

高速度カメラによる 2 段ペンシル・ロケット飛翔特性の解析

— 高速飛翔体の光学的追跡に関する研究 第 2 報 —

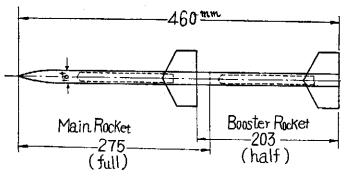
植村 恒義・山本 芳孝・深村 巖

1. まえがき 東大生産技術研究所観測ロケット研究班により、去る昭和30年4月国分寺旧射場にて行われたペンシル・ロケットの発射実験の結果を基として、次のペビー・ロケット発射の基盤ともなるべきブースター付 2 段ペンシル・ロケットの発射実験を 6 月 28 日東京大学生産技研内の水槽を利用した射場において行った。そして同実験において当研究室高速度カメラにより、ペンシル・ロケットと同様な方法で、2 段ペンシル・ロケットの飛翔特性を光学的に解析した。

同実験においてはブースター付 2 段ペンシル・ロケット 2 機 (No.1 および No.2) のほか発煙型 300mm ペンシル・ロケット 1 機の発射実験を行ったが解析は前者のみについて行った。

2 段ペンシル・ロケット No.1 は予期通りブースター・ロケットならびにメイン・ロケットが正常に飛翔し、2 段ロケット実験の目的は達成せられたが、2 段ペンシル・ロケット No.2 はブースターが点火せず、メインのみが前方に飛翔し、その噴射反動でブースターは後方にふき飛ばされて正規の飛翔を行わなかったが、その解析結果は 2 段ロケット飛翔特性の研究上、興味ある結果を示している。以下その解析結果を記載する。

2. 実験の概要 この実験に用いたペンシル・ロケットは長さ 275mm のメイン・ロケットと長さ 203mm のブ

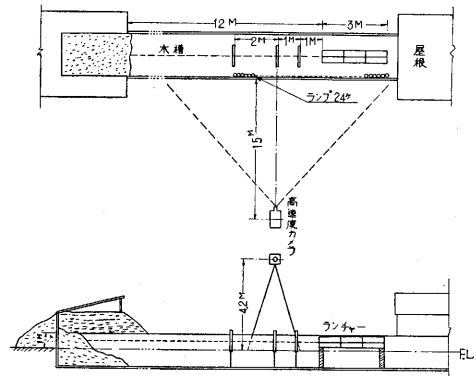


第 1 図 2 段ペンシル・ロケット

ースター・ロケットを組合わせた全長 460 mm の 2 段ロケットで (グラビヤ 1 頁参照)。直径は共に 18mm、尾翼は 4 枚、ねじれ角 0° のもので、重量はメイン・ロケット 205g、ブースター・ロケット 170g で計 375g であり、火薬の薬量はメインの方が Full (13g)、ブースターは half (6.5g) として第 1 図の如く結合されたものを使用した。

使用したカメラは 16mm Fastax 高速度カメラで、撮影速度は毎秒 5000 齣である。レンズは Fastax 用ラプター 35mm, $f:2$ にシネマスコープ用レンズを併用して水平方向の画角を 2 倍に拡大し撮影した。

射場は第 2 図に示すように水槽を利用したもので、発



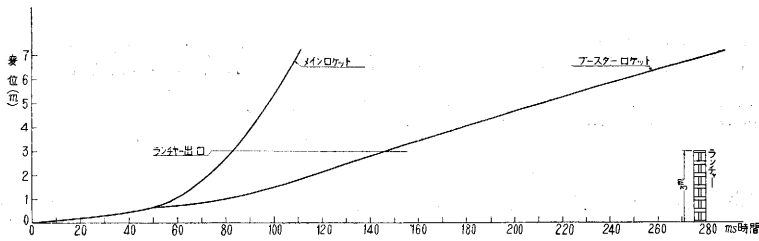
第 2 図 射 場

射台 (ランチャー) ならびに弾道線は危険防止のため、水槽の縁線より低く設置したため、カメラはロケット弾道より直角に 15m の位置にある高さ 4.2m のやぐら上に置き、弾道線を斜めより見下した状態にした。使用フィルムは Kodak 製 16mm High Speed カメラ用 Super X X 100 呎巻フィルムであり、カメラの始動は指揮台上のメインスイッチによる遠隔操作により、特殊リレー装置を作用させてカメラの起動とロケットの飛翔を同期させた。

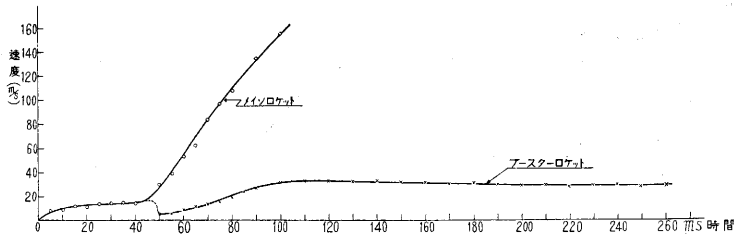
照明には 1kW 集光特殊電球 24 箇を水平に並べ、弾道線を 6m にわたって照らす方式を用いた。(口絵 1 頁参照)

