

TIE-4 型 工業用 テレビジョン 装置

Type TIE-4 Hitachi Industrial Television

大 串 俊 夫* 桜 井 久 之*

Toshio Ookushi

Hisayuki Sakurai

内 容 梗 概

TIE-4 型は一般用工業用テレビジョン (ITV) 装置として新たに製作されたもので、小型、取扱容易で低価格であることを目標としている。このため電源同期、ランダムインターレース方式を採用し、同期信号はブランキング信号で代用する方式とした。撮像管にはビデコンを使用しカメラはきわめて小型化されている。映像回路はキイドクランプにより安定化され、周波数帯域幅は 6 Mc までのびている。また入力回路の雑音について簡単に述べた。TIE-4 型の基本構成はカメラ、モニターおよびカメラケーブルの 3 点であるが、使用目的によりカメラケース、雲台、カメラ切換器、増設受像機などの付属装置を付加することができる。

TIE-4 型を実際に使用する場合には使用目的によつて種々条件が異なるが、一般的に考慮する必要がある問題として次の諸点について概要を述べた。(1) 使用目的、(2) 被写体の範囲および精細度、(3) 被写体の明るさ、(4) カメラと受像場所との距離、(5) カメラの周囲条件。

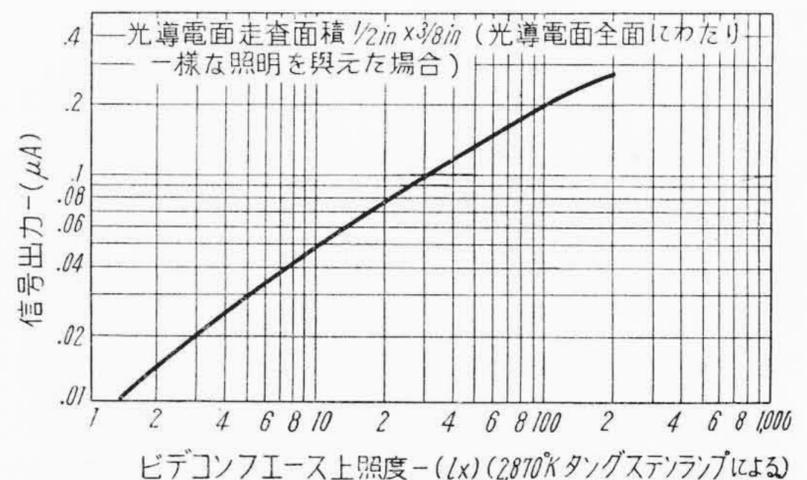
[I] 緒 言

工業用テレビジョン (ITV) はすでに水力発電所におけるダムの監視、火力発電所における炉内、水面計、煙突などの監視には広く使用されている。また、工場、学校、銀行およびデパートなどで ITV が次第に認識されてきている。これらの事業場では単にこれまでの作業または業務の一つの補助手段として ITV を使用するばかりでなく、ITV を使用することを前提条件とし、これを中心とする新しい業務形態が計画され始めている。また最近では放射性同位元素を取り扱う場合に ITV が要求され、放射線に暴露されたときのレンズのほかカメラ部品の性能寿命の変化あるいは放射線からの防護装置などが新しく問題となつている。このように拡大していく用途に応ずるためには ITV 装置として取り扱いの容易さ、動作の安定性、価格の低廉なことなどが特に要求される。このために特に大規模となるものや特殊用途のもの以外の一般の用途に対しては十分な適応性をもつ装置が望ましい。TIE-4 型 ITV 装置はこの目的のために製作されたもので、ITV 装置としての基本であるカメラ、モニターおよびカメラケーブルの 3 点で構成されている。電源関係はモニターに組み込まれて一体となつており、カメラは小型に製作され各種の要求に応じ得る適応性をもたせるように考慮が払われている。

[II] 設 計 方 針

一般用として設計する場合できるだけ高度の性能の要求に応じ得なければならないが、反面上述のように保守容易、安定性および低価格が ITV の普及のための必要条件である。TIE-4 型はこれらの点を考慮し、方式としては TV 放送方式に準じて設計されている。次に設計

