

UXF-011 型 マイクロ波通信装置

長 浜 良 三*

Type UXF-011 Micro-Wave Communication Equipment

By Ryozi Nagahama

Totsuka Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

The type UXF-011 micro-wave communication equipment is a simple multi-channel radio telephone which comprises 3-telephone channels in FM-FM system on 6,000 Mc band. It utilizes such a new system that an oscillator consisting of a klystron of 100 mW output is used in common for both transmitting and receiving purpose. This may be said a sample machine of micro-wave communication equipments for local communication.

By means of selective use of several modulation systems such as AM-FM, SS-FM, FM-FM, etc., through a few alterations in terminal system, frequency band width of micro-wave, etc., this equipment can be used widely for multiple-channel telephone system, television relay system, telecontrolling system, and several other applications.

〔I〕 緒 言

我国のマイクロ波通信は研究時代より実用化時代に移りつゝあつて、国有鉄道や一部の電力会社に於ては既に実用回線として使用しているし、又電々公社や保安庁等の基幹通信網として建設が進められ近い将来に実用される機運にある。これら長距離中継回線用のマイクロ波装置の他に局地的通信用としての電話、テレビジョン中継、遠隔監視制御、遠隔測定等に使用するマイクロ波通信装置の要望も盛んになりつゝある。これら局地通信用マイクロ波通信装置は局地有線通信網に代り得る多重通信線路を提供することになるわけであるが、その特質として考慮すべき主な事項は次の通りである。

- (a) 所望の回線数や伝送特性等を満足する範囲に於て小型軽量、価額低廉であること。
- (b) 中継を考慮しなくてもよい場合が多いが、比較的近距离でもかならずしも見越し可能の地点間で使用するとは限らないから、無饋電中継が容易に行い得るものであること。
- (c) 電波管理上から局地通信用として割当てられる周波数帯を使用すること。

* 日立製作所戸塚工場

一般に空中線の有効面積を A 、使用波長を λ とすれば空中線利得 G_A は

$$G_A = \frac{4\pi A}{\lambda^2} \dots\dots\dots(1)$$

又、距離を d とすれば自由空間損失 L は

$$L = \left(\frac{4\pi d}{\lambda}\right)^2 \dots\dots\dots(2)$$

となり、フェーディングやガス、雨等による減衰を M とした場合、送端及び受端に於ける送信及び受信機の所要利得の和 G は

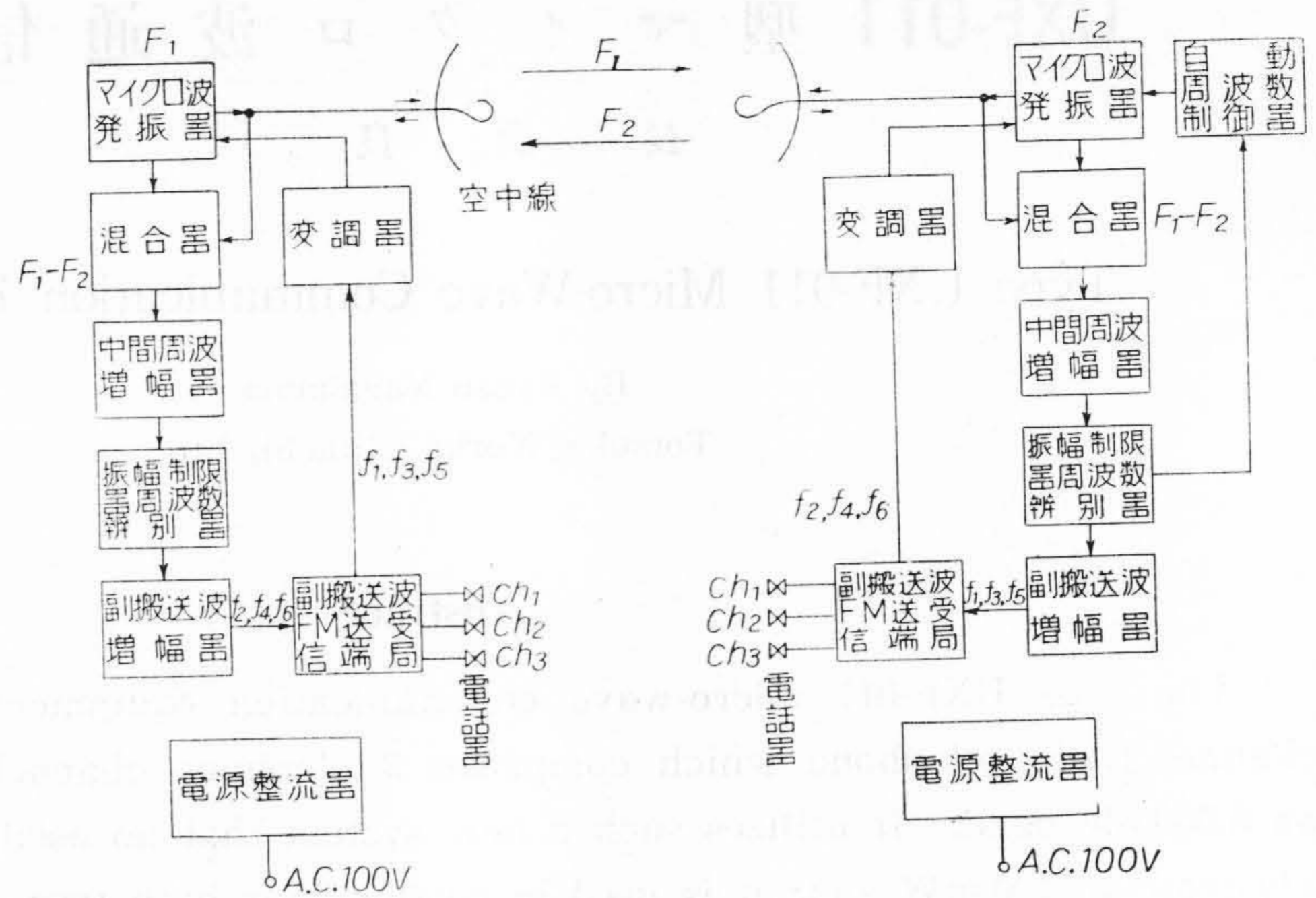
$$G = \frac{LM}{G_A^2} = \frac{d^2 \lambda^2 M}{A^2} \dots\dots\dots(3)$$

となる。即ち G 、 d が一定のとき M が大きくならない周波数範囲（波長 3~4 cm 迄）に於て波長を短くすれば空中線を小型とすることができ、又導波管回路も小型となる。又無饋電中継の反射板等の電波の方向変換を行う空中線の有効面積を S とすればこの空中線の利得 G_R は

$$G_R = \frac{4\pi}{\lambda^2} S \dots\dots\dots(4)$$

となり、このときも波長が短い程有利となる。この他テレビジョン中継等のように広い周波数帯域幅を必要とする波形の伝送の点からも波長が短いことは必要条件であるが、波長が短くなるに従つてマイクロ波用真空管、導

第1図
UXF-011型マイクロ
ウェーブ総合系統図
Fig. 1.
Schematic Diagram
of Type UXF-011
Micro-Wave System



波管回路，その他の製作技術は高度となる。商品として製作可能であることや，上述のMの制限と(c)項をも考慮に入れ，又(a)項の観点からマイクロ波を変調するための端局の方式も決めるとすれば 6,000 Mc 帯の FM-FM 方式による多重通信装置は局地用装置として最も好ましいものであろう。

以下述べる UXF-011 型マイクロ波通信装置は電話3通話路を伝送するための 6,000 Mc 帯の FM-FM 多重電話装置であつて小型化するための数多い新方式が採用されていて局地通信用装置の一つのサンプルであつて，マイクロ波部の帯域幅や端局部の方式等を適当に若干変更することにより SS-FM, AM-FM, FM-FM 或は単なる FM 変調により前述の各種用途に適合させることが出来るものである。

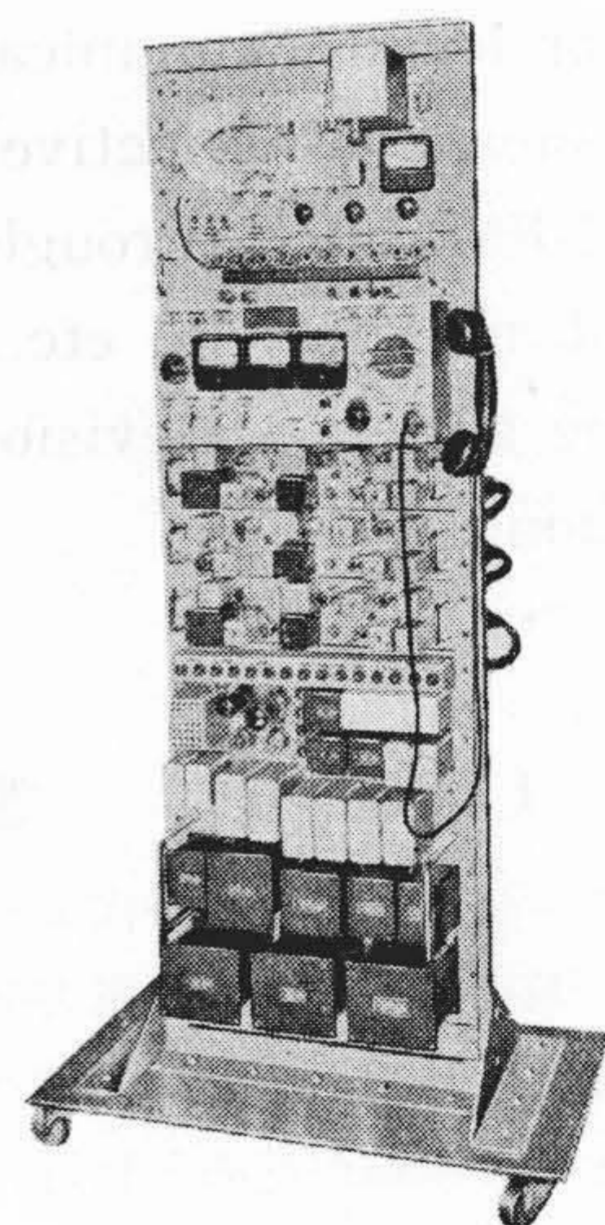
〔II〕 装置の概要及び性能

この装置は本体と空中線系との二つの部分により構成されていて第1図に総合系統図を，第2図に本体の外観を示す。本体はマイクロ波盤，中間周波盤，制御監視盤，副搬送波端局盤，電源盤の五つの部分に分れていて幅 520 mm，高さ 1,500 mm の鉄架に收容され，電源の開閉，各盤の動作状態や通話状態の監視等は制御監視盤でその大部分，マイクロ波盤でその一部を行つている。以下本体の主要部と空中線系に就いて若干の説明を加えよう。

