

工業用テレビジョン信号の無線伝送

Radio Transmission of ITV Signal

岡崎 彰夫* 桜井 久之*
Akio Okazaki Hisayuki Sakurai

内 容 梗 概

日立製作所では昭和34年8月、わが国で最初の工業テレビジョン信号の無線伝送装置を三和銀行に納入した。本装置は三和銀行本店から約800m離れた瓦町支店に対し、工業テレビジョン装置で撮像した銀行用帳票内容を900 Mc帯の電波により伝送するもので、事務合理化の一端として計画されたものである。その後、各方面において無線伝送が注目され今後大いに利用される気運となったので、ここに上記装置全般にわたって概要を述べるとともに、方式の検討、系の概要、機器の説明を行った。

1. 緒 言

工業テレビジョン装置は最近わが国においても比較的広く用いられてきたが、信号の伝送はビデオ周波をそのままケーブルで送るか、あるいは副搬送波にのせて送るかの差はあっても、いずれも有線伝送であったため、その用途はおのずから限られていた。

日立製作所では34年8月、三和銀行本店と同瓦町支店との間に銀行業務の帳票内容を、工業テレビジョン装置で撮像しその信号を無線伝送する装置一式を納入し、わが国におけるこの方面のいとぐちを開いた。

そもそこの計画は三和銀行において立案され、日立製作所で技術的検討を行ったものであるが、伝送規準などについては電波監理局陸上課のご指導により予備実験などが行われたものである。

ケーブル伝送に比べ無線伝送がすぐれている点は、(i)ケーブルを布設することができない地点へも伝送できること。(ii)一つの親局から多くの子局に映像・音声の一せいで伝送が行えること。(iii)ケーブルよりも遠距離に伝送できること。(iv)距離が約5 km以上になるとケーブルよりも廉価になること。(v)伝送路がケーブル障害の事故を起さないことなどである。

またここに述べる方式では映像、音声の同時伝送が可能であり、あるいは音声の代りにテレタイプ、テレファックスなどの信号伝送も行うことができる。特に受信側設備はコンバータ方式として価格の低減を計り、多数増設の場合をも考慮している。

2. 無線伝送の概要

2.1 変調方式

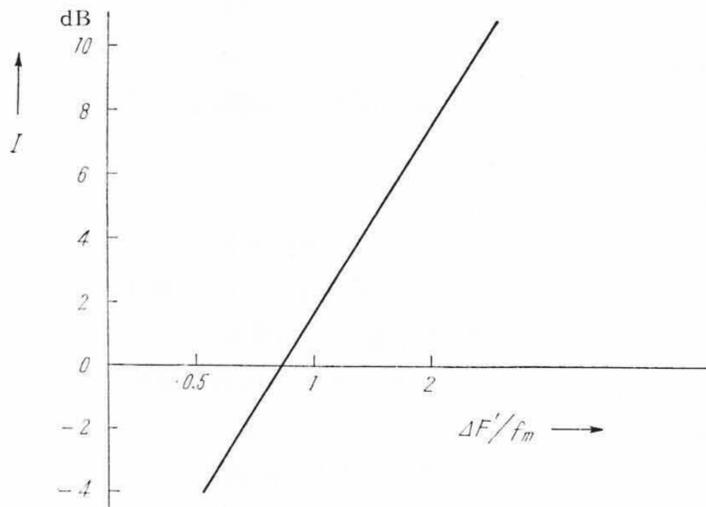
無線周波の変調方式としては、当然AM方式とFM方式とが考えられる。3,000 Mcから13,000 Mcの周波数範囲では放送テレビジョン中継装置として、クライストロンを直接周波数変調する方式が取られており、日立製作所ではこの方面に広い実績を有しているが⁽¹⁾、900 Mc帯の周波数を用いてビデオ信号を伝送する場合には、両方式の比較をいろいろの角度から再検討する必要がある。

2.1.1 熱雑音の問題

ビデオ信号をFM伝送したときの信号対熱雑音比は、ビデオ信号の最高周波数を f_m 、白黒間の尖頭周波数偏移を ΔF とすれば、

$$\left[\frac{S_{(DAP)}}{N_{(r.m.s.)}} \right]_{\text{電力比}} = \frac{P_R}{kTf_mF} \left(\frac{3\Delta F^2}{f_m^2} \right) \dots\dots\dots (1)$$

