

# カッパ6型ロケットの風洞試験

玉木章夫・三石 智・永井達成

前回報告した5型ロケットについて計画され、1958年6月以降の実験に用いられたカッパ6型-2段ロケットの3分力風洞試験および、その主ロケット150の胴体上に設けられた気圧測定孔の特性に関する風洞試験の結果を報告する。

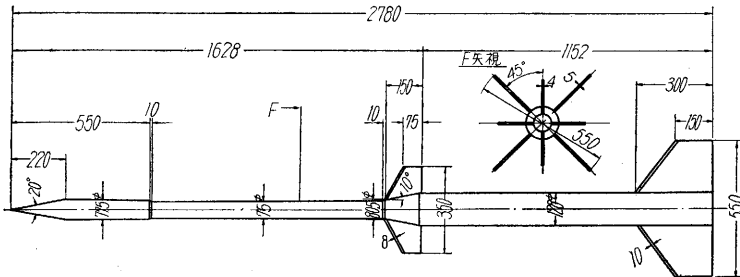
6型の3分力試験は航空研究所3m風洞において、また150の測圧孔の特性に関する実験は航空研究所の3m風洞、30cm×40cm遷音速風洞、12cm×12cm超音速風洞および5cm×10cm超音速風洞において行なわれた。

これらの実験にあたって種々のご便宜と有益なご助言をたまわった谷教授、河村教授、小口助教授に厚く感謝の意を表す。また実験に協力して下さった航空研究所の福井四郎、井内松三郎両氏にも厚く感謝する。

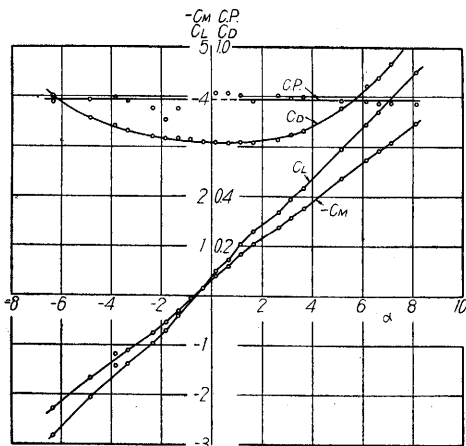
## 1. 3分力試験

### (1) 模型および試験方法

この試験に使用した模型は木製で実物の1/2である。



第1図 3分力試験用模型



第2図 特性曲線

ただしブースタの実物は接手部と尾翼筒の部分の外径が薬室部の外径よりいくらか大きくなっているが、この模型では簡単のため全部一樣な外径とした。その形状を第1図に示す。

主ロケットの尾翼は厚さ4mmの平板で、前縁8mmの部分はいくさび形に尖らせてあり、その1対の露出部面積は303.2cm<sup>2</sup>である。ブースタの尾翼は厚さ5mmの平板で、前縁10mmの部分がいくさび形であり、1対の露出部面積は949.5cm<sup>2</sup>である。

