

# レーダによるロケット航跡標定結果

(レーダ研究班)

高木 昇・斎藤成文・浜崎襄二・長谷部望・亀尾要道  
関口 豊・市川 満・西本博信・福島 茂・遠藤義明

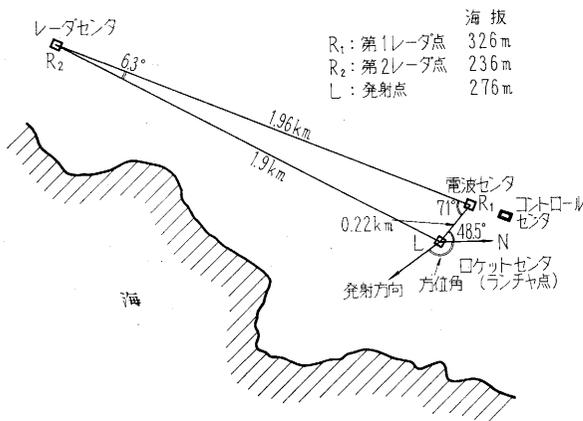
## 1. 序

前報<sup>1)</sup>に報告の後より昨年度末まで、すなわち昭和38年5月より昭和39年3月(ただし L-3-1 号機は天候の都合によって昭和39年7月に延期されて打ち上げられたので、本報告は L-3-1 号機の航跡標定結果を含む)に至る期間に、鹿児島宇宙空間観測所において小型ロケット4機、カップロケット3機、ラムダロケット3機の打上げが行なわれた。本文はこれらのロケットに関するレーダによる航跡標定結果をまとめたものである。

## 2. 標定方法および地上設備の変更について

ロケット追跡用レーダの方式およびおもな構造等については、すでに本誌に紹介されているので<sup>2)3)4)</sup>。ここでは前報以後の改良と補充機器の概要を述べる。

現在鹿児島宇宙空間観測所においては2組のレーダ装置が設備されている。その一つは第1レーダと呼ばれ、2mφのパラボラアンテナと10kWのパルス変調送信機を持ち、ランチャ点より約300m後方の電波センタに設置されている。他の一つは第2レーダと呼ばれ、ランチャ点より約1.9km側方のレーダセンタに設置され、4mφのパラボラアンテナと500kWのパルス変調送信機を有する。ランチャ点と二つのレーダの位置関係は第1図に示す。



第1図 レーダランチャの位置関係を示す平面図

ロケットが大型・多段化された結果、ラムダ3型においては第2段ブースタと第3段(メイン)に観測機器が載せられ、別個の観測が行なわれた。このため第2段ブースタとメインのおのおのレーダトランスポンダが搭載され、同時にそれぞれの航跡標定を行なわねばならなかった。ラムダ3型においては第2段ブースタとメインの識別のため時分割方式が用いられた。すなわち、ブースタ搭載トランスポンダは従来通り地上送信パルスを受信すると、直ちに返信パルスを送り返すが、メイン搭載トランスポンダは地上送信パルス受信後 60 μsec 程度の一定時間遅れて返信パルスを送り返すように作られた。この方法によればメインは 10 km 程度先に発射されたごとくに返信パルスが受信され、またラムダ3型ではブースタよりもメインの方が常に遠距離に位置するから、ブースタとメインは常に明瞭に識別される。この方式の詳細については本号 55 ページを参照されたい。

第1レーダには、秋田県道川実験場以来ロケットの航跡標定を行なってきた GMD-1 型レーダ装置<sup>2)</sup>と共に、昭和38年12月より改良型の ATR-63 型レーダ装置<sup>3)</sup>があわせて設置され、直ちに航跡標定に用いられた。この新装置においては、アンテナ系等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、新型記録装置の使用、第2レーダとの連係動作装置の付属等により従来の装置の性能・信頼性の向上、取扱い・保守の簡易化が計られている。

## 3. 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、打上げ年月日等と標定結果の概要はそれぞれ小型ロケット、カップ・ラムダロケットに対して第1表、第2表にまとめられている。表中の時間はロケットのイグナイタ点火スイッチ投入の時を発射時刻(時間=0 sec)として示したものである。発射仰角・方位角は発射時のランチャの仰角、方位角を示す。航空路に及ぼす妨害を極力避けるため、鹿児島実験場におけるロケットの発射方向は、小型ロケットに対しては北から東へ向かって 130° 前後に、大型ロケットに対しては 145° 前後に選定されている。

