

M-3S型ロケットのテレメータ・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・日高 正規

(1985年12月27日受理)

1. 概 要

M-3S型ロケットでは、1~4号機とも第2段計器部にテレメータ送信機3台と飛翔中の安全確保と最終段モータを点火させるためのコマンド受信機および集中電源を搭載した。テレメータ送信機の3台は、姿勢制御情報や機体計測情報を主に伝送する300MHz帯テレメータ送信機2台と機体振動の測定情報を主に伝送する900MHz帯テレメータ送信機1台である。

また、M-3S型から新たに第1段の飛行制御情報や各種計測情報を伝送するための300MHz帯テレメータ送信機1台と第1段に搭載する各機器への電力供給を行う集中電源を第1段尾翼筒部に搭載した。

地上設備は従来設備に加え、第1段尾翼筒部に搭載したテレメータ電波の受信復調を行うための装置が新規に設置された。

表1 M-3S型搭載テレメータの諸元

呼 称	第2段計器部			第1段尾翼部
	TM-1	TM-2	TM-3	TM-4
周波数	295.0 MHz	298.1 MHz	915 MHz	296.2 MHz
電 力	5 W	2 W	3 W	1 W
変調方式	FM-PM	PCM-PSK	SS-FM	FM/PCM-PM
伝送内容	NF歪 内圧 コマンド信号 地磁気姿勢 タイマ信号	姿勢制御 加速度 温度 モータ燃焼圧 フレオン圧 タイマ信号	機体振動 音圧	フレオン圧 オイル圧 横加速度 尾翼振動 SMRC燃焼圧

表2 地上系主要性能

	300 MHz FM テレメータ受信装置	300 MHz PCM 受信装置	900 MHz テレメータ受信装置
空中線	<p>型式：円板型アンテナ高利得16素子 中利得4素子</p> <p>周波数：295～300 MHz</p> <p>利得：23 dB 以上 19 dB 以上</p>	<p>型式：円板型アンテナ高利得16素子 中利得4素子</p> <p>周波数：295～300 MHz</p> <p>利得：23 dB 以上 19 dB 以上</p>	<p>型式：ターンスタイルパラボラ3mφ</p> <p>周波数：910 MHz ± 10 MHz</p> <p>利得：25 dB 以上 左旋円偏波</p>
受信部	<p>受信周波数：295.0, 295.6, 296.2, 298.1 MHz の4波</p> <p>受信方式：位相同期検波方式</p> <p>最低受信レベル：-108 dBm</p> <p>雑音指数：2.5 dB</p>	<p>受信周波数：295.0, 295.6, 296.2, 298.1 MHz の4波</p> <p>受信方式：コヒーレント2相 PSK 方式</p> <p>復調方式：位相同期検波方式</p> <p>最低受信レベル：-110 dBm</p> <p>雑音指数：4 dB 以下 $\epsilon_r = 5 \times 10^{-4}$</p>	<p>受信周波数：915 MHz</p> <p>受信方式：水晶制御2重スーパ ーヘテロダイン</p> <p>端局同期方式：従属同期方式</p> <p>最低受信レベル：-96 dBm</p> <p>雑音指数：5 dB 以下</p>
復調・復号化部	<p>FM復調部</p> <p>復調方式：位相同期検波方式</p> <p>復調チャネル：IRIG # 1～15</p> <p>PCM復調部</p> <p>副搬送波周波数：64 kHz</p> <p>ビットレート：25.6 KBPS</p> <p>符号形式：NRZ-M</p>	<p>ビット周波数：102.4 KBPS</p> <p>ビット同期方式：位相同期ループによ る自己同期検出方式</p> <p>符号形式：NRZ-L</p>	<p>端局部同期方式：位相同期方式</p> <p>伝送帯域：10 Hz～3 kHz</p> <p>パイロット周波数：32.9 kHz</p>

さらに、M-3S-2号機から、小型計算機PFU-1500システムがテレメータデータ処理に導入され、姿勢制御、計測およびテレメータ受信データのCRT表示やグラフィック表示が可能となり、飛翔時におけるデータ判定等が著しく改善された。

飛翔は各号機とも正常でテレメータ、コマンドおよび集中電源は着水までその役割りを果たした。

2. テレメータ

2.1 M-3Sの通信回線

M-3S型ロケットにおける各テレメータの通信回線設計は、搭載系および地上系の総合で考える必要があり、通信距離、ロケットの姿勢変化および各段モータの燃焼ガスの影響を特に考慮して行った。

搭載系は、まず第2段計器部テレメータについては、第2段切り離しまで、直距離にして約2千kmの通信回線を確保するため送信電力5WのFM-PM方式の300MHz帯テレメータ(TM-1)と送信電力2WでPCM-PSK方式の300MHz帯テレメータ(TM-2)および送信電力3WでSS-FM方式の900MHz帯テレメータ(TM-3)を搭載した。それら各テレメータの諸元を表1に示す。送信アンテナはロケットの姿勢変化を考慮して、300MHz帯テレメータについては胴体装着型フックアンテナを第2段計器部外壁に8本取り付け、各素子間に45度づつの位相差を与え、それぞれ右旋、左旋偏波としてアンテナを共有させアンテナパターンの切れ込みを少なくしている。900MHz帯FMテレメータは、逆L型アンテナ4本を第2段計器部外壁に取り付け、90度づつの位相差を持たせている。更に、飛翔の途中から電界強度を上げるため第2段目タイマーからの信号を受け空中線切替器により第2段モータノズル部に取り付けられたノズルアンテナに切替えている。

第1段尾翼筒部搭載の300MHz帯ハイブリッドPCMテレメータ(TM-4)については、第1段切り離しまでと通信距離が短いため送信電力も表1に示すように1Wとした。送信アンテナは、ロケットの形状からの制約もあり、尾翼先端にフック型アンテナ1本を使用した。

地上系の受信システムを図1に示す。長距離伝送を行うTM-1、TM-2については、受信アンテナは高利得16素子アンテナを共用し、それぞれ右旋、左旋偏波で受け、TM-2については前置増巾器を通し受信機に結合させている。TM-3については、3mφのパラボラアンテナを用いた。TM-4については距離が近いこともあり中利得4素子アンテナを用いた。

受信系として、FM受信装置は位相同期検波方式による高感度復調方式であり、PCM受信装置はコヒーレント2相PSK方式による高速PCM復調方式である。900MHzFM受信装置は水晶制御2重スーパーヘテロダインの受信方式である。

M-3S型で使用したアンテナおよび受信機の主要性能を表2に示す。

2.2 テレメータ送信機

M-3S型ではTM-1~TM-3の3台、第1段尾翼筒部にTM-4の計4台のテレメータ送信機を搭載した。

2.2.1 TM-1

表3 TM-1チャンネルの割当

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

TM-1は、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、送信機と較正器が一体化した型式となっている。

