

カップ II 型および III 型飛しょう実験における テレメータ、レーダ装置の実験について

高木 昇・野村民也・黒川兼行

1. 実験計画の概要

カップ II 型および III 型ロケットの飛しょう試験計画は、当初、昭和 32 年初頭に概案がまとまった。それによると、II 型は主として 2 段ロケットが一体となっている状態における飛しょうの安定性を調べるのが目的で、光学的観測および、この時期から初めて使用するトランスポンダにより航跡の追跡を行うとともに、一方、簡単なテレメータ送信機を搭載して、これで切断系の動作を確認するとともに、ロケットの spin rate を求めようということであった。

III 型は本格的に 2 段ロケットの飛しょう性能を確認しようとするもので、レーダ自動追跡によって飛しょう経路を測定するとともに、テレメータ送信機も本観測用として設計したものを搭載して、これによって、静圧（ダイヤフラム・ゲージ式のピックアップ使用）、軸方向加速度および減速度、各部温度上昇（主として頭部）などの実測を行い、また、spin rate も測定する。さらに、光学的追跡より、発進時の性能、booster の燃焼、切断系の動作などの確認をすることが目的であった。もちろん実験であるからその進行に伴ってどのような事態に遭遇するかも知れず、その場合には当然計画も変更になる。事実、II 型、III 型の 4 回にわたる飛しょう実験では、計画も大幅に修正されたのは別項のとおりであるが、当初の計画は上述のとおりであったのである。

ロケットが本格的な 2 段式に生長したについて、electronics 関係の装置も、Baby-T、あるいは 128J-T、TR の頃とは、各部について相当の改変が施されている。以下、その主要な事項について概要を記す。

i) ロケット・アンテナ： II 型および III 型の main rocket は 128 J 型であるが、main stage の速度も、高度も高いことから、翼形は、昨年 12 月の 128 J-TR 型における後退翼はやめになり、また、翼長、翼幅共に修正されて大分小型になった。こうした翼型の変更にもなって、レーダ用およびテレメータ用のアンテナ形式も新しい方式に変わった。レーダ用は翼の後縁に装置した notch antenna であるが、128J-TR の場合に用いた 3 個の切り込みをつける方式を改めて、1 個の切り込みだけで済むようにした。この変更は翼の機械的強度の低下を防ぐのに役立つと思われる。テレメータ用のアンテナは、受信点をランチャ点付近の観測室に置く関係と、胴体アンテナが絶縁部の補強のために重量増加をもたら

す点で不利となるので、新らしく考案した“吹き流し式”ともいうべき方式のものを、同様に翼の後縁部に装置した。これらのアンテナの詳細については、別項の報告を参照されたい。

翼を利用してアンテナを装着する場合には、エンジン部外側に沿って、饋電線を設けねばならない。128J-TR 型の成功から、当初はそれと同様の方式、すなわち、ケーブルをエンジン外側に沿って這わせ、それをケーブルカバーで掩って保護する仕組となっていた。しかるに、III 型 1、2 号機の実験に事故が起き、その原因の一つとして、ケーブルカバーの固着方法が熱的に脆弱で破壊するかも知れないという疑義が挙げられたので、3 号機では、ケーブルをピアノ線でエンジン筒に縛りつけるとともに、表面には耐熱塗料を塗って保護する方式に改めた。これとともに、ケーブル自体もテフロン・テープとガラス繊維の編組で 2 重に被覆して耐熱性を増したテフロン・ケーブルを採用した。なお、エンジン筒の表面のケーブルが当る部分には glass cloth を耐熱塗料で貼り熱絶縁を行い、また、ケーブルが翼内に入る部分は、ノズルの近傍になるので、ケーブル自体に石綿紐をまきつけて耐熱性を高める配慮を行っている。このような配慮の有効さは十分確認されてはいないが、III 型 3 号機の実験では、全然支障なく全飛しょう行程にわたり正常に動作した。

ii) テレメータ装置： テレメータ送信機は、128J-T 4 号機に使用した IIS-TM-3 型を若干改良した 3A 型送信機を用いた。電気的性能は同じであるが、構造を変えて機械的強度の増大と、重量の軽減を図ったものである。また、3 型ではキャリブレーションが一点で、その機能が十分発揮できなかった点を改め、3 点較正が 2 チャンネルについて、2 点較正が 3 チャンネルについて、それぞれできるように改められている。このような較正装置の改良は必然的に若干の重量増加を招くが、構造の改良によって、全重量は 3 型のそれと同じになっている。

テレメータ受信装置には、本観測用として設計、製作を行った TM-3 型受信・記録装置が、はじめて完全な形で実用に供された。それとともに、II 型受信装置は八木アンテナと組み合わせて、spin rate を測定するのに用いられた。これらテレメータ関係の装置については、別項の記事に詳細に述べてある。

iii) 自動追跡レーダ： 自動追跡レーダ装置についても、前回は角度自動追尾機構についてのみ実用試験を

行ったのであったが、今回の実験では、これに測距装置をも組み合わせて、その性能試験とこれによるロケット飛しょう径路の測定を行った。これとともに、ロケットにはレーダ・トランスポンダを搭載して初めて実用に供した。これらの詳細については、別項の記事を参照されたい。