* 日立製作所戸塚工場



第 1 図 ビデコン 6198 の出力特性

の主要な点について簡単に述べる。

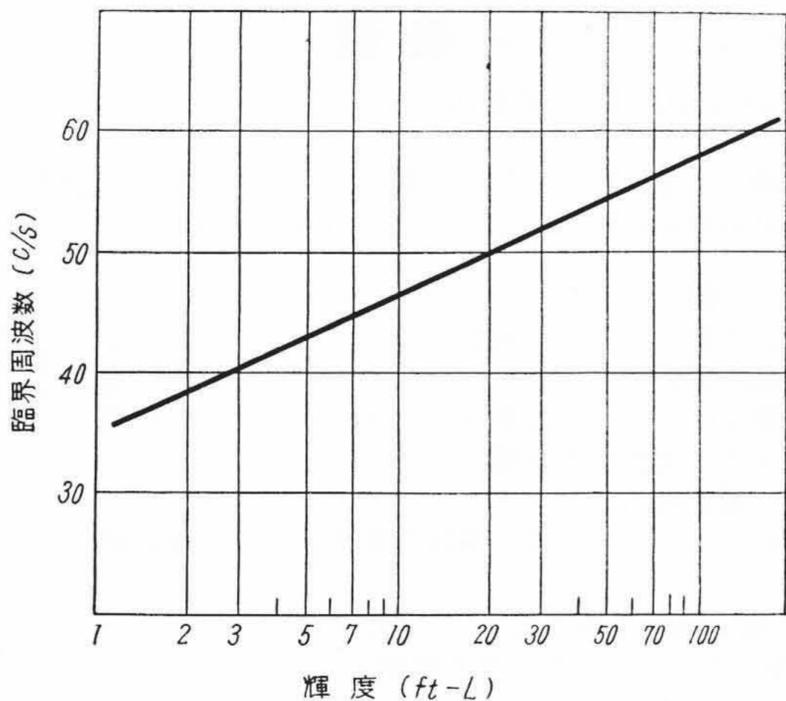
(1) 構 成

TIE-4 型としての基本構成はカメラ、モニターおよびカメラケーブルとし、実際に使用する時の条件に応じて付加装置をつけ、所要の目的を達しうるよう考慮している。

(2) 撮像管および受像管

ITV 用の撮像管としてはビデコンが最も広く使用されている。ビデコンの性能はよく知られているように、放送 TV の撮像管イメージオルシコンに対しては感度、解像力および残像の点では一步をゆずるが、寿命が長く保守が容易でカメラをきわめて小型軽量にすることができる点ではるかにすぐれている。特殊用途の ITV 用にイメージオルシコンあるいはイメージデセクタなどの撮像管を使用しているものもあるが、一般用としてはビデコンが最も適している。TIE-4 型にはビデコン 6198 を使用している。第 1 図にビデコンの特性の一例を示す。

受像管は 14RP4A を採用した。これは ITV のモニターは単なるカメラ制御用のモニターであるばかりでなく最終の受像装置となる場合がきわめて多いことと、入手の



第 2 図 受像画面輝度とちらつき臨界周波数との関係

容易なことを考慮し一般の TV 受像機の大きさとした。

(3) 走査および同期方式

方式の基準としては TV 放送方式に準拠しているが、装置を簡単にするため、多少省略をしている。すなわち、第 1 にランダムインターレース方式であることで、このため同期回路を簡略にし装置の安定度も向上している。この方式は放送 TV のインターレース方式に比較して垂直解像力が幾分低下するが実用上ほとんど差がない。第 2 に同期信号を省略してブランキング信号で代用していることである。カメラ制御モニターで受像する場合はまったくこの影響はないが、増設受像機で受像する場合に多少影響が現われるが、多くの場合あまり問題とならない。第 3 に電源同期であることで動作を安定とし装置を小型とするため電源同期とした。したがって電源周波数により垂直の繰り返し周期が異なることとなる。すなわち電源周波数にしたがってフィールド周波数は 50 c/s あるいは 60 c/s となる。これは受像画面のちらつきに影響を与える。第 2 図は受像画面の輝度とちらつき限界周波数との関係を示している。同じ輝度ならばフィールド周波数 50 c/s の場合 60 c/s よりちらつきが増加する。しかし電源同期としたので電源からの誘導による画面のゆれはまったく除去され、装置を小型にまとめることにはきわめて有効である。特に発電所などの強電流の存在する箇所において使用する場合外部よりの誘導障害に対して有利である。

(4) 解 像 力

TV 画面の解像力は通常水平解像力と垂直解像力とに分けて考えられているが、総合の解像力は近似的に次の式で表わされる。

$$\text{総合解像力} = \sqrt{R_H \cdot R_V} \dots\dots\dots (1)$$

R_H : 水平解像力
 R_V : 垂直解像力

したがって総合解像力を向上させるためには R_H, R_V ともに同程度の値として改善することが望ましいが、 R_V は走査線の本数で押えられ、TIE-4 型では約 300 本となる。走査線数を増加せずに R_V を改善する方式はきわめて複雑となり、現在の目的には実現困難である。 R_H は映像増幅器の周波数帯域を広げることにより向上させることができるが、帯域幅を広げれば雑音が増加し、また (1) 式の関係から一方だけを特に良くすることもあまり意味がないので、 R_H としては 400 本以上を目標とし映像周波数帯域幅は 6 Mc とした。

(5) 雑 音

カメラの雑音源としては初段増幅管のショット雑音およびビデコンのビーム電流による雑音の両者が考えられる。ビーム電流による雑音は初段増幅管の雑音より約 1 桁小さいからこれを省略して初段増幅管による S/N を考慮すれば次の式で表わされる⁽¹⁾。

$$S/N = \frac{R \cdot i_s}{\sqrt{4KT} \cdot \sqrt{(R+R_t)f + \frac{4\pi^2}{3} C^2 R^2 R_t f^3}} \dots\dots\dots (2)$$

i_s : ビデコンの出力信号電流
 R : ビデコンの負荷抵抗
 R_t : 初段増幅管等価雑音抵抗
 C : R の並列容量 (ビデコン出力、増幅管入力そのほか漂遊容量)
 f : 増幅器の周波数帯域幅

$R \gg 1/\omega C$ ならば (2) 式は次のようになる。

$$S/N = \frac{i_s}{2\pi f C \sqrt{\frac{KTfR_t}{3}}} \dots\dots\dots (3)$$

帯域幅 f を一定とすれば S/N を改善するためには (3) 式から明らかなように C と R_t を小さくすればよい。 C はビデコン出力回路および増幅器入力容量であるから、ソケット配線類の漂遊容量を減少させること、および入力容量の少ない増幅管を使うことが望ましい。また R_t を減ずるため初段増幅にはカスコード回路を採用し、6BQ7A 2 本を使用している。この場合の R_t は約 105 Ω となる。 R を 50 K Ω とし、 C : 20 pf, f : 6 MC, i_s : 0.1 μA , R_t : 105 Ω とし計算すれば S/N は約 35 db となる。0.1 μA の出力電流は後述するように約 1,000 ルクス of 明るさの被写体を f:2 のレンズで撮像した場合の出力と考えてよい。

