

# 航空宇宙技術研究所報告

TECHNICAL REPORT OF NATIONAL AEROSPACE LABORATORY

TR-1165

「おりづる」(DEBUT)の宇宙実験運用

熊谷隆王・中島 厚・桜井善雄

1992年6月

航空宇宙技術研究所  
NATIONAL AEROSPACE LABORATORY

# 「おりづる」(DEBUT)の宇宙実験運用\*

熊谷 隆王\*<sup>1</sup> 中島 厚\*<sup>2</sup> 桜井 善雄\*<sup>3</sup>

## In-Orbit Performance Tests and Tele-Command Systems of the Umbrella Test Satellite (DEBUT)

Takao KUMAGAI\*<sup>1</sup>, Atsushi NAKAJIMA\*<sup>2</sup>  
and Yoshio SAKURAI\*<sup>3</sup>

### ABSTRACT

In February 1990, an H-I rocket was launched which successfully put DEBUT (Deployable Boom and Umbrella Test Satellite), MOS-1b (Marine Observation Satellite) and JAS-1b (Japan Amateur Radio Satellite) into each orbits. DEBUT is the small satellite (50 kg) having deployable/retractable boom and umbrella systems which are important subsystems to be used on the Tether/Boomeran Satellite. All the mission and telemetry/command (tele-command) systems functioned well, and all the planned, in-orbit performance tests were successfully completed. These tests and DEBUT's tele-command systems are described.

**Keywords:** Satellite, Tether/boomeran, Tele-command system, In-orbit performance tests, Deployable boom, Umbrella system

### 概 要

「おりづる」(DEBUT)は、MOS-1b(海洋観測衛星1号b)の相乗りペイロードとして、JAS-1b(アマチュア無線衛星)と共に、H-Iロケットにより1990年2月7日に打ち上げられた。「おりづる」は、伸展・収縮機能を有するブームと、展開・収納機能を有する空力傘をミッションシステムとする重量約50kgの小型衛星であり、実用化に向けての機能実証実験を10日間にわたり実施した。実験はミッションシステム、およびテレメトリ/コマンド制御システム全て順調に動作し、無事終了した。本稿は、「おりづる」(DEBUT)コマンド制御系、テレメトリ解析系および宇宙実験運用について報告する。

### ま え が き

当研究所では、1984年以来 $10^{-4} \sim 10^{-7}$  G程度の微小重力環境を実現するためのシステムとして、テザー<sup>1)2)</sup>/ブーメラン衛星<sup>3)4)</sup>の研究が行われ

てきた。一方筆者らは、1986年8月に当研究所初の人工衛星(磁気軸受フライホイール衛星「じんだい」)が打ち上げられ、その際にテレメトリ解析装置/コマンド制御装置の開発、および宇宙実験運用を行なった。

\* 平成4年3月6日受付け (received at 6 March, 1992)

\*1 熱流体力学部 (Thermofluid Dynamics Division)

\*2 宇宙研究グループ (Space Technology Research Group)

\*3 飛行実験部 (Flight Research Group)

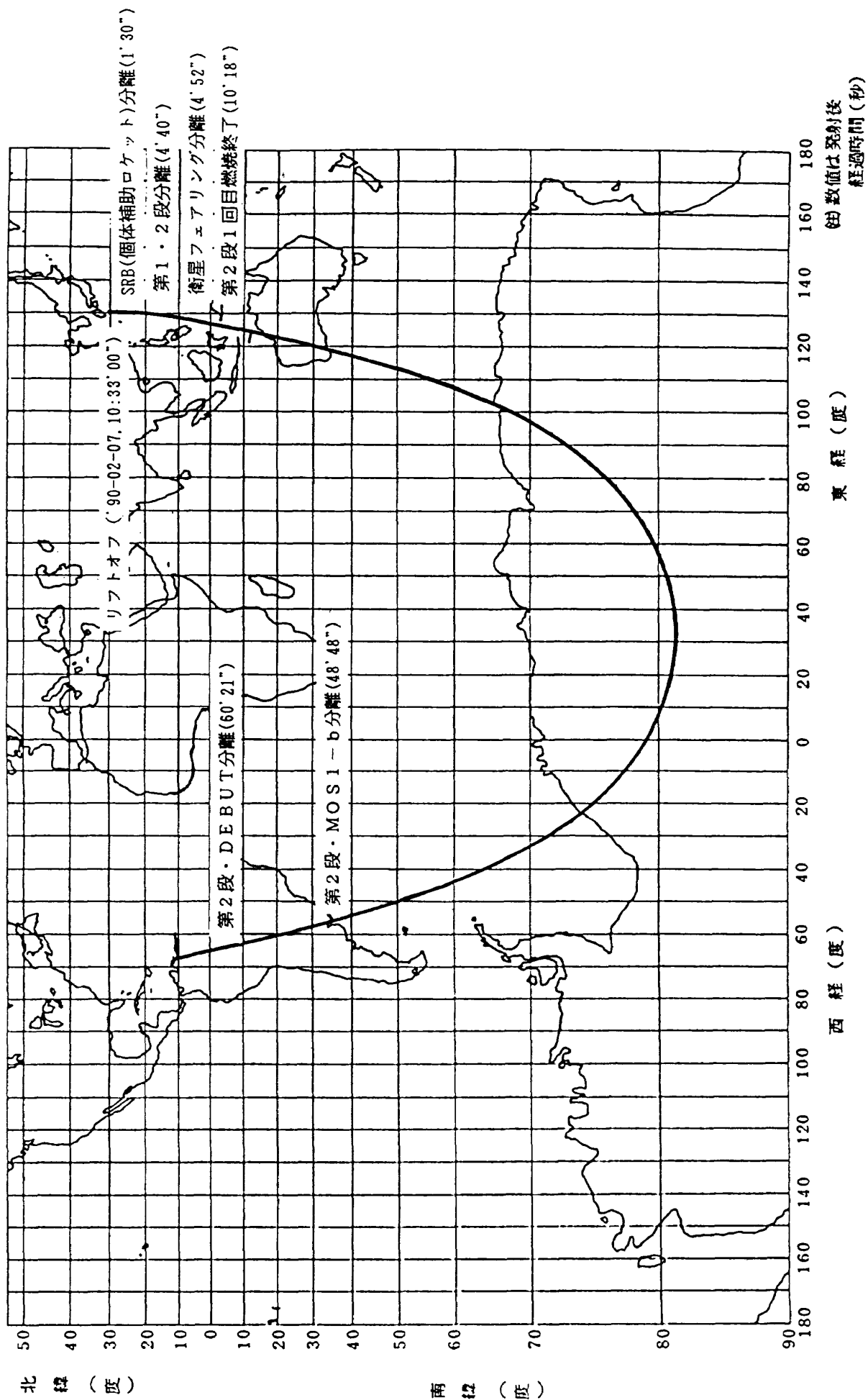


図1 打上げ経過

今回の宇宙実験では、筆者らが「おりづる」用に新たに開発したテレメトリ解析装置/コマンド制御装置および制御プログラムを用いて、テザー/ブーメラン衛星の放出機構としてのブーム、およびブーメラン衛星の軌道制御機構としての空力傘の実用化に向けての機能実証実験を、打ち上げ後10日間にわたり実施した。ここでは、この「おりづる」(DEBUT)のコマンド制御系、テレメトリ解析系および宇宙実験運用について報告する。

## 1. 「おりづる」諸元

DEBUTとはDeployable Boom and Umbrella Test Satelliteの略称で、日本名を「伸展・展開機能実験ペイロード」という。DEBUTは打上げまで正式に使用され、打上げ後にこの衛星に付けられた呼称(MOS-1bは「もも1号-b」)が「おりづる」である。なお、衛星と国際的に認定された後、付与される国際標識番号は、1990-013Bである。DEBUTの打上げの経過を図1、全景を図2、外形寸法を図3、主要諸元を表1に示す。

この衛星の開発は、航空宇宙技術研究所、日本電気(株)、日産自動車(株)、日本飛行機(株)の4

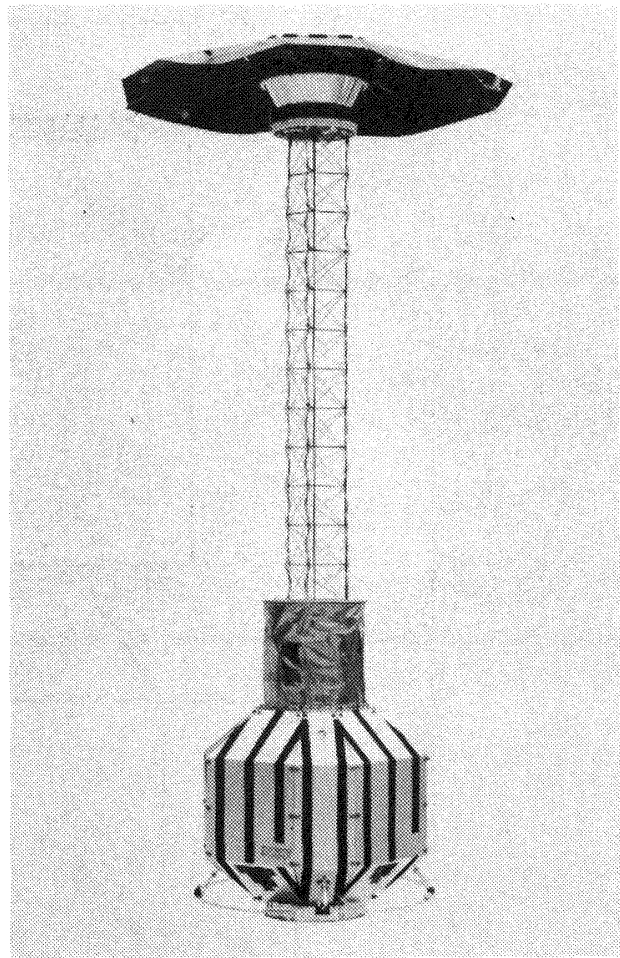


図2 「おりづる」全景

表1 「おりづる」主要諸元

項目		諸元			
名称		伸展展開機能実験ペイロード(DEBUT)(愛称:おりづる)			
打上げロケット		H-1(2段式)6号機			
軌道	遠地点高度	約1,700 Km			
	近地点高度	約900 Km			
	軌道傾斜角	約99度			
	回帰周期	約112分			
姿勢/熱制御		無制御(但し1rpm程度のスピン)			
重量		50.3 kg			
形状		対辺440mm、高さ470mmの26面体			
電源		リチウム1次電池(6シリーズ-19パラレル、定格15V-95AH)			
ブーム		寸法150mmφ×1200mm、重量5.3 kg			
空力傘		寸法898mmφ×170mm、重量4.2 kg			
テレメトリ	周波数	136.89MHz	コマンド	148.27MHz	
	出力	0.2W		4Kw	
	変調	PCM-PM		PCM-FSK-PM	
	BIT RATE	2048BPS		90BPS	
	項目数	バイレベル:8(表5参照) アナログ:12		15(表4参照)	



