

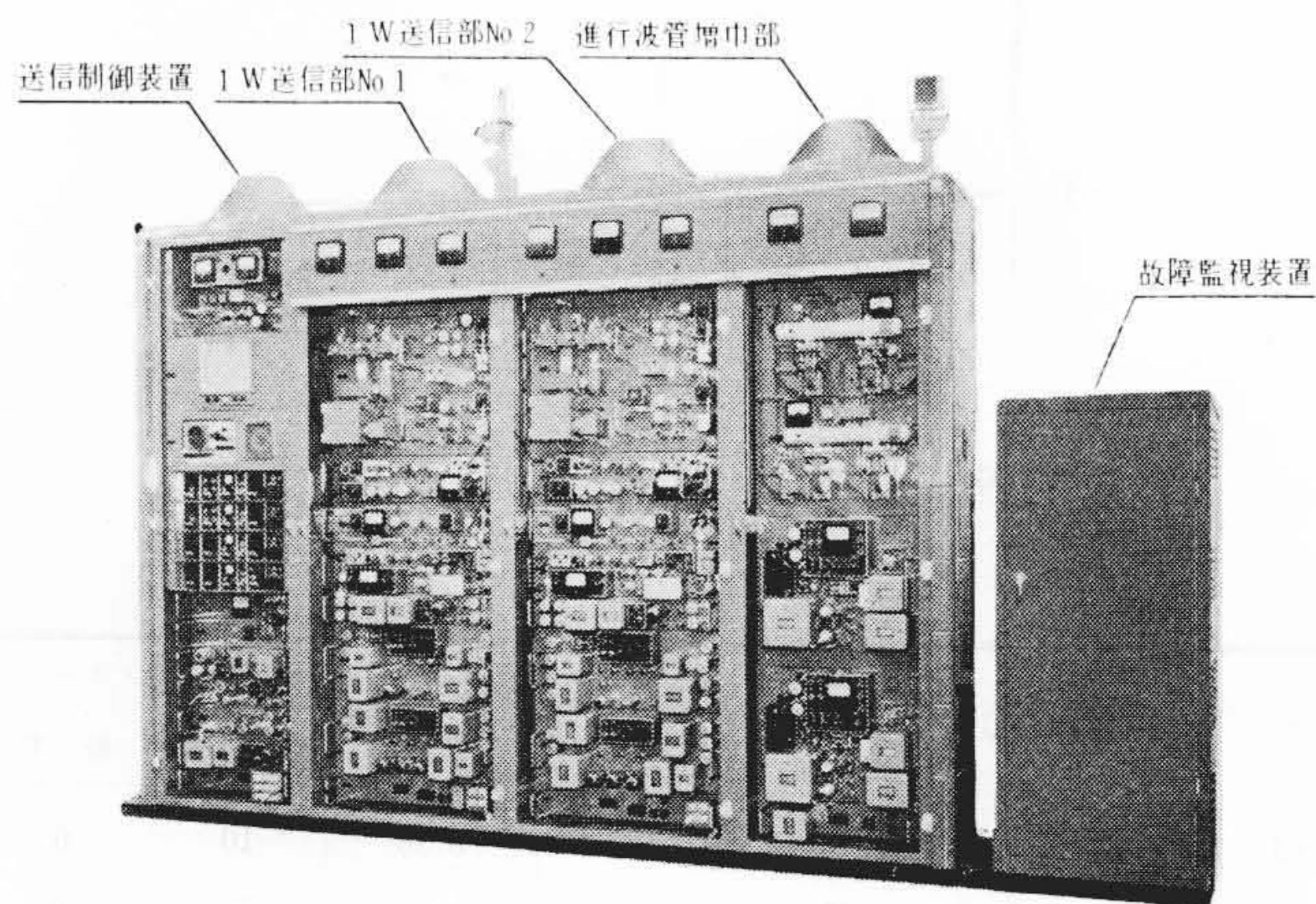
高出力テレビジョン中継装置

High Power Television Microwave Relay Equipment

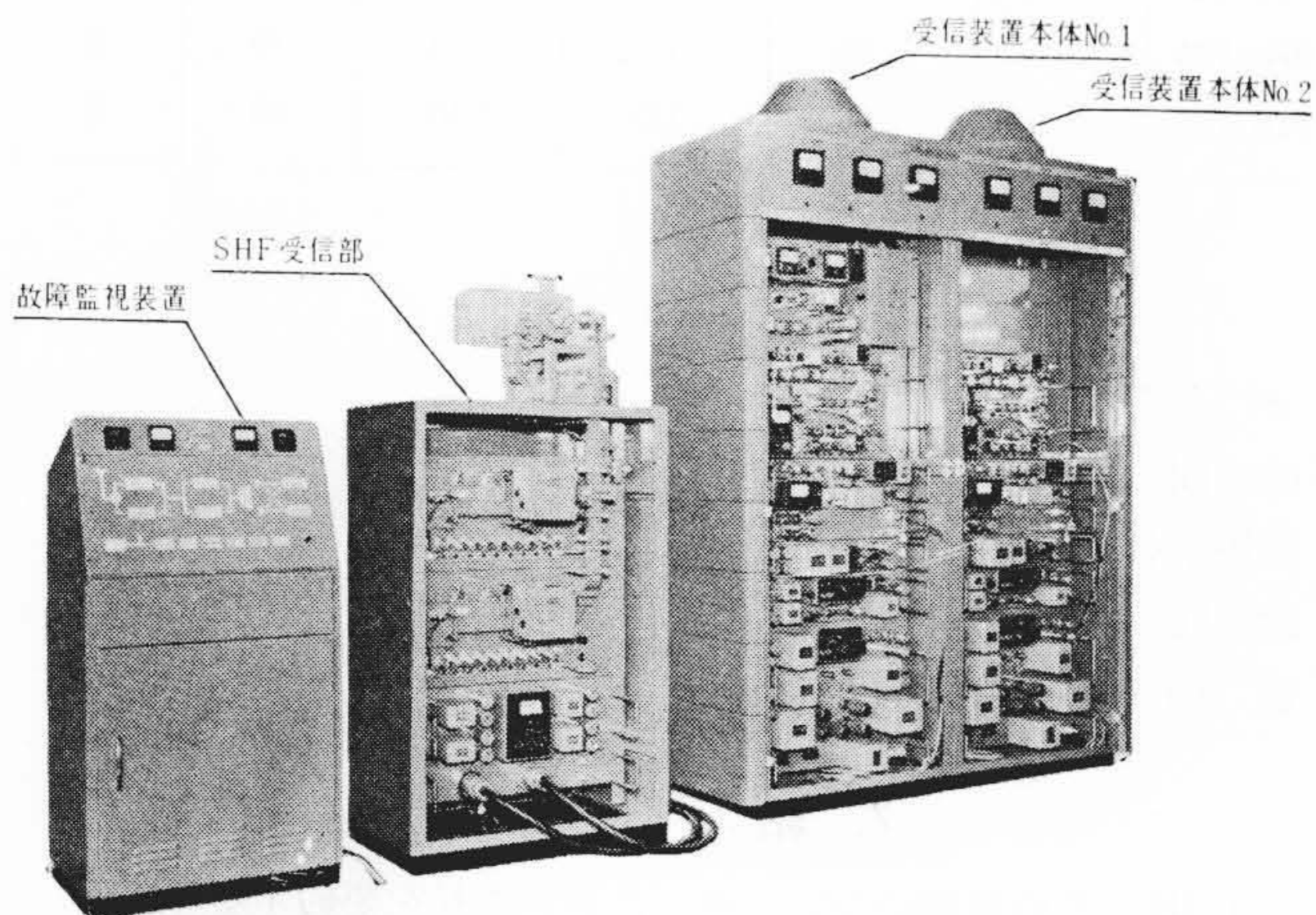
小 峰 武* 河 村 貞 和*
Takeshi Komine Sadakazu Kawamura

内 容 梗 概

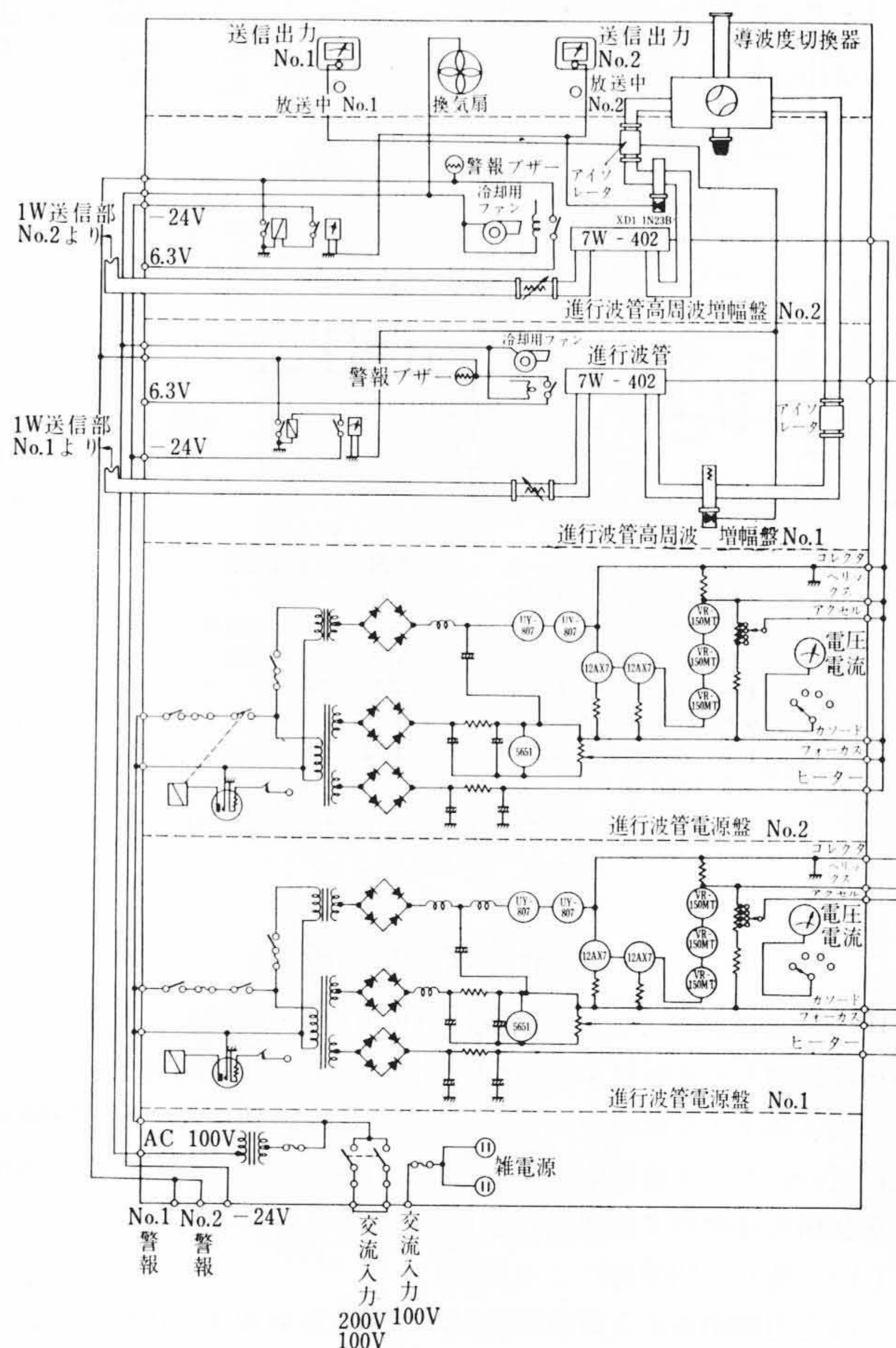
長距離テレビジョン中継回線を建設するために製作した高出力テレビジョン中継装置、および無人化に対する制御回路の概要、ならびに高出力テレビジョン中継装置を使用した回線の例について述べる。



