

# M-4Sの機体計測

林 友直・今沢茂夫

## 1. は し が き

M-4S-1~4号機には飛しよう中における機体性能の測定と機能確認のために各種計測器が搭載された。本稿はその測定結果の概要である。計測項目は加速度、温度、燃烧圧力等主要項目のほか、M-3Dに初めて搭載された900MHz帯の広帯域テレメータ送信機の特性を有効に生かし、振動、騒音の測定も行なった。またL-4S-5号機で成果を上げた精密加速度計も全機に搭載された。

## 2. 機体計測器

搭載された計測器は下記のものであるが、その仕様は4機ともほとんど同一である。第1表に3号機の場合の仕様を示す。

- 縦方向加速度計 (X)
- 横方向加速度計 (Y, Z)
- 精密加速度計 (MX)
- 点火器内圧計 (P)
- 温度計 (TS)
- スピコン計 (SP)
- 地磁気姿勢計 (GAS)
- 振動計 (V)
- 騒音計 (N)
- 歪計\* (S)
- 分離速度計\*\* (SV)
- 分離距離計\* (SD)
- シーケンス確認計 (SQ)
- フレヤ開傘確認計 (F-open)

\* M-4S-1, 2号機に搭載

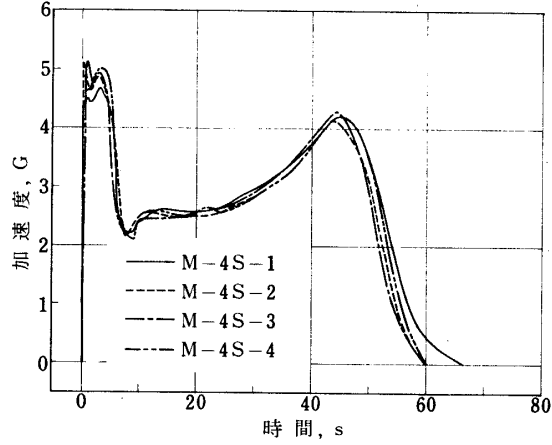
\*\* M-4S-1~3号機に搭載

第1表 機体計測器の仕様 (M-4S-3)

