

# 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・河端 征彦・大西 晃・大島 勉  
瀬尾 基治

## I. テレメータ

### 1. 概要

M-3C型ロケットでは、1～3号機とも第2段計器部に、TM-1(295.0 MHz FM-PM)、TM-2(298.1 MHz PCM-FM) および、TM-3(915 MHz SS-FM)の3台とコマンド受信機を搭載した。

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。1号機ではこの他に第3段球形エンジンの機体計測の情報を伝送した。

搭載テレメータは各号機ともほぼ正常に動作し、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。

コマンド受信機は各号機とも指令電波を正常に受信し、これにより、タイマが起動していることがテレメータによって確認されている。

### 2. 搭載テレメータの諸元

各テレメータ送信機の諸元は表1, 2, 3に示す通りである。

表1 300 MHz 帯, FM-PM テレメータ送信機性能, 諸元

発振型式	水晶制御
電波型式	F <sub>2</sub>
送信型式	FM-PM
搬送波周波数	295.0 MHz
最大周波数偏移	±120 kHz
搬送波出力	5 W
副搬送波周波数	IRIG, BAND2~15
副搬送波最大偏移	中心周波数 ±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 $\Omega$ 以上
変調直線性	$\pm 1\%$ 以内
使用電力	+18 V, 1.2 A 以下
アンテナ VSWR	2.0 以下

表2 300 MHz 帯, PCM-FM テレメータ送信機性能, 諸元

発振型式	水晶制御
送信型式	PCM-FM
搬送波周波数	298.1 MHz
最大周波数偏移	$\pm 41.8$ kHz
搬送波出力	2 W
符号形式	NRZ-L
ビットレート	102.4 キロビット/秒
1ワード当りのビット数	8ビット/ワード
1フレーム当りのワード数	64ワード/フレーム
フレームレート	200フレーム/秒
フレーム周期パターン	2ワード(16ビット)
	1110101110010000
サブフレーム周期パターン	1ワード(8ビット)
	F <sub>0</sub> (フレーム零)..... 10111000
	F <sub>1-3</sub> ..... 01000111
チャンネル配分	表5
アナログ入力電圧	0~+5 V
アナログ入力インピーダンス	100 k $\Omega$ 以上
クロック周波数安定度	$\pm 10^{-4}$ 以下
消費電力	約15 W

表3 900 MHz 帯テレメータ送信機性能, 諸元

発振型式	水晶制御
送信型式	SS-FM
搬送波周波数	915 MHz $\pm 1 \times 10^{-5}$
最大周波数偏移	303 kHz

無線帯域	700 kHz
搬送波出力	3 W
副搬送波周波数	4.74 kHz (×1, ×2, ×3, ×4, ×5, ×6)
チャンネル数	6
伝送帯域	10 Hz~3 kHz
使用電力	18 V, 2.5 A
アンテナ VSWR	2.0 以下

### 3. チャンネル配分

各テレメータ送信機のチャンネル配分を表4, 5, 6に示す.

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			
			1 号 機		2 号 機	3 号 機
			TM-1	TMS	TM-1	TM-1
2	0.56	8.4	CM - Ans		CM - Ans	CM - Ans
3	0.73	11	TTs		GA - Z	SQ <sub>1</sub>
4	0.96	14	GA - Z		GA - Y	GA - Z
5	1.3	20	GA - Y		GA - X	GA - Y
6	1.7	25	GA - X		PF	GA - X
7	2.3	35	SQ <sub>2</sub>	GA - S	SQ <sub>2</sub>	SQ <sub>2</sub>
8	3.0	45	SQ <sub>3</sub>	GA - H	SQ <sub>3</sub>	SQ <sub>3</sub>
9	3.9	59	PT <sub>3</sub>	MX	TS <sub>2</sub>	TS <sub>2</sub>
10	5.4	81	TS <sub>2</sub>	TS <sub>3</sub>	Z-1	Z-1
11	7.35	110	SV - PF	TS <sub>4</sub>	Y-1	Y-1
12	10.5	160	Z-1	Z-2	Z-2	Z-2
13	14.5	220	Y-1	Y-2	Y-2	Y-2
14	22.0	330	X-1	X-2	X-1	X-1
15	30.0	450	P <sub>1</sub> ~P <sub>2</sub> /SEP	P-3	P <sub>1</sub> ~P <sub>2</sub> /SEP	P <sub>1</sub> /P <sub>2</sub>

表5 300 MHz 帯, PCM-FM テレメータ・チャンネルの割当

チャネル名	コミュレーション	計 測 項 目		
		M-3C-1	M-3C-2	M-3C-3
8S1	×8	CN. Programmer/comm.	CN. Programmer/comm.	CN. Programmer/comm.
8S2	(560 Hz)	CN. Commutator	CN. Commutator	CN. Commutator
8S3		CN. PAC	CN. PAC	_____