となる。ただし P_R : 受信入力
 k : ボルツマン定数
 T : 絶対温度
 F : 雑音指数



第1図 FM改善度

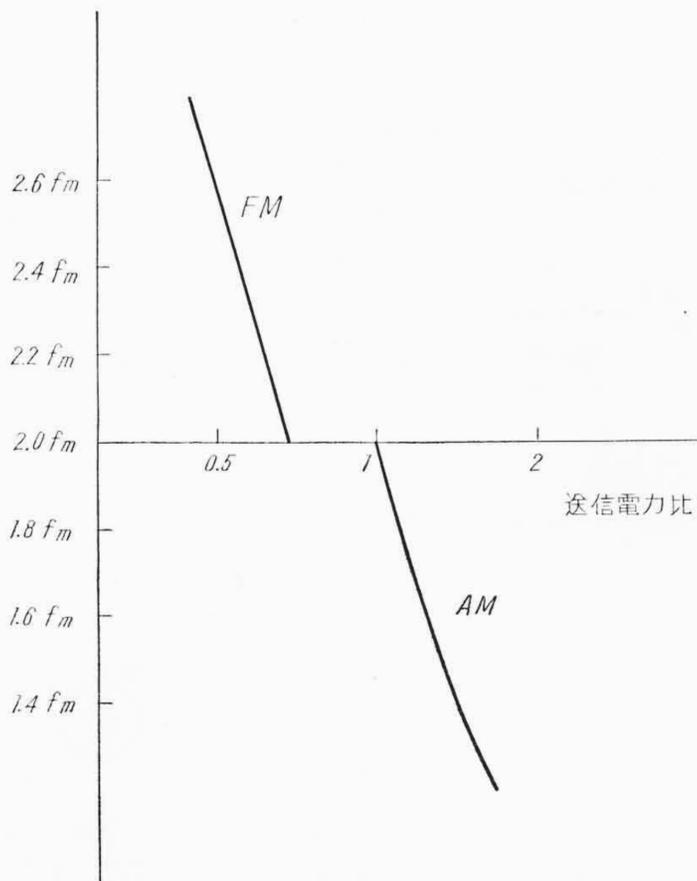
である。上式中 P_R/kTf_mF はAM方式の場合の S/N であるからFM方式の場合は $I=3(\Delta F/f_m)^2$ だけ S/N が異なることになる。真白から同期先端までの全尖頭周波数偏移を $\Delta F'$ とすると $\Delta F'$ は約 $10/7 \cdot \Delta F$ となるから、 $\Delta F'/f_m$ と I との関係を示すと第1図のとおりになる。同図からわかるように周波数偏移 $\Delta F'$ は約 $0.85f_m$ より大きく取らないと、熱雑音に関するFM方式としての利点が現われてこない。一方AM方式で最高 f_m なるビデオ信号を伝送するためには、被変調波の占有周波数帯域幅として $2f_m$ が必要であるが、側帯波スペクトラムの一部を除去するいわゆる残留側帯波方式を用いれば、占有帯域幅は $2\eta f_m$ ($\eta < 1$) となる。FM方式ではその特長を發揮するために、周波数偏移として $0.85f_m$ 、占有周波数帯域幅として約 $2.7f_m$ を要する。同一 S/N をうるために必要な電力と占有周波数帯域幅との関係を(1)式によって計算すると第2図のとおりになる。この図からもわかるように占有周波数帯域幅として $2f_m$ 以上が許される場合はFM方式が有利であり、占有周波数帯域幅を $2f_m$ 未満におさねなければならぬ場合は、残留側帯波方式のAMとして電力を増さねばならない。

2.2 変調の方法

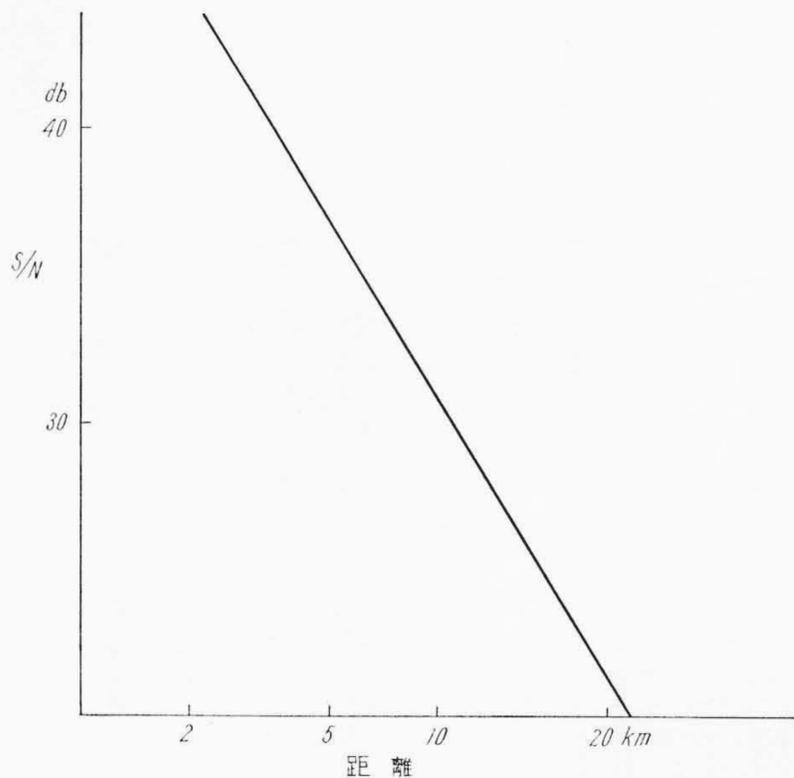
900 Mc帯で周波数変調を行うとすれば、クライストロンを直接変調することが最も望ましいが、実際には適当なクライストロンが容易に入手できないこと、900 Mcで広帯域の直線的な周波数変調を行うことが相当困難なことから、現状では採用できない。しいて周波数変調を行うとすればVHF段から逡倍する方法、デビエータ方式など相当複雑な方法を採らねばならない。

