

# カ ヱ ヱ 6 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 26 報 ) —

植 村 恒 義 ・ 鈴 木 忠 男 ・ 鷹 野 修 二

## 1. ま え が き

今 回 の カ ヱ ヱ 6 型-1, 2 号 機 の 実 験 は IGY 本 観 測 に 使 用 す べ き ロ ケ ヱ ヱ と し て カ ヱ ヱ 150 型 ロ ケ ヱ ヱ を メ イ ン ロ ケ ヱ ヱ と し, 245 型 ロ ケ ヱ ヱ を ブ ー ス タ ロ ケ ヱ ヱ と し て 組 み 合 わ せ た, 2 段 式 ロ ケ ヱ ヱ を 完 成 す る こ と に あ っ た.

1 号 機 は 昭 和 33 年 6 月 16 日 午 前 10 時 38 分, 2 号 機 が 同 月 20 日 午 後 3 時 15 分 そ れ ぞ れ 発 射 角  $75^\circ$  の も と に 飛 しょう 実 験 が 道 川 実 験 場 に お い て 行 な わ れ た.

1 号 機 は 全 長 5.388 m, 重 量 255.1 kg の も の で 機 体 内 部 に 加 速 度 計 ( $X_1, X_2, Y, Z$ ), 温 度 計, テ レ メ ー タ 送 信 機 等 を 搭 載 し て お り, 2 号 機 は 全 長 5.471 m, 重 量 256.75 kg の も の で 内 部 に 1 号 機 同 様 加 速 度 計, テ レ メ ー タ 送 信 機, ほ か に レ ー ダ ・ ト ラ ン ス ポ ン ダ を 搭 載 し て い る.

こ れ ら 1, 2 号 機 の 実 験 に 際 し, ブ ー ス タ ロ ケ ヱ ヱ の 燃 焼 状 況, 切 断, メ イ ン ロ ケ ヱ ヱ の 燃 焼 お よ び そ の 後 の 飛 しょう 状 況 等 の 特 性 を 知 る た め, 南, お よ び 中 央 観 測 点 に そ れ ぞ れ 15 倍 手 動 追 跡 装 置 を, ま た 高 速 度 カ メ ラ 観 測 点 に 高 速 度 カ メ ラ 等 を 設 置 し た.

以 下 追 跡 撮 影 結 果 を 解 析 し, そ の 特 性 を 知 る こ と が で き た の で 述 べ る.

## 2. 撮 影 装 置

下 記 の 5 種 の 撮 影 装 置 を 使 用 し た が 装 置 等 に つ い て の 説 明 は 前 報 の 245B 型 の 場 合 と 同 じ で あ る た め こ こ で は 省 略 す る. な お デ ー タ に つ い て は 第 1 表 に 示 し て あ る の で 参 照 さ れ た い.

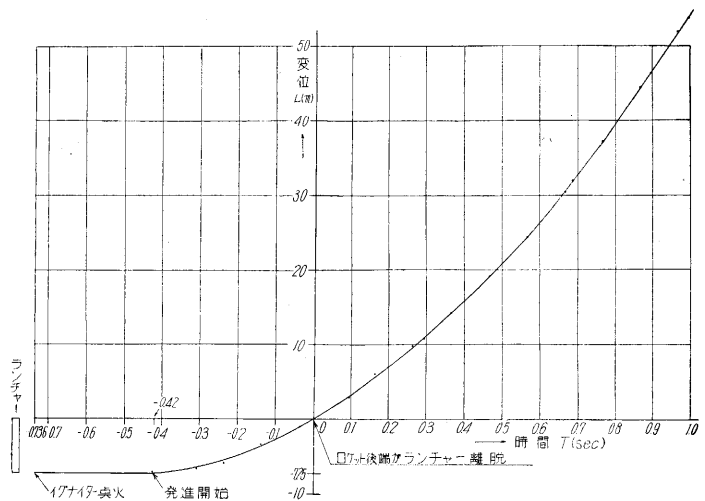
- 1) 南 観 測 点 = 15 倍 手 動 追 跡 装 置
- 2) 中 央 観 測 点 = 15 倍 手 動 追 跡 装 置  
固 定 カ メ ラ (Zeiss  
Aero Topograph)
- 3) 高 速 度 カ メ ラ 観 測 点 = 16mm Fastax  
高 速 度 カ メ ラ