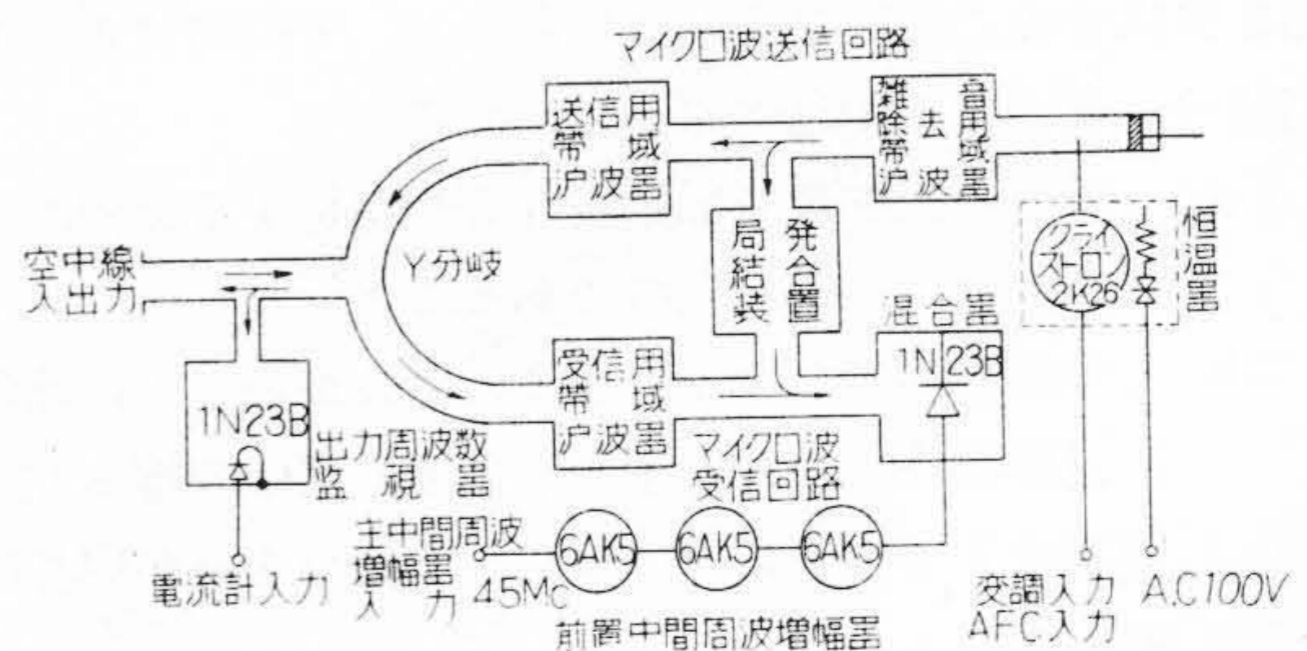
(1) マイクロ波盤

(A) マイクロ波回路

マイクロ波盤の系統図を第3図に示す。第1図で判るようにこの装置は送，受周波数の差を中間周波数に選定することにより，送信用と受信局局部発振用のマイクロ波

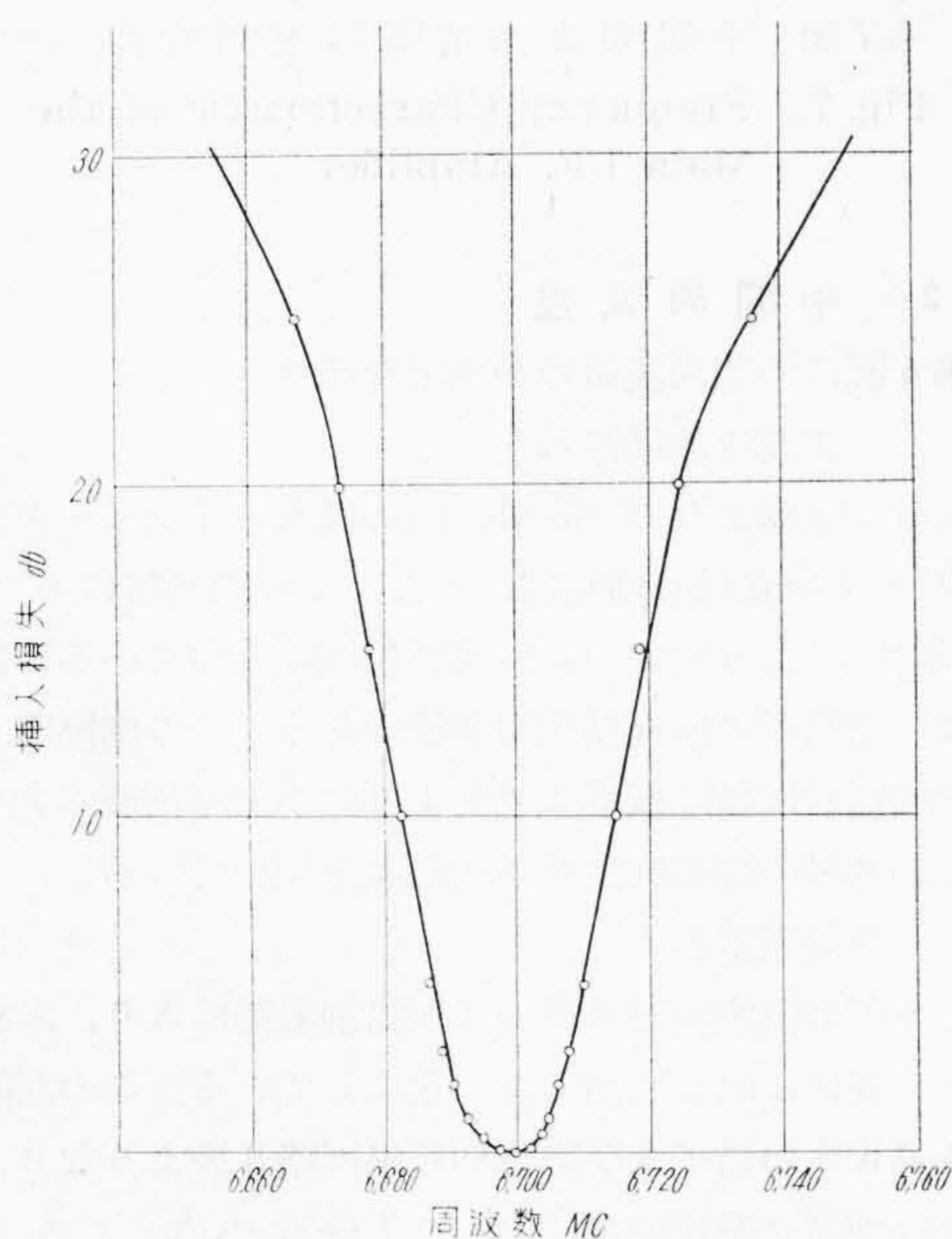


第2図 UXF-011型マイクロウェーブ
(装置本体外観)
Fig. 2. General View of Type UXF-011
Micro-Wave Equipment



第3図 マイクロ波盤系統図
Fig. 3. Schematic Diagram of the Micro-Wave Panel

発振器を共用⁽¹⁾させてマイクロ波部の簡易化⁽²⁾を行つている。即ち第3図に於て反射型クライストロンよりのマイクロ波出力は送信周波数を中心として帯域幅 4.5 Mc の雑音除去用帯域濾波器を経てその電力の約 1/100 を局部発振用として受信回路に供給し大部分は更に雑音除去用濾波器と同様の送信用帯域濾波器を通りH面のY分岐に入る。Y分岐の他方の足は受信用回路となつてゐるがこの入口には帯域幅 4.5 Mc の受信用帯域濾波器が設けられ、その中心周波数が第1図の F_1 と F_2 との差だけずれているので、Y分岐の分岐点より送、受信帯域濾波器に到る導波管長を適切にすることにより、送信波は受信回路の影響を殆ど受けない。Y分岐を出た送信波はその電力の極く一部を出力並びに周波数監視器に与え饋電導波管を経て空中線に到る。この監視器は空洞周波計の一種で共振周波数は可変であり、整流出力を電流計で測定することにより送信周波数並びに相対的な出力を知ることが出来る。この空洞周波計は送信周波数に同調してゐるので受信波に対しては殆ど影響を与えず、到来受信波はY分岐に入る。受信波の場合も送信波の場合の関係と相似で分岐点より送信回路をみたインピーダンスが極めて高くなるので、その大部分の電力は受信回路の受信用帯域濾波器を経て、送信の場合と同様に局発結合装置により若干の電力損を受けて混合器に到る。この場合受信用帯域濾波器は受信回路の不要感度 (Spurious Response) を低下させるためにも大いに役立つ。第



