
テレビ放送装置特集

4 ビジコンカラーフィルムカメラ.....	53
カラー用同期信号発生器.....	60
テレビマイクロ波中継装置の全固体電子化.....	65
全固体電子化 UHF 3W TV サテライト装置.....	72
UHF TV サテライト局用小形出力フィルタ	76

4 ビジコンカラーフィルムカメラ

4-vidicon Color Film Camera

高 木 実*
Minoru Takagi

渡 辺 育 郎*
Ikuo Watanabe

村 上 昭 治*
Shōji Murakami

倉 田 康 弘*
Yasuhiro Kurata

福 田 正 明**
Masaaki Fukuda

要 旨

テレビジョン放送業務に占めるカラーフィルムカメラの役割は大きいが、従来方式のカメラでは十分な結果は得られがたく、新しいカメラの出現が望まれていた。本文では従来方式カメラと4撮像管による分離輝度方式カメラの差異について述べ、この方式の長所と画質の向上および無調整化との関連、ネガカラー反転送像と自動制御の実用化、運用・操作の改善などの諸点について記している。

1. 緒 言

1965年、世界初の4撮像管による分離輝度方式のTB-40形4ビジコンカラーフィルムカメラを開発し、NHK放送センターに設置し実用してきたが、カラーネガフィルム反転送像方式の実用化が必要とされたこと、保守の面で改良を要したこと、静電集束・電磁偏向形ビジコン管が国産・実用のめどがついたことなどから、これらの改良と新しい機能を加えたTB-40B形(図1)を開発した。

ここでは本装置の開発の基本方針と検討事項について記し、参考に供する。

2. カメラの概要と設計の要点

このカメラは撮像管にビジコンを使用した、4撮像管分離輝度方式カラーフィルムカメラで、フィルムとスライドの撮像に使用される。フィルムカメラは一般に自動運行される傾向にあり、常時操作人員を配置することは望めず、無調整・無操作で運用ができ、迅速・正確に操作されねばならない。したがってこのカメラの設計に当たり次の点に重点をおいた。

(1) 高い品位の画質

画面全体に一樣に高い解像度を持ち、あざやかなカラー画像が高い信号対雑音比で得られること。

(2) 無調整・自動運行

カメラの動作を安定にし、高い性能を長時間保つことができ、自動制御を完備し運用操作を自動化すること。

(3) ネガカラーフィルムの反転送像

ネガカラーフィルムの許容露光範囲が広く、処理が迅速であるなどの素材制作上の利点を生かし、プリントによる解像度劣化、処理の複雑さなどの欠点がなく、経済性ならびに速報性を発揮すること。

(4) 運用・保守の合理化

モニタと調整器を人間工学に添って集中配置し、操作を1人で容易かつ正確にできる構造とし、素材の偏差による補正を行なっても、標準設定を容易に行ないうるようなテストパルスを備えること。

3. 画質と安定度

高い品位の画像と動作の安定度をうるためには、分離輝度方式の解像度、重ね合わせなどについて十分な検討をすることおよび撮像管の選択、光学系の能率や特性を定めねばならない。