## 3. 飛 しょう 観 測

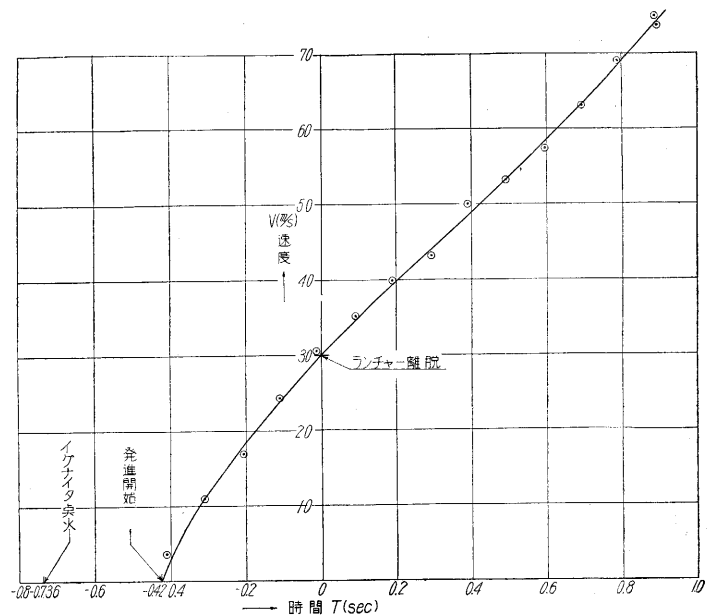
6 型 1 号 機 で は 6 型 ロ ケ ヱ ヱ の 初 の 飛 しょう 実 験 で あ る た め ラ ン チ ヱ ヱ 付 近 の 飛 しょう 特 性 お よ び そ の 後 の 飛 しょう 状 況 を 知

る た め, 高 速 度 カ メ ラ, 追 跡 撮 影 装 置 等 を 用 い た. 天 候 に も 比 較 的 恵 ま れ た の で 追 跡 で は 発 射 後 約 36 秒 ま で 飛 しょう 状 況 を 捕 捉 で き, そ の 間 に お け る 特 性 を 求 め る こ と が で き た.

