

技術試験衛星IV型(ETS-IV)

搭載実験用 テープレコーダの開発

目次

1. 概要

2. テープレコーダ開発の経緯

3. テープレコーダの開発目的及び機能

4. テープレコーダの開発試験等

5. テープレコーダの搭載実験計画

6. テープレコーダのデータ解析評価

7. むすび

昭和55年12月10日

宇宙開発事業団

技術試験衛星 ETS-IV 搭載実験用テープレコーダの開発

1. 概要

昭和55年2月種子島宇宙センターからN-IIロケット1号機により

打上げられる技術試験衛星 ETS-IV は、将来の衛星搭載機器の開発研究の一環として試作したテープレコーダ等4種類の実

験機器を搭載し、打上げ/宇宙環境下における機能、性能の評価を目的とした実験を行うことをそのミッションの一つとしている

本資料は搭載実験機器のうち、宇宙開発事業団が開発したテープレコーダ(TMR)について、開発の経緯、機能、性能、実験

計画等についてその概要を述べたものである。

2. テープレコーダの開発の経緯

テープレコーダ(TMR)は将来衛星搭載が想定される機器の

自主技術による開発、宇宙環境下における動作確認等を目的として他の三つの機器とともに昭和52年8月、宇宙開発委員会

の審議を経て、ETS-IV 搭載実験機器として選定された。

TMR は宇宙開発事業団がその開発を担当し、昭和52年

9月試作試験を開始した。その後図1の開発線表に示すとおり
の開発を進め、開発モデル(ETS-IV PM 搭載用)を昭和54年

8月、搭載モデル#1(ETS-IV FM 搭載用)を昭和55年1月、
搭載モデル#2(予備機)を昭和55年3月にそれぞれ完成した。

TMRは引き続き ETS-IV に搭載され、衛星システムの認定試験、受入試験により衛星システムとの適合性が確認

された。これらの試験は本年10月に終了している。

表 1 衛星搭載用テフレコード開発線表

事項	年度 年月	52	53	54	55	56	備考
		53年 9 10 11 12 / 1 2 3	54年 4 5 6 7 8 9 10 11 12 / 1 2 3	55年 4 5 6 7 8 9 10 11 12 / 1 2 3	56年 4 5 6 7 8 9 10 11 12 / 1 2 3	56年 4 5 6 7 8 9 10	
1. マイルストーン		契約 ▽ 予備審査 ▽	EMH1完成 ▽	契約 ▽ 開発モデル完成 ▽ 設計審査 ▽	搭載モデル#1完成 ▽ 搭載モデル#2完成 ▽ 衛星システム試験 ▽	打上げ ▽	
2. 試作試験(ⅴの1)		試作試験(ⅴの1)	試作試験(ⅴの2)				
2.1 予備設計検討							
2.2 EMH1		試作 試験					
2.3 部品開発		試作 試験					モータ、ヘッド、テフ スプリング、ベアリング
3. 試作試験(ⅴの2)							
3.1 設計							
3.2 耐振設計確認用 技術モデル			製作 試験				
3.3 気密構造設計確 認用技術モデル			製作 試験				
3.4 開発モデル			製作 試験				ETS-IV (PM) K 搭載
3.5 搭載モデル#1			製作 試験				ETS-IV (F) に 搭載
3.6 搭載モデル#2			製作 試験				予備機
4. ETS-IV システム							
4.1 プロトタイプモデル			開発モデル引渡し ▽	認定 試験			
4.2 フライトモデル				搭載モデル#1引渡し ▽	受入試験		
5. 搭載実験					搭載 試験		
6. 評価					評価・検討		

3. テープレコーダの開発目的及び機能

3-1 開発目的

TMRの開発は、主として打上げ環境下における駆動系、走行系で構成される機構部の機械的耐性、軌道上の熱真空環境下における機構部の機能、きょう体の気密性、電子回路部の機能、性能等の経時特性の実験を主目的としている。

(1) 打上げ環境下における機械的特性の確認

TMRの機構部の構成は 駆動用モータ(キャプスタンモータ)、定トルクスプリング、ギヤ装置を含む駆動系と 磁気テープ、テープリール、ヘッドを含む走行系に大別される。

打上げ段階においては 衛星がロケットから受ける苛酷な振動、衝撃等の機械的環境にさらされるので、TMRの開発に

当っては 機構部の耐振性設計に重点を置き、地上試験により確認してきたが、実際の打上げ環境において最終的な

確認を行う。

(2) 熱真空環境下における動作特性の確認

TMRは機構部、電気部、電源部とこれらを収納するきょう体部で構成される。きょう体部には軌道上の真空環境における機構部の長寿命化を図るため不活性ガスを封入している。

