

# マイクロ波可搬型テレビジョン中継装置

## Portable Type Micro-Wave Television Relaying Equipment

関口存哉\* 安藤文雄\*  
宇佐美 襄\* 後藤公雄\*

### 内 容 梗 概

マイクロ波によるテレビジョン中継装置の試作を行った。本装置は主としてテレビジョンのスタジオと放送局との間をつなぐことを目的とするもので、送受信機および空中線とも小型軽量とし可搬にしている。また映像信号とともに放送用音声も送りうるようになっている。周波数は6,570 Mcより7,125 Mcまでの間使用することができる。受信機はヘテロダイン方式で追従式の自動周波制御を行っている。また送受空中線は直径1.2 mのパラボラ型空中線を用いている。

総合試験の結果は信号対雑音比は55 db以上、ハムレベルは-57 db以下で伝送特性も良好であり、また十分な安定度を有することが確かめられた。

### 〔I〕 緒 言

最近テレビジョンの発達と普及は目ざましいものがあり全国にテレビジョンの放送網が広がりつつあるが、一般産業においても工業用テレビジョンが各所で用いられ始めている。このような趨勢に伴ってテレビジョンを遠隔地に送るための伝送技術が重要となつてきている。国内の離れた都市の間をつなぐことは勿論スタジオでピックアップしたテレビジョンの像を放送局に送る必要もある。水力発電所ではダムの取入口の状況をテレビジョンカメラで写し、これを数km離れた発電所に送つて監視することが行われる。いずれの場合においても信号の波形歪が少くかつ安定に伝送されることが必要である。

テレビジョンの信号は周知のように数10c/sより数Mcまでの広い範囲にわたる周波数成分を有しているので、これを伝送するには使用機器、線路などが広帯域であることと誘導などによる妨害の少ないものでなければならない。したがってその伝送方法としては有線の場合には同軸ケーブルまたはビデオ対ケーブルが用いられ、無線の場合には主としてマイクロ波が用いられる。有線と無線のいずれが有利であるかは地勢その他の条件より適宜判断して決めらるべきであろう。

日立製作所中央研究所ではマイクロ波回路の基礎研究を行つているが、以上に述べた状況に応じマイクロ波による可搬型のテレビジョン中継装置の試作を進め最近完成した。本装置は主としてテレビジョンの放送においてスタジオと放送局の間をつなぐことを目的とするもので、移動に便利なように可搬型としている。このような目的にはマイクロ波による伝送が最も適している。

可搬型とするためには空中線および回路が小型軽量であること、電源電力が少なくて済むことが必要であり、数人の人員で運搬しえて機動性に富むことが望ましいが、本装置は周波数を比較的高い7,000 Mc帯に選んである

\* 日立製作所中央研究所

のでこれらの条件を満足している。すなわち空中線は直径1.2 mのパラボラ空中線で約36 dbの利得をうるることができるので送信管としては小電力のクライストロンを用い100 mWの出力で良好な伝送を行うことができる。また回路電源なども小型となりトランクケースを空中線に附属した円筒状のケースに収められ運搬が容易になつている。

また本装置はテレビジョンの信号とともに放送用の音声も送ることができるようになっている。その方法としては音声により副搬送波を変調して映像信号に加えて送り、受信側で濾波器により音声副搬送波を取り出している。音声回線のために別の電波を用いる必要はない。

### 〔II〕 装置の仕様と性能

試作装置の仕様と性能はつぎの通りである。

#### (1) 性 能

- (i) 主搬送波周波数..... 6,570~7,125 Mc
- (ii) 音声副搬送波周波数..... 5 Mc
- (iii) 通信方式 映像信号..... FM  
音声信号..... FM-FM
- (iv) 送信出力..... 80 mW 以上
- (v) 空中線利得..... 35~37 db
- (vi) 主搬送波最大周波数偏移.....  $\pm 5$  Mc
- (vii) 受信中間周波数および帯域幅.. 70 Mc  $\pm$  9 Mc
- (viii) 映像信号入出力インピーダンス..... 75  $\Omega$
- (ix) 映像信号入出力電圧 2V (尖頭値対尖頭値)
- (x) 総合映像周波数特性..... 20 c/s~5 Mc  
偏差1db以内
- (xi) 高周波過渡特性 幅1  $\mu$ s, 繰返し5 kc, 立上り0.05  $\mu$ sの入力パルスに対し出力の立上り時間0.1  $\mu$ s以内。オーバーシュート10%以内
- (xii) 低周波過渡特性 60 c/sの矩形波入力に対し

