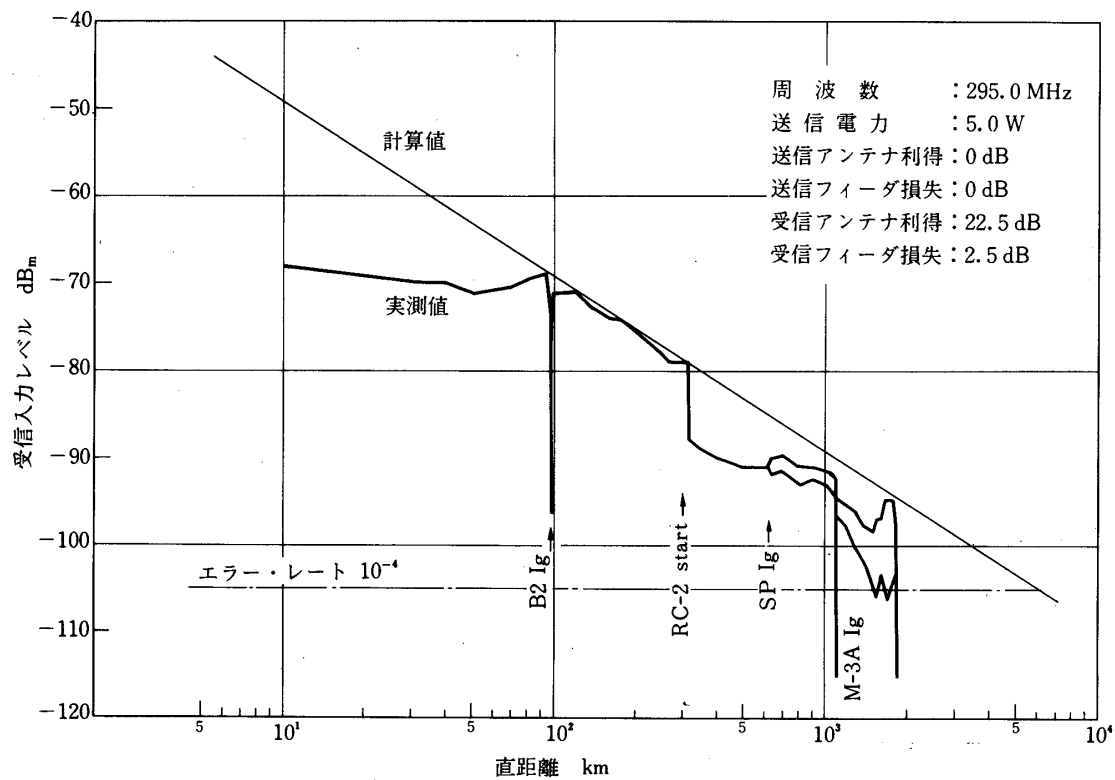


図8 M-3H-1号機, 298.1 MHz PCMテレメータ受信入力レベル

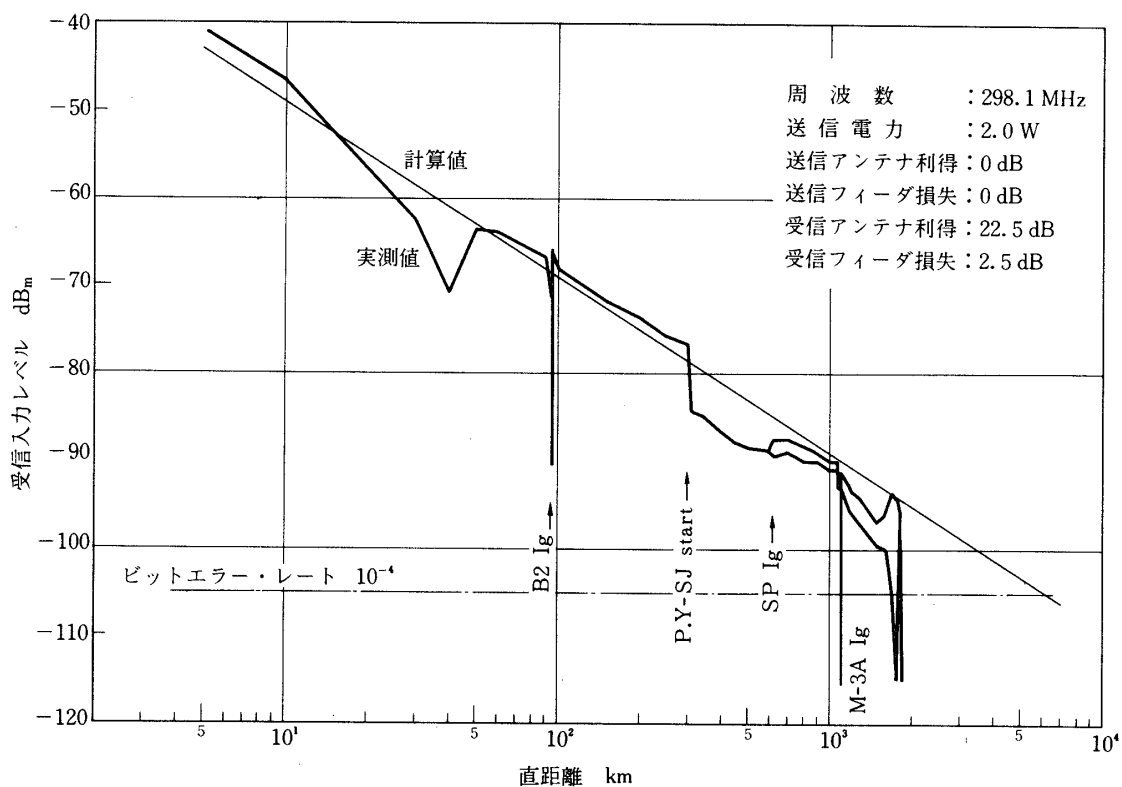


図9 M-3H-2号機, 298.1 MHz PCMテレメータ受信入力レベル

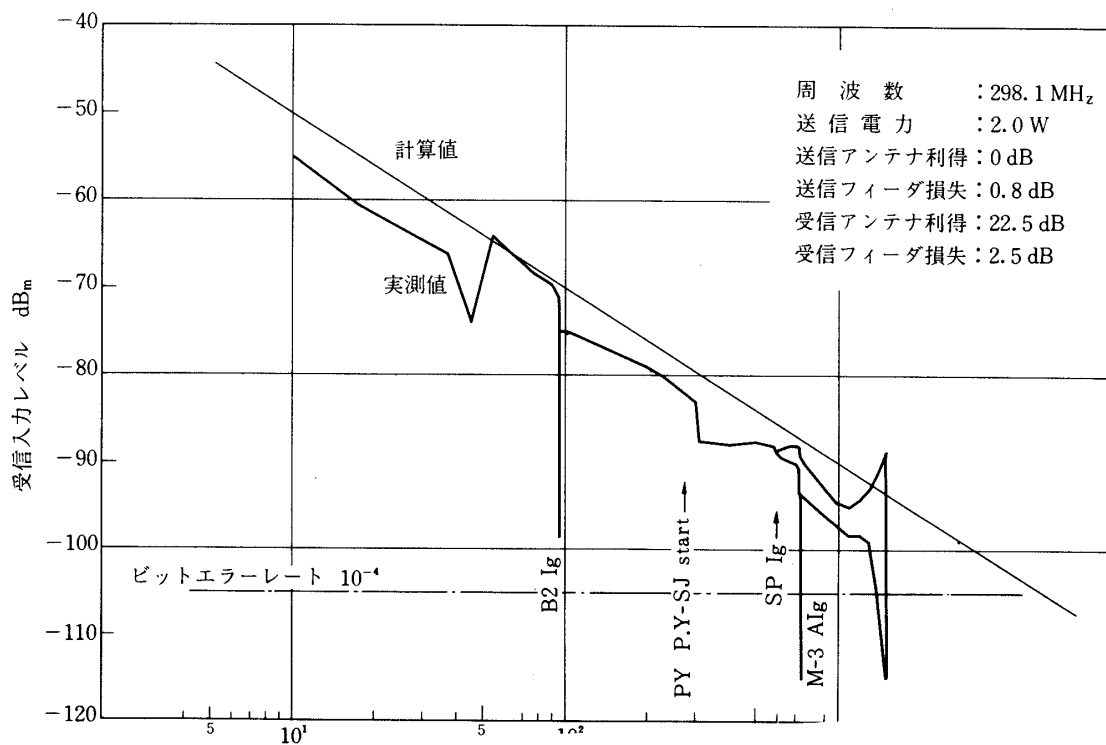


図10 M-3H-3号機, 298.1 MHz PCMテレメータ受信入力レベル

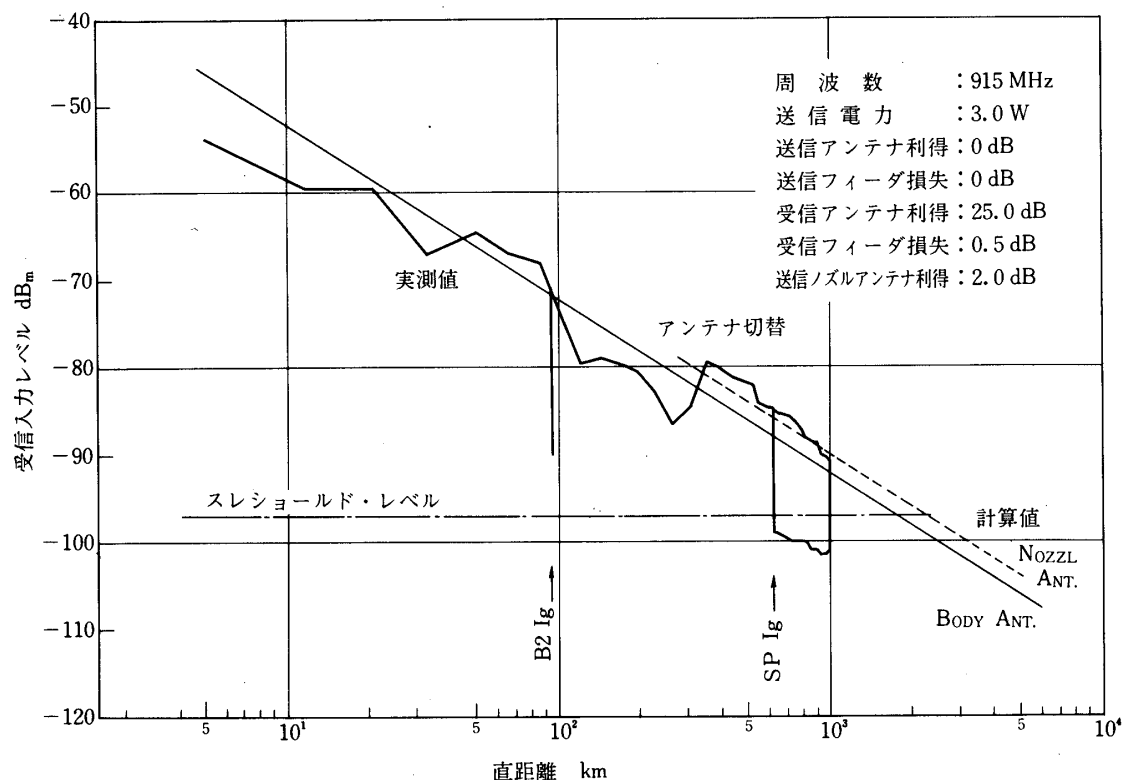