軌道上の苛酷な熱、真空環境下で繰返し作動させることにより、長期にわたるTMRの機能、性能を確認する。

3-2 機能

TMRの外観を図2に、主要諸元を表1に示す。

また構成を図3に示す。

TMRは駆動系、走行系を含む機構部、信号の発生系

モータ速度制御系を含む電子回路部、電源部で構成される。
機構部はキャプスタンモータ、定トルクスプリング、ベアリング等

潤滑剤を必要とする機構部品で構成されており、軌道上の真空環境下で潤滑性能を保持するため、機構部の収納

容器内に不活性ガスが封入されている。

本TMRの駆動方式は供給用と巻取り用リールを同軸状に

配置し、テ-7°駆動は1個のブラッシュレス・キャプスタンモータにより直接駆動する方式を採用している。

テ-7°の速度制御はコマンドで選択するタコモードまたはテ-7°モードで行なわれ、ワウ・フラッタを規格値(1%p-p以内)に保持する。

記録時間及び再生時間はいずれも約40分で、巻戻し時間は約20分である。

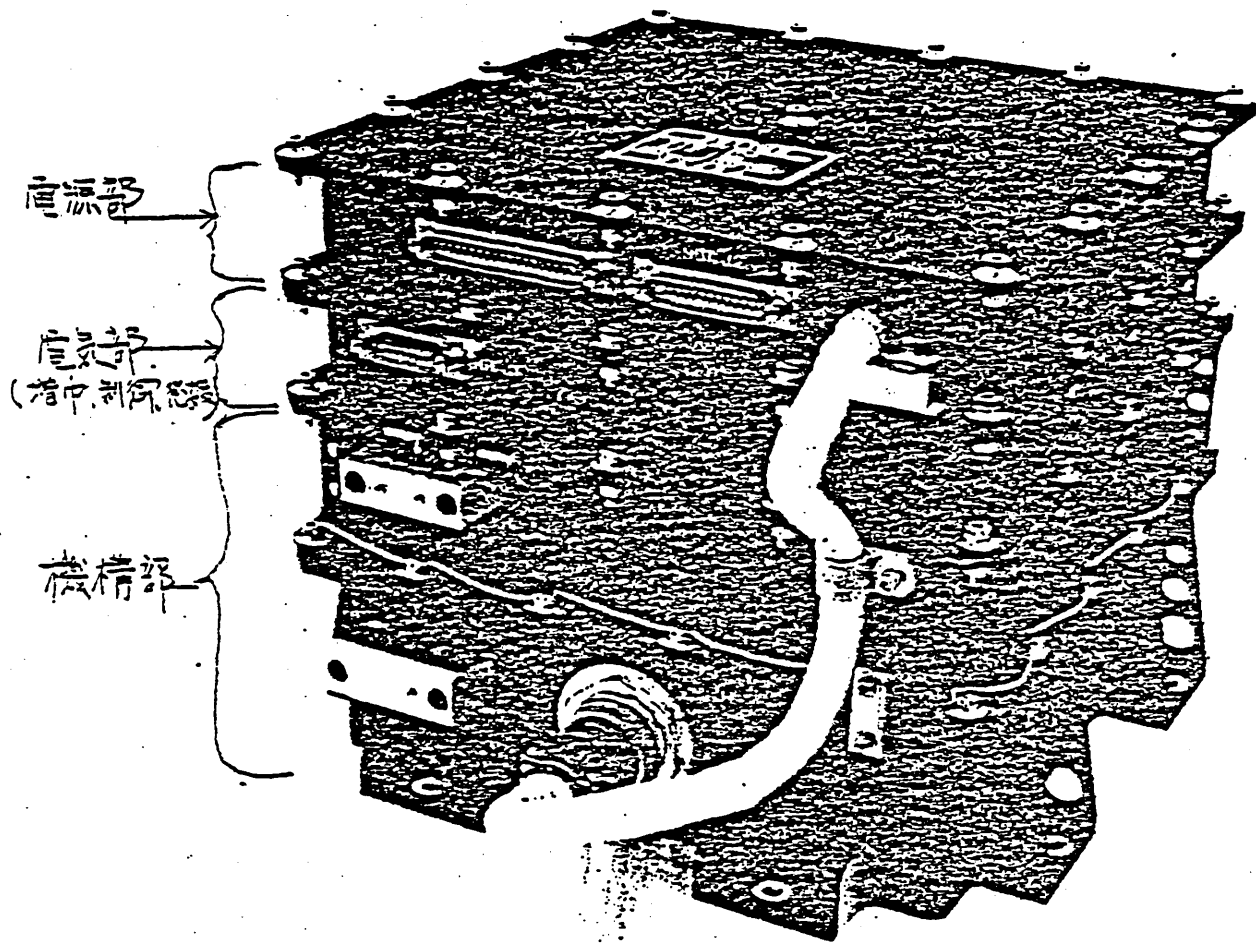


図 2 搭載モデル外観

外觀寸法
重 量

285 × 285 × 227 mm³
(巾) (奥行) (高さ)
約 2.2 kg

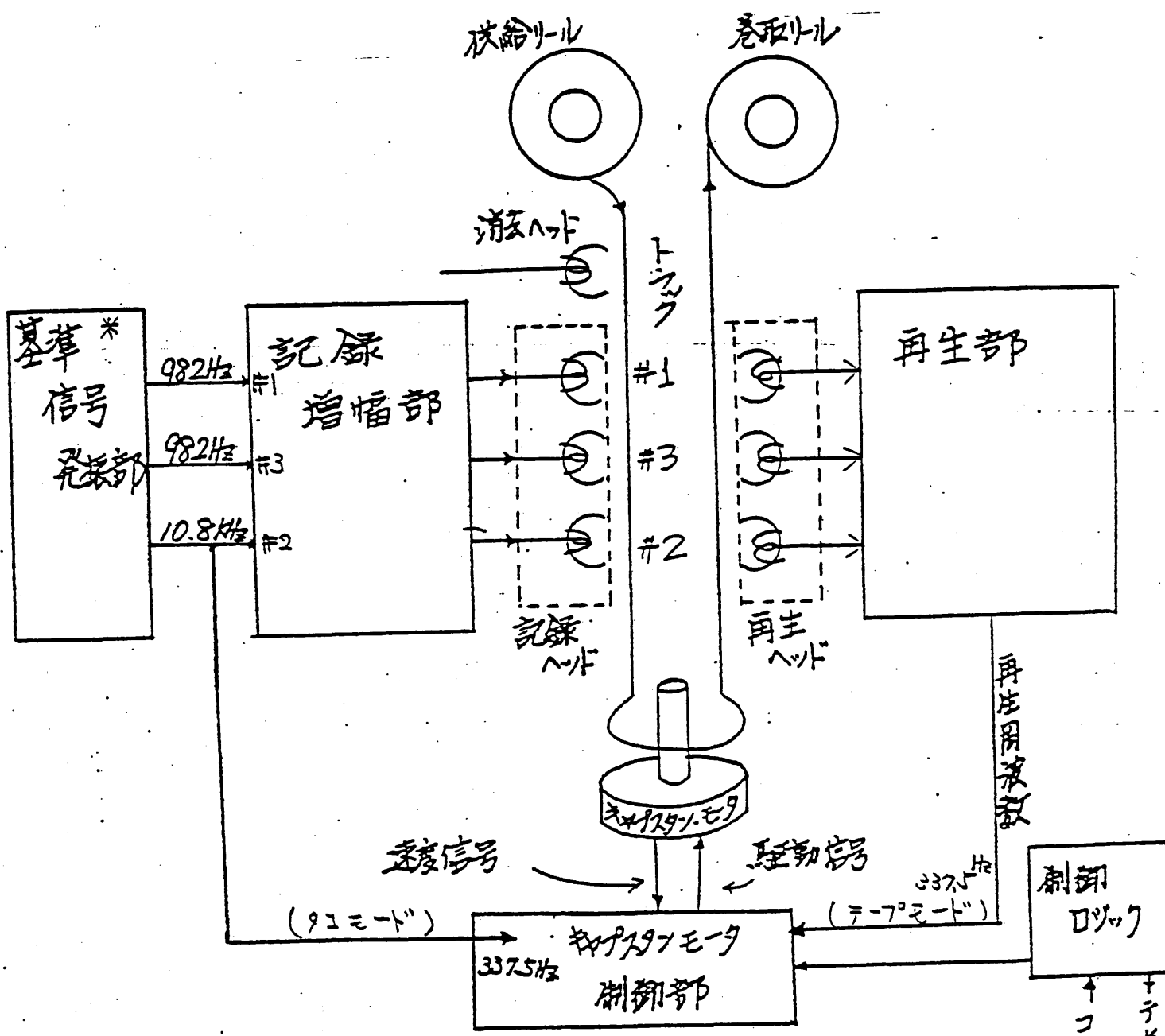
表 1 テー7°レコーダの主要諸元

1. 記録方式	周波数変調	
2. テー7°のトラック数	3トラック	(2トラック: 信号記録用 1トラック: テー7°速度補正用)
3. テー7°速度	記録再生	3 inch/sec
	巻き戻し	6 inch/sec
4. テー7°速度制御	記録	タコモード*
	再生	タコ及びテー7°モード**