* 日本放送協会技術本部演奏設備部

** 日立電子株式会社

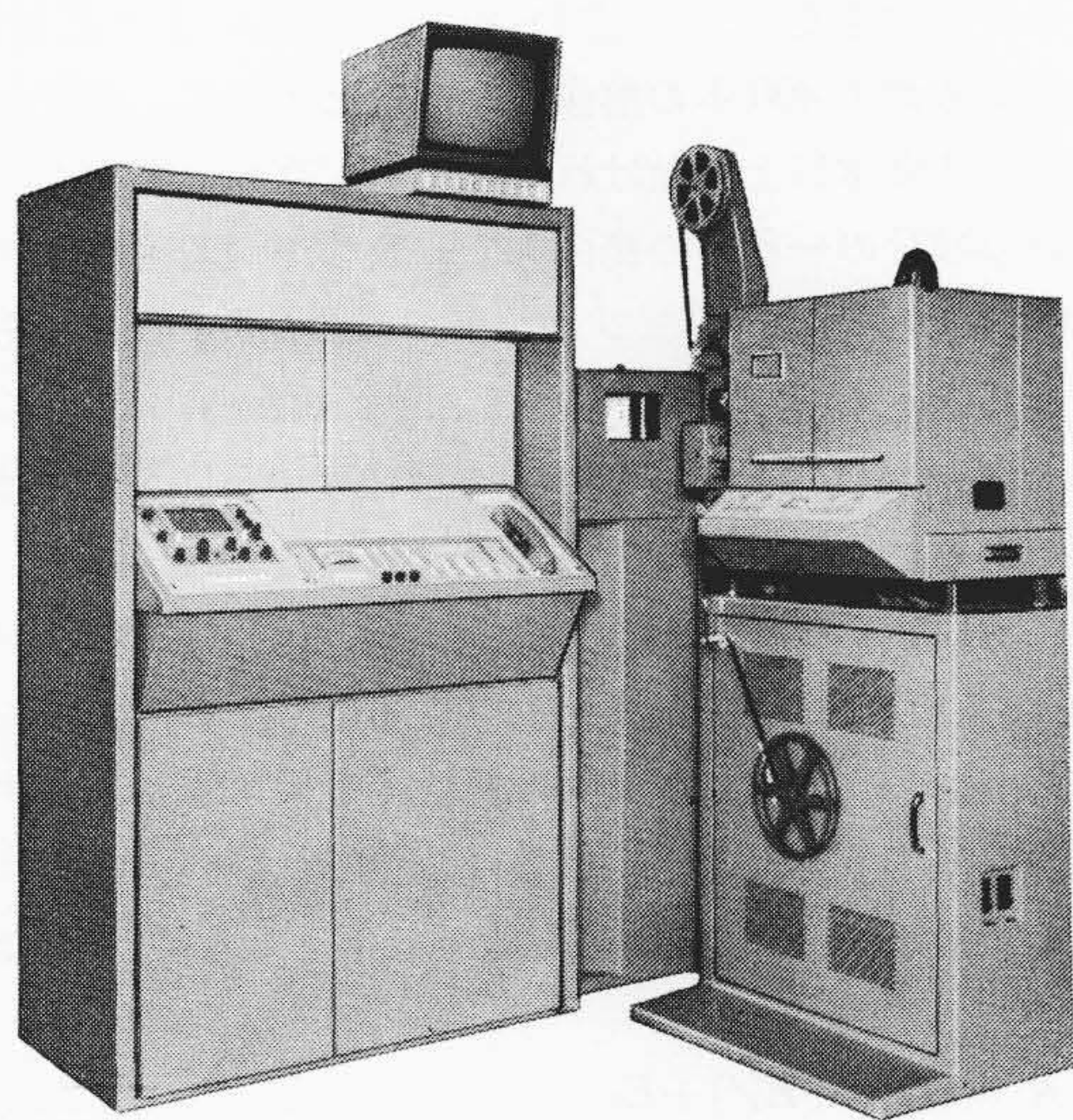


図1 TB-40B形4ビジコンカラーカメラ

3.1 カラーカメラの信号

従来方式カメラ(以下RBGカメラと呼ぶ)と分離輝度方式カメラ(以下YRBGカメラと呼ぶ)のカラー信号について調べる。

3.1.1 RBGカメラのカラー信号

RBGカメラによるカラー信号は次式により示される。

$$E_M = E_Y' + \{E_I \cos(\omega t + 33^\circ) + E_Q \sin(\omega t + 33^\circ)\} \dots (1)$$

$$E_Y' = 0.3E_R' + 0.59E_G' + 0.11E_B' \dots (2)$$

$$E_I = 0.6E_R' - 0.27E_G' - 0.33E_B' \\ = -0.27(E_B' - E_Y') + 0.74(E_R' - E_Y') \dots (3)$$

$$E_Q = 0.21E_R' - 0.52E_G' + 0.31E_B' \\ = 0.41(E_B' - E_Y') + 0.48(E_R' - E_Y') \dots (4)$$

ただし、 $E_R' = R^{1/\gamma}$ 、 $E_G' = G^{1/\gamma}$ 、 $E_B' = B^{1/\gamma}$ とし、 γ は受像管のガンマ値、 R 、 G は撮像管で光電変換される各原色画像の実効入射光量である。

カラー受像機では、 E_M より E_R' 、 E_G' および E_B' を復調し、それぞれ R 、 G および B 原色画像を再生しカラー画像を受信する。これに対しモノクロ受像機は E_Y' を復調し次式により輝度信号画像を受信する。

$$Y' = (E_Y')^\gamma = (0.3R^{1/\gamma} + 0.59G^{1/\gamma} + 0.11B^{1/\gamma})^\gamma \dots (5)$$

ただし、 Y' は受像管で再現される輝度である。

(5)式で、モノクロ受像機では、三原色画像の明度に対応した画像ではないことがわかる。

3.1.2 YRBGカメラのカラー信号

YRBGカメラではカラー信号は次式で示される。

$$E_M = E_W' + \{E_I \cos(\omega t + 33^\circ) + E_Q \sin(\omega t + 33^\circ)\} \dots (6)$$

$$E_W' = (0.3R + 0.59G + 0.11B)^{1/\gamma} \dots (7)$$

ただし、 E_I 、 E_Q についてはそれぞれ(3)、(4)式が成立する。

モノクロ受像機では、 E_W' を受信し三原色画像の明度に比例した画像を再現する。これに対しカラー受像機では次式で再現され、 E_Y' は(2)式、 E_W' は(7)式で示されるため、その偏差のひずみを受けることになる。

$$R' = \{(E_R' - E_Y') + E_W'\}^\gamma \dots (8)$$

$$G' = \{(E_G' - E_Y') + E_W'\}^\gamma \dots (9)$$

$$B' = \{(E_B' - E_Y') + E_W'\}^\gamma \dots (10)$$

3.2 RBGカメラとYRBGカメラの差異

3.2.1 鮮 象 度

カラー信号の E_I および E_Q はそれぞれ 1.5 MHz および 0.5 MHz の帯域制限を受け、解像度は輝度信号 E_Y' または E_W' により伝送される。したがって、RBG カメラでは、 E_Y' は R、B、G の各チャンネルの解像度と、その重ね合わせの精度により左右される。たとえば全画面で 400 本の解像度を得るためには、各チャンネルの解像度は 400 本以上でなければならず、重ね合わせについてはその絵素の数分の一程度の範囲内で一致しかつ安定性が要求される。400 本の絵素は 1 形ビジコン上では約 0.024 mm であり、製作上も運用上も非常に困難であることがわかる。これに対し、YRBG カメラでは、Y チャンネルの解像度のみにより定まり、高解像度を得ることは容易である。