図11 M-3H-1号機, 915 MHz テレメータ受信入力レベル

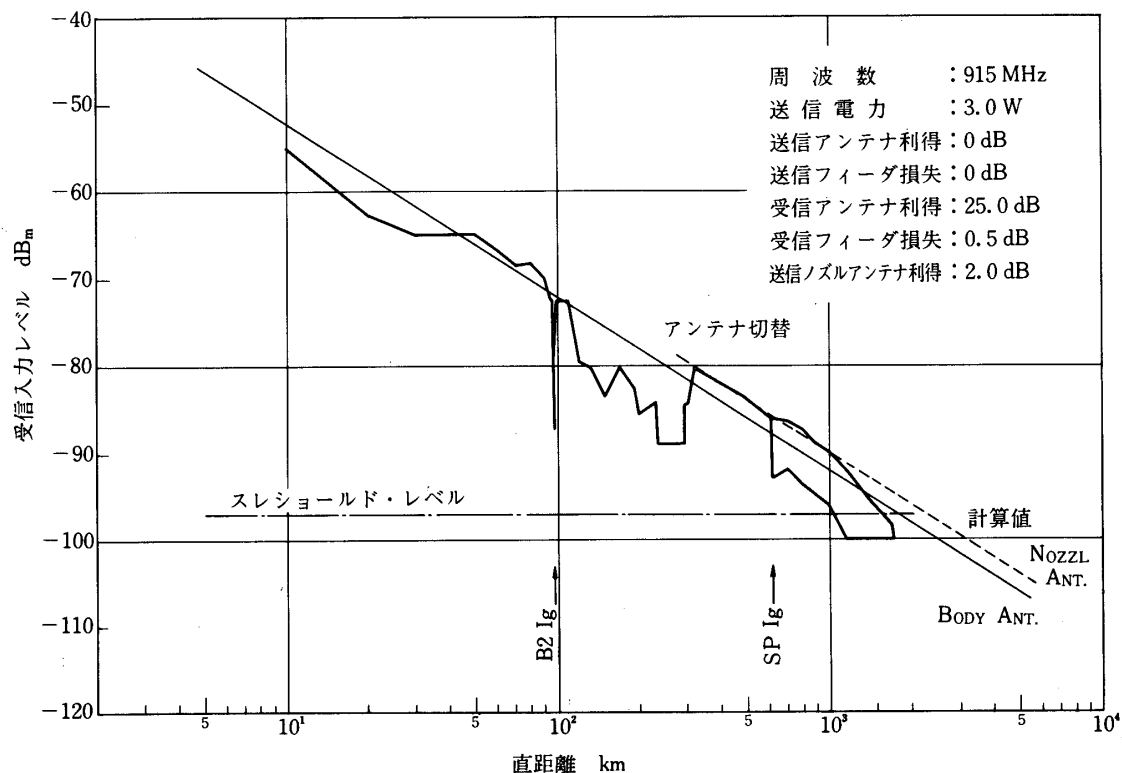


図12 M-3H-2号機, 915 MHz テレメータ受信入力レベル

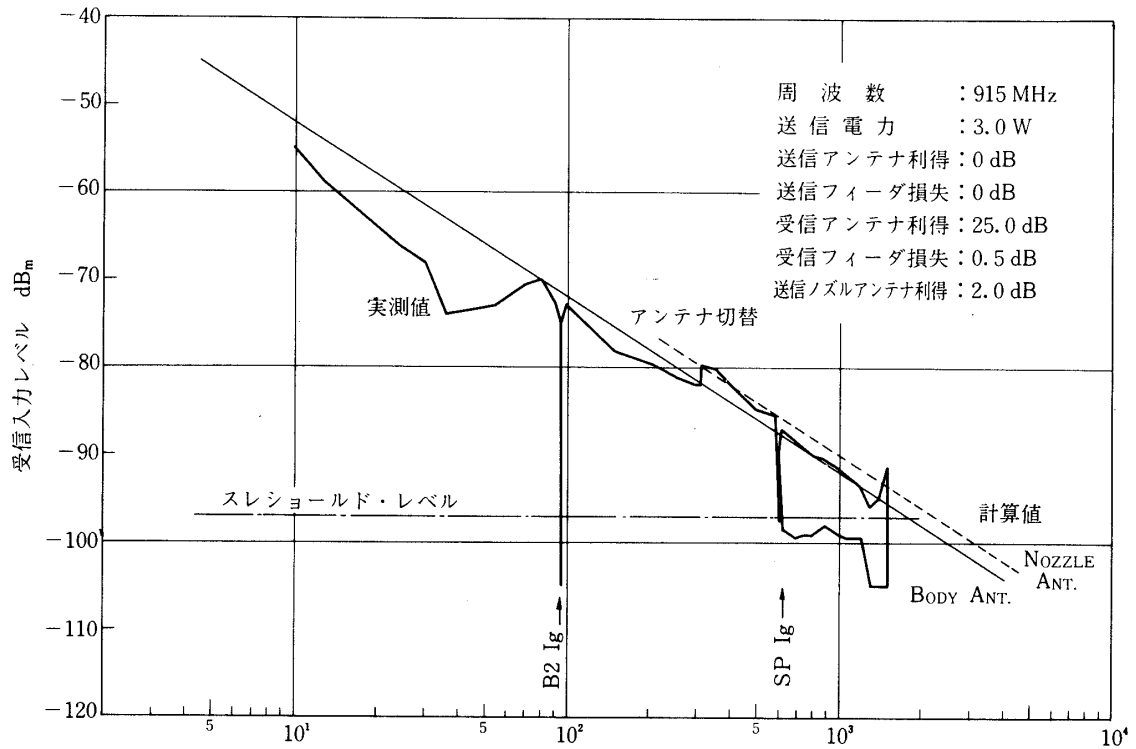


図13 M-3H-3号機, 915 MHz テレメータ受信入力レベル

II コマンド

1. 概要

コマンド受信機は第2段目計器部に搭載され、飛行中の安全確保と最終段を点火させる目的に用いられた。地上からの指令信号は可聴周波3波を用いている。コマンド受信機はこれらの2波が同時かつ、0.2秒以上継続した時のみ動作する。