第1図 ST7-10D1形TV用STL送信装置
(旧 UTT-1002 形)



第2図 ST7-D1形TV用STL受信装置
(旧 URT-1002 形)

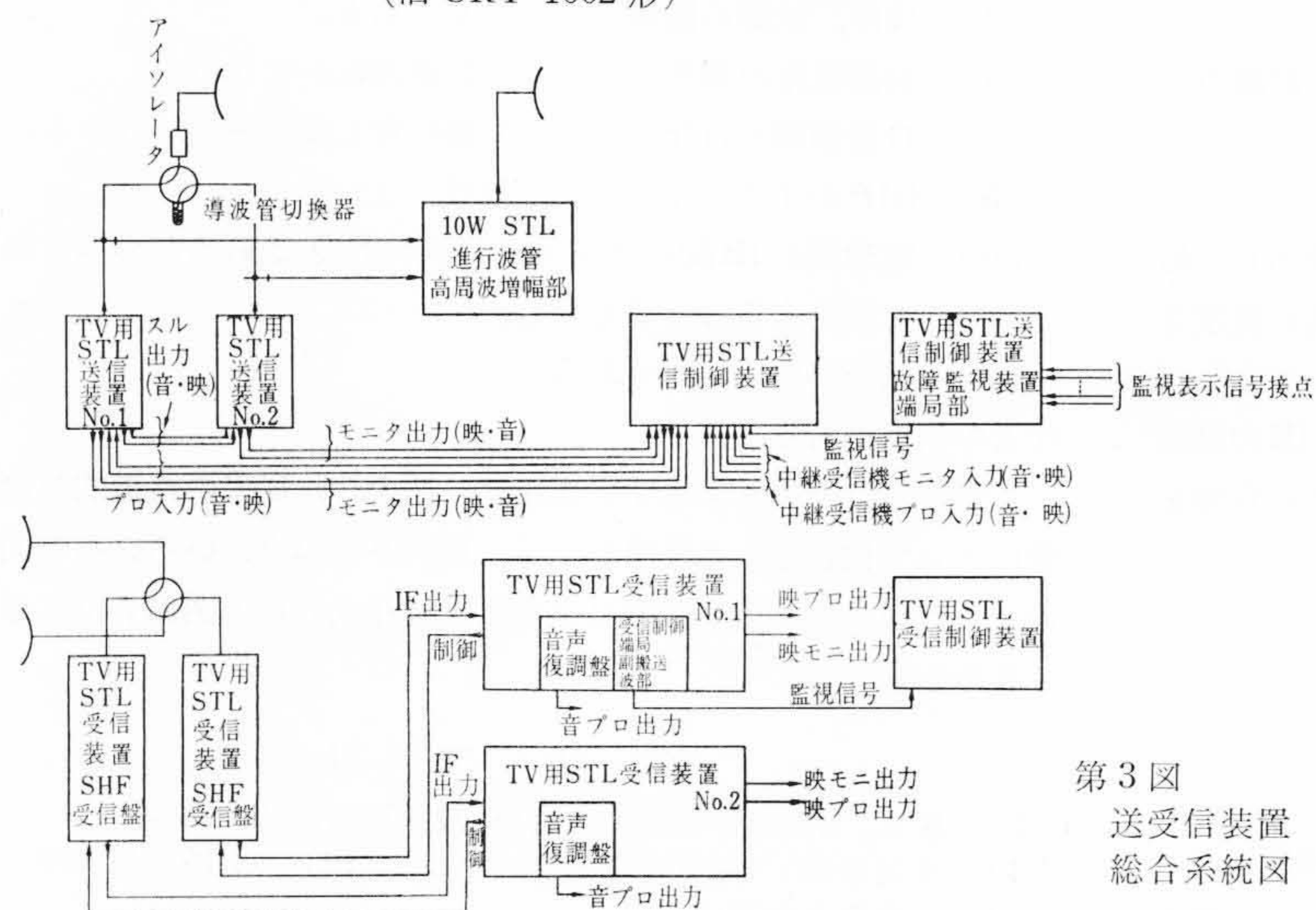


第4図 送信装置、進行波管増幅部系統図

1 緒 言

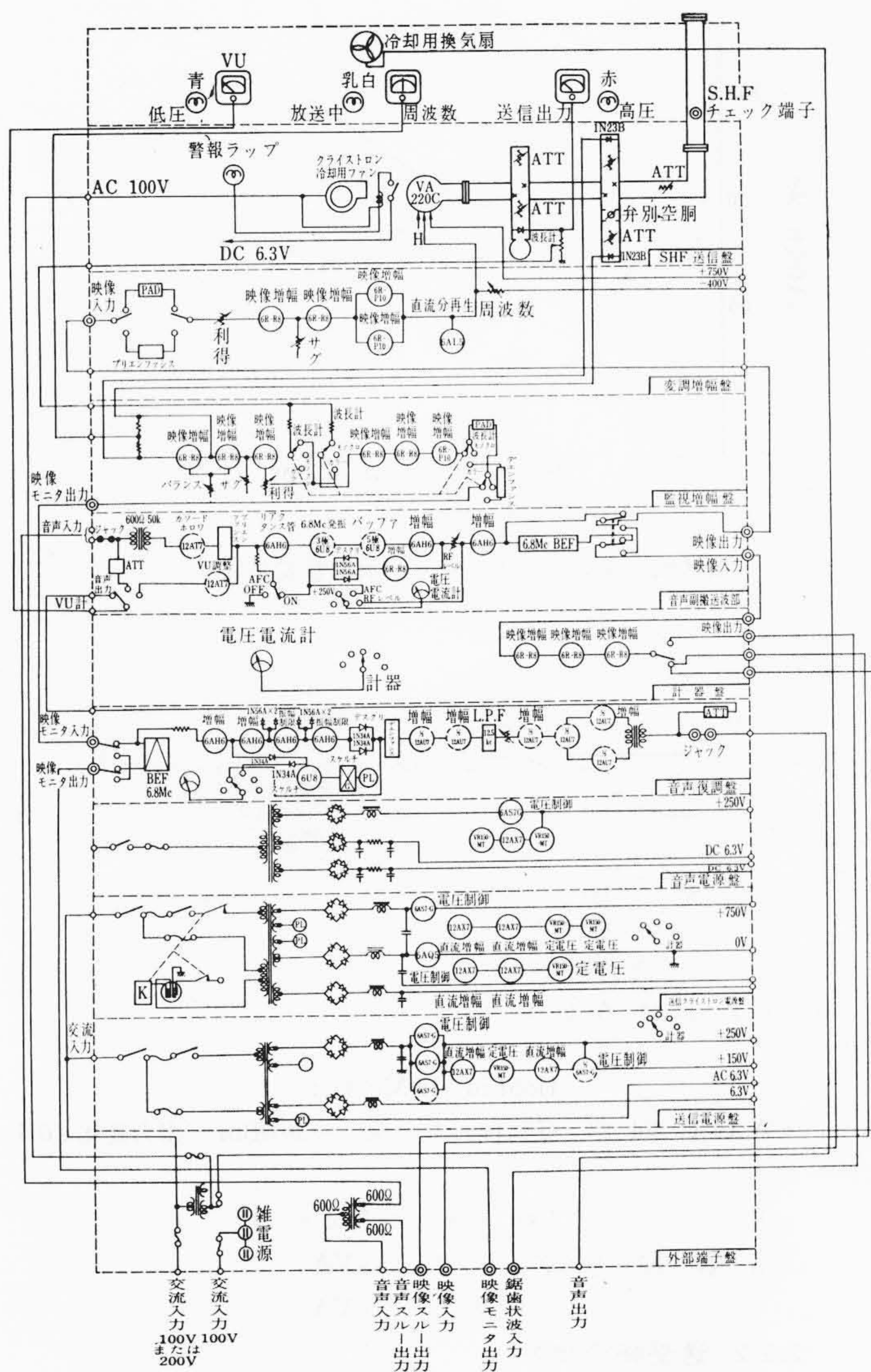
従来のクライストロンを用いたテレビジョン中継装置の送信出力は1W以下であって、良好な画像を伝送するにはフェーディングマージンを考慮した場合通達距離は約50km以下である。さらに長距離の回線および反射板中継の場合には伝播損失が増加するので、パラボラ空中線の直径を大きくするか、または送信管出力の増加を必要とする。前者は回線設計上より考えると口径の大きいほど空中線利得は増加するが、放射ビームが鋭くなり、電波到来角の変動を考慮した場合、風圧による鉄塔偏位の問題と相まって不安定要素となり、7,000 Mcにおけるテレビジョン中継回線では経済性を考えると3m程度が限度となり、送信管出力の増加が必要となってくる。