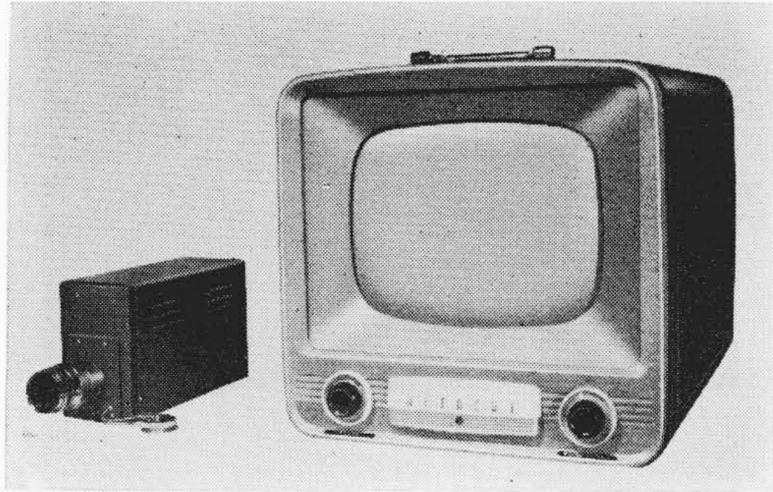
[III] 装置の概要

(1) 構 成

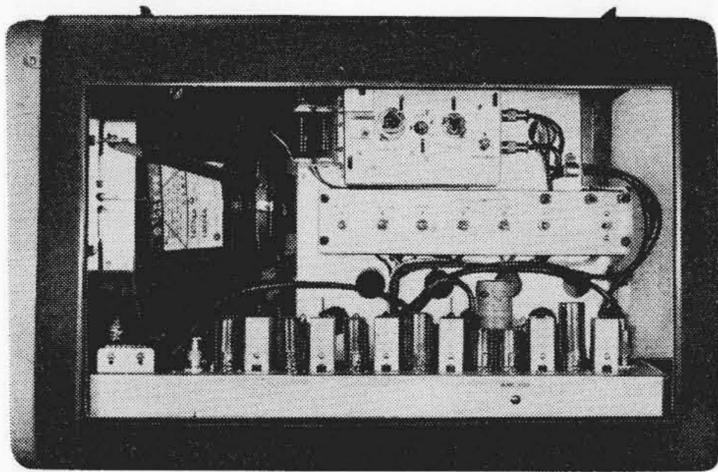
装置の構成は閉回路テレビの基本要素であるカメラ、

モニターおよびカメラケーブルの3点である。必要な電源装置はモニター内に組み込み装置の単純化を計っている。実際に使用する場合目的に応じてカメラの首振を遠隔制御する雲台、多数のカメラを1個のモニターで監視する場合のカメラ切換器、高温の場所で使用するときのカメラケ

