

# カッパIV型1, 2号機の光学的追跡について

—高速飛しょう体の光学的追跡に関する研究(第19報)—

植村 恒義・山本 芳孝・伊藤 寛治・山谷 健三郎

## 1. ま え が き

カッパⅢ型ロケットの性能が、昭和32年5月より7月に至る3機の飛しょう実験により確認されたので(生産研究32年11月号 Vol. 9, No. 11 参照)、高度40 km以上を目指すカッパⅣ型2段式ロケットの飛しょう実験の段階となり、1号機が昭和32年9月20日午後7時3分、2号機が同月22日午後7時にそれぞれ秋田県道川の東大ロケット実験場において夜間飛しょう実験として発射された。

カッパⅣ型ロケットは128Jメイン・ロケットとⅢ型の220Bブースタのかわりに高性能大型の330Bブースタ・ロケットを組合せた2段式ロケットで全長5.86 m、全重量364 kgのもので、初めの本観測用として内部に宇宙線計測器、加速減速度計(X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>)、テレメータ送信機、レーダ・トランスポンダ等を搭載した。

また光学的追跡が容易であるように、1号機にはメイン・ロケットに赤色発光筒2本、ブースタ・ロケットには緑色発光筒2本を付加して飛しょう実験を行ったが、2号機はブースタ・ロケットのみとし、メイン・ロケットは発光筒を点火せずに、それぞれ発射角70°、65°、発射方向磁気真西のもとに実験を行った。

以下Ⅳ型ロケットに関して南、中央、高速度カメラの各観測点より光学的追跡を行い、その測定結果により、飛しょう特性を求めることができたのでここに報告する。

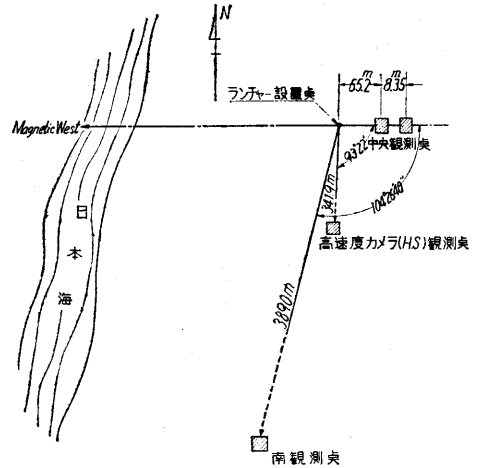
## 2. 追跡撮影装置

下記の各種の光学的装置を第1図に示すような観測点に配置し、いずれも良好な結果を得ることができた。

以下カメラデータについては、第1表に示す通りであり、各装置についてはすでに第17報および第18報に詳しく説明してあるのでここでは簡単に説明する。

### (1) Ⅳ型1号機に使用した追跡撮影装置

a) 南観測点回転シャッタ付広角固定カメラ レンズ Topogon 200 mm, F: 6.5, およびレンズ Xenar 135 mm, F: 4.5 の固定



第1図 追跡撮影装置配置図

カメラ2台を使用した。

このような超広角レンズを使用し、ロケットの飛しょう航跡を1枚の大判フィルム上に記録し、これより飛しょう特性を求める。

第1表 カッパⅣ型使用カメラデータ

使用カメラ		K-VI-1	K-VI-2
16 mm Fastax 高速度カメラ (高速度カメラ観測点)	レンズ 絞り カメラ電圧 同期 撮影速度 露出時間 画面 フィルム フィルタ	Raptar 35mm f: 2 f: 2 104 V リレー使用 X-2 秒 4,000 f/s 1/20,000 sec. ランチャー付近 Tri-X なし	Raptar 135mm f: 3.5 f: 3.5 103 V リレー使用 X-2 秒 4,000 f/s 1/20,000 sec. ランチャー付近 Tri-X なし
35mm Bell & Howell 撮影機 (高速度カメラ観測点)	レンズ 絞り フィルタ シャッタ角 撮影速度 1 駒の露出時間 画面 フィルム	Nikkor 180mm f: 2.5 f: 2.5 open なし open 24 f/s 1/50 sec. Fuji Negative film	左に同じ
16mm Filmo 撮影機 (高速度カメラ観測点)	レンズ 絞り フィルタ 撮影速度 1 駒の露出時間 フィルム	1" f: 1.9 f: 1.9 open なし 64 f/s 1/130 sec. Fuji Negative film	左に同じ