一方AM方式では3章で述べるように特に困難な問題なく変調を行うことができる。以上のような考察から現状ではAM方式が適当である。

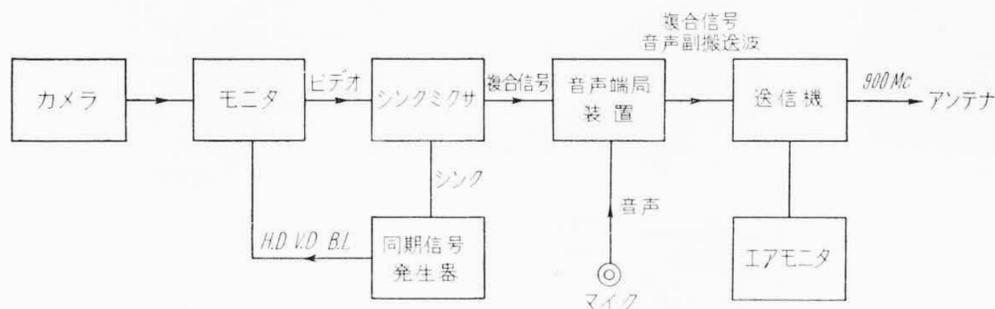
* 日立製作所戸塚工場



第2図 AMとFMの比較



第3図 距離と S/N の関係



第4図 送信系統図

2.3 回線設計

銀行などで利用される無線伝送は、本店から市内各支店に信号を送ることになり、本店では水平面内無指向性のアンテナを使用するが多い。この場合実用的な利得の限度は約 12 dB である。受信する支店側では利得 15 dB の八木アンテナを用いるとして、下記の条件で S/N の計算を行うと第3図のようになる。

送信出力 (平均電力)	10 W
送受給電線損失合計	9 dB (0.15 dB/m)
フィルタ損失	5 dB
受信帯域幅	4.5 Mc

900Mc帯においてはパラボラ形アンテナも金属棒で構成するリフレクタが使えるため、直径 2 m のもの、3 m のものも重量が軽く容易に施設できる。前者の利得は 22 dB、後者の利得は 26 dB であるから、これらを受信側に用いれば第3図の曲線をそれぞれ 7 dB、11 dB だけ上へ移動させることができる。

2.4 AM方式による回線構成

第4図の系統図に示すように、工業テレビジョンカメラの出力映像信号はシンクミキサーにおいて同期信号と混合され、音声端局装置にはいる。ここでは 4.5Mc の低域ろ波器により、映像信号から高い周波数成分を除去し、このあいたところへ 4.5Mc の音声用副搬送波を加えてやる。音声端局に音声信号が加えられると、副搬送波は約 ±25 kc の周波数偏移が与えられる。このようにして AM 送信機の入力には、4.5 Mc に帯域制限された複合テレビ信号と、±25 kc の周波数偏移をうけた 4.5Mc 副搬送波とが与えられ、900Mc を AM することになる。簡単のため、映像信号を単一周波として $A_1 \cos \omega_1 t$,

音声副搬送波を $A_2 \cos \omega_2 t$ 、音声信号も単一周波として $A_3 \cos \omega_3 t$ とすれば、900 Mc の主搬送波 $A_0 \cos \omega_0 t$ の上下には次のような周波数成分が発生する。

- (1) $A_0 \cos \omega_0 t$
- (2) $k A_1 \cos(\omega_0 + \omega_1) t$
- (3) $k A_1 \cos(\omega_0 - \omega_1) t$
- (4) $k A_2 J_0(m_f) \cos(\omega_0 + \omega_2) t$
- (5) $k A_2 J_0(m_f) \cos(\omega_0 - \omega_2) t$
- (6) $k A_2 J_1(m_f) \cos(\omega_0 + \omega_2 + \omega_3) t$
- (7) $k A_2 J_1(m_f) \cos(\omega_0 - \omega_2 - \omega_3) t$
- (8) $k A_2 J_1(m_f) \cos(\omega_0 + \omega_2 - \omega_3) t$
- (9) $k A_2 J_1(m_f) \cos(\omega_0 - \omega_2 + \omega_3) t$

このうち映像信号は (1), (2), (3) にて構成され、音声に関しては (4), (6), (8) によって振幅 $k A_2 J_1(m_f)$ 、周波数 $(\omega_0 + \omega_2)$ なる波が ω_3 によって FM されていると考えることができるから、受信側では ω_0 をコンバータによって受信機の所定チャンネルに落してやれば、映像および音声がそれぞれ AM 検波、FM 検波されることになる。