ーシングあるいは増設用受像機、レンズターレットなどを適宜選択し、所要の性能を満足させることができる。第3図にカメラおよびモニターの外観、第4図にモニター内部



第3図 TIE-4 型カメラおよびモニター外観



第4図 TIE-4 型モニター内部

(2) 性 能

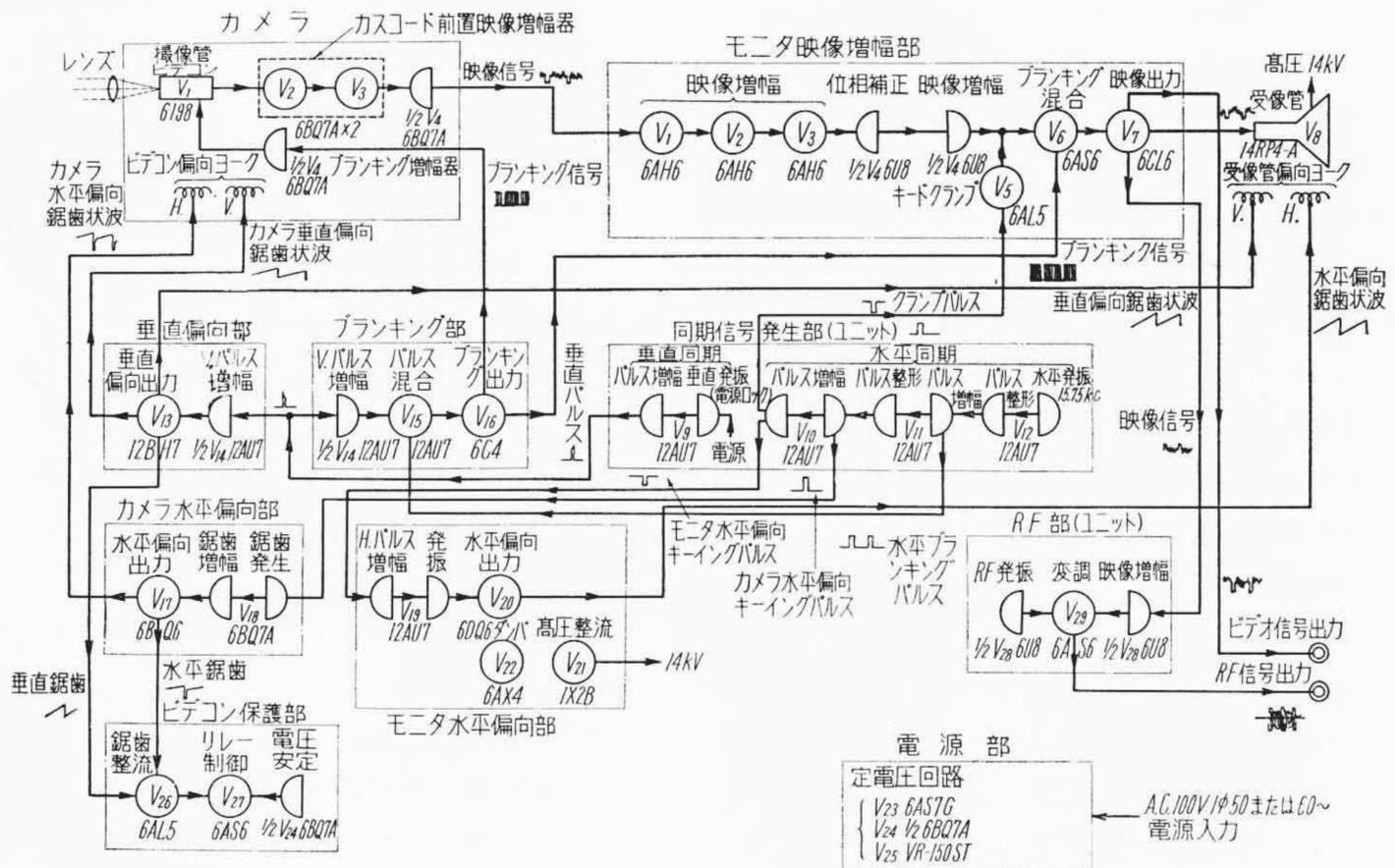
主要性能は第1表のとおりである。

(3) 回路の概要

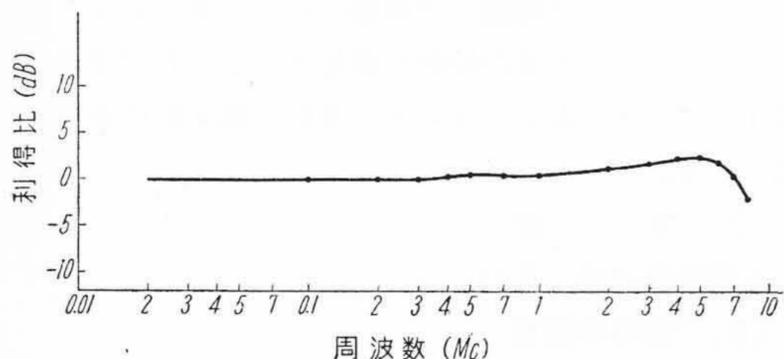
第5図はカメラおよびモニターの系統図である。主な回

第1表 TIE-4 型 主要性能表

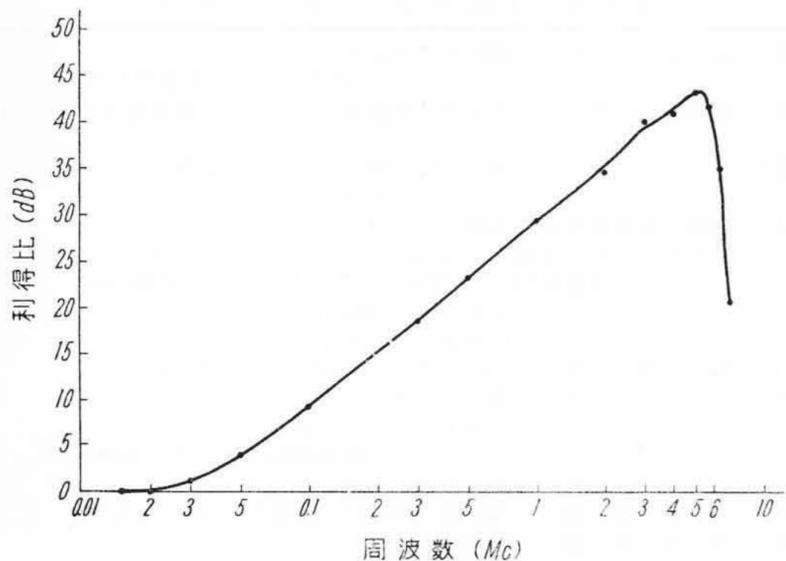
(1) 必要照度	500 ルクス以上 (レンズ F2 のものを使用した場合)
(2) 許容外囲温度	カメラ密閉型カバー 40°C 開放型カバー 45°C モニター 50°C
(3) 電源入力	90, 100, 110V 50 または 60 ~ 単相 400VA
(4) 撮像 受像装置間の距離	カメラ モニター間 150 m (カメラケーブル使用) モニター 受像器間 (10C-2V ケーブル使用の場合) RF 800 m ビデオ 1,000 m
(5) 撮 像 管	1 吋ビデコン 6198 または 6326
(6) レ ン ズ	35 m/m および 16 m/m カメラ用レンズ使用 (焦点調整はモニターで遠隔制御)
(7) 走 査 方 式	ランダムインターレース
(8) 走 査 線 数	525 本 (630 本) 括弧内は 50 ~ 用を示す
(9) 毎 秒 像 数	30 枚 (25 枚)
(10) 水平走査周波数	15.75 Kc
(11) 映 像 帯 域 幅	6 Mc
(12) 水平解像力	350 本以上
(13) 同 期 方 式	電源同期
(14) 走 査 歪	5% 以下
(15) 同期信号混入方式	ブラックザンブラック
(16) 受 像 管	14 吋メタルバック 静電集束ブラウン管 14 RP 4 A
(17) RF 出 力	90~108 MC 0.1 V/75 Ω
(18) ビデオ出力	1.4 V/75 Ω プランキンングパルス負相
(19) 寸 法 重 量	カ メ ラ 高 172 幅 110.5 奥行 300 約 4 kg モ ニ タ 高 442.5 幅 452 奥行 630 約 45 kg カ メ ラ ケ ー ブ ル 5/8" 径 18 芯内 3 芯同軸