なお、2号機からはコマンド受信機に入力レベルのモニタ回路が追加され、受信状況がTM-1 テレメータで監視できるように改良されている。

2. コマンド受信機の主要性能

コマンド受信機の諸元は表7に示す通りである。図14はコマンド受信機の外観である。

表7 コマンド受信機の主要性能

受信方式	ダブルスーパーヘテロダイン
受信周波数	450 MHz
最低受信レベル	-97 dBm以下
受信動作帯域幅	± 40 kHz $\sim \pm 120$ kHz
コマンド・トーン	3 波
アンテナ型式	胴体装着型フックアンテナ
アンテナ・VSWR	2.0 以下
入力インピーダンス	50 Ω
消費電力	18 V, 140 mA 以下

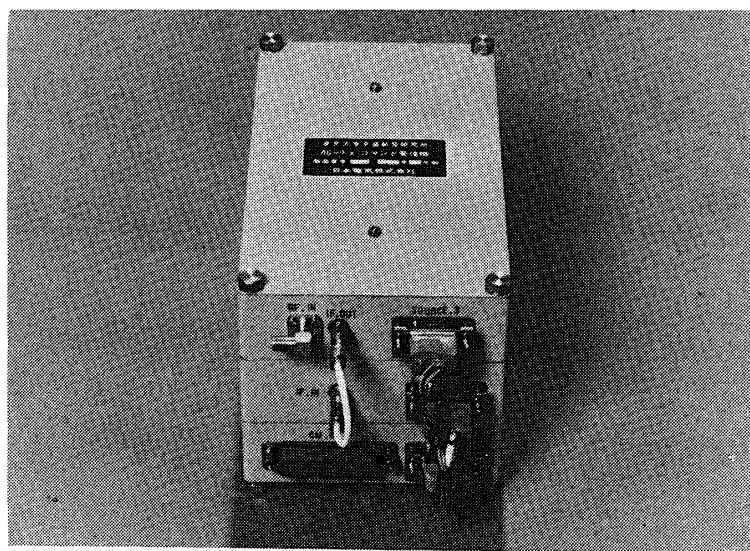


図14 450 MHz コマンド受信機

3. 受信系統図

コマンド受信アンテナは第2段計器部外壁に 90° 置きに4本取り付けられ 180° 相対する2本を対とし、2組をアンテナ切換えスイッチで $0.5 \sim 1 \text{ Hz}$ の間隔で切り換え受信機に結合させている。

受信回路はダブルスーパーヘテロダイン方式を用いている。変調周波数は F_1, F_2, F_3 の3波の可聴周波数を用い、これのうち2波が同時に受信されたとき、リレーが動作しタイマに信号を送るようになっている。そのブロックを図15に示す。

