

光 学 的 追 跡

丸 安 隆 和

1 まえがき

ロケットが発射されてからどのような軌跡を描いて飛んで行くかを光学的な方法で追跡するのであるが、この場合、まず問題になるのは、どのような器械を用いて行くかということである。文献によると外国では、この目的のために特に設計製作された cinetheodolite などの高級な器械が使用されているが、われわれの場合、時間的にも、経済的にも、このような観測器械を特別に製作する余裕がなかったため、取りあえず手もとにあった測量用トランシットに手を加え、これによって追跡するという冒険を行わざるを得なかった。

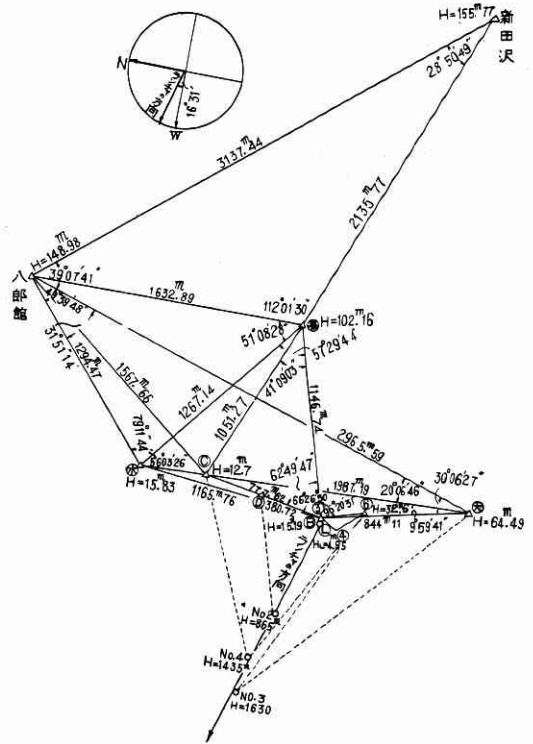
さいわいロケットからの発煙がきわめて良好であったこと、糸川研究室の援助によって望遠鏡の水平および鉛直方向の動きを自記させる装置が取り付けられたことなどによって、少なからず経験と熟練を要したとはいえ、トランシットの望遠鏡によって、十分正確に追跡することができた。

ペビー R の追跡を行うときにはインクリイターによって軌跡を自記させると同時に、落下傘の落下位置を確認して、これを直ちにリカバー班に連絡するという作業を行い、所期の目的を達することができたのである。

以下ペビー S および R について、トランシットという不完全な器械であったが、これによって行った光学的追跡の作業とその結果の概要について説明する。

II 観測点の位置決定

飛行距離および高度がおよそ 2000~3000m と予想して観測点の位置を定めた。観測点および発射地点間の相互の関係位置は相当の距離になるので、その位置および



第 1 図

高さは基本三角点（入郎館および新田沢）を基準とし、ワイルド万能経緯儀（1"読み）を用いて、三角測量によって決定した。写真—1 は各観測点に立てた視準標を、第1図はランチャーおよび各観測点の関係位置を示したものである。

III ペビー S の飛行観測

ペビー S に対する飛行観測は、まずロケットの最高位置を確認することを目的とした。しかし、最高位置は各観測点において鉛直角が最大となる位置から相当ずれるので、その判断が各観測点で相当異なることはどうしても避けることはできない。

ペンシル・ロケットの観測の経験から、肉眼で追跡するには、きわめて小型の照準器で十分であることがわかったので、写真—2 に示すような照準器（視準孔の径 0.7mm）を望遠鏡に取りつけた。ロケットが発射された直後は、ロケット追跡のための望遠鏡の角速度は大きくトランシットの望遠鏡の視野（約1.8°）内に常にとらえ