第4図 マイクロ波濾波器特性
Fig. 4. Characteristic of the Microwave Filter

第1表 不要感度特性

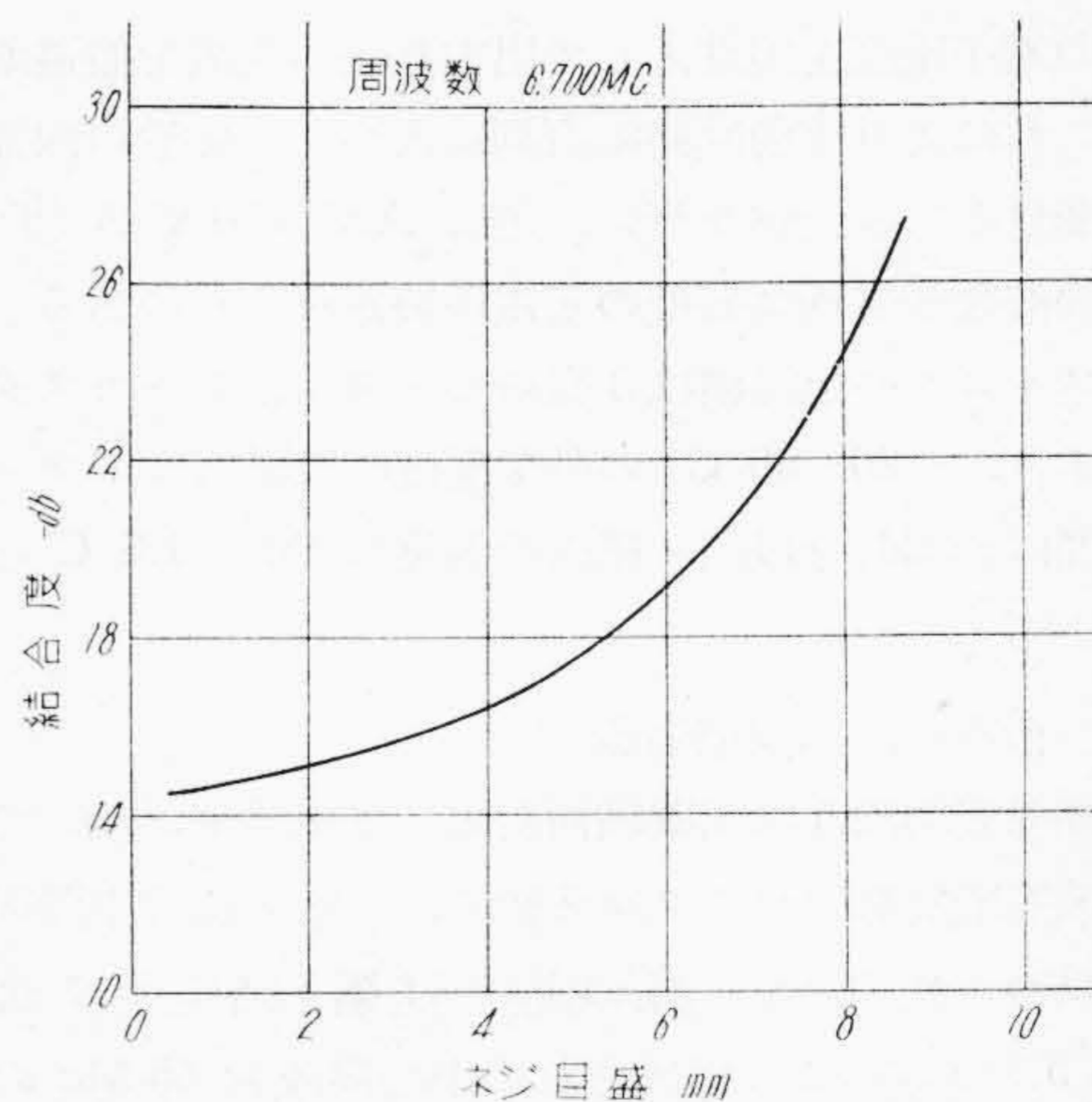
Table 1. Spurious Response

不要感度周波数 (Mc)	相対感度 (db)
$f_e - f_i = 6,655$	36
$f_e - \frac{f_i}{2} = 6,677.5$	74
$f_e - \frac{f_i}{3} = 6,685$	80
$f_e + \frac{f_i}{3} = 6,715$	66
$f_e + \frac{f_i}{2} = 6,722.5$	62
$f_e + \frac{2}{3}f_i = 6,730$	—

受信周波数 6,745 Mc
 局部発振周波数 6,700 Mc : f_e
 中間周波数 45 Mc : f_i

1表に不要感度実測の一例を示す。一方局発結合装置より出て来た一部の送信波はこの結合装置の出口と受信用帯域濾波器出口とを結ぶ導波管の長さが適切に選ばれてゐるのでその電力の大部分は混合器に入り、局部発振に相当する電力レベルを混合器に与える。この場合送信回路にある雑音除去用帯域濾波器がクライストロンから発生するマイクロ波雑音のうち、受信回路の映像周波数に相当するスペクトラムを除去するので雑音指数が改善され、その実測値は総合雑音指数として 14 db を得ている。このマイクロ波回路⁽²⁾は上述のように濾波器、結合装置及びY分岐を巧みに組合せ、送・受信損失や不要感度、雑音指数の低下を行つてゐるが、送信及び受信回路の調整がそれぞれ単独に行い得ることも大きい特長である。

帯域濾波器は誘導性窓を有する長さ 1/2 波長の矩形導



第5図 局発結合装置の特性
Fig. 5. Characteristic of the Local Oscillator Coupling Circuit

波管型のものを使用しているが、その減衰特性実測の一例を第4図に示した。局発結合装置は結合窓を持つE面T分岐であつて、中央部のビスにより結合度を調整することが可能であり、その特性の一例を第5図に示した。

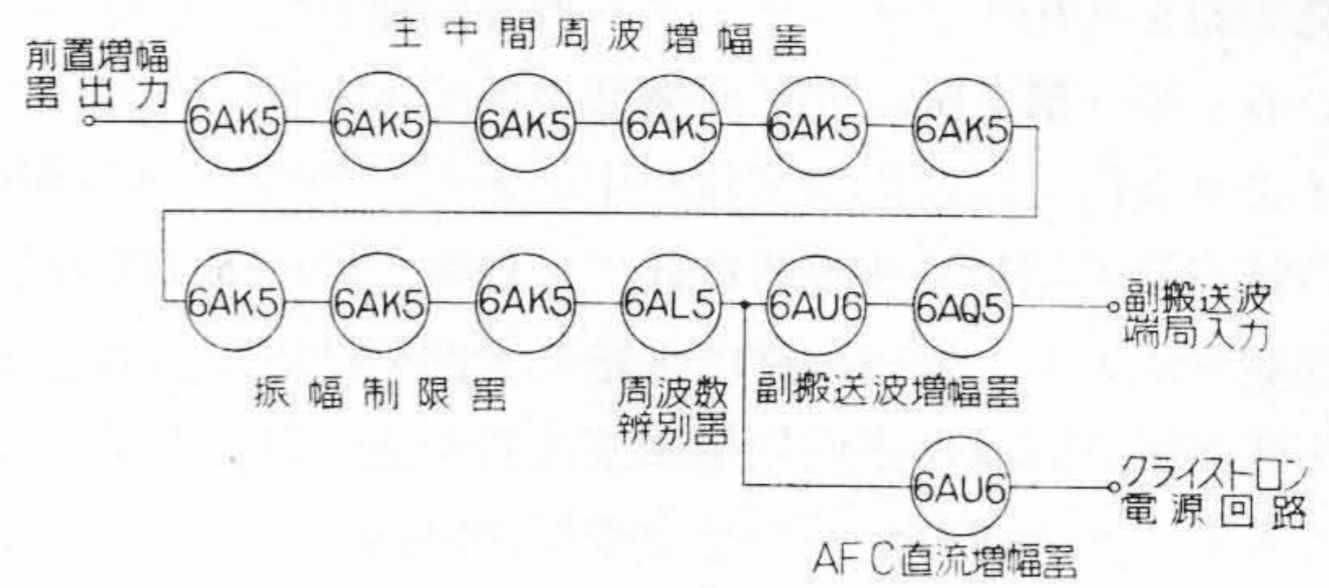
(B) クライストロン発振器

マイクロ波発振器は反射型クライストロン 2k26 を使用し、周波数 6,575~6,875 Mc の範囲の一つの周波数を発振し出力約 100 mW を得ている。一般にクライストロン発振器は電源電圧や温度、負荷の状態等の変化のため発振周波数が変化するため、特別に電氣的又は機械的の自動周波数制御(AFC)回路を設け周波数の安定化を行わねばならない。例えば本装置に使用している 2k26 に就いて実測すれば、反射板電圧 1 V に就いて約 1.5 Mc, 内蔵空洞の周囲温度 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ に就いて約 $\pm 200\text{ kc}$ の変動がある。この種装置の送受信回路のマイクロ波部や中間周波増幅部の総合帯域幅は、変調による側帯波スペクトラムの拡りと、周波数の安定度とを考慮して決められるが、周波数変動の幅を出来るだけ小にして、帯域幅の大部分を変調波のために占有させるようにしなければならない。この装置では一方の局の発振器には何等 AFC 回路を設けず、定電圧電源による電源電圧の安定化及び恒温槽による温度の安定化を行い、相手局の無線復調回路である周波数弁別器を利用して(第1図参照)反射板電圧を制御する追従式の AFC をかけて小型化をはかり、A.C. 100 V 50~ 電源電圧範囲 +5%, -10%, 周波数 +4%, -8%, 温度範囲 $-20^{\circ}\sim 40^{\circ}\text{C}$ に於て、一定の周波数の絶対値に対して総合した安定度を $\pm 2 \times 10^{-4}$ 以下に押えている。

