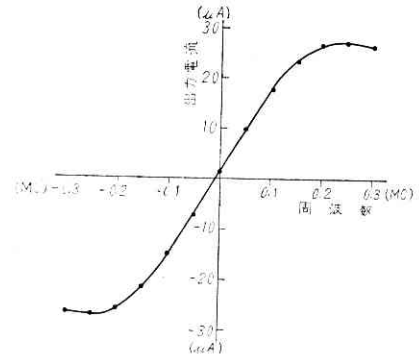


第4図 中間周波撰択特性

意外に少ないことが分かった。送信機の漂動は手動にて始終受信周波数を補正することとして300kcのバンド幅に決めた。周波数変調は ± 120 kc、マージンを60kcまでの設定である。30Mcの中間周波増幅器に容量を付加して7.3Mcの中心周波数に改造し、バンド幅を狭くした。中間周波増幅器の撰択特性および周波数弁別器特性を第4図および第5図に示す。



第5図 周波数弁別器特性

4. 後記

この改造により本庄実験より13db受信感度を改善できた。またロクーン用テレメータ送信機を受信し記録するには8db(0db=1 μ V)で十分となった。青森での2回の実験に使用し支障なくテレメータ資料を得ることができた。

おわりに本装置の研究試作に対し、終始ご指導をいただいた生産技術研究所高木教授、斎藤教授、野村助教授を初め生研の諸先生に感謝の意を表する次第である。

(1960. 1. 23)

計器桿に吊り下げたテレメータ装置について

仲丸 由正・高橋 健一・佐伯 昭雄・木下 康昭

1. まえがき

ロクーンの放球および発射の試験に当たって、カップ・ロケット・テレメータ班のわれわれも参加することになった。装置としてはカップ7型用テレメータ送信機を特にロクーン用に改造したものと、同じくカップロケット用IIS-TM-3型テレメータ受信装置および記録装置を使用し、ロクーンの放球からロケットの発射までの間、ロケット発射制御用タイマーの監視およびその他の計測をテレメータリングすることを担当した。

以下に装置の概要および実験結果について報告する。

2. 送信機

(1) 概要

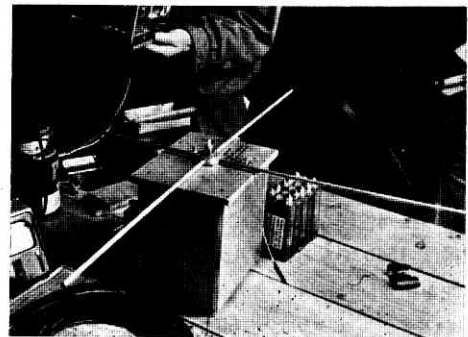
まえに述べたように、本送信機はカップ用に製作した2chのものを組み合わせて3chとしたもので、電気的な諸性能は従来発表^{1)~4)}したものと大差はない。

特にロクーン用として考慮した点は定格時間が従来のカップ用のものは準備時間を入れても20分という短時間であったのに比し、ロクーン用としては2時間も長い時間になることである。すなわちこのような長時間の使用にたえる電源や真空管の発熱によるセットの温度上

昇、さらに気圧低下による気密の問題などの点に注意せねばならなかった。

特に温度に関しては上空における大気温度の低下と、太陽の輻射熱による上昇という相反する可能性を考慮しなければならなかった。機器の内部温度が何度になったかを知ることは将来のためにも有益なことであるので、送信機内部に簡単なサーミスタ温度計をつけて温度の測定を行なった。

キャリブレーションは3点較正2chとしたが、これの切換



第1図 テレメータ送信機の概観

え時間間隔は飛しょう時間の増加に伴い従来の 7 秒間を 1 分間に変更した。

アンテナについては気球の飛しょう径路を考慮に入れて、ホイップアンテナとし、送信機の本体から直接出している。この様子は第 1 図の写真のようなものである。

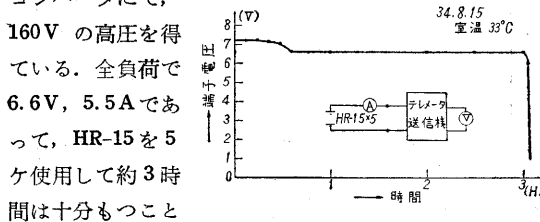
(2) 電気的性能

従来のカッパロケットに使用したテレメータ送信機は 5 ch のものであったが、今回はそのうち 3 ch のみを使用し、チャンネルの選択については従来の ch 1 から ch 3 までを使用した。