使用カメラ		K-IV-1	K-IV-2
15倍手動追跡装置 (南観測点)	追跡撮影カメラ	本体 レンズ 絞り フィルタ 撮影速度 同期 1 駒の露出時間 フィルム	Filmo 型改造カメラ Raptar 381mm f: 5.6 f: 5.6 open なし 16 f/s 1/500 sec. Fuji Negative film
	目盛撮影カメラ	レンズ 絞り フィルタ 撮影速度 同期 1 駒の露出時間 フィルム	1" f: 1.8 f: 8 なし 16 f/s ストロボによる Fuji Negative film
固定カメラ A (南観測点)	レンズ 絞り フィルタ シャッタ角 シャッタ回転数 フィルムサイズ フィルム	Topogon 200mm f: 6.5 f: 6.5 open なし 45° close 1 r.p.m. 350mm×350mm SSS カット	使用せず
固定カメラ B (南観測点)	レンズ 絞り フィルタ シャッタ角 シャッタ回転数 フィルムサイズ フィルム	Xenar 135mm f: 4.5 f: 4.5 open なし 45° close 1 r.p.s. カビネ判 SS	左に同じ
ブリモ フレックス (南観測点)	レンズ 絞り フィルタ シャッタ フィルム	使用せず	Topcor 75mm f: 3.5 f: 3.5 open なし open Agfacolor ASA32
35mm Mitchell 追跡装置 (中央観測点)	本体 レンズ 絞り フィルタ 撮影速度 1 駒の露出時間 フィルム	35mm Mitchell 改造カメラ Canon 800mm f: 8 f: 8 open なし 11 f/s 1/320 sec. Fuji Negative film	35mm Mitchell 改造カメラ Canon 800mm f: 8 f: 8 open なし 20 f/s 1/400 sec. 左に同じ
固定カメラ (中央観測点)	レンズ 絞り フィルタ シャッタ角 シャッタ回転数 フィルムサイズ フィルム	Topogon 100mm f: 6.3 f: 6.3 開放 なし 90° 1/4 r.p.s. 180mm×180mm SS	左に同じ

時間軸としてはレンズの前面に大型回転シャッタを配し、このシャッタに開角度を設けてシンクロナスマータで駆動させる。

**b) 中央観測点回転シャッタ付広角固定カメラ** レンズ Topogon, F: 6.3 の超広角レンズを有する航空カメラを設置した。

中央観測点は発射方向の真後に設けてあるので、ロケットの偏向角、および俯仰角を記録することができる。なお、時間軸には南観測点の場合と同じく、回転シャッタに開角度を設けてシンクロナスマータで駆動させた。

**c) 南観測点 15 倍手動追跡装置(写真 1)**

倍率15×の双眼鏡でロケットの飛しょう状態を追跡し、俯仰、旋回角、および時刻目盛を1カ所で指示するようにし、その目盛を目盛撮影機で記録すると同時に、ロケット記録用撮影機でロケットの飛しょう状況を撮影するものである。

**d) 中央観測点 Mitchell 改造追跡装置**

(写真 2) 本格的な追跡装置で、望遠レンズ付撮影機でロケットを記録し、同時に画面の左側に俯仰、旋回角目盛、時刻目盛を記録するようにになっている。追跡操作は俯仰、旋回角を2人で受けもち、歯車付のハンドルで駆動するものである。