ここではパッケージ形進行波管を使用した出力10W



第3図 送受信装置
総合系統図

* 日立電子株式会社



第5図 送信装置, 1W 送信部系統図

の 7,000 Mc 帯 TV 用 STL (Studio to Transmitter Link) 装置について説明する。

ST7-10D1 形 (旧 UTT-1002 形) TV 用 STL 送信装置は第1図のように 1W 送信部 No. 1, No. 2 を 1 きょう体に, 進行波管増幅部 No. 1, No. 2 を 1 きょう体に納め, ほかに制御装置を付属している。ST7-D1 形 TV 用 STL 受信装置は第2図のように No. 1, No. を 1 きょう体に SHF 受信部を 1 きょう体に収容し, ほかに制御装置を付属している。

進行波管増幅器への入力, 1W 送信部より結合度約 20 dB の方向性結合器を介し分岐されているので, 1W, 10W 2 系統の同時送信が可能である。また純固定形として設計されているので瞬時停電保護回路, 自動切換機構などを備えている。

2. 装置の系統および仕様

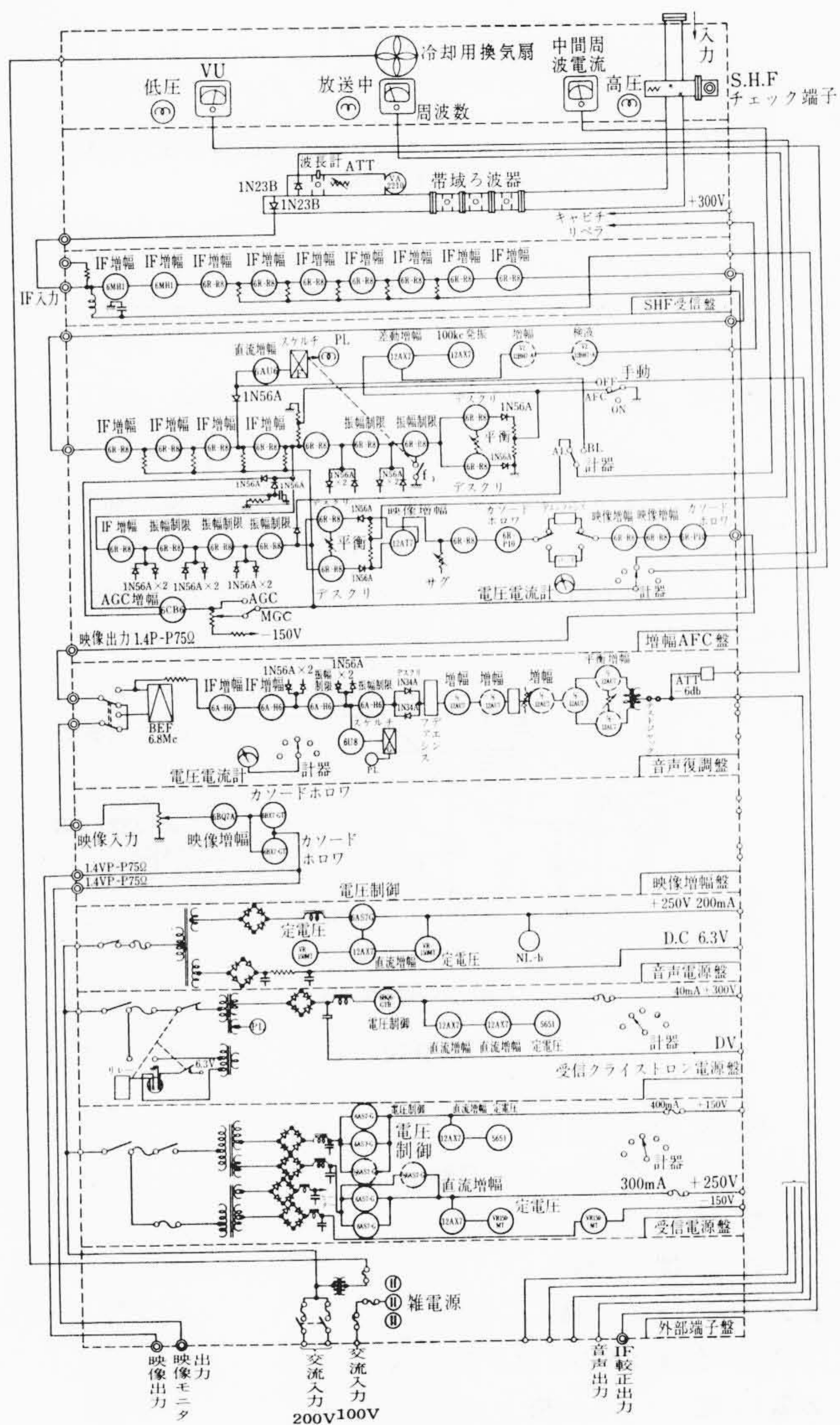
2.1 系 統

装置の系統を第3図送受信装置総合系統図, 第4図進行波管, 増幅部系統図, 第5図送信装置 1W 送信部系統図, 第6図受信装置系統図に示す。

装置は次の各盤より構成され, 盤間の接続は接栓(せっせん)によって行なわれており保守点検が容易である。

送 信 装 置

進行波管増幅部



第6図 受信装置, 系統図

注. SHF 受信部・本体を一括して示してある。

進行波管高周波増幅盤

進行波管電源盤

