

カッパ III 型 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17報)—

植村恒義・伊藤寛治・山本芳孝・山谷健三郎

1. ま え が き

カッパ III 型 2 号機は、III 型 1 号機の結果にかんがみ光学的観測を確実にするため、発光筒を付加して夜間飛しょうを行うことになり、昭和 32 年 6 月 22 日午後 8 時 45 分、秋田県道川実験場において最初の夜間飛しょう実験を行った。

この実験に際し、飛しょう中のロケットを光学的に追跡して最高到達高度、落下地点、飛しょう時間、飛しょう軌跡を求めるため、従来使用した 15 倍手動追跡装置、ミッチェル改造追跡装置、高速度カメラ等の他に夜間専門に試作した飛しょう軌跡記録用回転シャッタ付広角固定カメラ 4 台を配置し、3 観測地点より追跡を行った。

追跡装置、固定カメラ等の撮影結果を解析することにより飛しょう特性を求めることができたので簡単に報告する。

2. 追 跡 装 置

光学的追跡装置の基礎条件として、追跡性能、精度の向上のためには同時追跡撮影は不可欠である。俯仰、旋回角の角度目盛も同時に画面に撮影されるのが望ましい。また観測点間の同期も特別の装置が必要である。以上の点を中心としてカッパロケット III 型 2 号機の追跡に使用した追跡装置について述べよう。

(1) 回転シャッタ付広角固定カメラ

カッパ III 型 1 号機までは昼間飛しょう実験を行っていたが、光学的な観測等から考慮して夜間飛しょうの方が適しているためカッパ III 型 2 号機は夜間飛しょう実験が行われた。そこでカメラ班は光学的追跡装置の他に新たに超広角レンズを使用して、ほとんど全軌跡を捕捉できるように四つ切判のフィルムを使用する回転シャッタ付固定カメラを設計、試作した。

飛しょう軌跡の時間軸としては大型回転シャッタを用いてこのシャッタの開角度、および回転数により決定するようにした。ここで回転シャッタは等速度で回転させる必要があるためシンクロナス・モータを使用した。

固定カメラによる飛しょう軌跡の記録方法としては、ホッド・セオドライド方法によるもので、固定カメラの上部にトランシットを取り付け、始め一定の基準点にカメラの光軸を合わせ、その基準点をトランシットにより測定する。ついでその時の飛しょうするロケットの飛しょう軌跡(計算値)により、光軸の俯仰角および旋回角

を決め、その角度をトランシットで測定するものである。なお水平線を基準とした線上に数ケの豆ランプを点灯して、フィルム上に記録し飛しょう軌跡を解析する基にした。

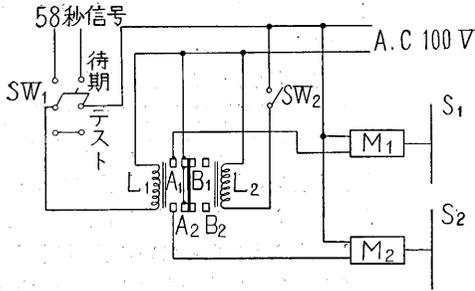
第 1 表 カッパ III 型 2 号機高速度カメラおよび固定カメラデータ

16mm Fastax 高速度カメラ		レンズ 絞り カメラ電圧 同期 撮影速度 1 駒の露出時間 画面 フィルム	ラプタ 50mm F: 2.8 開放 F: 2.8 60→60→57V 手動(発射1秒前) 2000 駒/秒 1/10,000秒 ランチャー付近 Tri-X (ASA 200)
	中央観測点 固定カメラ	A	レンズ 絞り シャッタ開角度 シャッタ回転数 フィルムサイズ
B		レンズ 絞り シャッタ開角度 シャッタ回転数 フィルムサイズ	エクタ 305mm F: 2.5 F: 2.5 開放 90° 1/4 r.p.s 4ツ切版
高速度カメラ観測 点固定カメラ		レンズ 絞り シャッタ開角度 シャッタ回転数 フィルムサイズ	クスナ 135mm F: 4.5 F: 4.5 開放 3.6° 10r.p.s. キャビネ版
南観測点固 定カメラ	A	レンズ 絞り シャッタ開角度 シャッタ回転数 フィルム・サイズ	トボゴン200mm F: 6.5 F: 6.5 開放 180° 1 r.p.s. 4ツ切版
	B	レンズ 絞り シャッタ開角度 シャッタ回転数 フィルムサイズ	テッサ 250mm F: 3.5 F: 3.5 開放 270° 1 r.p.s. 4ツ切版