ロケットが大型化し飛しょう距離が増大するにつれ

第 1 表 小型ロケットの航跡標定結果概要

ロケット名称	打年 上月 日 時	発射 方位角 度	頂 点		着 水 点		備 考
			時 間 Sec	高 度 km	時 間 sec	水平距離 km	
SO-150-2	38. 5. 21 14. 11	60° 125. 5°	—	—	101. 5	—	スピンドータのみ測定
RT-110-1	38. 8. 19 11. 12	70° 132. 5°	35. 0	9. 0	85. 0	(12. 0)	トランスポンダの同期が不良
RT-150-2	39. 3. 28 11. 15	60° 132. 5°	ブースク22 メイン	6. 7	77. 2 107. 8	9. 1	第2レーダメインの追跡できず
PT-135-1	39. 3. 29 11. 12	70° 132. 5°	105. 0	52. 5	222. 0	91. 5	気密構造でなかったため 46~183 sec の間受信レ ベル低下

( ) 内の数値は推定値を示す

第 2 表 カップおよびラムダ型ロケットの航跡標定結果概要

ロケット名称	打年 上月 日 時	ランチャ点 地上風 m/sce 天 候	発射 方位角 度	頂 点*			着 水 点*		備 考
				時間 sec	頂点高度 km	海面距離 km	時間 sec	海面距離 km	
K-9M-2	38. 5. 20 11. 09	SSW. 5 くもり	70° 125°	301	341	218	567	438	正常
L-2-1	38. 8. 24 11. 00	SE. 1 晴	76° 150°	106	51	36	216	76	第2段ロケット (メイン)点火せず
L-2-2	38. 12. 11 14. 00	E. 1 くもり	78° 145°	334	400	310	624. 3 (638)	606. 0 (614)	飛しよう中一時 同期不安定
K-8L-2	38. 12. 12 17. 56	N. 4 快 晴	78° 132. 5°	150	103	36. 4	397. 8	73. 3	
K-8L-3	39. 4. 1 12. 10	SW. 2 晴	79° 145°	6. 6	4. 1 (直距離)	—	—	—	
L-3-1	39. 7. 11 11. 01	SE. 1 晴	79° メイン 147° ブースタ	531	857	1003	(1060)	(2010)	レーダ測距限界 まで追跡
				320	374	245	597. 5 (610)	479. 7 (485)	正常

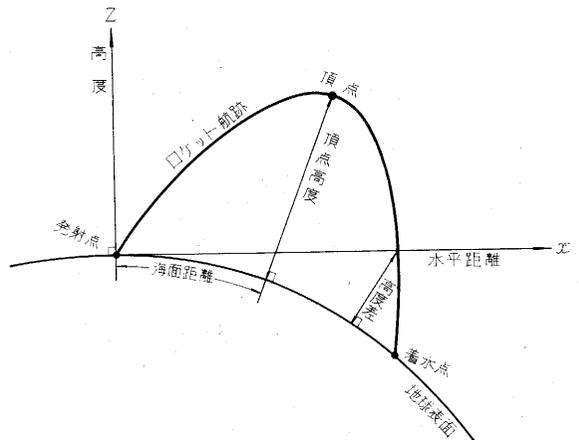
( ) 内数値は推定着水点 \* 頂点高度, 海面距離については第2図参照

て地球の丸みの諸影響が顕著に現われる。その一つはロケットエンジンの燃焼後の航跡の形状が明らかに拋物線から外れて楕円となり、レーダ設置点における垂線と航跡頂点付近における垂線は平行でなくなる。また落下直前のかんりの部分の航跡がレーダ設置点における地球の接平面の下に隠れるため、ロケットが着水する以前に地上受信レベルが激減し、トランスポンダの電波途絶の時は着水時と異なってくる。本文においてはランチャ点における垂線をZ軸(高度)とし、ランチャ点の地球の接平面上における発射時方位にX軸(水平距離)を選んだ直交座標系を用いて標定結果を現わした。座標については第2図を参照されたい。第3表はレーダ点における地球の接平面と地球表面との高度差の概算結果を示したものである。

第 3 表 レーダ点における地球の接平面と地球表面との高度差

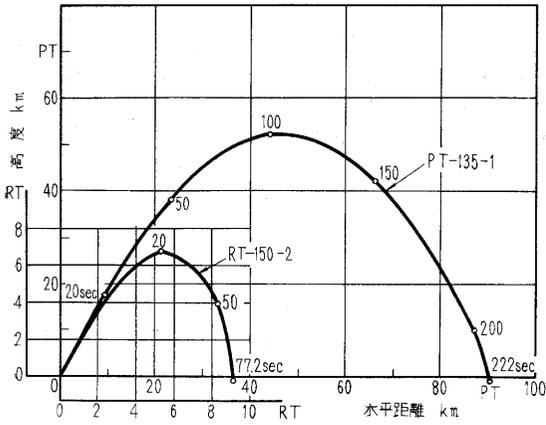
水平距離 km	300	500	700	1000	1500	2000
地球面との高度差 km	8	19	38	78	174	304