4 S 1	×4	CN. Relay detector - A	CN. Relay detector - A	CN. Engine Command A
2	(280 Hz)	CN. Relay detector - B	CN. Relay detector - B	CN. Engine Command B
3		CN. Relay detector - C	CN. Relay detector - C	CN. Engine Command C
4		CN. Relay detector - D	CN. Relay detector - D	CN. Engine Command D
5		CN. Relay detector - E	CN. Relay detector - E	CN. Engine Command E
N 1	×1	CN. Pitch Rate	TVC P - 1/P - 2	TVC P - 1/P - 2
2	(70 Hz)	CN. Yaw Rate	CN. Pitch Rate	CN. Pitch Error Angle
3		CN. Roll Rate	CN. Yaw Rate	CN. Pitch Error Angle
4		CN. Pitch CX - C	CN. Roll Rate	CN. Pitch Angle
5		CN. Pitch CX - F	CN. Pitch CX - C	CN. Yaw Angle
6		CN. Yaw CX - C	CN. Pitch CX - F	CN. Yaw Error Angle
7		CN. Yaw CX - F	CN. Yaw CX - C	CN. Yaw Error Angle
8		CN. Roll CX	CN. Yaw CX - F	TVC PT - 1
9		CN. Spin Table	CN. Roll CX	CN. Roll Angle
10		計測 TS - 1	TVC PT - 2	CN. Pitch Rate
11		TVC PT - 1	CN. Spin Table	TVC PT - 2
12		PS - 2	TVC PT - 3	計測 X - 1
13		_____	計測 TS - 1	CN. Roll C. Angle
14		_____	計測 TS - 2	CN. Roll C. Angle
15		_____	_____	CN. Yaw Rate
16		_____	_____	CN. Roll Rate
17		_____	_____	CN. Roll Error Angle
18		_____	_____	CN. Roll Error Angle
S 1	×1/4		_____	UHF ANT - RAD
2	(17.5Hz)		_____	UHF ANT - REF
3			_____	_____
4			TSL - 1	TSL - 1
5			TSL - 2	TSL - 2
6			TSL - 3	TSL - 3
7			TVC PT - 1	VHF ANT - RAD
8			計測 X - 1	VHF ANT - REF
9			TSL - SQ	TSL - SQ
10			_____	_____
11			FC - 1	_____
12			FC - 2	FC - 1
13			_____	FC - 2

表6 900 MHz 帯テレメータ・チャンネルの割当

チャンネル NO	副搬送波周波数 (kHz)	計 測 項 目		
		M-3C-1	M-3C-2	M-3C-3
1	$4.74 \times 1$	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	LD
6	$\times 6$	N	SL-2	SL-1
パイロット信号	$\times 8$			
リセット信号	1.185			