出力の decay 6% 以内

- (xiii) 出力ハムレベル.....-57 db 以下
- (xiv) 映像信号対雑音比 標準入力 -39 dbm において 55 db (D.A.P./R.M.S.) 以上
- (xv) 音声副搬送波最大周波数偏移..... ±30 kc
- (xvi) 送信音声端局入力インピーダンス.... 600 Ω
- (xvii) 送信音声端局入力..... -6 dbm~10 dbm
- (xviii) 送信音声端局出力 最大 0.5 V (尖頭値対尖頭値) 75 Ω
- (xix) 受信音声端局出力インピーダンス.... 600 Ω
- (xx) 受信音声端局出力.....最大 +18 dbm
- (xxi) 総合音声周波数特性.....30 c/s~12.5 kc  
偏差 3 db 以内
- (xxii) 総合音声端局歪率..... -40 db 以下
- (xxiii) 総合音声信号対雑音比 標準入力 -39 dbm において 58 db 以上
- (xxiv) AFC 特性 応動範囲 hold in 40 Mc, pull in 30 Mc, ループ利得 20 以上
- (xxv) 電源電圧の変動に対する特性  
周波数変動 電源電圧 100V ±10V の変化に対し送信周波数の変動 3 Mc, 受信局発振周波数の変動 1 Mc  
出力変動 電源電圧 100V ±10V の変化に対し送信出力の変動約 4 mW  
映像信号出力の変動 送信部, 受信部の電源電圧がおのおのの独立に 100 V ±

3V 変化したときの信号出力変動の最大値 +0.6 db, -0.5 db

(2) 構造

(i) 外形寸法

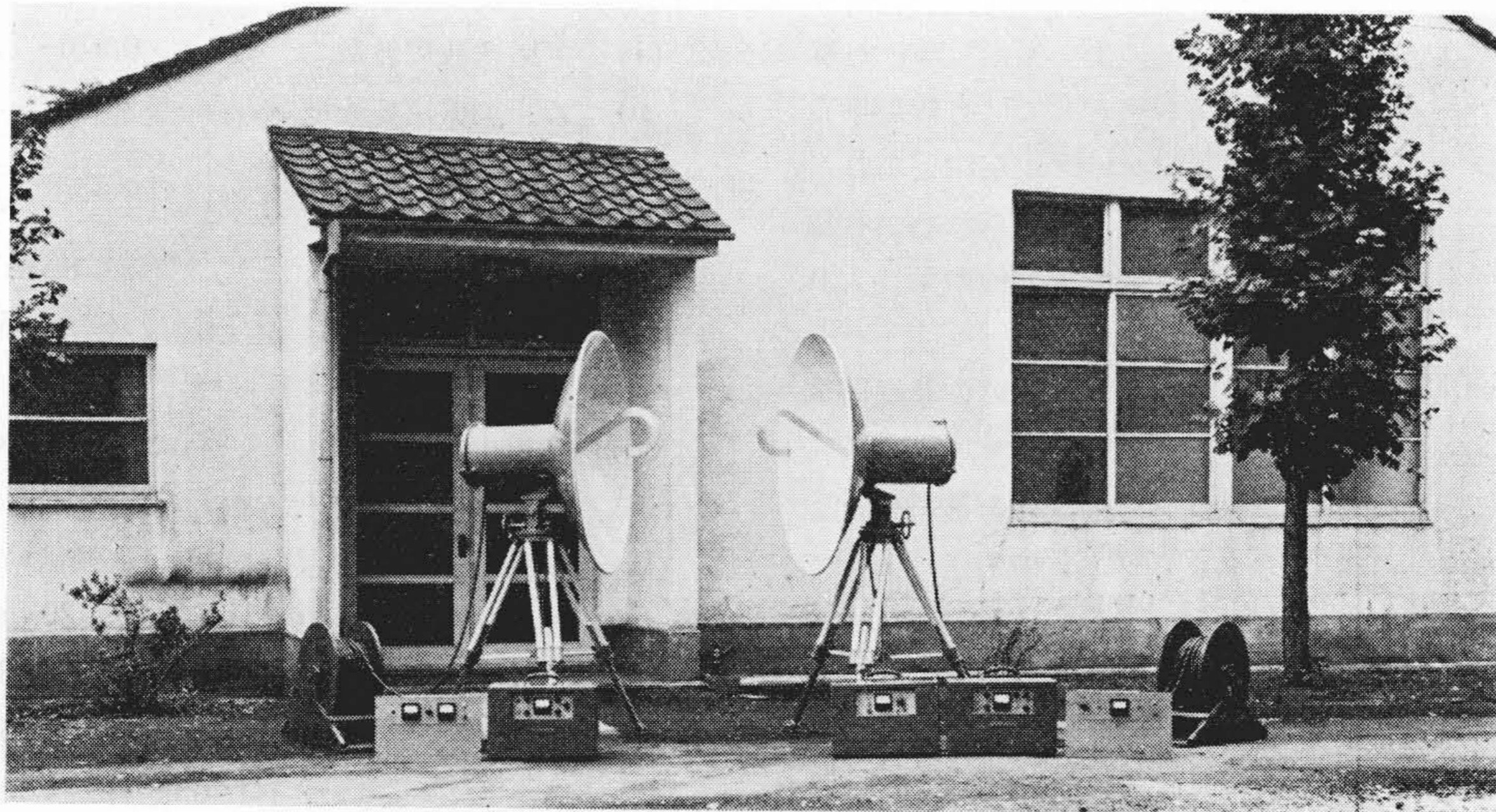
- 空中線直径 .....1.2 m
- 地上より空中線中心までの高さ  
最大 1.6 m
- 送受高周波部円筒ケース  
長さ..... 445 mm  
直径..... 300 mm
- 送受制御部および受信電源部  
幅..... 502 mm  
奥行..... 235 mm  
高さ..... 357 mm
- 送受音声端局  
幅..... 485 mm  
奥行..... 275 mm  
高さ..... 312 mm