副搬送波発振器については今までのものとまったく同じであって、周波数偏差は±7.5%，入力レベル 0~+5 V，インピーダンス 500kΩ である。さきに発表³⁾したように、副搬送波発振器は枯化操作によって安定度が向上するが、今回使用したものは十分枯化がきいていたので実験場での試験に際しても安定度はきわめてすぐれており、各 ch ともその安定度がバンド幅に対して 1% 以下であった。

高周波部についても従来と同じく定格出力 1.0W 周波数偏差は 3 ch で 100kc とした。

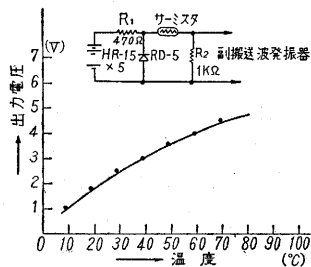
電源としては、一次電源として銀電池 HR-15 を用い、コンバータにて、



第 2 図 銀電池 HR-15 の放電特性

が確かめられている。この HR-15 の放電特性は第 2 図のようなものである。HR-15 を 5 ケ直列にすると若干電圧が高すぎるので抵抗線を入挿して電圧を低下せしめたが、それでもなおスイッチ挿入後約 30 分間は規定より 0.7V 位高くなっている。

サーミスタ温度計は第 3 図のような回路構成よりなり固定抵抗とサーミスタ



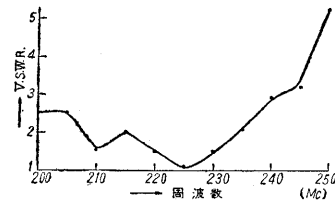
第 3 図 サーミスタ温度計の特性

により電圧を分割し、これを副搬送波発振器の入力とした。温度によりサーミスタの抵抗が変化すれば R₂ の両端の電圧が変化するのである。この特性は第 3 図に示してあるようなものである。サーミスタに加える電圧は、送信機の一次電圧を簡単な抵抗 R₁ と、定電圧ダイオード RD-5 の定電圧回路を通して

一定にしている。

キャリブレータはマイクロモータとマイクロスイッチを使用したものであるが、従来使用していた 12 rpm のものを 1 rpm とし、較正電圧挿入の時間も約 1 秒間とした。

アンテナは 1/4 のホイップアンテナでこれを本体より垂直に出し、かつ本体には反射棒をつけた。放球直後はほぼ垂直に上昇するので指向性の点では望ましくないが距離が近いのであまり問題はないと思われる。気球は上昇するにつれて流されるので、最大距離の時は仰角は

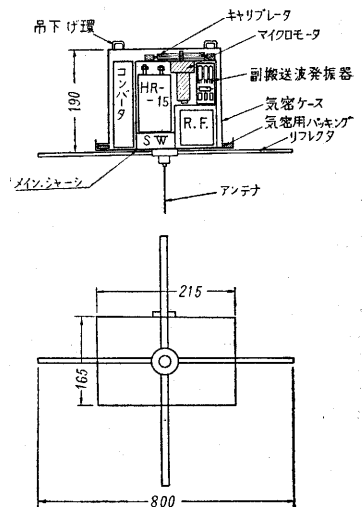


第 4 図 ホイップアンテナの周波数特性

たかだか数度にしかならないので、指向性の点では有利な関係になる。このアンテナの V. S. W. R. は 225 Mc で、1.1 以下である。この周波数特性は第 4 図のようなものである。

(3) 構造

構造としては、第 5 図のように箱型とし、主シャーシに副搬送波発振器部、高周波部、電源部などを固定し、これらを箱型のケースに入れパッキングを介して気密にしている。



