

M-3Cの空力特性

籾田 元紀・塚本 茂樹・寺田 守男
井内松三郎

1 はじめに

M-3C型ロケットは、M-4S型ロケットに続く科学衛星打上げ用ロケットとして計画された3段式固体燃料ロケットである。M-3Cの飛しょう安定の方法は次の方式による。

第1段：空力安定

第2段：TVCによるピッチ・ヨー制御，サイドジェットによるロール制御

第3段：打出し前に姿勢制御，のちスピン安定

空力的に見てM-4Sと相異している主な点は、M-4Sでは第2段に開傘方式の飛出しフレアによって空力安定をとったが[4]，M-3CではTVCとサイドジェットにより制御され、空力的には頭部のみ法線力が働き不安定である。また1-2段骨組構造接手部にくぼみの部分が存在することである(9図，10図)。

M-3C型ロケットの実機飛しょうに先立ち、小型テスト機K-10C-4号機が打上げられ、その飛しょう性能が調べられた[5]。

以下に、第1段、第2段の空力諸係数、低速、超音速風洞による空力係数の測定、および接手部の特性について報告をする。

第 1 表

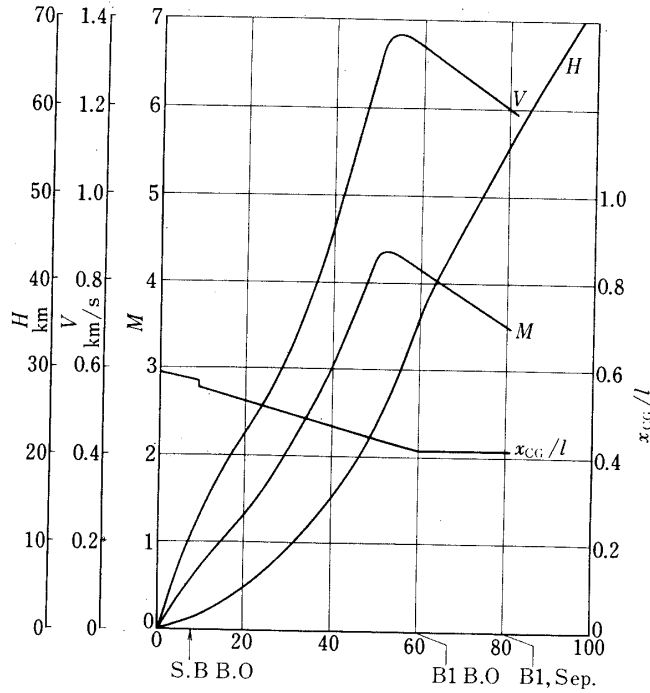
	IG.	B. O.
C_{Na}	14.92	6.421
CP	0.8369	0.5918
CG	0.5862	0.4182
C_{ma}	-3.7404	-1.1146

2 第1段の空力特性

記号は通常の記法にしたがう。計算法については [2], [3] を参照されたい。

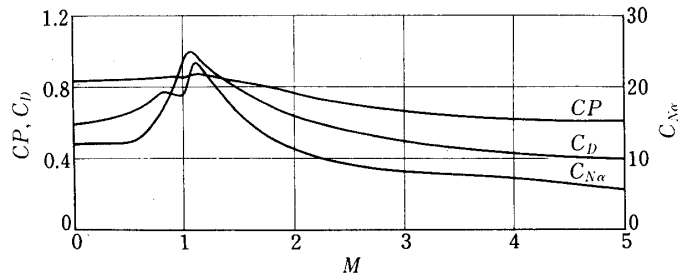
8本の補助ブースターの空力特性に及ぼす影響は、M-4Sの場合と同様に、胴体がおの分だけ断面積を増したとする近似で計算した [2]。

標準発射上下角、 $\gamma = 5^\circ$ に対する高度 H 、速度 V 、マッハ数 M および重心 CG の変化を第1図に示す。これに対する空力諸係数はつぎのようになる。

