

レーダの実験について

高木 昇・斎藤成文*・水町守志・長谷部 望**・亀尾要道***・
市川 満・関口 豊・西本博信

1. 序

本報は昭和 39 年 7 月 (ただし L-3-1 号機は前報 [1] に報告されているので省略する) から, 昭和 41 年 12 月の間に鹿児島宇宙空間観測所において実験された, ロケットのレーダによる航跡標定結果の概略をまとめたものである. また現在鹿児島で使用されているレーダ地上設備と, ロケット搭載用トランスポンダの概略についても記してある.

2. 地上設備について

地上設備の方式および構造などの詳細は, 生産研究 [2] および本報レーダの改造に報告されているので, ここではその概略を述べる.

現在ロケット追跡用のレーダは 2 組使用され, 第 1 レーダ・第 2 レーダと呼ばれている. 第 1 レーダは発射点より約 300 m 後方の電波センタ内に設置され, 2 m ϕ のパラボラアンテナと 10 kW のパルス送信機を持っている. このレーダは, 道川実験場以来使用してきた GMD-1 型装置の改良型として, 昭和 39 年 12 月に設置されてより航跡標定に活躍している.

この装置においては, アンテナ系などのサーボ応答特性の向上, 受信機の低雑音化と装置の半導体化がなされ, 新型のアナログおよびデジタル記録器の使用, 第 2 レーダとの連係動作装置の付加等により, 従来の装置より性能・信頼性の向上・取り扱い・保守の簡易化が行なわれている.

一方第 2 レーダは発射点側方より約 2 km のレーダセンタ内に設置され, 4 m ϕ のパラボラアンテナと 500 kW のパルス送信機を持っている.

このレーダは, 昭和 36 年 12 月に道川実験場に設置され, その後鹿児島実験場に移設され航跡標定を行なっている. この装置は二次レーダ方式で 6000 km 以上 [3] の追跡が可能であり, 応答を極力急速にして各種ロケットの追跡に十分な能力を持たせてある. また二次レーダとしてのみならず, 一次レーダとしても使用でき, その切替えは随時可能であり, 地上送信周波数は切替えと同時に受信周波数に変更される. その他偏波を円偏波と直線偏波に切替えることが自動的にできる. 飛しょう径路が直ちにグラフとしてえがかれるなどの特徴がある.

周波数は第 1・第 2 レーダ共地上送信周波数は 1687 Mc, 受信周波数は 1673 Mc である. パルス繰り返し周波数は 250 c/s および 267 6/7 c/s の 2 系統切替え方式である.

* 宇宙研併任教授 (東大生産研)

** 東大生産研講師

*** 東大生産研 斎藤研究室

第1表 トラッキングレーダ装置諸元

		第1レーダ	第2レーダ
アンテナ	反射鏡 駆動 走査 走査率 一次放射器 偏波 利得	2 mφパラボラ DCプリントモータ コニカルスキャンニング 30 c/s ターンスタイル 左円偏波 22 dB (対直線)	4 mφパラボラ 油圧モータ コニカルスキャンニング 12 c/s 円形導波管 水平直線—左円偏波 30 dB (円—直線)
送信部	方式 周波数 送信電力 パルス幅 繰り返し周波数	パルス変調板極管 1687 MC 10 kW 1 μs 250, 267 6/7 c/s	パルス変調マグネトロン 2次レーダ 1687 MC 1次レーダ 1673 MC 500 kW 1 μs 250, 267 6/7 c/s
パラメトリック部	利得 NF 帯域幅	15 dB 2.5 dB 10 MC	20 dB 2.5 dB 10 MC
受信部	周波数 中間周波 総合感度	1673 MC 30 MC Band 4 MC −100 dBm	1673 MC 30 MC Band 3 MC −104 dBm
指示部	測距最大速度 測距精度 角度追尾最大速度 角度精度	10 km 50 m Az 12°/sec EL 12°/sec 0.1°	20 km 50 m Az 50°/sec EL 30°/sec 0.06°
記録器	アナログ記録機 デジタル記録機 X-Yレコーダ	ドラム回転型ペンレコーダ シンクロシャフトドライブ 方式 R(5けた), Az(5けた), EL(4けた) 5, 10, 30 sec 毎 垂直面	16 mm シネカメラ フォトエンコーダ方式 R(6けた), Az(5けた), EL(5けた) 0.5, 1, 5, 10, 30, 60 sec 毎 垂直・水平面

各レーダの性能は、第1表に示してあるので参照されたい。

3. トランスポンダについて

現在鹿児島実験場で行なわれているロケット追跡にはほとんどが二次レーダ方式（すなわちロケットにトランスポンダを搭載し、地上からの電波を受信し、増幅して電波を送り返す方式）を採用している。この方式により地上反射物とロケットの識別、一周波多段ロケット同時追尾（4項参照）および小型地上設備による遠距離追尾等を可能にした。

トランスポンダの種類を用途別にわけると、小型用、8L・ラムダ型用、9M型用およびロケットゾンデ用の4種類に分けられる。

小型用は70mmφ前後の小型ロケット用で、受信機は超再生検波型のもの、または直線検波型のものが使われている。

8L・ラムダ型用は、直径150mmφでトランスポンダ開発当初からのもので、研究・改良の結晶であり最も安定し、信頼性の高いものである。

9M型用には150mmφのものをさらに改造して直径180mmφ、高さ120mmφにし搭載容量の増大をはかっている。またそれにともない内部構造の改造と受信感度の向上をはかり(第2表参照)、より遠距離までの追跡を目指している。

第2表 トランスポンダ諸元

	8L・ラムダ用	9M用	MT ゾンデ
受信周波数 (Mc)	1687	1687	1673
送信周波数 (Mc)	1673	1673	1687
パルス幅 (μs)	1~1.2	1~1.2	約2
送信電力 (W)	100	100	約5
受信感度 (dBm)	-80	-90	-40
自走周波数 (c/s)	200~230	200~230	200 前後
重 量 (kg)	3.2	3.8	1.5
直 径 (mm)	150	180	115
高 さ (mm)	155	120	360