伝送内容は表3に示す通りで、450MHzコマンド受信機の動作状況、地磁気の各方向成分、タイマ動作状況ならびに機体の各種計測情報である。

2.2.2 TM-2

TM-2は、各種データをPCM-PSK方式で地上に伝送する多重送信装置で、アナログデータ、デジタルデータの入力数およびその入力速度により最大49チャンネルまで色々なコミュレーションレシオを持ったチャンネル構成を多種多様に組合せる事が出来る。表4に伝送項目を示す。CN、第2段TVC、TSL等の第2段飛行制御関係の情報伝達を主に、機体計測やタイマ情報等一部TM-1と冗長構成をとっている。

2.2.3 TM-3

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、端局部と送信機が一体となった型式となっている。伝送項目は表5に示す通りで、機体振動等の高い周波数成分を含む情報等である。

2.2.4 TM-4

TM-4は、計測器から受けたアナログデータおよびデジタルデータを、デジタルデータについては時分割多重化を行い、これをさらにアナログデータと共に周波数分割多重化し

表4 TM-2チャンネルの割当

Comm. Rate	伝 送 項 目			
	M-3S-1	M-3S-2	M-3S-3	M-3S-4
×16 (1120 Hz)	B1 Pitch-Rate Yaw-Rate Roll-Rate TVC Command TVC Answer-1 " -2 " -3 " -4 " -5 " -6 " -7 " -8 Sub.Comm. " ID SEQ. SMRC Answer	同 左	同 左	同 左
× 8 (560 Hz)	B2 Pitch-Angle Yaw-Angle Roll-Correction Roll-Angle	同 左	同 左	同 左
× 4 (280 Hz)	B2 Pitch-Trgt. Yaw-Trgt. Pitch-Rate Yaw-Rate Roll-Rate Sub.Comm. SEQ.-1 SEQ.-2 SEQ.-3 Sub.Comm.ID TVC Command TVC Answer SJ Command SJ Answer	同 左	同 左	同 左
× 2 (140 Hz)	P1/P2 X 1	同 左	同 左	同 左

Comm. Rate	伝 送 項 目			
	M-3S-1	M-3S-2	M-3S-3	M-3S-4
× 1 (70 Hz)	PT 1 PT 2 TS 3 LD 2 LD-3 V-RAD V-REF U-RAD U-REF	PT 1 PT 2 TS 3 LD 2 LD 3 DAM DATA 1 DAM DATA 2 Y 4 Z 4 TS 2 V-RAD V-REF U-RAD U-REF	PT 1 PT 2 TS 3 LD 2 LD 3 Psj 1 Psj 2 DAM DATA 1 DAM DATA 2 Psj 3 Psj 4 Y 4 Z 4 TS 2	同 左
× 1/4 (17.5 Hz)	SQ-4 SQ-5 SQ-6 TSL-SQ TSL モニタ // //	同 左	同 左	SQ-4 SQ-5 SQ-6 TSL SQ

表5 TM-3チャンネルの割当

チャンネル No.	副搬送波周波数 (kHz)	伝送項目
		M-3S-1~4
1	4.74×1	V-1
2	$\times 2$	V-2
3	$\times 3$	V-3
4	$\times 4$	V-4
5	$\times 5$	SL-1
6	$\times 6$	SL-2
パイロット信号 リセット信号	$\times 8$ 1,185	

て地上に伝送するハイブリッド方式である。

表6に伝送項目を示す。第1段 TVC, SMRC, 加速度, 尾翼振動および第1段各部の温度測定情報等である。なお, 表6においてPCM部については代表としてM-3S-3号機についてのみ示した。

各テレメータの諸元を表7~10に, また, 外観を図2~5に示した。

表6-1 TM-4 FM部チャンネルの割当

IRIO BAND No.	中心周波数	最大レスポンス	伝送項目	
			M-3S-1	M-3S-2~4
2	560 Hz	8.4 Hz	アキ	-18Vモニタ
3	730 Hz	11 Hz	〃	+18Vモニタ
4	960 Hz	14 Hz	〃	アキ
5	1300 Hz	20 Hz	Po 2	Po 2
6	1700 Hz	25 Hz	Po 1	Po 1
7	2300 Hz	35 Hz	Pf 2	Pf 2
8	3000 Hz	45 Hz	Pf 1	Pf 1
9	3900 Hz	59 Hz	LD-1	LD-1
10	5400 Hz	81 Hz	Z 1	Z 1
11	7350 Hz	110 Hz	Y 1	Y 1
12	10500 Hz	160 Hz	VF 4	VF 4
13	14500 Hz	220 Hz	VF 3	VF 3
14	22000 Hz	330 Hz	VF 2	VF 2
15	30000 Hz	450 Hz	VF 1	VF 1

表6-2 TM-4 PCM部チャンネル割当 (各号機で異なるが, 代表としてM-3S-3号機について示した。)

		マイナーフレーム																																						
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	0	1					
マイナーフレーム	0	1	1																																					
	1	1	0																																					
	2	1	0																																					
	3	1	1																																					
	4	1	0																																					
	5	0	1																																					
	6	0	0																																					
7	0	0																																						
8	2 ⁰	2 ¹																																						
9	2 ²	2 ³																																						
10	2 ⁴	2 ⁵																																						
11	2 ⁶	2 ⁷																																						
12	2 ⁸	2 ⁹																																						
13	2 ¹⁰	2 ¹¹																																						
14	2 ¹²	2 ¹³																																						
15	2 ¹⁴	2 ¹⁵																																						

※このフレームフォーマットは上に同じ

表7 TM-1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 $\pm 7.5\%$
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	$\pm 2\%$ 以内
使用電力	18V, 1.4A以下
アンテナ VSWR	2.0以下

表8 TM-2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 words/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) 1 1 1 0 1 0 1 1 1 0 0 1 0 0 0 0
サブフレーム同期パターン	1 Word (8 bits) F ₀ 1 0 1 1 1 0 0 0 F ₁₋₃ 0 1 0 0 0 1 1 1
アナログ入力電圧	0~5.0 V
アナログ入力インピーダンス	100 k Ω 以上
アナログ最大入力数	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。
デジタル最大入力数	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