さらに RBG カメラの場合、方式上の本質的解像度低下がある。これは、1.5 MHz 以上の解像度を与える信号は E_Y' のみで伝送されるからである。カラー受像後は次式で受像するが、式中 () 内の成分が高域で 0 となり、白背景に着色した細い画像ではマトリックスの係数により、信号の振幅が低下したものに $\gamma (\geq 1)$ 乗される結果である。

$$R' = \{(E_R' - E_Y') + E_Y'\}^\gamma \dots (11)$$

$$B' = \{(E_B' - E_Y') + E_Y'\}^\gamma \dots (12)$$

$$G' = \{(E_G' - E_Y') + E_Y'\}^\gamma \dots (13)$$

以上が方式による差異で、分離輝度方式カメラが解像度の点では有利であり、輝度信号は単一撮像管で撮像するため、高解像度が容易に得られることを示している。実際にはカラーカメラもモノクロ撮像に兼用されるため、モノクロカメラとして十分な解像度を必要とし、分光光学系内での解像度低下もあるため、1.5 形ビジコンを採用している。

3.2.2 重ね合わせ許容範囲

カラーカメラ操作の複雑なものに重ね合わせがあるが、分離輝度カメラでは、色度チャンネルの帯域は 1.5 MHz に制限されるが、その絵素の大きさは、解像度約 120 本に相当し、画面の高さの約 0.83% であり、走査線 4 本分の寸法である。したがって重ね合わせの精度としては色度チャンネル間では、絵素の 1/4~1/5 の精度、すなわち走査線一本以内の精度であれば色ずれとしては、実用上無視できる値となる。

したがって、RBG カメラに対して、約 4 倍の許容範囲を有する。しかし実際運用の際、重ね合わせの確認のために色度チャンネルの解像度は 450 本程度としており、垂直方向については解像度の制限がない点注意を要する。輝度と色度との重ね合わせについては、色度間のものと同等程度であれば十分であるが、さらにずれても実用上色むらとならず許容できよう。

従来の RBG カメラ、特に真空管によるカメラでは、カメラ内部の温度上昇が大きく、電源投入後の経時変化が多く、安定するまでに数時間を要したが、静電集束・電磁偏向ビジコンを採用した本装置では、偏向ヨークの温度上昇が少ないこと、回路がトラ