3. 撮影結果 以上のような条件で撮影されたフィルムは、No.1 の場合約 1000 齣、No.2 の場合約 500 齣にわたってロケットの発進ならびに飛翔状況を示している。これらの撮影結果を緩速度で映写し、フィルムの画面からロケットの飛行状態、エンジンの燃焼状況等を観察解析し、さらに 1 齣ごとに画面を拡大投影して精密測定を行い、変位、速度、加速度特性曲線を求めた。なお撮影速度は No.1 においては 4590 齣/秒、No.2 においては 4350 齣/秒である。

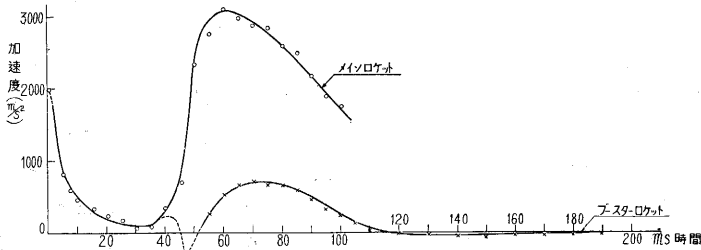
2 段ペンシル・ロケット No.1 このロケットは発射より 50m sec はブースターのみが噴射し、メインと一体となって進んでいるので、この間の変位速度曲線は先のペンシルの場合の特性曲線* 中の Half ロケットの変位曲線と同様の傾向を示している。40m sec に至ってメインが噴き出してブースターに反動を及ぼし、ペンシルの Full ロケットに近い変位曲線 (第 3 図) を描いて飛翔



第3図 ブースター付2段ペンシルNo.1 変位-時間関係図



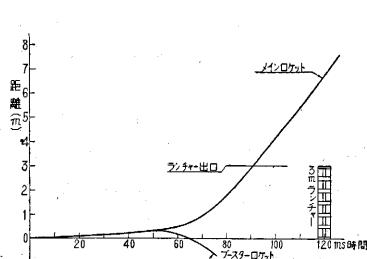
第4図 ブースター付2段ペンシルNo.1 速度-時間関係図



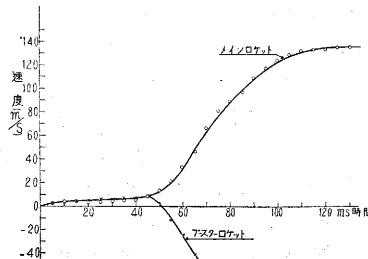
第5図 ブースター付2段ペンシルNo.1 加速度-時間関係図

する。この時ブースターはメインの反作用をうけて減速されるが、これが第4図の速度時間曲線に著しく表われている。ただし、Fastax 高速度カメラによる測定範囲内ではその分岐点の確かさは望めないので図では点線で表わしてあるが、この点において著しい加速度変化を示していることはうかがえる。第5図の加速度時間曲線において、発射直後ブースターはペンシルの場合の half より比較的大きな加速度 200g 程度で飛び出し、約 45~50m sec の付近でメインが噴き出して、ペンシルの Full の場合と同程度の加速度 300g 程度を生じている。実際には Full の場合よりわずかに低い、質量がペンシルの場合より大きくなっているためである。

2段ペンシル・ロケットNo.2 このロケットにおいて



第6図 ブースター付2段ペンシル No.2 変位-時間関係図

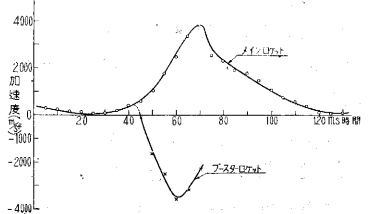


第7図 ブースター付2段ペンシル No.2 速度-時間関係図

はNo.1のような2段ロケットとしての飛行軌跡は示さなかった。すなわちイグナイターに点火したのみで発射を開始しブースター燃料は全然燃焼しておらず、45~50m sec に至ってメインに着火した。そのためイグナイターの燃焼のみで推進していたロケット全機はほとんど推力を有せずメインの大きな推力の作用を受けた結果、メインとブースターは反撥し合ってメインは発射方向前方へ、ブースターはその後方へと噴き飛ばされてしまった。まず第6図の変位曲線で見られる如く先のNo.1の場合よりはるかにゆるい変位曲線が初めの 50m sec ほど続き、メインの着火と同時にほぼ対称型に前後方向に変位して分かれていることが分かる。50 msec までの速度は平均 5m/sec 程度、加速度はわずか 30g 程度しか生じていないことが測定でき(第7, 8図)ブースター燃料の燃焼していないことが証明されている。メインが噴き出すやブースターもその推力を逆に受けて急激に 350g 程度の逆方向の加速度を生じている点は、その反動力の大きさを知るのに意義がある。

4. むすび 2段ペンシル・ロケットの水平飛行は実験の回数が少なかったので、以上の2機の比較しかできなかったが、垂直飛行に移る前の2段ロケットとして重要な試験飛行であり、その点この2機の2段ペンシル・ロケットの対称的な結果は非常に大切な結果をわれわれに与えてくれた。No.1において見られるように総て特性曲線はメインとブースターの特性的なほぼ単純な合成からなっており、少なく共この程度の2段ロケットではそれ以外の複雑な問題は起らないことが証明された。また No.2 においてはメインのブースターにおよぼす反動の程度が No.1 と比較でき、さらにイグナイターの点火のみによってどの程度の推力が生じるかも測定できた。(1955. 8. 25)

*植村, 山本; 高速度カメラによるペンシル・ロケット飛行特性の解析(高速飛行体の光学的追跡に関する研究 第1報) 生産研究第7巻 第8号 (1955)



第8図 ブースター付2段ペンシル No.2 加速度-時間関係図