**e) 16mm Fastax 高速度カメラ** (高速度カメラ観測点) 高速度カメラを使用することによりロケットのランチャー離脱付近を相当の精度で解析することができる。

今回はレンズ、Raptar 35 mm, F: 2 を使用し、撮影速度 3,500 駒/秒で発射付近約 100 m の範囲を撮影する。

**f) 35 mm Bell & Howell 撮影機** (高速度カメラ観測点) レンズ Nikkor 180 mm, F: 2.5, 撮影速度 24 駒/秒でロケットの飛しょうを追跡撮影し、飛しょう状況を知るために使用した。

なお、このカメラは撮影速度を 100 駒/秒以下自由に換えることができ、駆動はシンクロナスマータである。

**(2) IV 型 2 号機に使用した撮影装置**

2 号機においては、メイン・ロケットの発光筒を点火せずに飛しょう実験を行ったため撮影装置においても追跡装置を使用しないで固定カメラ、Fastax 高速度カメラ等のみを使用した。なお次に示す装置は 1 号機に使用したものと全く同一のものであるので、前述の装置を参照されたい。

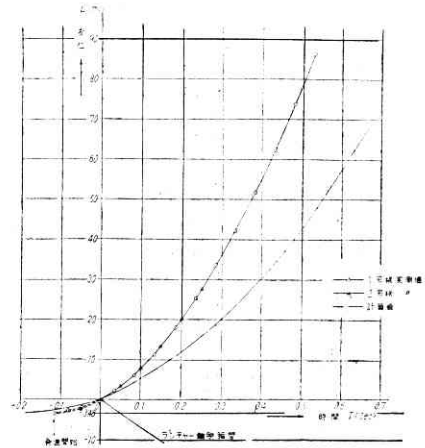
- a) 南観測点回転シャッタ付広角固定カメラ (2 台),
- b) 中央観測点回転シャッタ付広角固定カメラ, c) 16 mm Fastax 高速度カメラ, d) 35 mm Bell & Howell 撮影機.

**3. 飛しょう観測**

IV 型-1 号機はブースタ・ロケットの燃焼およびメイン・ロケットのコースティングは正常な飛しょうを行ったが、メイン点火後約 2.5 秒 (発射後 15.4 秒) で、発光筒が消え、以後の航跡を追跡できなかったが、その後 15 倍手動追跡装置および Mitchell 改造追跡装置による追



写真 1



第2図 K-IV 1, 2号機  
変位(L)-時間(T)曲線  
(Fastax 高速度カメラ)

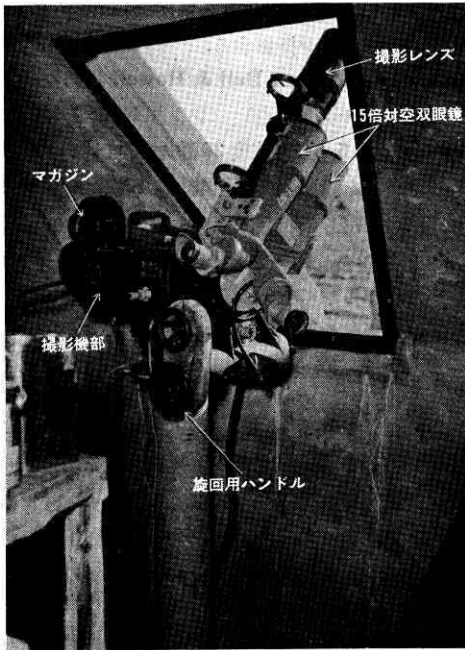
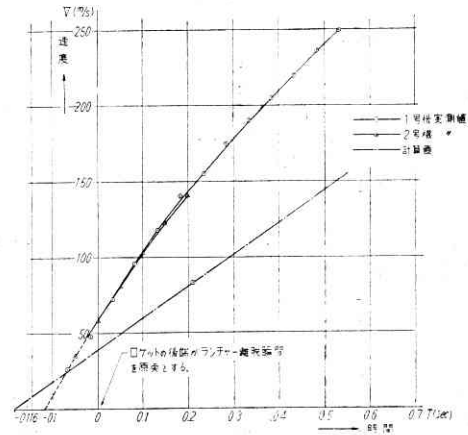