尾翼の配置は主ロケットが水平、鉛直、ブースタはそれと45°の角度をなしている。

使用した風洞は航空研究所の3m風洞で、試験風速は36m/s、全長でつくったレイノルズ数は6.6×10<sup>8</sup>である。

### (2) 試験結果

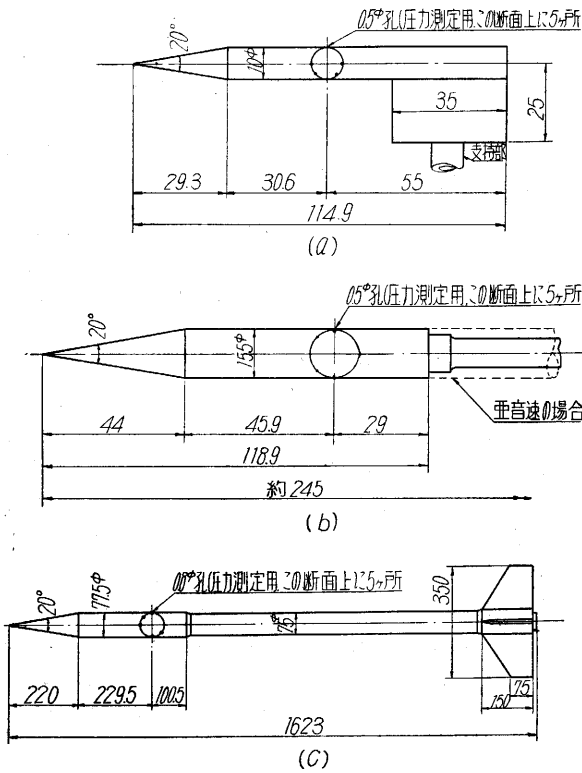
迎角を $\alpha$ 、動圧を $q$ 、全長を $l$ （ブースタを含む）、ブースタの直径を $D$ とし、空力諸係数の値はブースタの断面積 $(\pi/4)D^2$ を基準にとつた。すなわち揚力係数 $C_L$ =揚力 $[(\pi/4)D^2q]$ 、抗力係数 $C_D$ =抗力 $[(\pi/4)D^2q]$ 、縦揺モーメント係数 $C_M$ =縦揺モーメント $[(\pi/4)D^2ql]$ （先端まわりの値で頭上げを正にとる）、圧力中心位置 $C.P. = s/l = -C_M / (C_L \cos \alpha + C_D \sin \alpha)$ とする。ただし $s$ は先端から圧力中心までの距離である。

第2図に $C_L$ 、 $C_D$ 、 $C_M$ および $C.P.$ と $\alpha$ との関係を示す。 $\alpha=0^\circ$ 付近における $dC_L/d\alpha$ 、 $dC_M/d\alpha$ はそれぞれ32.6 rad<sup>-1</sup>、-25.8 rad<sup>-1</sup>である。また最小抗力係数は0.61、 $C.P.$ は先端から全長の79%にあることが示される。

これより重心位置を先端から全長の66%とすると、重心まわりのモーメント傾斜 $-C_{M\alpha C} = 4.2 \text{ rad}^{-1}$ となる。

なお $\alpha-C_L$ 、 $C_M$ 曲線が原点を通らないのは、模型が長いために中心軸が一直線上にないことおよび翼の取付にわずかな誤差があることによるものである。

主ロケット150の空力学的特性についてはすでに前報（生産研究、観測ロケット特集号、10巻10号、1958、254-258）に示した。



第 3 図 圧力測定用模型

2. 静圧孔の検定

6 型 CP 機の主ロケットには、飛しょう中に大気圧をはかるための測圧孔が設けられることになったので、種々のマッハ数において、この静圧孔の示す圧力と真の静圧とを比較するための風洞試験を行なった。

(1) 模型および風洞

実験には第 3 図の模型を使用した。

同図 (a) は半硬鋼製で、マッハ数  $M=4.3$  および  $3.75$  の超音速実験に用いた。超音速では静圧孔より下流の状態は静圧孔に影響をおよぼさないと考えられるから、下流の胴体は短くした。静圧孔は直径  $0.5\text{ mm}$  で同一円周上に 5ヶ所あり、その圧力は銅管によってマンメータまで導かれている。

(b) も半硬鋼製で、 $M=2.32$  の超音速試験および  $M=0.7\sim 0.8$  の亜音速試験に用いた。ただし、 $M=2.32$  の場合には図の実線の形とし、 $M=0.7\sim 0.8$  の場合には、模型の後部を点線で示すように半硬鋼製の管で後方まで延長した。静圧孔および導管は (a) と同様である。

(c) は風速  $36\text{ m/s}$  の低速試験に用いた模型である。これは木製で  $150\text{ S}$  の 3 分力試験に用いた模型に圧力測定用の銅管を埋めたものである。銅管は円周上に巻かれこれに直径  $0.8\text{ mm}$

の孔をあけて圧力測定を行なった。

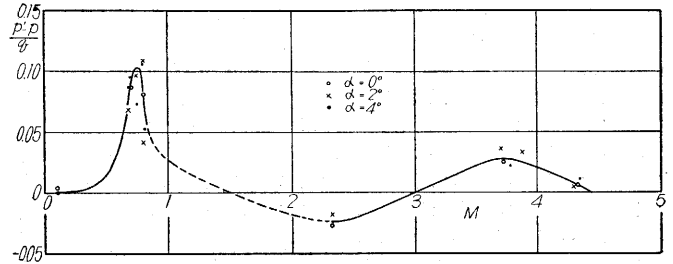
なお実機では円錐部の後端から静圧孔までの距離は直径の  $2.96$  倍であり、模型 (b), (c) においてはこの値が保たれているが、(a) ではこの長さの割合がわずかに大きくなっている。