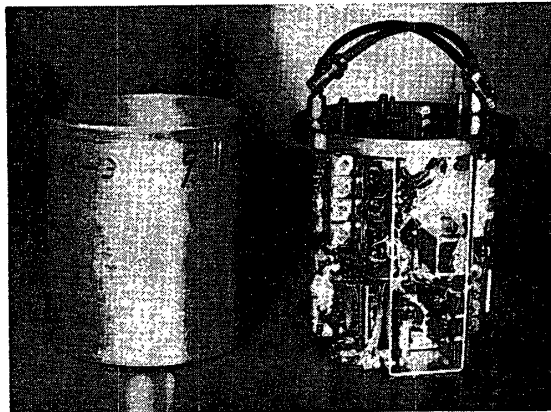


写真1 150φ トランスポンダ

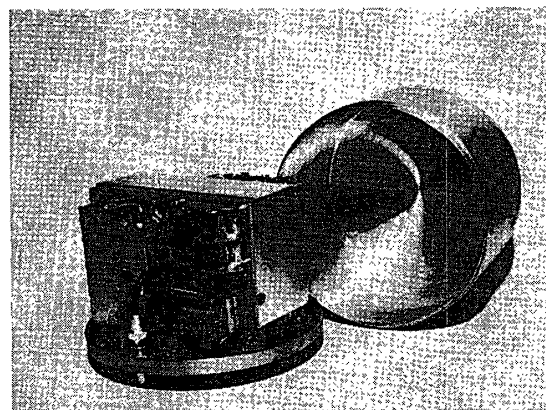
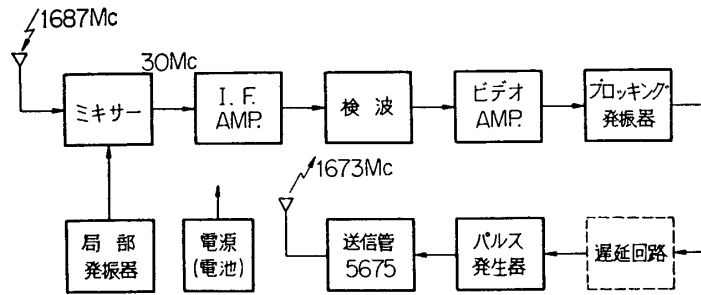


写真2 180φ トランスポンダ

150φ・180φの外観はおのおのの写真1・2のようなものであり、その回路構成は第1図の通りである。図中の点線内の遅延回路は、一周波多段ロケット追尾用に必要なもので普通の場合には省略してある。

ロケットゾンデは気象用ロケット MT-135 搭載用のもので、これはトランスポンダの距離信号のほか、温度のパルス位置変調 (PPM) 信号を同時に送りテレメータの役目もしている。PPM パルス間隔はレンジパルスに対して300~1000 μs で温度にして約+55~-75°C



第1図 8L・9M型トランスポンダ・ブロック図

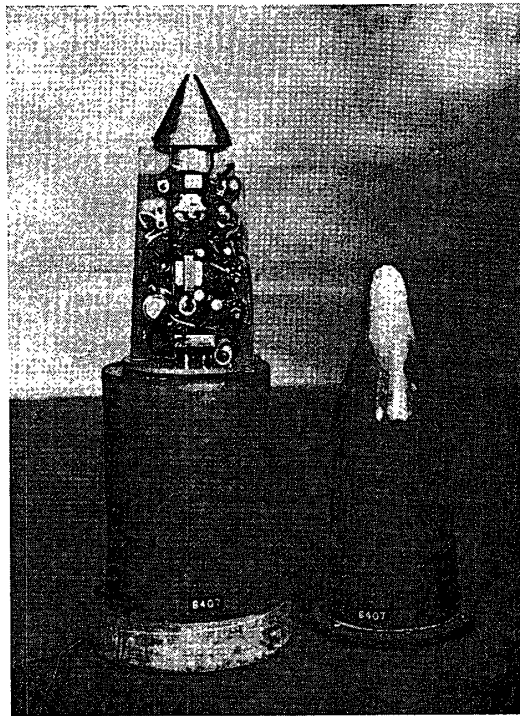
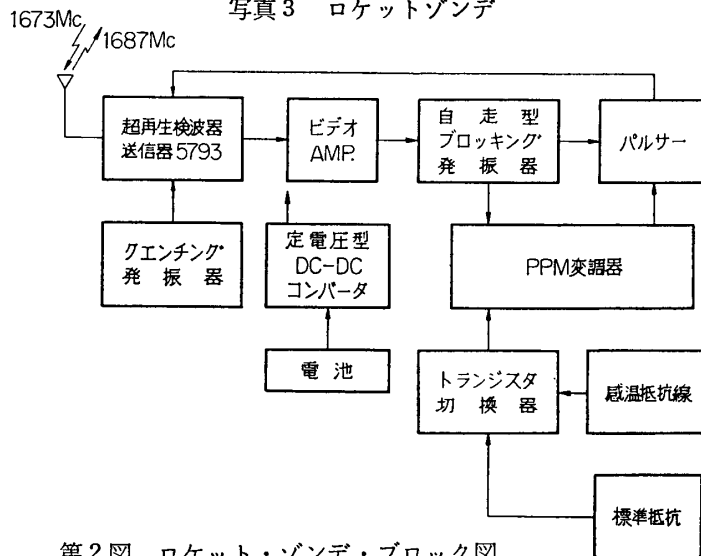


写真3 ロケットゾンデ



第2図 ロケット・ゾンデ・ブロック図

まで観測できるようにしてある。このゾンデは送受信管を一球で代行し、ほかは半導体化して重量の軽減をはかっている。その外観を写真3に、回路構成を第2図に示してある。

4. レーダの連係とデータ処理について

レーダ間の同期と連係

上記のように2台のレーダを使用し、一周波多段ロケット同時追尾を行なう場合に、同一送信周波数、同一パルス繰り返し周波数を使用している関係上次のような連係が行なわれている。

第1レーダは第2レーダから 15 kc, 250 c/s, 267 6/7 c/s の同期信号を有線で受け、それに同期させる。

第1レーダの原点は第2レーダから送信されたパルスが第1レーダに着いた瞬間を零点 (0 km) とする。

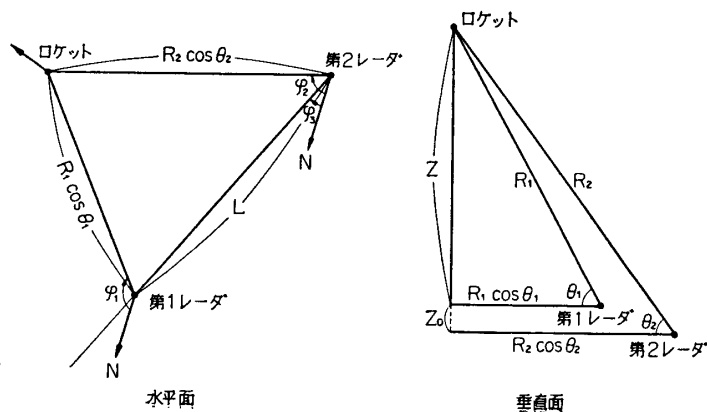
多段式ロケットの場合、たとえば3段式ロケットを例にとると、第1レーダは2段目、第2レーダは3段目のロケットを追跡する。トランスポンダの遅延を2段目のトランスポンダはそのまま、3段目のトランスポンダは2段目のそれより 50~100 μ s 遅らせ返信パルスの位置の差により最初から2・3段目の識別ができるようにしてある。