写 真—1

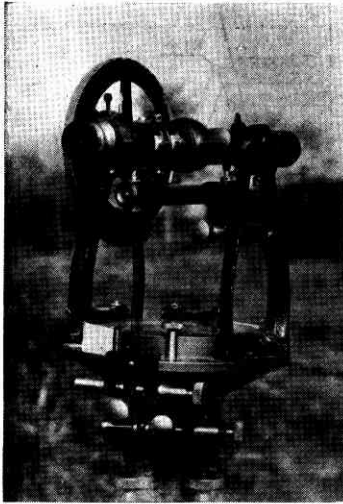


写真-2



写真-3



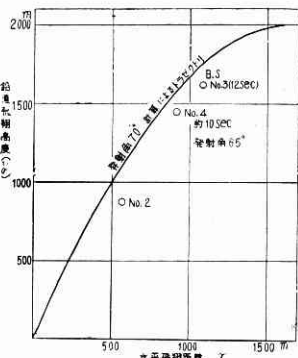
写真-4

ることが困難であるので、まずこの照準器によって追跡し、最高高度に達する時期を見計らって望遠鏡に切換えて追跡した。

観測点は4ヶ所であったが、主として③④⑤の3ヶ所を用いた。観測人員は③④計2名、⑤2名とし、トランシット4台を使用した。

ベビー S No.1 および No.2 は高度約 900m の雲で一面におおわれている時に発射されたため、全航跡を追跡することができなかったが、No.2 について観測した結果、ランチャーより水平距離 595m、高さ 865m で雲の中に突入している。

No.3 および No.4 はその最高点を観測した。この場合前述のように最高点の判断が観測点の位置によってなかなか一致しないので、No.4 では本部から見て最高位置と思われるときに合図をしこの瞬間における位置を同時に観測することにしたが、これによっても正確な最高位置を確認することはできなかった。



第 2 図 ベビー S ・ ロケット 観測位置

観測結果は第 2 図に示した。No.3 では水平距離 1120m で高度 1630m に達し、No.4 では 930m の位置で 1435m の高度に達している。

IV ベビー R の飛翔観測

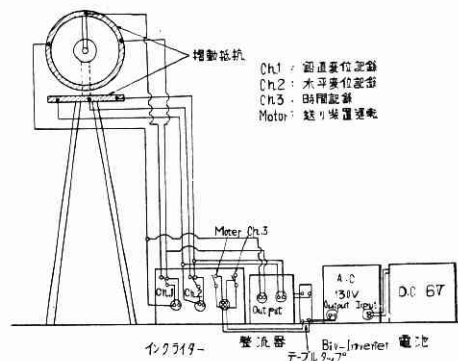
観測はベビー S と同じ地点で行った。ベビー R では、観測時の水平角、鉛直角の刻々の動きを時間目盛と共にインクライターに自記させ、全航跡を記録することにし

た。(写真-3)。したがってロケット発射直後から正確な追跡が必要となった。それで前回まで使用した肉眼視準器の使用をやめ、別に視野 8°、倍率 6 の望遠鏡を、トランシットの望遠鏡に取付け、これによって追跡することにした(写真-4)。

(1) 自記装置の構造

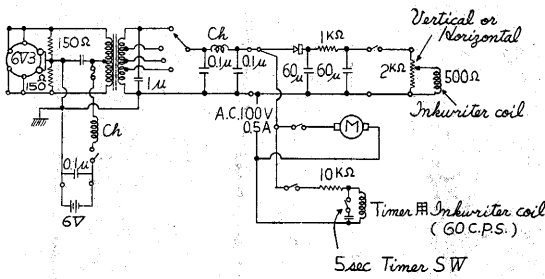
角度測定範囲 水平方向 0°~90°
鉛直方向 -17°~90°

摺動抵抗 トランシット自体にいろいろな加工ができないので、帯状の摺動抵抗片をトランシットの水平目盛盤および鉛直目盛盤の外側にはり付け、角変位を摺動抵抗の抵抗変化に変えて記録させることにした。最初巾 10mm 厚さ 1mm のビニール板にマンガニウム線を巻いたもの(抵抗 2kΩ)を使用した。予備実験中ジュール熱のために彎曲したので同じ大きさの布入ベーク板に巻きかえた。この抵抗変化による電流変化によってインクライターを働かせた。(第 3 図) インクライター内コイル内の電流変化は 0~40mA である。



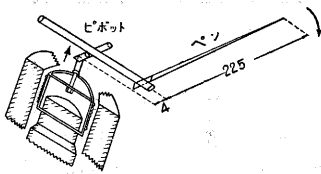
第 3 図

電源 6V バッテリーによりインバーターを動かした(第 4 図)。



第4図 電源および記録部回路

タイマー インバーターの交流 60c. p. s. を使用, また別にインクライターのコイルをコンデンサーでバイパスし, この回路の開閉により, 5秒ごとのタイムマークを入れた。



