

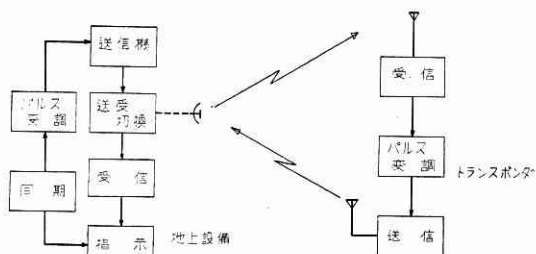
レーダ・トランスポンダ

倉茂周芳・福島 茂・瓜本信二

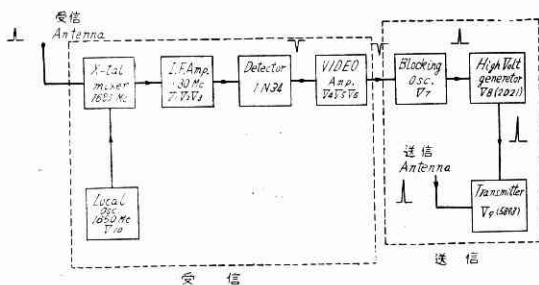
1. 概説

(1) 原理, 構造

本機はレーダの有効距離を増大させるために使うものであって、レーダからの送信パルスを受けて、これを地上に送り返すもので、地上では送信パルス受信パルスの時間のずれからロケットまでの距離を算定するものである(第1図)。これは次のような構成になっている。



第1図 トランスポンダ原理図



第2図 トランスポンダ, ブロックダイアグラム

トランスポンダのブロックダイアグラムは第2図のごとくなっている。地上からの送信パルスを受信アンテナで受け X-tal Mixer で Local Osc. の出力と混合して 30 Mc の中間周波信号に変換し、これを中間周波増幅器で増幅し、検波した後 VIDEO Amp. を通し、自走してい

る Blocking Osc. に加えて、その繰返しを地上からの送信パルスに同期させる。次に Blocking Osc. の出力をサイラトロングリッドに入れてサイラトロンを動作させ高圧パルスを発生せしめて、送信管のプレートに加える。無線周波出力は送信アンテナより発射される。本機の外観は第3図 a, b, c, の写真のごときのものであり、外径 115 φ, 高さ 250mm である。重量は電池共で 2.5kg あり、そのうち電池の重量は約 1.1kg である。これに使用する電池は銀電池で、小型大容量の乾電池である。

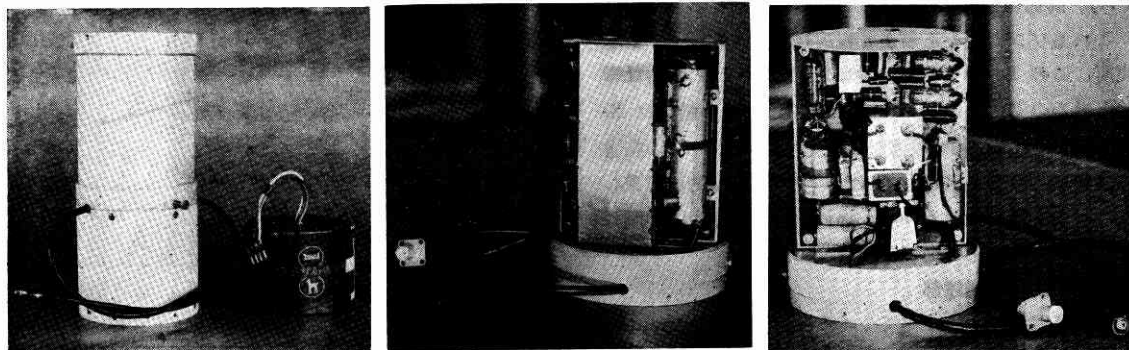
(2) 性能

トランスポンダの性能はロケットが約 100km 上昇するものとして計算されている。すなわち

所要受信感度	
地上送信出力 (尖頭値)	70dbm
送信空中線利得 (地上ヘリカル)	7 db
伝播損失	132db
フェージングマージン	20db
Cable loss	3 db
受信アンテナ利得 (トランスポンダ)	0 db

以上から

受信機入力	-78dbm
所要送信出力	
アンテナ利得 (トランスポンダ)	0 db
伝播損失	132db
フェージングマージン	20db
Cable loss	3 db
地上受信アンテナ利得	25db
地上受信機 Noise Figure	14db
Band 幅	2 Mc
Threshold S/N	15db
Noiselevel	-111dbm