第5図 TIE-4 型 ITV 装置系統図



第 6 図 カメラ映像増幅器周波数特性



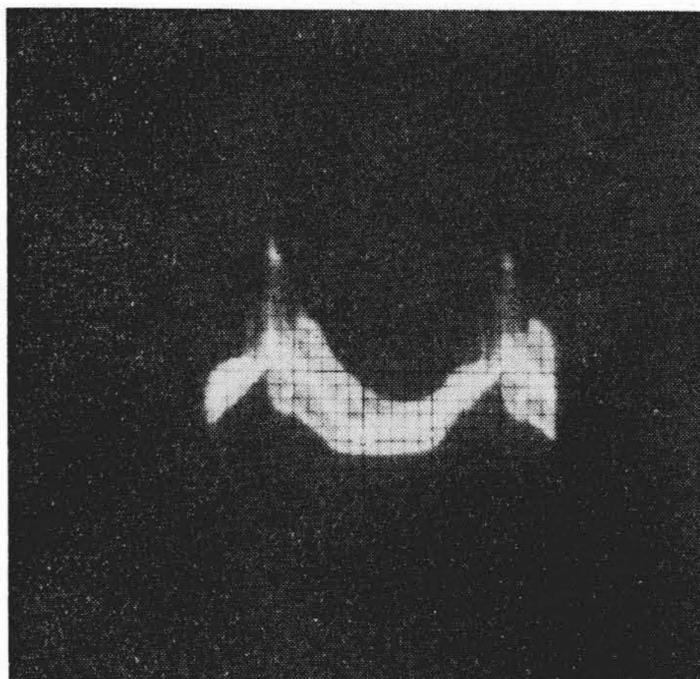
第 7 図 モニタ映像増幅器

路の概要を次に述べる。

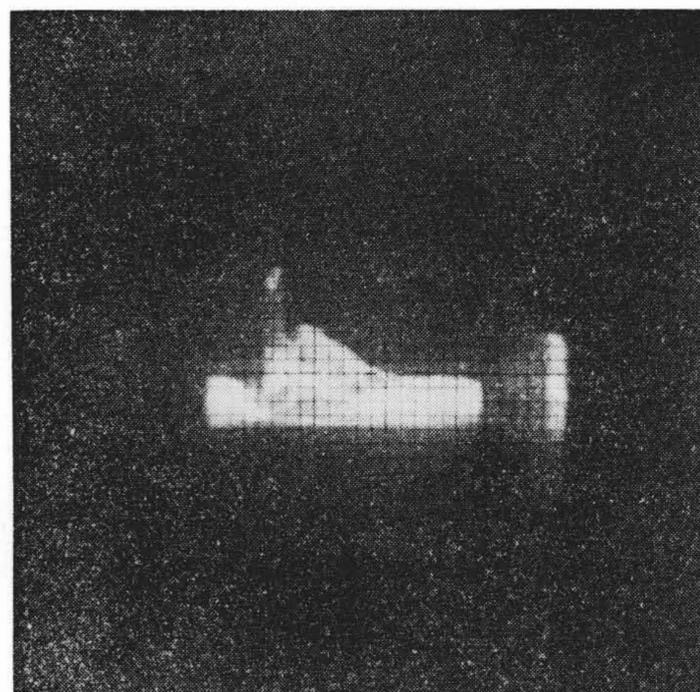
(A) 映像増幅回路

第 5 図で明らかなように映像増幅回路はカメラ内前置増幅器とモニタ内の主増幅器に分かれている。前置増幅器は前述のように低雑音であることが要求され、6BQ7A を 2 本使用しそれぞれのユニットを並列とし初段をカソード接地、2 段目をグリッド接地としたカスコード回路である。カスコード回路の利得はそれと等価の gm をもつ 5 極管に近似しており、ショット雑音は 3 極管に同じで、ミラー効果も少なく、低雑音広帯域増幅器としてすぐれている。カメラ内の映像増幅器の振幅周波数特性は第 6 図のとおりである。

ビデコンの信号出力負荷抵抗は 50~100 KΩ を使用しているが、これにビデコンの出力容量、初段 6BQ7A の入力容量および配線などの漂遊容量が並列に入ることになるから映像増幅器の周波数特性はこれを補償するために高周波域で低周波域より利得を上げるようにしなければならない。カメラ内の特性は第 6 図に示すように平坦な特性とし、モニタ内の主増幅器の V₂ 格子の回路に CR の補償回路を入れ、高周波域と低周波域に利得差をつけて補償している。またビデコンのビームの断面が完全な点でなくある大きさをもっていることにより解像力が低下する。これを補償するためには位相推移を伴わないで高周波域の利得を上げればよい。TIE-4 型ではモニタ映像増幅器の V₃ で



(a) V₄ g₁ 初段よりハムの誘導クランプなし



(b) V₄ g₁ クランプ有り

第 8 図 キイドクランプの効果

高域の利得を上げ、V₄ の 6U8 の 3 極管部で位相補正を行つている。モニタ映像増幅器の周波数特性は第 7 図に示すとおりで上述の 2 つの高域強調の補償により約 40 db の利得差がついている。

直流再生には 6AL5 (V₅) によるキイドクランプ回路を使用している。増幅器の前段の方から入る約 10 kc 以下の誘導はこれによりまったく除去することができる。第 8 図には映像増幅器に故意に 50c/s を混入させた場合の信号波形で (a) はキイドクランプなしの場合、(b) はキイドクランプ有りの場合で誘導はほとんど除去されている。