3. 各機器の詳細

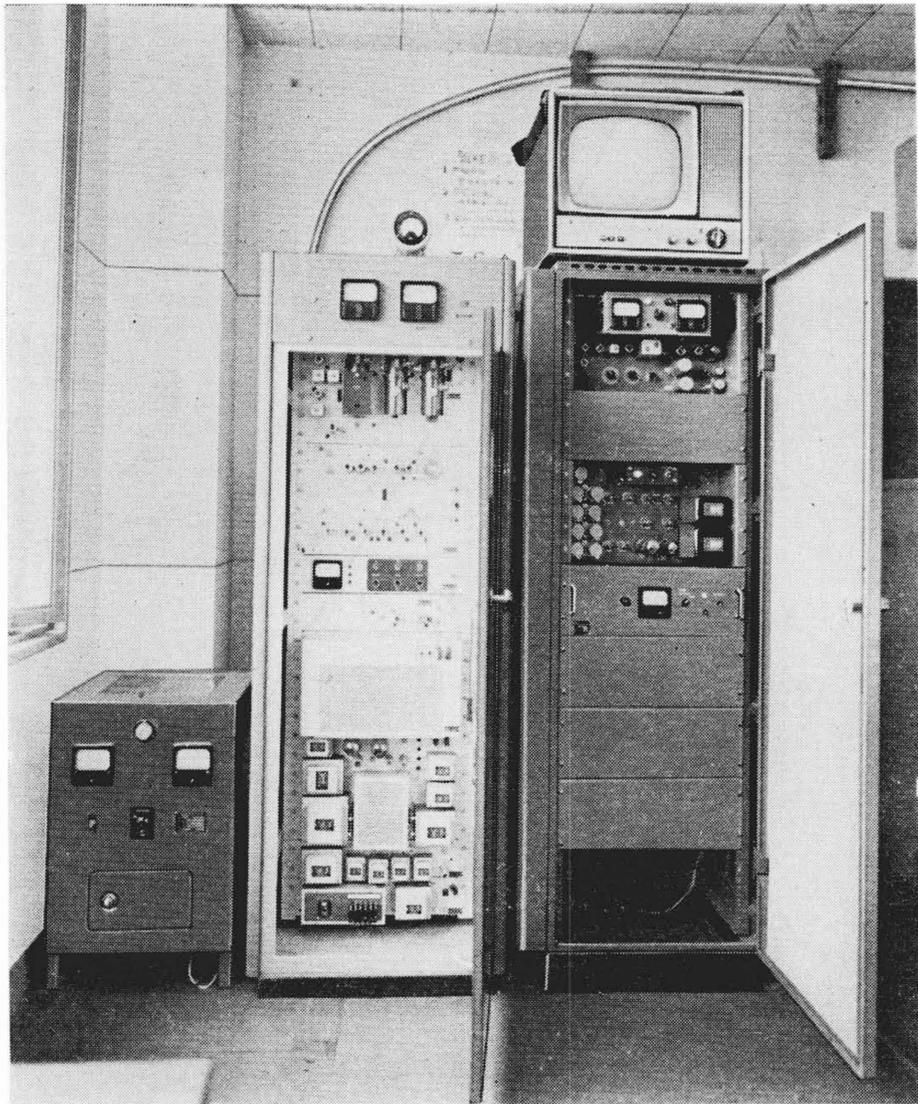
3.1 送信機

本送信機の設計当時は、900Mc帯で適当な電力増幅管が国産されておらず、やむをえず 3 極管 2C39A を用いざるを得ない状態であった。したがって尖頭出力 5 W、ビデオ帯域幅 6 Mc を目標とした。すなわち UTI-52 形送信機の定格は、

尖頭出力	5 W
使用周波数帯	830~920 Mc
変調形式	AM
変調極性	負
高周波出力インピーダンス	50 Ω
ビデオ入力インピーダンス	75 Ω
入力信号	1.4 V p-p, 同期負
電源	200 V 50~60 c/s