外部端子盤

1W 送信部

SHF 送信盤

監視増幅盤

変調増幅盤

音声副搬送波盤

計器盤

音声復調盤

音声電源盤

送信クライストロン電源盤

送信電源盤

外部端子盤

受信装置

SHF 受信部

SHF 受信盤

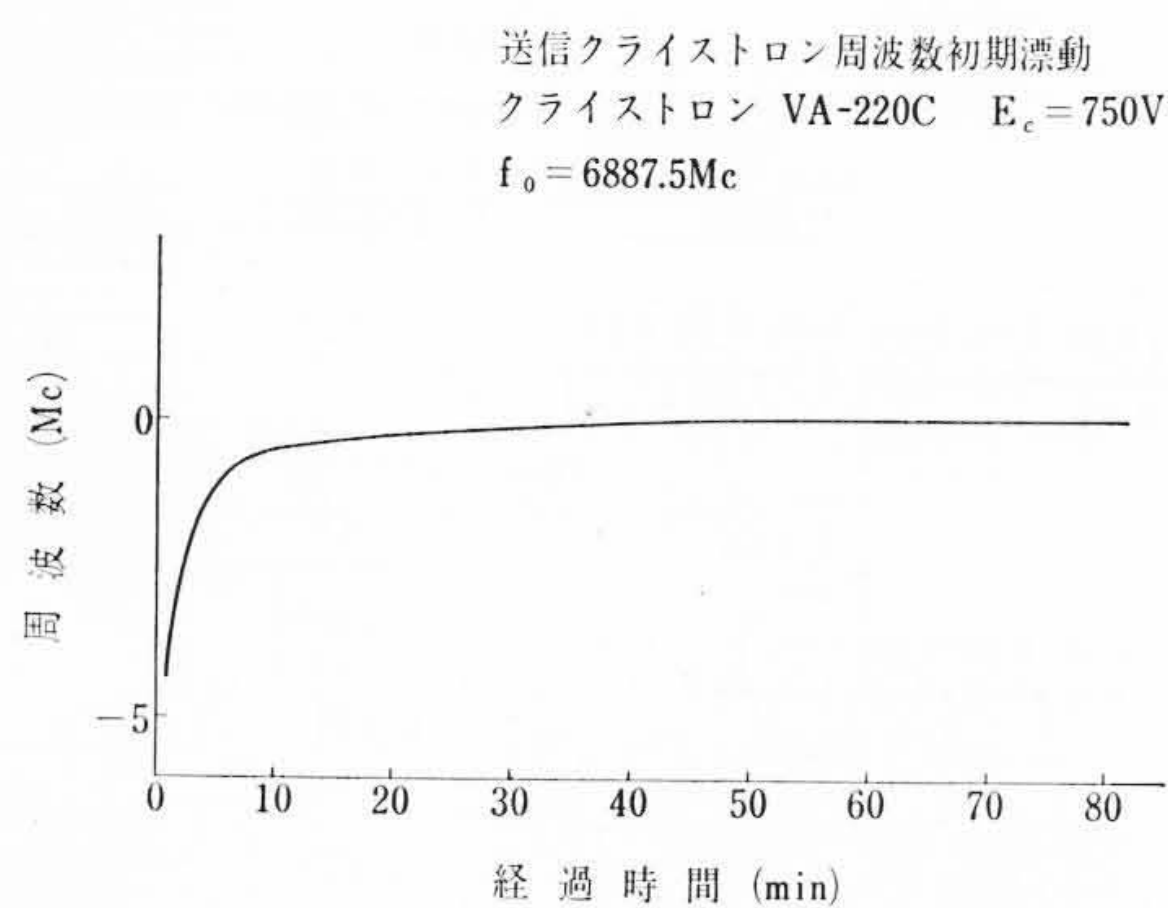
電源盤

外部端子盤

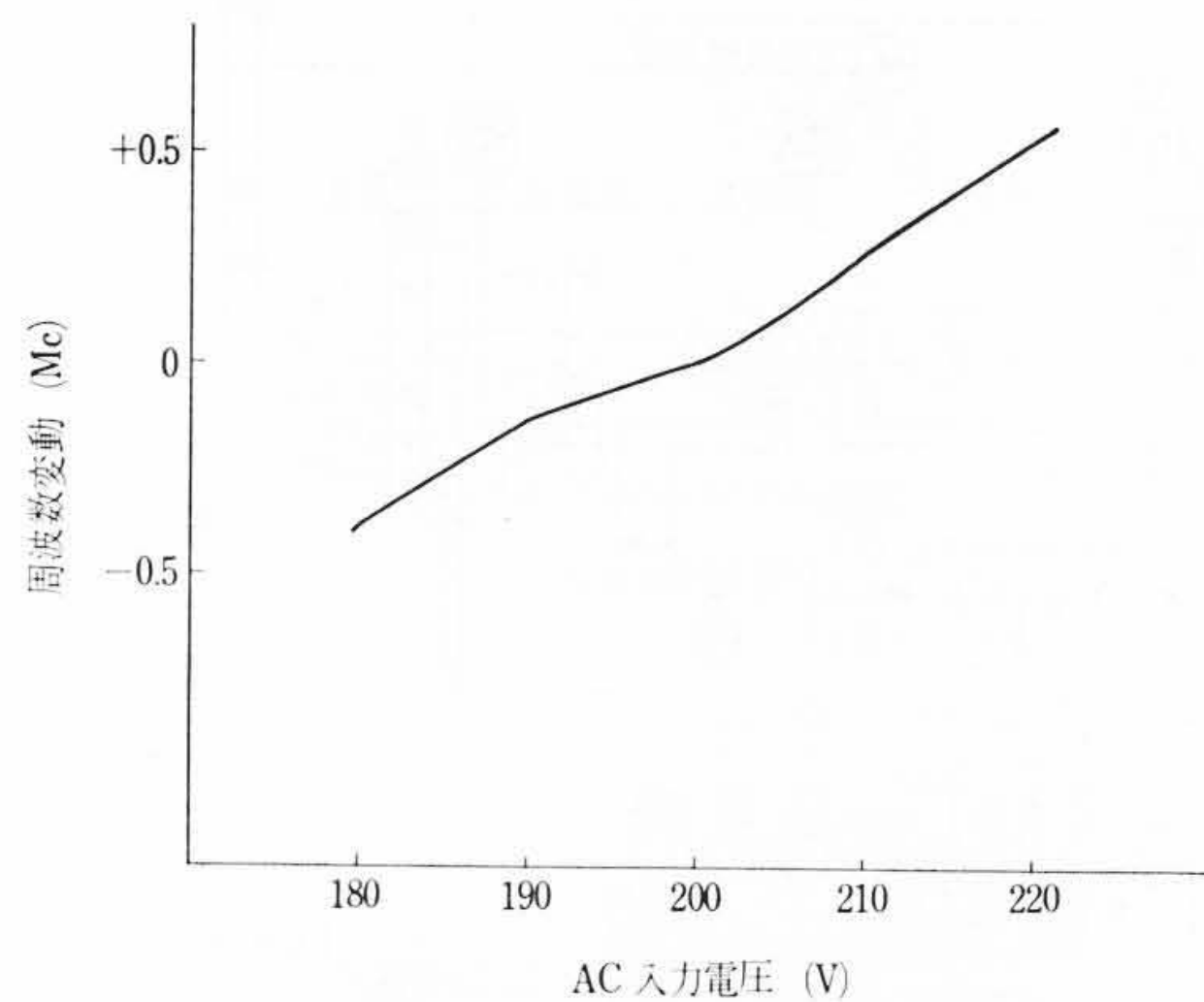
受信装置本体

増幅AFC盤

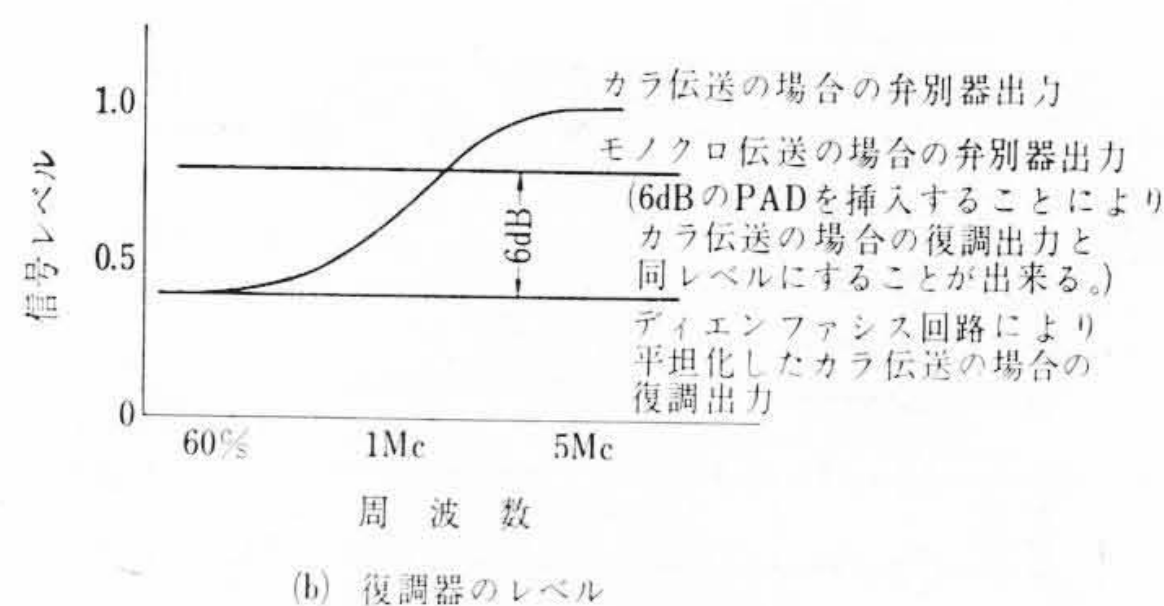
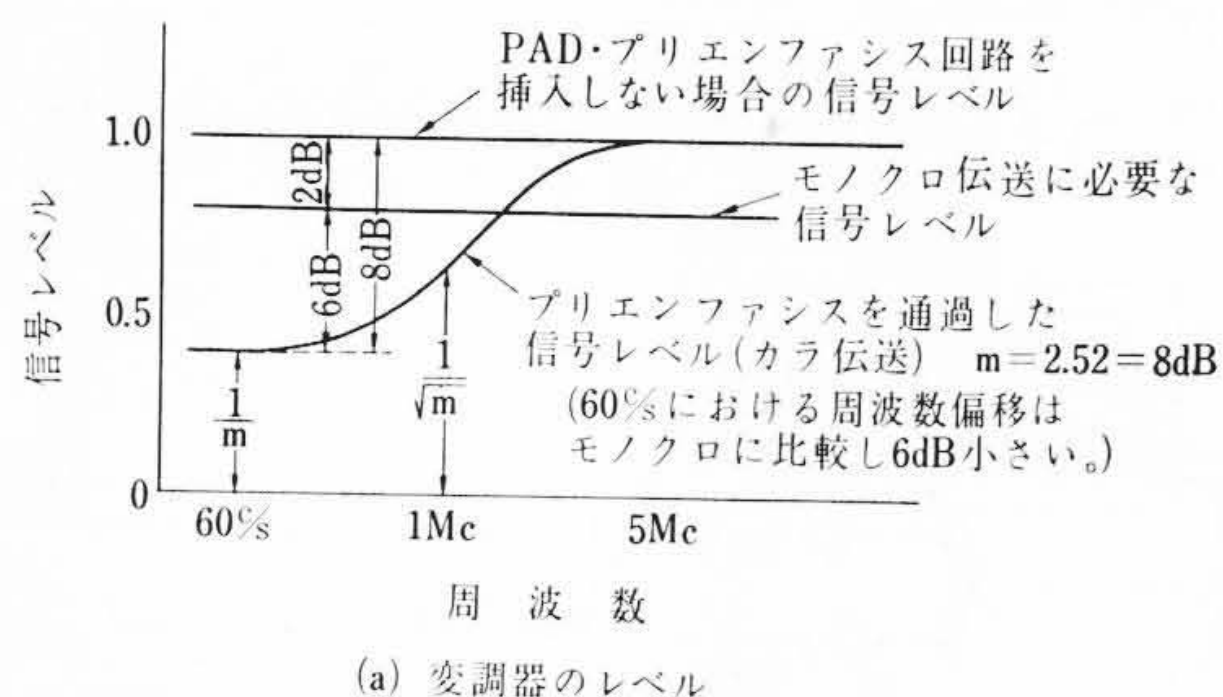
音声復調盤



第7図 送信クライストロン周波数初期漂動



第8図 送信クライストロン周波数安定度



第9図 モノクロおよびカラー伝送における信号レベル

映像増幅盤

受信クライストロン電源盤

受信電源盤

外部端子盤

2.2 仕様

本装置の仕様は次のとおりである。

2.2.1 定格

搬送周波数 6,875~7,125 Mc

変調方式 周波数変調

映像周波数偏移 モノクロ 8 Mc_{P-P}カラー 4 Mc_{P-P}

映像対音声副搬送波混合比 4:1

ただし制御副搬送波盤を併用した場合は

映像周波数偏移 モノクロ 7 Mc_{P-P}カラー 3.5 Mc_{P-P}

映像対音声, 制御副搬送波混合比 7:2:1 である。

送信出力 公称10 W

周波数安定度 $\pm 3 \times 10^{-4}$ ただし電源電圧 $\pm 5\%$ の変化に対して映像入出力レベル 1.0 V_{P-P} (同期信号負)映像入出力インピーダンス 75 Ω 不平衡