#### 4. テレメータ受信系統図

テレメータ受信系統は M-3C 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1に示す。

#### 5. 受信状況

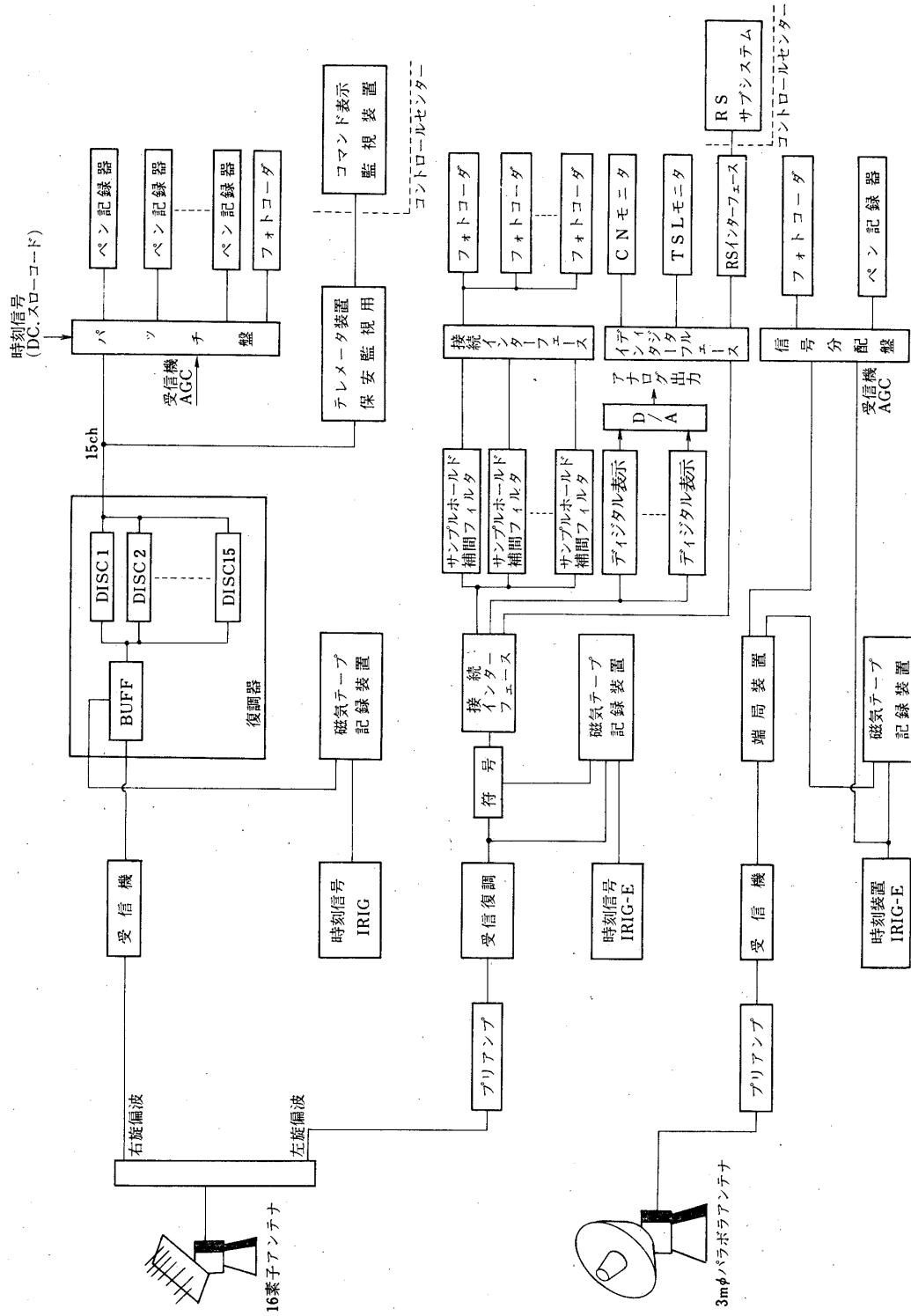
各号機における受信入力レベルの実測値を第2図～第11図に示す。

M-3C-1号機：第2段計器部に搭載した300 MHz 帯、900 MHz 帯各テレメータとも発射後約9分40秒まで受信しデータを記録した。受信入力レベルの変化は各段の燃焼時、切断、姿勢制御で瞬時的にレベルの低下が見られたが、データ上に問題なく、ほぼ理論直線に近い値で変化した。とくに、M型ロケットに初めて搭載されたPCM-FM テレメータは、ビット周期および、フレーム同期の誤りもほとんど見られずコード部、送信部とも正常に動作したことがいえる。また、900 MHz 帯テレメータは153秒におけるアンテナ切換後のレベルも予想通りの上昇が認められ良好な受信記録となった。

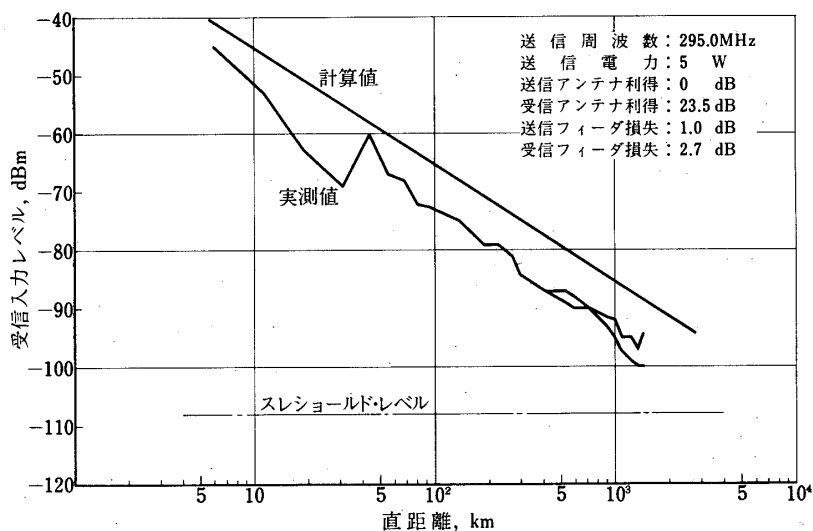
第3段計器部搭載のテレメータは、球形ロケットと衛星が分離されるまで計測データをほぼ完全に得ることができたが、受信回線はきびしく雑音の多い記録となった。

M-3C-2号機：300 MHz、900 MHz テレメータともいずれも正常に動作し、飛行中の受信状況は良好で着水まで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、各段燃焼時には1時的なレベルの低下が認められるが、各テレメータとも理論値にほぼ一致し、回線全体が正常であったことを示している。

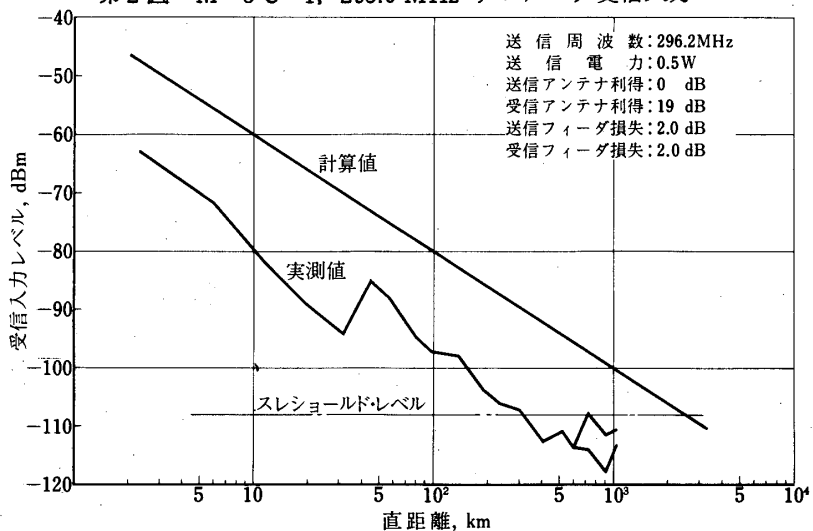
M-3C-3号機：各測定情報を発射後約220秒まで受信記録した。しかし、300 MHz 系テレメータは送受信偏波を逆旋向としたために電界強度に特異な現象が生じ、受信レベルは全体に理論値よりかなり低い値となっている。一方、900 MHz テレメータは受信状況は極めて良好で、タイマにより153秒に行ったアンテナ切換後の受信状態も正常であった。