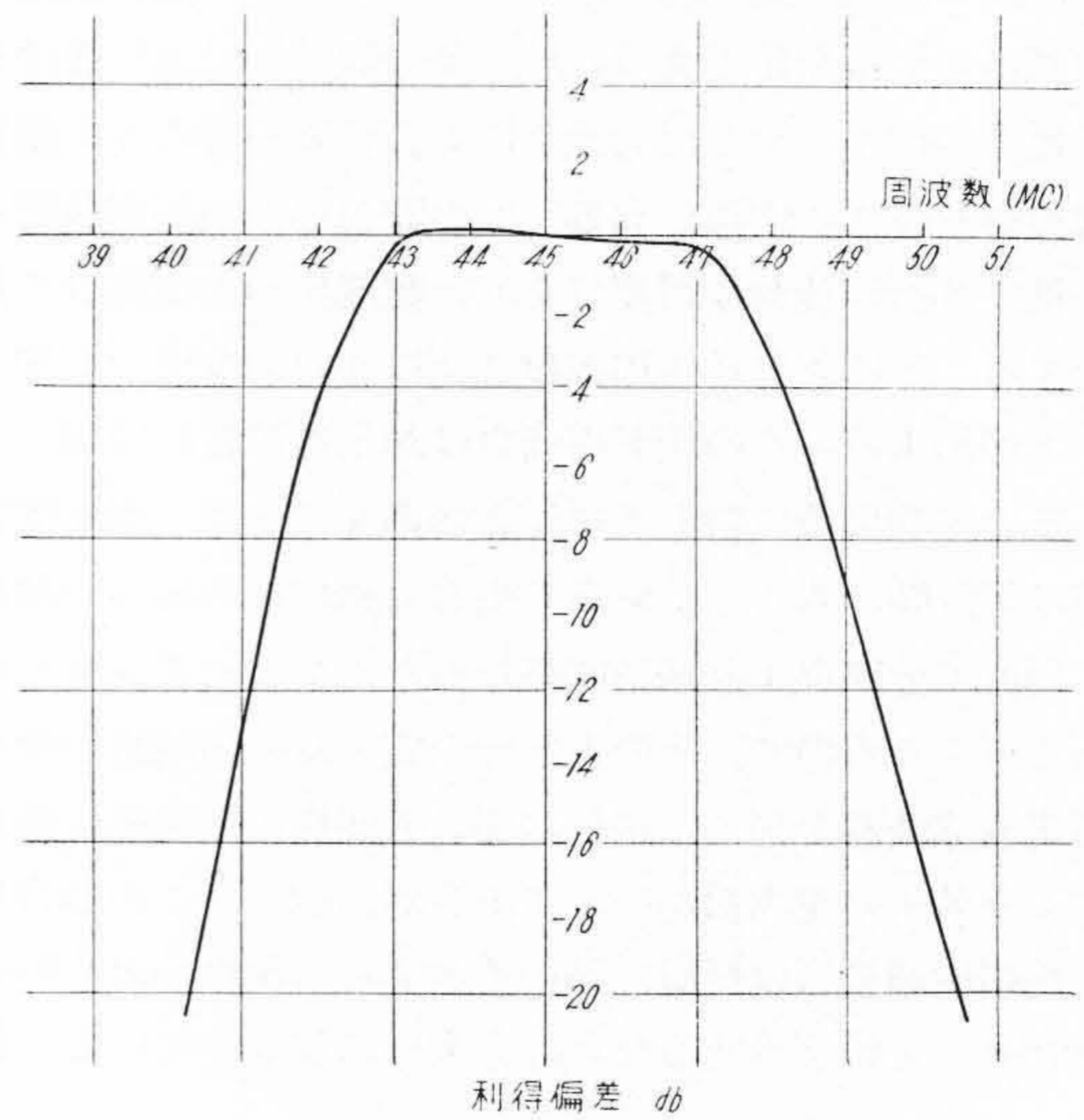
定電圧安定回路は電源盤に收容されていて、定電圧放電管の端子電圧を規準として出力高圧の変動を饋還増幅し、これにより電源回路に直列に入った三極管の内部抵抗を変化して安定化を行い、更に A.C. 100 V 入力回路には周波数補償鉄共振型の定電圧装置が入れてある。クライストロンの恒温槽は3組のヒータ及びサーモスタットにより、 $-20\sim 50^{\circ}\text{C}$ の外気温度に対しビルトアップの時間は約 20 分以内、槽内の温度は $90^{\circ}\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ となつている。

(C) 前置中間周波増幅器

中間周波増幅部は前置増幅器と主増幅器に分れていて、前置増幅器はマイクロ波盤に、主増幅器は中間周波盤に收容されている。前置増幅器は第3図に示す通り 6AK5. 3本により構成された中心周波数 45 Mc のウォルマン回路を使用した低雑音増幅器であつて、入力はマイクロ波混合器に直結され、出力側のインピーダンスは $75\ \Omega$ となつている。



第6図 中間周波盤系統図
Fig. 6. Schematic Diagram of the I.F. Amplifier Panel



第7図 中間周波主増幅器振幅特性
Fig. 7. Frequency Characteristic of the Main I.F. Amplifier

(2) 中間周波盤

第6図に中間周波盤の系統図を示す。

(A) 主中間周波増幅器

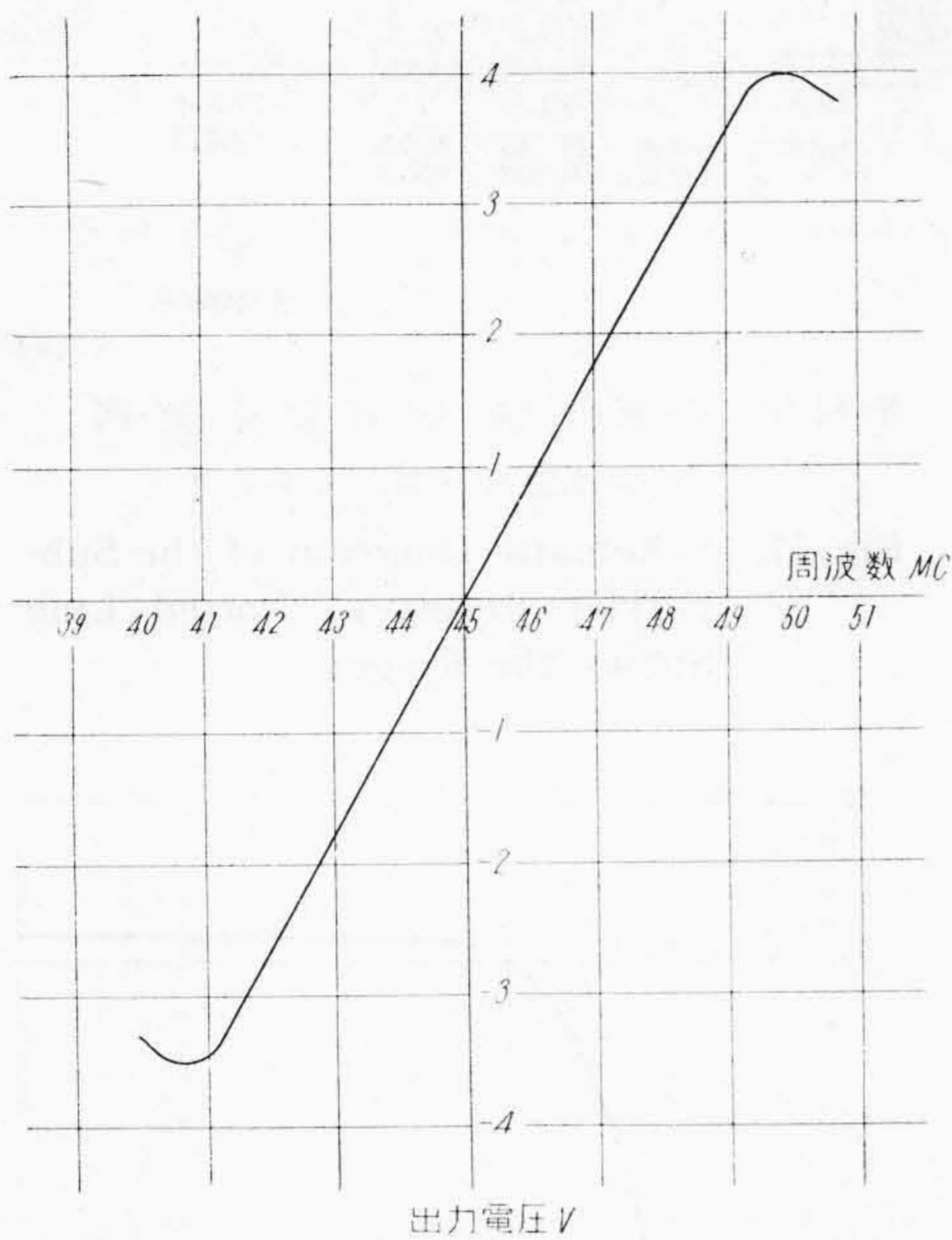
前置増幅器よりの 45 Mc 信号は入力インピーダンス $75\ \Omega$ の主中間周波増幅器に入る。この増幅器は6本の 6AK5 により所要の利得及び帯域幅を得ている。第7図は主増幅器の振幅特性実測値である。この増幅器及び前置増幅器は特に嚴重に外部よりの不要高周波入力を除くため特別の濾波回路及び遮蔽函を用いている。

(B) 振幅制限器

主中間周波増幅器の出力は振幅制限器に入り、広範囲の入力変化に対して出力を一定にしている。この制限器は 6AK5 の格子及び陽極型制限回路3段よりなり、時定数は副搬送波周波数に対して十分に小さく、入力約 10 V 以上は完全に振幅を制限している。

(C) 周波数弁別器

振幅制限器よりの一定出力は周波数弁別器に入り周波



第8図 周波数弁別器特性
Fig. 8. Characteristic of the Frequency Discriminator

数変化を振幅の変化にかえる。フオスタ、シリの回路により構成された周波数弁別器であつて周波数変調波の復調を行い副搬送波を得ると共に追従式 AFC 用の直流電圧をも同時に取出している。第8図は本器の特性実測値であるが帯域内に於ける直線性は極めて良好である。なお正側の山と負側の山との間隔約 10 Mc が AFC の応動周波数範囲を決定している。

(D) 副搬送波増幅器

周波数弁別器よりの出力は副搬送波増幅器により増幅され、その出力が副搬送波端局盤の受信機入力となる。この増幅器の周波数振幅特性は 160~360 kc の間ほぼ平坦で、歪特性は歪減衰量 70 db 以上であつて、出力は 0~5 dbm を得ている。

