

自動追跡レーダ装置実験記録およびその考察

自動追跡レーダ研究班

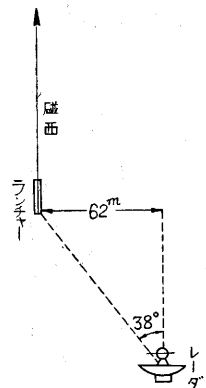
1. 緒言

今回 128 J ロケットの試しよう実験に使用したのは、自動追跡レーダ装置のうち、自動方向探知機構の部分であった。特にこの部分のみの試験を行ったのは、別稿にもあるとおり、自動測距の部分は比較的地上にて等価的な実験が行いやすいのに対して、自動方探部はそれが困難で、当時の試しよう実験のスケジュールから見て、この機会にぜひ実用試験を行って問題点を実際に明らかにしておくことが、32年7月から初まる本観測で十分な性能を具えた装置を実用化しうるために絶対必要と認められたからであった。トランスポンダを用いた本格的な実験は、主としてロケット搭載能力の点で、次回にゆずることとしたのである。

今回の実験では記録装置として別稿に記したものが間に合わなかったために、従来の GMD-1 A 用のものを利用した。これは印字式であるが、その早さが6秒に1回という遅さであるため、今回の目的に合致しない。そのため植村助教授の好意によって、ベル社マガジン 16% 撮影機を借用し、これによって角度指示ダイヤル目盛とストップウォッチを撮影する方式とした。また、この撮影機のスプリングモータは、1回連続撮影可能時間が25秒程度であるので、別にニコンおよびキャノンにより、約2秒に1枚の割で間歇撮影を行い、全飛しょう経過時間の記録が行いようようにした。

2. 実験の手順

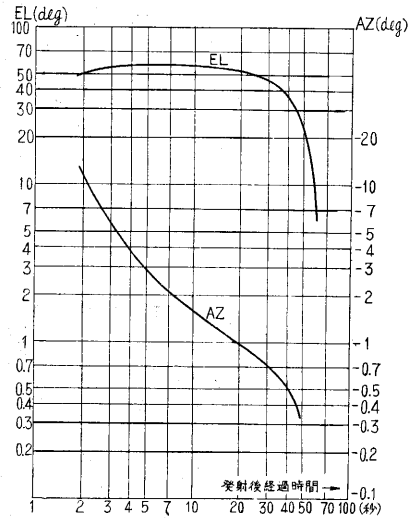
レーダの空中線部分は、計測室の前面の砂上に設置し、真西(磁西)および水平をそれぞれ水平角および高度角の基準方向に選び、高度角は上方を、水平角は北方向をそれぞれ角度の正方向とした。空中線設置個所とランチャーとの相対関係は第1図に示すとおりである。



第1図 レーダ配置図

ロケット発進の直後においては、空中線位置から見込む高度、水平両角は、ともに著しく大きな変化をするので、到底追跡しえない。第2図は糸川研究室で計算した 128 J 型ロケットの予想飛しょう径路に対して、

できる。そこで4秒後の予想位置の方向に空中線軸を向けておき、4秒後に自動追跡状態として、それ以降の角



第2図 128 J-TR 高度角(EL) 水平角(AZ)の変化

度変化が記録できるように実験の手順を定めた。4秒後の予想方向は、高度角 56.4°、水平角 -3.8° である。

レーダ送信機(機載)は別稿にあるように、スイッチ投入後、特性、

特に周波数が安定化するに約5分かかる。そのため、スイッチの投入は、発射時刻前、準備中の電源使用時間も含めて5分前に、ランチャー上にロケットがある状態のとき行うようにしている。

3. 実験経過

128 J 型ロケットは4回試しよう実験を行ったが、そのうち、レーダ装置の実験を行ったのは、5, 6, 7号機の3回である。

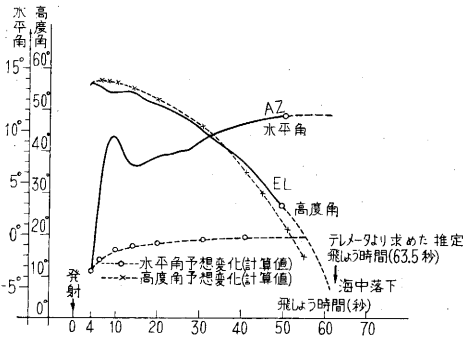
3.1 128 J-TR 5号機

試しよう期日 12月8日 12時32分
ランチャー角度 60°

空中線軸は予定通り高度角 56.4°、水平角 -3.8° の方向におき、発射4秒後に自動追尾の状態に入れた。発射と同時に受信信号強度が漸次増大するのが認められ、4秒後自動追跡に入ると同時に、空中線は著しく大きく運動したが、それ以後においては、ほぼ予期したとおりに行進し、ほぼ自動追尾の機構は満足に動作したものと認められる。発射後約50秒において受信機の入力信号が途絶え、以後空中線は停止したが、これはロケットのアンテナ指向性の死角に入ったためで、実験の当初からその懸念のあることが予想されていたことで、不幸それが適中したものである。