である。外観を第5図に、ブロック図を第6図に示す。

設計上の問題点としては、被変調管として 3 極管を用いざるを得



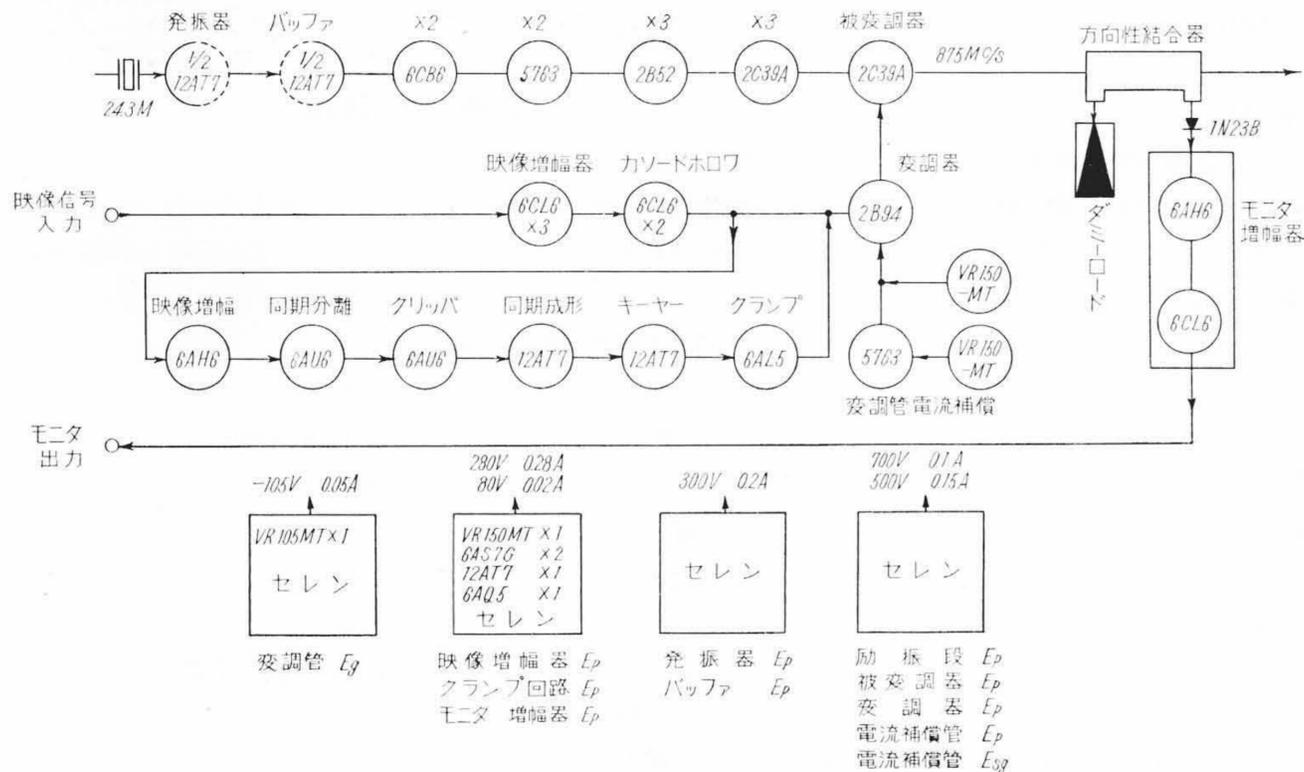
第 5 図 送信機 外観 図

なかったため、被変調器は格子接地形の高周波増幅器となり、ここで変調を行うとすれば、カソード変調が最も適しているので、その特性を検討することになる。

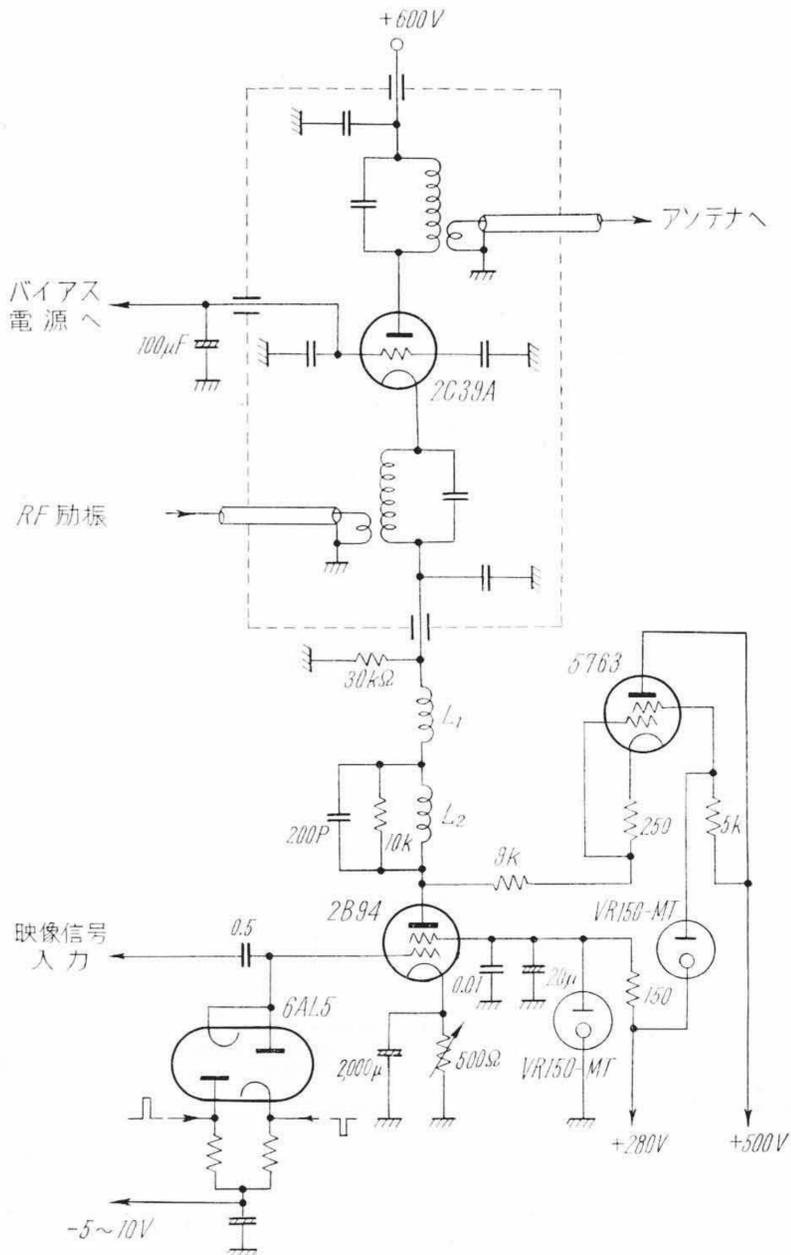
3.1.1 カソード変調と直線性

ここで行った変調回路は第 7 図のとおりで、被変調管のカソードと接地間に変調管が入り、そのグリッド電位の変化に応じて被変調管の全電流が変わり振幅変調が行われる。被変調管の出力タンクにおける基本波 H_1 は⁽²⁾

$$H_1 = \frac{KE_k}{\pi} (\theta_0 - \sin\theta_0 \cos\theta_0) \dots\dots\dots (2)$$



第 6 図 送信機 系統 図



第 7 図 変調器 回路 図

ただし K : 定数
 E_k : RF 振幅