表9 TM-3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

表10 TM-4性能, 諸元

(1) 送信機	
発振型式	水晶制御
発信方式	FM/PCM-PM
搬送波周波数	296.2 MHz $\pm 5 \times 10^{-5}$
最大周波数偏移	± 120 kHz
搬送波出力	1.0 W 以上
アンテナ定在波比	2 以下
(2) アナログ・データ・チャンネル	
チャンネル数	14 CH
入力信号	0 \sim +5 V
入力インピーダンス	350 k Ω 以上
副搬送波中心周波数	IRIG BAND 2 \sim 15
副搬送波最大偏移	中心周波数の $\pm 7.5\%$
変調直線性	$\pm 2\%$ 以内
較正信号	0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0 の11点
較正時間	約32秒
較正信号送出方式	自動
較正信号精度	$\pm 0.5\%$ フルスケール
(3) デジタル・データ・チャンネル	
変調形式	PCM NRZ-M-PSK
サブキャリア周波数	64 kHz
ビットレート	25.6 Kビット/秒
ワード構成	1 \sim 30ビットまで可変語長 6ビット標準
フレーム構成	マイナフレーム メジャフレーム
	32ビット/マイナフレーム 16マイナフレーム/メジャフレーム
フレーム同期	16ビット
フレームカウント	16ビット
制御可能な観測装置数	7台

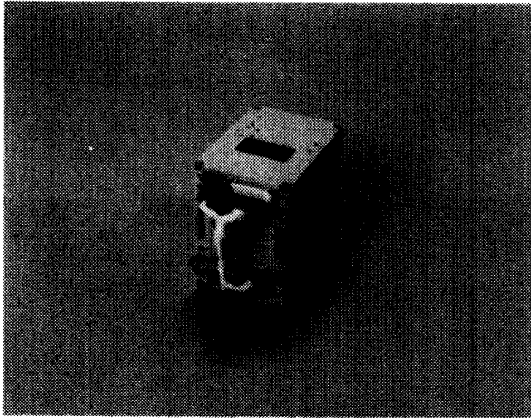


図2 TM-1 FM-PM テレメータ送信機

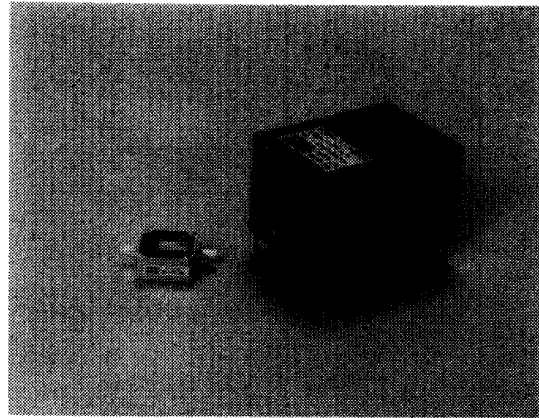


図3 TM-2 PCM-PSK テレメータ送信機

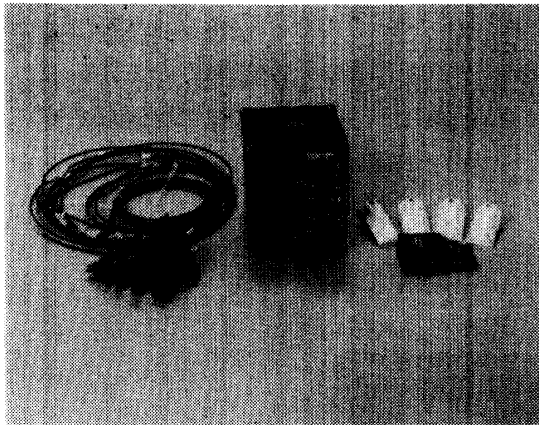


図4 TM-3 SS-FM テレメータ送信機

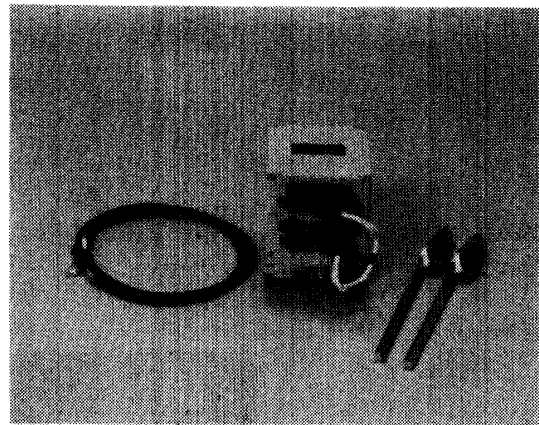


図5 TM-4 FM/PCM-PM テレメータ送信機

2.3 テレメータ受信装置とデータ処理

2.3.1 テレメータ受信装置

受信装置として従来のFMテレメータ受信装置(FM系と呼ぶ)、PCMテレメータ受信装置(PCM系と呼ぶ)および900MHzテレメータ受信装置(900系と呼ぶ)の他に新たにハイブリッドPCMテレメータ受信装置(HYB系と呼ぶ)が設置された。図6にFM系、図7にPCM系の外観を示す。受信アンテナは既存の設備で対応できるため特に新設は行われていない。図1に受信系統、表2に設備の主要性能を示す。

ロケットから送られてきたテレメータ信号は各々FM系、PCM系およびHYB系で受信され、ビデオ信号として2台の広帯域AMPEXデータレコーダに記録すると共に、この信号をアナログデータについては復調器を通しペン書記録器等に記録を行う。デジタルデータについては復号化器さらにD/A変換器を通しペン書記録器や60チャンネル直記式電磁記録装置に記録を行う。900系で受信されたテレメータ信号は復調器を通した後、データレコーダ、直記式電磁記録装置およびペン書記録器に記録する。