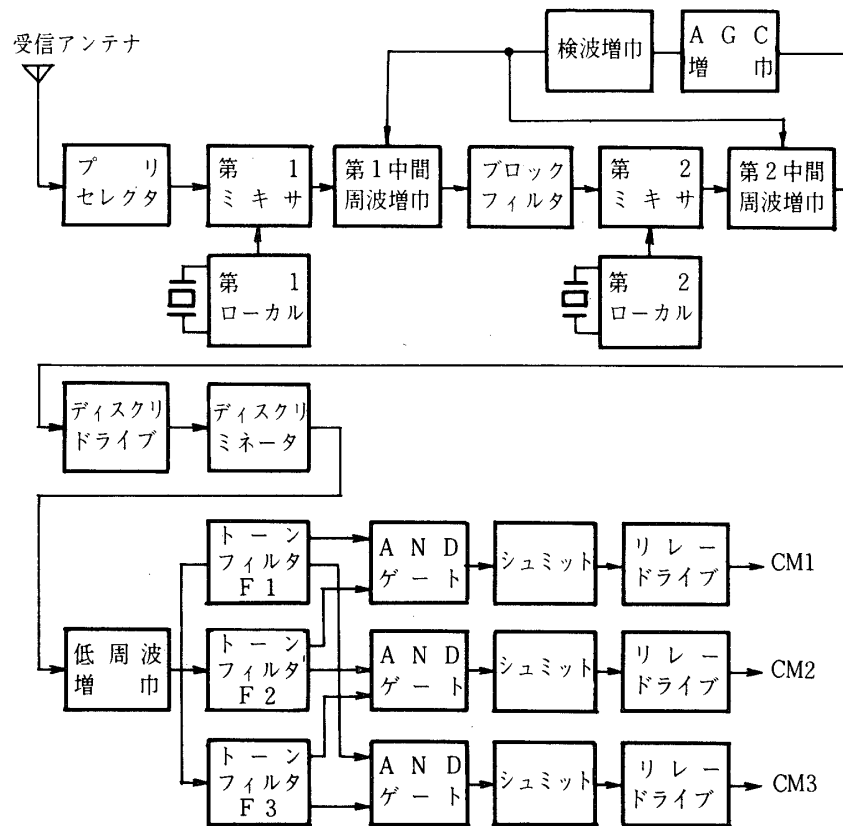
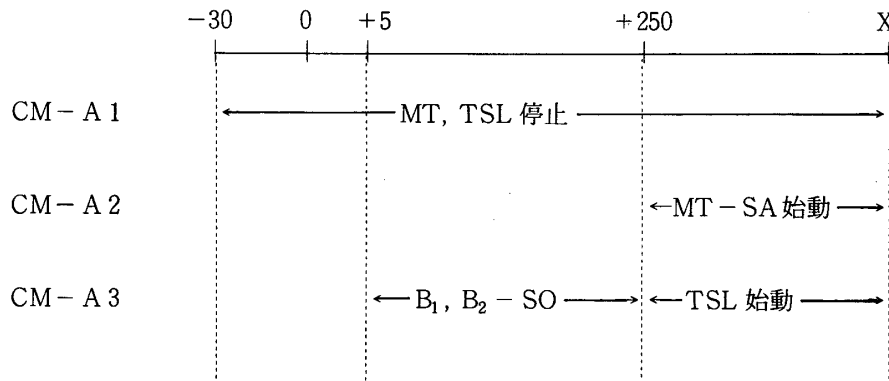


図15 コマンド受信系統ブロック図

4. コマンド項目と設定時間範囲

各号機におけるコマンド項目と設定時間範囲を表8に示す。

表8 コマンド項目と設定時間範囲



X : コマンド送信なしの場合 1, 2号機 387 秒. 3号機 297 秒

5. 飛翔結果

地上からのコマンドは表9に示す秒時に送信され、正常にコマンド受信機により受信され、テレメータでその動作が確認された。図12、および、図13に2, 3号機の受信入力レベルの結果を示す。各号機ともCM-A2, CM-A3コマンド指令が十分な回線状態で送信されたことを示している。

表9 飛翔結果

機 種	送信コマンド	送信秒時	内 容
M-3H-1	CM-A3	300.6 秒	タイムセレクトア始動
	CM-A2	365.7 秒	瞬発点火 (衛星タイマ始動, 第2段切離し)
M-3H-2	CM-A3	305 秒	タイムセレクトア始動
	CM-A2	369 秒	瞬発点火 (衛星タイマ始動, 第2段切離し)
M-3H-3	CM-A3	259.7 秒	タイムセレクトア始動
	CM-A2	266.68 秒	瞬発点火 (衛星タイマ始動, 第2段切離し)

