

光学的追跡装置によるカップ・ロケット飛しょう特性の解析

— 高速飛しょう体の光学的追跡に関する研究 第10報 —

植村恒義・中村日色・近江久行
山谷健三郎・内藤 茂・戸田健次・竹林 勇

1. ま え が き

カップSロケット飛しょう実験に際し飛しょう中のロケットを追跡して、最高到達高度、落下地点、飛しょう時間、飛しょう軌跡等を求めるため観測ロケット追跡用として試作した 15 倍手動追跡装置とミッチェル改造追跡装置を用い、南、北、東の 3 観測点より追跡を行った。外国ではこのような観測に適した精度のよい器械もあるが、費用その他の点で制限され、製作期間も短かったため種々不備な点もあったが、観測点の位置の研究と装置に慣れ、練習すれば相当の精度で追跡できる自信を得た。以下追跡装置の概要と観測点の位置、そしてカップS-2 号機を中心に各観測点よりの観測状況およびその解析について説明しよう。

2. 追 跡 装 置

光学的追跡の基礎条件を考慮して、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が、角度目盛も同時に画面に撮影されるのが理想である。また観測点間の同期も特別な装置が必要である。以上の点を中心としてカップSロケット追跡に使用した 2 種の追跡装置について述べよう。

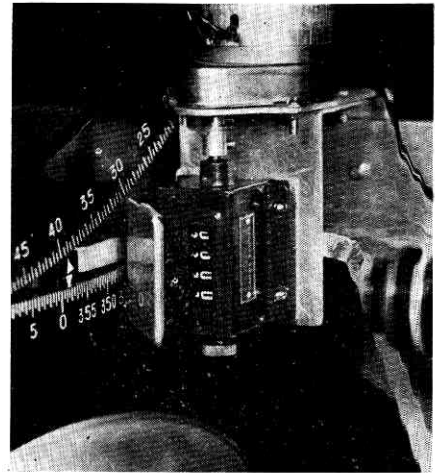
2-1 15 倍手動追跡装置

15 倍の双眼鏡を主体とし、これに時間、角度目盛記録用撮影機を付属しさらに双眼鏡の上にロケット記録用撮影機を乗せたもので、北観測点と東観測点に装置し、各々一人で追跡したものである。

(1) 追跡用眼鏡 口径 80 mm, 倍率 15 倍, 視野 4° の双眼鏡で、先にその性能はテストし報告してある。(生産研究 Vol. 8, No. 10. p. 367 (1956) 参照)

(2) 俯仰旋回角目盛板 俯仰目盛は眼鏡に固定された目盛板に $-20^\circ \sim 90^\circ$ に亘って $1/2^\circ$ ごとに刻んである。眼鏡に固定された移動棒を上下に動かすことによって、目盛板は旋回だけする半固定の指標で読みとられる。旋回目盛は台座に固定され、 360° に亘り $1/2^\circ$ ごとに刻まれてある。この上を指標が移動棒の動きと同じ角度で回り、目盛が読まれるようにしてある。また指標は一つ所で 2 つの角度が読みとれるように設計されている (第 1 図)。

(3) 時刻目盛 1 r.p.s のシンクロナスマータと直結された 4 桁のカウンターで、 $1/10$ 秒まで記録できるようになっている。この位置は目盛撮影の都合上、俯仰旋回角目盛の指標のそばにもって行くため鏡を使って反射

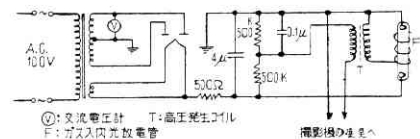


第 1 図 目盛記録用装置

像を撮影している。(第 1 図)

(4) 目盛撮影機 16 mm 撮影機の駆動ゼンマイをマイクロモータに替え、撮影速度は 8 駒秒で記録するものである。撮影機はできるだけ近くに置くためレンズの鏡筒を加工し、150 mm 程度の接写も可能に改造した。