第5図

インクライターの感度 水平および鉛直角変位 1° に対し, ペン尖端の振れ 1mm である. ペンの全長 220mm, アーム比は 4mm : 220mm

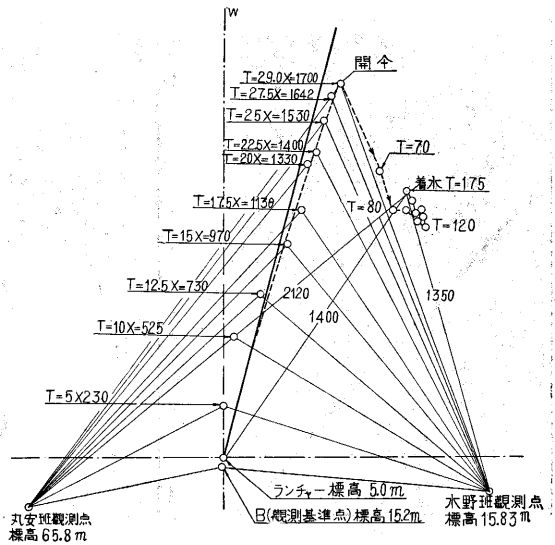
である (第5図).

送り速度 0~60mm/sec で発射後開傘までは 60mm/sec, 開傘後は 30mm/sec で使用した。

(2) ベビー R の飛翔観測結果

R-1は天候不良で完全な追跡ができなかった. R-3は完全に追跡ができたのでその結果の解析を行った. 第6図は両観測地点よりの測定に基いた航跡の水平投射である. 飛翔当日は南西の風があり, このためにかランチャー方向に対して水平距離 1700m で 80m 北方に偏位している. 第7図は, 航跡の鉛直投射である. 最高点は発射後 20.3 秒で高度 2030m と推定される.

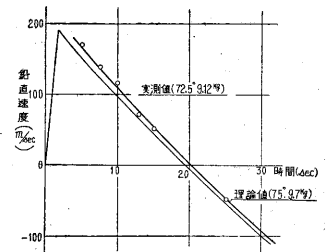
第8, 9図は第7図を時間軸に対してプロットしたものである. 第9図は発射角 72.5° で発射された R-3 が, 発射角 70°, 75° として理論的に計算して求めた航跡の



第6図 ベビー R-3 飛翔航跡水平投射

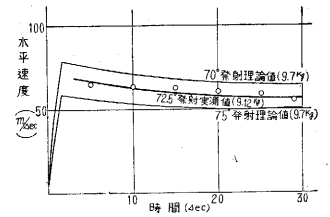
およそ中間にきていることを示している。

第10図は, 鉛直方向の飛翔速度であって, 発射角 75° の理論値よりやや良好であることがわかる。

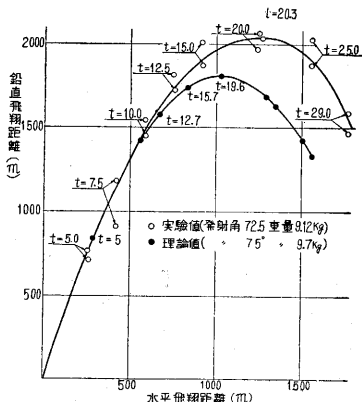


第10図 ベビー R-3 鉛直速度変化

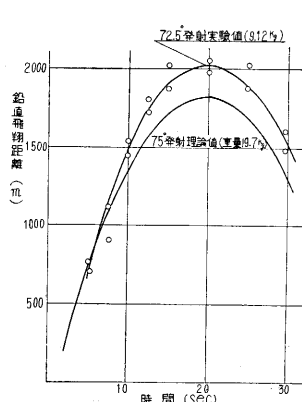
第11図は, 水平方向の速度の変化を示したもので, 発射角 70° および 75° の理論値の丁度中間に収まった。