トランスポンダの同期を取るための地上送信は、原則としてどちらか一方が送信する。第2レーダはロケットを地上から追跡し、第1レーダは発射後 8~10 秒後の待受けをする関係で、最初第1レーダで送信してトランスポンダの同期を取り、後第2レーダが送信する。しかし2段目・3段目の切断が行なわれ、3段目は上昇、2段目は降下して第2レーダで2段目の同期が困難になった場合には第1レーダも送信する。

原点の補正

トランスポンダに遅延回路が入っている場合の補正はもちろんであるが、そのほかに2台のレーダが相互に離れた地点で同時観測している場合、一方が送信し他方が受信のみを行なっているときには、送信を行なっているレーダの測距は正しい指示値であるが、受信のみを行なっているレーダの測距は、その指示値が見掛けの距離になる。しかしレーダ間の同期が上記のように完全に行なわれている場合には、次のような簡単な式により補正できる。

第3図は補正計算するための各レーダの関係位置図である。



第3図 補正計算用レーダ関係位置

第1レーダ送信, 第2レーダ受信のみの場合の補正式

第1レーダ: 指示値そのまま

第2レーダ

$$R_2 = \frac{1}{2} \frac{(2R-L)^2 - L^2 - Z_0^2}{(2R-L) - L \cdot \cos(\varphi_2 - \varphi_3) - Z_0 \cdot \sin \theta_2}$$

第2レーダ送信, 第1レーダ受信のみの場合の補正式

第2レーダ: 指示値そのまま

第1レーダ:

$$R_1 = \frac{1}{2} \frac{(2R+L)^2 - L^2 + Z_0^2}{2R+L - L \cdot \cos(180 + \varphi_3 - \varphi_1) - Z_0 \cdot \sin \theta_1}$$

R_1, R_2 ; 第1レーダおよび第2レーダの真の直距離 (km)

θ_1, θ_2 ; " " の高度角 (度)

φ_1, φ_2 ; " " の方位角 (度)

L ; " " 間の距離 (2.19 km)

Z_0 ; " " 間の高度差 (0.09 km)

R ; " " の見掛けの直距離 (km)

φ_3 ; " " 間の位置補正角 (24.3°)

データの計算について

2台のレーダ記録装置より読み出したデータをロケット機種により必要に応じて0.5, 5, 10秒間隔のデータとして計算機用テープにさん孔し, 電子計算機 HIPAC 103 で計算を行っている。

データのばらつきを補正するため現在多項式最小二乗法によるスムージングを行っている。すなわちデータとして等時間々隔読み取り, 7点, 3次式近似で中間値の4点目の値を決定し, 次に最初の1点目を捨てて8点目を読み込み, そのスライドしたデータの2点目から8点目の7個のデータから5点目を決定する。以下同様の操作を繰り返してスムーズを行っている。

スムージングされたデータはただちに直角座標系と極座標系の二系統の計算が行なわれラインプリンタで印刷される。

直角座標系は発射点中心における直角座標表示でロケットの性能および飛しょう状態を解析するのに便利である。

極座標系はレーダデータを地球中心座標に変換し, 地球の楕円補正を行なって緯度, 経度および高度の計算を行っている。これはロケット搭載計器の観測資料の解析に便利のためである。

5. 航跡標定結果

レーダによって航跡標定が行なわれたロケットの名称, 打ち上げ年月日など標定結果の概要はそれぞれ小型ロケット第3表, MT型ロケット第4表, K-8L・K-8・K-10・K-10S型ロケット第5表, K-9M型ロケット第6表およびL-3・L-3H・L-4S・M-1型ロケットは第7表にまとめてある。

第3表 小型ロケット航跡標定結果概要

ロケット名称	打年 上 月 日 時	候 天 風 速 (m/s)	発 射 方 位 角 (Deg)	頂 点			着 水 点		備 考
				時間 (sec)	高度 (km)	水平距離 (km)	時間 (sec)	水平距離 (km)	
PT-160-1	39. 7. 28 11. 08	曇 E 4	72 132. 5	95	44. 5	47	214. 7	82	正常
ST-160-1	40. 7. 21 11. 23	晴 W2. 5	60 132. 5	40	9. 5	9. 1	87. 5	14. 8	正常 スピントスト
ST-160-2	40. 7. 21 14. 20	晴 0	60 132. 5	40	14. 1	13. 4	115. 8	24. 3	正常 スピントスト
HT-110-1	40. 8. 22 9. 09	晴 S S E 0. 5	75 132. 5	50	19. 0	9. 2	131. 0	15. 7	正常
BT-160-2	40. 8. 25 11. 09	快晴 S W 0. 5	60 132. 5	35	9. 7	9. 0	87. 8	13. 7	正常 補助ブースタ テスト
PT-160-2	40. 11. 1 11. 15	快晴 E 2	77 145	180	88. 9	70. 9	290	114. 2	正常
HT-110-3	41. 1. 22 11. 10	晴 W 5	75 145	65	25. 5	11. 1	162	20. 9	正常
BT-250-1	41. 1. 26 11. 10	快晴 E 3	35 140	30	6. 7	17. 7	75	26. 6	正常 補助ブースタ テスト
IT-160-1	41. 4. 25 13. 15	曇 E 4	78 145	125	68	54	60分	100	正常 パラシュート による実験
DT-135-1	41. 9. 21 11. 10	曇 N 4	77 155	110	55. 6	28. 5	228	54. 8	正常 風の分散テス ト
PT-300-1	41. 11. 4 11. 05	快晴 0	76 145	197	160. 5	132. 9	382	264. 5	正常