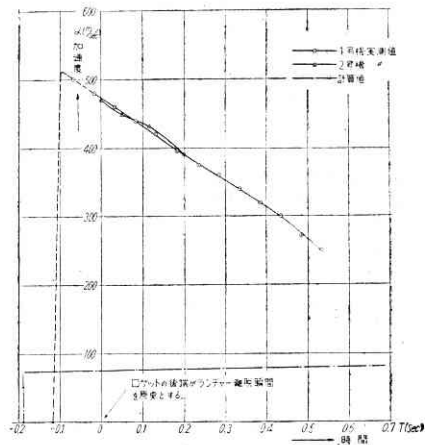
写真 2



第3図 K-IV 1, 2号機  
速度(V)-時間(T)曲線  
(Fastax 高速度カメラ)

跡は直ぐブースタ・ロケットの追跡に換え、海面落下まで捕捉することができた。

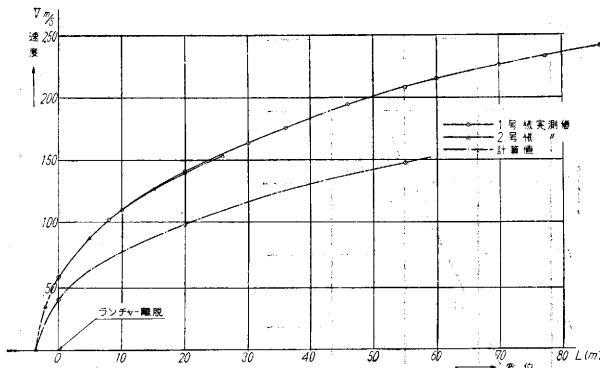
IV型-2号機は発射約3秒後のブースタ・ロケット燃焼末期より動揺運動を起し、燃焼終了直後に追跡不能の状態となった。回転シャッター付固定カメラにおいて、これらの飛しょう状況を明確に捕えることができた。



第4図 K-IV 1, 2号機  
加速度( $\alpha$ )-時間(T)曲線  
(Fastax 高速度カメラ)

4. 観測結果の解析

(1) IV型-1号機の観測結果の解析



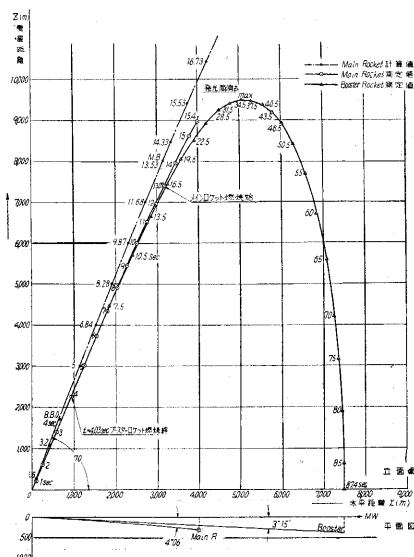
第 5 図 K-IV 1, 2 号機 速度 (V)-変位 (L) 曲線 (Fastax 高速カメラ)

a) 16 mm Fastax 高速カメラによる解析結果

Raptor 35 mm レンズを使用し、ランチャー付近約 100 m の範囲を撮影した。撮影速度は 4,000 画/秒である。記録した撮影画面より変位-時間曲線 (第 2 図) を求め、この曲線を図式微分し、速度-時間曲線 (第 3 図)、さらに微分して加速度-時間曲線 (第 4 図) を求めた。またこれらの結果より速度-変位曲線 (第 5 図) を求めた。

解析の基準として、イグナイタ点火と同時に写真用フラッシュを同期させて点火し、それを画面に写し込むようにしてある。なお、原点としてはいずれもランチャー離脱瞬間を用いてある。

変位-時間特性: 解析結果によれば、第 2 図のように、燃焼中の推力を平均値にとった計算値よりも相当大きな値をもっていることがわかる。発進開始瞬間を原点としなかったのは、発進開始時の変位が少ないので誤差が生じるため、明白なランチャー離脱瞬間を基にしたため、発進開始瞬間は負になる。