6 型 2 号 機 で は, ラ ン チ ヱ ヱ 付 近 の 飛 しょう 特 性 は



第 1 図 カ ヱ ヱ 6 型-1 号 機 変 位 (L) — 時 間 (T) 特 性 曲 線



第 2 図 カ ヱ ヱ 6 型-1 号 機 速 度 (V) — 時 間 (T) 特 性 曲 線

第 1 表 カメラデータ

使用カメラ		K-6-1	K-6-2
15倍手動 追跡装置 (南観測点)	追跡撮影カメラ	35mm Mitchell 改造カメラ Canon 800mm f: 8 R 25 f/s 目盛カメラと同時 1.P.P.S. 1/500 sec 35mm Fuji Nega(ASA80)	左に同じ
	目盛撮影カメラ	1inch f: 8 ナシ 16 f/s 1.P.P.S. ストロボによる(短時間) 16mm Fuji Nega(ASA80)	左に同じ
15倍手動 追跡装置 (中央観測点)	追跡撮影カメラ	35mm Mitchell 改造カメラ Raptar 250mm f: 5.6 Fuji No. 7 22 f/s 目盛カメラと同時 1.P.P.S. 1/500 sec 35mm Fuji Nega (ASA80)	左に同じ
	目盛撮影カメラ	1 inch f: 1.8 ナシ 16 f/s 1.P.P.S. ストロボによる(短時間) 16mm Fuji Nega (ASA80)	左に同じ
16mm 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 フィルム同期 撮影速度 1 画面の露出時間 画面 フィルム	Raptar 50mm f: 4 A.C. 41V Fuji No. 1 (geratine) 手動(約 0.8 秒前) 1,000 f/s 1/5,000 sec ランチャー付近 TriX (ASA320)	Raptar 153.3mm f: 4.5 開放 A.C. 60V Fuji No. 1 リレー使用 0.7 秒前 2,000 f/s 1/10,000 sec ランチャー付近 TriX (ASA 320)
35mm Bell & Howell 撮影機 (高速度カメラ観測点)	レンズ絞り フィルム同期 撮影速度 1 画面の露出 モーター 画面 フィルム	Nikkor 180mm f: 5.6 Wratten 23A 24 f/s 1/500 sec シンクロナスモーター ランチャー付近より上空へ Fuji Nega (ASA 80)	フィルムがスプロケットに巻きつきカメラ作動せず
16mm Filmo 撮影機 (中央観測点)	レンズ絞り フィルム同期 撮影速度 1 画面の露出時間 画面 フィルム	ズーム f: 8 ナシ 68 f/s 1/100 sec ランチャー付近より上空へ Ansco Color	左に同じ
Zeiss Aero Topograph (中央観測点)	レンズ絞り フィルム同期 撮影速度 露出時間 フィルム	Topogon 100mm f: 6.3 Fuji No. 7 手動 2~3 秒に 1 画面 1/200 sec Kodak XX	左に同じ
キャビネ暗箱 (中央観測点)	レンズ絞り フィルム同期 露出時間 画面 Timing フィルム	Xenar 135mm f: 22 Fuji No. 7 1/200 sec ランチャー付近 3 秒後 Fuji カット Film	左に同じ

1 号機について解析を行なったため今回は求めなかつた。飛しょう状況については南観測点において発射後 50 秒付近まで完全に捕捉したため、その時間内において解析を行なった。

4. 観測結果の解析

(1) 6 型-1 号機の観測結果の解析

a) ランチャー付近の解析結果

高速度カメラ観測点に設置した 16 mm Fastax 高速度カメラによりランチャー離脱付近約 50 m にわたりその

飛しょう特性を求めることができた。

**変位-時間特性** 撮影した画面より変位-時間特性を求めた。この解析結果によると 6 型-1 号機はイグナイト点火時(フラッシュ点火)より 0.316 秒後に発進開始し、0.736 秒後にロケットの後端がランチャーを離脱していることがわかった。その後約 50 m にわたって特性を求めているが、計算値が出ていないので比較検討することはできなかつた。

**速度-時間特性** 第 1 図の変位-時間特性曲線を図式微分して求めた。この解析結果によれば発進開始時より約 1 秒後では 57 m/sec 程度の速度を有していることがわかる。

**加速度-時間特性** 第 2 図の速度-時間特性曲線を図式微分することによって求めた特性曲線である。この加速度の値は発進開始時が最大値をとるのは当然で、6 型-1 号機では約 100 m/sec<sup>2</sup> でその後次第に小さくなり、ランチャー離脱時では約 1/2 倍の 55 m/sec<sup>2</sup> となっている。ただしその後約 1 秒間は平均した値(約 50 m/sec<sup>2</sup>)を示している。