$M=4.3$  および  $3.75$  の試験に用いた風洞は高压タンク ( $150$  気圧) につめた空気を直接吹き出す方式のもので測定室断面は  $5\text{ cm}\times 10\text{ cm}$ ,  $M=2.32$  の試験に用いた風洞は連続式風洞で測定室断面は  $12\text{ cm}\times 12\text{ cm}$ ,  $M=0.7\sim 0.8$  の試験に用いた風洞は高压タンク ( $150$  気圧) につめた空気による誘導式風洞で測定室断面は  $30\text{ cm}\times 40\text{ cm}$ , また風速  $36\text{ m/s}$  の試験は直径  $3\text{ m}$  の普通風洞によって行なわれた。これらの風洞はいずれも航空研究所の施設である。

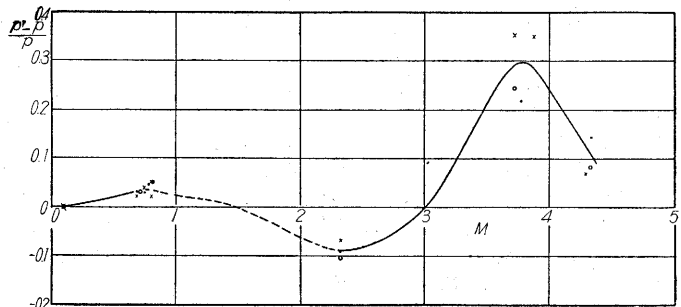
圧力の測定法は、 $M=4.3, 3.75$  および  $2.32$  の場合には 5 個の静圧孔の圧力を多管式マンメータに導いて直接読み取った。 $M=0.7\sim 0.8$  の場合には風速の持続時間が短いので多管式マンメータを写真に撮影し、後にこれを読み取った。また低速風洞の実験ではマンメータで 1 個ずつ測定した。

気流の静圧を求めるために、高速風洞ではまず壁面上に設けられた数個の壁圧孔によって静圧を測定したが、その中で模型の静圧孔位置に最も近い壁圧孔の示す圧力をもって真の静圧と見なした。低速風洞では模型を取り除いて、模型静圧孔の位置にプラントル型ピトー・静圧管において静圧を測定した。

おのおのの試験において、直径で作ったレイノルズ数



第 4 図  $(p' - p)/q$  と  $M$  との関係



第 5 図  $(p' - p)/p$  と  $M$  との関係

$Re_D$  は次の通りである。

| $M$  | $Re_D$            | $M$  | $Re_D$            |
|------|-------------------|------|-------------------|
| 4.3  | $7.9 \times 10^5$ | 0.7~ | 2.0~              |
| 3.75 | $8.7 \times 10^5$ | 0.8  | $2.2 \times 10^5$ |
| 2.32 | $1.7 \times 10^5$ | 0.1  | $1.8 \times 10^5$ |

(36 m/s)

## (2) 試験結果

気流の動圧を  $q$ 、マッハ数を  $M$ 、静圧孔の圧力を  $p'$ 、気流静圧を  $p$  とし、 $(p'-p)/q$  を  $M$  に対してえがいたものを第4図に示す。

静圧孔は第3図に示したように、上、下、横、斜上および斜下の5点にある。各孔の圧力は、本来ならば迎角  $\alpha$  に応じてそれぞれ系統的に変化し、かつ  $\alpha=0^\circ$  の場合にはすべて一致した値を示すべきものであるが、実験の結果では、各孔の圧力の迎角による変化が明らかでなく、また  $\alpha=0^\circ$  のときの値が必ずしも一致しなかった。これは模型の工作、特に静圧孔のあけ方の不完全にもとづくものと思われる。そこで、おのおのの迎角において、各孔の圧力の平均値を取って図に示してある。

高亜音速において  $p'$  が  $p$  よりかなり高くなるのは、円錐の肩に超音速領域ができて、その後端に衝撃波を生

じ、このため気流が剥離するか境界層が厚くなるかによって、静圧孔の位置の圧力が高くなるためと思われる。超音速において  $p'$  が一たん  $p$  より低くなってから、 $M=3.75$  で再び  $p$  より高くなるのは、高マッハ数では境界層が発達して、円柱部の有効径が下流へ行くほど増すためと推測される。