(B) 同期偏向回路

電源同期、ランダムインターレース方式を採用し、さらに同期パルスはブランキングパルスを併用しているから同期信号発生部はきわめて簡単なものとなっている。前述のキイドクランプ用のキイイングパルスは

ブランキングパルスより幅を狭くする必要があるから、ブランキングパルスをさらに整形して幅を狭くしてキイイングパルスとしている。垂直偏向は同じ出力変成器からビデコン用とブラウン管用とを取り出している。ビデコンの水平偏向はキイイングパルスと同じ幅のパルスで直接鋸歯状波を作り、ブラウン管の水平偏向は同期信号発生部からのパルスでブロッキング発振器を同期させこの出力でフライバックトランスを駆動している。

ビデコンの動作中に水平または垂直偏向のいずれか一方、たとえば水平偏向が停止したとすればビデコンのビームは光電面の一箇所を垂直にだけ偏向し、光電面に1本の垂直の線の焼付を生ずる。これを防ぐためにいずれかの偏向が停止した場合には、リレーにたよつてビデコンの加速電極の電位を接地しビデコンのビームをやめるようになっている。

(C) RF 発振回路

これはモニタの映像を少し離れたところ(約1,000米以内)でみる場合、普通のTV放送受像機で受像できるように90~110Mcの発振を行いその出力を映像信号で変調している。放送受像機には同軸ケーブルで結合し、適当なチャンネルに合わせて受像することができる。

[IV] 装置設置の場合の問題

初めに述べたように TIE-4 型は一般用の基本形式として設計されている。したがつて実際に使用するにあつては目的や周囲の条件に応じてレンズ、雲台、照明あるいはカメラ切換器や増設受像器などの選定を行わなければならない。これは ITV の設備計画の際検討されるべき問題であるが、ここでその際取り上げられる問題の要点について考えてみたい。

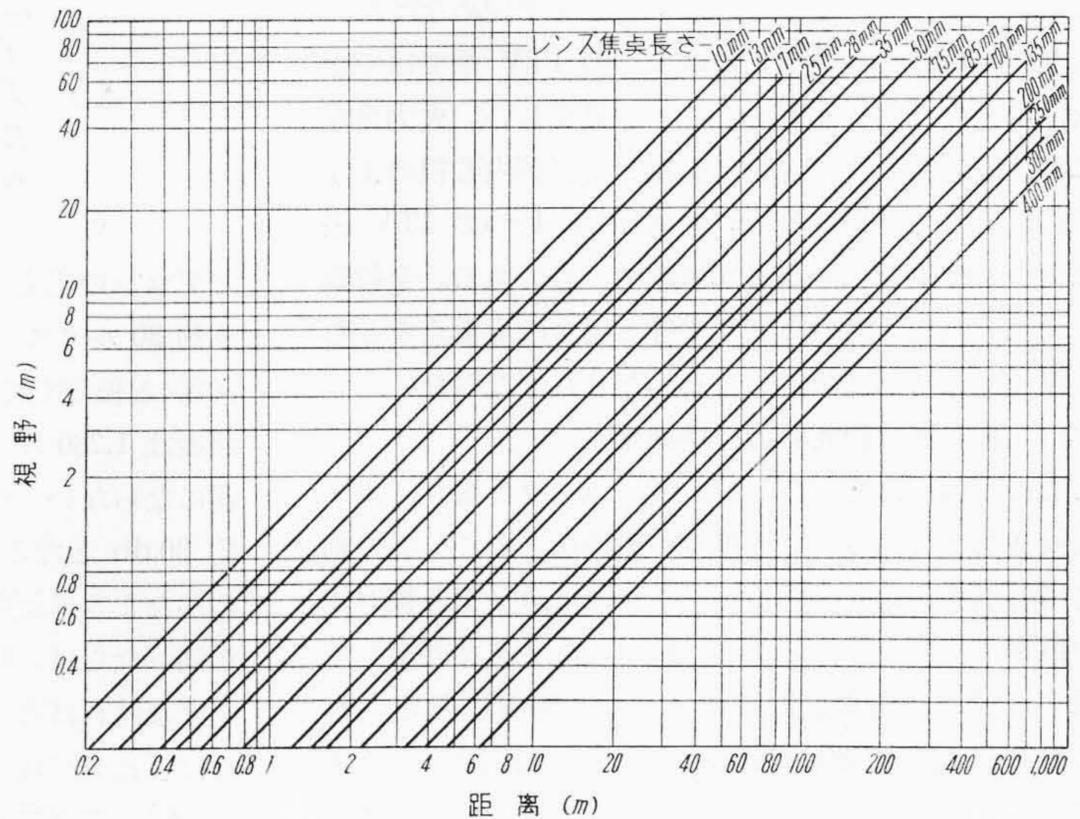
一般に ITV を設置するとき考慮しなければならない点を列挙すれば次のとおりである。