(5) 閃光装置 眼鏡の追跡角速度が大になると上記の撮影速度では像がぶれるので、目盛や指標の周囲を暗幕でカバーし、照明として特に閃光継続時間 $100 \mu \text{sec}$ 程度の閃光管を使用した。閃光放電管はクセノンガスを封入した。ガラス管内の放電の際、強力な発光を利用したものであり、撮影機のシャッターと同期して発光するようにした。閃光放電管は低圧用のものであり、最高繰返し回数は毎秒 10 回までである。その回路図は第 2 図に示す。



第 2 図 閃光装置回路図

(6) 同期信号 JJY 受信増幅器 北、南および東観測点において撮影されたフィルムの同期を合わせるため標準電波を受信増幅してネオン管を点滅し、フィルムの端をスリット状に感光させる。このための受信機は高周波 1 段、中間周波 2 段、低周波 1 段増幅で、その後 JJY の秒および分信号のパルスを得るため検波回路を設け

電力増幅して数個のネオン管を同時に点滅する。

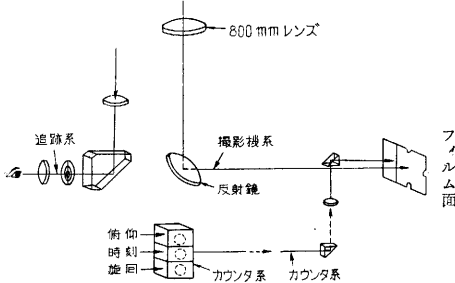
(7) ロケット撮影機 16 mm マガジカメラに改良した鏡胴をつけ望遠レンズを取り付けたもので、眼鏡の上に取付台を乗せ光軸校正のための微動装置を有している。動力源は目盛撮影機と同様マイクロモータを使用し、D.C 7.5 V を用いた撮影速度は 16 駒/秒である。

(8) 時間軸校正用の装置としてはフィルムの片側に JJY 標準時刻パルスによるネオン管の点滅、一方の側に目盛撮影用閃光管と同時点滅のネオン管の光が記録される。これらのネオン管は撮影機の内部の連続的移動部に装着されている。この二つのスリット状感光部により撮影瞬間の時間較正が行なわれる。なお画面にはシンクロナスマータによる時刻目盛が目盛撮影の時撮影されるのでフィルム上の一点の同期が知れば大体の時刻は画面上の像から直接知ることができる。

以上の外に双眼鏡とロケット記録用撮影機の光軸合わせのため微動装置、目盛撮影用カウンター、撮影機等の取付台も設計した。

2-2 ミッチェル改造追跡装置

15 倍の双眼鏡で追跡することは前と同じだが、俯仰角、施回角を二人で受け持ち歯車装置で追跡操作を行ない、望遠レンズでロケットを記録すると同時に、時刻目盛、角度目盛が同一画面内に写し込まれるようになっている。(第3図)これは米国 Mitchell 製セオライトのセオライト部のみの中古品を入手したので、これをロケット追跡用として改良したものである。本来は一人で操作し、7 倍、口径 40 mm、撮影レンズ f=304 mm であるが、これを二人操作にし、15 倍、口径 80 mm、撮影レンズ f=800 mm にしたものである。



第3図 撮影機光学系

(1) 追跡用眼鏡 口径 80 mm、倍率 15 倍、視野 4° の双眼鏡を二人で追跡するに便利のように左側を横に倒し、横に取り付けたものである。

(2) 撮影レンズ f=800 mm (キャノンレンズ) を使用するので鏡胴を設計し、遠距離の追跡を可能にした。

(3) 撮影機 D.C. 12 V に駆動され 35 mm フィルム毎秒 20 駒までの撮影が可能で、マガジン容量は 200 feet である。画面には Mil 単位の俯仰旋回角および時刻目盛が左側に、ロケットが右側に記録されるようにな

っている。

なおロケット記録用画面は鏡を使っているため左右逆の像が写され、画面内角度補正用の爪が上下および右にある。

(4) 時間軸装置 2-1 (6), (8) と同様にネオン管 2 個を撮影機内に挿入し、JJY の 1 秒毎のパルスおよびシャッターの開いた時刻をフィルムの両側に記録する。画面に写し込む時刻カウンターは 1/6 秒毎の接点を有する電接時計によって目盛を駆動する。