この他に、PCM系についてはデジタルインターフェイス装置を介し、外部記録として

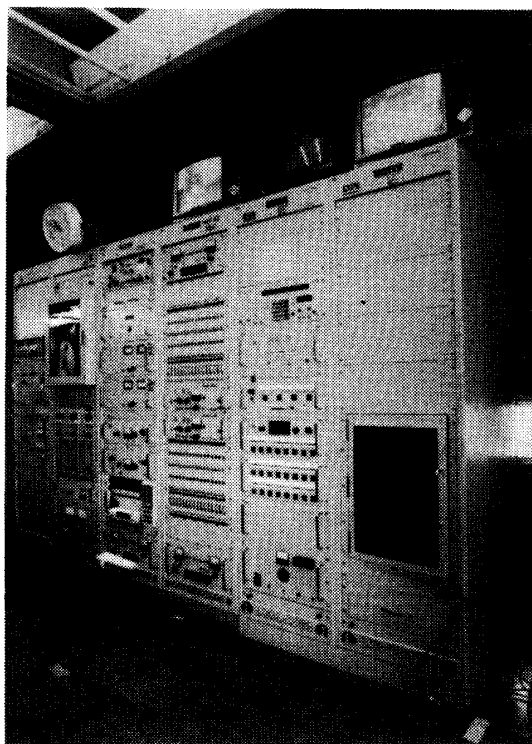


図6 FMテレメータ受信装置

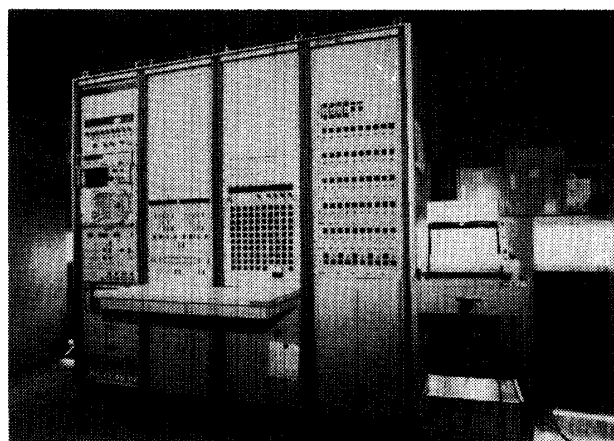


図7 PCMテレメータ受信装置

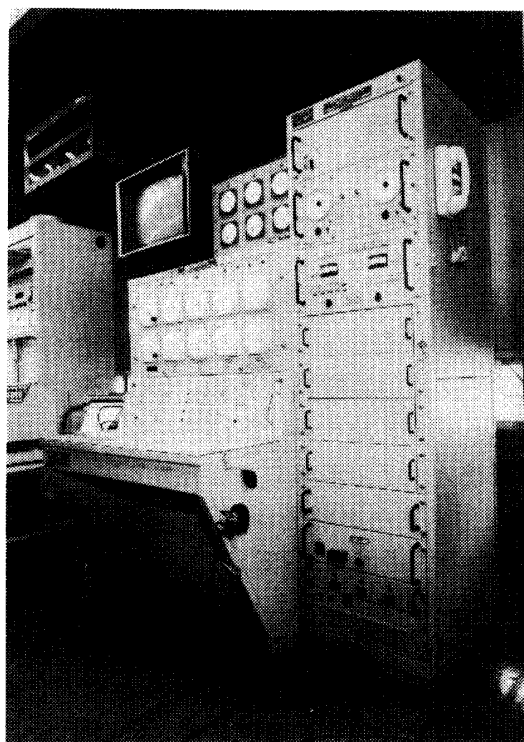


図8 アンテナ・スレーブ・コンソール卓

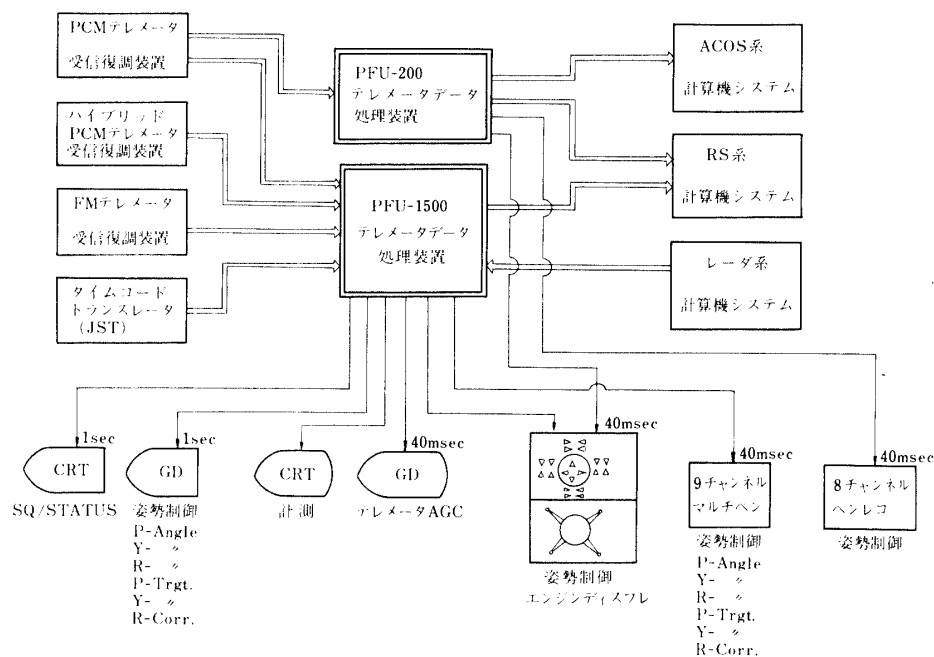


図9 テレメータデータ処理システム系統図

TSL, CNなどのQL(クイックロック)装置に接続している。

アンテナ操作は、各レーダシステムからの信号をスレーブコンソール卓(図8)に集め全アンテナの集中制御を行った。

2.3.2 データ処理

M-3S型からテレメータの情報量が増加し、今までペン書記録器や外部記録器にたよっていたデータ表示や判定に困難をきたす様になり、1号機から、データ処理に計算機を使用する事が検討された。

最初は、試験的にPCM系に小型計算機PFU-200を接続し、飛翔時における姿勢制御系の最小情報をファイリングし、CRTでモニタすると共にRSサブシステムへデータの送出手を行っていた。2号機からは、さらに900系を除く全テレメータ系のデータ処理を行う必要や中央計算機ACOS、3.6レーダ計算機システムとの接続要請等から大容量で高速の計算機システムが不可欠となり、PFU-1500計算機システムが導入された。

データ処理システム系統を図9に示す。各テレメータデータは計算機で処理され、姿勢制御系については姿勢角やエンジン動作状況等、計測系については物理量に換算された加速度や振動データ等さらに各テレメータ受信入力レベルがグラフィック・ディスプレイ(GD)やCRT画面等に表示される。同時に中央計算機およびRS計算機システムへデータ送出手が行われ飛翔保安の判断に用いられている。

さらに後処理でデータのCCT(Computer Compatible Tape)がつくられユーザへ提供できるようになっている。

2.4 飛翔結果

M-3S各号機においては、受信入力レベルで見ると、第2段計器部に搭載したTM-1~TM-3の各テレメータとも全体としては変動が少なく計算値によく合い、所要回線を確保出来た。各号機とも第2段モータおよび第3段モータの点火時には瞬間的な切れ込みが見られる。また、4号機のTM-3については、第1段ロール制御とアンテナパターンの影響で、第1段切り離しまでレベル変動が大きい。

第1段尾翼筒部に搭載したTM-4については、発射後第1段モータの切り離しまで受信入力レベルがかなり低い値となっている。この主な原因は、アンテナが第1段ノズル部のすぐ近くにあるため、第1段モータの燃焼ガスによる減衰を受けている事等が考えられる。しかし、距離が近いことデータ取得には支障をきたしていない。