第 6 図 K-IV 1 号機飛しょう軌跡曲線

速度-時間特性: ランチャー離脱時の速度はほぼ 60 m/sec であり、計算値の約 40 m/sec にくらべて相当大である。

加速度-時間特性: ランチャー離脱で測定値の加速度は 470 m/sec<sup>2</sup> の値を示しており、離脱より 0.5 秒後には減速して 260 m/sec<sup>2</sup> の値までになっている。

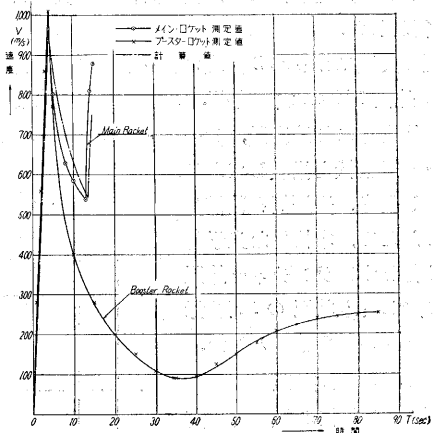
b) 回転シャッター付広角固定カメラによる解析結果  
南、中央両観測点に設置したカメラ共、メイン・ロケットの点火後 2.5 秒の航跡、ブースタロケットの全航跡をそれぞれ記録した。

この記録結果により、作図解法で求めた結果、追跡装置による測定結果とほとんど一致している。

c) 追跡装置による解析結果 15倍手動追跡装置および Mitchell 改造追跡装置により得られた各時間における俯仰、旋回角の測定値を基にして立体幾何等の応用により数値計算を行い、飛しょう軌跡を求めた。

その結果、1号機はブースタ・ロケットおよびメイン・ロケット共に発射方向より北側に偏向して飛しょうしておりブースタ・ロケットの燃焼終りは 4.03 秒で発射地点より水平距離 930 m、高度 2,270 m であり、メイン・ロケットは発射時より 15.4 秒後水平距離 4,000 m、高度 8,950 m の位置で発光筒が消えたため、以後の航跡を求めることができなかった。ブースタ・ロケットの最高高度は 34.5 秒後、高度 9,485 m、水平距離 5,060 m の地点で、87.4 秒後に発射地点より水平距離 7,470 m の海面に落下した (第 6 図)。

なお、図式微分法により速度-時間特性を求めたので第 7 図に示す。この結果、1号機はブースタ・ロケット



第 7 図 K-IV 1 号機合成速度曲線

の燃焼中においては計算値よりも相当大きな速度を有して飛しょうしており、メイン・ロケットのコースティング中においては計算値よりも小さな値をもって飛しょうしていることがわかる。

(2) IV 型-2 号機の観測結果の解析

a) 16 mm Fastax 高速度カメラによる解析結果

Raptar 135 mm レンズを使用し、撮影速度 4,000 駒/秒で撮影し、発射付近約 40 m にわたって解析することができた。

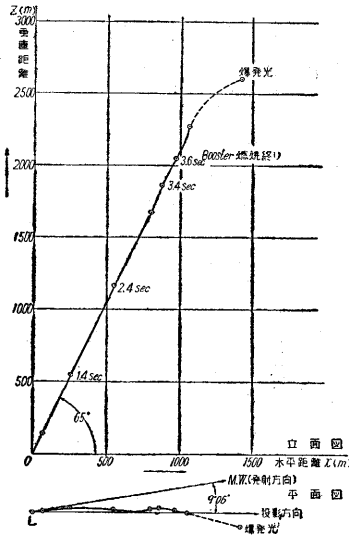
撮影画面より変位-時間曲線を求め、図式微分により、速度-時間、加速度-時間曲線を求めた。この結果を1号機と同一グラフ上に示した(第2,3,4,5,図)。