(5) その他 〇双眼鏡と撮影レンズの光軸合わせのための特別の取付金具および微動装置を考え設計した。

〇目盛の照明としては 100 V 150 W のスポットライトを使用した。

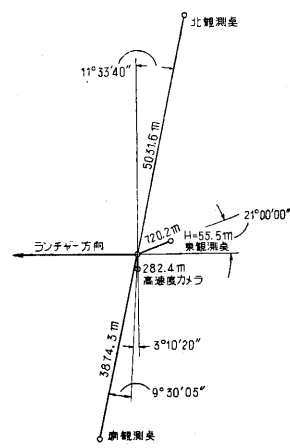
〇撮影機のシャッターは露出時間を短くするため、165° であったのを 18° とし 20 駒/秒で $1/20 \times 1/20 = 1/400$ sec とした。

〇800 mm レンズと並行に 50 倍口径 56 mm 天体望遠鏡を取り付け、遠距離になって倍率不足の時使用することにした。

〇操作者が 2 人であるため、特に発射時刻の操作同期、追跡角速度の大なる所では相当の熟練を必要とする。また、いったんロケットを逃がした時に再びとらえることもむずかしいし、歯車の切替装置も欲しかったが、今回は間に合わなかった。しかし角速度の小なる所では歯車駆動のため微動追跡ができ、また精密な較正も可能なので、15 倍手動追跡装置に比べれば一段とよい精度の軌跡が求められる筈である。

3. 観測点の位置

カッパ S ロケットは理論計算によると、高度、飛しょう距離ともに約 10 杆近くに達するので、これを精度よく追跡するためにはランチャー位置より観測点を速く離さなければならない。しかし一方では、使用する望遠鏡の倍率と視野によって制限されるので、速すぎてもいけない。また撮影機によってロケットを記録するのでラン



第4図 観測点位置 (K.S)

チャーおよび飛しょう軌跡が見えなければならない。以上のことを考慮して去る 31 年 8 月に秋田実験場を調査の結果第4図のごとく北、南、東の各観測点の位置を決めた。東観測点はできればランチャー真後が望ましかったが、現地に適当な場所がなくやむなく第4図で示される所にした。また南観測点から

は小屋の設置の都合上ランチャーがみえない不利があった。追跡装置は北観測点に撮影機を積んだ 15 倍手動追跡装置 1 台をおき、南観測点には Mitchell 改造追跡装置をおき、東観測点では以上の二つを備え追跡に使用した。

4. 飛しょう観測

(1) カップS 1号機 [KS 1] 9月24日9時2分発射 快晴 異常なく飛しょうしたが発煙不良のため、光学的追跡はほとんど不可能であった。北、南、東ともにロケット発射と追跡の操作が同期せず、最初の撮影機視野のみロケットを記録した。(発煙剤4塩化チタン2kg 先端に装填)

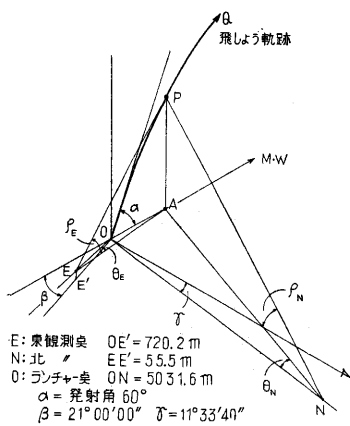
(2) カップS 2号機 [KS 2] 9月28日 AM, 11時15分発射 快晴 カップS 1号機の発煙不成功の結果、カップS 2号機は発煙に主力をおき、頭部に4塩化チタン6kgを装置した外、尾翼後縁中央部に6塩化エタン発煙筒を4ヶ取り付けた。発射後翼が飛び、1.5秒後高度400mで胴体の中央部で折れ、頭部は白煙を引きながら海中に落下した。観測班は北と東がこれを大体追跡し、頭部の落下までの軌跡を求めたことができた。

(3) カップS 3号機 [KS 3] 9月29日 A.M 10時50分発射 薄曇雲高10km KS 2号機の事故にかんがみ、KS 1号機と同一条件とし安全のため尾翼端70mm切り落し尾翼面積を減じた。異常なく飛しょうしたが、発煙はやはり不良に終り、20秒後に雲間でわずかに発煙したが、北、南、東観測点からは背景が白い雲のため発見できず、飛しょう軌跡は求められなかった。