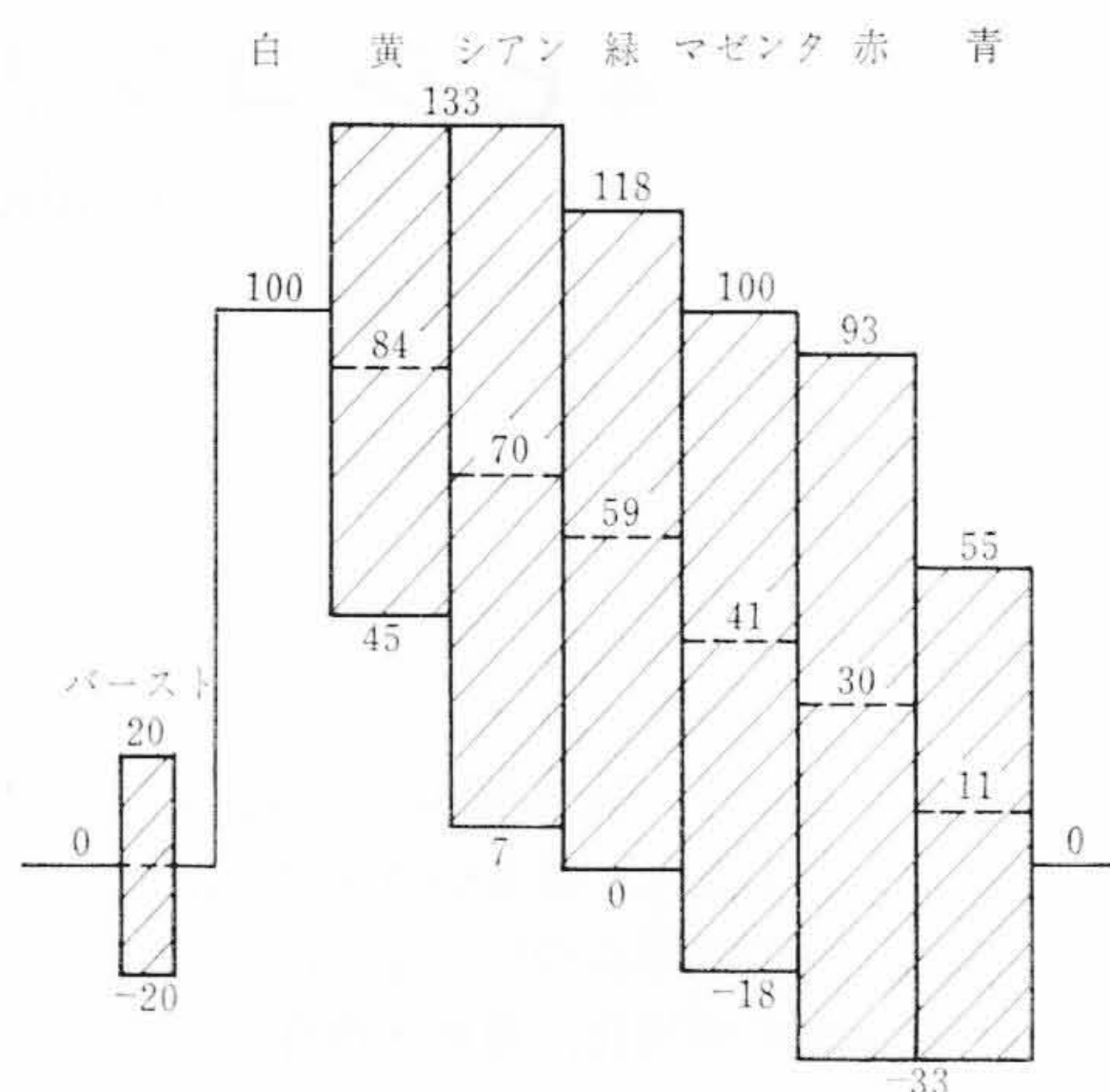


図2 飽和カラーバー画像をRBGカメラにより撮像したときのカラー信号

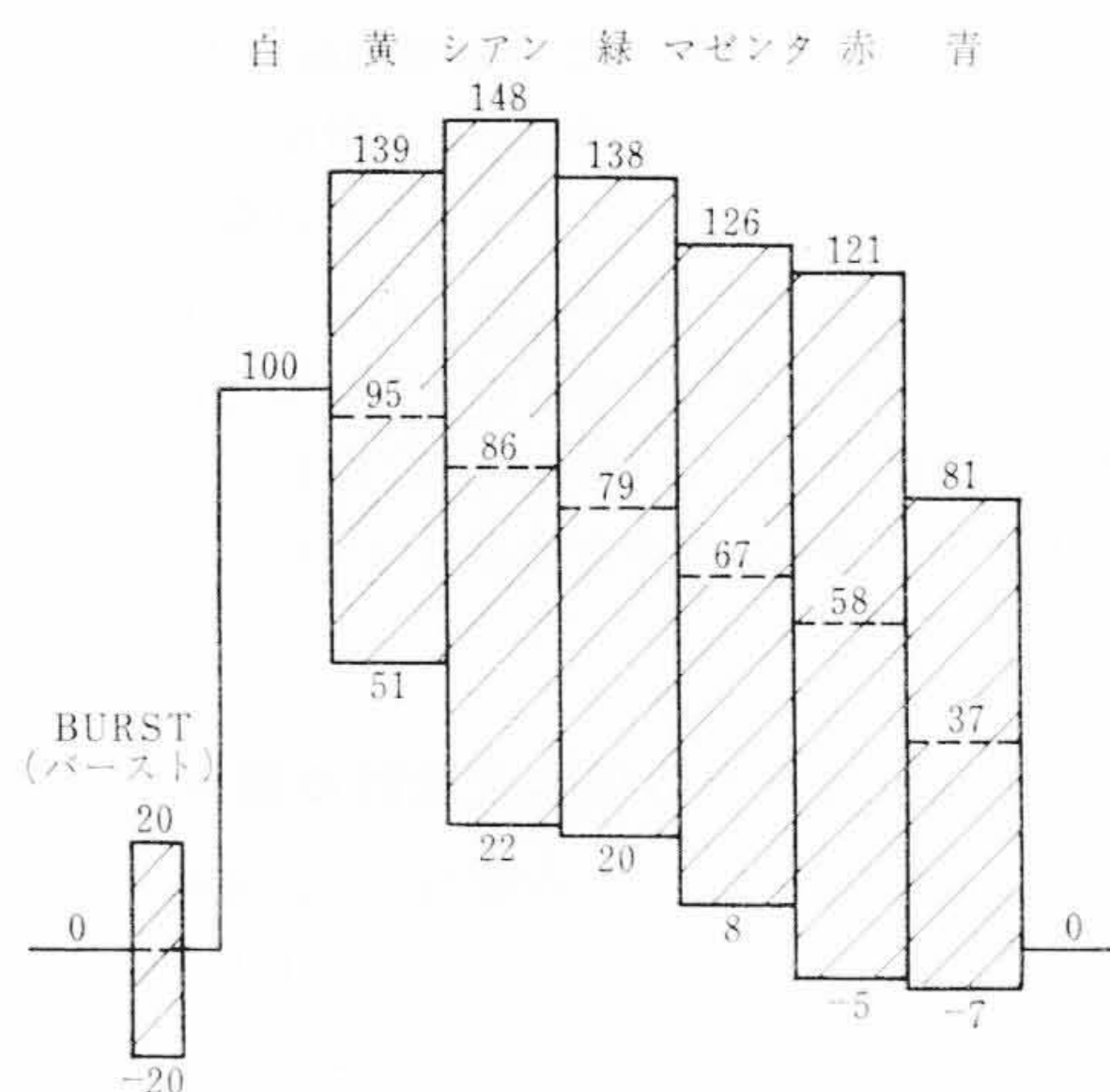


図3 飽和カラーバー画像をYRBGカメラにより撮像したときのカラー信号

ンジスタ化され機内温度上昇が小さいことより、数分間で使用可能となる。

3.2.3 ガンマひずみ

モノクロ受像機でRBGカメラの信号を受信する場合、階調がそこなわれるがYRBGカメラではそこなわれない。

これに対しカラー受像機では、RBGカメラで正しく受信されるが、YRBGカメラ信号の受信では、 E_R' 、 E_B' 、 E_G' のおのおのに次式の値が加算されたのち γ 乗されて、各原色画像となる。

$$\Delta = (E_W' - E_Y') = (0.3R + 0.59G + 0.11B)^{1/\gamma} - (0.3R^{1/\gamma} + 0.59G^{1/\gamma} + 0.11B^{1/\gamma}) \dots (14)$$