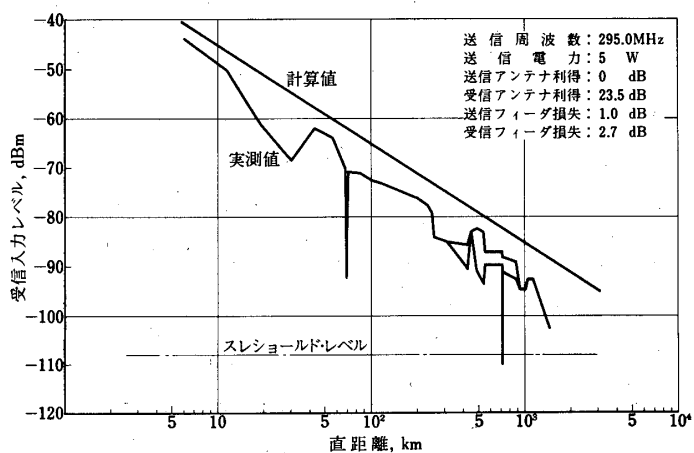
第1図 テレメータ受信システムのブロック構成



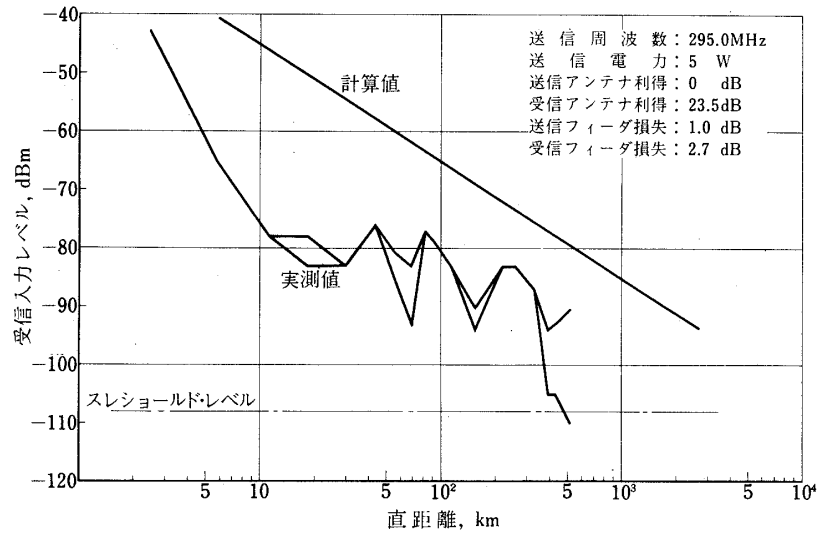
第2図 M-3C-1, 295.0 MHz テレメータ受信入力レベル



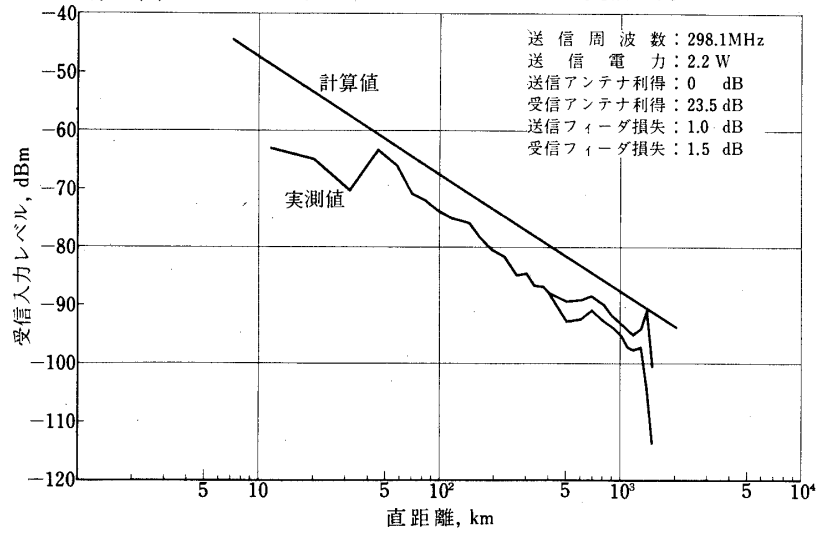
第3図 M-3C-1, 296.2 MHz テレメータ受信入力レベル



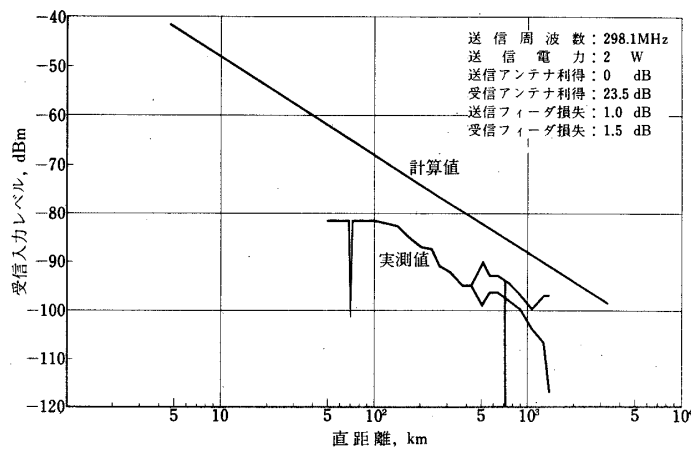
第4図 M-3C-2, 295.0 MHz テレメータ受信入力レベル



第5図 M-3C-3, 295.0 MHz テレメータ受信入力レベル

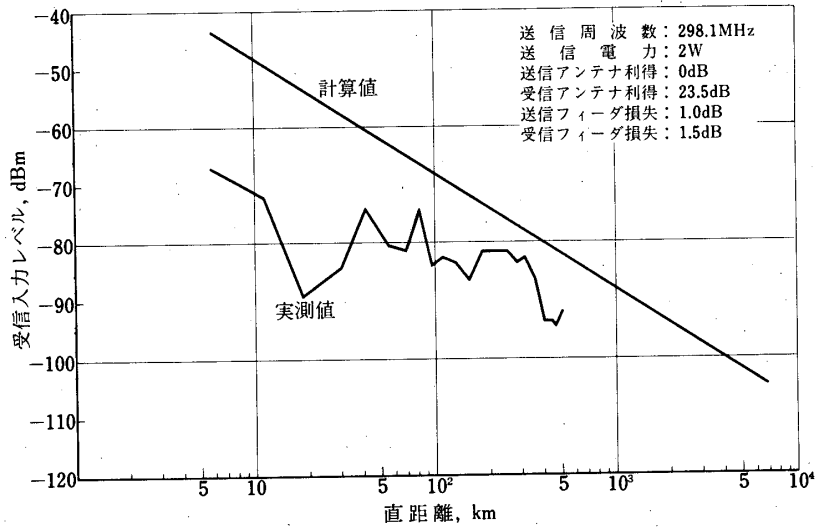


第6図 M-3C-1, 298.1 MHz PCM テレメータ受信入力レベル

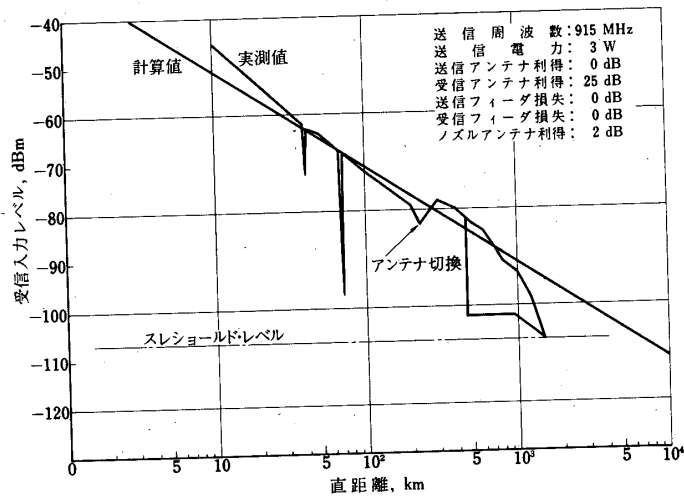


第7図 M-3C-2, 298.1 MHz PCM テレメータ入力レベル

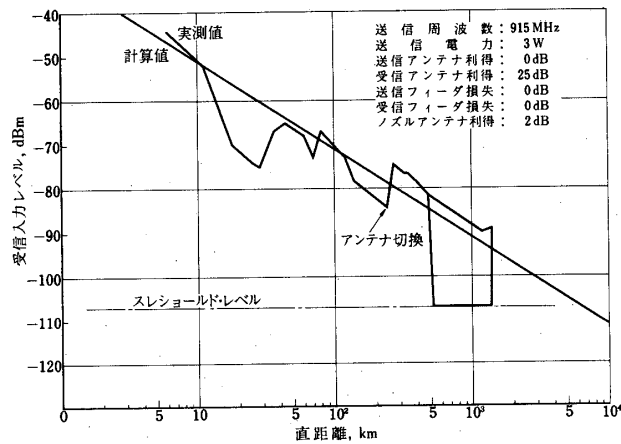




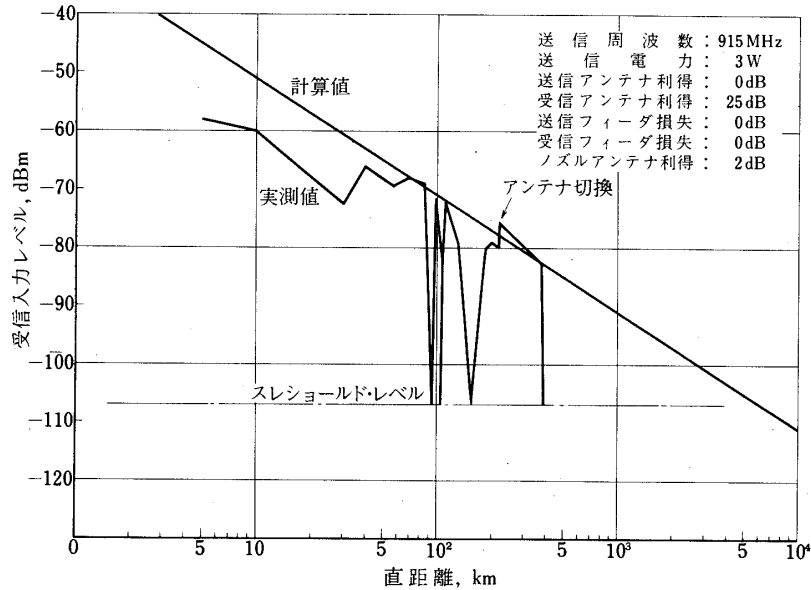
第8図 M-3C-3, 298.1 MHz PCM テレメータ受信レベル