 $\cos\theta_0 = -\frac{E_{bb}}{E_k}$

となり、比較的良好な直線性が得られるが、さらに変調管の g_m の弯曲特性を利用して E_{bb} を補正し、直線性を向上させることができる。

3.1.2 変調周波数特性

第 7 図をビデオ周波のみについて等価回路に直すと第 8 図のようになる。この回路から変調管 V_1 の利得 G_1 は

$$G_1 = \frac{-\mu_1 [Z_1 Z' / (Z_1 + Z')]}{r_{p1} + [Z_1 Z' / (Z_1 + Z')]}$$

ただし

$$Z' = \frac{r_{p2} + Z_3}{\mu_2' + 1}$$

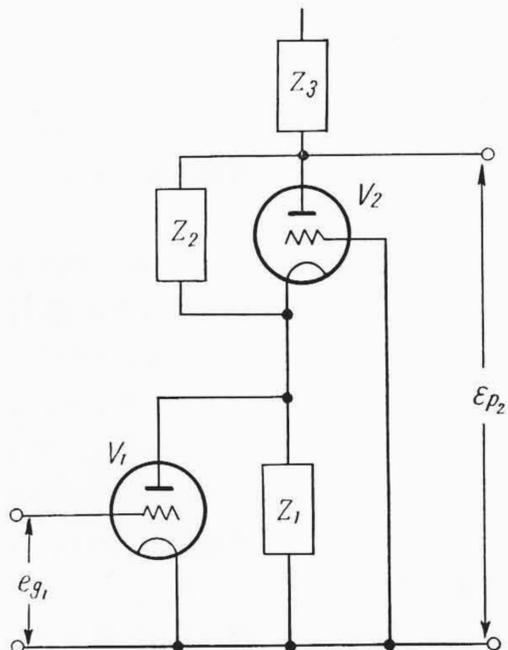
$$r_{p2}' = \frac{r_{p2} Z_2}{r_{p2} + Z_2}$$

$$\mu_2' = \frac{\mu_2 Z_2}{r_{p2} + Z_2}$$

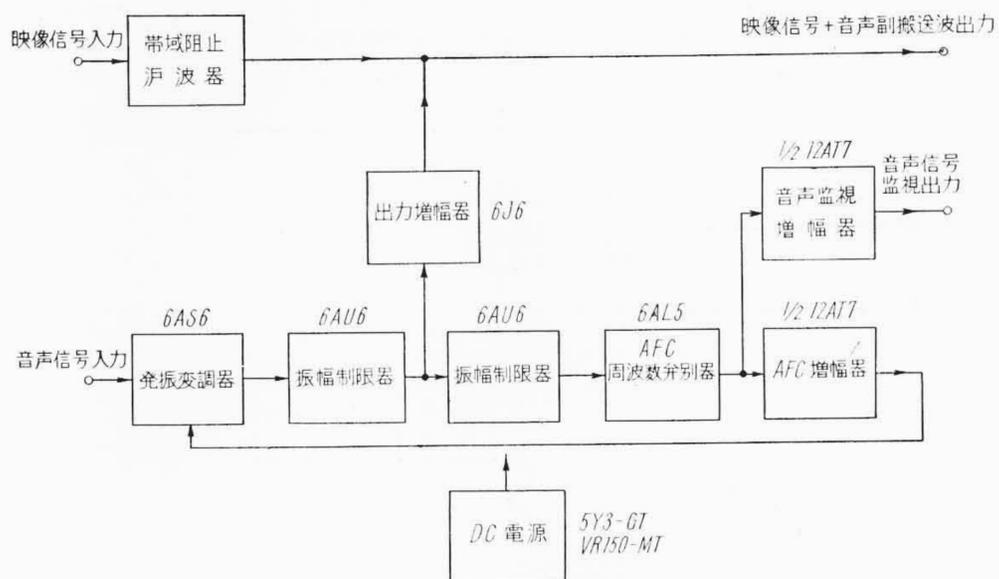
となり、各 Z が容量のみであった場合、周波数特性にもっとも影響するのは Z_1 である。