(ii) 重量

- 送信高周波部..... 60.7 kg
- 受信高周波部..... 57.2 kg
- 送信制御部..... 18.3 kg
- 受信制御部..... 16.6 kg
- 受信電源部..... 27.7 kg
- 送信音声端局..... 12.7 kg
- 受信音声端局..... 15.9 kg

(iii) 所要電源

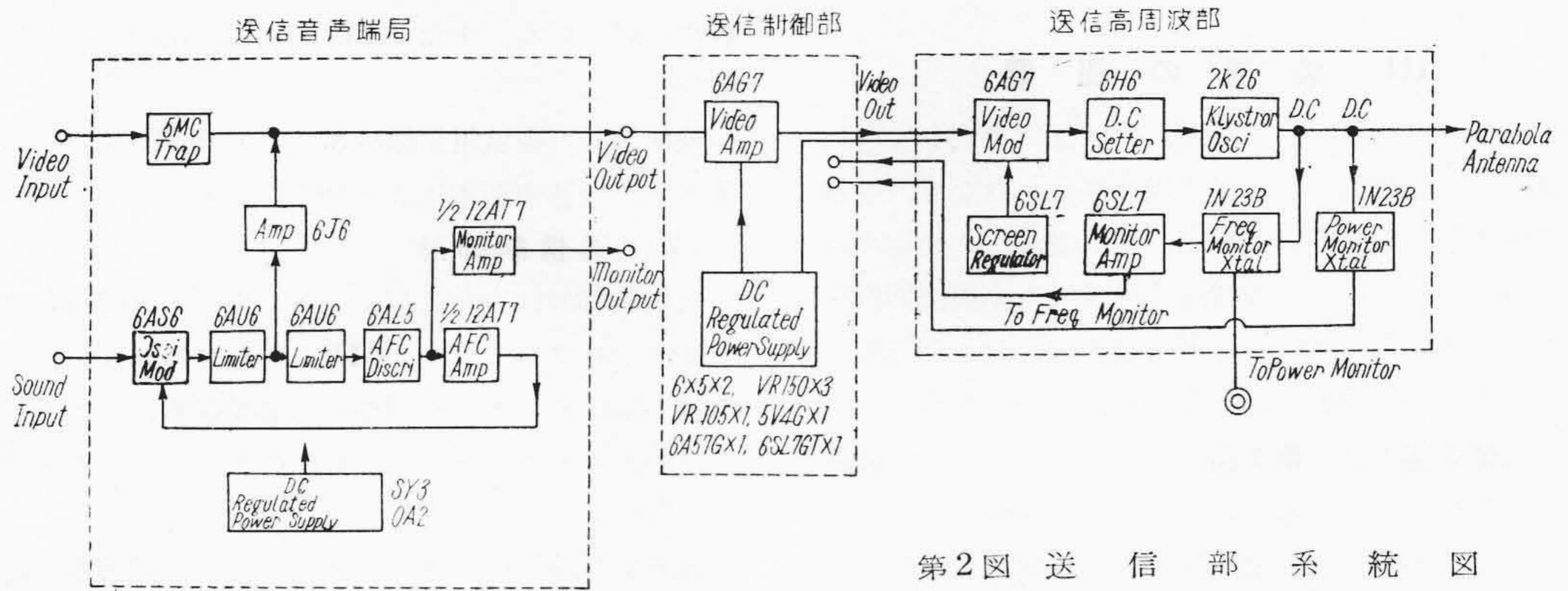
- 入力電圧 100 V 周波数 50 c/s
- 電力 送信側..... 210 VA
- 受信側..... 450 VA