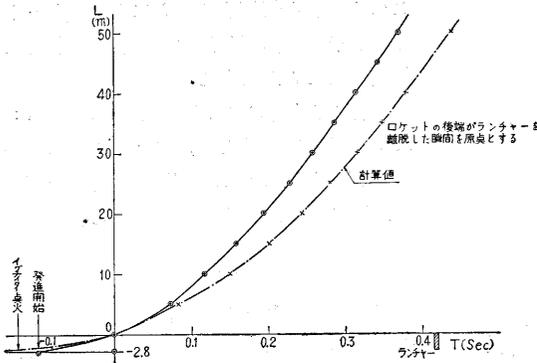
1) 中央観測点固定カメラ

別表に示すごとく中央観測点には、トボゴン 100 mm F: 6.3 の超広角レンズを有する航空カメラ、およびエクタ 305mm, F: 2.5, の大口径大型レンズによる固定カメラの 2 台を設置した。

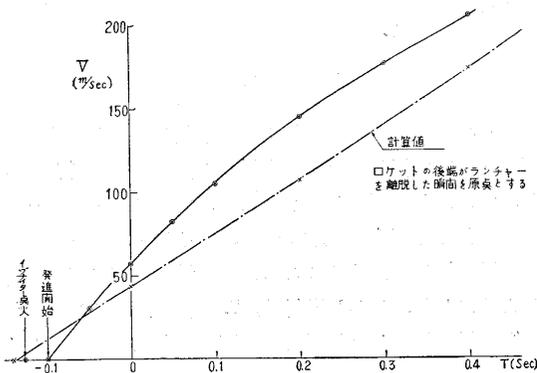
中央観測点においては、ロケットがランチャーより発射されたとき、ミッチェル追跡装置による捕捉は発射後数秒は角速度が大きく相当の熟練を要する。したがって固定カメラを使用することにより、もしミッチェル追跡装置がロケットを捕捉できなかった場合でも完全に軌跡



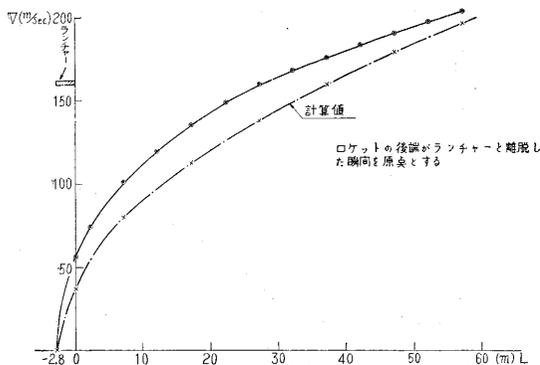
SW₁: 信号用スイッチ S₁, S₂: シャッタ羽根
 SW₂: リセットスイッチ M₁, M₂: シャッタ駆動用同期電動機
 第 1 図 回転シャッタ起動回路