第9図 M-3C-1, 915 MHz テレメータ受信入力レベル



第10図 M-3C-2, 915 MHz テレメータ受信入力レベル



第11図 M-3C-3, 915 MHz テレメータ受信入力レベル

## II. コマンド

### 1. 概要

M-3C ロケット搭載コマンド受信機は第2段計器部に積載されており、飛翔中の安全確保と最終段を点火させる目的に用いられている。

地上からの司令信号は可聴周波3波を用いており、コマンド受信機はこれらの2波が同時かつ0.2秒以上継続して受信した時のみ動作するようになっている。

受信周波数は1号機, 2号機は410 MHz, 3号機は周波数の変更がなされ450 MHz である。

コマンドの動作は第2段計器部に搭載されている300 MHz 帯 FM テレメータにより確認できる。

コマンド受信機の主要性能を第7表に示す。

### 2. コマンド受信機の主要性能

第7表

項目	M-3C-1	M-3C-2	M-3C-3
受信方式	水晶制御ダブルスーパーヘテロダイン	水晶制御ダブルスーパーヘテロダイン	水晶制御ダブルスーパーヘテロダイン
受信周波数	410 MHz	410 MHz	450 MHz
総合帯域幅	±50 kHz	±50 kHz	±40 kHz/±120 kHz
最低受信レベル	-97 dBm 以下	-97 dBm 以下	-97 dBm 以下
スプリアス感度	-40 dB 以下	-60 dB 以下	-50 dB 以下