第4表 MT-135型ロケット航跡標定結果概要

ロケット名称	打年 上 月 日 時	候 天 風 速(m/s)	発 射 方 位 角 (度)	頂 点			備 考 ゾンデ動作良否
				時間 (sec)	高度 (km)	水平距離 km	
MT-135-1	39. 7. 24 11. 07	晴 S S E 2	77 132. 5	105. 6	48. 8	29. 3	105. 6 sec にてゾンデ電波断
" 2	39. 11. 14 11. 10	晴 N 2	76 132. 5	105	55	18. 5	正常 28分まで追跡
" 3	39. 11. 15 16. 10	快晴 0	76 132. 0	105	55	25	正常 85分
" 4	40. 3. 9 11. 10	晴 W 4	75 132. 5	106	54. 5	25	正常 9分43秒 パラシュート出ず
" 5	40. 3. 11 11. 07	晴 S W 2	76 132. 5	106	59. 5	22	正常 90分
" 6	40. 3. 11 16. 07	快晴 N W 1	77 132. 5	106	59	23	正常 9分30秒 パラシュート出ず
" 7	40. 7. 8 11. 26	曇 S 1	78 132. 5	100	50	26	正常
" 8	40. 7. 8 20. 10	晴 S 1	78 132. 5	105	49. 8	29	正常
" 9	40. 7. 12 11. 07	曇 S W 2	78 132. 5	—	—	—	8 sec にてゾンデ電波断
" 10	40. 9. 29 11. 00	曇 N E 3	77 145	100	48	28. 5	正常
" 11	40. 9. 29 16. 00	曇 0	78 145	105	51. 2	20	正常
" 12	41. 1. 18 11. 10	雨 0	78 145	105	53. 8	30. 8	正常 7分26秒 パラシュート出ず
" 13	41. 1. 19 19. 30	晴 N W 5	77 145	100	48. 6	16. 9	正常 60分
" 14	41. 1. 19 11. 00	晴 N N E 6	78 145	115	58. 7	16. 6	正常 60分
" 15	41. 4. 30 11. 20	曇 E 4	77 145	105	51. 8	28. 3	正常 63分
" 16	41. 4. 30 19. 40	曇 N 2	79 145	105	53. 4	20. 4	正常 43分
" 17	41. 5. 2 11. 00	曇 W 1	79 145	115	54. 5	20	正常 70分
" 18	41. 8. 18 11. 00	晴 S S E 4	79 145	—	—	—	
" 19	41. 10. 13 11. 25	晴 S E 0. 5	80 145	110	42. 3	19. 4	正常 9分27秒 パラシュート出ず
MT-135A-20	41. 10. 13 13. 20	晴 S S E 0. 2	80 145	110	65	28. 5	正常

第5表 K-8L, K-8, K-10, K-10S型ロケット航跡標定結果概要

ロケット名称	打年 上 月 日 時 分	天候 ランチャ点 風向 風速(m/s)	発射 仰角 方位角 (Deg)	頂点			着水点		備考
				時間 (sec)	高度 (km)	海面距離 (km)	時間 (sec)	海面距離 (km)	
K-8L-4	39. 7. 26 12. 07	曇 S E 5	79 145	170	130	96	—	(195)	210 sec にて 同期取れず
K-8L-5	39. 7. 26 19. 51	快晴 0	79 149	106	116	58.6	—	—	正常 WI 観測
K-8L-6	39. 11. 12 12. 05	晴 W 4	79 145	192	154	94	383	184.6	正常
K-8L-7	39. 11. 2 16. 03	快晴 N E 3	79 145	192	155	82	393	160	正常
K-8L-8	39. 11. 10 11. 05	快晴 E 1	79 145	190	145	83	372	168	正常
K-8L-9	40. 10. 6 13. 00	曇 0	80 145	185	141.6	72.5	366	142.2	正常
K-8L-12	41. 12. 10 11. 00	晴 N 1.5	77 137	190	146.0	68.7	375	129.1	正常
K-8-12	40. 7. 16 19. 50	晴 S W 2	79 145	205	161.5	126	394	258.1	30~180 sec までレーダ追 尾できず, 周波数変動
K-8-13	41. 4. 20 21. 05	晴 S S E 4.5	81 145	—	(160)	(290)	—	—	90secにてRT, TM 電波断
K-8-14	41. 10. 20 11. 20	曇 0	81 140	225	191	126	450	254.7	正常
K-10-1	40. 11. 8 14. 05	晴 S W 5	79 145	250	233	205.2	565	409.4	正常
K-10-2	41. 12. 10 20. 30	快晴 W 1	76 137	260	258.1	208.4	510	418.0	正常
K-10S-1	40. 8. 28 11. 02	晴 E 2	78 145	460	726.5	667.1	883	1311	正常