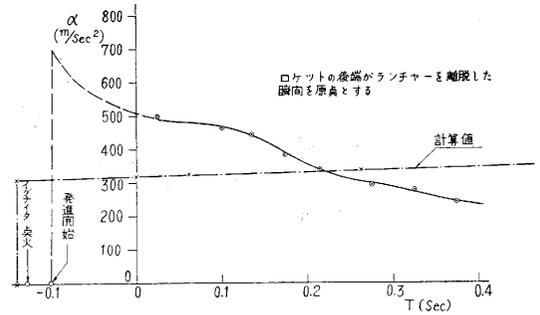
第 2 図 カップⅢ型 2 号機 変位(L)—時間(T)曲線



第 3 図 カップⅢ型 2 号機 速度(V)—時間(T)曲線



第 4 図 カップⅢ型 2 号機 速度(V)—変位(L)曲線



第 5 図 カップⅢ型 2 号機 加速度(α)—時間(T)曲線

をカメのフィルム上に記録できる。

2) 南観測点固定カメラ

南観測点では、レンズ、トポゴン 200mm F: 6.5, およびレンズ、テッサー 250mm, F: 3.5 の固定カメラ 2 台を使用した。

南観測点において使用した固定カメラの目的は、15倍追跡装置は中央観測点におけるミッチェル追跡装置に比べて動作する角速度も小さく、熟練すればロケットの全航跡を捕捉することも可能である。カップⅢ型 2 号機はブースター・ロケットとメイン・ロケットによる 2 段階ロケットのため二つの飛しょう軌跡が画かれる。

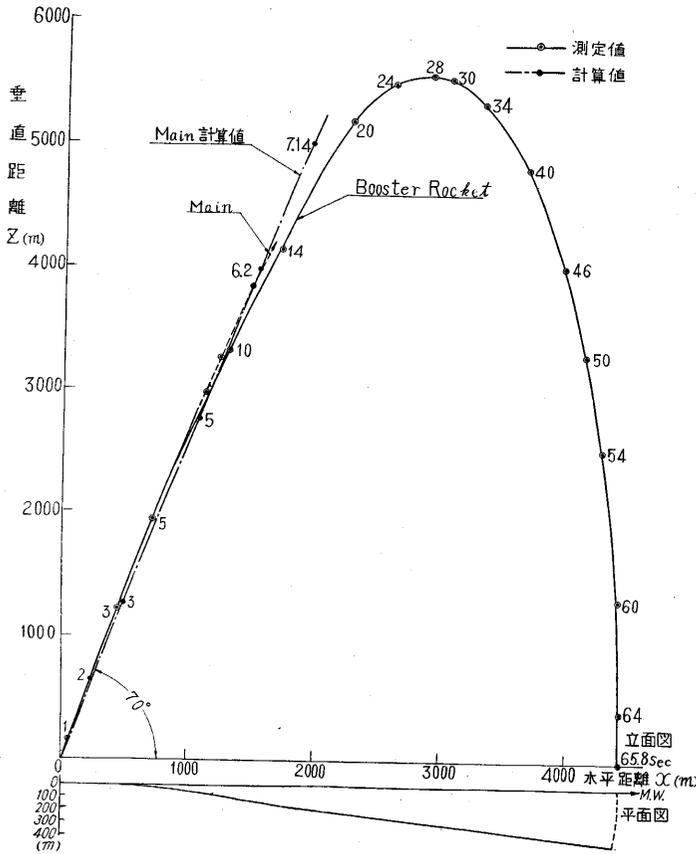
3) 高速度カメラ観測点固定カメラ

高速度カメラ観測点はランチャー設置点より近距離に設けてあり、ここに固定カメラを据え付けて発射時から数秒間の航跡を記録して、ロケットのランチャー離脱付近を解析するために設置した。

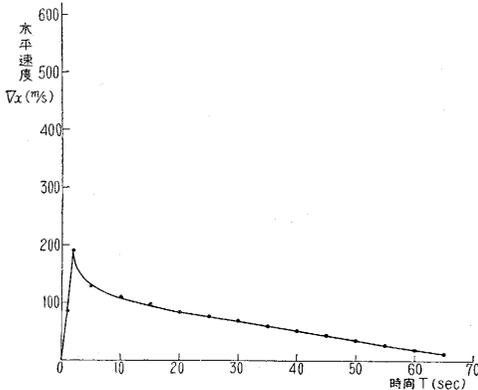
4) 回転シャッタ起動回路

固定カメラに撮影させる航跡の時間軸を入れるため、回転シャッタを使用した。このシャッタは所定の開角度だけ切り取った円板をレンズ直前におき、シンクロナス・モータにより定速度で回転させるものである。