各テレメータ受信入力レベルの実測値は代表としてM-3S-1号機について図10~図13

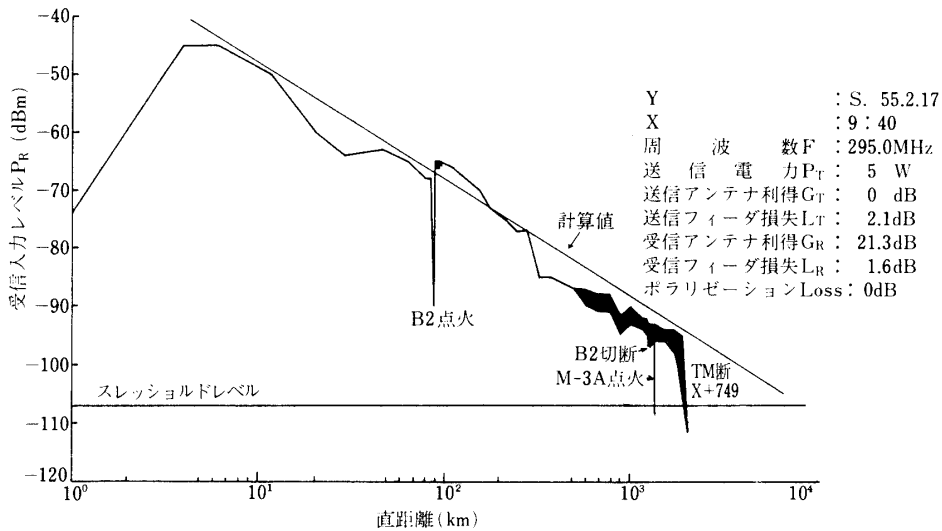


図10 M-3S-1号機 TM-1 受信入力レベル

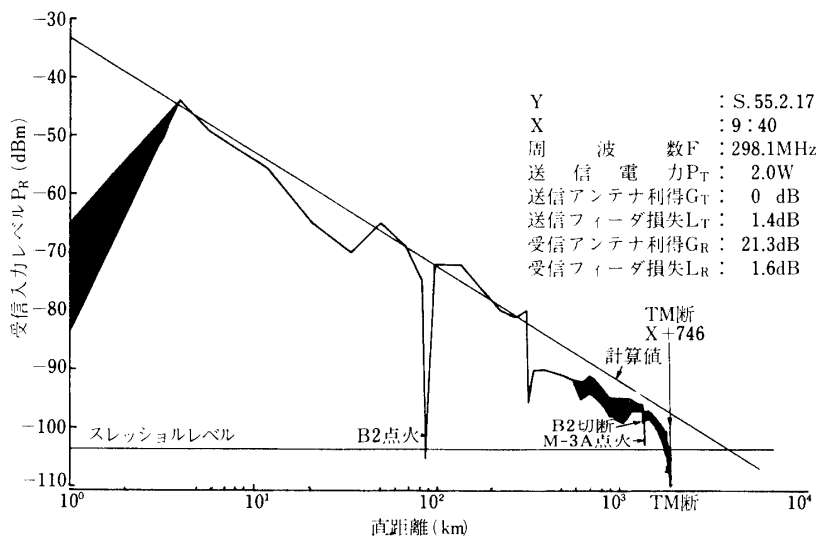


図11 M-3S-1号機 TM-2 受信入力レベル

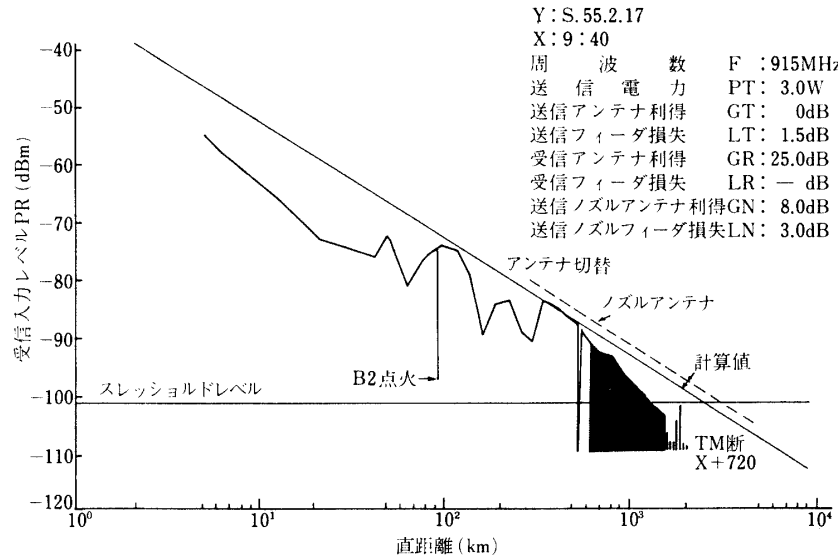


図12 M-3 S-1号機 TM-3 受信入力レベル

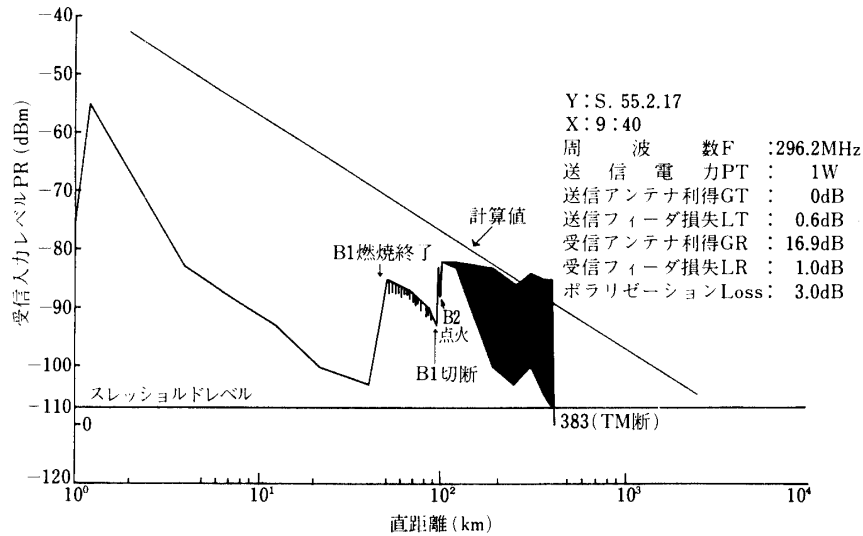


図13 M-3 S-1号機 TM-4 受信入力レベル

に示した. 2~4号機についてもほぼ同様の結果が得られており, 詳細については SES データセンタ発行の実験報告書を参照願いたい.

3. コマンド

3.1 M-3S のコマンド回線

コマンドは表 11 に示すように, 飛翔保安の他に最終段を点火させる瞬発コマンドの役割を持っている. そのために, 直距離にして数千 km の回線を確保する必要があり, 受信機としてはダブルスーパーヘテロダイン方式による高感度受信機になっている.