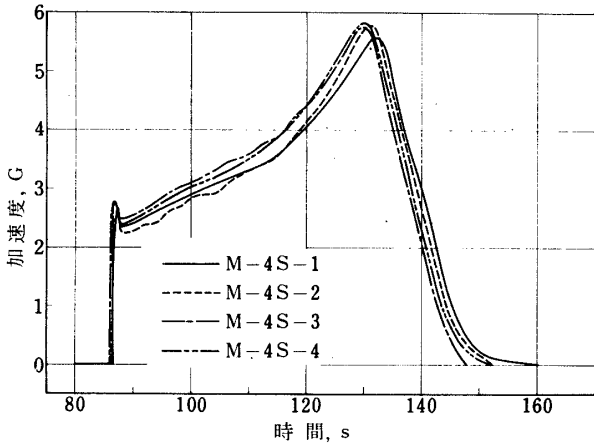
計測項目	検出素子	測定範囲	感度	テレメータ	搭載位置
X	ストレインゲージ	-5 G ~ +15 G	0.25 V/G	TM <sub>1</sub> 12 CH	B <sub>3</sub> -PL部
Y <sub>1,2</sub> Z <sub>1,2</sub>	ストレインゲージ	-2.5G ~ + 2.5G	1.0 V/G	TM <sub>1</sub> 15.8.9.7	B <sub>3</sub> -PL部 フレヤ筒
MX	Q-FLEX	-0.004 ~ +0.995 G	0 ~ 5v LOG	TM <sub>1</sub> 13	B <sub>3</sub> -PL部
P <sub>1~3</sub>	ストレインゲージ	0 ~ 50 kg/cm <sup>2</sup>	0.1v/kg/cm <sup>2</sup>	TM <sub>1</sub> 13,14,15	B <sub>1</sub> ~B <sub>3</sub> イグボス
TH <sub>1~5</sub>	サーミスタ	-10 °C ~ +100 °C	0 ~ 5v	TM <sub>1</sub> 11	機体各部, 計器内
T <sub>1~13</sub>	Ni-Nicr	0 ~ 200 °C	0 ~ 5v	TM <sub>1</sub> 10	機体各部
TD <sub>1~2</sub> , TR <sub>1~2</sub>	Ni-Nicr	0 ~ 400 °C	0 ~ 5v	TM <sub>1</sub> 11	DS, RS /ズル
E (Ts2)	抵抗分圧	+28v, ±20v, +10v	0 ~ 5v	TM <sub>1</sub> 11	集中電源
SP	ストレインゲージ	0.2 ~ 6 HZ	0 ~ 5v LOG	TM <sub>1</sub> 4	B <sub>3</sub> -PL部
SV	マイクロスイッチ	ストローク 100 mm	0 ~ 5v	TM <sub>1</sub> 14	CN 接手
SQ <sub>1</sub>	コネクタ, ピンジャック マイクロスイッチ	シーケンス6項目	0.5v ~ 4.3v 6 step	TM <sub>1</sub> 13	各段接手 開頭DSモータ
SQ <sub>2</sub>	低抵抗	全タイマシーケンス	4v パルス	TM <sub>2</sub> 4	タイマ
SQ <sub>3</sub>	バルストランス	全シーケンス(点火電流)	4v パルス	TM <sub>2</sub> 5	タイマ
F-open	マイクロスイッチ	フレヤ 6枚	始動3v, 全開2v	TM <sub>2</sub> 2	フレヤ
V <sub>1~3</sub>	チタン酸ジルコニウム鉛	± 4 G	0.25 v / G	TM <sub>3</sub> 1.2, 3	B <sub>2</sub> , B <sub>3</sub> /ズル CN 接手
V <sub>4</sub>	チタン酸ジルコニウム鉛	± 2.5 G	1 v / G	TM <sub>3</sub> 4	開頭部接手
V <sub>5</sub>	チタン酸ジルコニウム鉛	± 5 G	0.5 v / G	TM <sub>3</sub> -5	開頭片
N	クリスタルマイク	0 ~ 120 ホーン	0 dBm	TM <sub>3</sub> 6	開頭部接手

3. 計測結果の概要

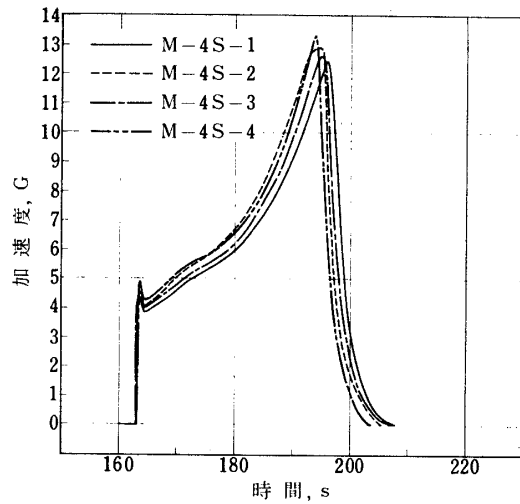
第1～3図は縦方向加速度の測定結果である。4機の結果を対比すると加速度の大きさ、燃焼秒時ともわずかの差異がみられるが、各段とも大略一致し、きわめて安定した性能を持っていることがわかる。第2表に各段の最大値を4号機の計画値と対比して示す。