第6表 K-9M型ロケット航跡標定結果概要

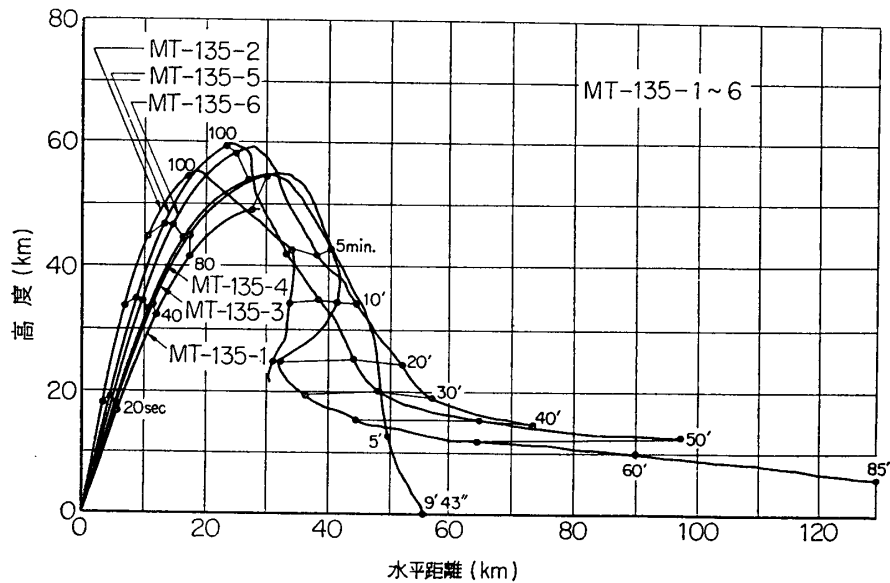
ロケット名称	打上げ 年月日 時分	天候 ランチャ 風速(m/s)	発射 仰角 方位角 (Deg)	頂点			着水点		備考
				時間 (sec)	高度 (km)	海面距離 (km)	時間 (sec)	海面距離 (km)	
K-9M-3	40. 1. 22 14. 14	晴 W 5	78 145	298	349. 3	165	582	331	正常 アンテナ および飛 しょうテスト
K-9M-4	39. 11. 5 12. 01	快晴 S 1	78 145	27	21	9	—	—	トラポン 29 sec にて断絶
K-9M-5	39. 7. 29 19. 05	晴 S E 2	79 145	30	24. 1	9. 8	—	—	トラポン 30 sec にて断絶
K-9M-6	40. 2. 6 19. 02	快晴 N 2	78 145	293	334. 2	170	576	337. 3	正常
K-9M-7	40. 2. 6 14. 01	曇 NW 1. 5	78 145	26	20. 4	5. 9	—	—	トラポン 26 sec にて断絶
K-9M-8	40. 3. 25 20. 21	晴 W 5	78 142	290	324. 2	190. 8	555	360. 3	正常
K-9M-9	40. 3. 27 14. 01	快晴 S E 7	80 145	298	336	240	570	469. 5	正常
K-9M-10	40. 3. 28 16. 01	快晴 W 1	80 142	330	346	199. 7	581	343	正常
K-9M-11	41. 8. 3 11. 00	快晴 NW 2	77 145	295	343. 5	205	575	408	正常
K-9M-12	40. 7. 26 21. 01	晴 W S W 2	80 145	25	19. 1	5. 8	—	—	トラポン 25 sec にて断絶
K-9M-13	40. 7. 27 12. 10	晴 S E 5	80 145	290	316. 9	209	564	413	正常
K-9M-14	40. 10. 4 12. 00	晴 N E 2	80 145	280	298. 8	204. 5	548	406	正常
K-9M-15	41. 3. 20 21. 15	快晴 N 2	78 140	285	308	177	560	357. 6	正常
K-9M-16	40. 12. 13 15. 20	晴 0	80 145	290	319. 1	194. 1	560	386	正常
K-9M-17	40. 12. 18 15. 00	曇 W 2	79 145	290	311. 9	169. 9	545	330. 5	正常
K-9M-18	41. 7. 17 11. 10	快晴 E 5	80 145	285	325	193. 7	565	394	正常
K-9M-19	41. 8. 10 21. 37	晴 S E 3	80 143	290	325. 3	229. 5	565	455	正常
K-9M-20	41. 10. 20 17. 25	晴 S W 1	79 135	305	358	175	585	345	正常
K-9M-21	41. 12. 5 11. 00	曇 N 2. 5	78 137	295	336. 8	205. 6	570	410. 0	正常

第7表 L-3, L-3H, L-4S, M-1 型ロケット航跡標定結果概要

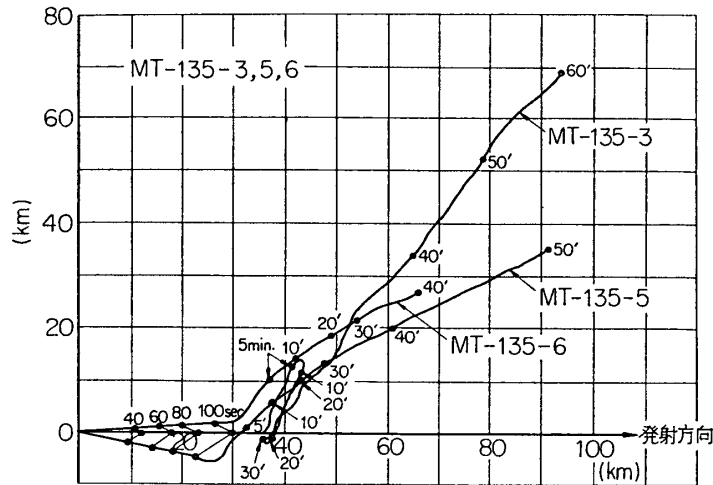
ロケット名	打年 上月 げ日 時分	天候 ランチャ 風速(m/s)	発射 仰角 方位角 (Deg)	頂点			着水点		備考
				時間 (sec)	高度 (km)	海面距離 (km)	時間 (sec)	海面距離 (km)	
L-3-2 ブースタ メイン	40. 1. 31	晴 SW 2	79 146	300	337	282	590	570	正常 レンジ限界 距離まで追 跡
	14. 01			580	1025	875	(1150)	(1750)	
L-3-3 ブースタ メイン	40. 3. 18	快晴 SW 3	78 142	315	366	225	620	445	正常 正常
	19. 07			600	1090	775	(1210)	(1550)	
L-3H-1 ブースタ メイン	41. 3. 5	快晴 SE 3	78 93	335	359	328.4	685	637.2	正常 発射時トラ ボン電波断
	13. 50			—	—	—	—	—	
L-3H-2 ブースタ メイン	41. 7. 23	快晴 SE 2	78 85	315	339.7	326.7	585	653.2	正常 正常
	15. 35			845	1822	1545	(1800)	(3140)	
L-4S-2 3段目	41. 12. 20 11. 20	曇時々晴 E 0.5	62 95	470	468.4	1508.9	(900)	(3000)	正常
M-1-1 1段目	41. 10. 31 14. 04	快晴 S 2	66 140	120	35.1	104.4	175.3	166.4	正常

() 内は推定値を示す

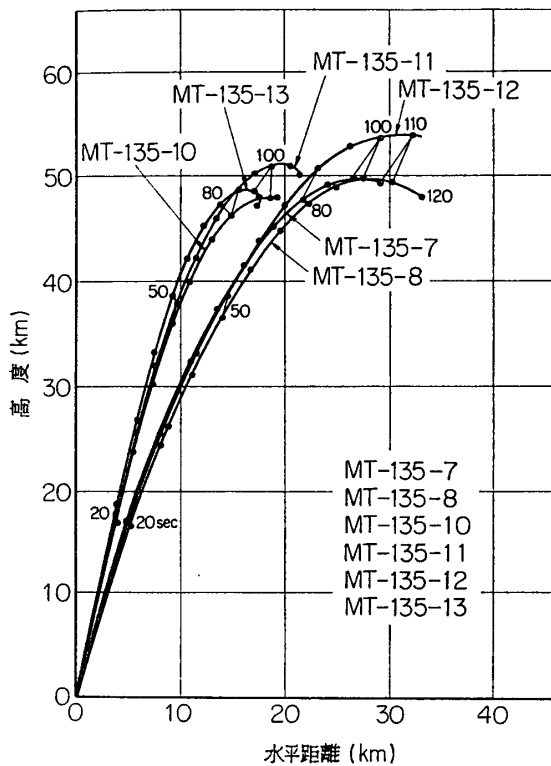
MT ロケットは 110 秒前後から開傘して風向・風速・温度の測定を目的とし、その観測結果は気象庁で解析されているので、ここではロケットの性能を主体に考え 120 秒までを図に示してある。しかしそのうちの代表的な 2, 3 例について 120 秒以後の垂直面と水平面航跡をおのおの第 4 図、第 5 図に示してある。それ以外の MT ロケットは第 6 図、第 7 図に示す。