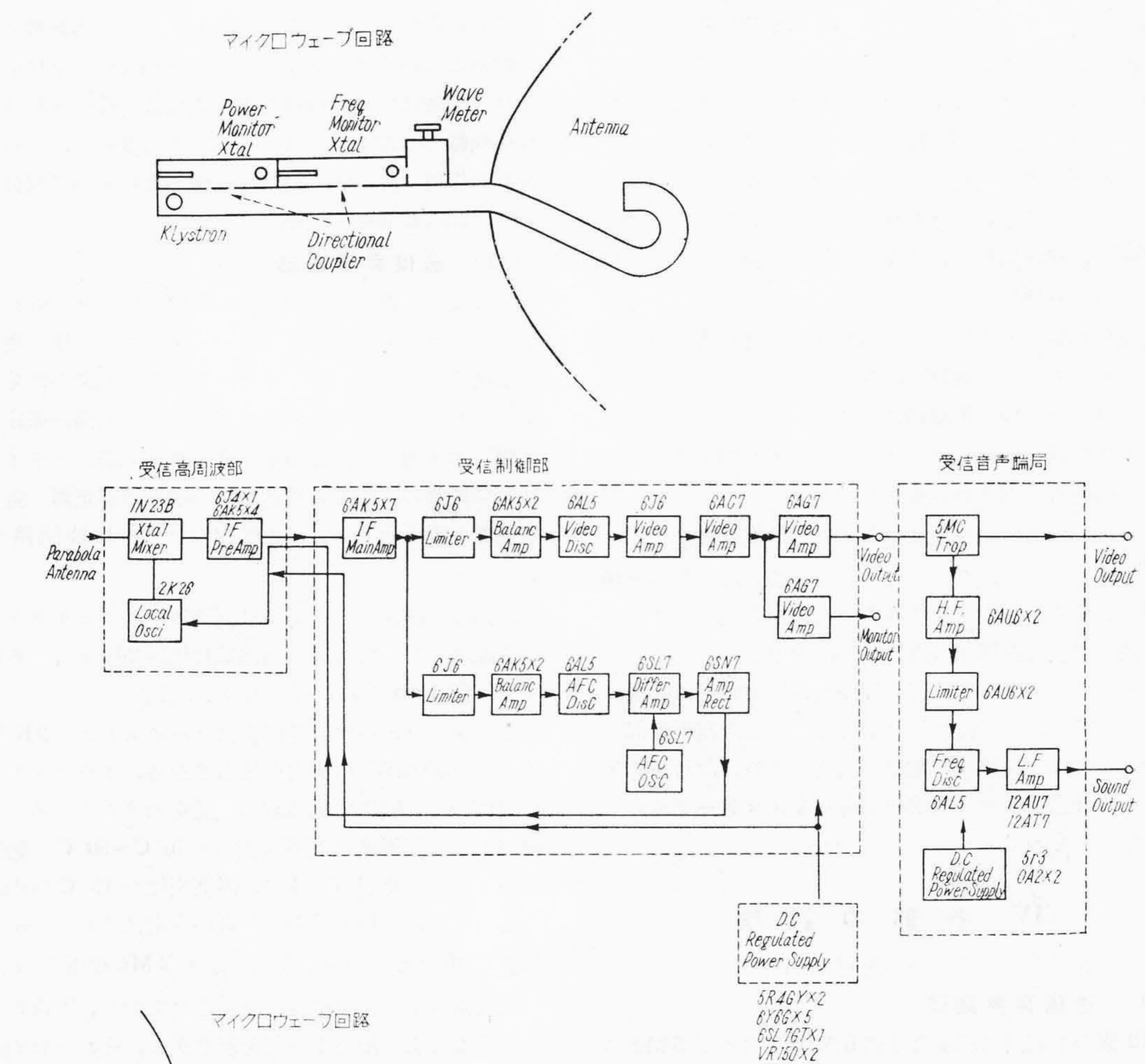
第1図 試作テレビジョン中継装置外観

(向つて左) 送信音声端局, 送信制御部, 送信高周波部  
(向つて右) 受信電源部, 受信制御部, 受信音声端局, 受信高周波部

Fig.1. General View of Television Relaying Equipment,  
Manufactured on Trial



第2図 送信部系統図  
Fig. 2. Diagram of Transmitting System



第3図 受信部系統図  
Fig. 3. Diagram of Receiving System

### 〔III〕装置の概要

第1図の写真に見られる通り、送信部は大別して送信音声端局、送信制御部、送信高周波部とよりなり、受信部は受信音声端局、受信制御部、受信電源部、受信高周波部よりなっている。高周波部は送受とも高周波回路を収めた円筒状のケースとパラボラ空中線、および三脚とよりなっており、それぞれに分解することができる。

始めに第2図および第3図の系統図にしたがって装置全体の簡単な説明をする。送信側の音声端局では入力音声信号により5Mcの副搬送波を周波数変調し映像信号に加える。この信号は送信制御部を通って送信高周波部に送られ、ここでマイクロ波の送信管2K26を周波数変調する。マイクロ波の出力はパラボラ空中線により受信方向に向けて送出される。受信部においては受信パラボラ空中線で受けたマイクロ波を高周波部の周波数変換器により中心周波数70Mcの中間周波に変換する。これを前置増幅器で増幅した後多芯ケーブルで受信制御部に送り、ここでさらに増幅検波する。これを受信音声端局に送り、映像信号と音声副搬送波に分離し、音声の復調を行って音声信号をうる。