自動追跡レーダでは、角度標定の精度を良くするためには、必然的に指向性の鋭いビームを利用することになる。そのため、“視野”が狭くなり、ロケットが発進直後に数度以上予定進路からずれた飛しょうをするような場合には、追跡をミスする恐れがある。すでに、12月の128J-TR型の実験でも、強風の影響によってロケットの飛しょうが大きく分散したために、6号機は追尾に失敗し、7号機でも、初めのうちは追尾しえなかった。この点は現在の方式では本質的な問題であり、対策の必要性は前回実験以降、強く考慮されていたところであった。今回の実験では、水平面内に fan beam 特性をしめす空中線を試作し、これを垂直に掃引して、ロケットの運動がどのようなにも、必ずロケットからの電波をとらえることができる装置を用意した。これとともに、レーダ用の地上送信空中線を独立のヘリカル・アンテナとし、指向性を比較的広くして、やはりロケットの径路如何を問わず、トランスポンダは地上からの送信波を受信しうるようにした。fan beam による受信系では、fan beam の掃引と同期した離心 PPI scope の CRT をおき、直視的にロケット飛しょう径路を定めうるようにしてある。現状では標定精度が十分であるとはいいがたいが、将来の改良によって、非常に有効な back up の装置となりうるものと考えている。この装置を仮に簡易直視型レーダと呼んでおくと、詳細は別に改めて発表する予定である。

2. 実験経過概要

前述のような実験の当初計画は、その後の事態の進展とともに大幅に変化した。その経緯について概要を述べておく。

カップⅡ型の飛しょうは極めて正常に行われたが、この実験でのレーダ追跡は不調に終わった。この原因は確認されていないが、トランスポンダの故障ということも疑いのある一つの原因である。このため、Ⅲ型1号機は、テレメータの計測項目を変更し、飛しょう性能の確認に加えて、トランスポンダが正常に動作しうるか否かを検証する目的で飛しょうさせることにしたのである。すなわち、Ⅲ型1号機の飛しょう性能の確認は、テレメータによって、 X_1 、 X_2 加速度を測定することによって、booster stage の加速度および速度、main stage の燃焼が正常かどうか、およびその加速度および速度、また、総合的に高度の推算も行いうること、光学的追跡は boos-

ter についてのみ行われるが、簡単な工夫によって、booster と main rocket が切り離れる瞬間をテレメータによって測ることができ、したがって staging が正常かどうか確認できること。もちろん、トランスポンダが正常でレーダ追跡ができれば、一層完全な飛しょう性能が知りうるが、たとえそれが不調でも、以上のような考慮から、テレメータ系のみで、Ⅲ型1号機の実験実施の目的は大部分果しうるものと認められた結果、計画修正となったのである。この結果テレメータ・チャンネルとしては、i) X_1X_2 加速度、ii) 切り離し時限、iii) トランスポンダ各部の電圧、電流（ヒータ電圧、高圧発生用サイラトロン陽極電流、局発真空管陽極電流）を送るように改めた。これによって、テレメータ系の動作が正常であれば、もしトランスポンダが不調でも原因を明瞭に弁別しうることになり、今後の対策を容易にたてることのできるものと考えた。切り離しの時限は、main rocket と booster を細い銅線で連結し、これを通して電流が流れるようにして、切り離しによる断流を利用したものである。

Ⅲ型1号機の実験は、予期に反して main stage 着火と同時に、11.4秒でテレメータ、レーダとも電波が途絶えた。原因は main engine の爆燃説が有力であるが、とも角、この時期までは、レーダ・トランスポンダ、テレメータ送信機ともに動作は完全であった。テレメータ電波は、事故発生後、約80秒～82秒の間、および93秒～98秒の間の2回にわたり、それぞれ周期的に断続しながら受信された。この事実と、レーダ、テレメータの電波が双方とも同時に途絶えたことから、事故はアンテナ系などロケットの外側の両者に共通した部分に生じたものと判断している。

Ⅲ型2号機は、1号機の事故にかんがみて、main rocket の構造上の弱点と思わしき事柄にそれぞれ対策をたて、6月22日に実験された。ロケットの事故に対しては、レーダ、テレメータの計測は無力となるので、こうした場合にそなえて、main rocket にも発光筒をつけ、光学的追跡を併用することとした。また、光学観測を容易にするために、実験も夜間に行うことになった。

Ⅱ型実験の成績から、あらためてロケット搭載機器の耐加速度、耐衝撃性を確認する必要が痛感され、別稿のような衝撃試験機が試作された。6月6日に、生研において、トランスポンダ、テレメータ送信機などの衝撃試験を行って、どの程度の衝撃で、どこがこわれるかの試験をした。その結果、約40g～180gまで、前後8回にわたって衝撃を加えたが、トランスポンダもテレメータ送信機も、全然異常をしめすことがなかった。これらの機器は、軸方向の衝撃加速度に対しては、十分な強さをもっていることが確認されたのである。このような衝撃試験は、秋田実験場でも、飛しょう前に使用機器に対し