第 5 図 テレメータ送信機の構造

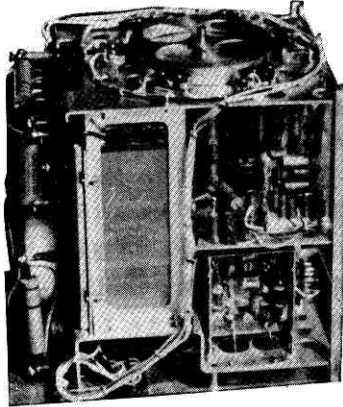
気密構造としてはシリコングリースをぬりかつゴムのパッキングを入れてしめる構造で箱の外部から操作する電源スイッチも投入することによりネジでしまり気密になるようになっている。さらに実験前にポッティングコンパウンドでかためて万全を期している。

第 6 図の写真は気密ケースをはずした状態である。気密ケースは内面を黒色塗装し外面はなんの処理もしなかった。飛しょうにさいしてはビニールカバーなどをつけずにケースをむき出しのままで使用したが、これによって内部温度は上昇せずすんだ。

寸法は第 5 図に示してあるとおりで、重量は全装備で 4.2 kg である。

(4) 試験

気密試験はテレメータ送信機を試験装置に入れて、 10^{-1} mmHgにて試験を行なったが、送信機は動作せしめなかったため、機械的な意味では一応その安全性は確保されたが、電気的には不明であった。しかし飛しょうの結果なんらの異常なく動作したので、この点についてもほぼ完全であると思われた。



第6図 テレメータ送信機内部

天頂輝度計、タイマーとの電氣的な組み合わせならびに吊下げ計器の機械的な組み合わせについては、昭和34年9月7日に行なわれ、無事に終了した。

3. 受信装置および記録装置

(1) 概要

IIS-TM-3 受信装置および記録装置についてはすでに発表⁵⁾したが、その概略を述べると次のとおりである。ロケットから発射された 225 MC FM-FM 信号電波を地上のヘリカルアンテナで受信し、受信装置の高周波部で増幅、FM 検波して、ビデオ出力とする。このビデオ出力は FM 副搬送波が所要チャンネル数だけ混合した信号でロクーン実験においては、ch 1~ch 3 までを使用した。ビデオ出力は混合波のままでデータを確保するため、テープレコーダに記録し、また一方では各チャンネルの周波数帯域濾波器を通して単一チャンネル副搬送波として信号弁別器を使ってデータ信号を作り、ペン書きオシログラフに記録する。

記録されたこのデータはトランスジューサからペン書きオシログラフまでの校正曲線によって校正される。

ここに新たに試作して実験に使用した高周波部について概要を次に述べる。

(2) LN 型高周波部の概要

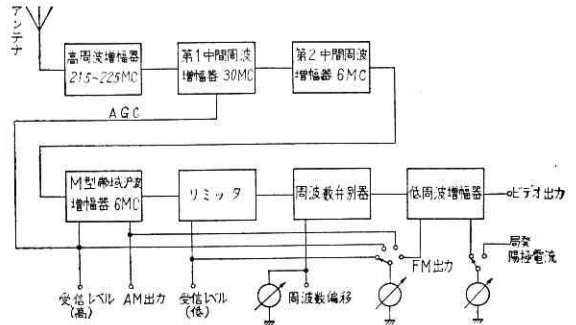
TM 3 型高周波部の改良型で低雑音、高感度を目的に試作した装置である。

主として変化した点は帯域幅が TM 3 では 1.2 MC であったものを 550 kc に小さくしたこと、主搬送波増幅部に低雑音真空管 6299 を使って格子接地型 2 段増幅器としたこと、および中間周波増幅部に M 型帯域濾波器を使ったことで、その主要な電氣的性能は次のとおりである。

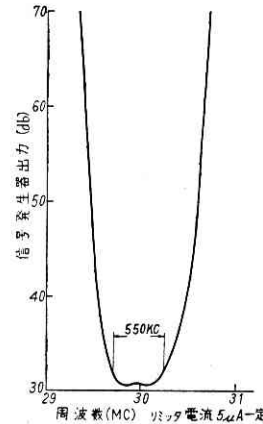
受信周波数範囲	215 MC~235 MC
第 1 中間周波数	30 MC

第 2 中間周波数	6 MC
帯域幅	550 kc
雑音指数	7.2 db

(ノイズジェネレータ使用)