第3図は5号機の角度変化の記録をプロットしたもの

である。図中点線は予想軌道から算出した角度変化で、これから分ることは、発射後 4 秒における位置が予想点より著しくずれ、特に水平角は、 -3.8° のところが実際には約 $+5^\circ$ 程度であったこと、高度角は、予想位置 56.4° に対し、約 55° であったことである。このよう



第 3 図 128 J-TR 5 号機レーダ追尾記録

に初期の角度偏差が著しく大きいために、この記録結果から発射後数秒間のロケットの軌道を、推定することは困難である。すなわち、この程度の角度偏差では、サーボ系の動作に著しく非線形特性の影響が混入するので、完全な逆算ができないからである。もちろんこうした影響は自動追尾に入った初期のみ現われることで、数秒たった後は、ほぼこの記録結果がロケットの方向を示しているものと見てよい。推定では約 15 秒以後がこれに当ると思われるが、今回の実験では他の記録、たとえば高度、水平面角度誤差信号などの記録をとる用意がなかったため、はっきりしたことはいえない。

3.2 128 J-TR 6 号機

試しょう期日 12 月 11 日 12 時 27 分
ランチャー角度 60°

前回と同じく、発射後 4 秒における予想角度（高度角 56.4° 、水平角 -3.8° ）に向けて待機した。ロケットがランチャーの上にあるときから、レーダ用送信機からの電波は受信可能であるが、ロケットが予想通りに飛べば受信信号強度は発射後漸時増加するはずである。しかるに 6 号機の場合には、ロケット発進と同時に、わずかに信号強度の増加を認めたのみで、約 2 秒後にはほとんど信号が消滅した。この日は北風が約 10 m の強さで吹いており、この結果ロケットがランチャー離脱の直後に著しく北方にそれることになり、そのため、ロケットの軌道がレーダの標定可能の範囲を逸脱したのであろう。レーダの標定可能範囲は約 $\pm 8^\circ$ であり、待機状態は -3.8° （水平角）であるから、ロケットが発射直後 4 秒以下で $+5^\circ$ 以上それれば、標定範囲外に出てしまうのである。当日の状況でのロケットの偏角はこれ以上であったと認められているが、こうした原因により、ロケットの自動追尾は不成功であった。

3.3 128 J-TR 7 号機

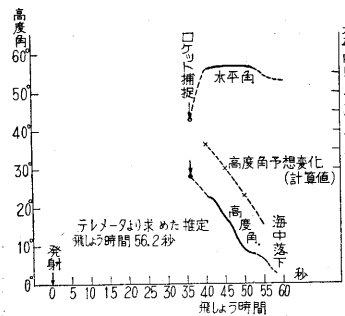
飛しょう期日 12 月 13 日 11 時 10 分
ランチャー角度 60°

待機状態および自動追尾への切替は予定通りの手順で実験を行った。前回の経験から風向、風速を考慮しての修正も討議されたが、条件を明確にするため、計画を変更しないこととしたのである。

ロケットは発進直後、北風の影響により、予想軌道を北にそれ、かつ、予想高度より低い位置を飛しょうしたようであった。そのため発進直後における自動追尾は不成功であった。

6 号機ではたとえ自動追尾に失敗しても、装置にはぜんぜん手をふれぬよう手筈を決めていた。7 号機では、もし当初に失敗を確認すれば、手で空中線を操作し、可能であればロケットを探索することとしていた。この場合の方針は、水平角を+数度に向け、高度角を連続的に下げることであった。

7 号機ではこのような操作を試みた結果、発射後約 36 秒でレーダ送信機からの信号を受信することができ、ここで直ちに自動追尾に切替えて、以後約十数秒間にわたって自動追尾に成功した。第 4 図はこの角度追尾記録



第 4 図 128 J-TR 7 号機レーダ追尾記録

で、図中矢印は自動追尾に切替えた時を示している。切替の当初は角度偏差が大きく、記録には空中線軸がロケット方向に追いつくまでの過渡変化が含まれているが、大体実線でしめした範囲が、ほぼロケットの軌道を示すものと見てよいものと思われる。7 号機は、テレメータの記録によると飛しょう時間が 56.2 秒であるが、レーダによる角度記録はそれ以上の時間まで変化している。これは、実際にレーダの捉えた信号は、52 秒程度までで、それ以後の変化は、雑音などにもとづく動揺があらわれたものと解すべきであろう。

4. 結 言

初めに記したとおり、今回のレーダの実験は、角度の自動追跡機構が、実際のロケットの追跡を行わせた場合、どのような問題を含むかを調べるのが目的であった。実験班の編成上、種々の自動記録装置はテレメータ関係に配備され、レーダ関係は最終的な指示角度の記録がとりえたのみであった。われわれとしては光学的な追跡結果と対比することによって、一層多くの問題点を明らかにできることを予定にしていたのである。しかる