コマンドアンテナはロケットの姿勢変化に対して、常に地上からのコマンド電波を受信できるようにする必要がある。そのため第2段計器部外壁に90度おきに4本を取り付け、180度相対する2本を対とし、2組をアンテナ切替スイッチで0.5 Hzの間隔で切り替え、コマンド受信機に結合させている。

地上のコマンド送信電力は1 kWであるが、飛翔前試験時にコマンド受信機の過大入力をさけるため300 Wの低出力に切り替え可能である。

送信アンテナは遠距離用の十字型ダイポール4素子を使用したNarrow Beamと近距離用の1素子を使用したWide Beamの2つがあり、切り替えで使用出来るようになっている。

3.2 コマンド受信機

図14にコマンド受信機システムブロックを示す。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。コマンド信号は可聴周波数帯3波を用い、受信機ではこれらのうち2波が同時かつ0.2秒以上継続して受信された時、リレーが動作しタイマに信号を送るようになっている。

表11 コマンド項目

コマンド名称	項目
CM-A 1	M-EPT・TSL STOP
CM-A 2	B 1・B 2 SO, TSL STOP/瞬発
CM-A 3	SMRC・TVC STOP/TSL GO

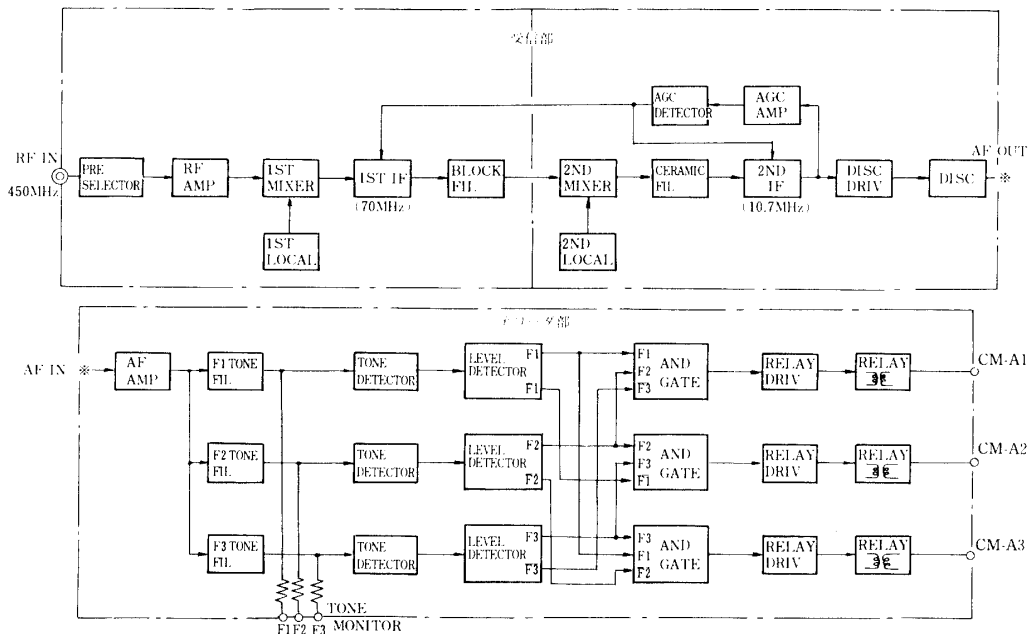


図14 コマンド受信機システムブロック図

また、M-3H型に比べ、妨害電波等によるコマンドレベルの抑圧を防ぐための、高周波部および低周波部の回路の改善がなされている。

表12に主要性能、図15に外観を示す。

3.3 コマンド送信装置

コマンド信号は、水晶制御された可聴周波数帯3波のうちの2波で、搬送波を位相変調している。位相変調された搬送波は広帯域TWT(進行波管)により増巾され1kWの出力で送信される。

コマンド送信機本体は气象台地トラッキングセンタ内に設置されている。コマンド操作はリモートでコントロールセンタ内の操作卓で行われる。操作卓には、保安監視テレメータ装置から送られてきた加速度、スピン、コマンドアンサ等をX-Y記録およびデジタル表示させ飛翔保安の一環をになっている。

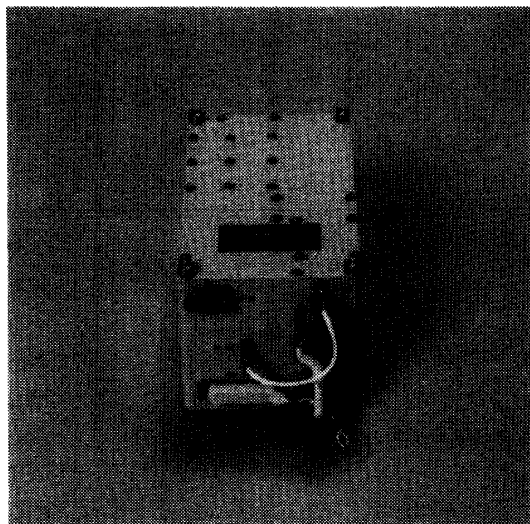


図15 450 MHz コマンド受信機

表12 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
受信動作帯域副	±40 kHz ~ ±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	18V, 140 mA 以下

図16にコマンド送信装置の系統図を、表13に送信機および空中線の主要性能を示す。

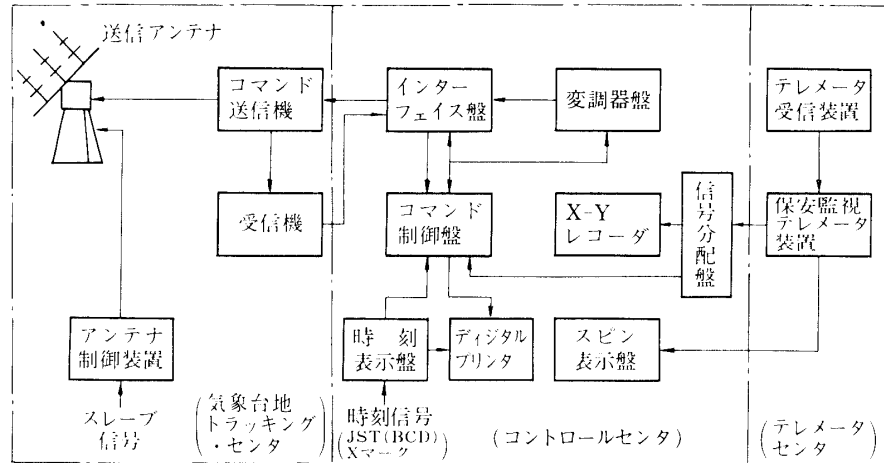


図16 450 MHz コマンド送信装置系統図

表13 450 MHz コマンド主要性能諸元

送信機の性能定格	空中線の主要性能
出力周波数：450 MHz	型式：円板型(十字型ダイポール)
出力電力：1 kW/300 W	周波数：450 MHz
変調形式：水晶制御位相変調	利得：Narrow：17.5 dB Wide：9.5 dB
入力信号周波数： F_1 , F_2 , F_3 の任意の2波	半値巾：Narrow：H面 20° , E面 20° Wide：H面 92° , E面 61°
変調入力レベル： -8 dB/Tone ± 2 dB	追尾速度：EL： 7.5° /sec, AZ： 6.5° /sec
基準変調度：7 rad/Tone	最大回転角度：AZ： $180^\circ + 210^\circ$ $- 210^\circ$
S/N：基準変調にて -40 dB以下	EL： $0 \sim 90.5^\circ$
スプリアス放射：搬送波出力に対して -40 dB以下	
周波数安定度： $\pm 5 \times 10^{-6}$ 以内	