(E) AFC 直流増幅器

周波数弁別器よりの、中間周波数中心値の変動による直流出力は適当な時定数を持つ積分回路により副搬送波と分けられ直流増幅器に入り若干の増幅がなされてクライストロンの反射電極電圧を制御している。なおこの増幅器は第1図に示す通り一方の装置にのみ実装されている。

3) 空中線系

この装置を用いて回線を構成する場合、回線の地理的条件、気象的条件、電波伝播に起因する信頼度の所要値等の各種条件より、所要の信号対雑音比を与える空中線系が決定されることになる。

空中線利得を G_A , 送信機出力を P , 自由空間損失を L , 反射板等の無饋電中継による損失を L_r , 饋電線損失を L_f , フェーディング許容率を M とすれば一対向の回線に於て両局の空中線, 饋電線を同一のものを使用するとして, 平常状態及び最悪状態に於ける受信機入力 P_{rs} 及び P_{rb} は

$$P_{rs} = \frac{G_A^2 \cdot P}{L \cdot L_f^2 \cdot L_r} \quad \text{及び} \quad P_{rb} = \frac{G_A^2 \cdot P}{L \cdot L_f^2 \cdot L_r \cdot M} \quad \dots\dots(5)$$

となり, 受信機雑音電力を P_{rn} , 限界受信機入力を P_t とすれば, この回線の信号対雑音比の平常値 $\left(\frac{S}{N}\right)_s$, 最悪値 $\left(\frac{S}{N}\right)_b$ は $P_{rb} > P_t$ の条件内に於て

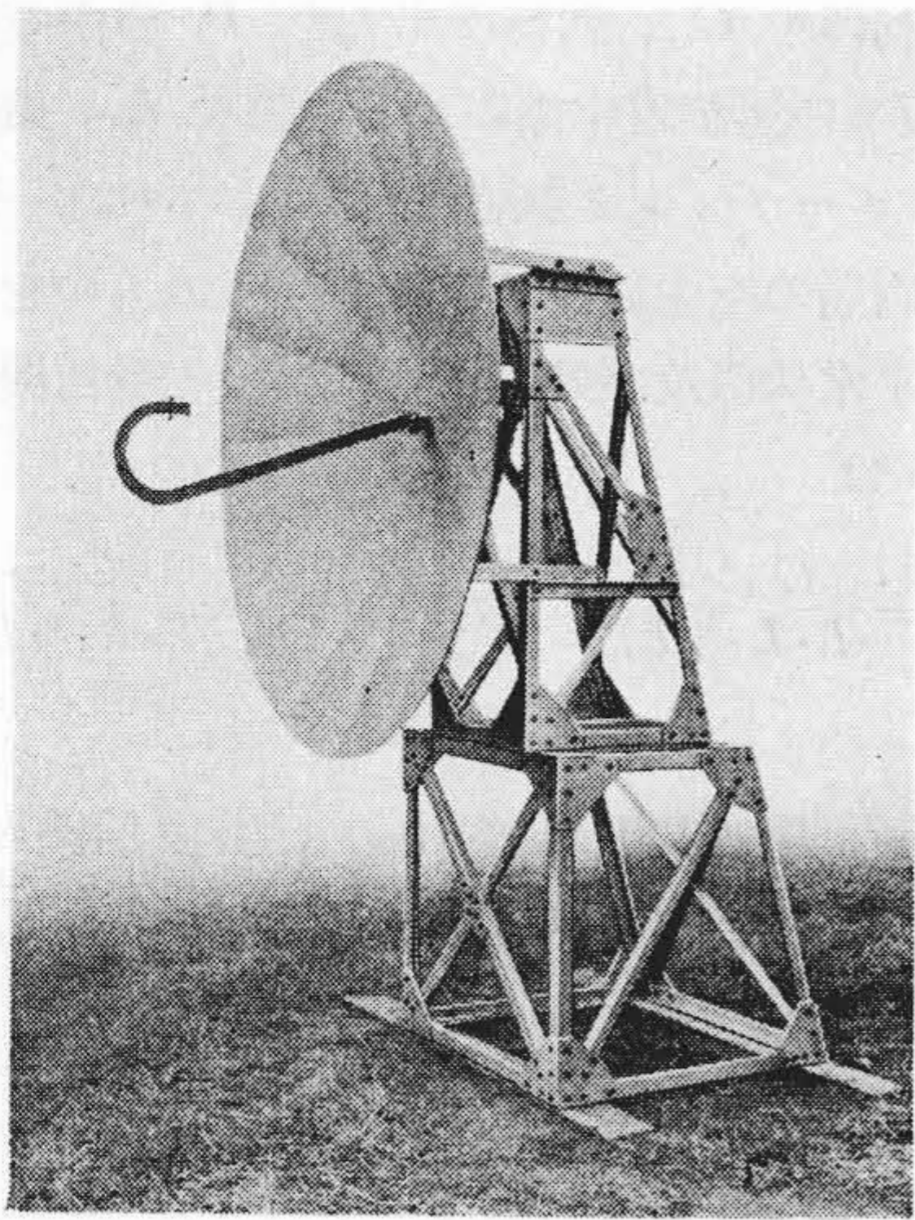
$$\left(\frac{S}{N}\right)_s = \frac{P_{rs} \cdot R_0}{P_{rn}} \quad \text{及び} \quad \left(\frac{S}{N}\right)_b = \frac{P_{rb} \cdot R_0}{P_{rn}} \quad \dots\dots(6)$$

但し $P_{rn} = KTB F$, $P_t = KTB F C_f$ であつて K はボルツマン定数, T は絶対温度, B は受信機帯域幅, F は受信機雑音指数, C_f は R_0 を得るために必要な受信機入力の余裕度であり, R_0 は変調方式及び変調の深さにより異なる振幅変調の場合に比較した S/N の改善度を表わす広帯域利得であつて, 本装置のように FM-FM 方式の場合副搬送波の変調係数を m_1 , マイクロ搬送波のそれを m_2 とすれば $R_0 = \sqrt{\frac{3}{2}} m_1, m_2$ となる。一例として周波数 6,700 Mc の場合, 距離 100 km, フェーディング許容率 25 db として 1 kc の信号を 224 kc の副搬送波を使用して伝送する場合 (6)(5)(2)(1) 式を用いて $\left(\frac{S}{N}\right)_b$ 50 db を与える空中線系を決定すると, 1局当りの饋電線損失が 1 db の場合, 空中線の有効面積は約 2 m² となる。即ち饋電線として 7,000 Mc 帯域標準導波管 WR-7,000 C を約 10 m, 空中線としてパラボラ反射鏡を使用するとすればその直径は約 2 m となる。この例は無饋電中継を行わず(5)式の L_r を 1 としたが, 地形の関係で反射板を使用する場合は⁽³⁾

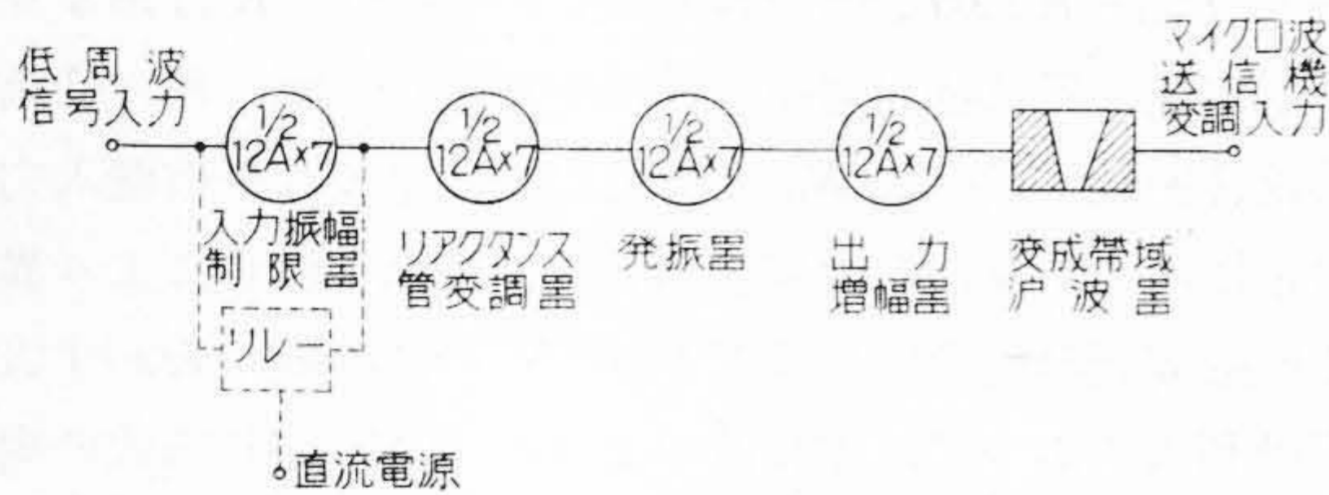
$$L_r = \left[\frac{S}{\lambda} \left(\frac{1}{r} + \frac{1}{r_s} \right) \cos \theta \right]^2 \cdot \eta_r \quad \dots\dots(7)$$

但し S は反射板の面積, r は受信点より中継点迄の距離, r_s は送信点より中継点迄の距離, θ は中継点に於ける入射角, η_r は反射板の凸凹等の実際製作上の精度に関係する能率であつて, これによつて L_r を考慮して反射板の面積, 位置等を決定しなければならない。

第9図は本装置に使用する直径 2 m のパラボラ反射鏡を有する空中線の外観である。この空中線は反射鏡に対して小型電磁ホーンで電波の吹付を行つており, 6,575 ~ 6,875 Mc の範囲に於ける電圧定在波比 1.1 以下, 利得約 40 db の実測値を得ている。



第9図 空中線の外観
Fig. 9. General View of the Antenna



第10図 副搬送波送信盤系統図
(点線は信号器の部分を示す)

Fig. 10. Schematic Diagram of the Sub-carrier Transmitter Panel.
(Dotted Line Shows the Ringer)