**速度-変位** 第 1 図と第 2 図の特性曲線より速度-変位特性曲線を求めた。この結果によると、第 1 図でも示しているが、その後 50 m 飛しょうした際の速度は 77 m/sec の値を示している。

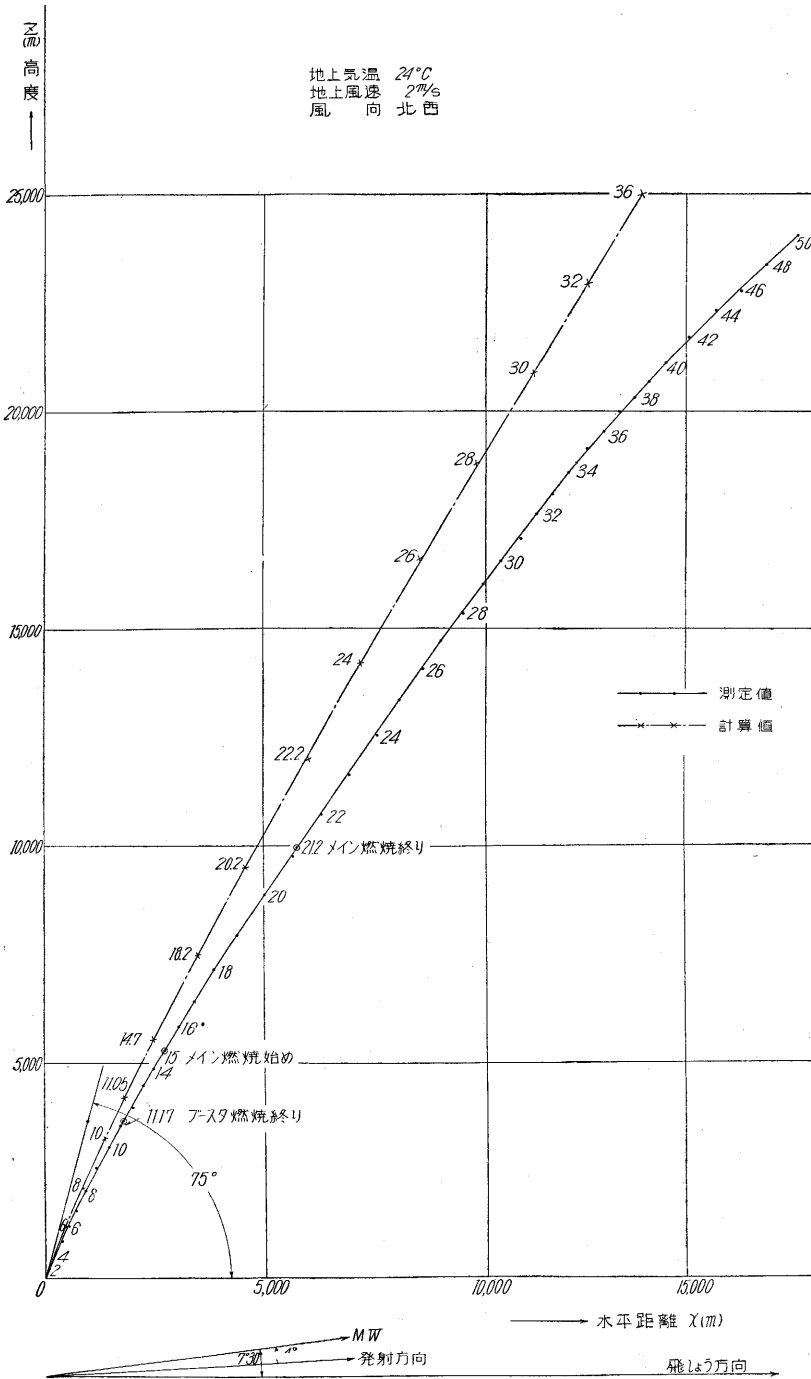
b) 飛しょう軌跡

南および中央観測点より追跡を行なったが 6 型-1 号機では中央観測点よりロケットの発射方向からの偏向角を求めた結果 9° 北側に偏向して飛しょうしており、その面内での飛しょう軌跡を求めたので第 5 図に示す。