音声入出力レベル +10 dBm

音声入出力インピーダンス 600 Ω 平衡音声副搬送波周波数 6.8 Mc $\pm 0.2\%$

音声副搬送波変調方式 リアクトランス管周波数変調

音声副搬送波周波数偏移 ± 40 kc

受信装置標準入力レベル -40 dBm

受信方式 スーパーヘテロダイン方式

中間周波数 130 Mc

I F 帯域幅 20 Mc 帯域内で利得偏差 1 dB 以内

I F 利得 受信機入力 -60 dBm でリミッタが動作

A F C 回路 Pull in 8 Mc 以上

Hold in 15 Mc 以上

A G C 回路 受信機入力 -50~-30 dBm で出力変化 2dB 以内

電源 100/200 V 60/50 c/s

消費電力 送信装置 3.5 kVA

受信装置 2.5 kVA

2.2.2 送受総合特性

受信機入力 -40 dBm を標準とし次のとおりである。

映像周波数特性 40 c/s~5.0 Mc/s ± 1 dB 以内 (100 kc 基準)。

信号対雑音比 50 dB 以上 (DAP/rms)。

ただし 4.5 Mc に映像帯域を制限して

サグ 繰返し周波数 60 c/s の方形波入力に対して 3% 以下

立上り時間 繰返し周波数 100 kc/s, 立上り時間 0.05 μ s 以下の方形波入力に対し 0.1 μ s 以下。オーバシュート 繰返し周波数 100 kc/s, 立上り時間 0.05 μ s 以下の方形波入力に対し $\pm 12\%$ 以下。

直線性 100% 変調まで V 5%, S 10% 以下。

微分利得 階段波に重畳した 0 番目の 3.58 Mc に対する利得偏差 ± 0.5 dB 以下。微分位相 階段波に重畳した 0 番目の 3.58 Mc に対する位相偏差 ± 2 度以内。音声周波数特性 50 c/s~10 kc/s ± 1 dB 以内 (1 kc 基準)

音声信号対雑音比 55 dB 以上 (rms/rms)

音声歪率 50 c/s~100 c/s } において 2% 以下。
5 kc/s~10 kc/s }

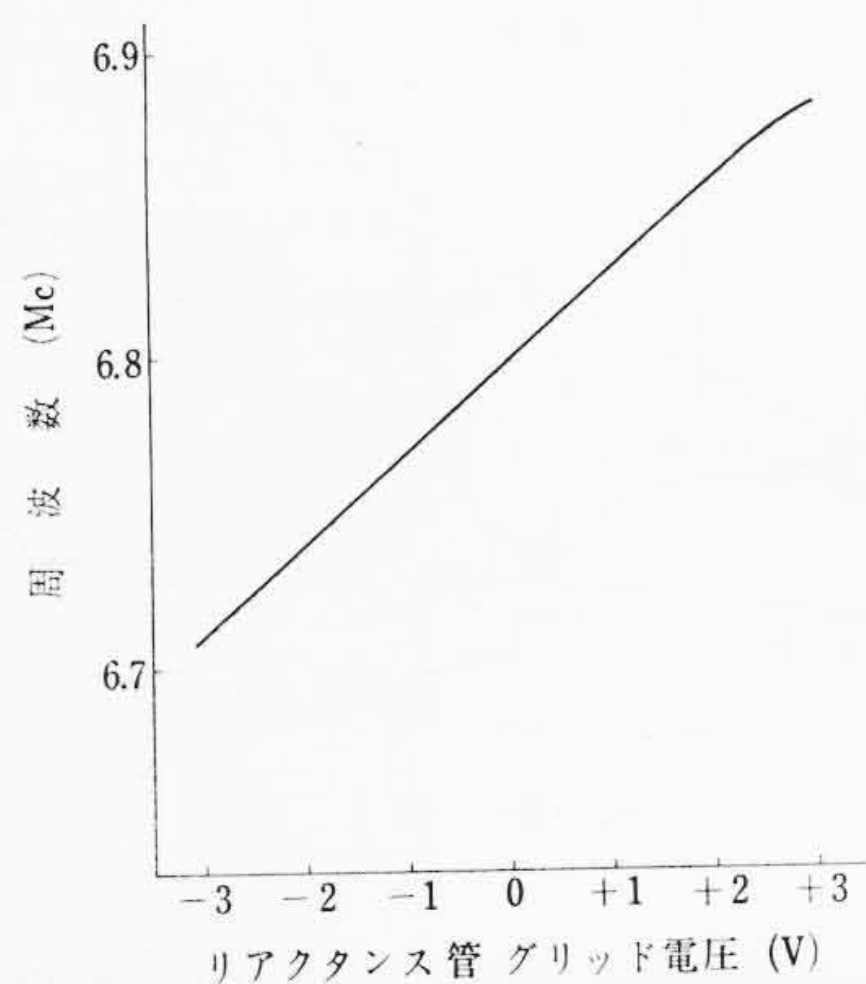
100 c/s~5 kc/s において 1.5% 以下。

3. 装置の概要

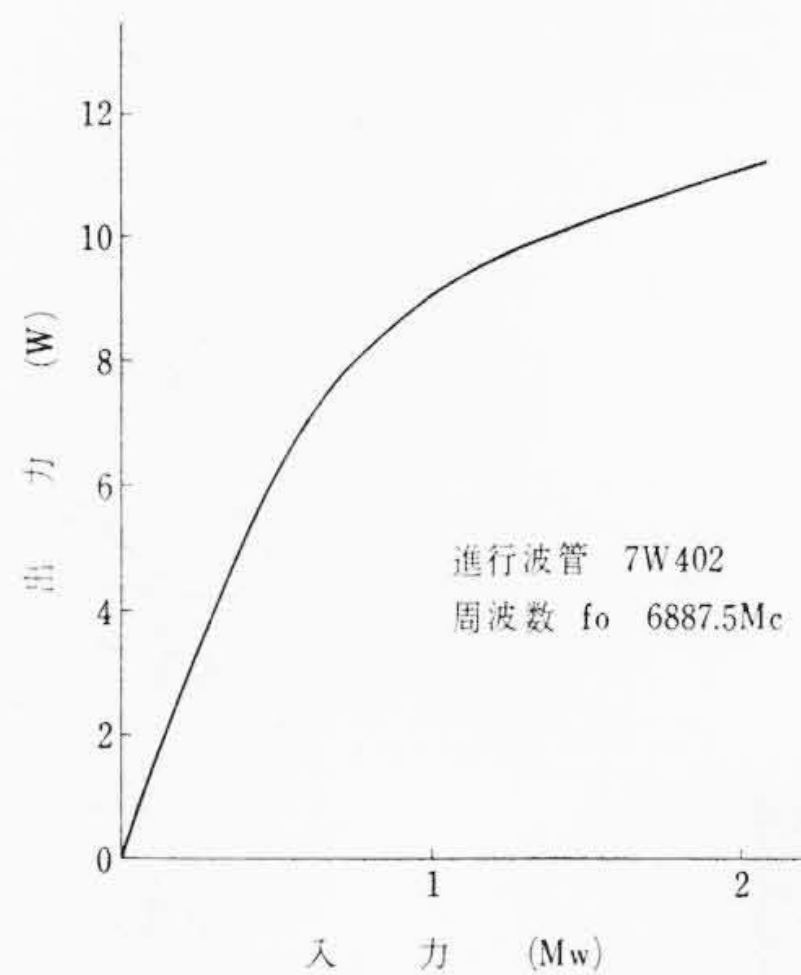
3.1 送信装置

3.1.1 1 W 送信部

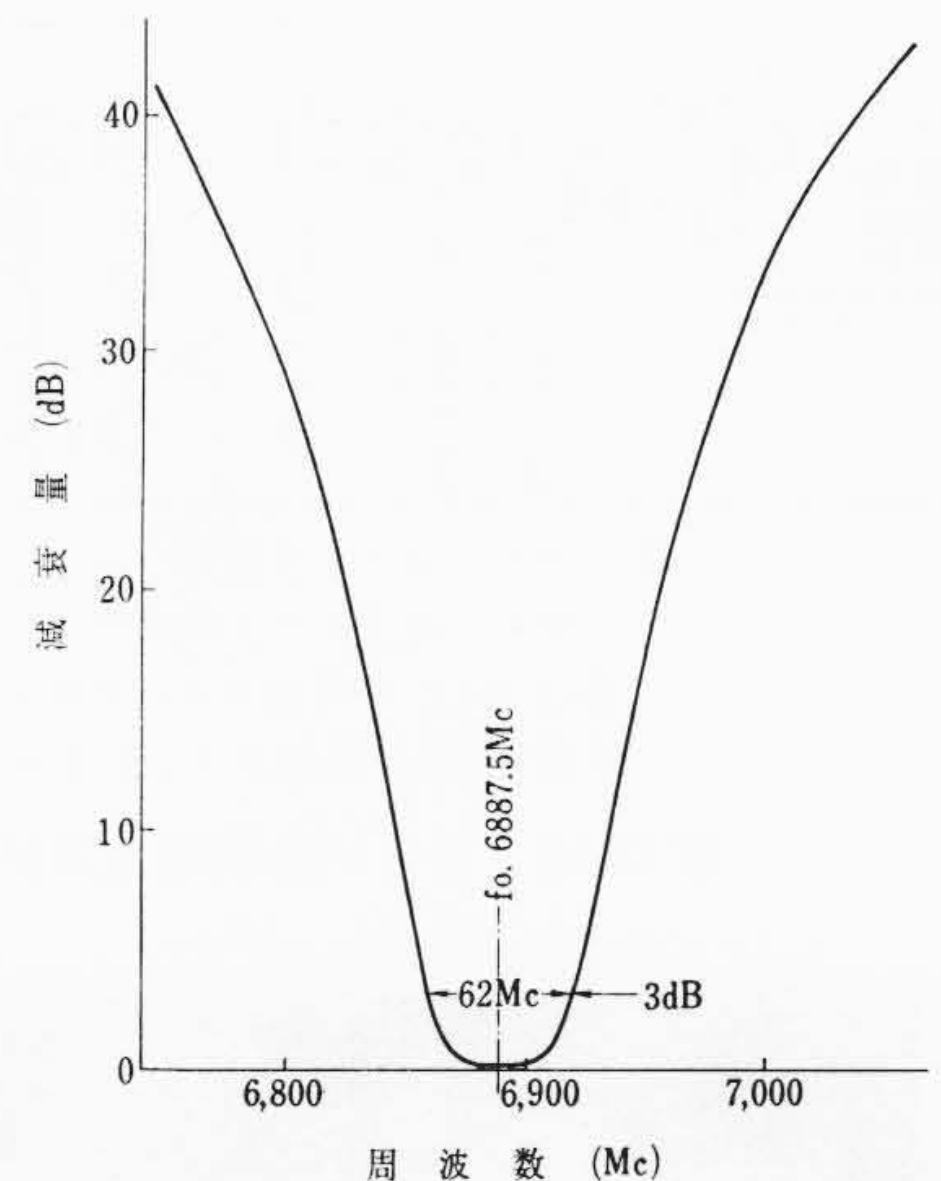
装置の安定度は送信クライストロンの安定性によるところが大



第 10 図 音声副搬送波盤
リアクタンス管変調器変調特性



第 11 図 進行波管入出力特性



第 12 図 帯域通過波器減衰特性

きいが、本装置に使用したクライストロン VA-220C は第 7 図、および第 8 図に示すとおり周波数変動は小さく安定である。

カラー信号伝送の場合には変調増幅器に、低周波成分を減衰させるプリエンファシス回路をそう入し、3.58 Mc における微分利得および微分位相特性の劣化の原因となる明度信号の振幅を 6dB 圧縮して伝送し、クライストロン変調器、中間周波増幅器および周波数弁別器における微分利得、微分位相特性の劣化を防いでいる。