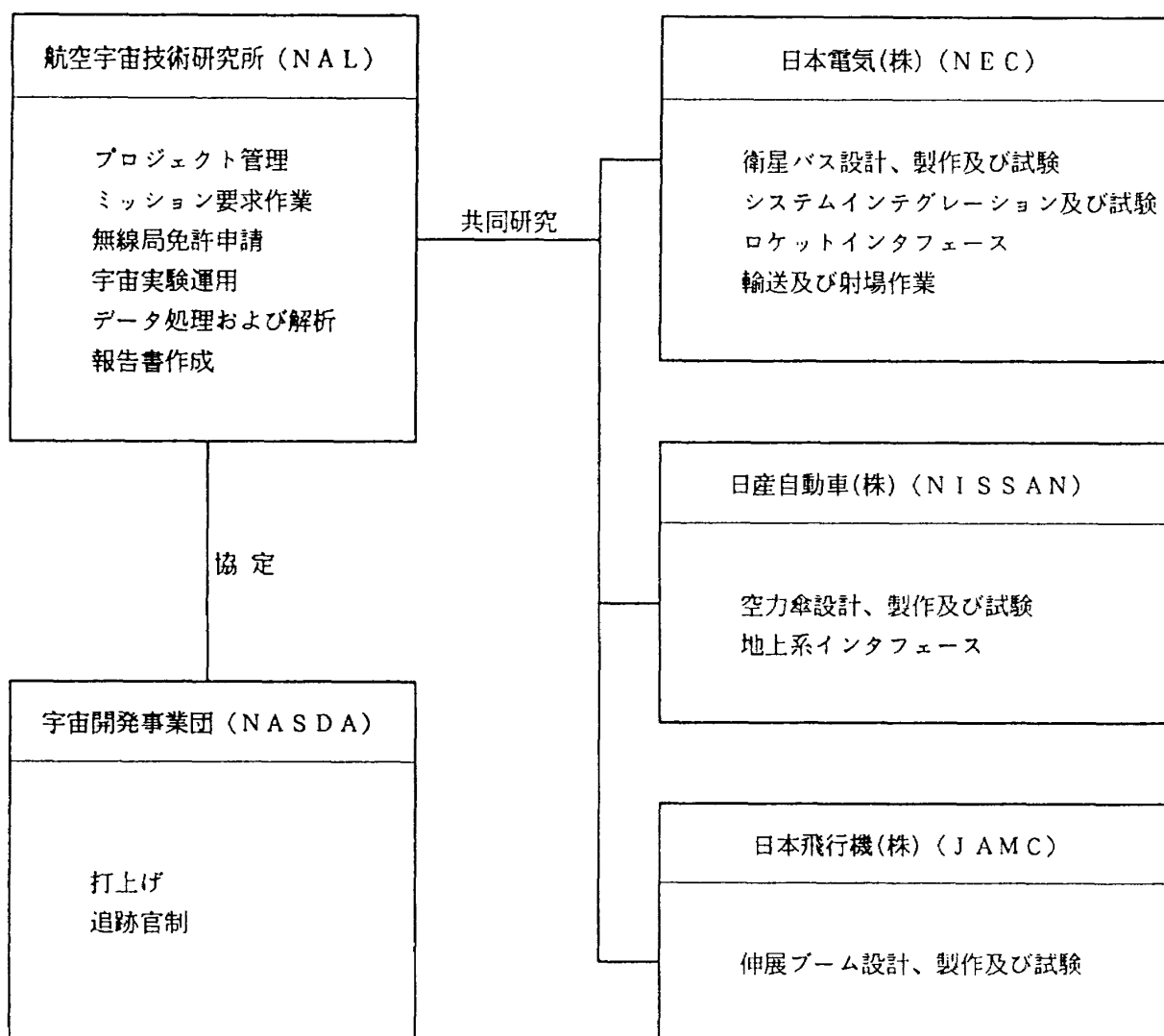


図4 開発体制

の追跡管制システムを図5に示す。

## 2.1 回線設計

宇宙局は、消費電力、熱発生を極力少なくするため、必要最小限の出力0.2Wとした。回線設計レベルダイヤグラムを図6に示す。

地上局受信機入力端での必要信号レベルは-118.0dBm、受信アンテナ利得は20.5dB、衛星からの地上局までの空間伝送損失は最大148.0dBとなる。また、衛星の送信系フィーダー損失、送受信偏波損失、アンテナ利得は、それぞれ-3.0、-0.5、-10.0dBである(0dBm=1mW)。

これより、必要な衛星出力電力は  
 $-118.0 - 20.5 + 148.0 + 10.0 + 0.5 + 3.0 = 23.0\text{dBm}$   
 0.2Wとなる。

## 2.2 MOS-1b との干渉対策

「おりづる」とMOS-1bのアップリンク周波数は、共に148.27MHzで同じである。両衛星が同時に地上局アンテナの指向性面内に存在した場合、一方に対して送信したコマンドが、他方の衛星のコマンド受信設備に各種の干渉(コマンドの誤動作、コマンド受信機への障害)を与えることが予想されたため、以下の干渉対策を講じた。

- ① MOS-1bのVHF帯運用は、衛星の姿勢制御が不安定な打上げ後数日間に限られており、その間は「おりづる」の実験運用は行わない。
- ② コマンドの変調方式を、MOS-1bと異なるトーンバースト方式とし、更にそれぞれのベースバンド周波数をMOS-1bの高調波関係に無いように選択することにより、MOS-1b