しかしこれがロケットの飛しょう特性を解析するためその時間が正確である必要上、ロケットの発射時間とある関係をもった時刻に回転シャッタを起動する必要がある。それ故、中央観測点における固定カメラは中央指令室に設置してあるマスタ・コントロール・ボックスからの信号によって動作するリレーによって自動的に回転シャッタが起動するようにした。その配線図を第 1 図に示す。中央指令室のマスタ・コントロール・ボックスからの信号は有線により、ロケット・イグナイタ点火の 2 秒前の 58 秒信号、イグナイタ点火の零信号、および各観測点間の時刻同期をとるための毎秒 1 サイクルの信号と、計三つの信号が送られてくる。これらの三つの信号は閉回路となる接点として送られてくるので、われわれの使用目的からはさらにもう一段のリレーを必要とする。このリレーには特殊のリレーを用いた。このリレーは一度、コイル L₁ を励磁することによって接点 A₁,



第6図 カップⅢ型2号機飛しょう軌跡



第7図 カップⅢ型2号機ブースター・ロケット
水平速度(V_x)—時間(T)曲線

A_2 が閉じた B_1, B_2 が開の状態となる。この状態は L_2 を励磁するまで続き、外部の信号の状態とは無関係になるのである。

(2) 15倍手動追跡装置

前回まで使用した(第15報参照)追跡装置と全く同じ装置である。すなわち15倍倍双眼鏡にてロケットの飛しょう軌跡を追跡し、俯仰、旋回角目盛、時刻目盛を一ヶ所に集めて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を撮影するものである。

(3) ミッチェル改造追跡装置

15倍の双眼鏡で追跡するもので俯仰角、旋回角を二人で受けもち、歯車装置で追跡操作を行い、撮影機の画面内にロケットを記録すると同時に時刻目盛、角度目盛をも写し込むようになっている(第15報参照)。

(4) 16mm Fastax 高速度カメラ

ロケットの発射地点より南方341.9mの高速度カメラ観測点に設置して使用した。この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までを相当の精度で解析することができる。

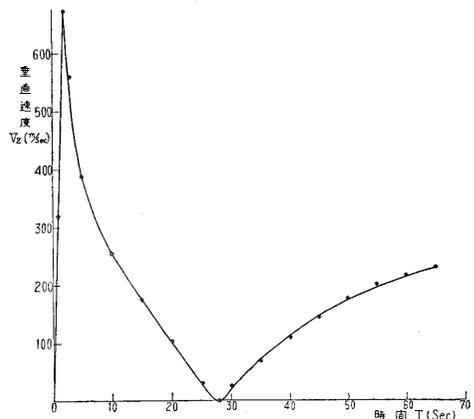
使用した撮影レンズはラプタ50mm, f:2.8で絞りは開放とし、フィルムはEastman, Kodak, Tri-x (ASA, 200)を用いた。撮影速度は2000齣/秒である。

3. 観測点の位置

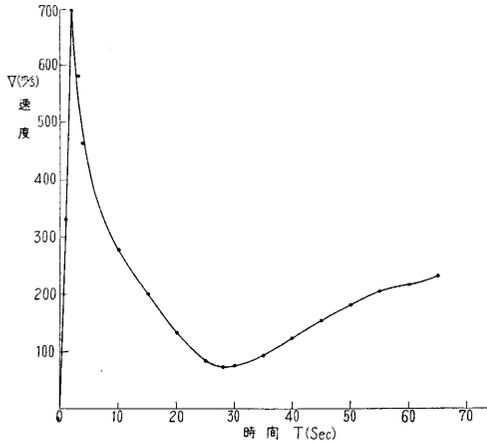
観測点の設置としては、カップⅡ型1号機、カップⅢ型1号機の飛しょう実験の時と同様に南、中央、高速度カメラ、の3観測点にてそれぞれ追跡カメラを配置してある。

4. 観測結果

カップⅢ型2号機は6月22日午後8時45分快晴な夜空について行われたので全航跡を捕捉できる筈だった。すなわち夜間飛しょうのため、ブースター・ロケットには青色発光筒4本を取りつけ、メイン・ロケットには赤色発光筒2本付けることにより光学的追跡が容易であるようにした。しかし発射後、7.5秒で、メイン・ロケットが燃焼終了した付近で発光筒が消えたため、メイ