3.4 飛翔結果

地上からのコマンドは表14に示す秒時に送信された。これらの信号は、正常にコマンド受信機により受信されたことがTM-1を通して確認された。また、受信入力レベルの結果は各号機ともほぼ同じなので代表例としてM-3S-2号機について図17に示す。これより、地上からのコマンド指令は十分な回線状態で受信された事がわかる。

表 14 飛しょう結果

機 種	送信コマンド	送信秒時 × + 秒	内 容
M-3S-1	CM-A 3	352.0	TSL-GO
	CM-A 2	462.5	瞬発
M-3S-2	CM-A 3	397.0	TSL-GO
	CM-A 2	483.0	瞬発
M-3S-3	CM-A 3	300.0	TSL-GO
	CM-A 2	450.0	瞬発
M-3S-4	CM-A 3	260.0	TSL-GO
	CM-A 2	381.0	瞬発

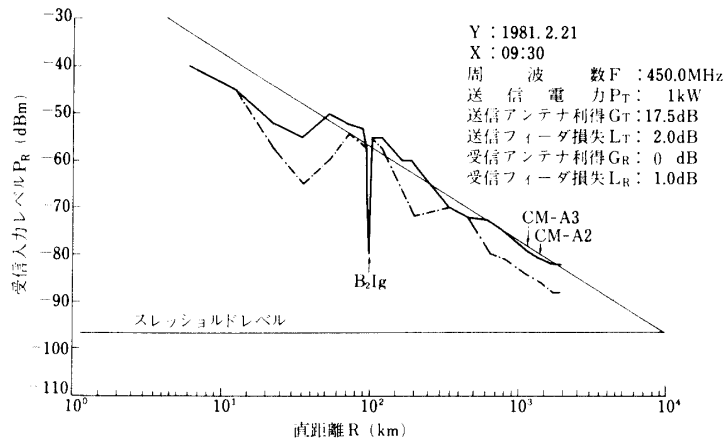


図 17 M-3S-2号機 450 MHz コマンド受信入力レベル

4. 集中電源

4.1 構成

集中電源は、化学電池として重量、容積当りの電流量が大きくかつ完全密閉型の酸化銀亜鉛蓄電池（図 18 に構造を示した）により構成されており、真空中での使用を考慮しガス吸収剤と漏液溜めを特設した気密ケースに収納されている。

搭載した集中電源各系統の公称容量を表 15 に、回路図を第 1 段目については図 19 に、第 2 段目については図 20 に示す。

ロケットへの取り付けは第 1 段目および第 2 段目集中電源とも同様に、ロケット機体に設けられたレールに挿入し固定するようになっている。集中電源ケース側面には、計装用中継コネクタや出力を外部に接続するための出力コネクタが取り付けられている。

4.2 運用

電源は電池の寿命の関係上、各 3 組製作し 1 組は飛翔前試験で使用し、他の 2 組を飛翔用電源および予備電源として使用した。

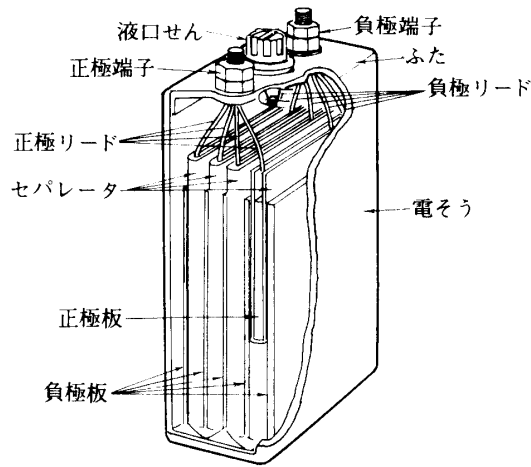


図18 酸化銀亜鉛蓄電池の構造

表15 M-3S型搭載電池容量

場所 搭載号機	B2-PL					B1-PL	
	+18V (A)	-18V	+9V	+26V	+18V (B)	+18V	-18V
M-3S-1	10 AH	3 AH	3 AH	2 AH	—	2 AH	1 AH
M-3S-2	10 AH	3 AH	3 AH	2 AH	—	2 AH	1 AH
M-3S-3	10 AH	3 AH	3 AH	2 AH	—	2 AH	1 AH
M-3S-4	10 AH	2 AH	—	1 AH	5 AH	2 AH	1 AH