モノクロ伝送とカラー伝送を切替えた場合には第 9 図に示すように、周波数偏移の差およびエンファシス特性により、信号レベル差を生ずるので、モノクロ伝送の場合には変調側 2dB、復調側 6dB の固定減衰器「PAD」をそう入し切換えによるレベル差を 0.5 dB 以下にしている。

3.1.2 音声端局部

音声回線は 6.8 Mc の音声副搬送波を帯域波器「BEF」(Band Elimination Filter) により映像信号と重畳して伝送している。変調は 6AH6 をリアクタンス管として使用し ± 40 kc 偏移の周波数変調を行なっている。変調特性を第 10 図に示す。音声副搬送波の周波数安定度を向上するために、副搬送波出力を周波数弁別しその直流電圧をリアクタンス管のコントロールグリッドに帰還する AFC (自動周波数制御 Automatic Frequency Control) を用い $\pm 2 \times 10^{-3}$ の周波数安定度を得ている。

FM 信号の S/N 改善率 μ は次の式で表わされる⁽¹⁾。

$$\mu = \frac{\Delta\omega}{p_n} \dots\dots\dots (1)$$

ただし $\Delta\omega$ は周波数偏移、 p_n は雑音の角周波数。

音声信号のエネルギー分布は周波数の中低域に大きく、高域には比較的小さいので、周波数の高い領域において $\Delta\omega$ を大きくとり S/N の改善を図るのが得策である。したがって本装置では 75 μ s のエンファシス回路をそう入し、かつ映像信号中に含まれている水平同期信号に原因して生じたバズ音を取り除くために、音声増幅回路には低域波器を加え、S/N 比 55dB 以上を得ている。

音声復調盤にはスケルチ回路を設け副搬送波が断となったとき、雑音が出力回路に出て来るのを防いでいる。

3.1.3 10 W 進行波管増幅部

進行波管は電子流を集束する集束磁界を必要とするが、本装置では交番磁石を装着し小形化された進行波管を用いた。

進行波管の入出力特性は第 11 図に示すとおりである。進行波管入力 1W 送信部より、結合度約 20 dB の方向性結合器と可変抵抗減衰器を介し 1~2 mW に減衰して加えている。

進行波管の入出力回路が整合の取れていない場合には、エコー

ひずみを生ずる原因となる。エコーのある伝送系の伝送特性 $f(\omega)$ は次の式で表わされる⁽²⁾。

$$f(\omega) = a(\omega) \varepsilon^{j\phi(\omega)} \dots\dots\dots (2)$$

$$a(\omega) = \sqrt{1 + 2r \cos \omega\tau + r^2} \dots\dots\dots (3)$$

$$\phi(\omega) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-r)^n}{n} \sin n\omega\tau \dots\dots\dots (4)$$

r が小なる範囲において

$$\phi(\omega) = -r \sin \omega\tau \dots\dots\dots (5)$$

ここに r はエコー比で

$$r = r_i r_0 \varepsilon^{-2BL} \dots\dots\dots (6)$$

ただし、 τ : 給電線 1 往復による遅延時間 $= \frac{2L}{v_g}$

β : 給電線の減衰定数

v_g : 給電線を通ずる波の群速度

L : 給電線の長さ

r_i : 給電線の入力点における反射係数

r_0 : 給電線の出力点における反射係数

すなわち(3)(5)式で表わされるように r の大きさにより、振幅、位相とも正弦波状に変化する。したがってエコーを防ぐためには進行波管の入出力回路に整合回路を設け反射係数を極力小さくする必要がある。本装置では整合回路を設けて反射係数を 1.1 以下に抑えて、エコーひずみを実用上さしつかえないようにした。

3.2 受信装置

受信装置 SHF 受信部ではイメージ防害を防ぐため、アンテナ入力回路に帯域波器をそう入し、イメージ比を 40 dB 以上に抑えた。帯域波器の特性は第 12 図に示すとおりである。