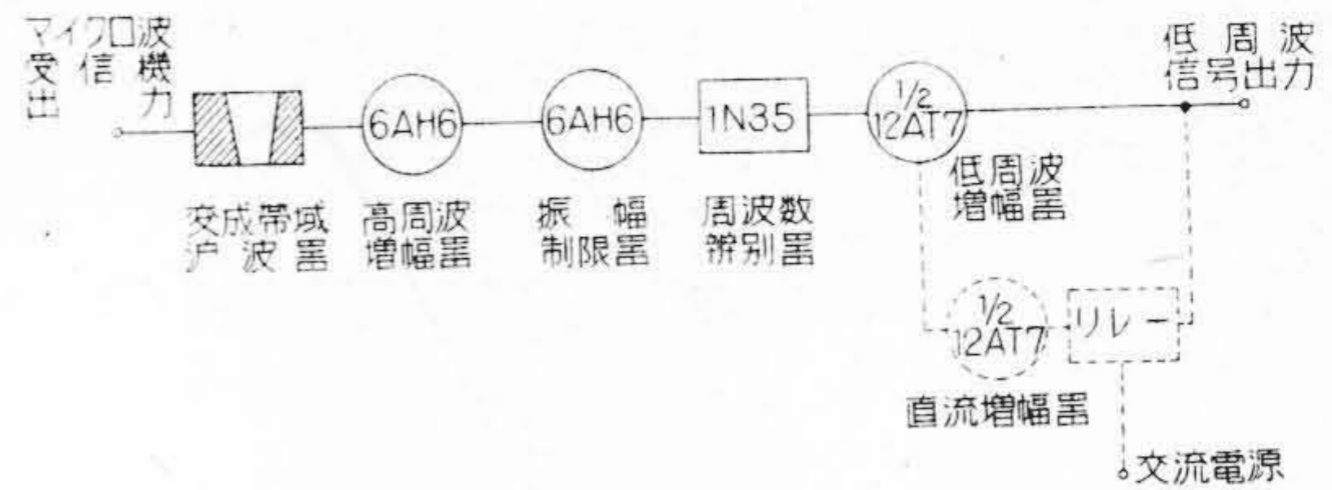
(4) 副搬送波端局

副搬送波としては 160 kc 及び 190 kc, 224 kc 及び 260 kc, 305 kc 及び 360 kc の3対を用い、これを音声信号により周波数変調する。即ち通話路数は3で、各通話路に対する送受の副搬送波周波数を異ならしめてある。なお電話回線は、手動交換機に収容し得るよう信号回路を持っている。

(A) 副搬送波送信盤

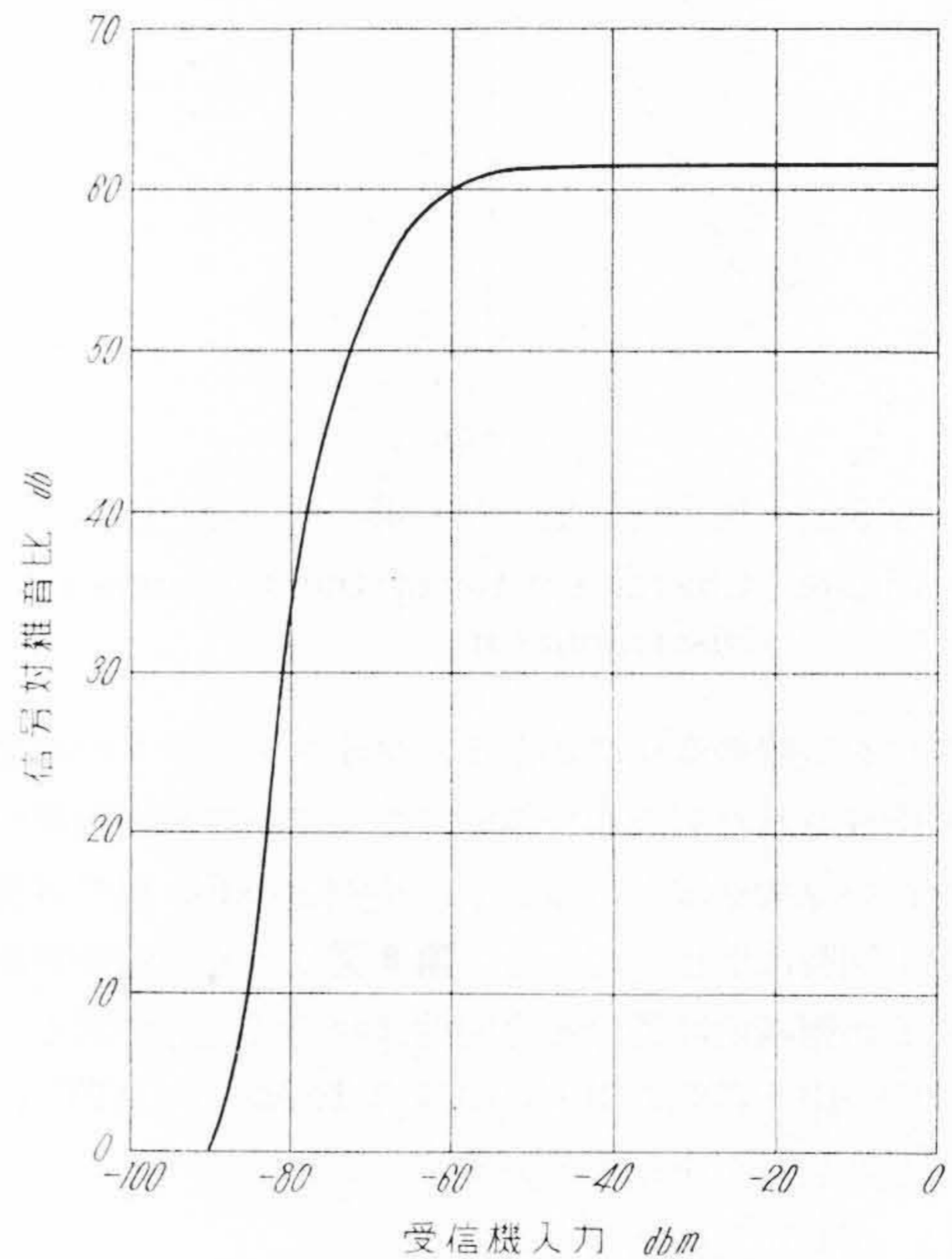
第10図に副搬送波送信盤の系統図を示す。

音声回路はリレー、三巻変成器をへて送信盤入力振幅制限器に入る。この回路は 12A×7 を1段用い、直列格子抵抗と低陽極電圧によつて音声信号の振幅制限を行うことにより、過変調を防止し、入力レベル -6 より +20 dbm 迄の変化に対し ±6 dbm 以内に相手方副搬送波受信機の音声出力レベルを保つ。信号に対しては、リレー制御によりリミッタを介せず直接リアクタンス管格子に直流電圧を与え、音声に依る場合より大なる周波数偏移を与える。音声による最大周波数偏移は 160 kc に於て約 ±5 kc, 360 kc に於て約 ±10 kc であり、マイクロ波を FM する場合の高い周波数に於ける S/N 改善度



第11図 副搬送波受信盤系統図
(点線は信号器の部分を示す)

Fig. 11. Schematic Diagram of the Sub-carrier Receiver (Dotted Line Shows the Ringer)



第12図 受信電力に対する信号対雑音比

Fig. 12. Signal to Noise Ratio by the Receiving Power

の低下をこゝで補償する意味を持っている。リアクタンス管及び発振管としてはそれぞれ 12 AX7 を用い発振回路はコルピッツ回路を若干変形したものが用いてある。変調された副搬送波は 12 AX7 で電力増幅された後濾波器を通しインピーダンス 75Ω でマイクロ波送信機へ送られる。

(B) 副搬送波受信盤

第11図に副搬送波受信盤系統図を示す。

インピーダンス 75Ω にて送られたマイクロ波受信機出力は、受信盤入力濾波器により、各通話路の副搬送波に分離される。濾波器のインピーダンス変成比は 75Ω 対 20kΩ で、この出力は 6AH6 により1段増幅せられた後、6AH6 により1段振幅制限がかけられ、ゲルマニ

ウムによる周波数弁別回路を通して復調される。送信側の信号による出力直流電圧は、リレーを動作せしめA.C. 50 \sim を線路に送り出し受信側電話機の電鈴を鳴動する。副搬送波受信盤音声出力は標準変調時に於て0より+10 dbm の間調整可能であり、各通話路間の漏話減衰量は55 db 以上である。

送受信を通じ、副搬送波端局の通話路当りの真空管数は5本である。

(5) 送受信総合動作

(A) 警報装置

送信マイクロ波出力、受信中間周波出力及び A.C. 100 V 電源入力に対して異常が生じたとき、電源盤に実装されている警報回路により可視、可聴の警報を発するようになっている。

(B) 総合特性

直径2 m のパラボラ空中線を用い饋電線長を10 m として、距離100 km の自由空間を考えた場合に相当する擬似線路を両局の送受信機間に挿入して、副搬送波端局を含めた総合信号対雑音比及び総合漏話減衰量の実測値はいずれも各通話路共50 db 以上である。又224 kc の通話路を用い、変調周波数1 kc の場合、マイクロ波受信機入力の変化による副搬送波端局をも含めた総合信号対雑音比を実測したものが第12図である。

[III] 結 言

以上本装置の概要を説明したが、実測結果にても明かなように、6,000 Mc 帯のマイクロ波を搬送波とし、特別に簡易化されたマイクロ波部と比較的周波数の高い副搬送波により周波数分割を容易にした副搬送波端局やFM-FM 変調による信号対雑音比の高度の改善等の各種の特長により、一応ローカル通信用としての使用目的に合致した装置となつてはいるが、この特長のあるマイクロウェーブ送受信機構に各種変調方式を組合わせたこの種装置が十数通話路の電話、遠隔制御、テレビジョン中継等のそれぞれ特定の使用目的に完全に合致した装置として各種用途に計画されつゝあるので、これらに就いても近く本誌上に紹介できると思う。