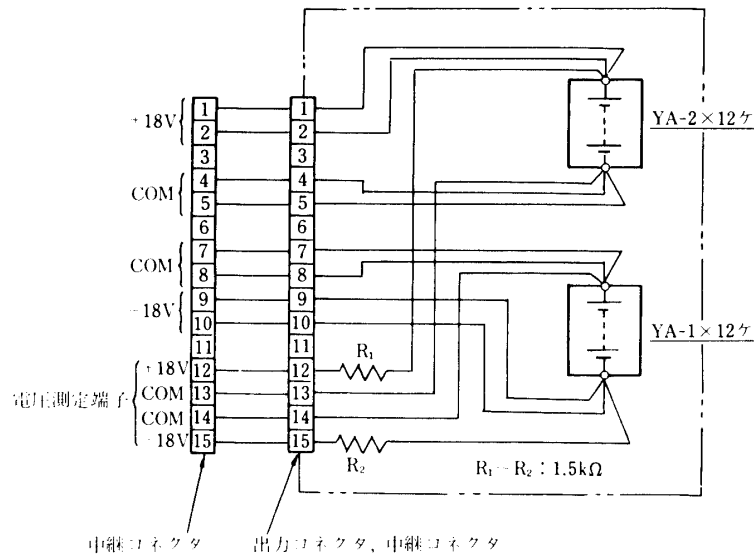


図19 第1段階集中電源回路図

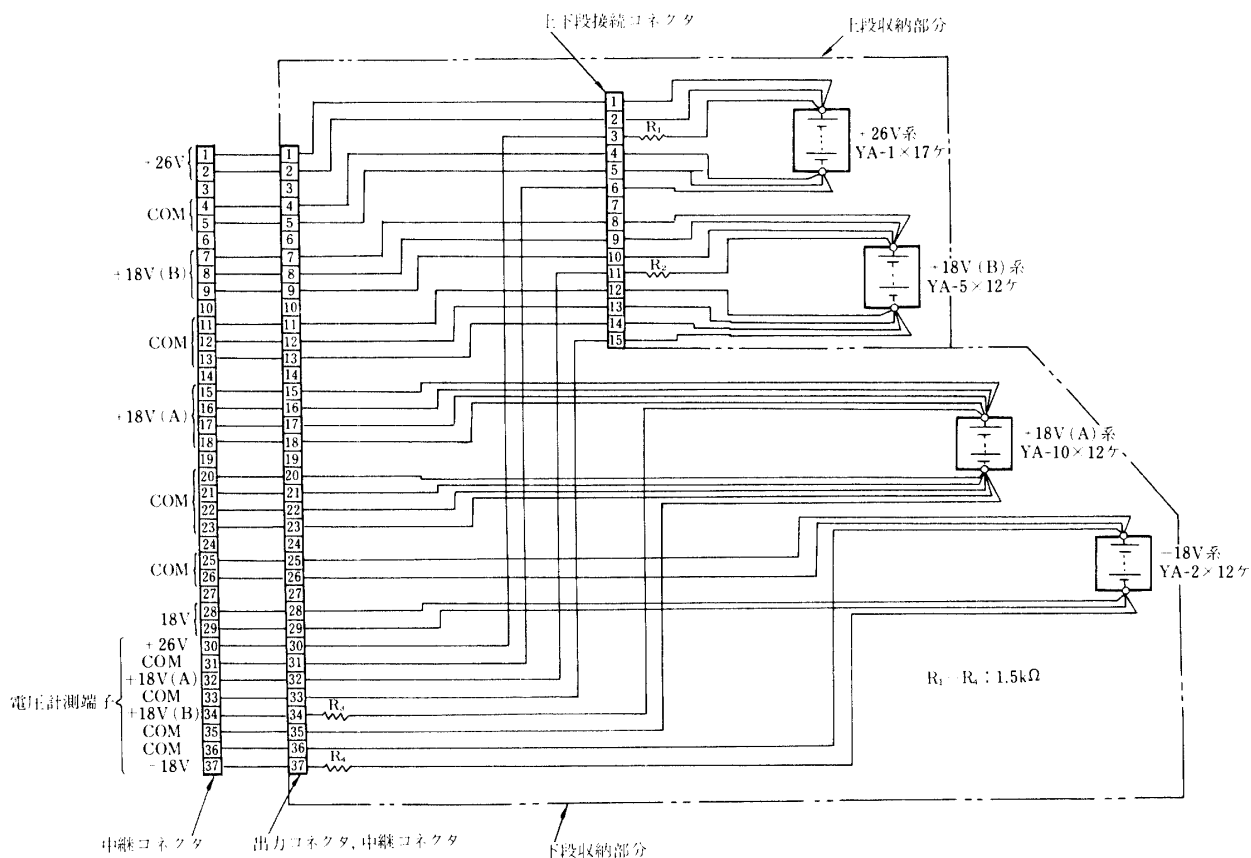


図20 第2段目集中電源回路図

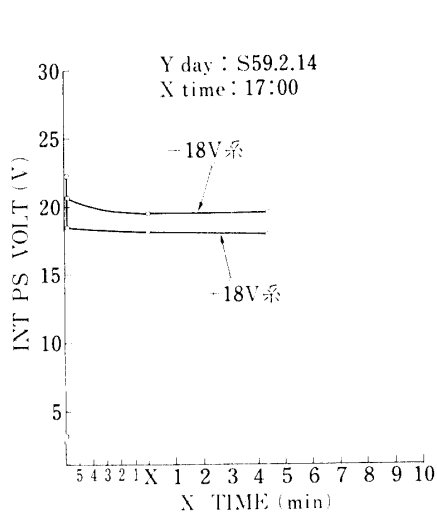


図21 M-3S-4号機第1段目集中電源飛行データ

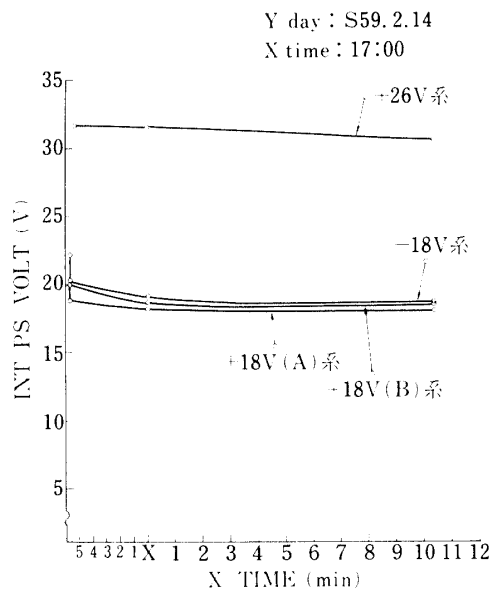


図22 M-3S-4号機第2段目集中電源飛行データ

4.3 飛翔結果

第1段および第2段搭載各機器への電力供給は、発射5分前に外部電源から内部電源である集中電源に切替えられ、集中電源の放電が開始した。電池電圧はテレメータにより監視する事が出来るようになっていた。

飛翔結果の代表例として M-3 S-4 号機について図 21, 22 に示す。各号機とも電源は正常で最後まで所定の電力を供給することができた。

5. おわりに

M-3 S 型ロケットにおいては、第2段計器部に搭載した各テレメータからの受信入力レベルは、おおむね変動の少ない安定したものとなっている。しかし、各段点火時のレベル低下と姿勢変化に伴うレベル変動等の現象は M-3 H 型と同様に見られる。

M-3 S 型から新たに第1段尾翼筒部に搭載した 300 MHz 帯テレメータについては、第1段燃焼ガスの影響がみられ受信状況は必ずしも十分とはいえない。しかし、距離が近い事もありデータ取得にはほとんど影響を及ぼしていない。ロケットの形状からの制約もあり、すぐには改善出来ないが、今後、考慮すべき問題である。

コマンド受信機については、飛翔前試験において、衛星搭載テレメータ送信機との電波干渉によりレベル抑圧等の不具合を起こしたが、回路強化等の努力を行い、飛翔中は各号機とも問題なく役割を果たす事が出来た。

また、M-3 S-2 号機からはデータ処理系に PFU-1500 計算機システムが導入され、飛翔時におけるテレメータ各情報を RS サブシステムへ送り保安システムの一環として機能を果たすと同時に、QL として姿勢制御情報、計測情報および各テレメータ AGC 情報の画面表示を行い各種判断を容易とならしめた。さらに後処理として各テレメータデータのデジタルテープ化を行い、ユーザーへの提供が可能になった。

今後も引き続き、データ処理を含め、関係各班に質の高いデータを提供出来るよう努力を重ねる所存である。

最後に、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 NEC、富士通、松下通信、湯浅電池並びにデータ処理システムを担当された FHL の関係各位に深謝いたします。