第7図 LN型高周波部系統図



第7図は LN 型高周波部の回路系統図および第8図は帯域特性を示す。

(3) 記録装置とデータ記録

テープレコーダによる各チャンネル混合のビデオ信号記録は実験結果に示すとおり、ペン書きオシログラフのデータが完全に得られたので、データの確保の意味での任務は終わった。特に実験後の再生データ操作は必要がなくなった。もし必要となればこのテープの記録を再生し、そのテープレコーダのワウヤフラッタその他の速度変化によるデータの誤差を補正する付属の装置によって飛しょう中の即時データと同様なペン書きオシログラフのデータを作ることができる。ペン書きオシログラフは 6 チャンネルありこれに対してデータの振当を次のようにした。

- ch 1
 - 1 号機 { 天頂輝度計データ (高感度)
 - { タイマー切換えによりロケット発射直前のジャイロ起動電流データ
 - 2 号機 { 太陽電池出力電圧データ
 - { タイマー切換えは 1 号機と同じ
- ch 2
 - 1 号機 { 天頂輝度計データ (低感度)
 - { タイマー切換えによりタイマースイッチの発射動作切換え符号
 - 2 号機 { 送信機筐体内部温度データ
 - { タイマー切換えは 1 号機と同じ
- ch 3 1 号機、2 号機とも気象ゾンデ符号
- ch 4 送信機搬送周波数の変移
- ch 5 受信入力レベル (低レベル)

第 1 リミッタ・グリッド電流

ch 6 受信入力レベル(高レベル)

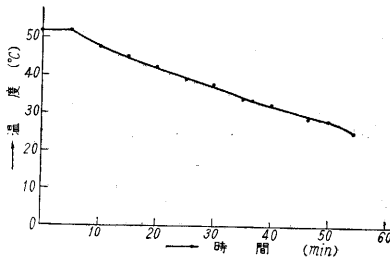
最終段中間周波増幅グリッド電流

4. 実験結果

昭和 34 年 10 月 1 日に 1 号, 2 号, 両機とも実験が行なわれ, 吊下げ計器のテレメータとしては完全に所期の目的を達することができた. 天頂輝度計や太陽電池, タイマーなどの実験結果については別に発表されるのでここではテレメータ送信機の温度測定と伝播特性の実験についてのべることにする.

(1) 温度測定

これは前述のサーミスタ温度計を用いてテレメータ送信機のケース内の温度を測定したもので, その結果は第 9 図のようなものである. サーマスタの位置は ch 2 と ch 3 の副搬送波ユニットの間の空間である.



第 9 図 テレメータ送信機の内部温度

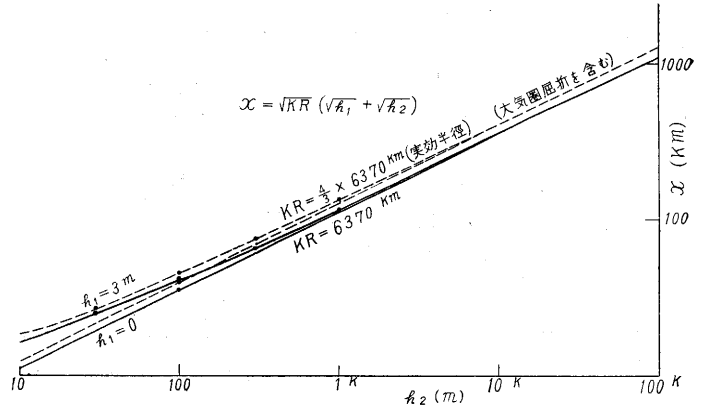
実験結果によると内部温度は時間の経過とともに, 下がる傾向にあり, これは外圍温度の下降とともにケース外面より放熱して内部温度も下がることを示している. 時間軸 0 付近で内部温度が 50°C を示しているのは放熱前すでに 30 分間送信機が動作していたためである.