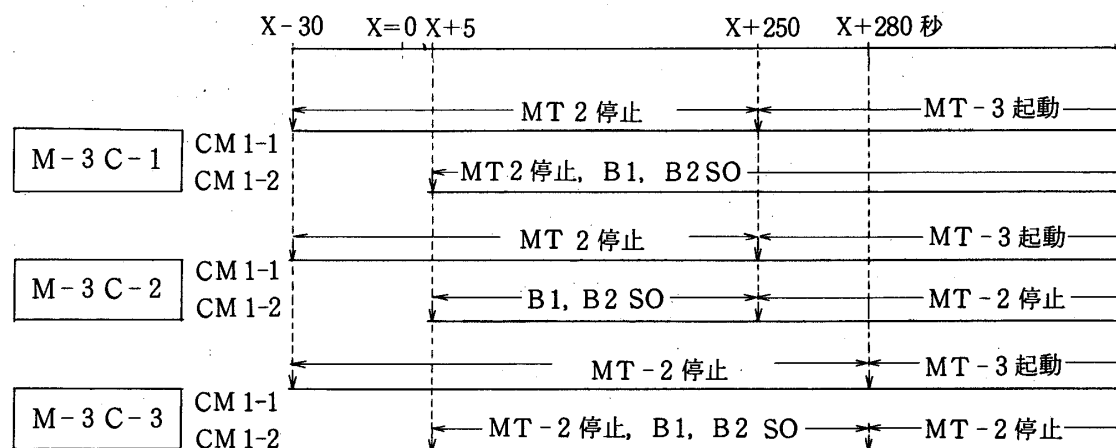
コマンドトーン	3波	3波	3波
アンテナ型式	胴体装着型 フックアンテナ	胴体装着型 フックアンテナ	胴体装着型 フックアンテナ
アンテナ V. S. W. R.	2.0 以下	2.0 以下	2.0 以下
アンテナインピーダンス	50 Ω	50 Ω	50 Ω
アンテナ切換器切換え周波数	0.5~1 Hz	0.5~1 Hz	0.5~1 Hz
” 挿入損失	2.0 dB 以下	2.0 dB 以下	2.0 dB 以下
” V. S. W. R.	2.0 以下	2.0 以下	2.0 以下
” インピーダンス	50 Ω	50 Ω	50 Ω

### 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本をペアとし、2組をアンテナ切換えスイッチで0.5~1 Hzの間隔で切り換え受信機に結合させている。

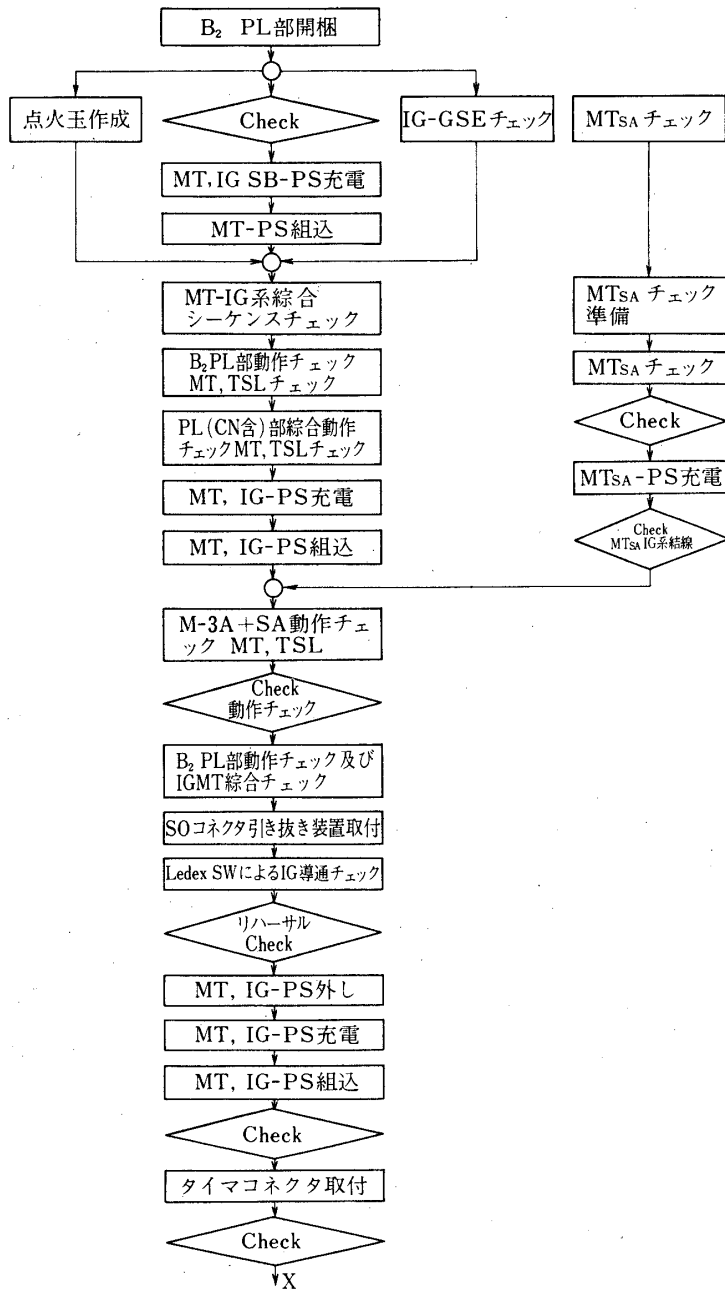
受信回路はダブルスーパーヘテロダイン方式を用いている。変調周波数はF1, F2, F3の3波の可聴周波を用い、これらのうち2波が同時に受信された時 (CM1-1はF1+F2, CM1-2はF3+F1, F2+F3はM-3Cでは使用されていない) リレーが動作しタイマに信号を送るようになっている。そのブロック図を第12図に示す。