実用の立場からは、 $(p'-p)/q$  よりも  $(p'-p)/p$ 、すなわち静圧孔の圧力と真の静圧との差を、真の静圧で割ったものを示す方が便利と思われる。空気の比熱比 ( $c_p/c_v$ ) を  $\gamma$  とかくとき簡単な式の変形によって

$$\frac{p'-p}{p} = \frac{\gamma}{2} M^2 \frac{p'-p}{q}$$

とかくことができる。第5図にこの値を  $M$  に対してえがいたものを示す。この場合にも  $M=1\sim 2$  の間の曲線のつなぎ方かなりの随意性があるので、正確なことはいえないが、実機の飛しょう径路の頂点 ( $M \approx 1.3$ , 高度  $\approx 48$  km) の付近では、静圧孔の圧力の誤差は大気圧の1~2%と推定される。これより低い高度(高いマッハ数)でやや誤差が大きくなるが、高度35 km ( $M \approx 2.3$ ) の辺でも10%をこえることはないことが結論される。

(1959. 6. 1)

## アルバイト学生

秋田大学佐野学長ご夫妻がロケット実験に見えられたのは、昭和30年秋、ベビーTの時と記憶する。当時の道川烏森にあった仮設実験場は、テントと土のう構築の司令所と粗末なテレメータ室がある程度で野天のままだった。実験班員が砂丘を上ったり下りたり、かけ足したりして用を足す有様や、大きな声で見物人を制する有様はかなり原始的な風景だったにちがいない。いろいろお話を交わしている内、佐野先生は「ウチの学生をどうぞ使ってください。学生に適する仕事があるいろいろありますよ」といわれた。ロケットはその日不発に終わって面目ない気がした。それはともかく先生のこの日の助言が契機となって、現実実験場に移った頃から学生アルバイトをお願いするようになった。

アルバイトの役種は、総務班が一番多く、実験場の警備、風向・風速・気圧・気温等の計測と記録、气象台への連絡等である。次に多かったのは、光学系観測班の補助であった。中には補助とはいえない立派なおペレータを勤めた人もいて毎回指名をお願いするようになった有能な人もいた。アルバイト学生への期待が次第に大きくなり、ランチャ班・レーダ班・受信班・通信班等も求人するようになり、多い時は、30~40名を数えるに至り、彼等の輸送に1台の専用バスがいるようになった。私共雇う立場の実験班もいろいろ注文をつけたが、大学当局は、よく応じて下さった。早朝のバスに間に合う人、電話連絡のつく人、平沢、船川のレーダ班勤務はその付近の通学生であること等で、

これを満たすべく易々として奔走して下さった秋田大学厚生課の方々のお骨折は身に沁みる。大学同志という心易さで甘えたようである。

学生諸君は、よく働いた。指折り数えると秋田に4年間出入りする内、一月を除いた四季は、全部経験した。夏は灼ける砂浜を走る連絡に、冬は髪に雪を戴いて野外の職場に任じ、けわしい観測点への道の上下りには強力をつとめ、或はデリケートな装置のオペレーションや計算をこなし、土地測量に学習の片鱗を示し、輻輳した組織の中の通信にすぐ馴れてくれるなど頭腦的労働にも学生らしい特色を發揮した。初めに鉱山学部の学生のみであったが、いつの日か学芸学部の学生も参加するようになった。秋大付属北光寮へは大量応募で朝のバスをまわしたこともあった。受付という名目で女子学生も頼むようになった。受付を中心にして総務班の補助をやってもらった。書類の作成、データの整理、部屋の清掃・整頓から接待のたぐいまで、つまり組織の中で誰も手の届かぬ真空地帯の仕事を受持ってもらった。その受付嬢からもらう一杯の麦茶に、ホット一息つく。それはドライな実験場では福音の一服であった。実験主任が最上級の讃辞を呈した人もいた。彼女はY日(実験日)の数時間実験主任の秘書役をつとめた。受取りの早い順応性の高い性質の人だったと記憶する。いま頃は教壇の人となっているはずだから、ロケットの話を夢多い少年たちに吹込んであることだろう。

(J・S)