3.1.3 実際の変調回路

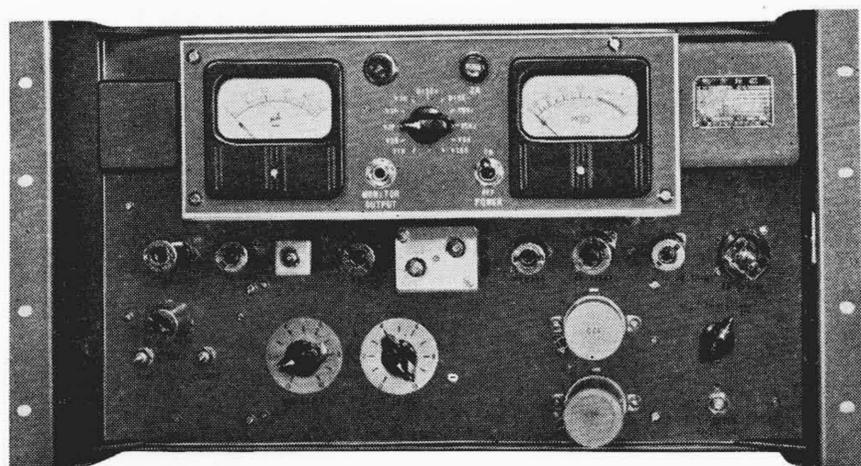
以上の 2 点に留意して設計した変調回路は第 7 図に示すよう



第8図 変調器等価回路



第9図 音声端局系統図



第10図 音声端局外観

なものであり、変調管としては2B94を並列接続して、この E_g 対 I_p 特性によって2C39Aの θ_0 対 H_1 特性を補償している。また2B94の E_g 対 I_p のカットオフ付近の弯曲は信号の白側が伸びる傾向となるので、これを補償するため映像信号の大きさと無関係に一定電流を2B94に流してやることにした。この目的のため4極管5763を電流制御管として使用した。このようにして直線性は6%以下におさえられた。

次に周波数特性に関しては、前述の Z_1 を構成する容量をできるだけ少なくするよう設計し下記の結果となった。

被変調器フィラメント変圧器の二次巻線と大地間の容量	51 pF
被変調管カソード同調回路の接地バスコンの容量	27 pF
変調管の出力容量	3.4 pF
配線容量	約 10 pF
合計	91.4 pF

さらに L_1 、 L_2 にて高域補償を行い5 Mcで1 dB降下程度の周波数特性を得た。この結果過渡特性実測値は、

サグ	2.7%
オーバーシュート	7%
立上り時間	0.15 μ s

となり、ハムは-53 dB (p-p/p-p)であった。映像信号の伝送用として十分である。

3.2 音声端局装置

映像信号の帯域を4.5Mc以下に制限し、音声でFMされた4.5Mcの副搬送波と混合する装置が音声端局であって系統図を第9図に、外観を第10図に示す。



第11図 20素子八木アンテナ

3.2.1 低域ろ波器

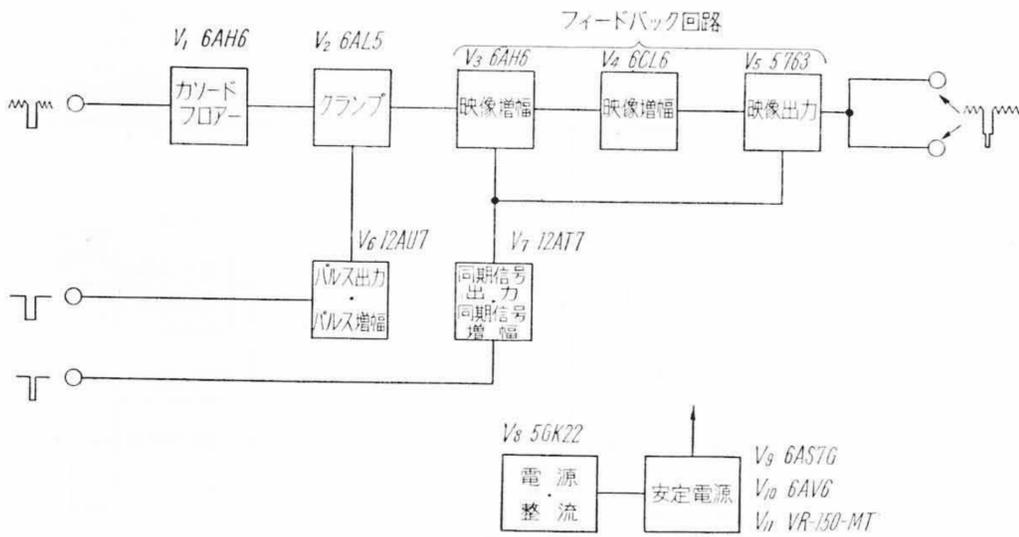
4.5 Mcにおいて約35 dBの減衰を要する定抵抗形ろ波器で、

入力インピーダンス	75 Ω \pm 10% (0~4.5 Mc)
出力インピーダンス	1k Ω 以上 (4.5 Mc)