終りに本装置製作に当り御指導、御協力をいただいた東北大学宇田教授及びその研究室の方々、並びに日立製作所関係各位に対し深甚の謝意を表す。

参 考 文 献

- (1) 上領, 石井: 電波日本 51 7 (昭 27-7)
- (2) 長浜, 南野: 特許 28-14673
- (3) 森田: 通学誌 36 143 (昭 28-3)



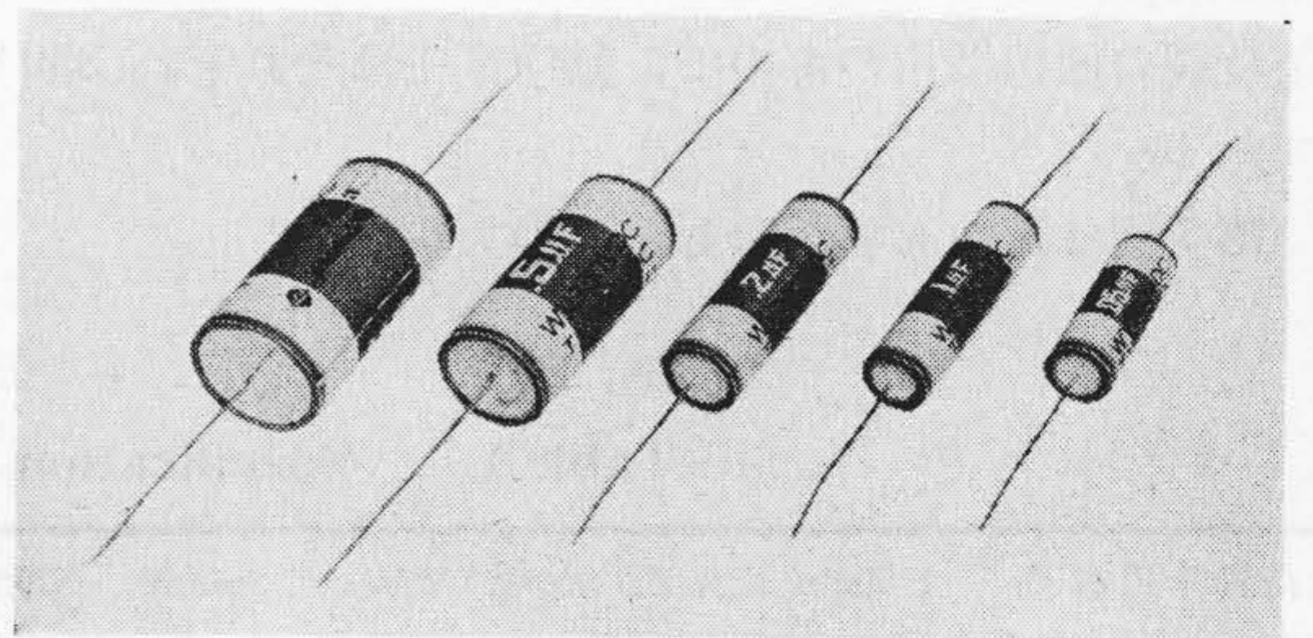
チューブラ M.P. 蓄電器

Tubular M. P. Capacitor

角型 M.P. 蓄電器は既に各種通信機に実用され、性能上優秀な実績を挙げると同時に、通信機の小型化にも十分貢献しているが、最近無線機に於ても小型化と性能向上の見地から、チューブラ M.P. 蓄電器を従来の角型或いはチューブラ紙蓄電器におき換え、M.P. 蓄電器を全面的に採用する傾向にあり、一部では電解蓄電器にも置換え使用されている。

特にテレビ受像機用、ラジオ受信機用、一般無線機用、搬送電話装置用及び蛍光灯の力率改善用等に使用して紙蓄電器に比し小型であること、自己恢復をすること、電気的性能が良いこと等その価値を十分に発揮するものである。

性能的には角型とチューブラ型を比較した場合は、蓄電器の重要性能である容量偏差、絶縁抵抗、耐電圧、

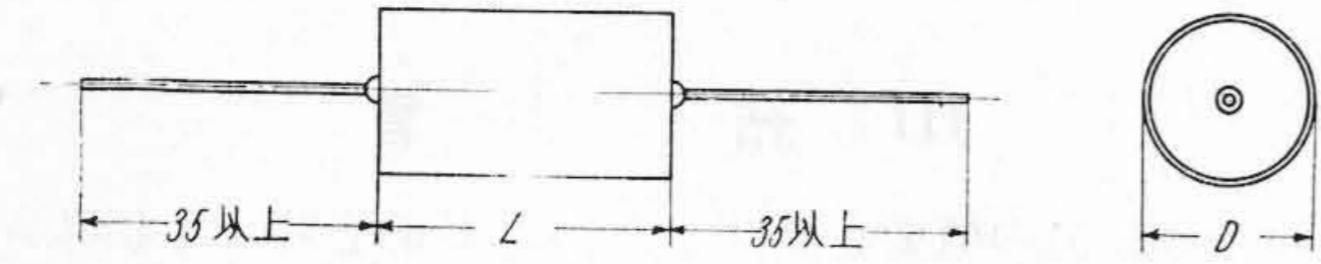


第1図 チューブラ M.P. 蓄電器
Fig. 1. Tubular M.P. Capacitors

$\tan \delta$ 等に就いては何等の遜色も認められず、又周波数特性も同等であり、チューブラ型を前記機種に採用しても十分使用することが出来る。

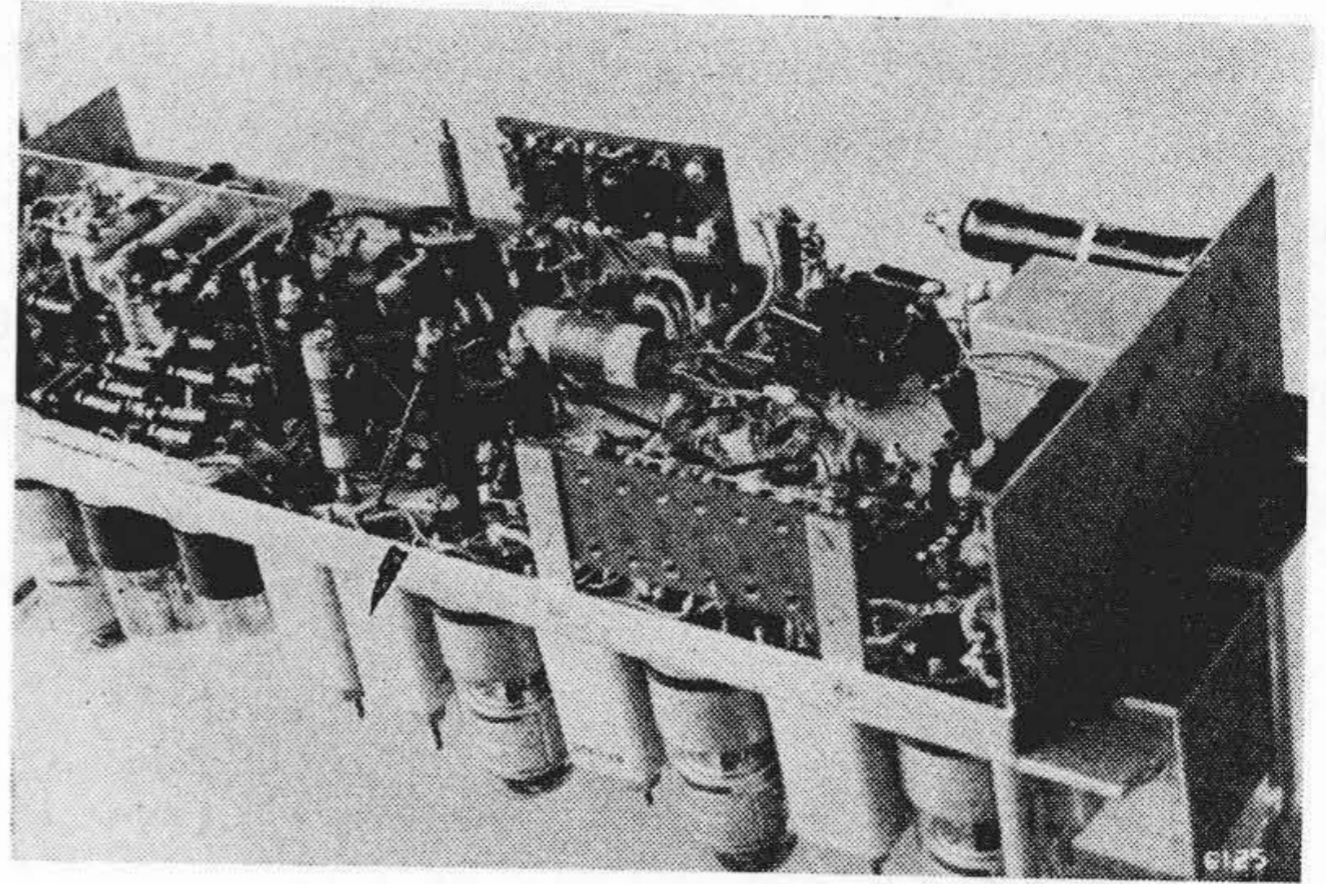
現在日立製作所で標準品として量産を行つているものゝ性能構造寸法等は下記に示す通りである。