- (1) 使用目的
- (2) 被写体の範囲および精細度
- (3) 被写体の明るさ
- (4) カメラと受像場所との距離
- (5) カメラの周囲条件

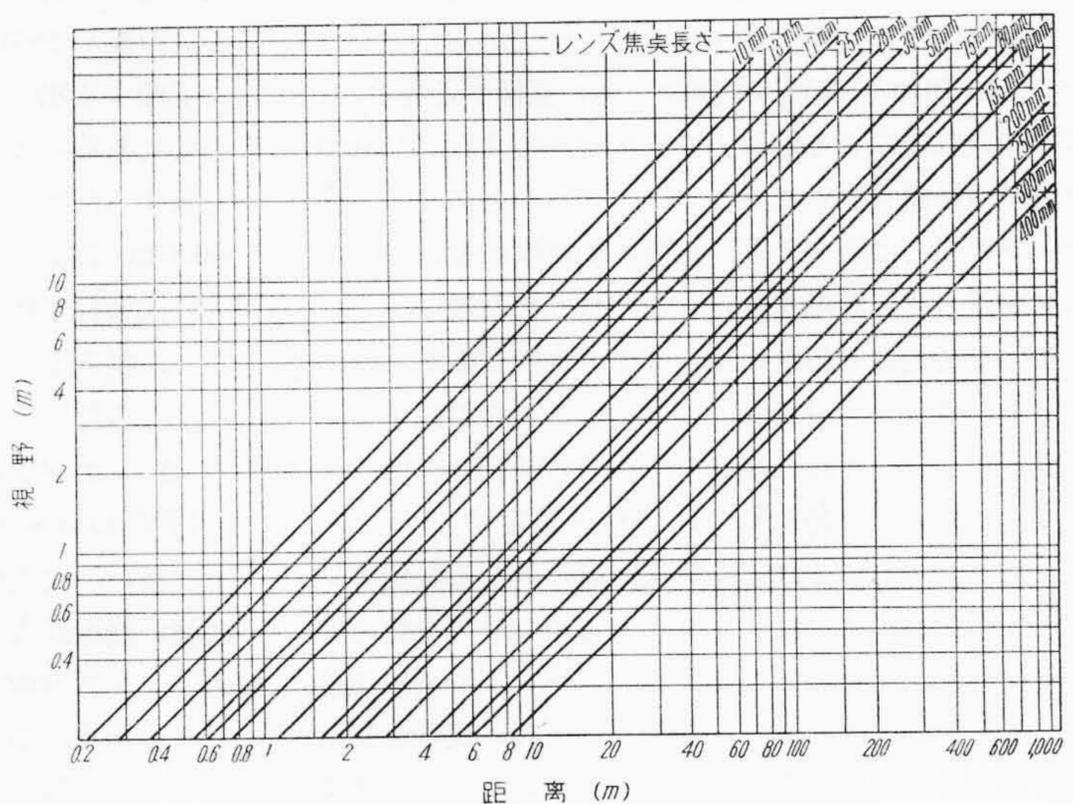
次にこれら各項について簡単に述べる。

(1) 使用目的

これはいうまでもないことであるが、ITV を設置し具体的にどのように使うことになるかを明確にしておかねばならない。たとえば広い範囲をばく然と監視するものか、細い数字を読んだり、小さい変化の判別をするものか、あるいは広範囲をみるとともにその一部の詳細もみ



第9図 ビデコンカメラの視野 (横方向)



第10図 ビデコンカメラの視野 (縦方向)

る必要があるのか、などということをもまず定めなければならぬ。1台のカメラまたは1つのITV系ではできるだけ単純な目的で使用する事が望ましい。火力発電所における煙突監視、水面計監視および炉内監視のように目的に応じてITVの系統を増加し、1つのITV系には1つの仕事をさせるよう考慮すべきである。全般監視と局部監視を1台のカメラで行う場合にも重点をどちらに置くかは初めに確定しておかなければならない。

(2) 被写体の範囲および精細度

ここで問題となるものはレンズ、カメラ首振り、カメラ切換えなどである。どの程度の範囲をどのくらいの細かさで判別する必要があるか、これにはカメラと被写体との距離が主要な条件となる。1台のカメラを固定して使用する場合は撮像範囲はカメラの視野内に限定される。第9図と第10図に使用レンズの焦点距離をパラメータとして被写体との距離を変化させた場合の撮像範囲を示してある。また精細度の点を考えると、たとえば水平解像力が300本の装置では画面の縦横比が3対4であるから画面全体としては水平400本の解像力がある。したがって横幅10mの被写体を画面全体に撮像する場合、レンズの非点収差による解像力の低下を無視すれば2.5cm幅の白黒の縦縞を判別することができることになる。固定カメラの場合は撮像範囲、距離、精細度の要求を満足するレンズの焦点距離を選定しなければならない。これらの条件を満足させ得ない場合はカメラの首振りあるいは2台以上のカメラを設置して切換えることを計画する必要がある。このいずれの場合でも所要の精細度が得られる範囲内で最大の視野をもつレンズを選定すべきである。レンズターレットにより焦点距離の異なる数個のレンズを切換え、あるいはバリアフォーカルレンズを使用して視野を可変にすることができる。ターレットでは切換えレンズを適当に選らぶことにより広範囲に視野を変えることができるが、その変化は断続的である。バリアフォーカルレンズは最大視野と最小視野との比が約4:1であるが、画面が途切れずに視野が変化することは大きな利点である⁽²⁾。この両者とも視野の中心は変わらずその大ききだけ変化するのであるから、多くの場合カメラ首振りと併用することにより大きな効果をあげることができる。

(3) 被写体の明るさ

被写体の明るさがどの程度あればよいかということはITVを使用する場合重要な問題である。被写体の照度とビデオンの光電面の照度とには周知のように次の関係がある。

$$I_s = \frac{4fI_{pt}(m+1)^2}{TR} \dots\dots\dots(4)$$

I_s : 被写体の照度 (ルクス)

I_{pt} : 光電面の照度 (ルクス)
 f : レンズの口径比
 T : レンズの透過率
 R : 被写体の反射率
 m : レンズの横倍率 (ごく近接撮影以外は無視してよい)