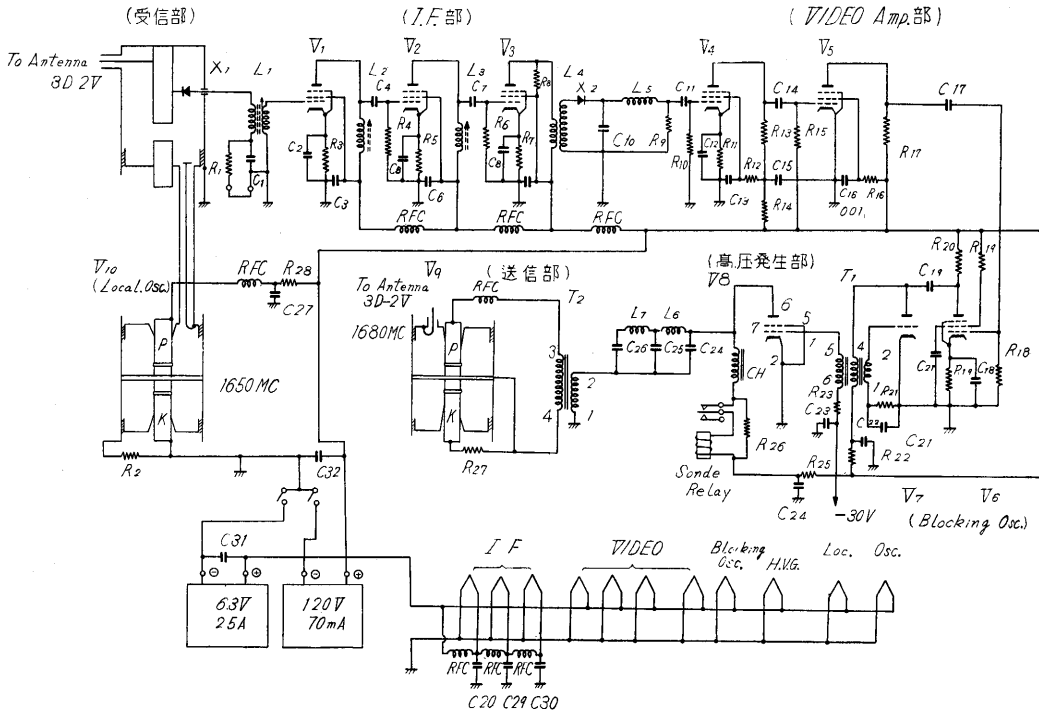


(a)

(b)

(c)

第 3 図



第4図 トランスポンダ回路図

これから地上受信機の所要最小入力レベルは -82dbm したがって送信 Power は 50dbm 以上ということになる。すなわち 100W 以上である。

2. 動作説明

(1) 総説

本機の Block diagram は第2図に示したが、その回路を第4図に示す。これはごくありふれた回路であって別に特殊なものがないので以下簡単に動作を説明するに止める。

(2) 高周波部

i) X-tal MIXER

これは小型化のために現在 $1,680\text{Mc}$ ラジオ・ゾンデに使用している空洞をそのまま使用した。周波数の調整は側面のビスを出し入れして行う。

ii) 局部発振器

これもゾンデ用をそのまま利用して真空管は 5794 を使用、この Local Osc. の X-tal MIXER への結合は容積と構造の関係から C-couple となし、その結合は X-tal MIXER への棒の長さを加減して行った。この結合の調整は、非常に困難を伴ったがすべて実験的に調整した。この装置における local injection と gain の関係を調べてみると第5図のようになった。

(3) 中間周波増幅部

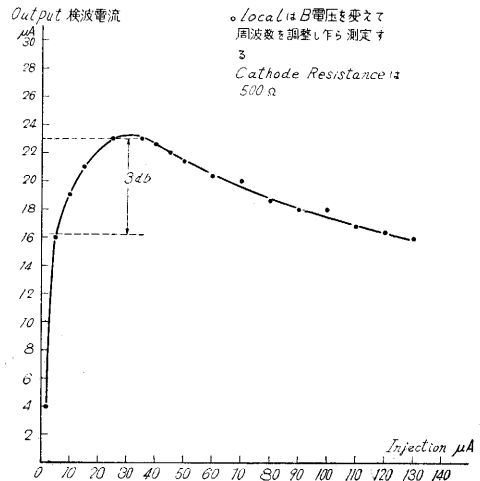
総数3段で増幅はすべてミニチュア管を用いた。この特性を第6図に示す。配線をすべて print 配線により行ったために earth point が確立できず再生を起し勝ち