第1図 第1段加速度



第2図 第2段加速度

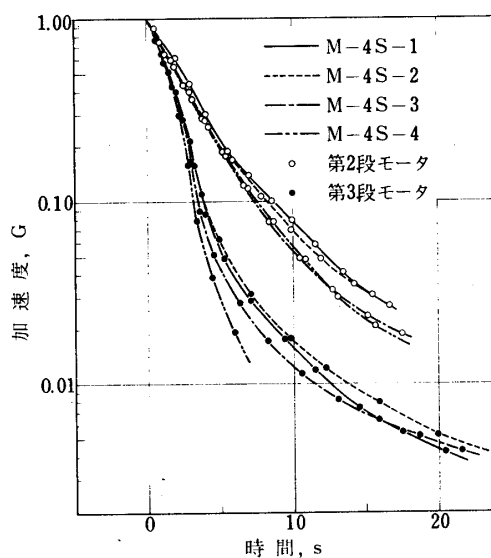


第3図 第3段加速度

第2表 各段モータの最大加速度

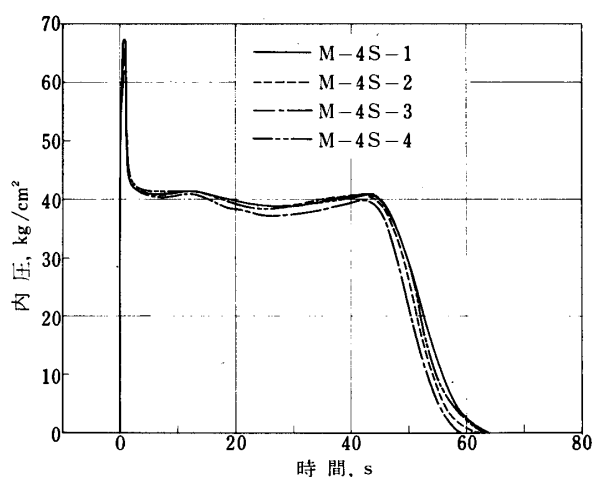
	第1段+補助ブースタ	第1段	第2段	第3段
計画値	4.89 G	4.24 G	5.48 G	11.79 G
M-4S-1	4.65 G	4.2 G	5.6 G	12.4 G
M-4S-2	4.85	4.15	5.75	12.9
M-4S-3	4.95	4.28	5.76	12.62
M-4S-4	5.0	4.2	5.85	12.3

第4図は精密加速度計により測定した第2段、第3段の残留推力による加速度である。1.0 G 起点として切離しまでを示したが、切離し時の残留加速度は第2段が約0.02 G、第3段は約0.004 Gである。