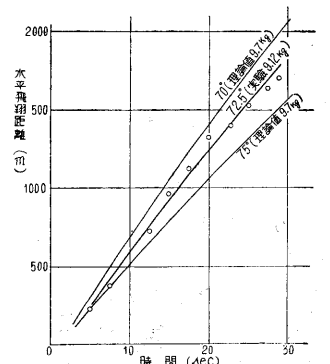
第11図 ベビー R-3 水平速度変化



第7図 ベビー R-3 飛翔状況



第8図 ベビー R-3 鉛直方向飛翔状況



第9図 ベビー R-3 水平方向飛翔状況

は開傘点より北東に約 500m 流されている。

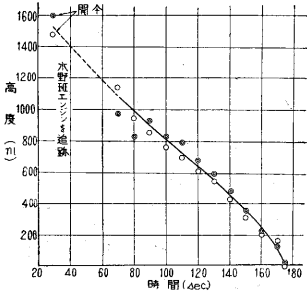
第 13 図は、R-2 (発射角 65°) について求めた航跡である。

なおベビー R-3 (発射角 72.5°) についての解析結果を第 1 表および第 2 表にまとめておいた。

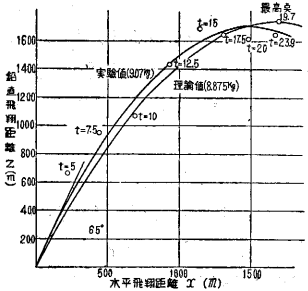
V む す び

ペンシルからベビー R まで簡単なトランシットによる追跡し、その航跡を記録することに一応成功した。しかしこれは、相当熟練を要する作業であるとともに、また相当危険性をもった作業でもあった。それは、望遠鏡の視野が 2° ならずであり、一度視野の中からロケットを外せば再びこれをとらえることは非常に困難であるからである。

この作業全体を通じて、トランシットによる追跡作業はベビーが限度であって、これ以上の高度に達する場合には、特別に計画された追跡用の望遠鏡が必要であることを痛感した。(1956. 3. 13)



第 12 図 落下傘の落下状況



第 13 図 ベビー R-2 飛行径路 65° 発射

第 1 表

$T(\text{sec})$	$S'_H(\text{mm})$	θ_H°	$S'_V(\text{mm})$	θ_V°	$X(\text{m})$	$Z(\text{m})$
0	92.5	-2	40	-2	0	0
5	109	14	89	34	230	710
7.5	113	23.5	95	41	280	910
10.0	114	26	100.5	48	530	1450
12.5	115	29	103	50	730	1810
15.0	116	32	105.5	51	970	2020
20.0	118	37.5	104	46.5	1330	2060
25.0	118.5	39	101.5	43	1530	2030
29.2(開傘)	119	40	91.5	34	1700	1600
...
1m. 10	117.5	30.5	79	24	開傘点より南西に約 500m 流され着水	980
.20	116	26	78	23		830
.30	115.5	25	77.5	22.5		930
.40	115	23	75.5	21.5		890
.50	115	23	70.0	19.0		790
2.00	114.5	22	63.0	16.0		680
.10	115	23	58.0	13.5		590
.20	115	23	52.0	10.5		480
.30	115.5	24	46.5	7.5		360
.40	115.5	24	40.5	4.5		230
.50	116	27	36.0	2.0		130
2.55. b	116	27	31.0	-1		30

第 2 表

$T(\text{sec})$	$S'_H(\text{mm})$	$S_H(\text{mm})$	θ_H°	$S'_V(\text{mm})$	$S_V(\text{mm})$	θ_V°	$X(\text{m})$	$Z(\text{m})$
0	27.0	0	0	96	0	0	0	0
5.0	40.0	13.0	12.5	119	23	32	230	770
7.5	43.0	16.0	17.5	126	30	41.5	380	1180
10.0	47.5	20.5	26.0	132	36	50	530	1540
12.5	51.8	24.8	35.5	134	38	52.5	730	1730
15.0	57.0	30.0	45.5	135	39	53.2	970	1870
20.0	61.5	34.5	56.0	135	38	50	1330	1970
25.0	64	37.0	61.0	129	35	45	1530	1880
28.9(開傘)	64.5	37.5	65.0	127	31	36.5	1700	1480
engine追跡
1m. 10	66.0	39.0	66.0	122.5	36.5	36.5	開傘点より南西に約 500m 流され着水	1140
.20	66.0	39.0	66.0	121.5	25.5	35		940
.30	67.0	40.0	68.5	120.5	24.5	33.5		850
.40	68.0	41.0	70.0	119	23	31.5		760
.50	68.0	41.0	70.0	117	21	29		700
2m. 00	68.5	41.5	71.5	115	19	26		610
.10	68.5	41.5	71.5	113	17	23		550
.20	68.5	41.5	71.5	110	14	18		430
.30	68.5	41.5	71.5	108	12	13.5		310
.40	68.0	41.0	70.0	105	9	10.5		210
.50	67.5	40.5	69.5	101.5	5.5	6.0		170
2m. 54	67.2	40.2	69.2	97.5	1.5	-0.5		-1

T : 飛行時間 S'_H : 基準線からの水平変位 S_H : 水平変位 θ_H° : 水平変位角
 S'_V : 基準線からの鉛直変位 S_V : 鉛直変位 θ_V° : 鉛直変位角
 X : 水平飛行距離 Z : 鉛直飛行距離