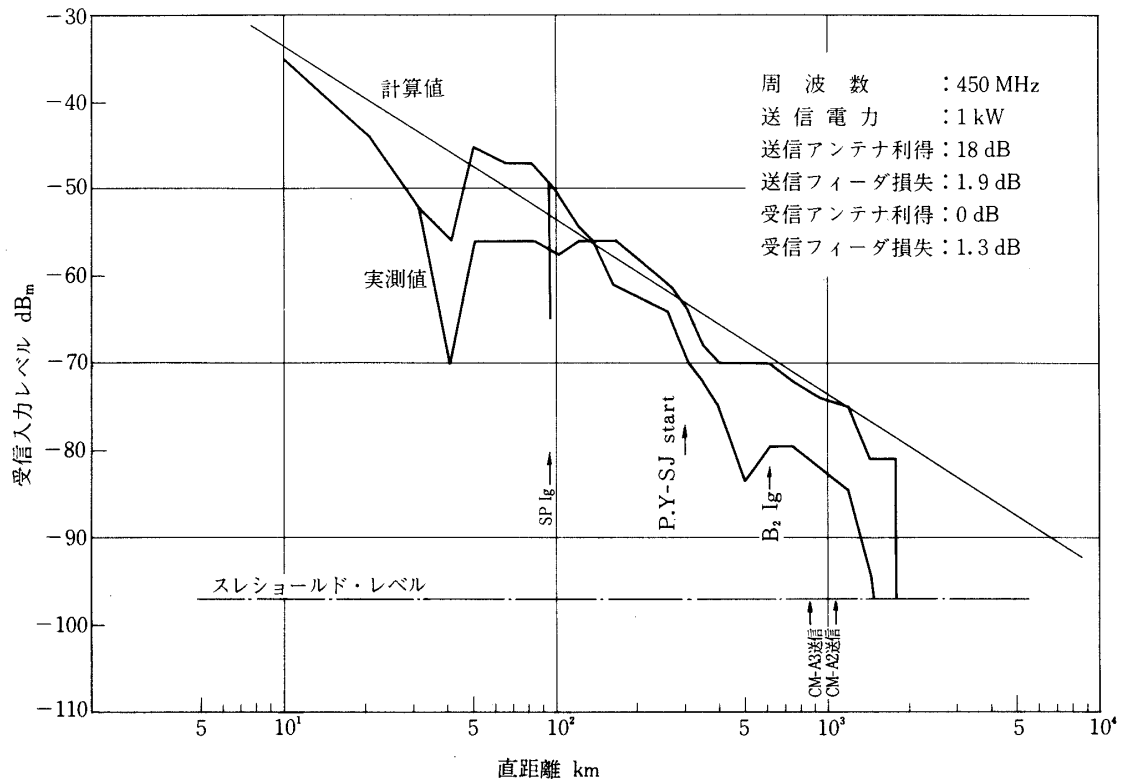


図16 M-3H-2号機, 450 MHz コマンド受信入力レベル

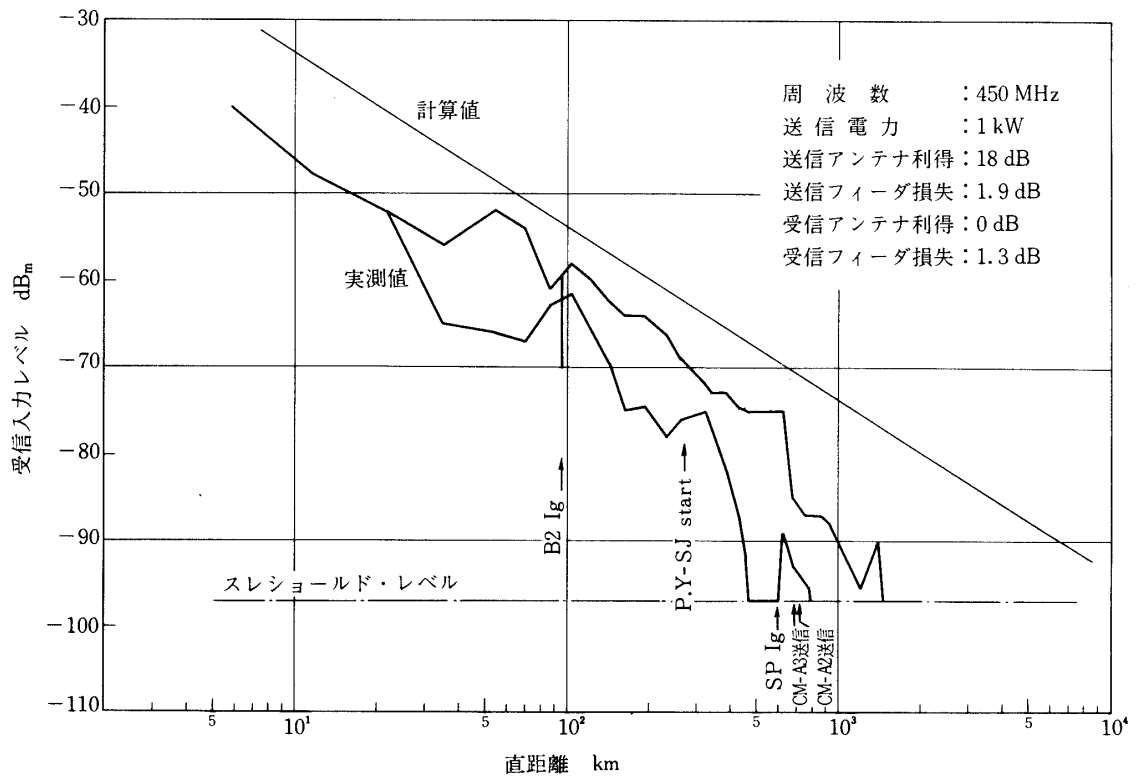


図17 M-3H-3号機, 450 MHz コマンド受信入力レベル

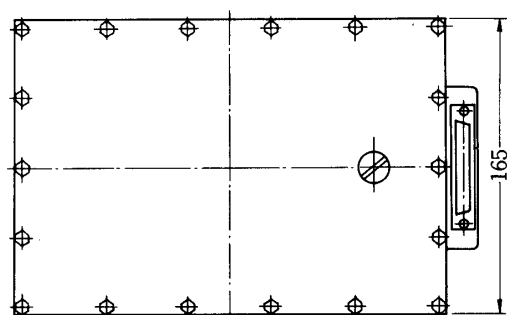
Ⅲ 集中電源

1. 概 要

酸化銀亜鉛電池より成る本集中電源装置は M-4S, M-3C 等に搭載され, その性能及び成果は実証済みのものである. M-3H-2号機以後, 若干の変更を行なっているが, M-3H各号機を通じて良好な成績を収めている.

2. 構 成

集中電源はMロケット第2段計器部に搭載され, 諸基本計器に電力(+18V, -18V, +26V, +9V)を供給する. 電源は酸化銀亜鉛電池により構成されており, 高真空においても使用できるよう液溜箱を取付けることにより漏液を防ぎ, また, ガス吸収剤を使用することにより各単電池から発生する水素ガスによる内圧の上昇を防止するなど, 種々配慮を施した気密容器に収納されている.