鉱石混合器を初段に使用した受信機の雑音指数 F は一般に次の式で表わされる⁽³⁾。

$$F = L(t_c + F_b - 1) \dots\dots\dots (7)$$

ただし、 t_c : 鉱石混合器の雑音の雑音温度比

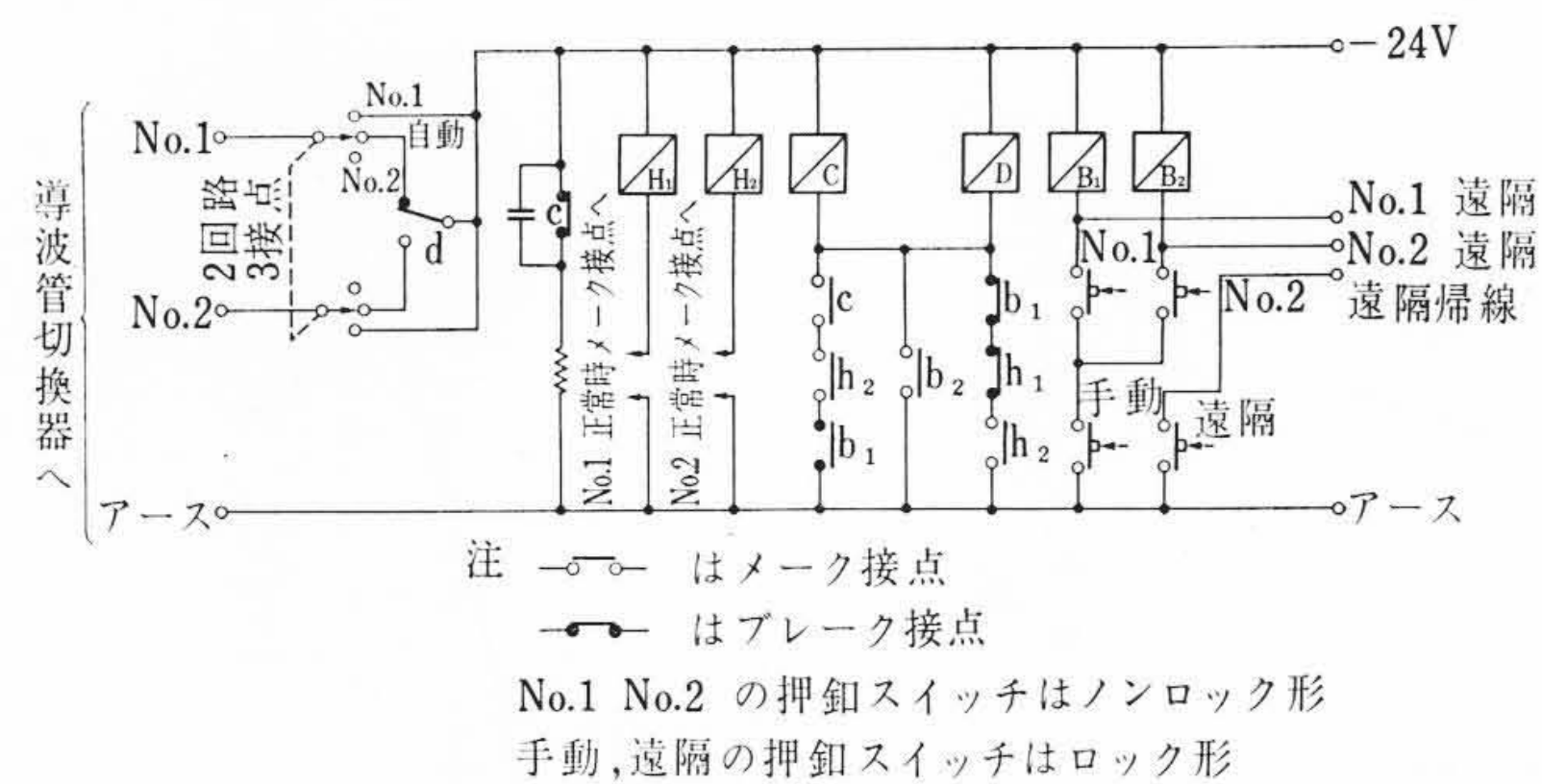
L : 変換損失

F_b : 中間周波増幅器の雑音指数

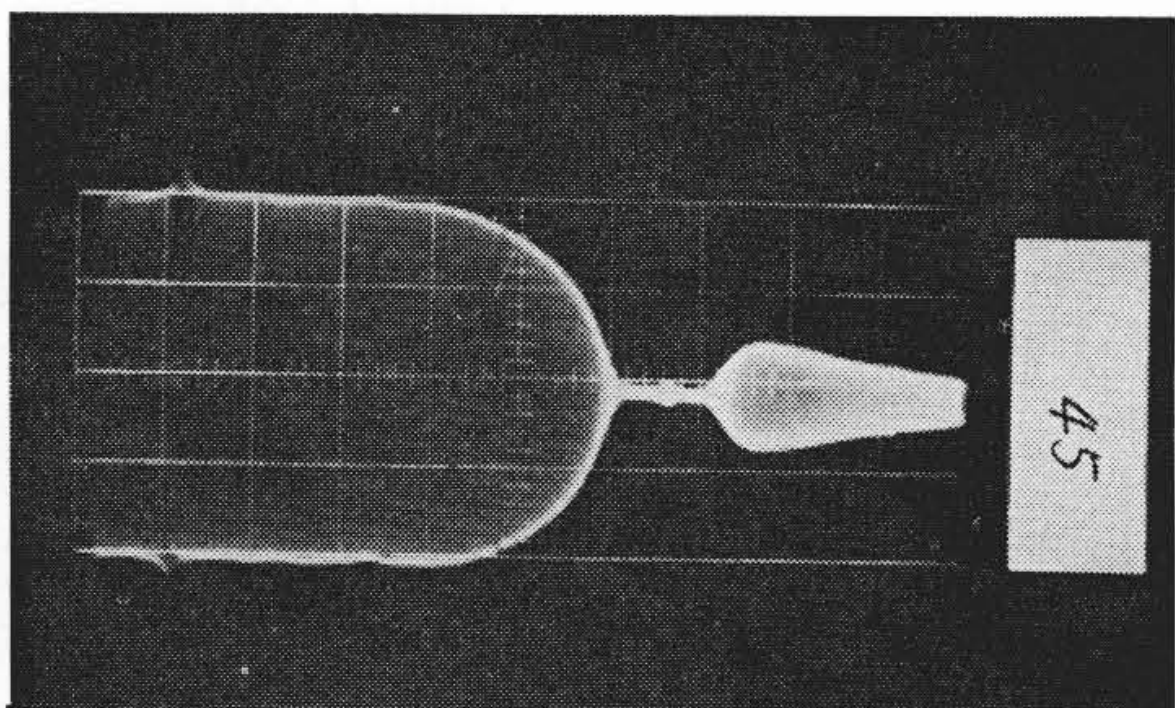
(7)式でわかるように中間周波増幅器の雑音指数は、総合雑音指数に影響する比率が大きいため、中間周波増幅器の雑音指数は極力小さくするとともに、広帯域受信機ではその帯域内で雑音指数を良好に保持する必要がある。

したがって本装置ではこの目的のために、入力インピーダンスの低いグリッド接地形増幅器を初段に使用して、総合雑音指数 14.8 dB を得た。

フェーディングに対する防御策としては、振幅制限器前段の中間



第 13 図 送信切換制御盤系統図



第 14 図 制御信号・音声信号の 2 多重による総合映像周波数特性

周波出力を検波し直流増幅を 1 段行なった出力電圧を中間周波増幅器 7 段にわたって帰還し、受信機入力 $-30\sim-60$ dBm に対する出力変化 2 dB 以下の AGC (自動利得制御 Automatic Gain Control) 特性を得ている。

送信周波数および局部発振周波数が変動した場合には、特性の劣下をきたすので AFC を行なっている。AFC の方式は、AFC 弁別器の形式によって、平均値 AFC とピーク値 AFC の二種類に大別できるが、本装置にはループ利得の大きな後者を採用している。しかしピーク値 AFC は受信機入力低下した場合、雑音出力が検出され、これによってリペラ電圧がクライストロンの発振停止領域まで追いやられ、受信機入力が回復しても受信不可能になる場合が生ずるためスケルチ回路を使用し、受信機入力が低下した場合には、AFC 回路の動作を停止させこの欠点をカバーしている。

映像弁別器には十分なカラー伝送特性を持たせるため、2 同調形の周波数弁別器を採用し弁別帯域 20 Mc 以上を得ている。

映像出力は終段に SRPP (Shunt Regulated Push Pull) 回路を採用し低出力インピーダンスとし、プロモニタの出力を同一特性で取り出している。

3.3 制 御 回 路

ここでは紙面の都合上、切換装置の概要のほかごく限られた部分についてのみ述べる。

送信装置の現用予備の切換は導波管切換器により行なわれており、予備機の出力はダミーロードに吸収される。導波管切換器は切換制御盤および故障検出器を併用して自動切換を行なっている。第 13 図は切換機構の系統を示したダイアグラムである。

第 13 図による自動切換機構の機器選択は次のとおりである。

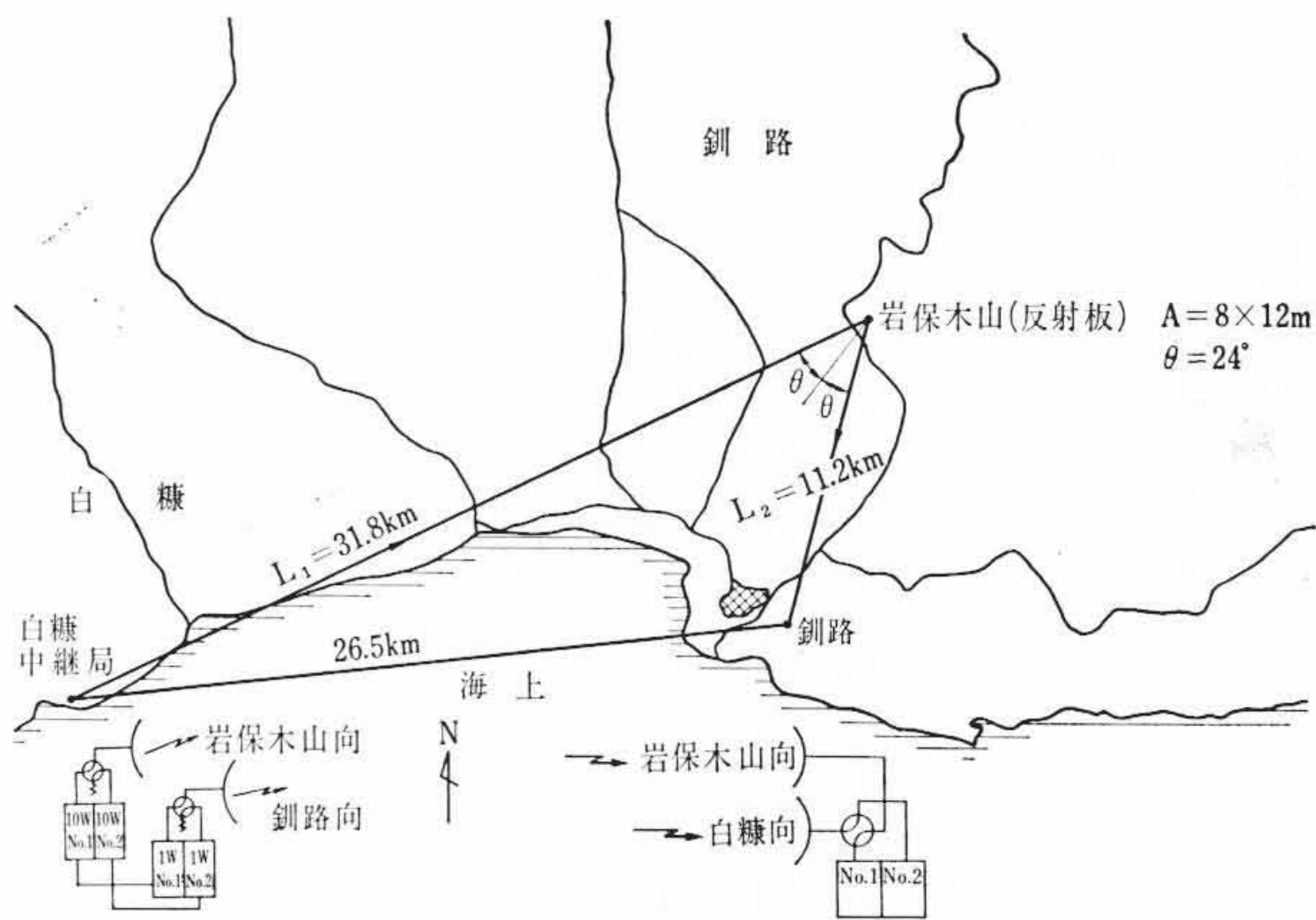
No. 1 正常・No. 2 正常 No. 1, No. 2 とも現用可能であるが原則として No. 1 現用。

No. 1 異常・No. 2 正常 No. 2 現用

No. 1 正常・No. 2 異常 No. 1 現用

No. 1 異常・No. 2 異常 No. 1 現用

すなわち常に No. 1 優先で動作する。クライストロン電源盤の高圧は、継電器により低圧電源より約 1 分 (進行波管電源盤の高圧は約 2 分) 遅れて投入されるが、瞬時停電が起こった場合は約 1 分間、



第 15 図 北海道放送株式会社白糖——釧路回線概要図

(進行波管増幅部は約 2 分間)の放送中断となるので、限時継電器を用い数秒以内の停電に対しては、低圧と同時に高圧が投入されるよう回路を構成し放送の中断を極力少なくした。

本送信装置は完全な無人中継局として運用されるので各種機器の故障表示、使用表示などを受信側(放送所)に送っている。この監視信号を伝送するために 7.5 Mc の制御副搬送波を使用した端局装置を用い、青声副搬送波と同様に映像信号に重畳する 2 多重方式を採用し十分その目的を達している。

映像信号、音声副搬送波、および制御副搬送波の混合比は実験結果より、7:2:1 に選んである。

2 多重伝送を行なった場合音声、制御副搬送波および映像信号間の混変調は認められず、総合周波数特性は第 14 図に示すように、映像回線の特性劣化は認められなかった。

4. 回 路 の 実 例

上記の中継装置を使用した回線の実例として、北海道放送株式会社納白糖～釧路回線を紹介する。

第 15 図は本回線の概要図である。白糖～釧路の直線区間は海岸線に接近した海上伝播⁽⁴⁾となり K 形フェージング、ダクト形フェージングともに相当量あることが推測できたので、白糖中継所より 31.8 km の地点岩保木山に反射板を設置した中継回線とした。

白糖・岩保木山の中間地点には約 40 m の高さの山があり、シールドングリッジの役割を果たしている。

中継距離 $L=L_1+L_2$ なる中継区間の反射板によるそう入損失 Γ は次の式で表わされる⁽⁵⁾⁽⁶⁾。

$$\Gamma=\frac{\alpha}{\alpha_0}=\frac{\lambda^2}{\eta^2 A^2 \cos^2 \theta}\left(\frac{L_1 L_2}{L_1+L_2}\right)^2 \cdots \cdots \cdots (8)$$

$$\alpha_0=\left(\frac{4 \pi L}{\lambda}\right)^2 \cdots \cdots \cdots (9)$$

ただし、 λ : 波 長 (m)