(2) 伝播特性

送信機出力, アンテナ特性および受信感度等からもちろん伝播特性を計算することは可能である. しかしこれを実験によって確かめることはまた意義のあることであるが, 従来のカプパロケットの実験においては, 飛しょう時間が短くまた測定チャンネル数の余裕がなく, 結局準備不足で十分にはできなかった.

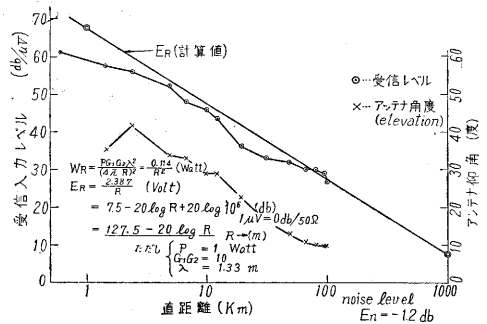
ロクーン実験においては, 飛しょう時間が長く, 途中に急激な変化がなくて同時にレーウィンゾンデからの飛跡のデータも得られたので, 伝播試験には好都合であった. ここに新たに試作した受信機高周波部の試験を兼ねて次に述べる要領で測定を行なった.

1) 地球上可視限界および受信入力計算 今回のロクーン実験では送信局が上方に昇るとともに, 海上に遠く流されるため伝播径路および伝播形式を考えるため地球上の見透し限界を知ることは便利なので, 第 10 図にその計算によるグラフを示した. 横軸に送信局の地表面からの高さ ($h_2 \cdot m$) をとり, 縦軸に送受間の地表面距離 ($x \cdot km$) をとって, 受信アンテナの高さ ($h_1 \cdot m$) を 0 m および



第 10 図 地球と見透し限界

3 m の場合の地球を球面としての幾何学的見透し限界および対流圏における電波通路の彎曲による見透し限界を示したものである. すなわちこの曲線の下側における送信局の高さおよび距離を有する場合に見透し内にあることになる. 今回のロクーン実験においては, $h_1 = 3 m$, $h_2 = 18 km$, $x = 100 km$ で十分見透し内にあつて, 受信点における仰角は約 10 度であった.



第 11 図 伝 播 特 性

次に受信入力については一般に自由空間における伝播式によって計算されるが, われわれのテレメータ送受信機に関する諸特性を使って計算した曲線は第 11 図に示すものとなる. 特性式は次のとおり.

$$W_R = \frac{P G_1 G_2 \lambda^2}{(4 \pi R^2)} = \frac{0.114}{R^2} \quad (W)$$

$$E_R = \frac{2.387}{R} \times 10^6 \quad (\mu V)$$

$$= 7.5 - 20 \log R + 20 \log 10^6 \quad (db)$$

$$= 127.5 - 20 \log R \quad (db)$$

ただし R: 電波伝播径路 (=送受信間距離)

P: 送信機出力 (= 1 W)

G₁: 送信アンテナ利得 (= 1)

G₂: 受信アンテナ利得 (= 10)

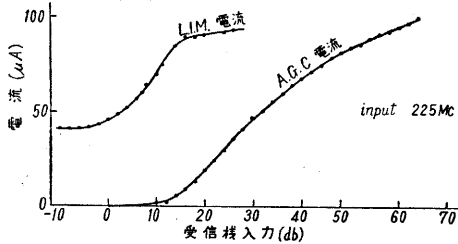
λ: 搬送波波長 (= 1.33 m)

受信機入力抵抗 = 50 Ω

図上でノイズレベルとあるのは, この受信機の雑音出力電圧を入力電圧に換算した値のレベルのことで, $E_N =$

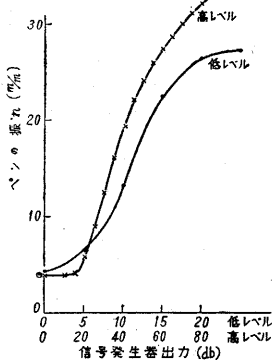
-1.2db となる。受信機のビデオ出力で、 $S/N=20$ db (周波数偏移=100kc, 変調ビデオ周波数=1kc) とした時の入力レベルは約 10 db であるが、このレベルまで受信するとすれば、その直距離は計算により 750km となる。