であった。band 幅は 3.3Mc で、利得は約 62db 程度となっている。

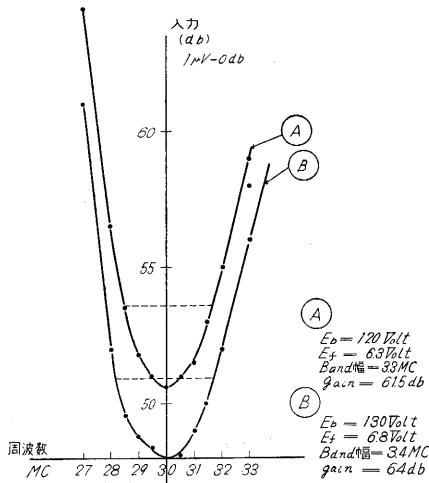
(4) 検波回路

$1N34$ を使って検波した。この L.C. は実験的に定めこの Output は C_{11} と R_{10} の微分回路を通してている。これは送受が同一周波数なので自己送信時の大入力パルスによる masking を防ぐために time constant を小さくしている。入力-検波出力の特性を第7図に示す。

SG 入力 1680Mc $50\mu\text{V}$ Const.
 B 電圧 110Volt
 Heater 電圧 6.0V



第5図 local injection に対する感度の特性



第 6 図 トランスポンダ中間周波増幅部周波数特性

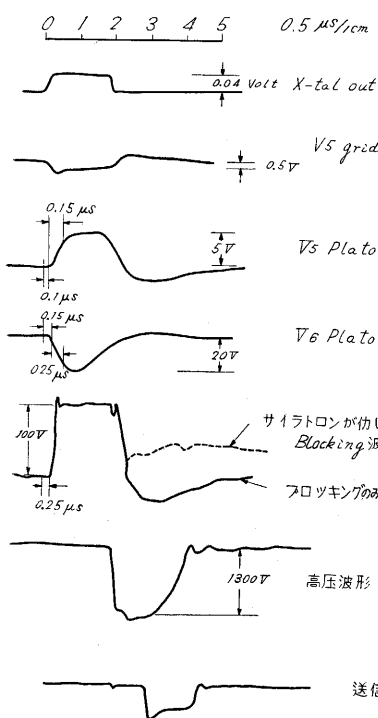
(5) VIDEO 増幅部

送受共通周波数であるために、全結合回路は微分回路となっているので周波数特性は良くない。利得を良くするために、多少の歪を大目に見ているのは致し方ないことであった。

各部の波形を第 8 図に示す。

(6) Blocking 発振器

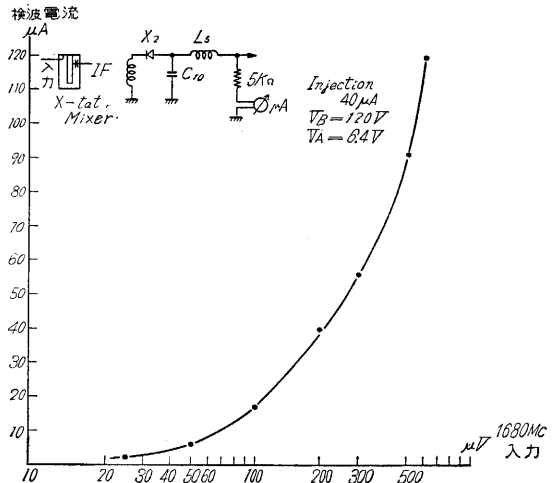
これは普通に使われている free running type である。外部から信号のない時は noise により trigger されるために



第 8 図 VIDEO Amp. の各部波形と入力パルスと出力パルスの遅れの特

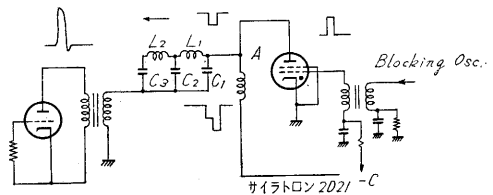
相当なジッターがあるので、受信音は noisy になる。電源電圧の変動により noise level が変動し、そのために自走周波数が不安定となるが、入力が到来すればこれに同期するので問題はない。