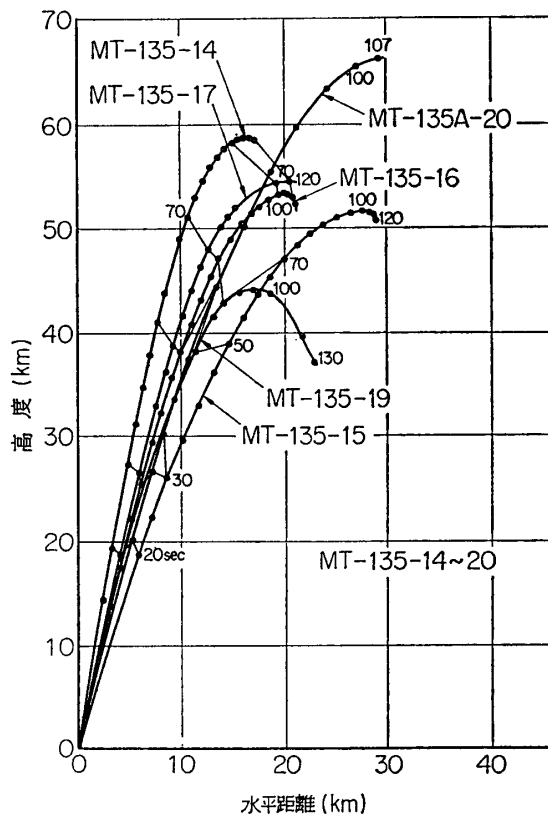
第4図 MT-135 型垂直面航跡



第5図 MT-135型水平面航跡



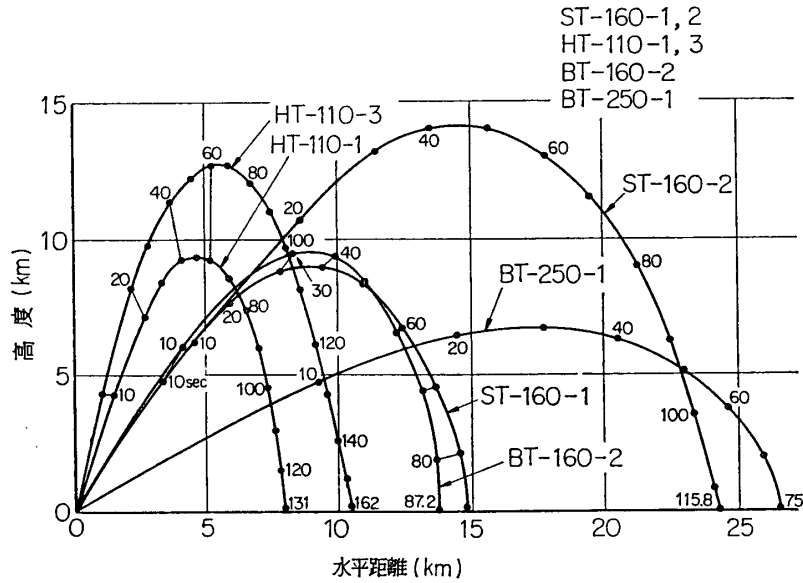
第6図 MT-135型7~12号機航跡



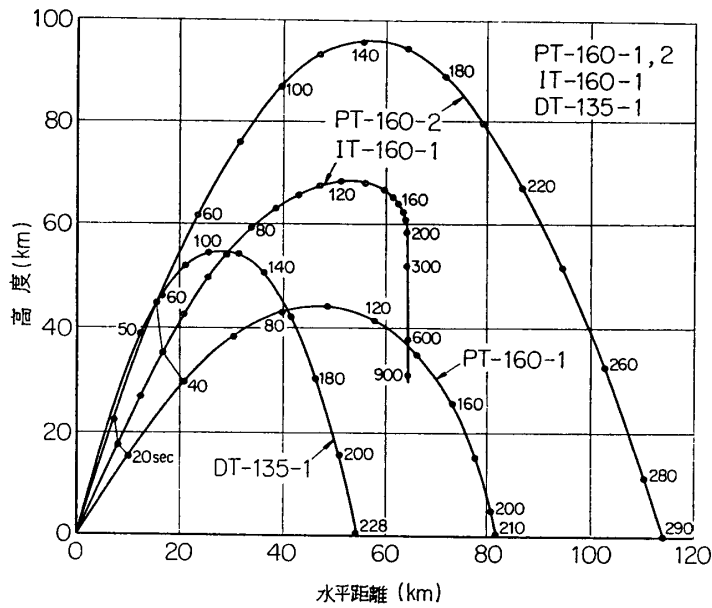
第7図 MT-135型14~20号機航跡

第6図以後の水平面はロケット進行方向とほとんど一致しているのここでは省略した。
 第8図の ST-160 はスピンモータによるスピンテストロケットである。 BT-160, 250 は補助ブースタを付けたモデルテスト機である。