て行うことになったが、この目的は、確率的に存在するかも知れない弱点を、事前に check するにある。

以上のように、搭載機器はいずれも十分な強さをもつことが判明したので、2号機ではテレメータ計測の項目を改めて、 X_1 、 X_2 の加速度と、横方向振動(Y)の測定を行うことにした。ブースタ切り離しの確認は、前回の実験で計画通りにいったので、今回はやめにした。テレメータ・チャンネルの残りは、トランスポンダとテレメータ送信機のヒータ電圧にふり当てた。

Ⅲ型2号機の実験では、発射後7秒、main rocketのほぼ吹き終りの時刻に、ふたたび、トランスポンダ、テレメータともに受信不能に陥るという事故をおこした。前回のように、事故後、テレメータ電波が再度受信されるようなことはなかったが、諸般の結果から、main rocketの空中分解ではなかったかと考えている。ロケット搭載の機器は、いずれも2段にわたる加速推進に十分耐え、事故発生までは完全に正常な動作をしている。

Ⅲ型3号機は、2号機の事故の原因と疑わしい main rocket 機体各部の強度増強を行って実験した。aerodynamic heating の影響で、cable cover が破壊するかも知れないということから、ケーブル取付法を改めたのは前述のとおりである。それとともに、cable の air loading を少しでも少なくするために、レーダ・トランスポンダは搭載しないことにした。テレメータ計測の項目としては、横方向加速度計を1個追加して、2個とし、それぞれの軸が直交するように配列し(Y,Z)、それに、 X_1 、 X_2 加速度および、aerodynamic heating の程度を知るために、頭部温度の計測をすることとした。その結果は別記の通りで、テレメータ系は128.6秒にわたって正常に動作し、ロケットはほぼ正常に飛しょうしたものと推定されている。今回の実験も夜間であったが、光学的観測も飛しょう軌跡を、細かく記録したことは、別稿のしめすとおりである。

3. カッパ II 型および III 型実験を省みて

今次の実験を通じて、レーダ、テレメータともに幾つかの貴重な経験と成果をうることができたが、以下、それらの主な点について記す。

i) ロケット・アンテナ：今回新しく実用された2種類のアンテナ、すなわち、レーダ用の notch antenna およびテレメータ用の“吹き流し”式のアンテナは、いずれも十分な性能を発揮した。特に、テレメータ用アンテナは、重量も少なく、空気抵抗などの問題もないように、非常に優れた方式であると考えており、IGY本観測

用テレメータ・アンテナの一応の成果をえたものといえる。アンテナ・ケーブルをエンジン部外側にそって貼布する方式として、Ⅲ型3号機で、むき出しのテフロン・ケーブルが使用に耐えたことは大きな収穫であった。しかし、この方式にも、重量および工作上の点で若干の欠点があり、その改良を考慮している。

ii) テレメータ装置：本観測用として設計・製作した装置が、今回、初めて実用試験されたのであるが、Ⅲ型3号機の受信レベルは極めて強勢で、この結果から、当初予定した約150km程度の通達には十分であることが確認できた。機械的および熱的な点もほとんど問題ないことも確めたので、一応、一つの型式としてのテレメータ装置は、完成したものと考えている。air-tight の性能については、今回の実験では確めることができていないが、この点のみが今後の検討をまわっている訳である。現在の方式では、テレメータ送信機の重量が嵩む欠点をもっているが、この点については、現在サブキャリア・ユニットのトランジスタ化と、電源の改良に努力を傾けつつあり、その一部はⅣ型の実験で試用するとともに、Ⅴ型の段階では、本格的に実用に供する予定である。なお、今回の実験では改良されたキャリアプレートを実用試験したが、その動作は十分満足しうるものであった。

iii) レーダ・トランスポンダ：Ⅱ型実験において、強度的に若干の不安がもたれたが、その後の衝撃試験および、Ⅲ型1、2号での実用試験では、現行の方式ではほぼ十分な機械的強度をもつことが証明でき、疑義を一掃しえた。トランスポンダに使用している電子管のうちには、一部は耐衝撃型でないものも含んでいるが、現状では、これらも十分使用に耐えている。将来に対する問題としては、出力の増大と重量の軽減が残されているが、後者は主として電源の改良によって、テレメータと同様、Ⅴ型の段階からは実用に供しうる目途となっている。

iv) 自動追跡レーダ装置：今回のⅢ型ロケットの実験では、いずれも途中でロケットの事故に逢着したため、完全な性能試験の目的は果すことはできなかった。したがって、動作の確認は将来にもちこしであるが、一応その範囲では、各部とも予期どおりの性能を発揮することが認められている。簡易型のレーダ装置も、今次の実験では真価を発揮するには到らなかったが、地上実験の結果などから、十分実用しうるということが認められ、また、次の改良の目途も明らかになったことは、一つの収穫といえよう。

(1957. 10. 10)