### 4. コマンド項目と設定時間範囲



### 5. コマンド送信機

M-3C-1, 2号機では送信周波数410 MHzで送信管として強制空冷4極管を用いていたが、その後周波数の変更が行われ、それに伴って地上送信装置が新設されM-3C-3号機からは送信管としてTWT (Traveling Wave Tube) を用い送信周波数も450 MHzとなっている。第8表に主要性能を示す。



第12図 コマンド受信システムブロック図

第8表 コマンド送信機の主要性能

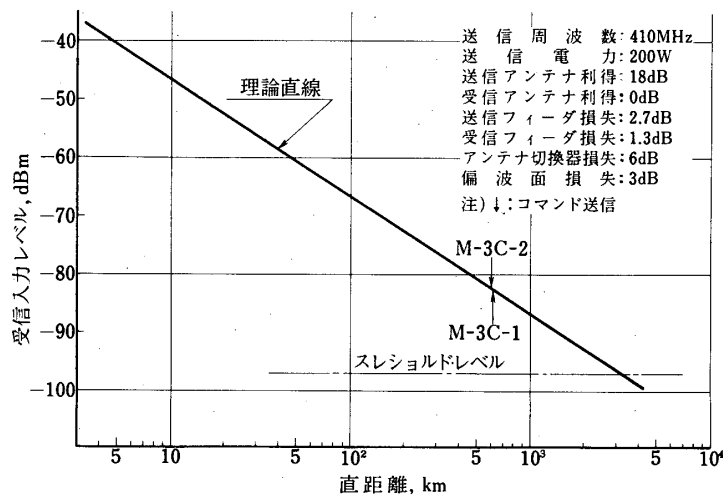
項目	M-3C-1, 2	M-3C-3
送信周波数	402~412 MHz	450 MHz
送信出力	200 W	1 kW
周波数安定度	$\pm 20 \times 10^{-6}$ 以内	$\pm 5 \times 10^{-6}$ 以内
出力インピーダンス	50 $\Omega$	50 $\Omega$
変調入力インピーダンス	600 $\Omega$	600 $\Omega$
信号対雑音比	7 ラジアン変調にて 40 dB 以上	7 ラジアン変調にて 40 dB 以上
変調入力レベル	-8 dBm/TONE $\pm 2$ dB	-8 dBm/TONE $\pm 2$ dB
歪率	7 ラジアン変調のとき 30 dB 以上	7 ラジアン変調の時 30 dB 以上

## 6. 飛しょう結果

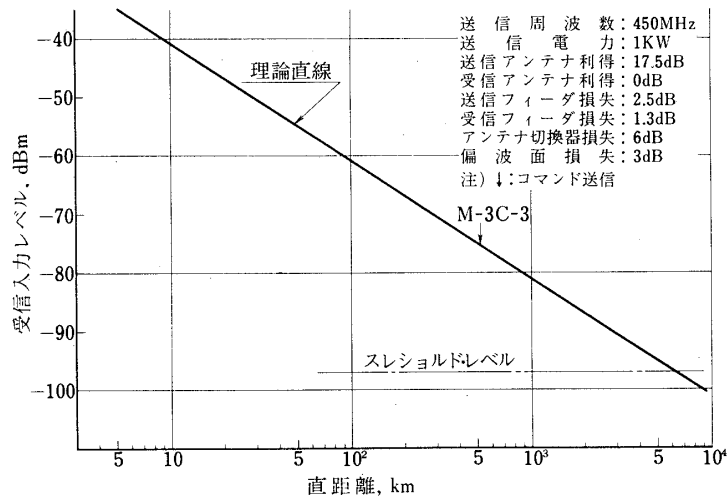
地上からのコマンドは第9表に示す秒時に送信され、正常にコマンド受信機により受信され、テレメータでその動作が確認された。第13図および第14図にそれぞれ M-3C-1, 2号機, M-3C-3号機の受信入力レベルを示した。

第9表 コマンド送信秒時

機種	送信秒時	備考
M-3C-1	263.6 秒	CM 1-1: MT-3 起動
" 2	255 秒	CM 1-1: "
" 3	231.45 秒	CM 1-1: MT-2 停止



第13図 M-3C-1, 2号機の受信入力レベル



第14図 M-3C-3号機の受信入力レベル

### Ⅲ. 集中電源

#### 1. 概要

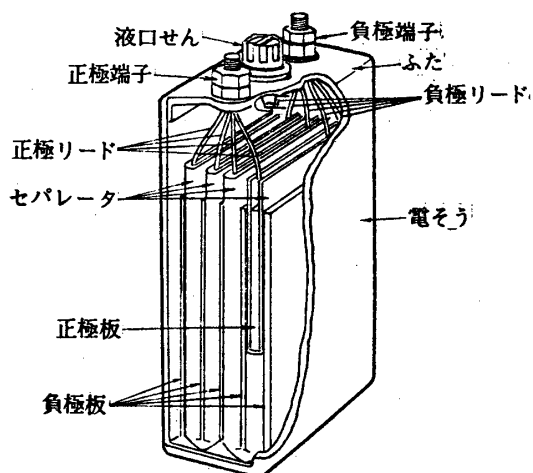
本集中電源は M-4S 型ロケットに搭載され、その成果は実証済みで、電源の構成及び特性は M-4S 型ロケットに搭載されたものとはほぼ同様である。