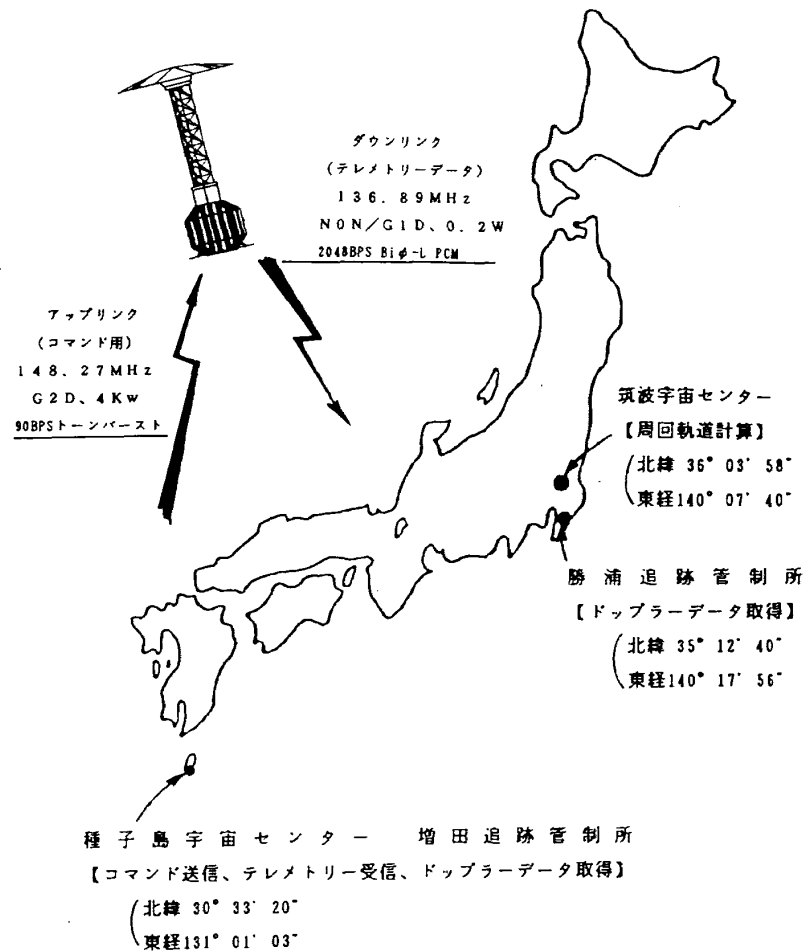


図 5 DEBUT 追跡管制システム

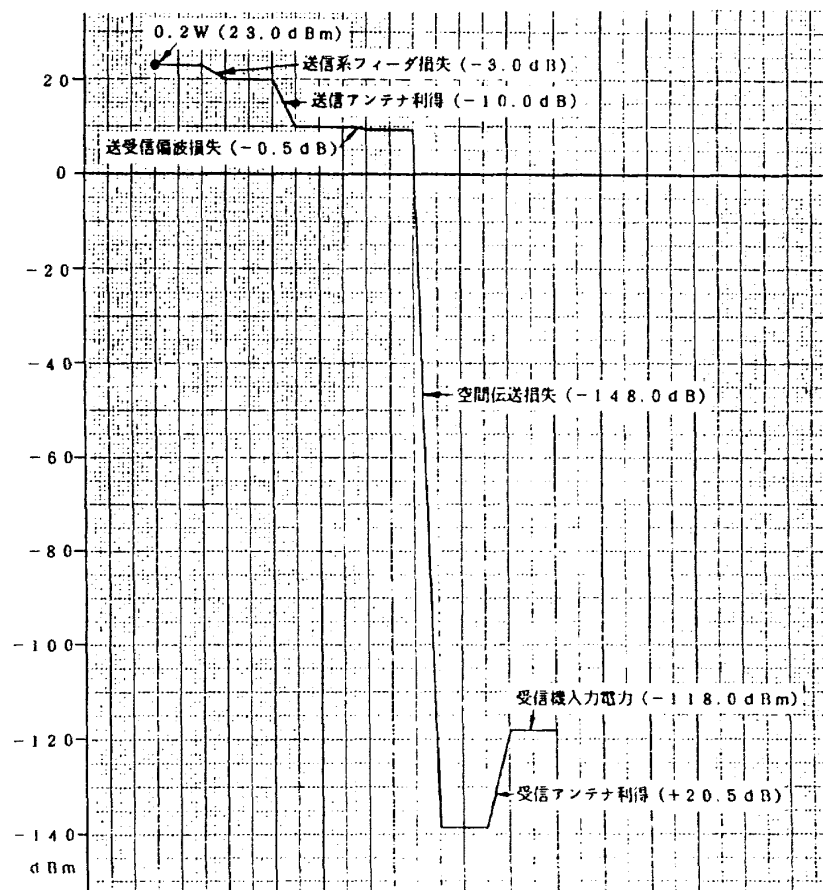


図 6 回線設計レベルダイヤグラム

表2 免許申請書類一覧

増田DEBUT実験局用	伸展機能実験ペイロード(DEBUT)
無線局免許申請書	無線局免許申請書
無線局免許状	無線局免許状
無線局事項書(船舶地球局及び地球局用)	無線局事項書(宇宙局用)
添付図面(1) 宇宙通信系概念図	添付図面(1) 業務区域を示す図
添付図面(2) 通信路構成図	添付図面(2) 宇宙通信系概念図
添付図面(3) 周波数配列図	添付図面(3) 通信路構成図
	添付図面(4) 周波数配列図
工事設計書(船舶地球局及び地球局用)	工事設計書(宇宙局用)
添付図面(1) 敷地平面図	添付図面(1) 機器配置図
添付図面(2) 地表線仰角図	添付図面(2) 送受信機系統図
添付図面(3) 機器配置図	添付図面(3) 送受信端局装置系統図
添付図面(4) 送受信機系統図	添付図面(5) 空中線構成図
添付図面(8) 空中線構成図	添付図面(6) 空中線系図
添付図面(9) 空中線系図	添付図面(7) 空中線指向図
添付図面(10) 空中線指向図	添付図面(8) 電源系統図
添付図面(11) 電源系統図	添付図面(9) システムレベル線図
添付図面(12) 無給電空中線装置	添付図面(10) スペクトラム図

表3 免許申請手続き

- ① 88年12月、宇宙局は関東電気通信監理局、地上局は九州電気通信監理局の陸上部公共課へ免許申請。
- ② 89年7月、地上局の変更申請(設備変更)
- ③ 89年10月、落成届け、試験電波発射願い、無線局受験申込書を提出
- ④ 89年11月17日、宇宙局および地上局の落成検査を行い合格。図7に伸展機能実験ペイロード(DEBUT)の無線局免許状を示す。
- ⑤ 89年12月、無線従事者専任届けを提出
- ⑥ 90年2月、実験終了にともない無線局廃止届け、無線従事者解任届けを提出



のコマンド制御回路が「おりづる」用のコマンド信号により干渉を受けないようにした。この関係を図 7 に示す。

- ③ 以上の対策を施した上で、MOS-1b に対して「おりづる」用のコマンド信号との干渉試験を行い、誤動作しないことを確認した。

### 2.3 免許申請

「おりづる」に関する無線局は、宇宙開発事業団増田追跡管制所を地上局とする『増田 DEBUT 実験局』と、衛星に搭載された宇宙局『伸展機能実験ペイロード (DEBUT)』の 2 局である。

国立機関の無線局は、その管轄する省庁が免許人となり、申請については通達により各機関に委任されている。そのため、上記 2 局の免許人は、科学技術庁であり、申請は航空宇宙技術研究所が行なった。

表 2 に免許申請提出書類(正本 1 部、写し 3 部)の一覧を、免許申請に係わる手続きを表 3 に示す。

## 3. 実験運用設備

実験設備は、「おりづる」のミッション系を操作するためのコマンド制御装置と、衛星のバス状

態、ミッション系の状態などのデータを解析するためのテレメトリ解析装置の 2 つに大別できる。これら設備の概要を図 8、9 に示す。

コマンド制御装置は、図 10 に示すように制御用コンピュータとコマンドジェネレータより構成されている。

### 3.1 コマンド制御用コンピュータ

制御用コンピュータのハードウェアは、コンピュータ本体に 2MB の SRAM ボード、および TTL レベル 16 ビットパラレル入出力ボード (I/O ボード) により構成されている。表 4 に機器構成一覧表を示す。

実験運用中のデータの読み込み / 書き込みを、フロッピーディスクに行なっていたのでは時間がかかるため、事前に SRAM に必要なデータを転送しておき、そこでプログラムを実行した。

I/O ボードでは、コマンドジェネレータに対するコマンドデータと制御信号出力、それに対するコマンドジェネレータからの応答 (ACK) 信号の読み込み、およびテレメトリ解析装置からのコマンドアンサーバック (CAB) 信号の読み込みを行なった。I/O ボードのピン割当てを、表 5 に示す。

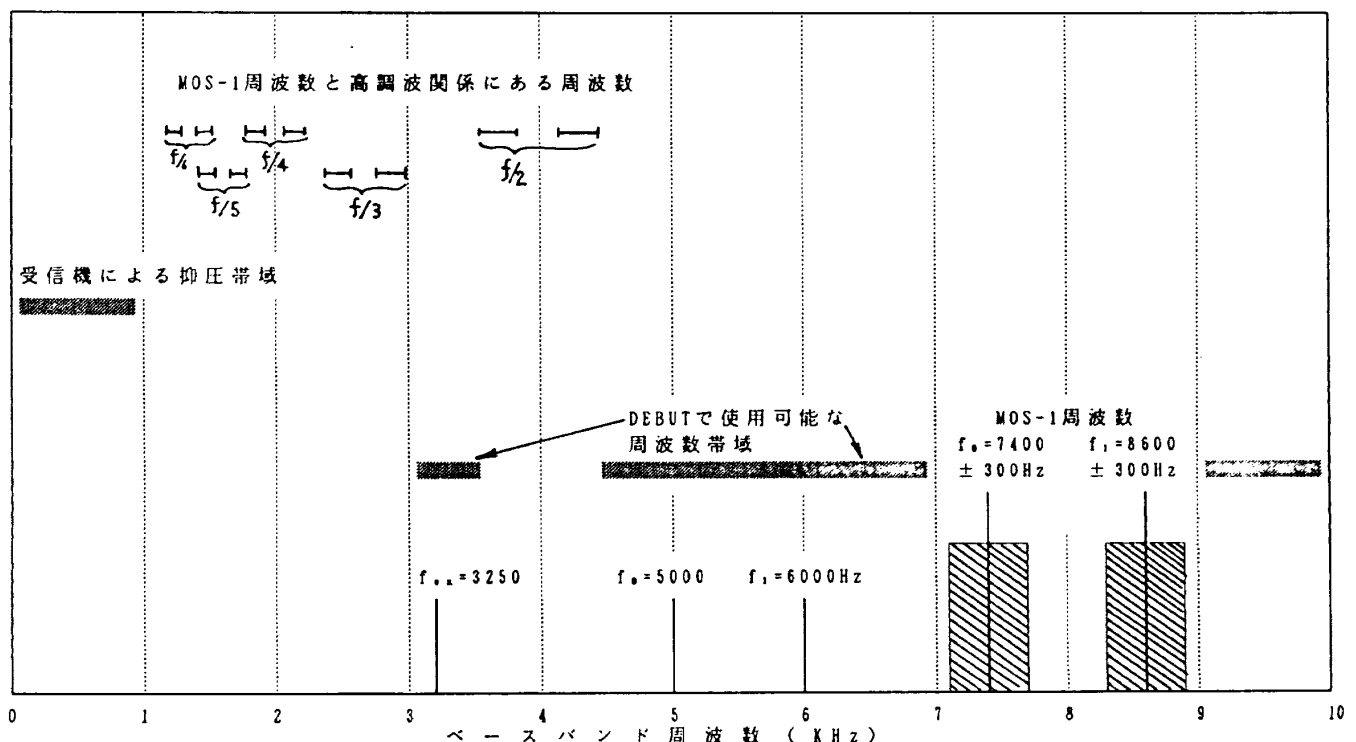
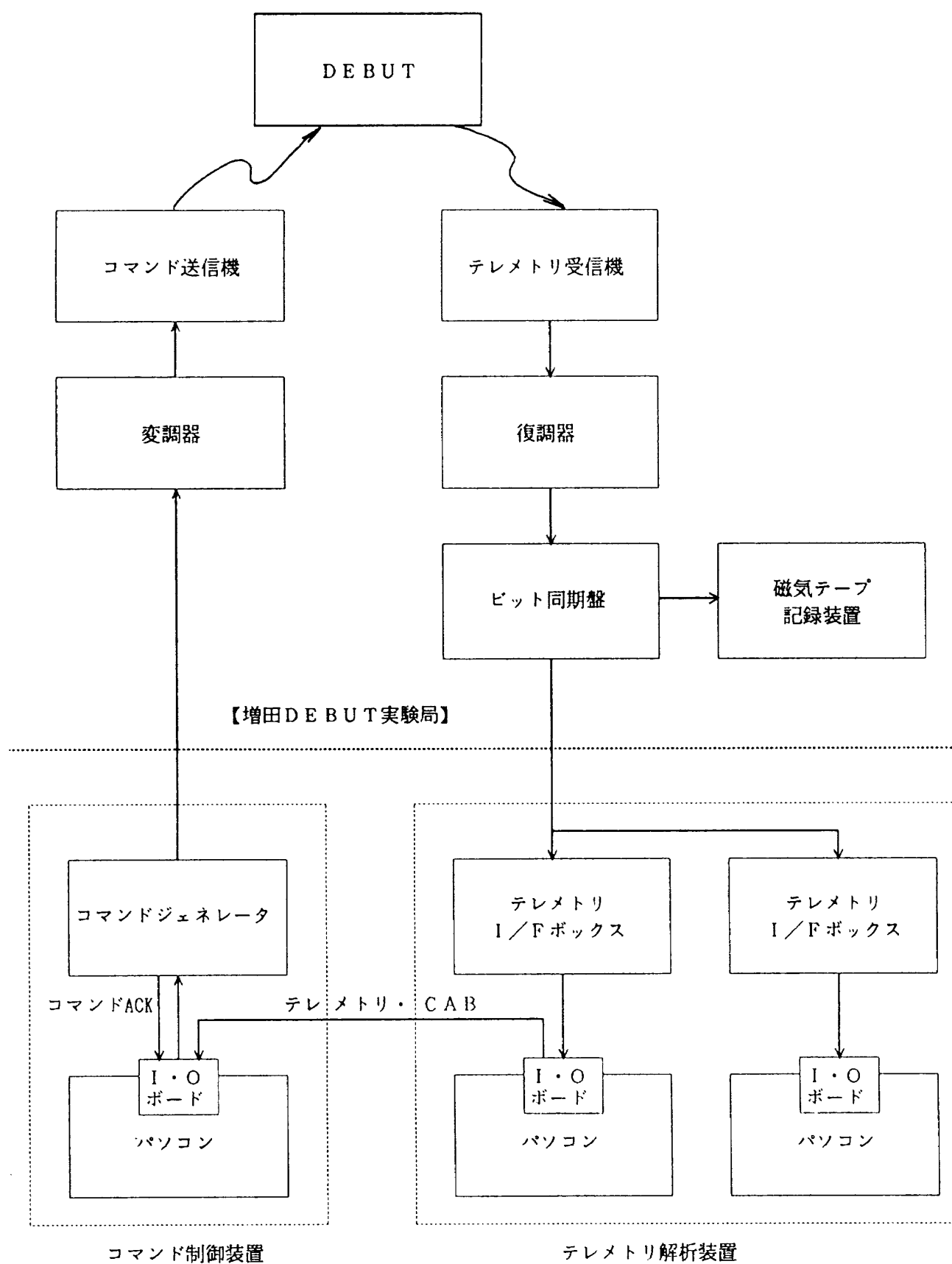