第1図は各容量のチューブラ型 M.P. 蓄電器の外観図を示し、第2図(次頁参照)は各容量の外形寸法を示す。

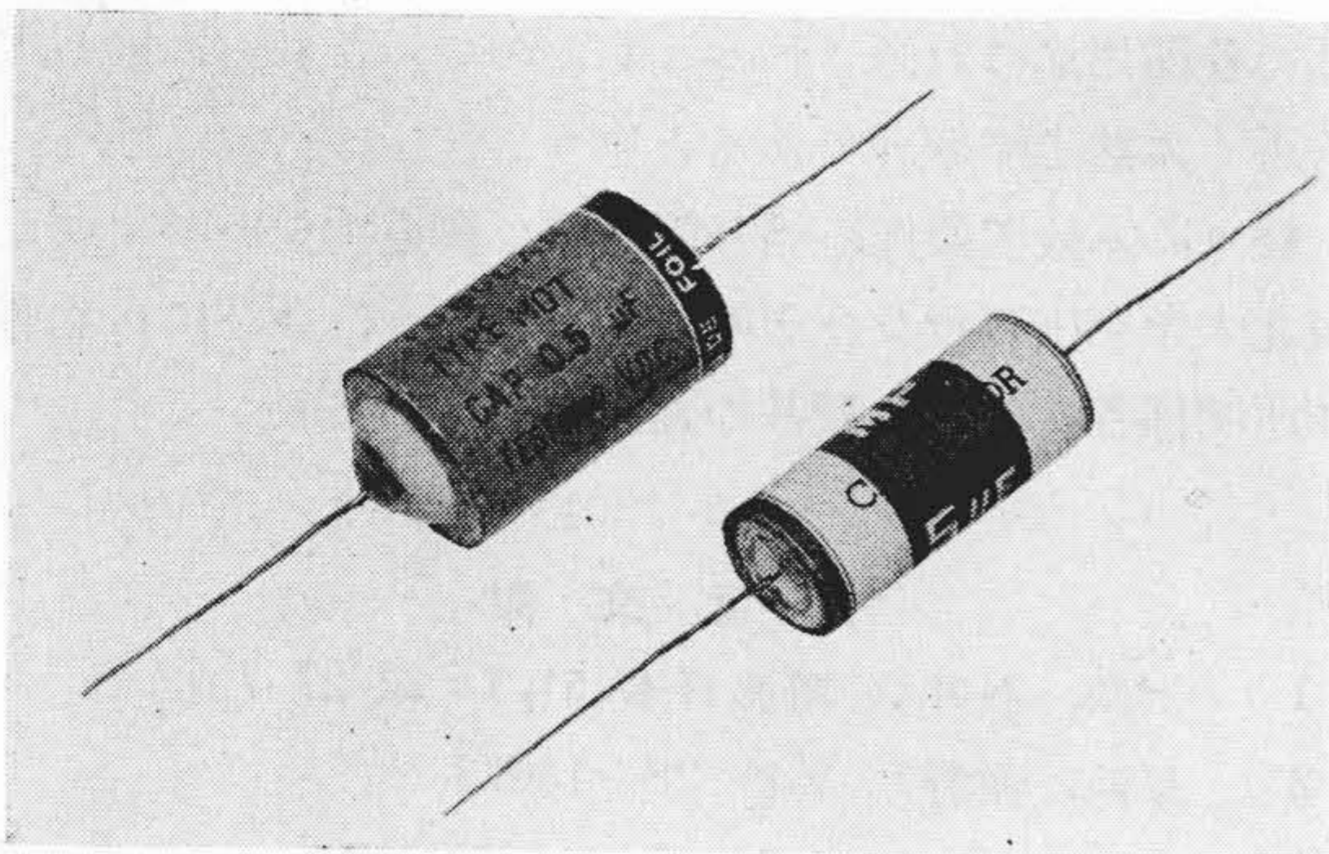


型名	寸法 (mm)		静電容量 (μF)	使用電圧 (V/D.C.)	試験電圧 (V/D.C.)
	L	D			
YP-51	38	19	1.0	350	500
YP-52	38	16	0.5	350	500
YP-53	38	11	0.2	350	500
YP-54	38	9	0.1	350	500
YP-55	28	9	0.05	350	500

第2図 チューブラ M.P. 蓄電器寸法図
Fig.2. Dimensions of Tubular M.P. Capacitor

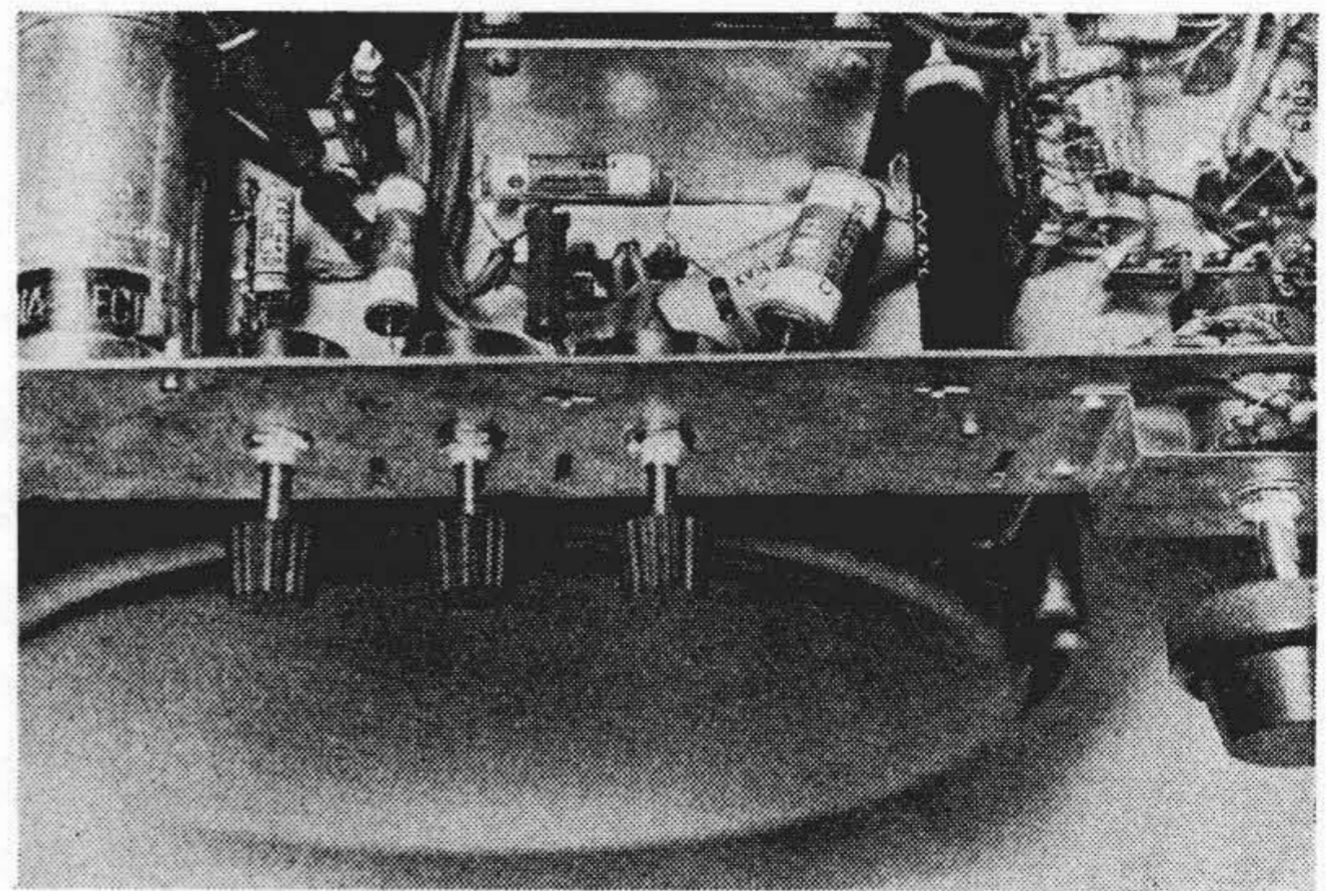


第4図 FM 無線機に取り付けた M.P. 蓄電器
Fig.4. M.P. Capacitors Adopted in F.M. Radio



第3図 紙蓄電器と M.P. 蓄電器の同一容量に対する比較

Fig.3. Comparison between Conventional (Left) and M.P. Capacitor (Right) of the Same Capacitance



第5図 テレビ受像機に実装した M.P. 蓄電器
Fig.5. M.P. Capacitors Equipped on Television Receiver

チューブラ型 M.P. 蓄電器の性能を示す共通仕様は第1表に記述してある。

紙蓄電器と M.P. 蓄電器のチューブラ型の容積及び重量を比較すると下記の通りである。比較した紙蓄電器は某社製の通信機用のもので、動作電圧はそれぞれ 350V である。

第3図は比較写真を示したものである。

容量	容積低減率	重量低減率
1.00 μF	66%	67%
0.50 μF	60%	65%
0.20 μF	58%	63%
0.10 μF	50%	63%
0.05 μF	45%	60%

現在各種無線機並びに通信機に使用されているが、その一例を示すと、FM 無線機に実装したものが、第4図で日立テレビ受像機に使用したものが第5図である。

第1表 チューブラ M.P. 蓄電器仕様
Table 1. Specification of Tubular M.P. Capacitors

静電容量偏差	1,000 \sim 交流ブリッジ法で測定して +30%, -20%以内なること	
絶縁抵抗	0.5 μ F 以上	100 V D.C. 直偏法により 1,000 M Ω 以上なること
	0.5 μ F 未満	100 V D.C. 直偏法により 2,000 M Ω 以上。但し 0.1 μ 未満は 3,000 M Ω 以上
耐電圧	500 V D.C. を 3 min 印加, 異常なきこと。但しその間放電あるも恢復して前記規格を満足すること	
損失角	1,000 \sim 交流ブリッジ法で測定して $\tan\delta < 0.015$ なること	
耐熱試験	45 $^{\circ}$ C の恒温槽中で 2 hr 加熱し常温に 2 hr 以上放置後, 次の規格を満足すること	
	容量偏差が試験前の値の $\pm 5\%$ 以内, その他は前記規格通りなること	
耐湿試験	40 $^{\circ}$ C 相対湿度 90% 中に 6 hr 放置, 更に常温 50 \pm 10% 湿度中に 2 hr 放置後次の規格を満足	
	0.1 μ F 以上は 700 M Ω , 0.1 μ F 未満が 1,000 M Ω 以上の絶縁抵抗を有し, 容量偏差が試験前の $\pm 5\%$ 以内	