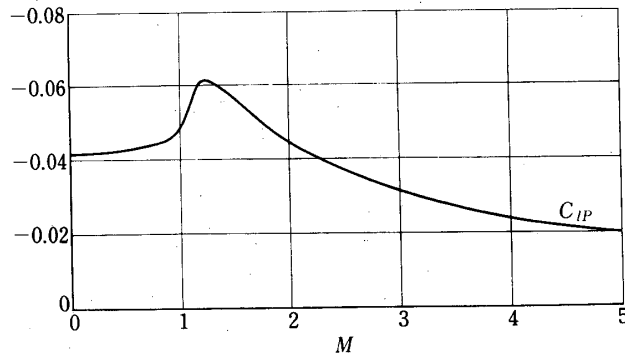


第1図 第1段の高度 H 、速度 V 、マッハ数 M 、重心 CG

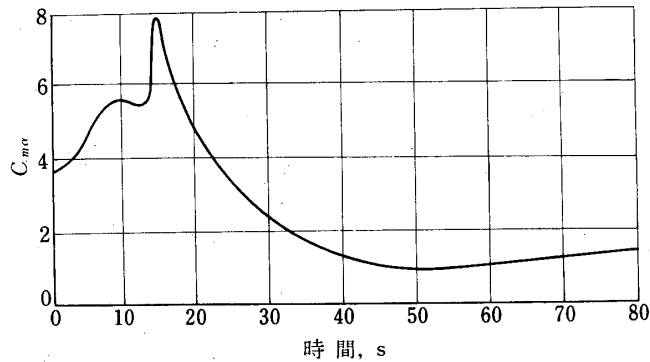
発射時と第1段燃焼終了時における $C_{N\alpha}$ 、 CP 、 CG 、 $C_{m\alpha}$ を第1表に示す。またマッハ数に対し、第1段の $C_{N\alpha}$ 、 CP 、 C_D を第2図に、ロール減衰係数 C_{lp} を第3図に、 $C_{m\alpha}$ を第4図に示す。



第2図 第1段の $C_{N\alpha}$ 、 CP 、 C_D



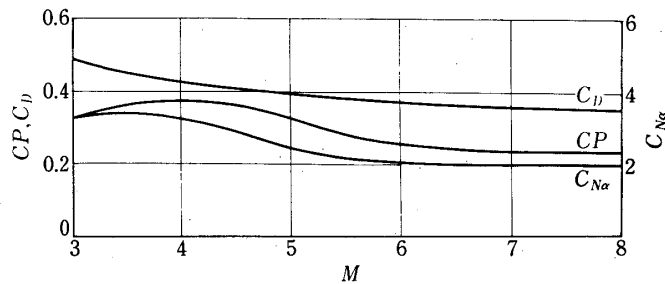
第3図 第1段の C_{IP}



第4図 第1段の $C_{m\alpha}$

3 第2段の空力特性

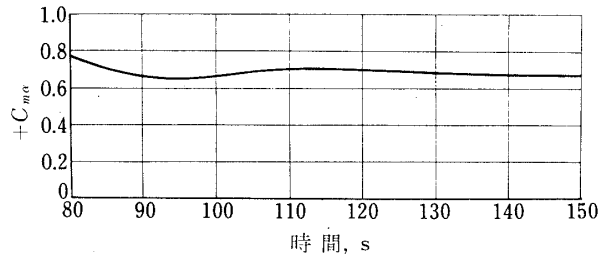
第2段は空力的には不安定であるが、TVCによって飛しよう中の安定が保たれる。ただし、第1段切り離しから TVC 作動までの間は不安定である。 $C_{N\alpha}$ 、 CP 、 C_D を第5図に示す。 $C_{m\alpha}$ を第6図に示す。