注)* タコモード: キヤ7°スタン駆動信号と基準信号(337.5 Hz)と比較して駆動する。

** テー7°モード: テー7°に記録した信号(10.8 KHz)と基準信号(10.8 KHz)と比較して駆動する。

5. ワウフラッタ	1 % (P-P) 以下	
6. 動作時間	記録/再生	約 40 分
	巻き戻し	約 20 分
7. 封入気体	N ₂ (90%)及び He(10%), 約 1.2 atm.	
8. 記録信号	機能測定用	982 Hz 正弦波
	テー7°速度補正用	10.8 KHz 正弦波
9. 入力電源電圧	29.4 ± 0.2 V	
10. 消費電力	記録	6.1 ± 1 W
	再生	5.7 ± 1 W
	巻き戻し	5.8 ± 1 W
	待機	5.0 ± 1 W
11. 重量及び寸法	約 12.2 Kg 285 × 285 × 227 mm ³	



* $f_0 = 2764.8 \text{ kHz}$
 (水晶発振子)
 $10.8 \text{ kHz} = f_0 \times \frac{1}{28}$
 $982 \text{ Hz} = 10.8 \text{ kHz} \times \frac{1}{11}$
 $337.5 \text{ Hz} = 10.8 \text{ kHz} \times \frac{1}{25}$

図 3 テープレコーダ構成図

4. テープレコーダの開発試験等

図1の開発線表に示す開発モデルの段階において設計確認のため受入試験の1.5倍に相当する機械的

環境試験及びより広い温度範囲の熱真空試験を実施した。

設計確認試験及び受入試験時の環境試験条件を表2

に示す。

開発モデルのランダム振動試験において一部の部品のリ-

ード線が断線する不具合が発生したが、是正処置を行い再試験により機能、性能を確認した。

搭載モデルの試験では不具合は発生していない。搭載モデル#1の試験結果を表3に示す。

表 2 テーブルダの環境試験条件

項 目	設計確認レベル ¹⁾	受入試験レベル ²⁾
正弦波振動	推力軸 5~21 Hz 20mm D.A. 21~100 Hz 18 G_{op} 100~2000 Hz 5 G_{op} 横 軸 5~16 Hz 20mm D.A. 16~100 Hz 10 G_{op} 100~2000 Hz 5 G_{op} 2 oct/分	推力軸 5~17 Hz 20mm D.A. 17~100 Hz 12 G_{op} 100~2000 Hz 3.5 G_{op} 横 軸 5~13 Hz 20mm D.A. 13~100 Hz 6.7 G_{op} 100~2000 Hz 3.5 G_{op} 4 oct/分
ランダム振動	20~60 Hz 0.05 G²/Hz 60~300 Hz +3 dB/oct 300~1200 Hz 0.25 G²/Hz 1200~2000 Hz -6 dB/oct 19.6 G_{rms} 3 軸 120 秒	20~60 Hz 0.0125 G²/Hz 60~300 Hz +3 dB/oct 300~1200 Hz 0.0625 G²/Hz 1200~2000 Hz -6 dB/oct 9.8 G_{rms} 3 軸 60 秒
熱真空	低温非動作 -30°C 24時間 低温動作 -15°C 72時間 高温動作 +40°C 72時間 高温非動作 +45°C 24時間 真空条件 1×10^{-5} mmHg 以下	低温非動作 -20°C 12時間 低温動作 -15°C 24時間 高温動作 +40°C 24時間 高温非動作 +40°C 12時間 真空条件 1×10^{-5} mmHg 以下