(7) 高圧発生回路



第 7 図 入力電圧—検波電流特性

のパルス変調に、よく使われている回路と同じであって、安全リレーとチョークと delay line pulse trans から成る。



第 9 図 高圧発生回路

この動作原理を第 9 図から述べると、今サイラトロン プレートには B 電圧がそのままかかっている。そこへグリッドに正のパルスが入りサイラトロンが動作すると A 点の電圧は急激に下る。すると A 点に負の pulse が加えられたことになり、 $L_1L_2, C_1C_2C_3$ が片道 $0.5\mu s$ の time delay をもつようになっているから $1\mu s$ 遅れて負の pulse が返ってくる。そしてさらにサイラトロン plate 電圧を負に落すのでサイラトロンは消弧し導通状態は終り、この間 $C_1C_2C_3$ の電荷はサイラトロンを通じて discharge される。そのため pulsetrans は 1 次側十数オーム 2 次側は約 $1.5k\Omega$ 位に設計されていて、2 次側に 1 次側の 10 倍、尖頭値約 $1300V$ 程度の電圧が誘起される。この電圧を 5893 のプレートに加えて発振させる。この波形は第 9 図のようになる。

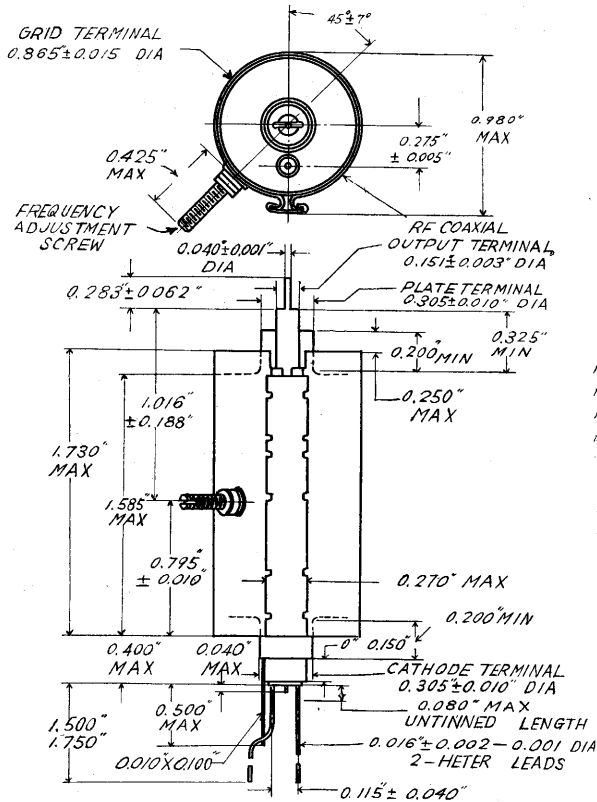
(8) 送信回路

これもまたゾンデ用の空洞を用いた。参考のために空洞の寸法を第 10 図に示しておく。出力特性は実験によりまとめてみると大体第 11 図のごときものになった。

(9) 電源

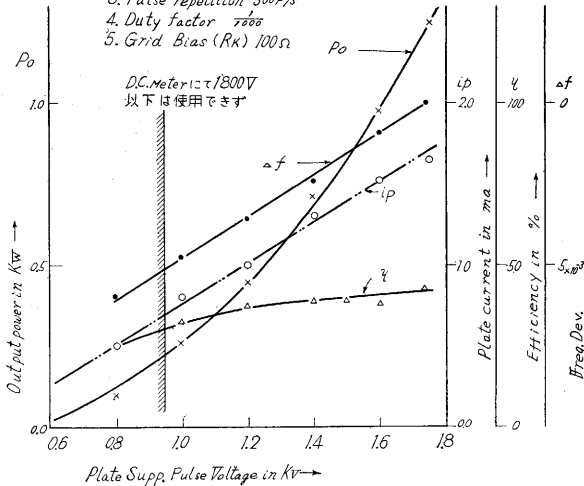
電源はユアサの銀電池を使用し、仕様は次のようなものである。

6.3V 2.5A, 130V 70mA, 15 分



第 10 図 ソンド空洞寸法図

1. TX Freq. 1680 Mc/s
2. Pulse duration 2 μsec
3. Pulse repetition 500 p/s
4. Duty factor 7000
5. Grid Bias (Rk) 100 Ω

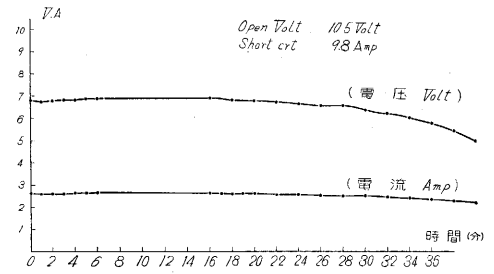


Power Meter : サミタ電力計 Sheet 1 に同じ
 freq : Echo Box (明星)
 Pulse : Synchro Scope (岩崎)