に光学的追跡が数秒以下の範囲を追跡しうるに止まったため実験としては、かなり制限された内容の収穫をえたにすぎず、はなはだ不十分な結果となったことは残念であるが、それでも今回の実験の結果を要約すると、次のような結論になるであろう。

第1に、ロケットをレーダ空中線の標定可能視野内に捉えることができれば、自動追跡はロケットの飛しょう期間中にわたって可能であること。現在のサーボ系のレスポンスは必ずしも満足すべき状態ではないが、それでも一応自動追跡のできることは、きわめて有効な資料であった。

第2にレーダの追跡結果の記録には、最終のデータのみでなく、サーボ系の動作をチェックするに足る資料をも合せとるべきこと。レーダの追跡精度が動的にどの程度であったかは、角度の記録結果からだけでは分らない。開発実験期間中は、十分な記録装置に必要なデータがとれなければ、実験の効果は著しく減少することになるし、また、将来とも、この種の資料は、動作の確認、ないしは結果の修正のために必要であろう。

第3にロケットを発進直後において、標定範囲に捉える方法の確立に問題のあることである。今回の実験は気象条件も悪かったが、ロケットの予想軌道が不安定という問題に直面した。気象条件の良い時の実験がないから

何ともいえないが、どのような場合でも、ロケットの発進直後の運動には相当の不安定がつきまとうことを前提にして、手筈を整えておく必要があるであろう。風の影響については、偏流修正もある程度可能であろうから、今後は待機の方向をこれに応じて定めることで、若干は確実さが増すであろうが、完全とはいかない。完全に確実にするためには、どうしてもなんらかの back up のための装置を用意すべきかと思う。たとえば簡単な方探装置があれば、発進直後にロケットがそれでも、その方のデータから、可及的すみやかにロケットを捉えて、ほぼ確実に必要範囲を自動追跡することができることになる。今回の実験で、7号機は途中でロケットを捉えているが、これはいわば勤によったものである。ある程度の頼りになる情報があれば、このような操作がきわめて容易に、かつ速やかに行いうるわけで、こうしたものを開発することが望まれる。

以上の諸点は今回の実験が目的とした範囲の事柄から結論されたもので、これ以外に、レーダそのものの性能上の問題点も若干ある。しかし、これらの点は本格的な実験が行われる4月までになお一層の整備が行われる予定であるので、その結果を合わせて考えることとしたい。

(1957. 3. 31)

砂の罪と功

秋田から自動車で20分余南下すると、日本海が右手に展開して眺望がよくなる。晴れ晴れとした浅葱空、紺青の海、濃緑の松、その間を点綴する白い砂浜という風景になる。30年7月、飛しょう候補地を探訪しつつこの道を通った糸川教授も、きっとこのさわやかさには牽かれたにちがいあるまいと思われる。親しみ易い日本独特の景色美だ。しかし一旦、この美しい砂浜がわれわれの働く場所、歩く場所となると、海水着を着て脚でたわむれる時のようなやさしい砂とはちがって、非常なレジスタンスとなる。砂は人をノイローゼにすると、さる精神科医がいわれてましたと糸川教授がいわれる。それは、われわれは舗装路を歩く時と同じ気持で、砂浜を歩こうと考えているからで、気持だけは、目測した距離を歩いたつもりでも、5歩に1歩か、4歩に1歩、後退を余儀なくされていることが、意識すればなおさら焦躁を加え、無意識裡にいても官能を傷めているというにある。

靴底は、洗ったようにきれいになり、幾千回砂へのレジスタンスは、夕べの膳に下肢のほてりとなって残る。落し物は、すぐ沈下してなかなか発見は困難だ。

「やはり一番便利なのは馬車ですよ」とS君はいう。最新のロケットも実験場へ運ばれるときは、馬車が最も安価で確実な輸送機関になるからだ。人間も時々馬車の上の人となる。「この馬は馬市で8万円もしたんだからよ」と馬方のいう馬をまうしろから眺めて、もりもりと動く後脚のたくましさを見、これを1馬力といて差支えなければ、正真正銘1馬力とは、トラックも通れない砂地を引張りあげる力があるんだからねと肯定した。

西風が陸へ吹き寄せる砂は、長い年月に小山になる。秋田実験場が後方に有力な土手を擁して危険防止の要害としているものは、国鉄の話によると、自然の風力が堆積した砂山を元にして築いたもので、高さは7mに達する。飛砂の山が大きくなれば、かえって飛砂を防止するようになる。またどんな大雨のあとでもぬかるむことを知らず、ジープのわだちが30cmもの深みぞとなっても一晩の内に風が地均らしをしてくれるのは砂の徳といわなければならない。

蟹と戯れるとき、白砂にも郷愁を発見するであろうが、ロケット場では、dryな存在として本来あるものがあるというのみであろうか。

(J. S)