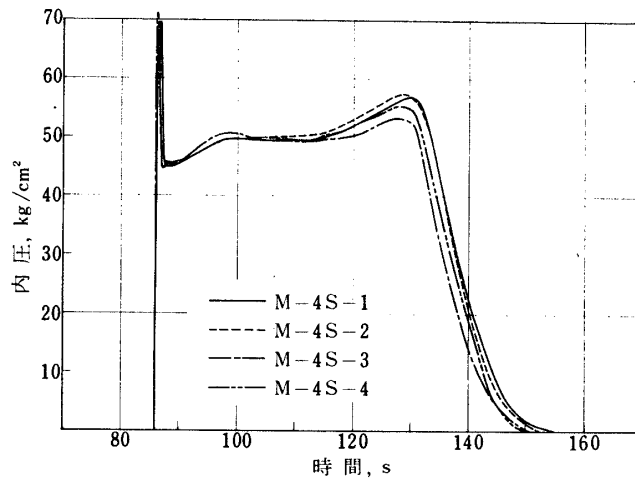


第4図 残留推力による微小加速度

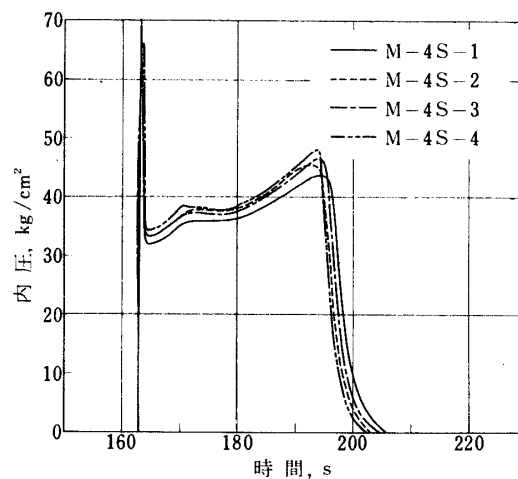
第5～7図は各段モータの点火器内圧である。点火時に高いのは点火器の内圧によるものである。モータは第1～3段とも加速度に良く対応している。



第5図 第1段点火器内圧



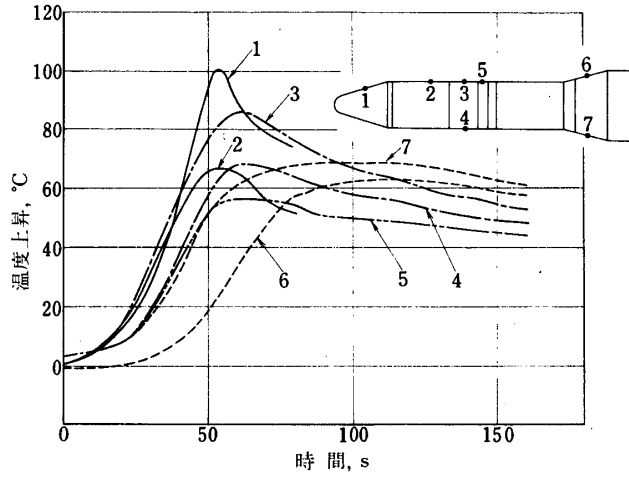
第6図 第2段点火器内圧



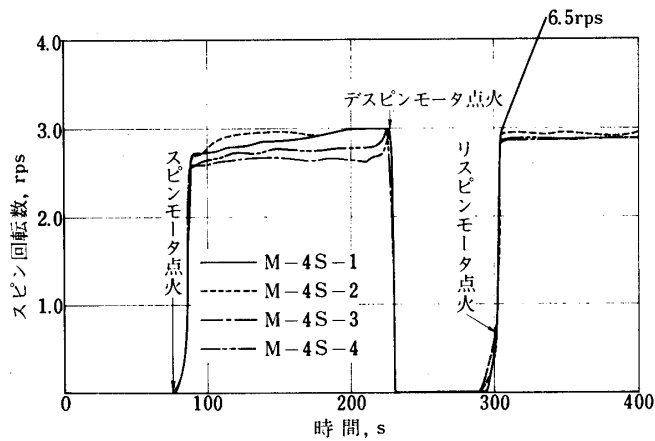
第7図 第3段点火器内圧

第8図は機体各部の温度測定結果を4号機について示した。ノーズフェアリングは円錐部で $100^{\circ}\text{C}$ 、平行部で $67^{\circ}\text{C}$ の温度上昇があった。第3段計器部外板は $68\sim 86^{\circ}\text{C}$ の範囲に分布している。ドラッグコーンは最高 $70^{\circ}\text{C}$ である。機体表面の温度上昇は概略 $70\sim 100^{\circ}\text{C}$ に対し、内部は約 $30^{\circ}\text{C}$ (発射時の気温 $29^{\circ}\text{C}$ )で飛しよう中の温度上昇は認められない。他号機でもほとんど同様の結果を得た。

地磁気姿勢計(GAH)より求めた飛しよう中のスピン回転数の変化を第9図に示す。スピンモータの作動、デスピンモータによるスピン停止は順調に行なわれている。リスピンモータによる再スピンは1号機のみ増加しつづけているが、これは姿勢制御モード変更により作動したロール制御用ジェットのうち1個が停止せず、そのまま噴射しつづけたため、約400秒後に $6.5\text{ rps}$ に達している。他号機は計画通りの作動を示している。