第9図の IT ロケットは MT ロケットと同様開傘観測のため 900 秒まで追跡した。 DT-



第8図 HT-110, ST-160, BT-160, 250型ロケット航跡

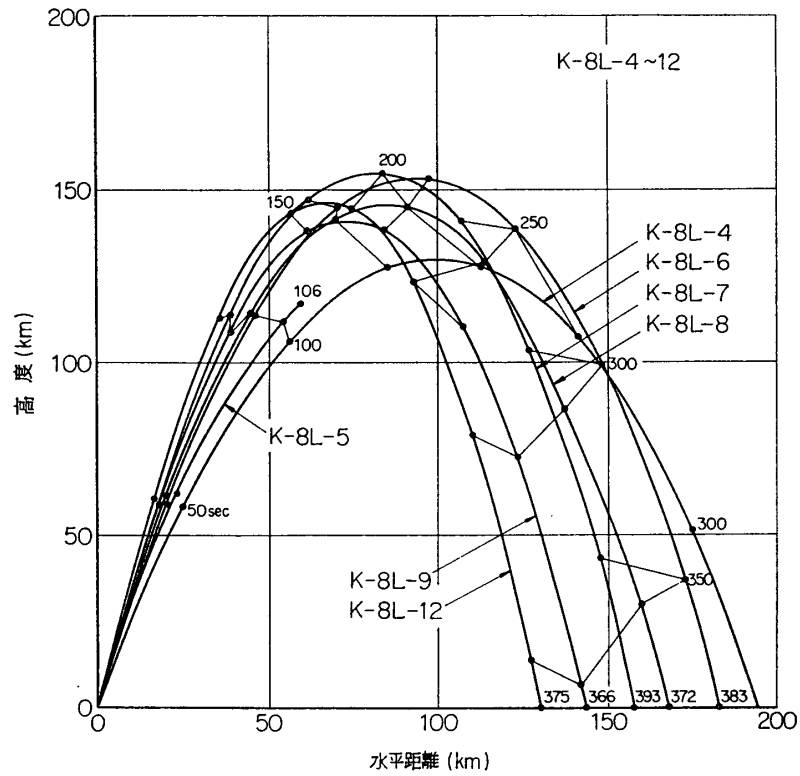


第9図 PT-160, IT-160, DT-135型ロケット航跡

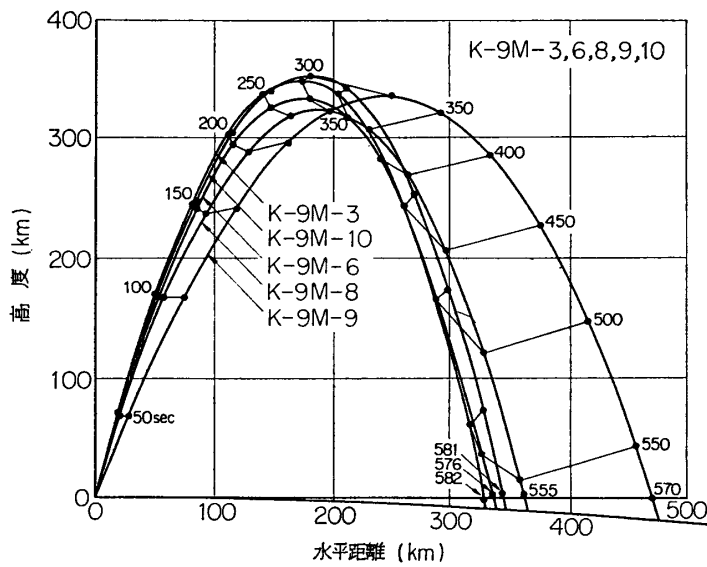
135 は風に対するロケットの分散補正テスト機である。

第10図は K-8L 型ロケットの航跡で、K-8L-4 号機は 210 秒でトランスポンダからの電波は受信できなくなった。受信中のレベルは非常に微弱であった。K-8L-5 号機は 106 秒で光薬弾により頭部を爆破観測したためトランスポンダの電波も切れた。ほかは正常に作動し観測した。

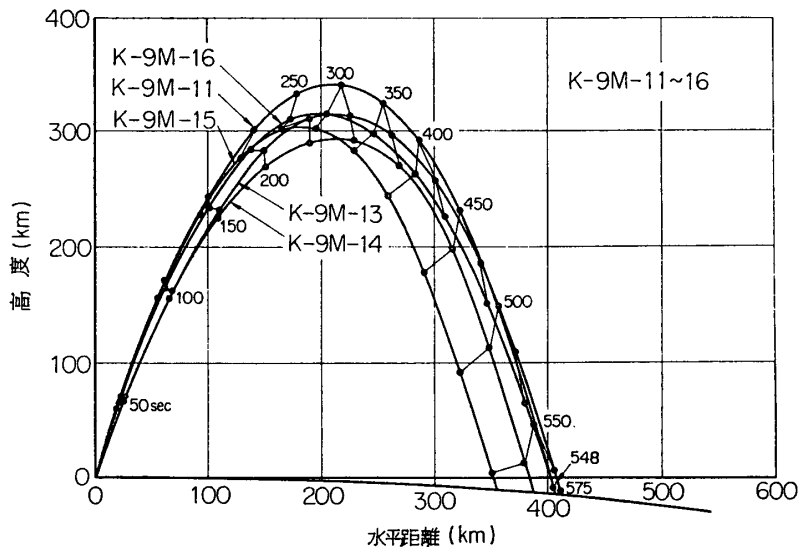
第11・12・13 図は K-9M 型ロケットをまとめたものである。K-9M-4, 5, 7, 12 号