記号	品 名	材 質	員数	摘 要
1	ケース下段	アルミニウム	1	
2	ケース上段	〃	1	
3	ケースフタ	〃	1	
4	出力コネクタ	DCH-37P102	1	ハーメチックコネクタ
5	ケース組立ボルト	SUS 27	36	
6	気 密 栓	〃	1	
7	中継コネクタ	DCM-37S	2	

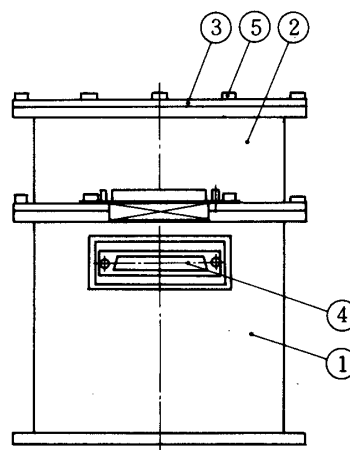
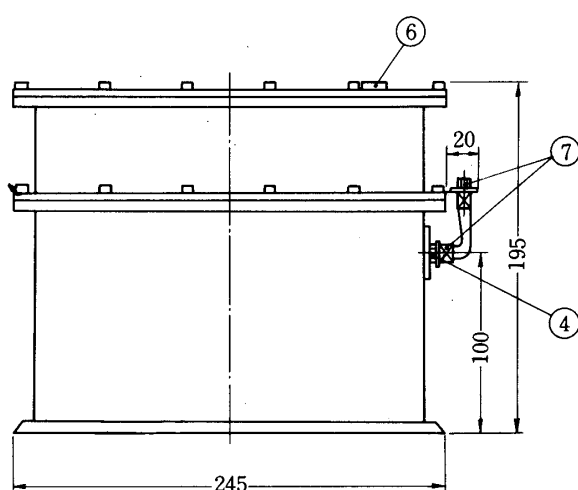


図18 外形図

M-3H-1号機までは電源のON/OFF, INT/EXT等の遠隔操作用のリレーを内蔵していたが, M-3H-2号機からは電源内部よりリレー類を取除いて別系統とし, 電源のパワーアップを図っている. 図18に集中電源の外形図を図19に集中電源の回路図を示す.

2. 電気的特性

電気的特性を表10に, 酸化銀亜鉛蓄電池の充放電特性及びガス発生量を図20に示す.

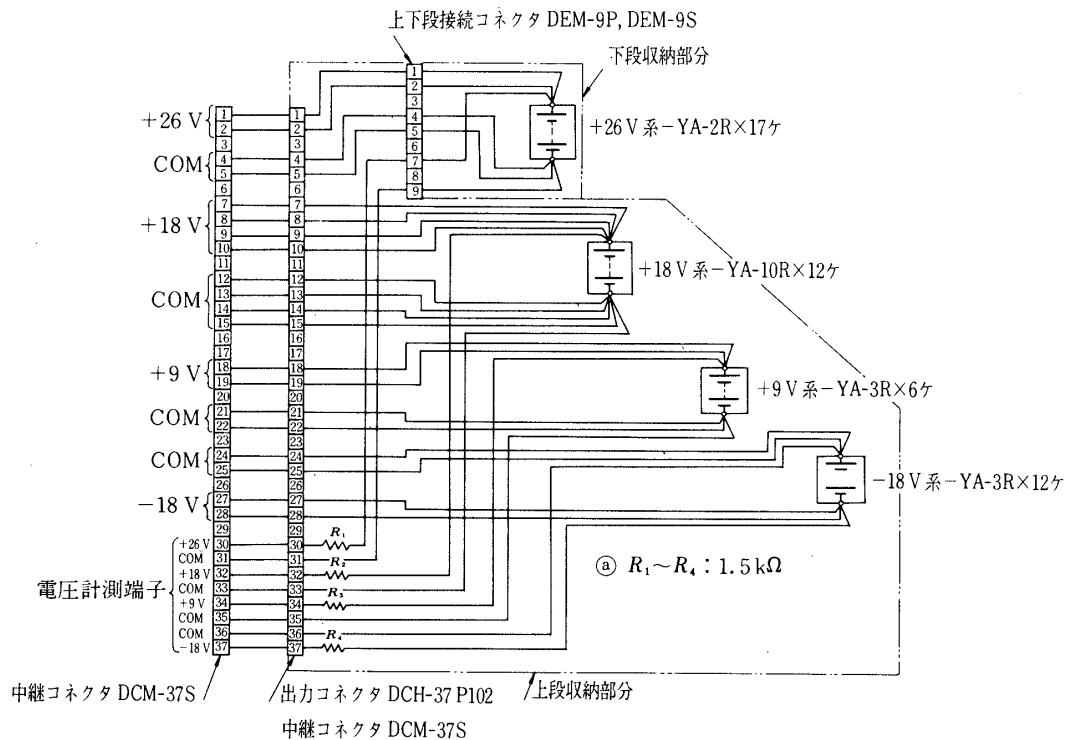


図19 回路図

表10 電気的性能

項目 系統	公称容量 A H	公称電圧 V	公称出力 W H	放電電流 A	充電電流 (10時間率) A	備 考
+ 18 V	10.0	+18 $\begin{smallmatrix} +4 \\ -2 \end{smallmatrix}$	180	8	1.0	YA-10R×12セル
- 18 V	3.0	-18 $\begin{smallmatrix} +2 \\ -4 \end{smallmatrix}$	54	2.4	0.3	YA-3R×12セル
+ 26 V	2.0	+26 $\begin{smallmatrix} +6 \\ -2 \end{smallmatrix}$	52	1.6	0.2	YA-2R×17セル
+ 9 V	3.0	+9 $\begin{smallmatrix} +2 \\ -1 \end{smallmatrix}$	27	2.4	0.3	YA-3R×6セル