第8図 機体各部の温度上昇 (M-4S-4号機)



第9図 スピン回転数の変化

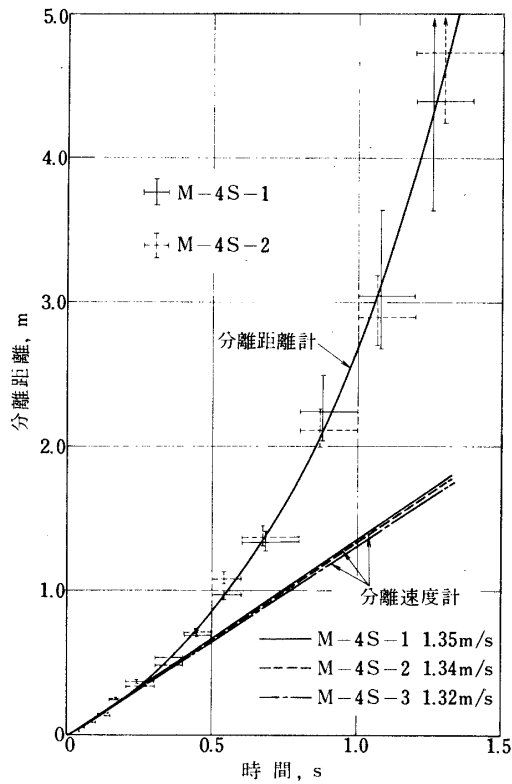
第10図は第3段切離しにおける分離速度と分離距離の測定結果である。分離速度計は1～3号機に、分離距離計は1，2号機に搭載された。分離速度は3機とも計画値 1.11 m/s を上廻り同一の分離速度を得ている。分離距離も 1, 2号機同一で、切離し後加速度的に増加し、再び第3段モータ部が接近した形跡はない。

M-4Sでは900MHz帯テレメータ送信機により広帯域の計測が可能となり、圧電型振動計を搭載して、10～3000Hzの範囲の振動計測を行なった。

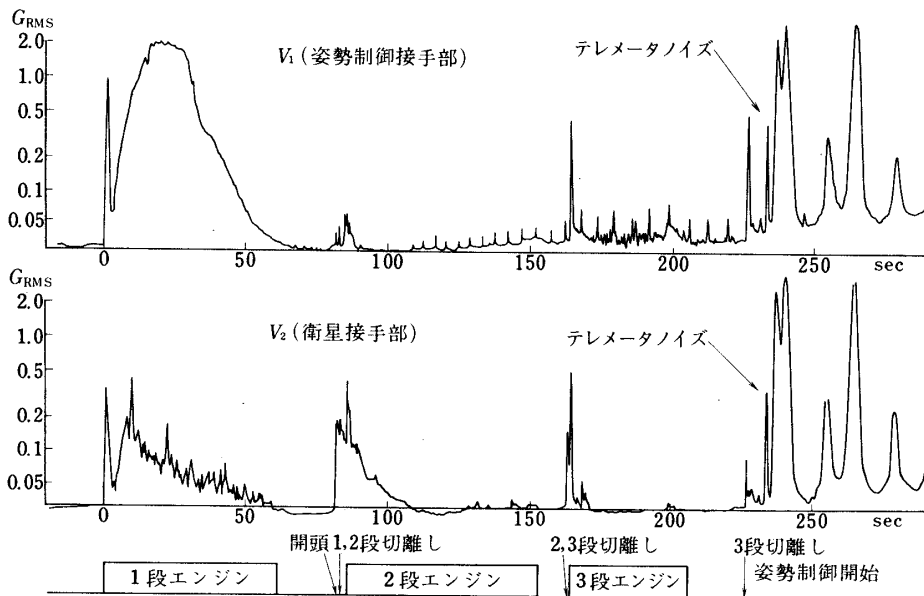
第11図は第3段姿勢制御部接手 ( $V_1$ ) と衛星接手 ( $V_2$ ) の振巾～時間特性である。飛しよう中最も大きいのは第1段燃焼中で、履歴が動圧に一致することから振動源はエンジンの燃焼によるもののほか、空気流によるものがかなり大きいと推定される。また  $V_1$  と  $V_2$  を比較することにより搭載位置での応答の差がわかり、機体の振動伝達特性が推定できる。第12, 13図は第1段燃焼中の周波数分析結果の例である。各秒時において大きさは変動するが、周