周波数制御の方法としては送信側では送信管を恒温槽内に入れて周波数の変動を防ぎ、受信側では局発用クライストロンを同様に恒温槽に入れているほか、中間周波数の変化を検知して局発のリペラー電圧を制御することにより追従式の周波数制御を行っている。

また送受信機とも高周波部と制御部の間は多芯ケーブルで接続しており、このケーブルは必要に応じ数10mの長さとするのが可能であるから、たとえば高周波部を見通しの利く鉄塔上に置き制御部を地上におくこともできる。この場合高周波部の周波数、出力などの監視制御はすべて制御部で行うことができる。また高周波部と制御部の間には連絡用の電話を備えてある。なお多芯ケーブルは日立製作所日立電線工場でカメラケーブルとして試作したものである。

### 〔IV〕各部の説明

つぎに装置の各部について説明する。

#### (1) 送信音声端局

第2図の系統図に示すように6AS6によつて5Mcの副搬送波を発振し、これを音声入力により±30kcの周波数変調を行っている。変調された副搬送波は振幅制限器および増幅器一段を通り映像信号に加えられる。またその一部はAFC用弁別器により検波し、AFC増幅器を通して発振管に帰還し周波数制御を行っている。AFC回路のループ利得は20以上で周波数変動は1kc以内に

収められている。またAFC弁別器の出力により出力を監視しうる。

映像信号は帯域阻止濾波器により5Mc附近の成分を除去した後音声副搬送波と加えられる。

#### (2) 送信制御部

送信制御部は音声端局より入る信号を6AG7をカソードフォロワーとして50Ωのケーブルにより高周波部に送っている。また高周波部に必要な整流電源を自蔵するほか、マイクロ波の周波数出力および変調度を監視制御しうるようになっている。

後述する通り送信高周波部には出力と周波数の監視のための検波回路があり、その検波出力が制御部に導いてある。制御部では映像信号のかわりに電源の波形を切替えて入れられるようになっており、これで周波数の監視を行うことができる。すなわち検波出力をブラウン管オシロの縦軸に加え、横軸を電源周波数で掃引すれば周波数を横軸としたクライストロンの出力波形と、これに波長計の作用による凹みが出た像が現れるので周波数の調整、周波数偏移の調整を容易に行う。

#### (3) 送信高周波部

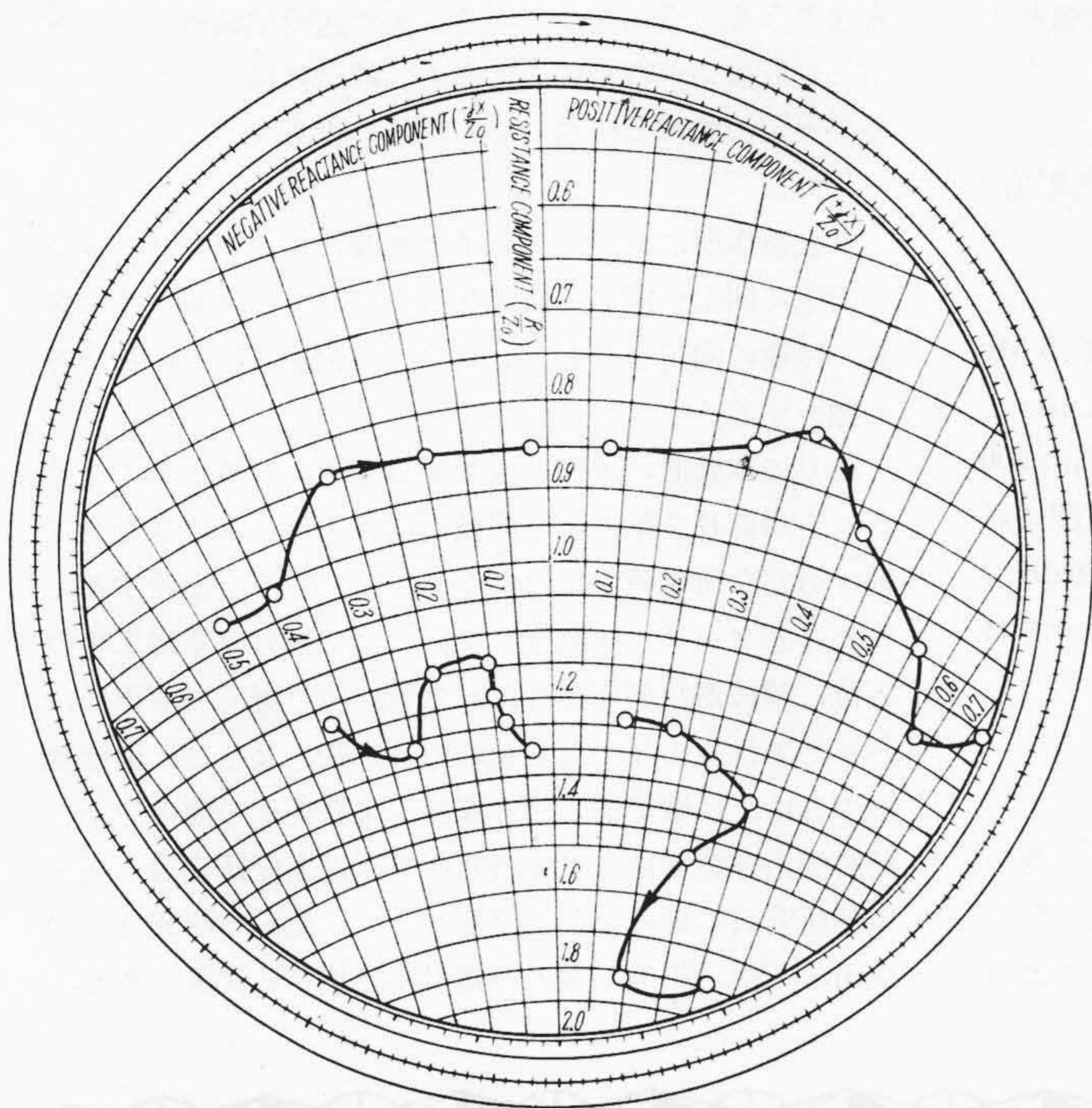
高周波の回路は空中線背部の円筒状ケースに収められており、ケースの内部はゴムパッキングを二重に用いた耐湿構造となつている。また必要に応じ回路の部分を円筒より取出して点検することができる。回路の系統は第2図に示す通りで、変調器、直流再生回路、クライストロン発振器のほか変調器遮蔽格子電圧の安定器、監視用増幅器と周波数および出力監視のための検波回路がある。