1) 開発モデルの試験条件

2) 搭載モデルの試験条件

表 3 TMR (搭載モデル#1) の受入試験結果の概要

試験項目 測定項目	初期性能	振動試験前	振動試験後	熱真空試験		最終性能
				低温 ¹⁾	高温 ²⁾	
消費電力						
待機時	5.3 W	—	—	5.6 W	5.1 W	5.3 W
記録時 ³⁾	6.2 W	6.2 W	6.1 W	6.4 W	6.0 W	6.1 W
記録時間	41分9秒	—	—	41分7秒	41分10秒	41分9秒
ワウフラッタ ⁴⁾	0.18 % op	0.17 % op	0.20 % op	0.18 % op	0.18 % op	0.16 % op
モータ電流 ⁵⁾	40 mA	38 mA	38 mA	41 mA	36 mA	38 mA
内部圧力	18.0 psi	17.8 psi	17.8 psi	15.5 psi	19.6 psi	18.0 psi

1) -15°C

2) +40°C

3) EOTでの測定値, 測定誤差は 0.1 W

4) MOTでの測定値, 測定誤差は ±0.02 %

5) MOTでの測定値, 測定誤差は ±1.5 mA

5. テープレコーダの搭載実験計画

5-1 目的

打上げ及び軌道上の環境におけるTMRの機能性能を評価する。

このため主として下記の項目に関するデータを取得する。

(1) 機構部の機能、性能の経時変化。

(2) 気密性の経時変化。

(3) 熱特性

(4) 電気的機能、性能の経時変化

5-2 運用計画

TMRの運用は 初期段階(打上げ後約1か月間)における機能点検と定常段階(初期段階終了後約2か月間)における機能、性能の評価のための実験に分けて実施される。

実施時期、動作モード等を含む運用計画を表4に示す。

5-3 テレメトリデータ

テレメトリデータは アナログデータ、PCMデータの2種類である。

これらのデータ取得は増田及び勝浦追跡管制所で実施される。

(1) アナログデータ

TMR内部で発生し、磁気テープに記録/再生するテスト

信号をSバンドテレトリ回線経由で取得する。

(2) PCMデータ

TMRのHKデータ及びステータスデータをVHF帯テレX

トリ回線経由で取得する。

テレトリ項目を表5に示す。

表 4 TMR 運用スケジュール等

	実験番号	実施時期	可視時間	TMR作動時間	動作モード
機能点検 (初期段階)	1	$Y_0 + 18$	$8^H:10^M$	$5^H:10^M$	タコモード*
	2	$Y_0 + 22$	6:45	5:00	タコモード
	3	$Y_0 + 29$	6:50	5:00	テ-7°モード**
実験 (定常段階)	4	$Y_0 + 36$	6:50	5:00	タコモード
	5	$Y_0 + 42$	6:45	5:00	テ-7°モード
	6	$Y_0 + 47$	5:05	4:00	タコモード
	7	$Y_0 + 54$	4:55	4:00	テ-7°モード
	8	$Y_0 + 61$	4:35	3:20	テ-7°モード

Y_0 : 56年2月4日 (打上げ予定日)

注) * タコモード : キャプスタン駆動信号と基準信号 (337.5 Hz) と比較して駆動する。

** テ-7°モード : テ-7°に記録した信号 (10.8 kHz) と基準信号 (10.8 kHz) と比較して駆動する。

表 5 PCM テレトリ項目

項 目	単位等	測定範囲
1. HK データ		
内部温度 1	°C	-23°C ~ +50°C
内部温度 2	°C	-20°C ~ +100°C
内部 圧力	PSI	0 ~ 30 PSI ¹⁾
内部 電圧	V	0 ~ 14 V
モータ 電流	mA	0 ~ 250 mA
2. ステータスデータ		
電源イネーブル/デイネーブル	1/0	
記録/停止	1/0	
順方向再生/停止	1/0	
逆方向再生/停止	1/0	
巻き戻し/停止	1/0	
テープ/タコモード識別	1/0	
EOT ²⁾ 検出	1/0	
BOT ³⁾ 検出	1/0	
1 イス補償 オン/オフ	1/0	

- 注) 1) PSI : pound/inch²
 2) EOT : End of Tape
 3) BOT : Begin of Tape

6. テープレコーダデータの解析, 評価

取得したテレメータデータを別に準備した解析用ソフトウェアを使用して解析を行い, その結果を受入試験データ, 設計データと対比することにより 開発成果の評価を行う。

7. むすび

国内技術により研究開発された搭載実験用テプロコーダは地上における環境試験等種々の試験により、その機能、性能が確認された。

今後技術試験衛星 ETS-IV に搭載され、実際の打ち上げ及び宇宙環境下でその機能、性能等の評価のための実験が行なわれる。

搭載実験の成果は今後の衛星用テプロコーダの開発に大きく寄与できるものと考えらる。

以上