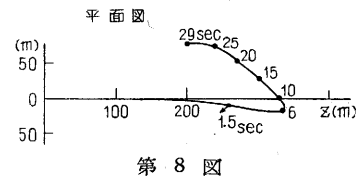
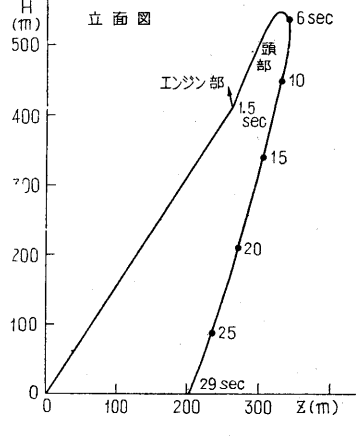
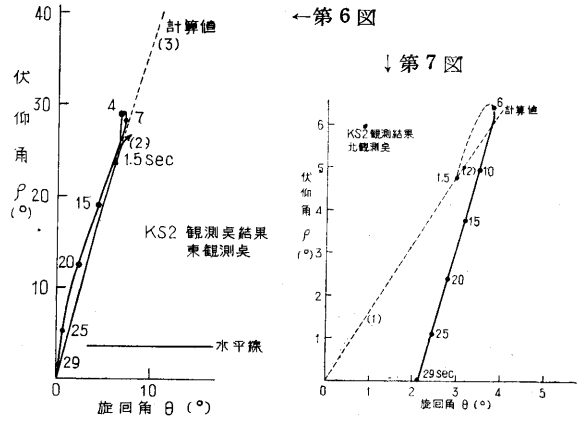
5. 観測結果解析

KS 1号機と KS 3号機は追跡が不成功に終わったが、KS 2号機は、前述のごとく東観測点で Mitchell 改造追跡装置が飛しょう

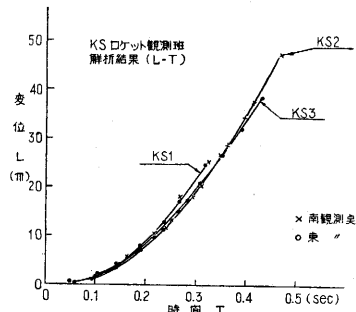
方向を記録し、15倍追跡装置が頭部の最高点付近より海中落下までを追跡し、また北観測点では頭部の海中落下を追跡できたので、以上の三つのデータを参考にして解析を行った。まず理論計算において求められた飛しょう軌跡を第5図において



OPQ とする。これを各観測点 (この図の場合は北と東) から見た場合 P の時間的移動は旋回角、 θ_E 、 θ_N 、俯仰角 ρ_E 、 ρ_N の移動として表わされる。これをグラフにすれば観測軌跡が得られる。今ロケット観測の結果、各観測点で得られた観測軌跡を基にして、これを立体幾何学的应用により、数値計算かグラフによって水平距離と方向、高度を求めるのである。KS 2号機の場合は最初東の Mitchell 追跡装置がロケットの発煙を追跡でき途中



第 8 図



第 9 図

で分裂後を記録し頂点までを記録したのを使い、頂点から海中落下までは15倍追跡装置のデータを使用して第6図のごとき観測軌跡を得た。北観測点からは分解後頭部の落下を追跡したのでこれを使用して第7図のごとき観測軌跡を得た。以上の二つのデータをグラフで解析して、第8図のごとき飛しょう軌跡が得られたのである。

またフィルムに記録されたデータより第9図のごとき変位時間曲線が得られた。これは南観測点と東観測点の Mitchell 改造追跡装置の解析結果である。

6. まとめ

カップ型ロケット第1次飛しょう実験に際しての観測記録は上記の通りだが、今回は天候に恵まれたけれど期待した発煙があまり良くなかったので追跡が失敗に終わった。今後とも発煙系に研究の余地があり、また追跡の方も練習不足が感じられたので、追跡機能の整備とともに次回に備えての準備が必要であることが感じられた。

(1957. 2. 15)