制御部の映像信号入力より高周波部のクライストロンの変調部までの増幅度の周波数特性は20c/sより8.7Mcまでの間1dbの偏差内に入っている。

マイクロウェーブの発振管はクライストロン2K26を用い約100mWの出力を出しており、クライストロン恒温槽の中に収めて周波数の変動をおさえている。恒温槽内温度は恒温槽の周囲温度の-10°C~50°Cの範囲において立上り時間が約4分、温度変化が15°C以内に収っており、電源投入後の周波数の安定はきわめて早く起動より15分後の周波数変動は最大2Mc程度である。

発振器の出力は空中線に直結されており、2箇の方向性結合器により出力の一部を取り出し、それぞれ周波数および出力監視用の鉍石検波器回路に加えている。周波数監視の回路は第2図のように検波器により $1/4\lambda g$  ( $\lambda g$ は導波管の管内波長)だけ離れた後部に高Qの空洞波長計を疎結合せしめた反作用型を用いている。

マイクロ波回路はすべて広帯域としかつ固定化してあるので保守上便利になつている。



第4図 受信周波数変換器の整合度の周波数特性 (スミス図表)  
 (注) 鉱石検波器4箇所について周波数 6,500 Mc より 7,100 Mc までの間  
 100 Mc おきに測定したもの。(図中の矢印は周波数の高い方向を示す。)