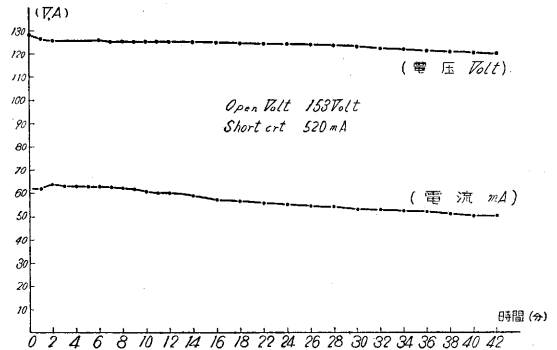
第 11 図 5893 発振特性表 (リェントランド型にて)

実際に測定した時間に対する放電特性は第 12 図と第 13 図に示すようになり、ほぼ要求を満足している。

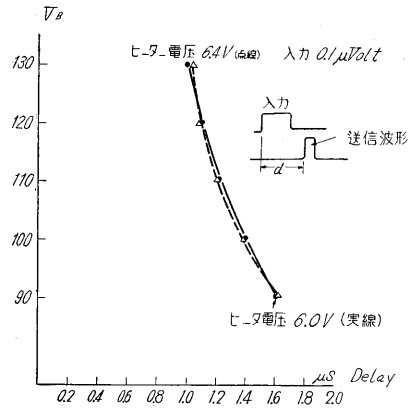
3. 総合特性および検討



第 12 図 銀電池特性表 (A 電池) 32 年 4 月 16 日



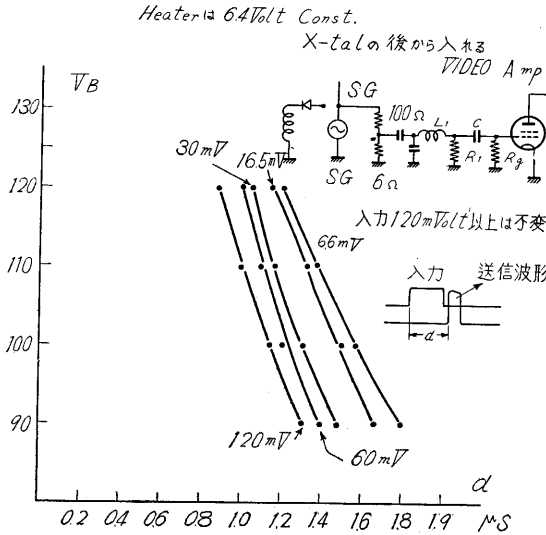
第 13 図 銀電池放電試験結果 (B 電池) 32 年 4 月 16 日



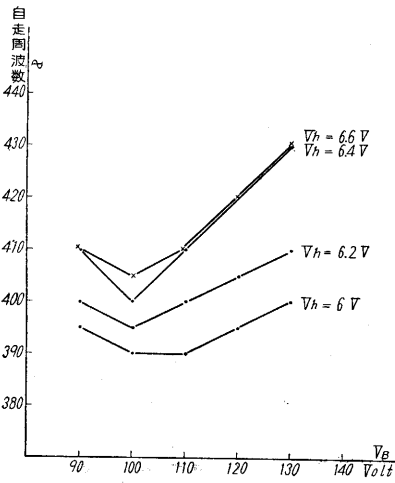
第 14 図 B 電圧の変化による入力に対する送信波形の遅れの特性表

トランスポンダはできる限り送受周波数を離して使用した方が良く、その方がトラブルも少ないのであるが周波数割当や、その他諸種の関係から一応同一周波方式に設計した。この場合、最初考えられることは自己送信出力が回り込んで発振状態にならないかということであった。しかしながら Blocking Osc. が動作した直後は Blocking Osc. のグリッドは、ほぼプレート電圧と同程度の大きさの負の電位に固定されるために、少し位大きな入力信号が加わってもそれに追従しないので外部同期が可能となった。