第8図 カップⅢ型2号機ブースター・ロケット
垂直速度(V_z)—時間(T)曲線



第 9 図 カップⅢ型 2 号機ブースタ・ロケット速度 (V) — 時間 (T) 曲線

ン・ロケットは以後の航跡を追跡することができなかったが、ブースタ・ロケットは全航跡を捕捉することができた。

5. 解析結果

(1) 高速度カメラによる解析結果

Fastax カメラは固定で撮影し、ランチャー付近の飛しょう特性を正確にもとめることができ、撮影した画面から、変位—時間特性、速度—時間特性、加速度—時間

特性、速度—変位特性を解析し計算値と比較した。

(2) 追跡装置、および固定カメラによる解析結果

前述のごとくメイン・ロケット部の発光筒が消えたため、その後の航跡を追跡することができなかったがブースタ・ロケットはほとんど全航跡を追跡できた。すなわち 15 倍追跡装置は発射後 15 秒より落下まで、また中央観測点では発射後、5 秒より落下まで追跡に成功した。固定カメラにおいては南、中央、高速度カメラの各観測点とも全航跡を記録した。

解析方法としては従来行って来た解析方法と同じ方法で、各観測点で得られた測定値を基にして、立体幾何学の応用により、数値計算より、垂直距離—水平距離を求めた。さらにこれを図式微分して垂直、水平速度を求めた。さらにこれを図式微分して垂直、水平速度を求めた。

この結果、カップⅢ型 1 号機のブースタ・ロケットの最高点は 28 秒後、高度 5,555m、水平距離 2,890m の地点で 65.8 秒後に発射地点より水平距離 4,430m の海面に落下した。

6. むすび

夜間飛しょう実験専用のため当研究室で試作した回転シャッタ付広角固定カメラは各観測点共に所期の目的を十分達することができ、また追跡装置も飛しょう航跡を追跡することに成功した。(1957. 10. 14)

カップⅢ型 3 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 18 報)—

植村恒義・鈴木忠男・内藤 茂・鷹野修二

1. ま え が き

カップロケットⅢ型 3 号機は昭和 32 年 7 月 26 日午後 9 時 26 分秋田道川実験場において、夜間飛しょう実験が行われたが、その飛しょう軌跡、飛しょう特性を知るため、15 倍手動追跡装置、ミッチェル追跡装置を南、中央、両観測点に配置し追跡を行った。また両観測点に固定カメラを据付けロケットの航跡を記録した。夜間飛しょう実験が行なわれたため、前回のカップⅢ型 2 号機の結果に基き研究の末、全航跡を捕捉できるよう万全を期した。以下追跡装置、固定カメラ等についてカップⅢ型 2 号機において一応記したが、ここでは簡単に説明する。

2. 追 跡 装 置

今回の飛しょう実験に使用した追跡装置は、前回のカップⅢ型 2 号機において使用した追跡装置とほとんど同じ装置であり、以後、回転シャッタ付広角固定カメラ、

第 1 表

カップⅢ型 3 号機高速度カメラおよび固定カメラデータ

35mmB & H 撮影機	レンズ 絞り 撮影速度 1 駒の露出時間 モータ 画面 Film	ニッコール 180mm F: 2.5 F: 2.5 開放 24 駒/秒 1/1,000 秒 シンクロナス・モータ ランチャー付近より上空へ Tri-X ASA 200
中央観測点 固定カメラ	レンズ 絞り シャッタ開角度 シャッタ回転数 フィルムサイズ	トボゴン 100mm F: 6.3 F: 6.3 開放 90° 1/4r.p.s. 180mm × 180mm
南観測点 固定カメラ	レンズ 絞り シャッタ開角度 シャッタ回転数 フィルムサイズ	トボゴン 200mm F: 6.5 F: 6.5 開放 315° 1 r.p.s. 335mm × 335mm

15 倍手動装置、ミッチェル追跡装置等について簡単に述べる。

(1) 回転シャッタ付広角固定カメラ