小型ロケット, カップ, ラムダ2型, ラムダ3型のロ

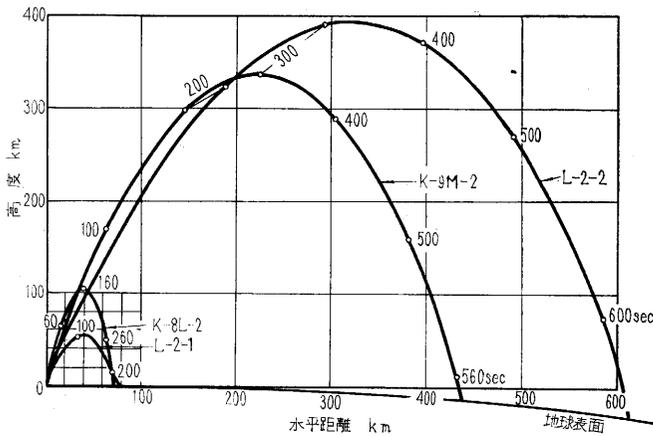


第 2 図 ロケット航跡と測定座標軸との関係

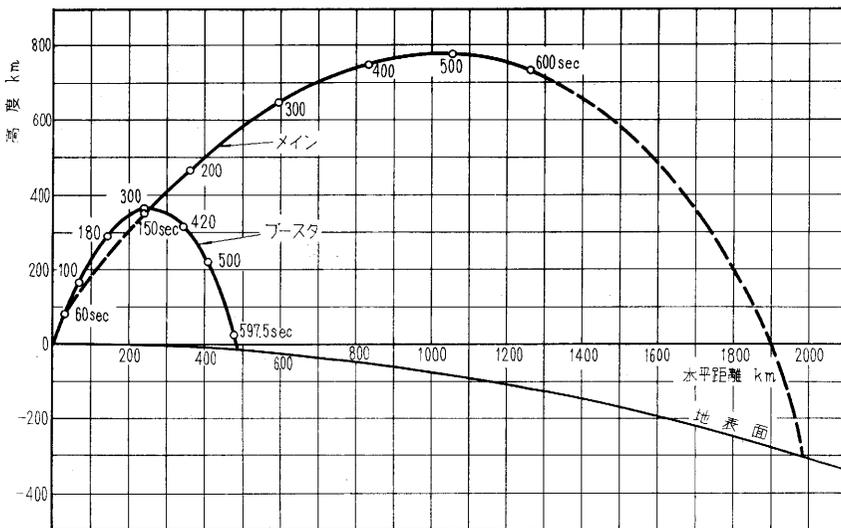
ケットの航跡はそれぞれ第3, 4, 5図に示してある。L-3-1号機は第2ブースタ・メインロケットにトランスポンダが搭載され、前者は第1レーダにより、後者は第2レーダにより、おのおの航跡標定が行なわれ、第1



第3図 小型ロケット航跡



第4図 カッパおよびラムダ型ロケット航跡



第5図 L-3-1号機ロケットの航跡

第2レーダ間の連係動作による追跡に成功した。また第5図の航跡標定結果に見られるように、地球の丸みの影響が明瞭に現われている。

### 3. 結 び

昭和38年5月より昭和39年3月(一部7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を報告した。

ロケットの大型化、飛しょう距離・時間の増大の結果地球の丸みの影響が著しく現われてきた。このため、発射点の局所座標による標定結果の表示は不十分となり、地球の丸み、自転の影響を考慮した地球上の座標による表示が必要とされている。また長時間使用可能なトランスポンダの開発、標定の正確さの向上が望まれている。

実験にご協力いただいた明星電気KKの瓜本、下間、山本の各氏ならびに三菱電機KKの田村氏に感謝する。(1964年9月4日受理)

### 文 献

- 1) 高木ほか：“レーダによるロケット航跡標定結果” 生産研究 15巻7号 p.255~258(1963.7)
- 2) 高木、野村：“カッパロケットのエレクトロニクス” 生産研究 12巻12号 p.490~498 (1960.12)
- 3) 倉茂、瓜本：“150型レーダ、トランスポンダ” 生産研究 11巻8号 p.351~354(1959.8)
- 4) 野村ほか：“4mφレーダ装置” 生産研究 15巻7号 p.245~250 (1963.7)