その結果 6 型-1 号機はブースタロケットの燃焼、メインロケットとブースタロケットの切離、メインロケットのコースティング、メインロケットの点火といずれも正常に飛しょうしたが、メインロケットの燃焼中の 17.3 秒後に燃焼が中止してしまった。これはテレメータによる結果が 17.3 秒に対し追跡装置による撮影カメラの画面においても同時刻に燃焼が終ってしまった結果がみられた。すなわちメイン点火は 16.05 秒後である故、メインロケットの燃焼時間は約 1.3 秒間であった。

したがって燃焼終了後の速度は計算値と比較すると相対小さな値を示している。





第 7 図 カッパ 6 型-2 号機飛しょう軌跡

また今回の飛しょうにおいてもランチャー離脱直後頭部を少し下げて飛しょうしている。

c) 速度一時間特性

飛しょう軌跡 (第 5 図) の結果より、速度一時間特性を求めたので第 6 図に示しておく。

この結果ブースタロケットの燃焼中における最大速度は 10 秒後に 530 m/sec の値を示し、計算値より約 20

m/sec 少ない。その後コースティングを行ない、16.05 秒のメインロケット燃焼開始時の速度は約 480 m/sec の値を示しており、17.6 秒で燃焼が停止した時の速度は約 750 m/sec であった。したがってその後の速度は計算値のそれに比べて大差を生じている。

(2) 6 型-2 号機の観測結果の解析

a) 飛しょう軌跡

6 型-2 号機は発射後約 50 秒間完全に捕捉することができたのでその間における飛しょう特性を求めることができた。この飛しょう軌跡を第 7 図に示す。

中央観測点よりの測定結果によると発射方向より北へ 3°30' 偏向した面内で飛しょうしており、これに基づいて飛しょう軌跡を求めた。

この結果ランチャー離脱とともにいく分頭部を下げて飛しょうし、ブースタロケットの燃焼時間は 11.17 秒間で 12.7 秒後切断が行なわれ、15 秒後にメインロケットに点火され、21.2 秒に燃焼が終っている。

その後約 29 秒間すなわち発射後約 50 秒間追跡を行なったがその結果は頭部を下げて飛しょうしているため計算値に較べると相当高度としては小さな値を示している。

b) 速度一時間特性

第 7 図の飛しょう軌跡より速度一時間特性を求めたので第 8 図に示しておく。

この結果 2 号機においてはブースタロケットの燃焼中における最大速度は 10 秒後の 570 m/sec であり、計算値に較べるとやや大きな値を示している。メインロケットの燃焼中における速度は燃焼終了時で 1,180 m/sec を示している故最大速度としては、少なくともそれ以上の値を示していることになる。

(113 ページへつづく)

**加速度—時間特性** 速度—時間特性曲線 (第 4 図) をさらにもう一度微分して加速度—時間特性 (第 5 図) を得ることができた。発進開始付近は測定上の誤差が大きく点線で示してあるが最大加速度の点では約  $100 \text{ m/sec}^2$  程度は加わるものと思われる。またランチャー離脱の際の加速度は  $67 \text{ m/sec}^2$  と測定された。