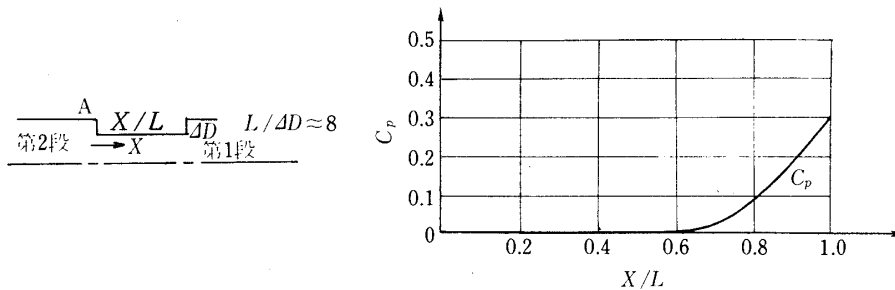
第5図 第2段の $C_{N\alpha}$ 、 CP 、 C_D

4 1, 2段接手部の圧力分布, 空力加熱

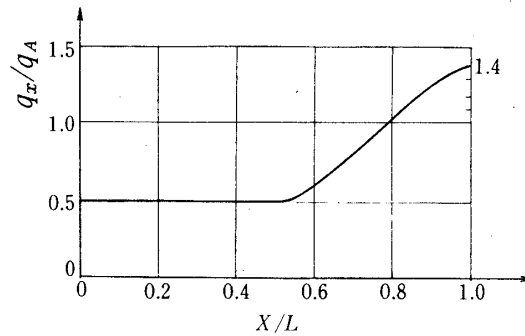
マッハ数0~3の範囲で圧力分布 C_p 、熱流量 q_x の平均的なものを第7, 8図に示す。1, 2段接手部のくぼみ部分の強度設計においては各部が $C_p q_\infty$ (q_∞ : 動圧) の圧力差に耐えるようにしておけば充分である。また空力加熱による温度上昇を第2段後端外板上の点

第6図 第2段の $C_{m\alpha}$

A の 1.5 倍程度に考えておけば充分である。またくぼみ部分の死水領域の逆流の程度は Strouhal 数で 0.2~0.3 である。










第7図 1, 2段接手部の圧力分布

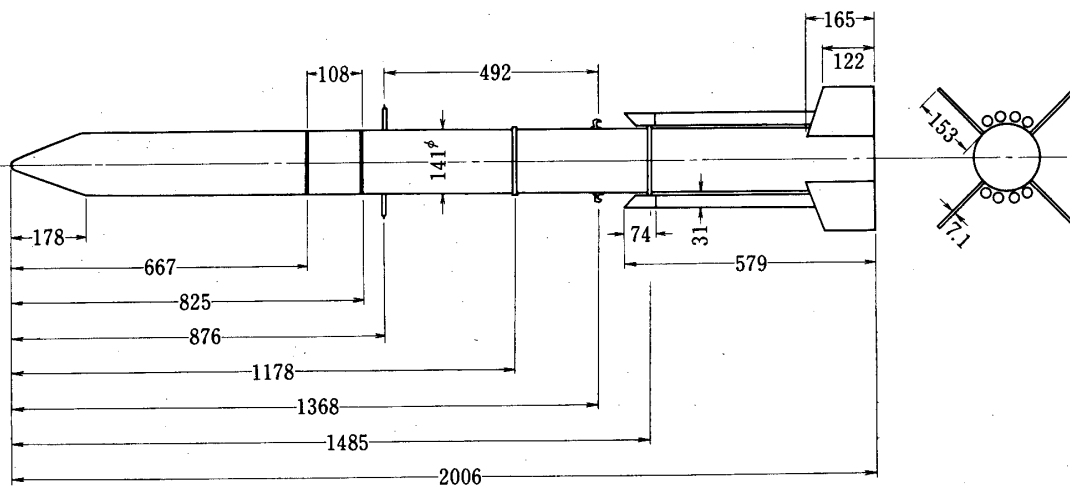
第8図 1, 2段接手部の熱流量 q_x

5 低速風洞試験

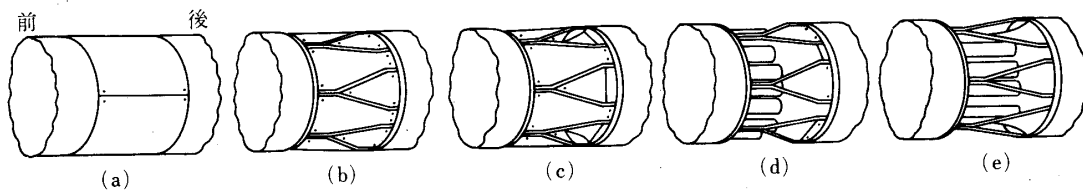
M-3Cでは1, 2段接手部をトラス構造で接続し, その間は外板なしの状態である. そこで本実験では1, 2段接手部での外板の有無による効果と死水領域での逆流の程度を調べた. 1/10の模型(図9)を作成し, 実験には宇宙研3mφ風洞を使用した. 風速は20m/sと40m/s, レイノルズ数はそれぞれ $1.3 \times 10^6/m$, $2.6 \times 10^6/m$ である. $C_{N\alpha}$, C_D , C_P の測定値を第2表に示す. なおサブブースターの有無, 取付位置, 外板の有無は表中に記されている. 1, 2段接手部の外板の有無によって, (a), (b), (c), (d), (e)のように分けた(10図).