図 7 「おりづる」/MOS-1b コマンドベースバンド帯域の関係



【NAL 実験設備】

図 8 実験運用設備の概要

表 4 機器構成一覧表

機器型名	メーカー	摘要	仕様
PC9801RX2	NEC	コマンド制御	CPU80286/12MHz
P10-9834G-2MF-2	I・Oデータ機器	コマンド制御	2MB SRAM 不揮発性メモリーボード
P10-16/16T	コンテック	コマンド制御	TTL 16chデジタル入出力ボード
PC9801RX4	NEC	テレメトリ解析	CPU80286/12MHz
P10-9834G-2MF-2	I・Oデータ機器	テレメトリ解析	2MB SRAM 不揮発性メモリーボード
P10-16/16T	コンテック	テレメトリ解析	TTL 16chデジタル入出力ボード

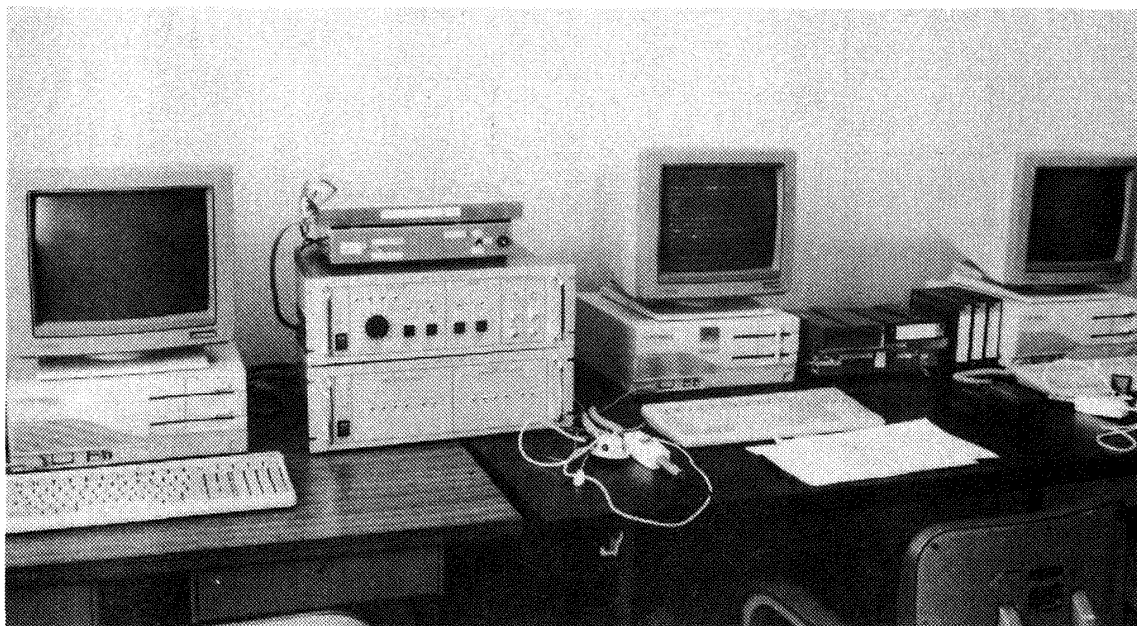


図 9 宇宙実験運用設備

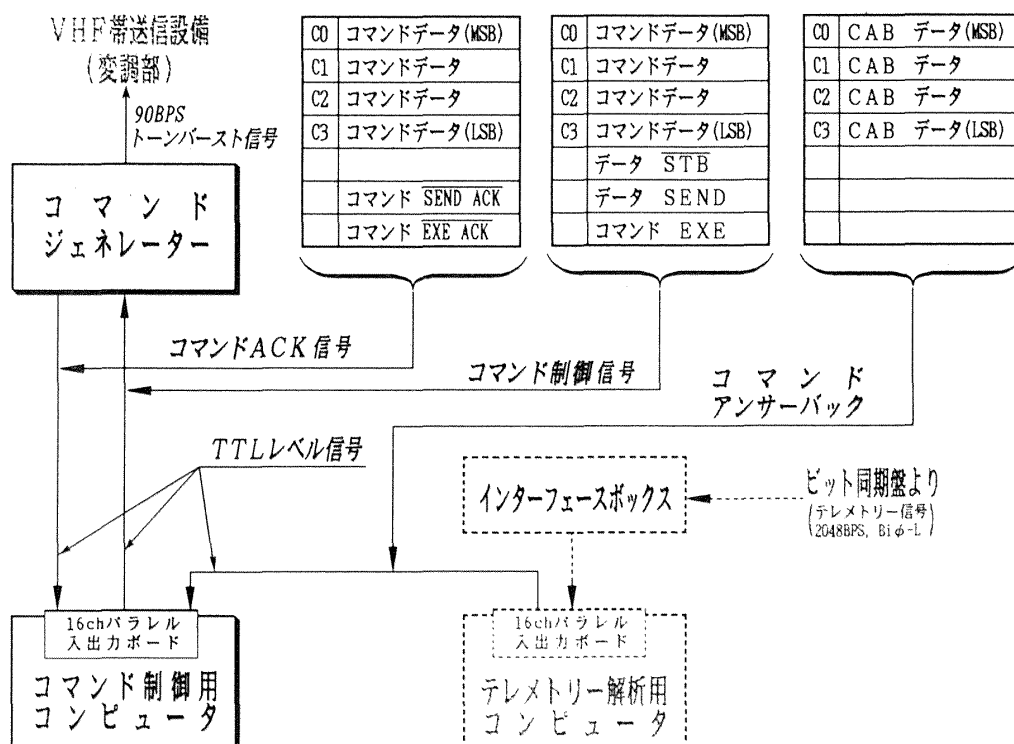


図10 コマンド制御系システム

表5 16chI/O ボード入出力割当て

端子番号	信号名	説 明	端子番号	信号名	説 明
A01	N.C.	未接続	B01	N.C.	未接続
A02	N.C.	"	B02	N.C.	"
A03	I17		B03	I07	
A04	I16	EXEC ACK	B04	I06	
A05	I15	SEND ACK	B05	I05	
A06	I14		B06	I04	
A07	I13	C0(MSB)	B07	I03	C0
A08	I12	C1	B08	I02	C1
A09	I11	C2	B09	I01	C2
A10	I10	C3(LSB)	B10	I00	C3
A11	GND	信号コモン	B11	GND	信号コモン
A12	GND	"	B12	GND	"
A13	N.C.	未接続	B13	N.C.	未接続
A14	N.C.	"	B14	N.C.	"
A15	N.C.	"	B15	N.C.	"
A16	O17		B16	O07	
A17	O16	EXEC	B17	O06	
A18	O15	SEND	B18	O05	
A19	O14	STB	B19	O04	
A20	O13	C0	B20	O03	
A21	O12	C1	B21	O02	
A22	O11	C2	B22	O01	
A23	O10	C3	B23	O00	
A24	GND	信号コモン	B24	GND	信号コモン
A25	GND	"	B25	GND	"