波数分布はほぼ一定である。V<sub>1</sub> は1.5～3.0 KHz高領域成分が多く、V<sub>2</sub> は40～60 Hzの低領域にピークがある。この40 Hz附近は衛星の固有振動に一致する。

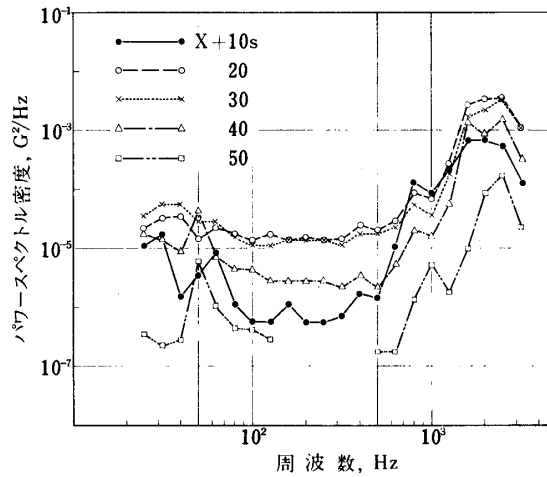
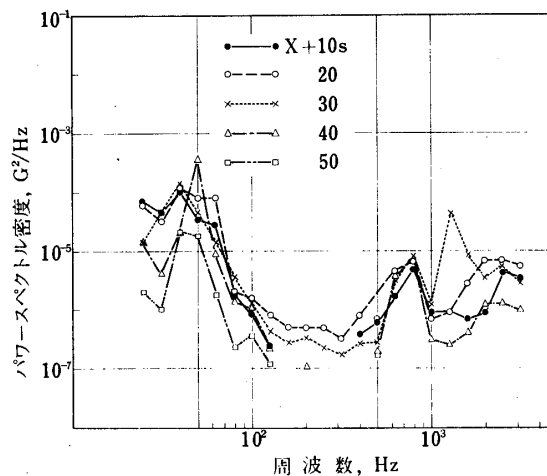
そのほか騒音計により、エンジンの燃焼空気流、ノーズフェアリングの開頭、各段の切離しおよび姿勢制御装置の電磁弁の作動等の各種要因による音響の記録が得られた。M-4Sでは各種機能の作動確認を主目的とし、空気層における騒音レベルを定量的に計測することは今後の課題として残された。



第10図 分離速度と分離距離



第11図 M-4S-1飛しょう中の振動測定結果 (振巾: G<sub>RMS</sub>～時間: sec)

第12図 周波数分析結果 (M-4 S-2 第1段燃焼中におけるV<sub>1</sub>)第13図 周波数分析結果 (M-4 S-2 第1段燃焼中におけるV<sub>2</sub>)

#### 4. む す び

以上M-4 Sの機体計測結果について概略をのべた。一部不満足な結果となった項目もあるが、機を追うごとに計測器の性能、信頼性も向上し、M-4 Sの性能を系統的に把握することができた。また振動計測は4機について行ない、Mロケットの飛しょう中の振動環境に関して有意義な資料が得られた。

終りに地磁気姿勢計を担当された東海大学の青山教授、遠山助教授、分離距離計のお世話をされた小田研究室小川原助手、また計測器の製作を担当された松下通信工業、明星電気、測機舎の多くの方々に厚く謝意を表します。

1974年11月29日新設部 (工学)