第2表 M-3C 空力特性 (実験値)

速度 (m/s)	CP (%)	$C_{N\alpha}$	C_D	
20	82.5	11.347	0.87	 外板有
40	82	11.748	0.82	
20	80.5	13.467	0.49	 外板有
40	81	12.837	0.45	
20	81	12.264	0.86	 外板有
40	79.5	12.493	0.80	
20	79	12.378	0.86	 前後カバー有
40	80	12.264	0.81	
20	81.2	12.493	0.81	 後カバー有
40	80	12.378	0.81	
20	80.7	12.436	0.85	 前後カバー無
40	80.2	12.264	0.83	
20	80	12.550	0.83	 前カバー有
40	80	12.378	0.83	

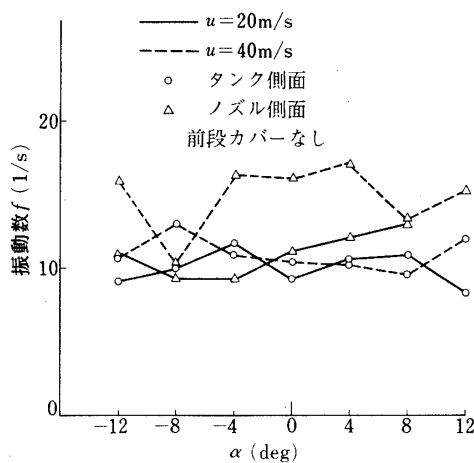


第9図 M-3C-1 1/10 模型全体図

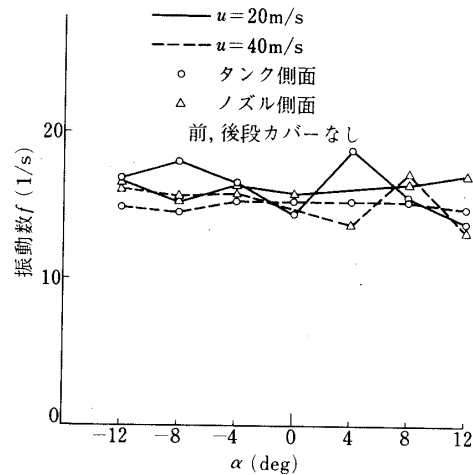


第10図 1, 2 段継手見取図

また1, 2段接手部のタンク側面, タンク先端, トラス, ノズルに計20点タフト(毛糸)を取付け, その動きを撮影した. 流速, 取付場所, カバーの有無をパラメタとして振動数, 迎角の関係を第11, 12図に示す. Strouhal 数で0.34 (前段外板無), 0.27 (外板無)程度である($R_e = 1.3 \times 10^6 / m$).



第11図



第12図

6. 高速風洞試験

超音速でも1, 2段接手部の外板の有無による効果を調べた. $1/47$ の模型を作製し, 実験には宇宙研超音速風洞を使用した. マッハ数は2.0および3.0, レイノルズ数 1.1×10^7 および 1.9×10^7 である. 各マッハ数, 外板の有無に対して C_{Na} , $C_{m\alpha}$, C_D を第3表に示す.

第3表 M-3C 超音速空力特性 (実験値)

マッハ数	外板	C_{Na}	$C_{m\alpha}$	C_D
2.0	有	10.9	-8.8	0.74
2.0	無	11.5	-8.6	0.76
3.0	有	9.2	-7.8	0.63
3.0	無	8.8	-7.1	0.59

7 おわりに

M-3Cでは空力的に見て1, 2段接手部に若干のくぼみがあるのが特徴である. 全体としての法線力, 圧力中心, 抵抗などに対するこの部分の影響は以上述べたように小さいが, 部分的な圧力上昇, 空力加熱の問題があり, また逆流のTVC配管, 配線に対する影響を充分考慮する必要がある.

1977年5月2日新設部(工学)

参考文献

- [1] 雛田元紀ほか；宇宙研報告8巻2号(A), pp. 293~316(1972)
- [2] 玉木章夫ほか；宇宙研報告4巻4号(B), pp. 583~600(1968)
- [3] W. C. Pitts et. al : NACA TR 1307 (1957)
- [4] 雛田元紀ほか；宇宙研報告, 11巻, 1号(B), pp. 111 ~ 130(1975)
- [5] 宇宙研Mロケット計画班M-3C-1計画概案, (1973)