η : 反射板効率約 0.9

A: 反射板面積 (m²)

θ : 反射板に対する電波の入射角および反射角

(degree)

α : 反射板損失を含む $L=L_1+L_2$ なる中継区間の全回線損失

α_0 : $L=L_1+L_2$ なる距離の自由空間損失

L_1 : 送信点より反射板地点までの距離 (m)

L_2 : 反射板地点より受信点までの距離 (m)

第 15 図の例で $\lambda=0.043$ m (7,000 Mc) として、 Γ および α_0 を計算すると

$$(8) \text{ 式より } \Gamma=14.4 \text{ dB}$$

$\alpha_0=143$ dB となる。

フィーダ損失およびそのほかの各損失の合計 L_f は 6dB であるので回線の全損失は

$$L_t = \Gamma_{(dB)} + \alpha_{0(dB)} + L_{f(dB)} = 163.4 \text{ dB} \quad \dots\dots\dots (10)$$

となる。一方 3m 径パラボラアンテナの利得 G_p は 7,000Mc において 42 dB であるので、送信出力 P_t を 10 W (+40 dBm) とすれば、受信機入力

$$P_R = 2G_{p(dB)} + P_{t(dBm)} - L_{t(dB)} = 42 \times 2 + 40 - 163.4 \\ = -39.4 \text{ dBm} \quad \dots\dots\dots (11)$$

となる。また大地上のフェージングについては 7,000 Mc 帯の実績では 0.35 dB/km を考えておけば十分である。したがって本回線のフェージング損失は 15 dB となり、最悪時の受信機入力電界は -55 dBm となるが、AGC が -60 dBm より十分動作しているので機器の特性は安定である。

なお釧路局のパラボラアンテナと受信装置の据付場所の間は約 100 m の距離があるので、フィーダ損失を少なくするため、受信立体回路部をアンテナ鉄塔真下に設置し、IF 出力を低損失同軸ケーブルで引込む方式を取り受信機入力の低下を防いでいる。

送信装置の 1 W 出力は第 15 図に示すとおり直接釧路に向け、受信装置の No. 1, No. 2 をおのおの岩保木山・白糖に向けた 2 面のパラボラアンテナによって導波管切換器を介して受信し、2 系統の回線のうち、状態の良い回線を選択できる方式を採用している。

以上 7,000 Mc 高出力テレビジョン中継装置を使用した回線の一例を紹介したが、日立製作所ではこのほか、RKB 毎日、福岡～油山～皿倉山回線などに反射板を使用した高出力テレビジョン中継装置を納入し現在安定に運転している。

5. 結 言

上述のように、立地条件の不利な回線は反射板中継によって解決される場合が多く、その場合高出力テレビジョン中継装置の果す役割は大きい。

今後の高出力テレビジョン中継装置の課題としては 3.5Gc, 11Gc および 13 Gc における高出力進行波管の開発がある。また受信機の雑音指数の軽減は送信出力の増加と等価の効果を得ることができるので、パラメトリック増幅器の実用化が望まれる。

最後に本装置を開発、製作するにあたり種々ご指導を賜った北海道放送株式会社の関係各位、日立製作所および日立電子株式会社の関係各位に深甚なる謝意を表する。

参 考 文 献

- (1) 川上：電子管回路Ⅲ（昭 30，共立全書）
- (2) 林：マイクロウェーブ通信方式（昭 32，コロナ社）
- (3) 深海・森田：マイクロ波通信・機器（昭 34，オーム社）
- (4) 森田：信学誌 42, 929（昭 34-10）
- (5) 今井：東芝レビュー 8,（昭 28—4.5.7）
- (6) 渋谷：マイクロウェーブ伝播解説（昭 36，コロナ社）



新 案 の 紹 介



登録新案 第 710226 号

泉 田 脩 広

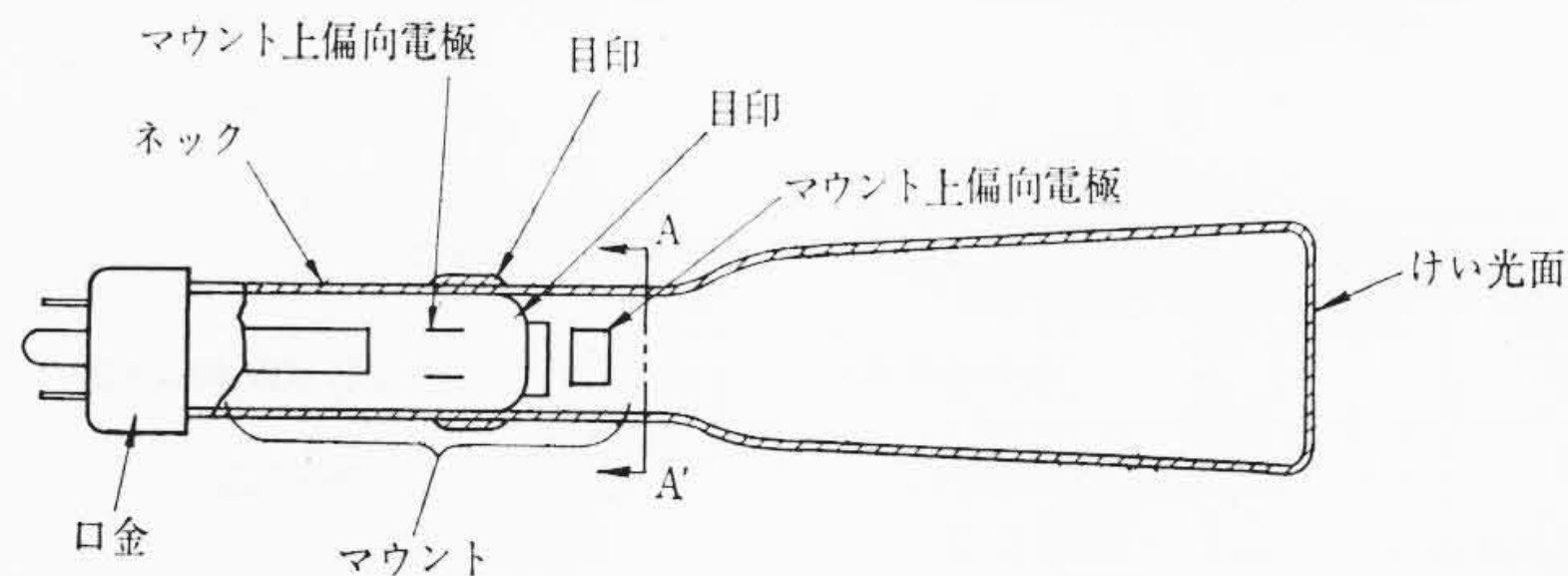
角 型 静 電 偏 向 ブ ラ ウ ン 管

けい光面が角型の静電偏向ブラウン管では、偏向電極により偏光された輝線がけい光面辺のそれぞれと平行もしくは直角になるように、偏向電極はあらかじめ正確に取り付けておかなければならないが、従来はマウントの封止にあたってはまず治具によりバルブのけい光面辺と偏向電極の角度をだしたのち、ステムをつかんでマウントをバルブのネック部にそう入する関係上、そう入の際ステムと偏向電極との間に多少のねじれが生じ、その結果偏向電極がけい光面

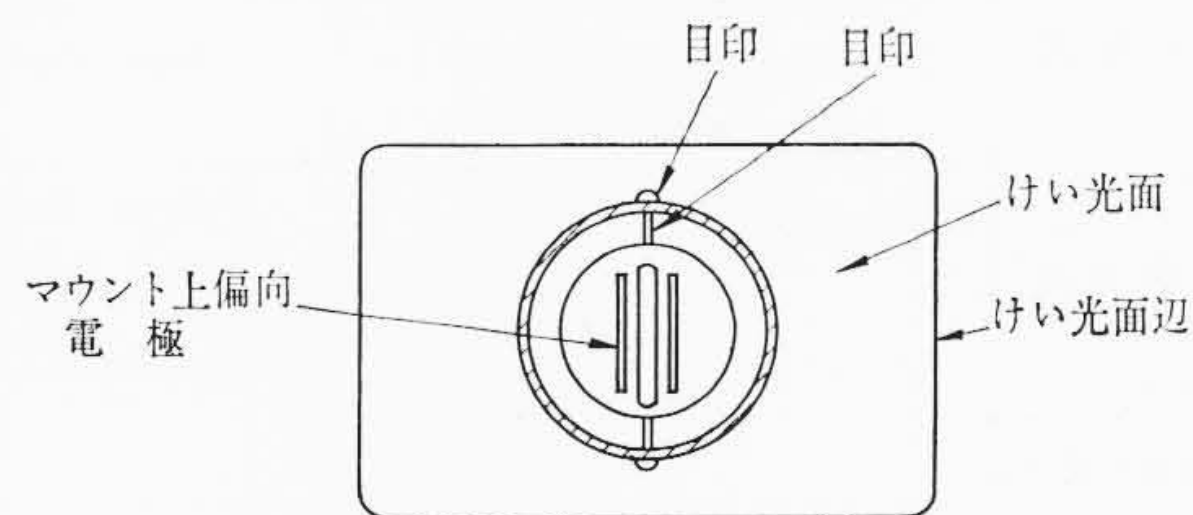
辺に正対せず、ひいては該偏向電極によって偏向された輝線がけい光面辺のそれぞれと平行もしくは直角にならない欠陥があった。

この考案は上述のような欠陥を取り除くために、バルブのネックとマウント上偏向電極の近くとにそれぞれ両者の相対角度合わせ用目印を設けたものである。

このように両目印さえあらかじめ正確な位置に設けておけば、あとはこの両目印を合わせてバルブにマウントを封止すればよく、作業が従来より格段に正確かつ簡単となる。



第 1 図



第 2 図