コマンド  
ジェネレータ  
よりの入力

PC98  
からの出力

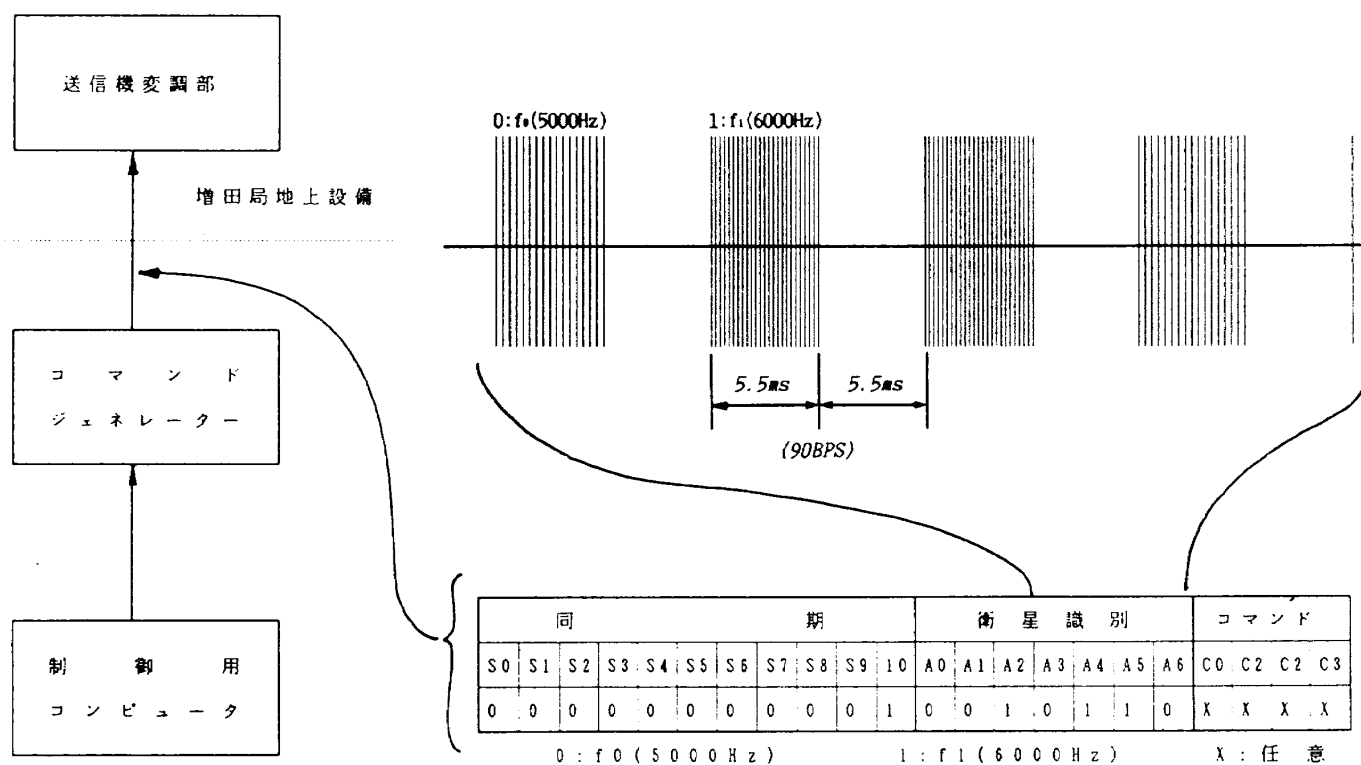


図11 コマンド信号の構成

### 3.2 コマンド信号の構成

地上局より、衛星に対して送信されるコマンドは、図11に示すフォーマットで構成されている。

「おりづる」側で同期をとるための同期信号（11ビット）, 「おりづる」固有の衛星識別信号（7ビット）, およびコマンド信号（4ビット）であり、コマンド信号以外は常に一定である。

4ビットのコマンド信号で制御できるコマンド

は、表 6 に示すように15種類（2種類は予備）である。

コマンド信号は2ビットの時系列データであり, “0” “1” に対応した5KHz, 6KHz 信号が, 90 BPSの周期で断続されている。これをトーンバースト信号という。ただし、コマンドを実行させるために送出する実行信号に限っては、3250Hzの連続信号を使用している。

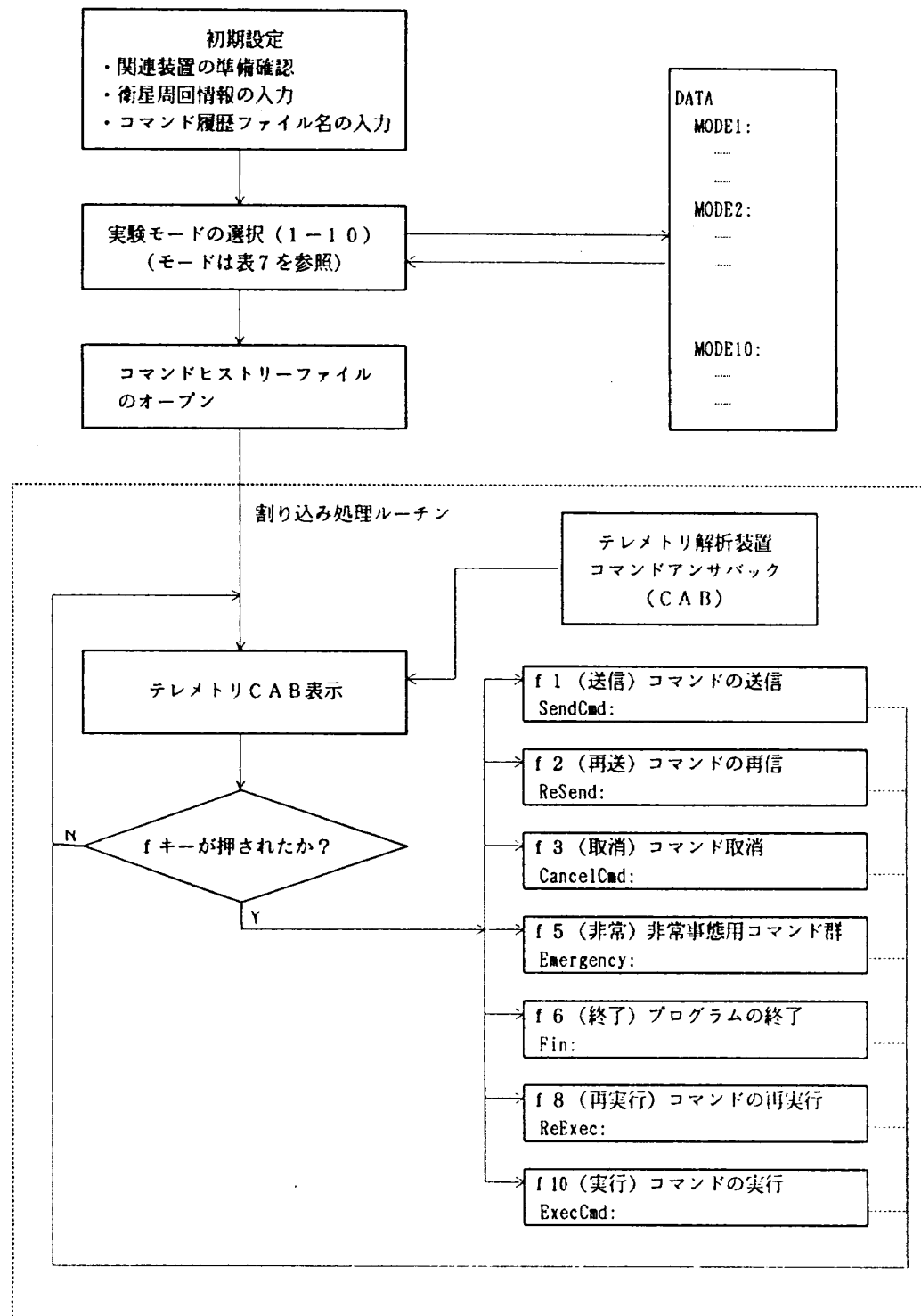


図12 コマンド制御プログラムの構成

### 3.3 コマンド制御プログラム

プログラムは、Quick BASIC (V4.5)により作製した。図12にプログラムの構成を示す。

コマンドジェネレータとコンピュータとの制御信号のやりとりは、msec. オーダーのタイミングが必要なため、プログラム内にタイミングループを挿入し1msec. 単位でタイミングの調整を行った。

コマンド制御（送信、実行のコマンド種類とその時間）の履歴は、各コマンドの送信/実行と同時にSRAM上のコマンドヒストリーファイルに書込んでいる。

画面には、実行したコマンドとその時間、これから実行するコマンド、衛星からのコマンドアンサバック、実験残り時間を表示している。これを図13に示す。

表6 コマンドリスト

番号	コマンド名	オペレーション内容
1	VTX ON	ビーコン電波 オン
2	ENCO ON	エンコーダ オン
3	ENCO OFF	エンコーダ オフ
4	MST EXT	ブーム伸展モータ オン
5	MST RET	ブーム収縮モータ オン
6	MST STP	ブーム伸縮モータ オフ
7	ADB OPEN	空力傘展開
8	ADB CLOSE	空力傘収納
9	ADB STP	空力傘用モータ途中停止*1
10	HEAT ON	空力傘用モータ・ヒータ オン
11	HEAT OFF	空力傘用モータ・ヒータ オフ
12	ADB LSW	空力傘 リミットSWバイパス*1
13		予備
14		予備
15	VTX OFF	ビーコン電波 オフ*1