この Δ は一般に正の値であり、結果は彩度を低下させ、色相にも影響を与えることになる。

次にカラー信号のレベルについてみると YRBG カメラの輝度信号は(7)式であらわされるため、カラー信号(6)式は(1)式より振幅が大きくなる。一例として、カラーバーパターンによる彩度の最も高い画像を撮像した時の比較を行なうと、RBG カメラでは図2、YRBG カメラでは図3に示す波形となる。図の陰影部分は、カラー副搬送波を二相変調したクロマ信号を示しており、図2、3とも相対振幅は等しい。クロマ信号の中央の点線は、輝度信号であるが、図3に示すYRBGカメラのほうが高い値を示している。これは、輝度撮像管に結像するカラー画像に対する撮像分光特性を視感度補正するためであり、(7)式の()内の係数で近似される。

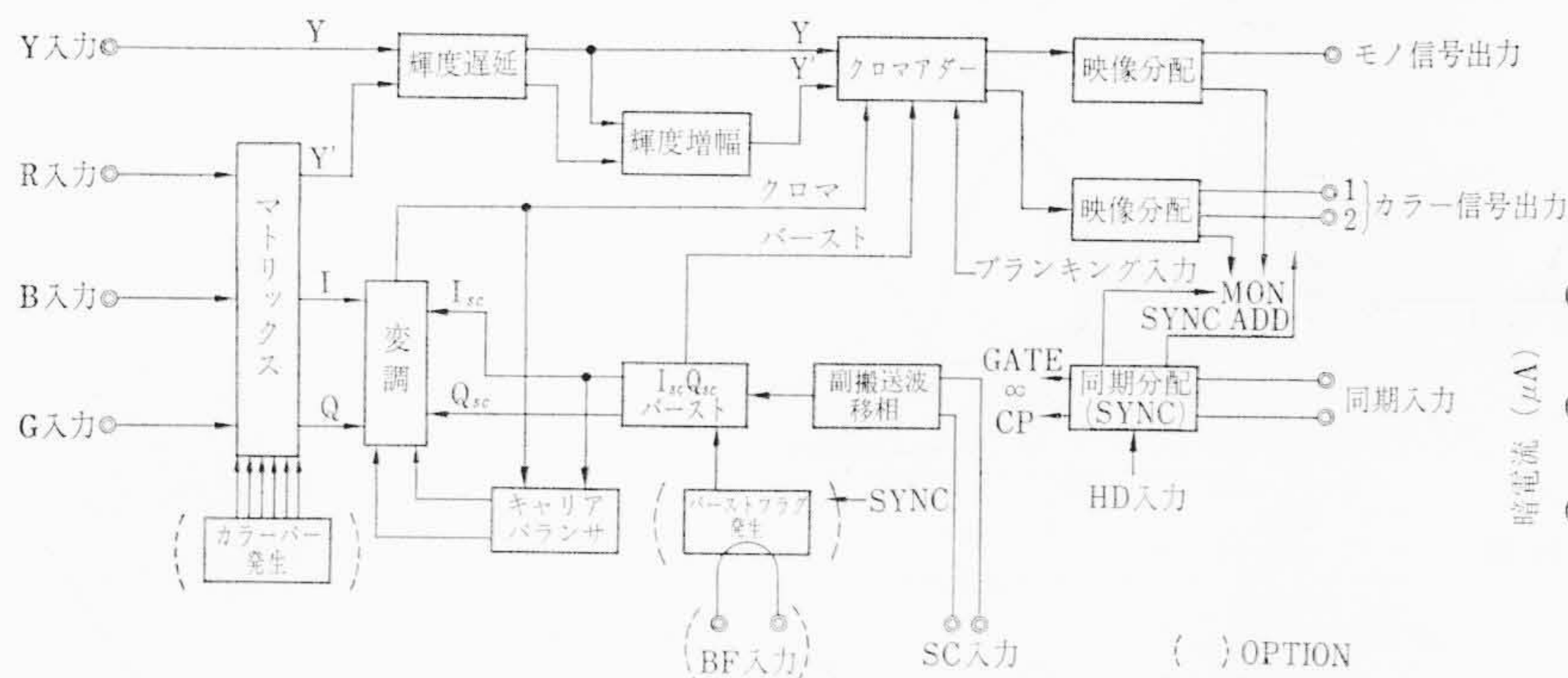


図4 カラーエンコーダ系統図

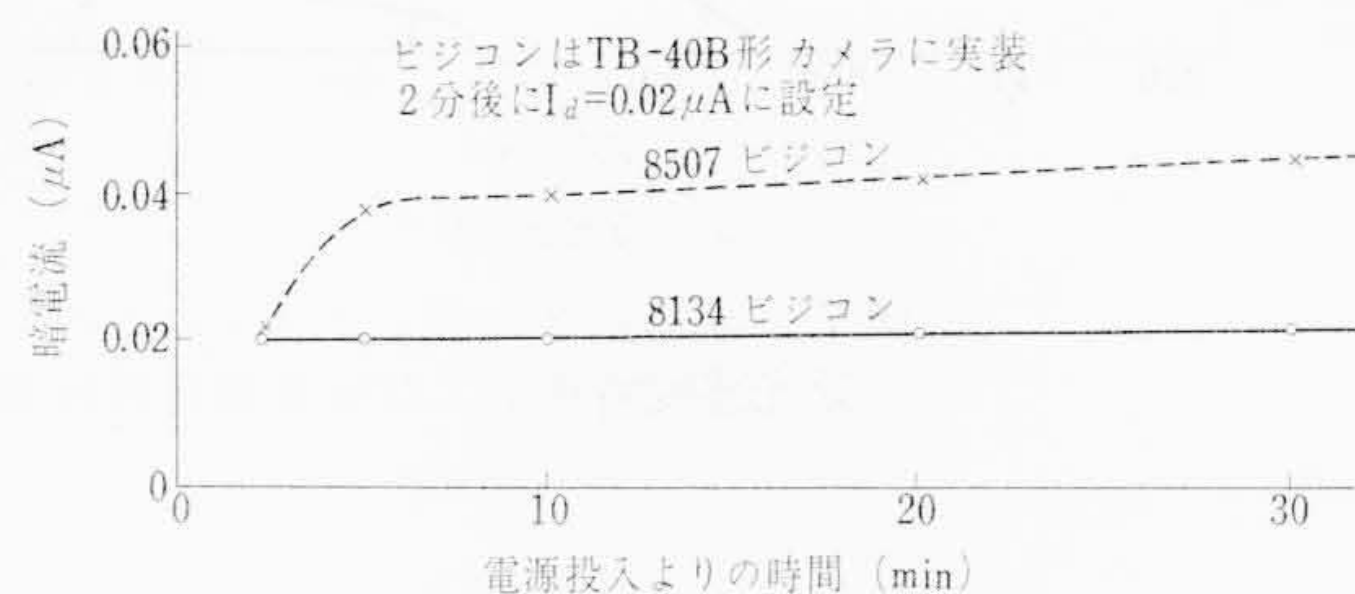