ビデオンの出力 $0.1 \mu A$ の場合の光電面照度は第1図より約30ルクスであるから、 f 比が2、 T を75%、 R を50%と仮定して(4)式により計算すれば被写体の所要照度は1,280ルクスとなる。この場合雑音はほとんど問題にならない。被写体照度を500ルクスとすれば S/N は約30dbとなるが実用上さしつかえない。(4)式から明らかのように反射率の小さい被写体の場合レンズの f 比が同じならば、同じ出力を得るためには被写体の照度を上げなければならない。また f 比が1のレンズを使用すれば f 比2の場合の $1/4$ の照度でよいことになる。

(4) カメラと受像場所との距離

受像をする場所が1箇所でカメラの設置箇所に比較的近い場合(約150m以内)はカメラとモニターのみでよいが、距離が150m以上になる場合、あるいは2箇所以上で受像する場合はカメラ、モニターのほかに増設受像機が必要である。カメラ制御はモニターで行い、受像機は単に受像するだけである。受像機とモニターとの距離は最大約1,000mである。これ以上に距離があるときには中国電力株式会社明塚発電所、電源開発株式会社佐久間発電所などに納入した装置のように特別に伝送方式を考えなければならない^{(3),(4)}。

(5) カメラの周囲条件

ITVのカメラは周囲条件の悪い場所に設置されることが多い。火力発電所における炉内監視カメラはレンズに強い熱線が入り、また周囲温度は $40 \sim 50^\circ C$ となるため、レンズの前面には吸熱ガラスを置いて熱線を遮断し、冷却水、強制空冷によりカメラの周囲温度を低く保っている。製鉄所などでも $70 \sim 80^\circ C$ の場所にカメラを設置することがあり冷却装置は重要な問題点となる。また最近放射線に暴露された被写体を撮像する必要が生じてレンズ、ビデオンそのほか部品類の放射線に対する性質が問題となつているが、これらの中ではレンズが最も弱いと考えられている。直接の放射線を避けるために被写体からの光をいつたん屈折または反射させて撮像することも可能である。このほか化学工場で薬品の蒸気または粉末の中で撮像する場合、また爆発物の近くで使用する場合などそれぞれ十分なカメラ保護装置を設備する必要がある。これらの悪条件の下で撮像することがITVの主要な用途の一つであるから、カメラ保護装置は慎重に検討しなければならない。

〔V〕 結 言

TIE-4型 ITV装置はさきに製作された各種ITV装置の経験に基づき、設計製作したものである。ITVの性能としては必要な感度、解像力を有するとともに、動作が安定であること、装置が簡単でしかも取扱が容易であることが不可欠の条件である。本装置はこれらの点を考慮し、特に同期および走査方式は放送TVに比較してきわめて簡単な方式を採用して装置の簡易化を図っている。ITVの広い用途に対してもかなりの順応性をもつように設計されているが、実際使用上の性能については大方の御叱正により改善して行きたいと考えてい

る。

本稿を終るにあたり、TIE-4型の設計製作について種々基本的研究を担当していただいた日立製作所中央研究所高田部長ならびに関係者の方々、また直接御指導御鞭達を賜った日立製作所戸塚工場東副部長ならびに俣田課長に厚く感謝するものである。

参 考 文 献

- (1) Zwoliken, Morton: Television P 531
- (2) 関口ほか: 日立評論別冊18号60
- (3) 今西, 内藤: 日立評論 37, 579 (昭30-3)
- (4) 木村ほか: 日立評論 39, 453 (昭32-4)



最近登録された日立製作所の特許および実用新案

(その3)

(第28頁より続く)

区 別	登録番号	名 称	工 場 別	氏 名	登録年月日
実用新案	467049	遠心力開閉器	日立工場	本間千代一	32. 10. 25
"	467057	ターボ発電機回転子巻線	日立工場	是井良朗	"
"	467062	油入電気器の端子引出装置	日立工場	須田長治	"
"	467065	蓄電池電源端電池挿脱装置	日立工場	石垣喜重郎	"
"	467068	ターボ発電機回転子	日立工場	磯部昭二郎	"
"	467070	水車発電機冷却水供給装置	日立工場	是井良朗	"
"	467091	無停電電源装置	日立工場	紛沢秀夫	"
"	467104	防爆型電磁開閉器の蓋締付装置	日立工場	深栖俊一	"
"	467105	電磁開閉器の操作把手装置	日立工場	西一郎	"
"	467107	回転軸の間歇回転装置	日立工場	鈴木正明	"
"	467108	押ボタン開閉器	日立工場	鈴木正明	"
"	467109	函入電磁開閉器	日立工場	馬場秀幸	"
"	467114	函入電磁開閉器	日立工場	白土忠治	"
"	467115	函入電磁開閉器の支持枠締付装置	日立工場	白土忠治	"
"	467118	電磁接触器	日立工場	鈴木正明	"
"	467119	耐衝撃型電磁接触器	日立工場	滑川清	"
"	467120	急速加減速装置	日立工場	白土忠治	"
"	467132	繰返し衝撃電圧発生装置	日立工場	桜井忠政	"
"	467030	電磁制動機	国分工場	小野田芳光	"
"	467034	密閉型端子套管の油面計	国分工場	前川敏明	"
"	467041	電磁石	国分工場	井上利夫	"
"	467063	乾式変圧器のタップ切換器支持装置	国分工場	菅原利男	"
"	467074	避雷器直列間隙装置	国分工場	富安洋夫	"
"	467086	操作開閉器	国分工場	富安洋夫	"
"	467087	二段操作型操作開閉器	国分工場	酒井真平	"
"	467088	二段操作式操作開閉器	国分工場	桜井真平	"
"	467095	押ボタン開閉器絶縁ケース	国分工場	前川愛一	"

(第52頁へ続く)