\*1：非常事態の場合のみ使用

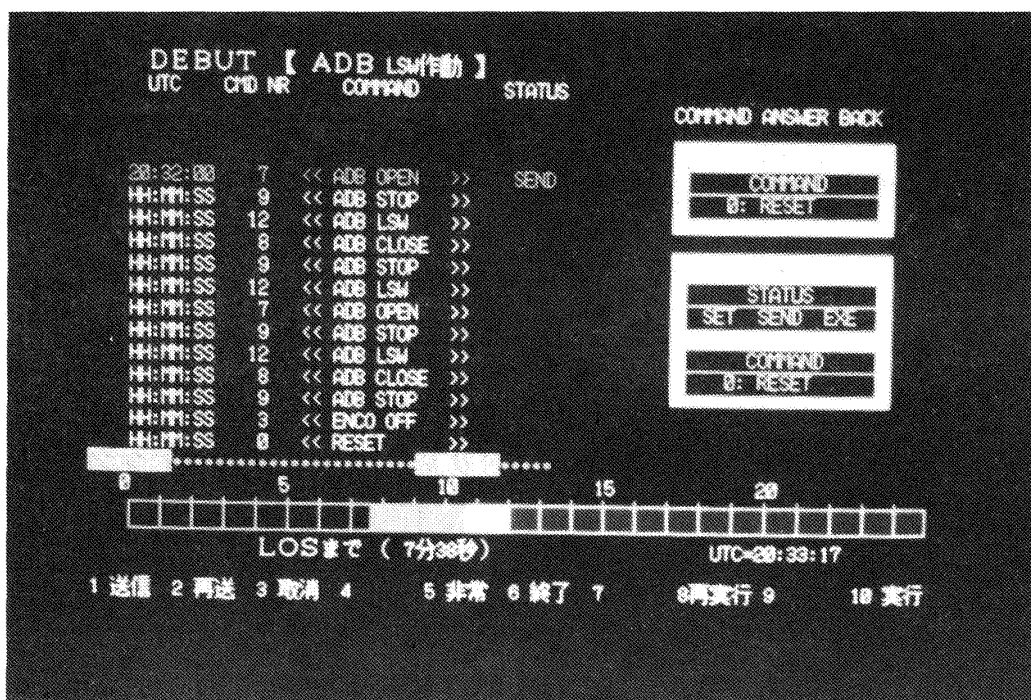


図13 コマンド制御用コンピュータ実行画面

### 3.4 コマンドジェネレータ

コマンドジェネレータにて、コマンド信号が生成され、衛星で実行されるまでを、図14に示すタイミングチャートにより説明する。

制御コンピュータとコマンドジェネレータとのインタフェースは、全て16ビットパラレルI/Oボードを介して行なわれる。

① I/O ボードのO13~O10に、表 6 に基づくコマンドデータ (C0<sub>上位</sub>~C3<sub>下位</sub>) がセットされる。

② I/O ボードのO14 “STB” (ストロブ信号 負論理) は、常時Hレベルであり、ここをLレベルにすることにより、コマンドジェネレータでは、その立下がりに同期してC0~C3のデータを取込み内部にセットする。取込んだデータは、対応するコマンド番号としてコマンドジェネレータパネル面に表示される。それと同時に、I/O ボードのI13~I10に “CMD DATA ACK” としてフィードバックされる。

③ コンピュータよりコマンド送出信号 “SEND” (負論理) が送られ、この立上がりに同期して、コマンド信号 (トーンバースト) がジェネレータより送信機に送られる。同時に、コマンド送信確認信号 “SEND ACK” (負論理) がジェネレータ

よりコンピュータに対して送られる。

④ 地上局より送信されたコマンド信号は、衛星で受信され、エンコーダにより解読されて、コマンドレジスタに保存される。

この際に、宇宙ノイズ、コマンド信号レベルの変動、歪、位相ずれなどによりコマンドが誤って解読される場合もある。送出したコマンドが、衛星側で間違い無く解読されたかどうかを確認してからでないと、誤ったコマンドを実行する恐れがある。そのため、解読されたコマンドを “CAB” 信号にセットし、テレメトリとして送出している。

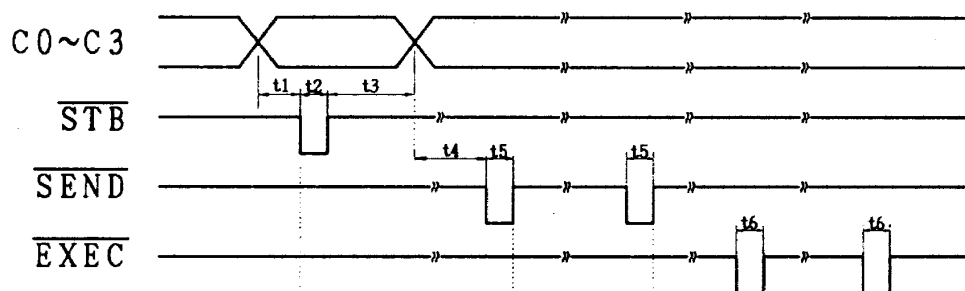
⑤ 地上側では、ビット同期盤、テレメトリ解析装置のインタフェースボックスを介して、この “CAB” 信号をコマンド制御系のパラレルI/Oボード (I03~I00) にフィードバックしている。

⑥ “CAB” データと、コマンド送信データを比較し、異なっていた場合は警告を表示し、再度コマンドを送信するルーチンへ分岐する。

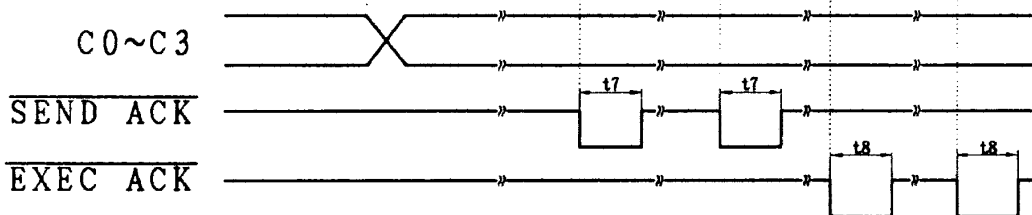
“CAB” 信号と、コマンド送信データとが一致していた場合に限り、コマンド実行ルーチンへの移行を可能にする。

⑦ コマンド実行信号 (EXEC) がコンピュータからコマンドジェネレータに送られると、コマン

#### 【制御コンピュータ】



#### 【コマンドジェネレータ】



t1: Min 1 μsec.	t5: 2.2 msec. (Min 10msec.)
t2: 2.2 msec. (Min 10msec.)	t6: 2.2 msec. (Min 10msec.)
t3: Min 1 μsec.	t7: 6.00 msec. (Min 500msec.)
t4: Min 0 μsec.	t8: 6.00 msec. (Min 500msec.)

図14 コマンドジェネレータインタフェースタイミング

ドジェネレータからは実行用信号(3250Hzの連続信号)が送信機に対して送られ、同時に実行確認信号“EXEC ACK”がコンピュータに送られる。

⑧ コマンド実行信号が衛星側で受信されると、コマンドレジスタに保存されていたコマンドが実行される。コマンドレジスタの内容は、次のコマンドがセットされるか、またはエンコーダがオフされるまで保持される。

### 3.5 テレメトリ信号の構成

振動、温度等のアナログデータは、A/D変換され1ワード/8ビットのデータ(アクティブ・アナログ)となる。また同期コード、ADBの開閉等のステータスは、ビット毎のデータに割当てられる。これら16種類のデータで1フレームのデータが構成され、1秒間に16フレームのデータが送出される。これを表7に示す。

### 3.6 テレメトリ解析用コンピュータ

図15にテレメトリ解析装置の構成、表4に機器構成一覧表を示す。テレメトリ受信機で受信された信号は、復調器を通りビット同期盤に入力される。ビット同期盤では、2048BPSのPCMデータおよびクロックが生成され、テレメトリ・インタフェース・ボックス(I/Fボックス)に入力される。

I/Fボックスに送られたPCMデータは、24ビットのシフトレジスタに入力され、その出力はフレーム同期信号検出回路に入力される。ここではシフトレジスタの内容が、同時コードの信号(FAh, F3h, 20h)と同じになった場合にフレーム同期信号を発生する。

ワード同期信号発生回路において、フレーム同期信号発生後、8クロック毎にワード同期信号が生成され、バッファとI/Oボードに送られる。但

表7 テレメトリ・リスト

チャンネル	データ内容	信号種類
0	同期コード(FA)h	8bitバイレベル
1	同期コード(F3)h	8bitバイレベル
2	同期コード(20)h	8bitバイレベル
3	ADB振動	アクティブ・アナログ
4	コマンド・アンサー・バック(CAB)	4bitバイレベル
5-0	ブーム伸(リミットSW)	1ワード(8bit)の各ビット毎のステータスに割当て
5-1	ブーム縮(リミットSW)	
5-2	ADB開(リミットSW)	
5-3	ADB閉(リミットSW)	
5-4	ADB開(フォトダイオード)	
5-5	ADB閉(フォトダイオード)	
5-6	太陽センサ出力(X-Y平面上)	
5-7	予備	
6	太陽センサ出力(X-Z平面上)	アクティブ・アナログ
7	ADB振動	アクティブ・アナログ
8	バッテリー温度	アクティブ・アナログ
9	ADBモータ温度	アクティブ・アナログ
10	ブームモータ温度	アクティブ・アナログ
11	ADB振動	アクティブ・アナログ
12	バッテリー電圧	アクティブ・アナログ
13	バッテリー電流	アクティブ・アナログ
14	受信機AGCレベル	アクティブ・アナログ
15	ADB振動	アクティブ・アナログ

PCMデータ型式: 8ビット/ワード

16ワード/フレーム

16フレーム/秒(フレームレート)

符号形式: バイフェーズレベル(Biφ-L)



し、この2つのワード同期信号の位相は異なる。

シフトレジスタの下位8ビットのデータは、常にバッファに転送されており、ワード同期信号が入力されると、その時の8ビットのデータをI/Oボードに出力する。これにより2048BPSのシリアルデータは、ワード同期信号に同期してワード単位(8ビットパラレル)のデータに変換される。

I/Oボードでは、ワード同期信号をトリガーと

して、ワード単位でPCMデータを取込み、コンピュータにてデータ処理を行なう。処理されたデータは、CRTディスプレイにリアルタイムで表示されると同時に、パソコン内のSRAMボードに記録される。なお、SRAMには、およそ68分間分のテレメトリデータを連続して記録できる容量があり、1回の実験には十分な容量である。実験終了後SRAM上のデータは、全て内蔵のハー