図6 暗電流の経時変化

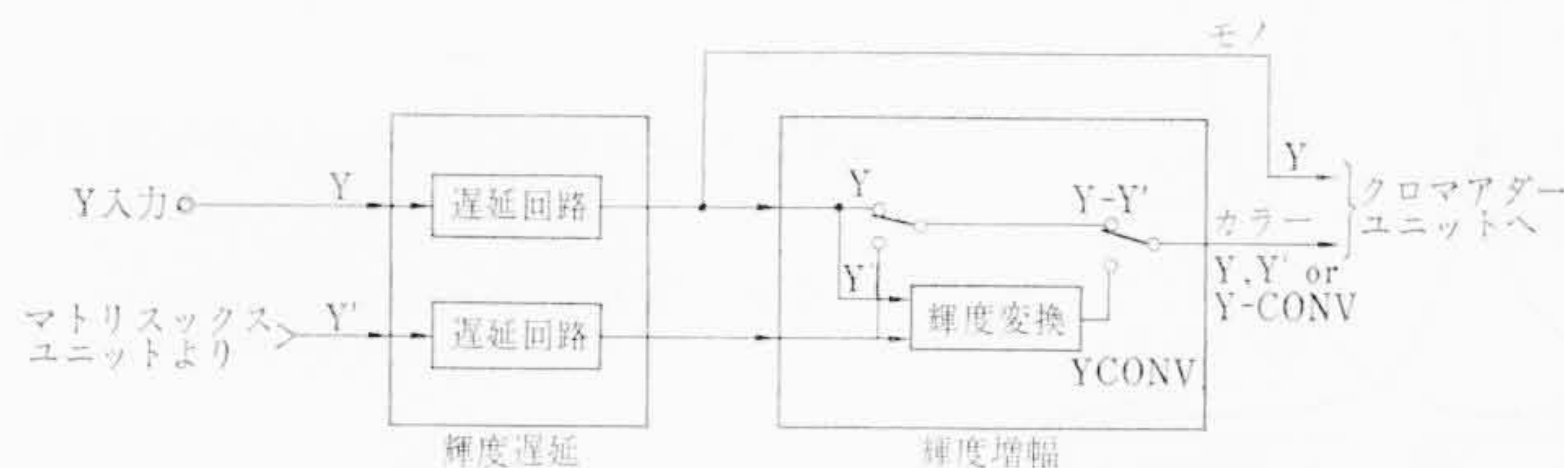


図5 カラーエンコーダ、輝度信号系統図

また輝度チャンネル映像信号のガンマ補正値は、被写体輝度が受像管で正しく再現させるために、撮像管より受像管に至る総合にてガンマ指数を1とすべきであり、次式で示される。

$$\Gamma = 1/\Gamma_V \cdot \Gamma_K$$

ただし、 Γ : ガンマ補正回路の指数

Γ_V : 撮像管の変換特性を示す指数

Γ_K : 受像管の映像制御電圧に対する発光特性の指数

一例として、彩度の高い赤色をとって計算すると、撮像管をビジコンとすると、

$$\Gamma_V \approx 0.65$$

$$\Gamma \approx 0.7$$

$$\gamma = \Gamma \cdot \Gamma_V = \frac{1}{\Gamma_K} \approx \frac{1}{2.2} \approx 0.445$$