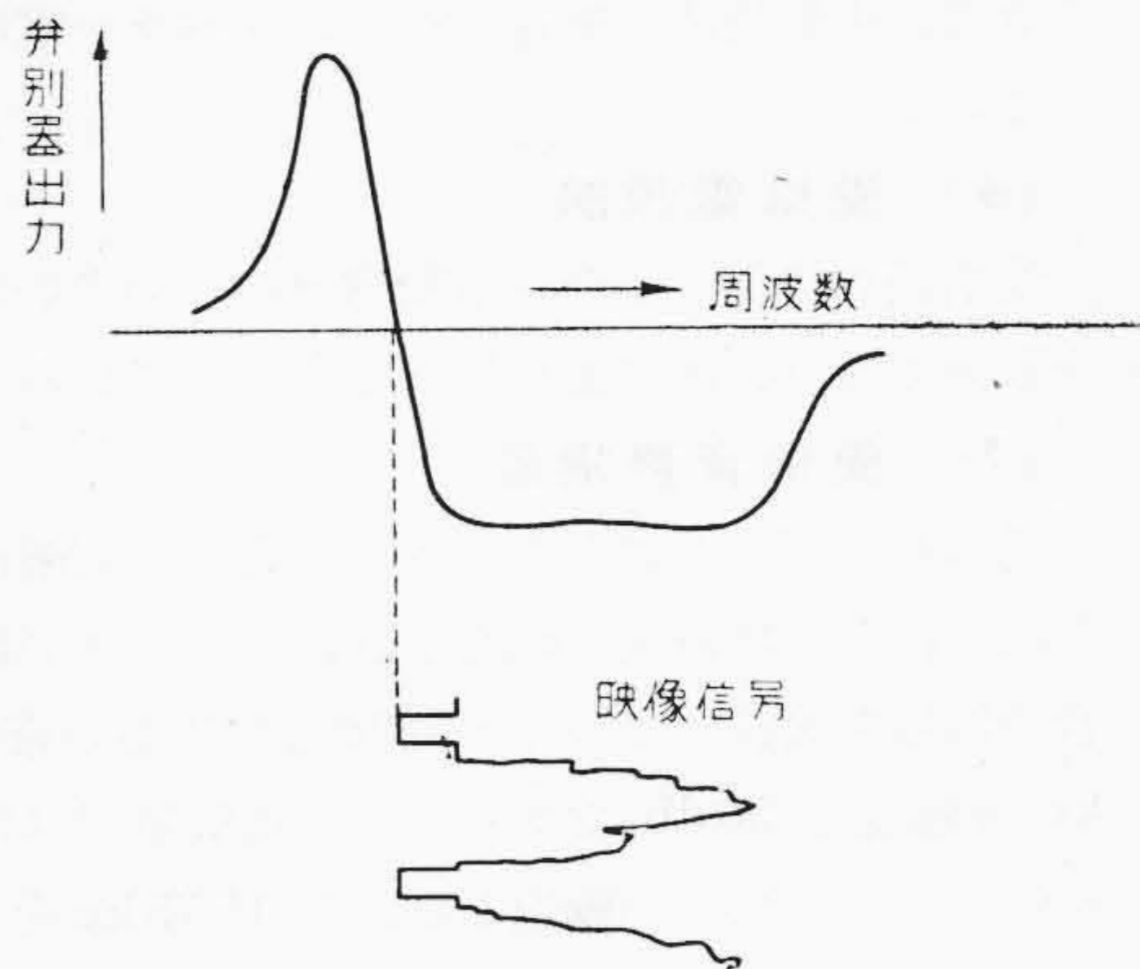
Fig.4. Frequency Characteristics of the Frequency Changer for Receiving, Representing the Degree of Its Adjustment (Smith's Diagram)

空中線は既述の通り直径 1.2m のパラボラ型でアルミ板を使用しており軽量であるが、外周を補強してあるので十分な強度を有している。利得は 6,500~7,100 Mc の間で 35~37 db, 一次輻射器の整合度は電圧定在波比が 1.3 以内となっている。また空中線は三脚台の上で上下左右に回転しうるようになっており方向合せは簡単に行いうる。

(4) 受信高周波部

受信高周波部の空中線, 三脚, 円筒ケースなどは送信側と同一のものを用いている。第3図に示す通り空中線より入った受信波は局部発振管 2K26 の出力とともに鉱石検波器 1N23B の周波数変換器に加えられ, 中心周波数 70 Mc の中間周波に変換される。周波数変換器は送信高周波部の出力監視用検波回路に用いたものと同じで, その整合度の周波数特性は第4図に示す通り広帯域である。すなわち約 600 Mc の周波数範囲で電圧定在波比が鉱石検波器の特性のバラツキを考慮に入れても 2 以内に入っている。

前置増幅器は格子接地の 6J4 を1段 6AK5 の二重同調結合回路4段を用いて利得 33 db, 帯域幅 24 Mc となっている。その出力は多芯ケーブル内の 50Ω 同軸ケ



第5図 AFC 用弁別器の周波数特性  
 Fig.5. Frequency Characteristics of Distinguisher for AFC

ーブルにより受信制御部に送られる。

局部発振管 2K26 は送信管と同様に恒温槽内に入れて周波数の安定をはかっている。恒温槽周囲温度の変化が -10°C~50°C の範囲で槽内温度の立上りは約 7 分温度変化の幅は 7°C 以内である。したがって温度変化による周波変動はきわめて少い。

(5) 受信制御部

主中間周波増幅器は 6AK5 の二重同調結合回路7段を用い利得約 64 db, 帯域幅約 20 Mc である。その出力は復調回路と AFC 回

路とにわかれる。両回路とも振幅制限器, 平衡増幅器, 周波数弁別器よりなる。復調回路の周波数弁別器の周波数特性は微分特性が 70 Mc ± 5 Mc の範囲で ±5% の偏差内にある。また弁別器の後に続く映像信号増幅映器の増幅度の周波数特性は 20 c/s より 8 Mc までの偏差が 1 db 以内に入っている。なお増幅器の出力は二つ出ており, 一方は監視用である。