従来ロケットに搭載される各種機器は、その種類形式の異なる電池を電源としてそれぞれ別個に用意していた。その結果次のような問題を生じた。

- (1) 安全率を考慮して、各機器は電力に余裕のある電池を採用し、電源全体の占める重量体積が大きくなる傾向があった。

そこで一つの電源から各機器へそれぞれの要求する電圧、負荷に応じた電力を供給して、上記の問題を解決しようとする、集中電源方式が M-4S 型ロケットより適用され、その実績を踏まえて M-3C 型ロケットにおいても同方式の電源が適用された。第2段計器部における、テレメータ送信機、レーダトランスポンダおよび計測器等に対する電源がこれである。なお電池としては銀亜鉛蓄電池を用いており、その構造は第15図に示す通りである。電池の長所としては下記の諸点を挙げる事ができる。

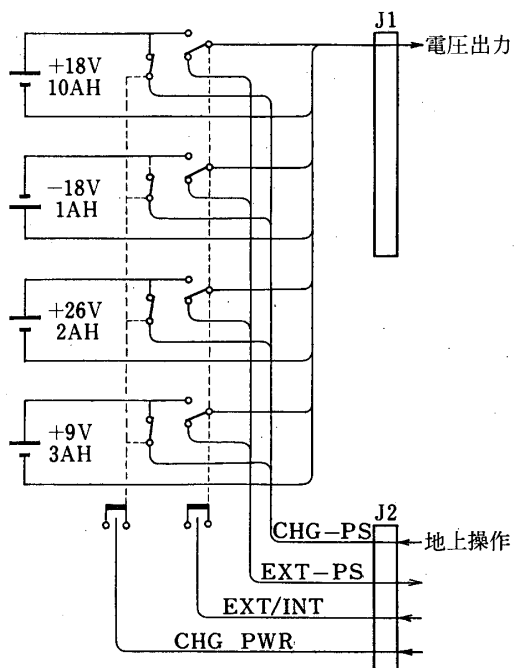
- (1) 小型軽量でエネルギー密度が高い。
- (2) 大電流放電が可能で容量、電圧の低下が少ない。
- (3) 放電中の端子電圧が平坦である。
- (4) 広い温度範囲で放電できる。
- (5) 耐振性、耐衝撃性など機械的強度が大きい。
- (6) 遊離の電解液が少なく液もれしにくい。
- (7) 腐食性ガスが発生しない。



第15図 蓄電池の構造

## 2. 集中電源の構成

M-3C型ロケット搭載集中電源は制御部と電池部より構成されている。制御部は電池の

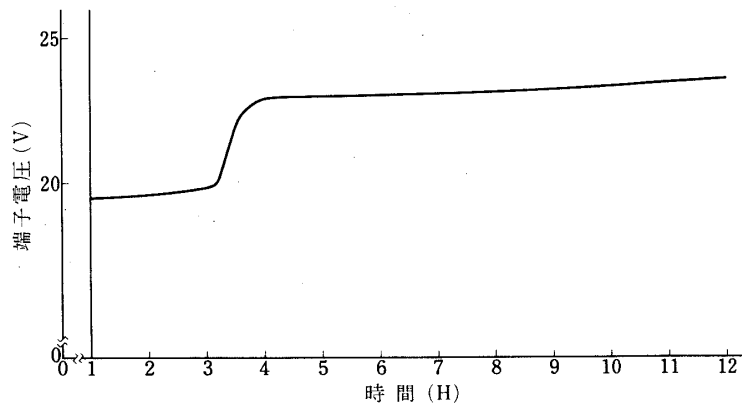


第16図 系統図

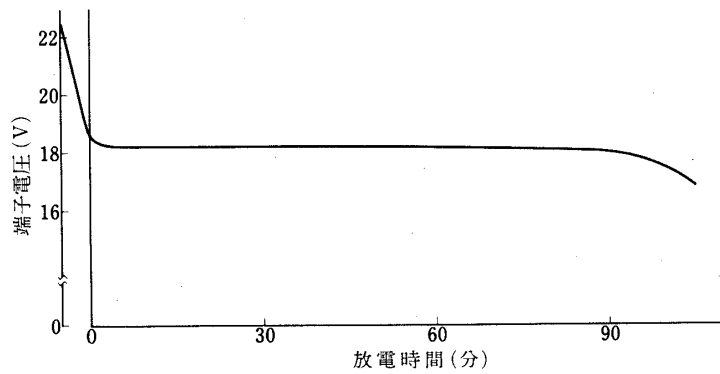
内部と外部の切替えや充電状態への切替えを行なう機能をそなえている。その系統図を第16図に示す。電圧と電池数は下記のとおりである。

+18 V	10 AH	YA-10 型	×12 セル
-18 V	1 AH	YA-1 型	×12 セル
+26 V	2 AH	YA-2 R 型	×17 セル
9 V	3 AH	YA-3 R 型	× 6 セル

電池の代表的充放電特性をそれぞれ第17, 18図に示す。



第17図 充電特性  
±18 V 系 YA-10 R×12  
充電電流 1.0 A 定電流



第18図 放電特性  
+18 V 系 YA-10 R×12  
放電電流 5.3 A



### 3. 実験結果と対策

集中電源において初期放電高圧部により機器が損傷するという事故があったため、各系統のセル数を減らしそれを防止した。又液溜箱接続用ゴム管の絶縁抵抗不良による電圧の低下がみられたがゴム管を絶縁抵抗の良好なものと交換する等の対策を施した。

1977年11月10日新設部（工学）