(2)および(7)式にそれぞれ $R=1$ と γ の値を代入すると結果は

$$E_{Y'} = 0.3$$

$$E_{W'} = (0.3)^{0.445} \approx 0.58$$

となる。 $E_{W'}$ は $E_{Y'}$ より大きく、カラーバー画像のような、飽和色に対するカラー信号のせん頭値はRBGの133%に対しYRBGでは148%に達する。

一方(14)式の A の値をモニタ信号と自動制御検出信号に加算し監視するような方法も考えられるが、このようにしてレベル過大となることを防止すれば、彩度により受像画面のコントラストが変化することになる。

実際の被写体においては、レベル過大となるような彩度の高いことはほとんどなく、この点については無視しても実用上支障ないものと判断される。

ガンマひずみによる分離輝度方式の影響はむしろ、輝度成分の低い色彩像に対して、輝度が高く色相も少しではあるが変化する点にある。この影響は、暗部でのベデスタル調整の色度チャンネル間誤差の影響を軽減させ、また輝度の低い色彩をより、あざやかに再現することになり忠実とはいえないが、無調整化には都合の良い点といえる。

本カメラでは、切換により(6)式左辺第1項の $E_{W'}$ を次のように変換できる。

$$E_{W''} = |E_{Y'}|_{\text{Low}} + |E_{W'}|_{\text{High}} \quad \dots\dots\dots (16)$$

このクロスオーバー周波数を色度信号のカットオフ周波数にするとき、再現画像の色彩はRBGカメラのそれと同等になり、解像度はYRBGカメラのものと同等となる。ただしこの場合の色度と輝度間の重ね合わせは、色度相互の重ね合わせ精度に保たねばならない。これにより輝度のガンマひずみの影響を軽減することができる。

図4はカラーエンコーダ部の系統図であり、点線内が上記の輝度信号の変換である。系統図には、 $E_{Y'}$ と $E_{W'}$ の切換および $E_{W''}$ の切換も示されている。なおモノクロ送出的場合にはこれらの切換に $E_{Y'}$ を送り出すよう製作されている。図5には(16)式の動作の系統が示されている。

エンコーダ部で切り換えることにより、容易にRBGカメラ、YRBGカメラおよび両方式の長所を持つカメラとして動作する。実際の画像でモニタすると、RBGカメラの場合には、解像度は低い、色彩は自然であり、YRBGカメラの場合には解像度は高い、輝度変換をするほうが、より自然に感じさせる。

3.2.4 信号対雑音比

輝度信号の S/N は、RBGカメラにおいては $E_{Y'}$ が各チャンネルの合成であり、(2)式で示されノイズは2乗平均されるので次式で示され、

$$E_{NY'} = \sqrt{(0.3E_{NR})^2 + (0.59E_{NG})^2 + (0.11E_{NB})^2} \approx 0.75E_N \quad \dots\dots\dots (17)$$

各チャンネルの S/N を等しいものとすれば、 $E_{Y'}$ の S/N は約2.5 dB改善される。これに対しYRBGカメラでは、 $E_{W'}$ の S/N は輝度チャンネルそのもので示される。このことは分離輝度方式の場合輝度チャンネルの S/N を高く設計することの必要性を示している。

一方、YRBGカメラの色度チャンネルの周波数帯域幅は、1.5 MHz であり、受像の際高域ノイズの影響がなく、この特性を活用し、カメラの所要光量をより小さくすることができる。

このカメラでは、輝度撮像管に1.5形管を使用し、解像度を劣化させることなく、色度の2倍の信号出力を得ている。またアパーチャレスポンスが高いので、その補償量も少なく高域ノイズによる信号対雑音比の低下も小さい。

3.3 撮 像 管

最近開発された静電集束、電磁偏向形ビジコンは下記の特長を有し、カメラの安定度を増すうえに大いに効果があるので採用した。

(1) ヒータ電流が従来の1/6であり、集束磁界不要のため集束コイルの熱損失がなく、偏向電力1/5で偏向ユニットの熱損失が小さいなどのため全体の温度上昇が小さく、スイッチイン後のドリフト時間は約2分で、従来の電磁集束電磁偏向ビジコンに比べ約1/20に短縮された。特に画質に関係するビジコン暗電流の変化は図6のとおりで、重ね合わせについても電源投入後約2分で