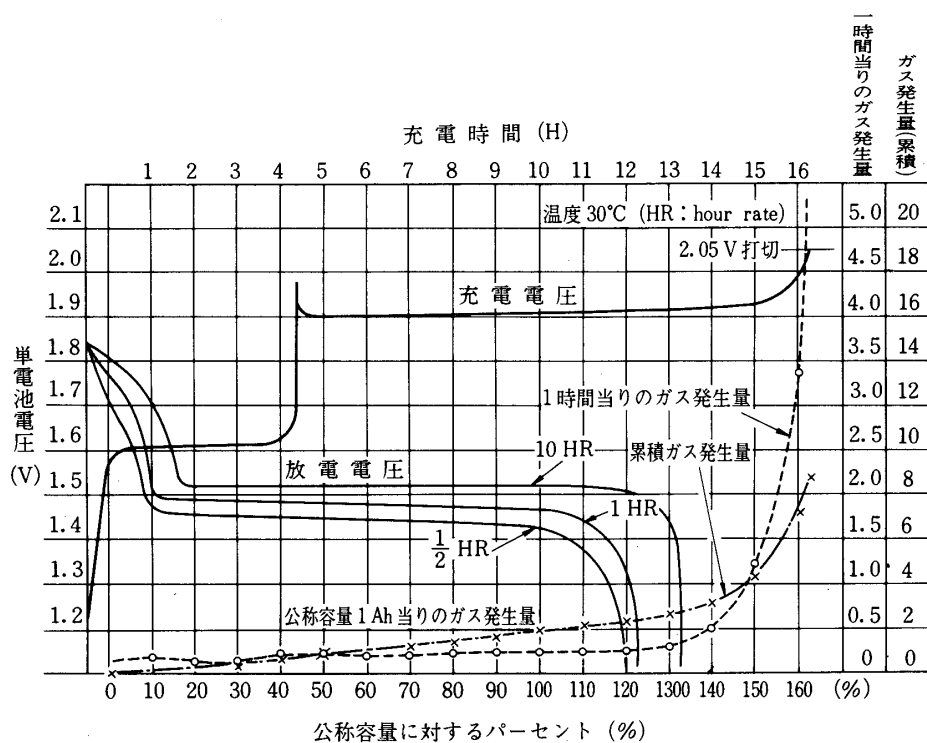


図20 酸化銀亜鉛蓄電池の充放電特性及びガス発生量

3. 運用

電源は3組製作し、電池の寿命の関係上1組は飛翔前試験用、他の2組を飛翔用電源及び予備電源として使用した。

4. 飛翔データ

電源はX-300秒に内部電源に切換えられてから着水までの間テレメータにより内部電圧の監視ができ、それにより飛翔中の電圧変化を把握することができる。M-3H各号機とも電源は正常に作動した。例としてM-3H-3号機の飛翔データを図21に示す。

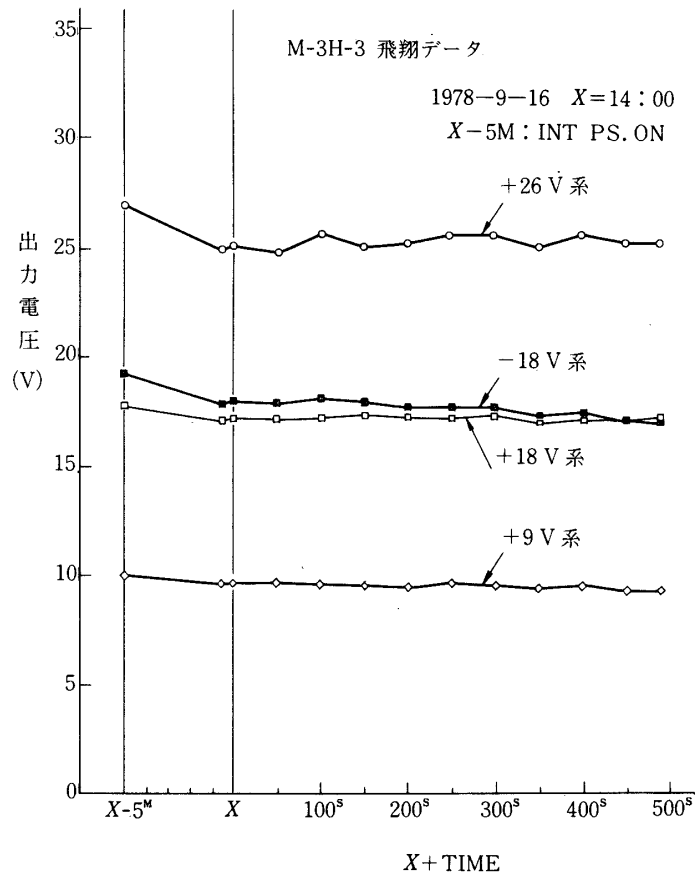


図21 飛行データ

おわりに

M-3H型ロケットにおいては、各テレメータともM-3C型に比べ変動の少ない安定した受信状態となっている。しかし、各段モータ点火時のレベル低下と機体の姿勢変化にともなうレベルの低下などM-3C型と同様の現象が見られた。

また、保安システムの立場から、2号機以後、PCMテレメータ受信装置にミニコンを接続して、飛行時における姿勢制御系の必要情報をRSサブ・システムへ送出し、保安システムの一環としての機能を十分確実にしつつある。今後、さらにデータ処理等をも含めて関係各班に確度の高いデータを提供できるよう努力を重ねて行く所存である。

心臓部とも称すべき集中電源は、今後も管理及び監視の合理化をすすめる計画である。

終りに、関係実験班各位、テレメータ、コマンドおよび集中電源の製作を担当された日本電気、富士通、松下通工、および、湯浅電池KKの多くの方々に厚く謝意を表する。

1979年12月25日 新設部(工学)