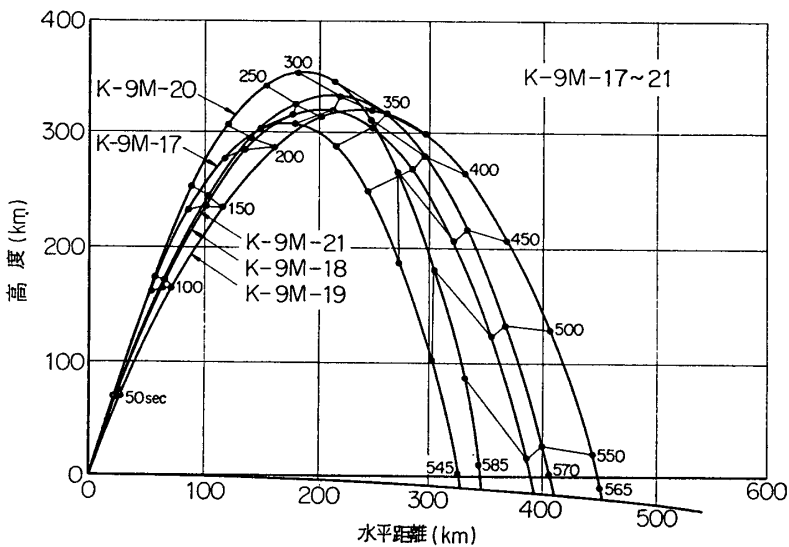
第10図 K-8L型ロケット航跡



第11図 K-9M-3~10号機航跡



第12図 K-9M-11~16号機航跡



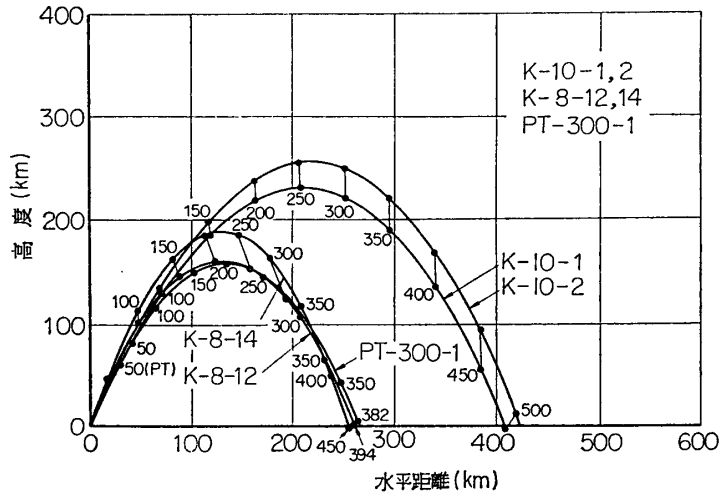
第13図 K-9M-17~21号機航跡

機はおおの 27, 30, 26, 25 秒でトランスポンダの電波は断絶したため、その後の航跡は不明である。他の 9M 型ではトランスポンダおよびレーダ共正常に作動した。

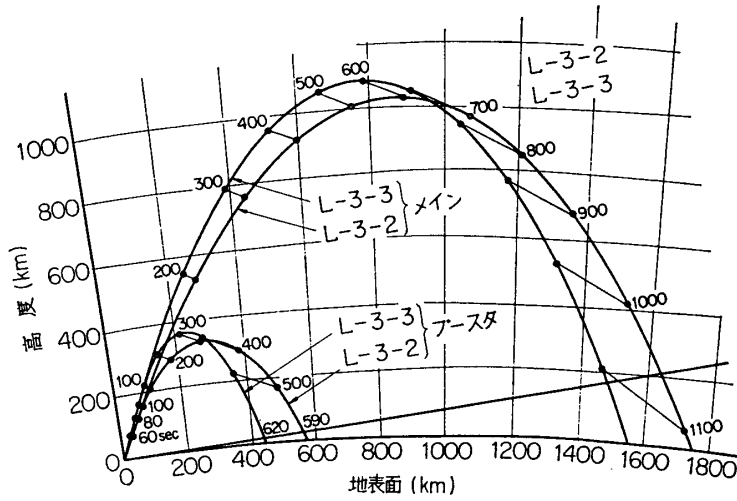
第 14 図は K-8・K-10 および PT-300 型ロケットについてまとめたものである。

第 15 図は L-3 型で 2 号・3 号機とも 2 台のトランスポンダが搭載され、2 台のレーダを使って同時追跡を行ない成功した。

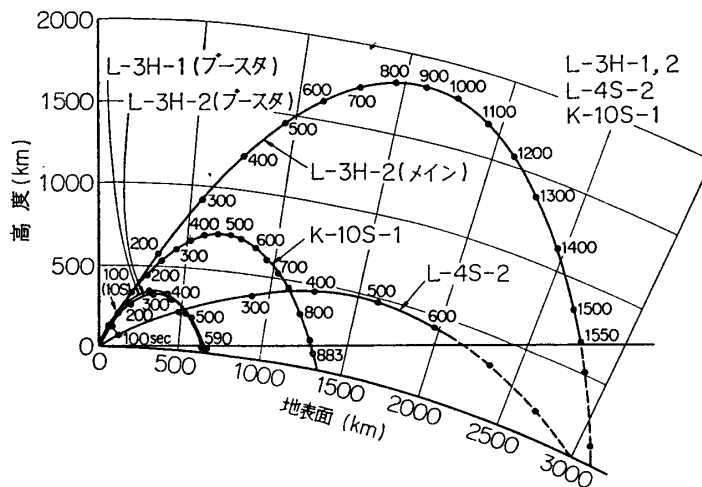
第 16 図には K-10S・L-3H・L-4S 型ロケットがまとめてある。L-3H-1 号機のメイン用トランスポンダは発射と同時に発振停止し、その後の航跡は不明である。しかしブースター用トランスポンダは、正常に作動し着水まで追跡した。L-4S 型機は 4 段ロケットであるが、



第14図 K-10, K-8, PT-300型ロケット航跡



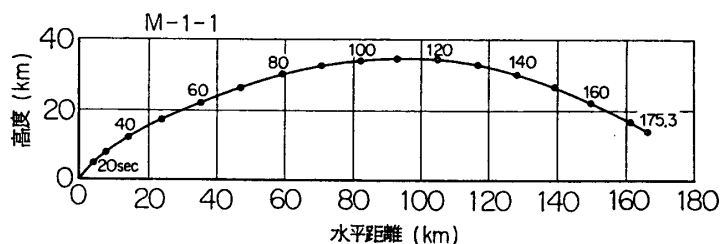
第15図 L-3型ロケット航跡



第16図 L-3H, L-4S, K-10S型ロケット航跡

レーダトランスポンダは3段目に搭載されているため、第16図には3段目の航跡がかかれています。

第17図はM-1-1の航跡である。レーダおよびトランスポンダは正常に作動し、ロケットは正常に飛しょうした。



第17図 M-1-1号機ロケット航跡

6. 結 び

昭和39年7月より昭和41年12月に至る期間に打ち上げられたロケットの航跡標定結果と、鹿児島実験場のレーダの概略について報告した。

測距装置の改造も終りおのおのレーダの付加装置も大体完成し、現在使用中の地上設備およびトランスポンダは安定状態に入ってきた。今後は記録の迅速解析装置と、標定精度の向上に努力する必要がある。

実験にご協力いただいた明星電気 K. K. の小羽根・瓜本・下間各氏ならびに三菱電気 K. K. の遠藤・田村各氏に感謝する。

1967年1月23日 宇宙工学

参 考 文 献

- [1] 生産研究 Vol. 16 No. 11 観測ロケット特集号 p.48.
- [2] 生産研究 Vol. 13 No. 10, Vol. 15 No. 7, Vol. 16 No. 11 観測ロケット特集号
- [3] 宇宙研報告 第2巻 第1号(B) 観測ロケット特集号 p.225