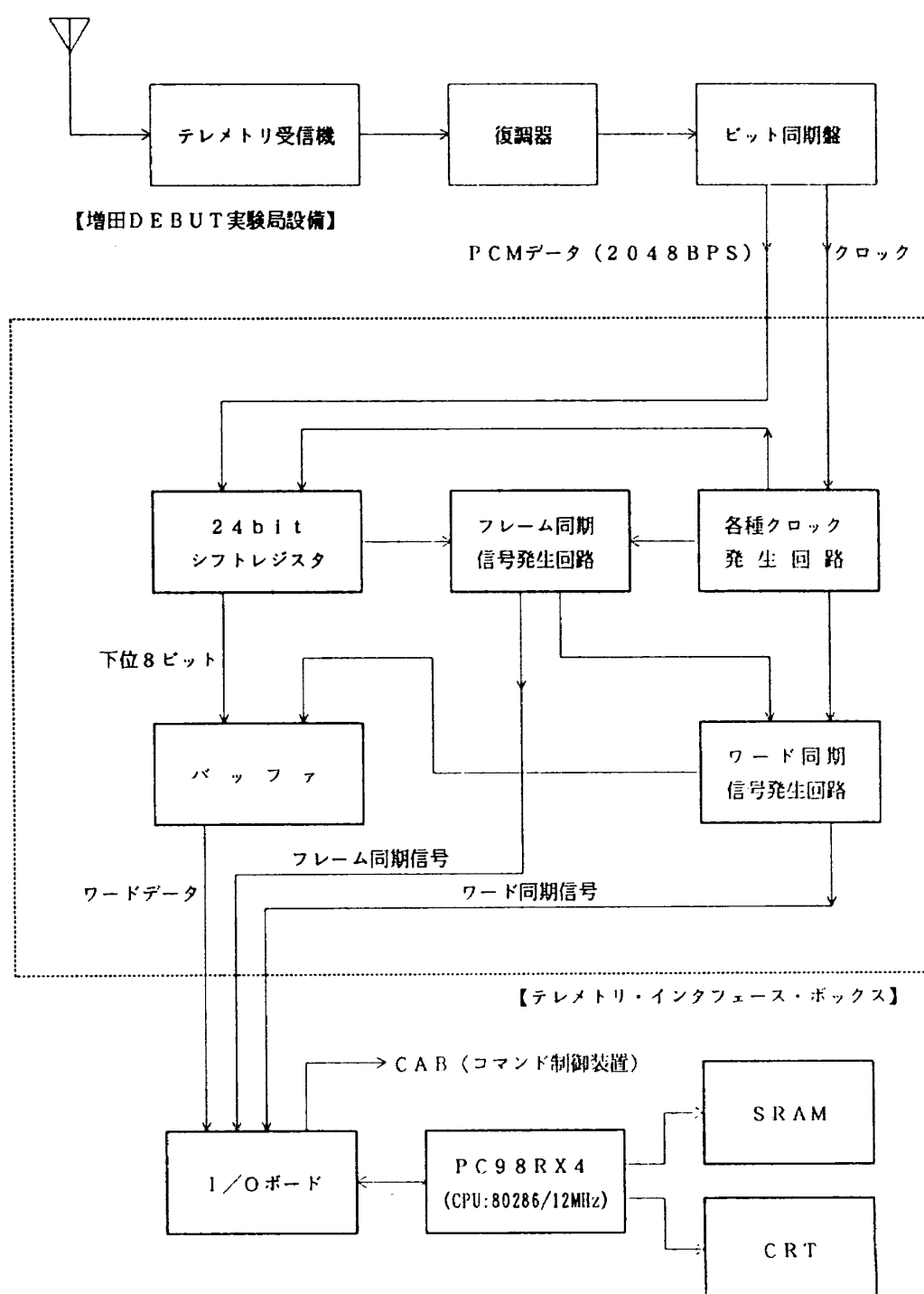


図15 テレメトリ解析装置の概要

ドディスクに転送され保存される。

一方、PCM データに含まれている CAB データは、パソコンにより識別され、I/O ボードを通してコマンド制御用パソコンにフィードバックされる。

### 3.7 テレメトリデータ解析用プログラム

テレメトリデータは2048BPS の速度で、実験開始から終了まで連続して送られてくる。実験は、このテレメトリデータを確認しながら実施されるため、これらのデータはリアルタイムで処理 / 表示されなければならない。

I/F ボックスからのワード単位の伝送間隔は、約3.9msec.であり、これをリアルタイム処理するためには、データの取込 / 処理 / 表示を含めて3.9msec.以下でなくてはならない。実際にワード毎のデータ取込は1 $\mu$ sec.以下であり、プログラム処理および表示時間は1.5msec.で、余裕をもって処理可能であった。

ここで使用したプログラム言語は、N88BASIC (86) V5.0と、処理速度を要求されるデータ取込、表示部分はマクロアセンブラで記述した。

## 4. 宇宙実験運用

「おりづる」の実験運用は、全て増田 DEBUT 実験局（宇宙開発事業団増田追跡管制所）より行った。実験運用オペレータは、コマンド制御系に1名、テレメトリ解析系（空力傘、ブームミッションに各1名）に2名、計3名が担当した。また、実験の初期にはそれぞれに補助要員がつき、素早く適格な対応ができるようにした。各オペレータ、および増田 DEBUT 実験局設備の操作要員との連絡は、局内連絡装置により常時同時通話可能とした。

あらかじめ各実験モード毎に実験手順、各コマンド毎の所用時間等を記載したSOP（運用指示書）を作製し、それに従って実験を行った。表8にSOP の一例を示す。

「おりづる」に搭載したミッションシステムは、伸展・収縮機能を有するブームと、展開・収納機能を有する空力傘から構成されている。実験運用

は、地上からコマンドを送信し、これらのブームおよび空力傘の機能を宇宙環境において確認する事である。

### 4.1 コマンド制御系の運用

衛星の周回軌道により実験運用可能時間が異なるため、各ミッションの機能を組合せて実験時間の異なる実験モード1～5を構成した。実験モード一覧を表9に示す。コマンド制御プログラムには、これらの実験モード毎のコマンド送出手順が登録しており、その時の実験可能時間に応じたモードを選択することにより、実験が順次遂行可能である。コマンド担当者は、ミッション担当者の要請に従い、コマンドを送信 / 実行する。

### 4.2 テレメトリ解析系の運用

2台のCRTには、全く同じデータ（バッテリーの電源電圧・電流・温度、ブーム・空力傘の状態、太陽センサー出力、振動レベル、受信機 AGC レベル等）が表示される。2名の各ミッション担当者は、これらの表示より衛星の状態および担当するミッション機器の状態を観測し、SOPに従いコマンド担当者にコマンドの実行を依頼する。

### 4.3 運用結果

予定していた全ての実験は、予定より早く終了することができたため、当初計画していなかった実験モード6～10（伸展・収縮 / 展開・収納の動作を途中停止後再起動、あるいは同一動作の複数回実施など）を新たに追加した。実験実施記録を表10に示す。

コマンド制御系、テレメトリ解析系およびそれらと増田地上局設備とのインタフェースも実験中問題無く動作した。また、これらの制御系および解析系も我々が開発したものであり、実際の実験運用においても操作に戸惑うこともなかった。

衛星迎角が低い周回において、衛星の回転によると思われる周期性フェーディングにより、コマンド信号が衛星側で誤解釈された事が有った。この場合、衛星側で受信している地上からのコマンド信号レベル（テレメトリデータ Ch14：受信機

表 8-1 運用指示書 (SOP)

順序	指示者	作業者	オペレーション内容	テ レ メ ト リ ー				
				送信コマンド	略称	CH	略称	内容
				NR				測定値
1	TC	MGC	<div>実験準備作業</div> <p><b>AO S 2 0 分前</b>に準備作業開始を指示。</p> <p>準備作業開始を指示</p> <p>”</p> <p>”</p> <p>”</p> <p>”</p> <p>コマンド制御プログラムのスタート I/Fボックス・データ取込SWオン テレメタスレーブプログラムのスタート 計測系に異常のない事</p> <p><b>AO S 5 分前</b>準備作業終了の確認</p> <p>”</p> <p>”</p> <p>”</p> <p>受信機ロックオンを報告</p> <p>ビーコンの安定受信を報告</p> <p>R F パ ワ ー    オ ン を 指 示 M O D        オ ン を 指 示</p> <div>実験準備作業終了</div>					
1-1	MGC	VANT VRX VTX MOD REC						
1-2	TC	CMD MON EE						
1-3	TC	MGC CMD MON EE						
1-4		VRX						
1-5		VRX						
1-6	MGC	VTX MOD						

表 8-2 運用指示書 (SOP)

順序	指示者	作業者	オペレーション内容	送信コマンド		テ レ メ ト リ			測定値
				NR	略称	CH	略称	内 容	
2	TC	VANT	【実験開始を宣言】						
2-1			アンテナ仰角 <b>AOS+5°</b> を報告						
			<div>E N C O O N</div>						
3	TC	CMD	"ENCO ON" 実行を指示						
3-1			『ENCO ON SEND』	2	ENCO ON				
			『実行します、3・2・1』	EX					
3-2	MON	MON	『ENCO ON 確認』を報告						
3-3			各部温度、電圧、電流値を計測			5-0	MSTEXT	マスト伸(SW)	0"
						5-1	MSTRET	マスト縮(SW)	1"
							</		

表 8-3 運用指示書 (SOP)

順序	指示者	作業者	オペレーション内容	送信コマンド		CH	略称	内 容	基準値	測定値
				NR	略称					
*		VANT	<div>各モードに応じたコマンド操作</div> <div>LOS-10<sup>0</sup>-8<sup>0</sup>-6<sup>0</sup>を順次報告</div> <div>ENCO OFF開始</div> <div>実験終了 (LOS) 2分前を報告 “ENCO OFF” 実行を指示</div> <div>『ENCO OFF SEND』</div> <div>CMDに『ENCO OFF 確認』を報告</div> <div>『実行します、3・2・1』</div> <div>CMDに『ENCO OFF』を報告</div> <div>『受信機ロックオフ』を報告</div> <div>ENCO OFF終了</div>							
4	TC TC	CMD		3	ENCO OFF					
4-1		CMD						コマンドアンサーバック	ENCO OFF	
4-2		MON				4	CAB			
4-3		CMD		EX						
4-4		MON								
4-5		VRX								

表 8-4 運用指示書 (SOP)

順序	指示者	作業者	オペレーション内容	送信コマンド				デレトリ		
				NR	略称	CH	略称	内容	基準値	測定値
5	TC		後 処 理 作 業 実験終了を宣言							
5-1	TC	MGC	後処理作業を依頼							
5-2	MGC	MOD VTX REC VANT VRX	後処理作業開始を指示 " " " "							
5-3	TC	CMD MON	プログラム終了、データのプリント プログラム終了、データのバックアップ およびプリント							
5-4		MGC	TCに後処理作業終了の報告							
5-5		CMD MON	TCに後処理作業終了の報告 "							
			後処理作業終了							