2) 実験結果 第 12 図は受信機高周波部の入力レベルメータの指示特性で、図中の LIM 電流とは高周波入力に対する第 1 リミッタのグリッド電流指示であり、また AGC 電流は最終段中間周波増幅器のグリッド電流指示であって、この両電流から抵抗を介して得た比例電圧



第12図 入力レベルメータ特性

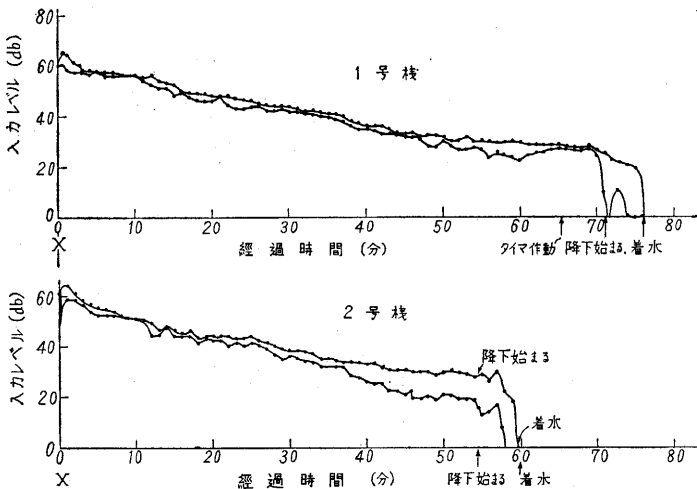
をペン書きオシログラフの ch 5 および ch 6 に他のテレメータチャンネルと並べて連続記録した。入力レベルの規準としては信号発生器を使用した。



第13図 入力レベル記録校正曲線

第 13 図は信号発生器からアンテナケーブルを通しての入力レベルに対する記録データのペンの振れを示す特性図で較正に使用したものである。

ch 3 の周波数変化データは搬送周波数の変化を監視するためのもので、



第14図 入力レベル記録データ

変化した場合その中心周波数が常に帯域幅内にあるうちに受信機と同調をとって帯域域の中心で受信するよう調整した。

第 14 図はロクーン 1 号機および 2 号機の実験において記録データから得た放球後の経過時間に対する受信機入力レベルの特性図で両者とも大体同じようなデータが得られたが、2 号機の方が途中で僅かレベルが下がっている。これは時間に対する距離が両者で違っていたためである。距離が速くまで飛ばした 1 号機のデータを使って、第 11 図の受信入力計算による特性図に実験データを書き加えた。この結果では大体において計算値に近いデータが得られたと見られる。直距離の小さい時にレベルが下がるのはロクーンが初めはほぼ真上に向かって昇るため、送信アンテナの指向性によって生じたものである。

受信アンテナはレーウィンゾンドのアンテナの指向に大体合わせて送信局に向けてるように操作したが、測定最終点で仰角は約 10 度を示した。放球後の最終点までの入力レベルの変化は非常にゆっくり低下し特に急激な変化は現われなかった。これは受信アンテナの指向性(半値角, 47度), および電波の入射角が比較的大きいうちに終わったことによって反射波の干渉等による影響が少なかったものと思う。ここで 1 号機によるデータは直距離約 100km において入力レベルは約 27 db であった。

以上の結果から送受信機の現状で数百 km の受信の可能性が得られたわけである。

5. あとがき

ここにテレメータ送受信機の概要および実験結果について述べたが、ロクーン実験において、種々のテレメータ計測データが完全に得られたことと、これに加えて伝播特性の貴重な試験結果を得たことは、実験の成功として大きな意義があった。また従来短時間で使っていた送信機の副搬送波発振周波数が発振器ユニットの枯化を十分に行なったため、長時間使用に対しても非常に安定で信頼性あるものであることも同時に判明した。

終わりに実験の機会ならびにご指導をいただいた東大生研の方々に深謝する次第である。
(1960. 1. 23)

文 献

- 1) 大井・佐伯 生産研究 1957 年 4 月
- 2) " " " 1957 年 11 月
- 3) " " " 1958 年 10 月
- 4) " " " 1959 年 8 月
- 5) " 高橋 " 1957 年 4 月
- 6) " " " 1957 年 11 月