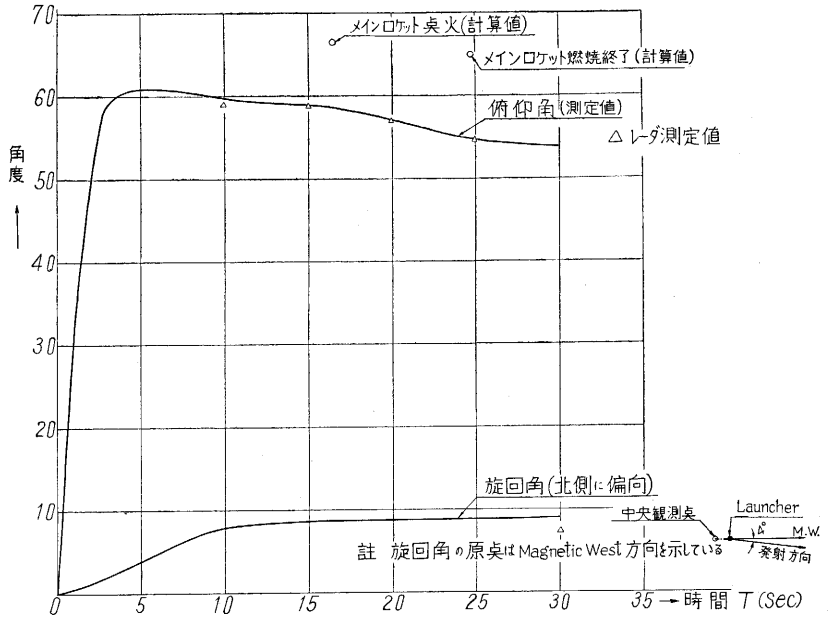
**速度—変位特性曲線** 変位—時間特性曲線 (第 3 図) と速度—時間特性曲線 (第 4 図) とを合成して速度—変位特性曲線 (第 6 図) が得られた。これに分るようにランチャー離脱の際の速度は  $30 \text{ m/sec}$  であることが分る。

**b) 飛しょう軌跡** 南観測点による測定結果が思わしくなく、そのため完全な飛しょう軌跡を得る事はできなかったが中央観測点においては発射後 30 秒間捕捉することができたので、第 7 図に示しておく。この図からもわかるごとくランチャー離脱後約 30 秒でロケットは北側へ  $4^\circ 50'$  偏よって飛しょうしていることがわかる。また計算値ではメインロケットの燃焼開始時を中央観測点からのぞむと  $66^\circ 24'$  であるが実測値では  $58^\circ 30'$  となっている。また計算値からの燃焼終了時の仰角は  $65^\circ$  であるが実測値は  $55^\circ$  と大分低い角度になっている。この理由は多分ロケットが頭下げの状態では飛しょうしているものと考えられる。なおレーダ測定結果を同じグラフ上に記しておいたが、偏向角に少々差があるが発射後 15 秒付近よりは俯仰角はほとんど同じ値を示している。

**4. あとがき**

TW 1 号機では 発音弾の早期作動の時間および前後の状況等を完全にフィルム上に記録できた。これは光学的撮影装置を用いた目的にそうものと思われる。

光学的追跡はその観測点の位置や撮影レンズによる補正精度等で測定精度は変わってくるが 6 型のメインロケット燃焼終了時付近では数米の誤差範囲におさえられるため、このような異常点の位置等を知るためには一応必要と思われる。

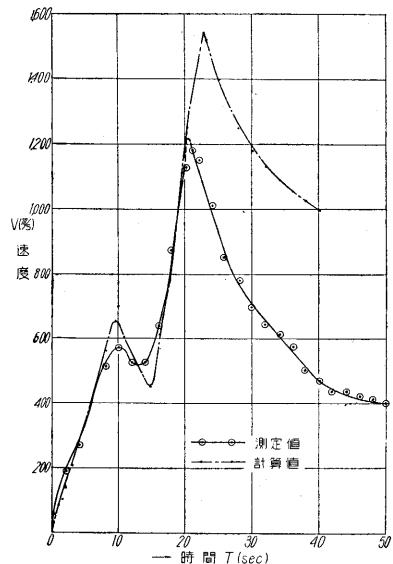


第 7 図 カッパ 6 型-TW 6 号機 中央観測点測定値

(109 ページよりつづく)

**5. あとがき**

6 型-1, 2 号機の飛しょう実験においては天候にも恵



第 8 図 カッパ 6 型-2 号機 速度 (V)—時間 (T) 曲線

まれ、追跡条件としては良好であり一応満足な結果を得ることができた。今回の実験においても発煙筒を付加してあればもっと捕捉範囲が大きかっただろうが、われわれの使用している装置では一応十分な結果であった。

(1959. 5. 8)