である。

3.2.2 発振変調器

4.5Mc副搬送波の発振と、音声によるFMとは、1本の6AS6に発振管とリアクタンス管との作用を兼ねさせ、発振器としては陽極側と陰極側のそれぞれに接続された共振コイルにより発振し、リアクタンス管としては、サプレッサグリッドの電位を変化させることによって g_m を変え発振周波数を変化させている。サプレッサグリッドの動作電位を適当に選ぶとかなり直線性のよい周波数変化が得られる。出力としては6AU6で一度振幅制限し、振幅変調分を10%以下にして、出力増幅器6J6のカソード



第12図 シンクミキサ系統図

フローで取出している。ひずみ率は30 dB以上である。

3.2.3 AFC

さらに6AU6で振幅制限し、6AL5で周波数弁別し、その出力はモニタ増幅器およびAFC増幅器に与えられる。後者のカソード抵抗に生ずる電圧より発振変調管のサプレッサ電圧(約2V)を取出している。弁別器出力によってAFC増幅管12AT7のグリッド電位が変化すると、そのカソード・ドロップが変わり6AS6のサプレッサ電位を制御しAFCを行う。変調発振器の変調感度は約150 kc/V、AFCループ利得は約10である。

3.3 受信コンバータ

900Mc帯の被変調波を商用テレビ受像機のブランク・チャンネルに周波数変換するためのコンバータとして、局部発振器6F4A、ミキサ1N23Bを用い、6BQ7A(×1) 6AK5(×4)にて帯域幅約10Mc、利得約50 dBの第1中間周波増幅を行い75Ωで受像機に送り出している。

3.4 アンテナ

送受信に用いたアンテナは第11図に示すような20素子の八木アンテナで利得約15 dB、VSWR 1.4である。15 dB以上の利得を要するときは格子形のパラボラアンテナが有利であり、たとえば直径2mで利得22 dBのものをすでに開発した。インピーダンスはいずれも50Ωで給電線にはRG 19Uなどを用いる。

3.5 工業テレビジョン装置

TIE-4形工業テレビジョン装置⁽³⁾は、ブランキング信号のみ用いたランダム・インタレース方式を採用しているが、今回無線伝送を行うにあたっては同期信号を供給し、かつインタレースの機能をもたせることにした。

同期信号発生器としては全トランジスタ化されたTBE-21形装置を用い、映像信号との混合は第12図に系統を示したようなシンクミキサにおいて行うこととした。工業テレビジョン装置よりのブランキング混合映像信号はここで映像増幅後クランプされ、ブランキング信号の頭を揃えられる。一方、同期信号発生器から供給された複号同期信号は増幅されたのち、クランプ直後の映像増幅器のカソードに入り、ここでさきのブランキング混合映像信号と混合され、日本テレビジョン標準方式の信号として送信機に送り込まれる。この結果送信機のクランプ動作も確実となり、また受像側の同期安定度も改善されるのみならず、インタレースによって垂直解像度も向上した。

4. 結 言

以上工業テレビジョン信号の900 Mc帯での無線伝送について述べたが、今後この種の応用はますますさかんになるものと思われる。たとえば銀行業務のみならず、一工場と分工場との間の図面連絡などにもただちに適用されるものである。

UTI-52形送信機が製作されている途中において、UHF用の電力管4F16Rが日立製作所茂原工場で完成されたので、目下これを用いてUTI-201形20W送信機を検討中である。出力の増大によりサービス・エリアが拡大し無線伝送の特長はますます発揮されるであろう。

本装置の開発ならびに実用化に際し、その機会を与えられ、種々ご指導を賜った三和銀行合理化委員室大東次長および白江氏に厚くお礼申しあげる次第である。

参 考 文 献

- (1) 岡崎, 松井: 日立評論 41. (昭34-11)
- (2) H. J. Reich: Theory and Application of Electron Tubes, p. 122
- (3) 大串, 桜井: 日立評論 39, (昭32-12)



新 案 の 紹 介



実用新案登録第486912号

青 木 勝

薄 層 用 採 炭 機

採炭機は普通モータ部に所要馬力を有する一個のモータを内蔵して、その透截力を増大するにはモータの馬力を増大させなければならない。それにはモータの長さを長くするか、または径(高さ)を大きくしなければならないが、前者は設計上および工作上から限度があり、また後者は炭坑内の切羽が薄層である場合には使用困難となる欠点があった。

この考案はこれにかんがみモータ部内に二個の同一モータを並列に設置し、この両モータによりカット部を駆動させるとともに、そのいずれか一方のモータによりフィード部を駆動させるように構成したものである。

この考案によれば、モータの長さおよび高さを大きくしないで馬力を約2倍に増大させることができるから、薄層用として好適であり、透截力を著しく増大させることができる効果がある。