AGCレベル)が非常に不安定で、コマンドデータ受信中に信号レベルが急激に低下し、データの1部が欠落したと思われる。しかし、“CAB”信号による誤動作判定プログラムにより、再度コマンドを送信し、正しいコマンドを実行する事ができた。

## 5. む す び

無線局免許申請から、無線局落成検査、コマンド制御装置の製作、コマンド制御プログラムの作成、宇宙実験運用(コマンドオペレータ)を航空宇宙技術研究所が担当した。各作業をタイムスケ

ジュールから外すことなく完了し、実験を終了させることができた。

当初危惧された MOS-1b とのコマンド系の干渉は、対策が適正であり発生しなかった。

実験運用途中でモードの変更、追加の要求があったが、これはプログラム中の DATA 文の修正を行なうことで即座に対応する事が可能であった。

比較的簡便なテレメトリ・コマンド制御系であったが、構成が簡単な分信頼性が高く、設備の誤動作は無かった。

表 9 実験運用モード

モード	時間	主要実験	実験順序
1	3 分	H K データ	ENCO ON→計測→ENCO OFF
2	7 分	空力傘開閉	ENCO ON→ADB OPEN→振動測定→ 静止→ADB CLOSE→ENCO OFF
3 3 A	1 0 分	ブーム伸縮 空力傘開閉	ENCO ON→MST EXT→静止→ADB OPEN→ 振動測定【3 A はこれで実験終了】→静止→ MST RET→MST STP→ADB CLOSE→ENCO OFF
4 4 A	1 3 分	ブーム伸縮 空力傘開閉×n 【途中停止】	ENCO ON→MST EXT→静止→ADB OPEN→ 【ADB STP: 4 A 途中停止】→振動測定→静止→ (ADB CLOSE→静止→ADB OPEN→)×n 回 MST RET→MST STP→ADB CLOSE→ENCO OFF
5 5 A	1 3 分	ブーム伸縮×2 【途中停止】 空力傘開閉	ENCO ON→ADB OPEN→振動測定→静止→ MST EXT→【MST STP: 5 A 途中停止】→ MST RET→MST STP→MST EXT→ MST RET→MST STP→ADB CLOSE→ENCO OFF
6	1 0 分	空力傘開閉×n	ENCO ON→ (ADB OPEN→振動測定→静止→ADB CLOSE)×n 回 →ENCO OFF
7	1 0 分	ブーム伸縮 (途中停止) 空力傘開閉×2	ENCO ON→MST EXT→MST STP(途中停止)→ ADB OPEN→振動測定→静止→ADB CLOSE→静止→ ADB OPEN→振動測定→静止→MST RET→ MST STP→ADB CLOSE→ENCO OFF
8	5 分	ブーム伸縮 空力傘開閉	ADB CLOSE→静止→ADB OPEN→振動測定→静止→ MST RET→MST STP→MST EXT→静止→
9	5 分	ブーム縮 空力傘開閉	ADB CLOSE→静止→ADB OPEN→振動測定→静止→ MST RET→MST STP→ADB CLOSE→ENCO OFF
1 0	1 0 分	空力傘リミット S W 作動後 開閉×n 回	ENCO ON→ADB STOP→ (ADB LSW→ADB OPEN→ADB LSW→ADB CLOSE)×n 回 →ENCO OFF
最終		ブーム伸 空力傘開 実験終了	ENCO ON→MST EXT→静止→ADB OPEN→ 振動測定→静止→MST RET→ADB CLOSE→ 静止→ADB OPEN→MST EXT→静止→VTX OFF

表10-1 「おりづる」実験実施記録(1/2)

注)時刻は日本標準時

実験番号	実験実施日		日時		実験モード	ブーム伸縮回数	空力傘開閉回数	備	考
	月	日	開始時刻	終了時刻					
1	2月	8日	23時15分49秒	23時23分23秒	2	0	1	空力傘展開・収納	
2	2月	9日	10時58分25秒	11時19分06秒	2	0	1		
3	~		12時50分37秒	13時00分41秒	3	1	1	ブーム伸→傘開→ブーム縮→傘開	
4	~		19時53分31秒	19時59分13秒	1	0	0	衛星ハウスキーピングデータ取得	
5	~		21時39分11秒	21時52分55秒	3	1	1	伸縮ブームを停止コマンドにより収縮	
6	2月	10日	9時29分11秒	9時44分13秒	5A	2	1	傘開→ブーム伸(途中停止)→ブーム縮→ブーム伸→ブーム縮→傘開	
7	~		11時19分00秒	11時38分43秒	3	1	1		
8	~		13時11分43秒	13時16分19秒	1	0	0		
9	~		20時10分32秒	20時19分39秒	2	0	1		
10	~		21時59分11秒	22時13分29秒	3	1	1		
11	~		23時54分11秒	23時55分26秒	1	0	0		
12	2月	11日	9時46分39秒	10時06分48秒	2	0	1		
13	~		11時37分36秒	11時55分26秒	3	1	1		
14	~		20時29分53秒	20時39分57秒	3	1	1		
15	~		22時19分29秒	22時32分26秒	4	1	2	ブーム伸→傘開→傘開→ブーム伸→ブーム縮→傘開	
16	2月	12日	8時18分30秒	8時30分01秒	1	0	0		
17	~		10時05分46秒	10時25分25秒	3	1	1		
18	~		11時56分56秒	12時15分29秒	4	1	2		
19	~		20時48分50秒	21時01分00秒	3	1	1		
20	~		22時41分28秒	22時52分08秒	3	1	1		
21	2月	13日	8時36分46秒	8時52分19秒	2	0	1		
22	~		10時24分53秒	10時44分47秒	4A	1	2	ブーム伸→傘開(途中停止)→傘開→傘開→ブーム伸→ブーム縮→傘開	
23	~		12時16分45秒	12時32分49秒	3	1	1		
24	~		21時05分06秒	21時18分39秒	3	1	1		
25	~		22時56分59秒	23時09分50秒	3	1	1		



表10-2 「おりづる」実験実施記録 (2/2)

実験番号	実験実施日		日時		実験時間	実験モード	伸縮アーム 伸縮回数	空力傘 開閉回数	備 考
	月 日	開始時刻	終了時刻						
26	2月14日	8時55分21秒	9時12分43秒	17分22秒	3	1	1		
27	~	10時44分53秒	11時07分13秒	22分20秒	4A	1	2		
28	~	12時36分48秒	12時52分19秒	15分31秒	5A	2	1	傘閉→アーム伸(途中停止)→アーム縮→アーム伸→アーム縮→傘閉	
29	~	19時38分20秒	19時47分02秒	8分42秒	1	0	0		
30	~	21時24分12秒	21時39分54秒	15分42秒	5A	2	1		
31	~	23時17分04秒	23時29分21秒	12分17秒	5	2	1	傘閉→アーム伸→アーム縮→アーム伸→アーム縮→傘閉	
32	2月15日	9時13分47秒	9時32分10秒	18分23秒	5A	2	1		
33	~	11時04分11秒	11時25分31秒	21分20秒	5B	1	1	傘閉→アーム伸→アーム縮→傘閉(モード5からアーム伸縮を1回省く)	
34	~	12時56分46秒	13時09分59秒	13分13秒	6	0	3	傘閉閉3回	
35	~	19時56分41秒	20時09分20秒	12分39秒	5	2	1		
36	~	21時43分51秒	22時00分45秒	16分54秒	6	0	3		
37	~	23時37分54秒	23時48分38秒	10分44秒	6	0	3		
38	2月16日	9時33分16秒	9時57分10秒	23分54秒	3A	伸のみ1	開のみ1	アーム伸、傘閉(この状態で地球を1周回)	
39	~	11時22分54秒	11時47分13秒	24分19秒	8	1	1	傘閉→傘閉→アーム縮→アーム伸(この状態で地球を1周回)	
40	~	13時15分55秒	13時24分22秒	8分27秒	9	縮のみ1	1、閉のみ	傘閉→傘閉→アーム縮→傘閉	
41	~	20時14分28秒	20時27分10秒	12分42秒	10	0	2	傘の開閉が自動停止しないと仮定し、コマンドによる作動	
42	~	22時03分55秒	22時21分18秒	17分23秒	7	1	1	アーム伸→アーム縮(途中停止)→傘閉→アーム縮→傘閉	
43	~	23時58分18秒	0時08分42秒	10分24秒	1	0	0		
44	2月17日	8時03分50秒	8時15分29秒	11分39秒	6	0	3		
45	~	9時52分28秒	10時11分47秒	19分19秒	最終	1	1	アーム、傘を各々1回伸縮、開閉し、アーム伸、傘開状態で実験終了	
—	~	—	10時11分47秒	—	—	—	—	停波	
合 計				10時間46分28秒	1のみ:6回 2 : 9回 3 : 30回	34回	52回		

\* 1回当りの平均実験時間: 14分22秒

## 参 考 文 献

- 1) 吉村庄一, 岡本 修, 山中龍夫: テザー技術の応用による微小重力環境の保持, 航空宇宙技術研究所昭和63年度研究発表会前刷集, 1985年10月.
- 2) 吉村庄一, 岡本 修: テザー繰り出し / 巻取りリール機構の試作, 第34回宇宙科学技術連合講演会講演集, 1990年 4 月.
- 3) 井上安敏, 山中龍夫: 微小重力実験のためのペイロード・ブーメラン技術, 第1回宇宙ステーション講演会講演集, 1985年 4 月.
- 4) 井上安敏, 津田尚一, 木田 隆, 野村茂昭: ブーメラン・ペイロードの軌道と放出条件, 第31回宇宙科学技術講演会講演集, 1987年10月.

---

## 航空宇宙技術研究所報告1165号

平成4年6月発行

発行所 航空宇宙技術研究所  
東京都調布市深大寺東町7丁目44番地1  
電話三鷹(0422) 47-5911(大代表) ㊦182  
印刷所 株式会社 東京プレス  
東京都板橋区桜川 2 - 27 - 12

---