AFC 用の周波数弁別器の周波数特性は第5図のようになっている。映像信号の変化には応動せず同期信号の尖端の周波数の変化により正または負の直流電圧を生じ, この電圧により AFC 差動増幅器を制御している。AFC の増幅回路は 100 kc の発振器の出力を差動増幅器で増幅し, さらに次段で増幅, 整流して局発管のリペラー電圧に用いている。前に述べた通り送受クライストロンは恒温槽により温度の変化を少なくしており, 電源電圧の変動を考慮に入れても中間周波数の変化は最悪の場合数 Mc であるが, 受信 AFC によりこれをさらに数百 kc 以内におさえている。

受信制御部は以上のほかに制御監視を行うことができる。すなわち局発管のリペラー電圧, 空洞電圧の調整, 中間周波および映像増幅器の利得調整と, 周波数変換器

の直流，中間周波の搬送レベル，リペラー電圧を監視することができる。

#### (6) 受信電源部

受信高周波部および受信制御部のいつさいの整流電源を収めており，出力電圧は安定化されている。

#### (7) 受信音声端局

受信制御部で復調した信号より音声の副搬送波 5 Mc を取り出し，増幅後振幅制限器，周波数弁別器にかけて音声信号を復調している。5 Mc の増幅器の帯域幅は 200 kc 増幅度は 50 db である。音声増幅器では低域濾波器を設け，同期信号の繰返し周波数 15.75 kc を -60 db 以下におさえている。また音声端局は必要な整流電源を自蔵している。

### [V] 結 言

以上簡単であるが試作テレビジョン中継装置の概要を説明した。本装置は主としてスタジオと放送局の間の連絡に用いることを目的としており，映像とともに音声

も送りうるようになっている。また送受信装置とも可搬型とし取扱いが容易にしてある。総合試験の結果はきわめて安定に動作し伝送による信号の歪も少いことが確かめられた。

日立製作所においてはマイクロ波によるテレビジョンの伝送に関し引続いて研究を行っており，今後さらに装置の性能の向上を期しているのので，関係各位の御指導をお願いする。

終りに本装置の試作に当って日本テレビ放送網の千葉氏，吉川部長を始めとし同技術局の方々の御好意を受け種々有益な御示唆をいただいたことを厚く感謝する。また多芯ケーブルを試作していただいた日立電線工場の各位，濾波器を製作された日立製作所戸塚工場菅田氏，色々と御世話になった本社の田口部長，ならびに通信機部の各位，戸塚工場の三木課長，東課長その他の方々，始終御指導を受けた中央研究所の浜田主任研究員，高田主任研究員に御礼申し上げるとともに協同で研究された成田，芳根，相田，本田の諸君に感謝する次第である。



### 日立製作所社員社外講演一覧 (昭和31年1月受付分)

(その2)

(第88頁から続く)

講演月日	主 催	演 題	所 属	講 演 者
4/中旬	日本金属学会	高炭素高Cr鋼のサブゼロ処理と2段焼入れについて	日立研究所	根本 正
4/中旬	日本金属学会	高張力鋼の熔接性 (第2報) 母材の圧延方向と機械的性質および繊維組織が熱影響部におよぼす影響	日立研究所	小野 健二 根本 正雄 八重樫 敏
2/中旬	厚生省 物理学会 応用物理学会 電子顕微鏡学会	X線高電圧撮影法	亀戸工場	草谷 晴之
4/4~6	電子顕微鏡学会	電子顕微鏡を利用したX線陰影顕微鏡について	中央研究所	菰田 孜望 森戸
1/24	中部産業連盟 中部品質管理協会	日立製作所のQCについて	桑名工場	渡辺 弘
2/21	質量分析研究会	日立RM-A型質量分析計の諸特性について	中央研究所	津山 斉
未定	日本タングステンモリブデン製品工業振興会	タングステン中鉄およびモリブデン分析方法	中央研究所	北川 公人 相本 吉
2/14~15	日本事務能率協会	帳票の統制および管理事務の合理化実例	亀戸工場	太田 文平
1/27	仙台鉱山保安監督局	石油礮山用圧縮機について	本 社	岡崎 真秀
4/4~7	応用物理学会	噴射型真空ポンプにおける蒸気噴射速度について	中央研究所	近藤 弥太郎
2/14~17	全日本産業安全連合会	工場における災害防止の実際	亀戸工場	寺下 信
4/2~7	応用物理学会	Tiのガス吸着について	茂原工場	岩柳 秀夫
4/2~7	応用物理学会	静荷重による振動板性能の解析法	戸塚工場	西口 薫
2/18	真空技術研究所	シリコンオイルおよびシリコングリースのガス収着について	中央研究所	米田 登
2/4	岡山工業技術協会	電子顕微鏡のための凍結乾燥法	中央研究所	土倉 秀次
2/15~16	日本能率協会	設備計画におけるMAPI方式応用例解説	本 社	村川 武雄
1/25~27	日本ボイラー協会	1. 汽 罐 構 造 技 2. 投 炭 実	笠戸工場	山本 一男