なお、解析結果は計算値よりも相当大きな値を示しているが、1号機と、ほとんど同じ値をもっているの、ここでは各特性に対して述べることは省略する。

b) 回転シャッタ付広角固定カメラによる解析結果

発射時からのブースタ・ロケットの燃焼終了までの飛しょう軌跡および発射方向よりの偏向角を求めた。

この結果、2号機は第8図に示すごとく、ブースタ・ロケットは約3秒で旋回運動を起し始めており、燃焼終了が3.6秒後で高度2,050m、水平距離970mであり、北側に8°40'偏している。この付近でブースタ・ロケットは複雑な旋回運動の飛しょう軌跡を画いており、さらに



第8図 K-IV 2号機飛しょう軌跡

高度、2,600m の位置にメイン・ロケットの爆発光らしい明るい閃光が確認されている(グラビヤ写真参照)。

5. むすび

1~2号機共飛しょう実験において使用した光学的撮影装置は、所期の性能を十分達することができ、いずれも良好な結果を得ることができたが、1,2号機ともロケットの飛しょうが正常でなかったのは残念であった。

(33.8.11)

カッパ 122-S 型 1号機の光学的追跡について

—高速飛しょう体の光学的追跡に関する研究(第20報)—

植村 恒義・山本 芳孝・鷹野 修二

1. ま え が き

カッパ 122S 型 1号機の飛しょう実験は、昭和32年12月23日午後4時15分、秋田県道川東大ロケット実験場において、発射角68°、発射方向磁気真西より北へ5°で行われた。

今回の実験はカッパ2段式ロケットのメイン部(全長2.8m、外径122mm、重量45.8kg)のみの飛しょう実験で、機体内部に加速度計、レーダ・トランスポンダ、テレメータ送信機を搭載してある。

しかし発光、発煙筒を装備しなかったため、本格的な光学的追跡は行わずにランチャー離脱付近の飛しょう状況のみ記録し、解析するのを目的とした。

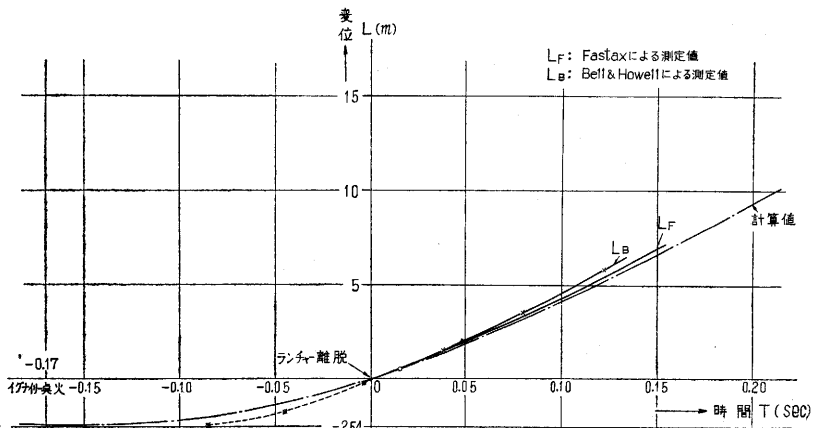
2. 撮 影 装 置

122S 型 1号機の飛しょう実験においては高速度カメラ観測点(ランチャー南方約340m)に16mm Fastax 高速度カメラを固定して撮影を行い、また、中央観測点(ランチャー真後約65m)より35mm Bell & Howell 撮影機にて追跡を行っ

た。このほか、ランチャー直前に35mm Mitchell カメラ(35mm レンズ付)および高速度カメラ観測点に16mm フィルモ撮影機を使用した。

解析上、以上の撮影機を用いたのは、高速度カメラを用いてランチャー付近の飛しょう特性を求め、35mm Bell & Howell 撮影機にてエンジン燃焼中の状況を知るため追跡を行った(カメラデータについては第1表に示してあるゆえ参照されたい)。

3. 飛しょう観測



第1図 変位-時間曲線