精密な測距をするために誤差の原因となるのは、トランスポンダの受信から送信までの遅れである。この特性



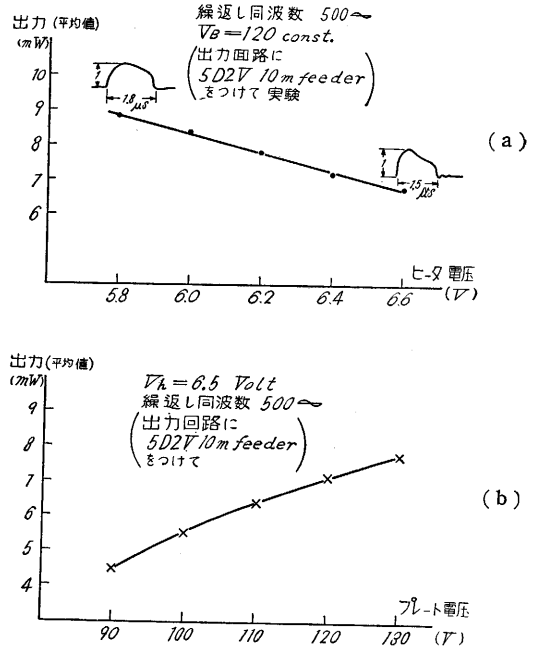
第 15 図 入力変化に対する送信波の遅れ, 特性表



第 16 図 電源電圧の変動に対する Blocking Osc. free running frequency の変化曲線

は第 9 図に示したとおりで、すなわち VID. EO Amp. で約 0.25 μ s 程遅れ、その後 Blocking Osc. のパルスによってサイラトロンが働くまでに約 1 μ s 程の遅れがある。これはサイラトロンの rise time の故であって、同一サイラトロンでも球により遅れに変動が存在する。高压波が送信機のプレートに加わって後約 0.5 μ s 後に送信波形が現われていて、総合で 1.5 μ s の遅れが存在する。この遅れは電源電圧によってまた変動する。実測結果は第 14 図に示すとおりで、B 電圧が 40V 変化すると、約 0.6 μ s の遅れが変化する。しかし実際にはロケットは数分間しか飛んでいないために、前の電池の放電特性から見て判るようにほとんど問題とならない。

次に問題になるのは入力信号の大きさによる遅れの変化である。第 15 図に示すように、すなわち B 電圧が高い間は 0.3 μ s 位の変化が、B 電圧が 90V に下がると 0.5 μ s も変化するようになる。この種の遅れは前もって測定不可能故に、大いに問題点がある。さらに電源電圧



第 17 図 電源電圧の変化による出力特性

の変動は Blocking Osc. の自走周波数に影響する。この変化を第 16 図に示すが、これで判るように B 電圧が上昇するに従って繰返し周波数が高くなって行く。途中で谷ができて居るのは、中間周波の noise が影響しているためと思われる。中間周波数をつけなければ大体一樣に上昇して行く。電源電圧の低下によりだんだんと繰返し周波数が落ちて行くから、最初に大体 500 \sim 近辺に合わせれば、使用中に同期の乱れる恐れはない。一方この結果からみると電圧が下がると同期性が悪くなり、入力受信感度が悪くなるように思われるのであるが、実際に測定した結果では、それが判然としなかった。入力の threshold Value を測定するのが困難なためであろうと考えられる。次に電源電圧による送信出力の問題であるが、第 17 図 (a)(b) に示すように変化した。A 電圧を上昇させていくと平均送信出力が減少するのは、送信パルスの幅が狭くなるためで、原因はサイラトロンの影響であると思われる。このように B 電圧 A 電圧の変化は共にその機能に大きく影響を与えるので、今のようにロケットが数分間しか飛ばない間は問題はないが、時間が長くなるにつれて電源は大きな問題になってくる。

なお次回 K-V 型より以後は電池は A 電池をヤードニ一の銀蓄電池を使う予定である。銀蓄電池、アンテナについては生産研究、4 月号を参照されたい。

後 記

トランスポンダ設計に当っては、東大の野村・黒川両助教授に大いなる助言をいただき、また製作調整に当っては古沢、小屋両氏のご援助多大であった。ここに一言謝辞を申し述べる次第である。 (1957. 10. 9)