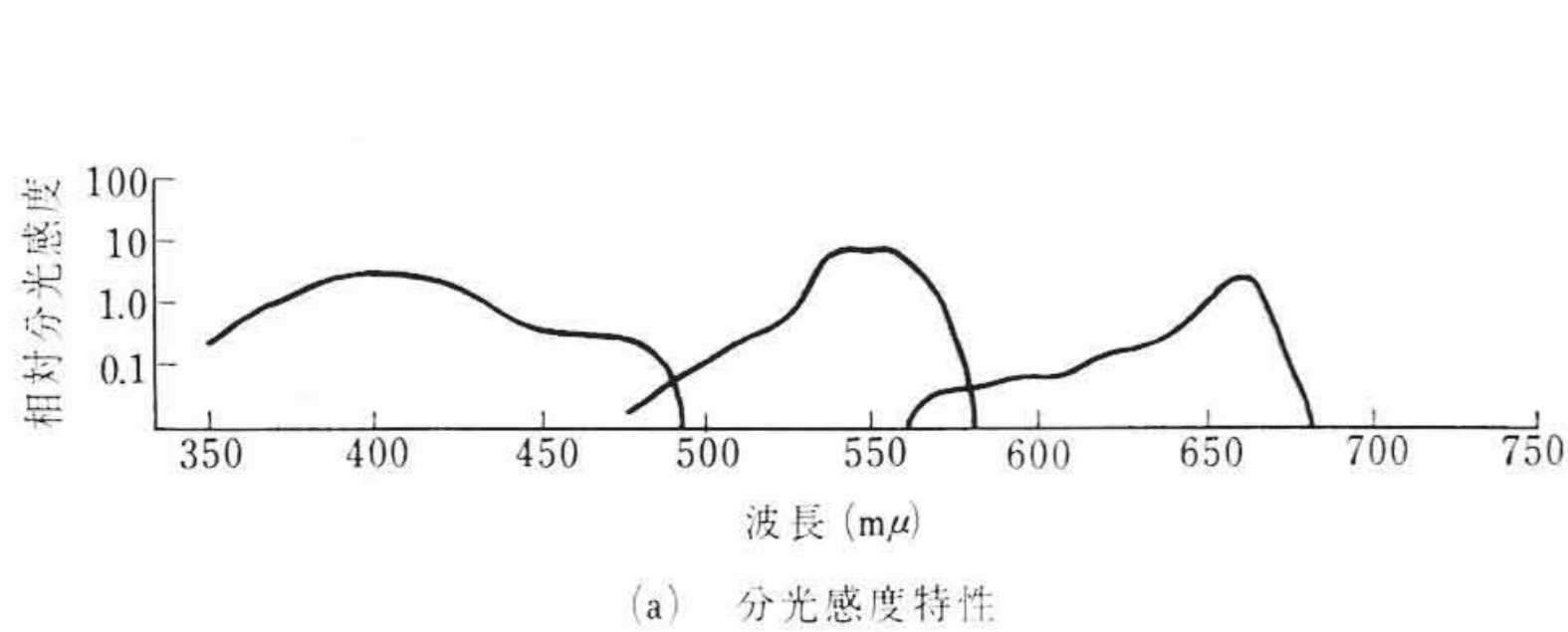


図7 カラーネガティブフィルムの分光感度特性および分光濃度特性例

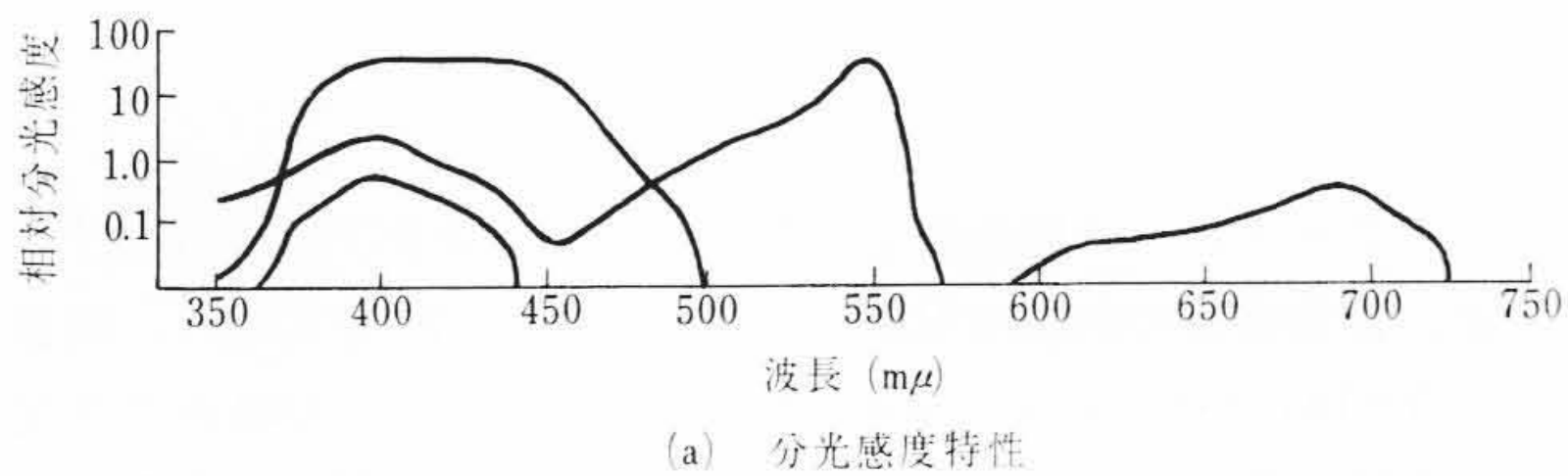


図8 カラーポジティブフィルムの分光感度特性および分光濃度特性例

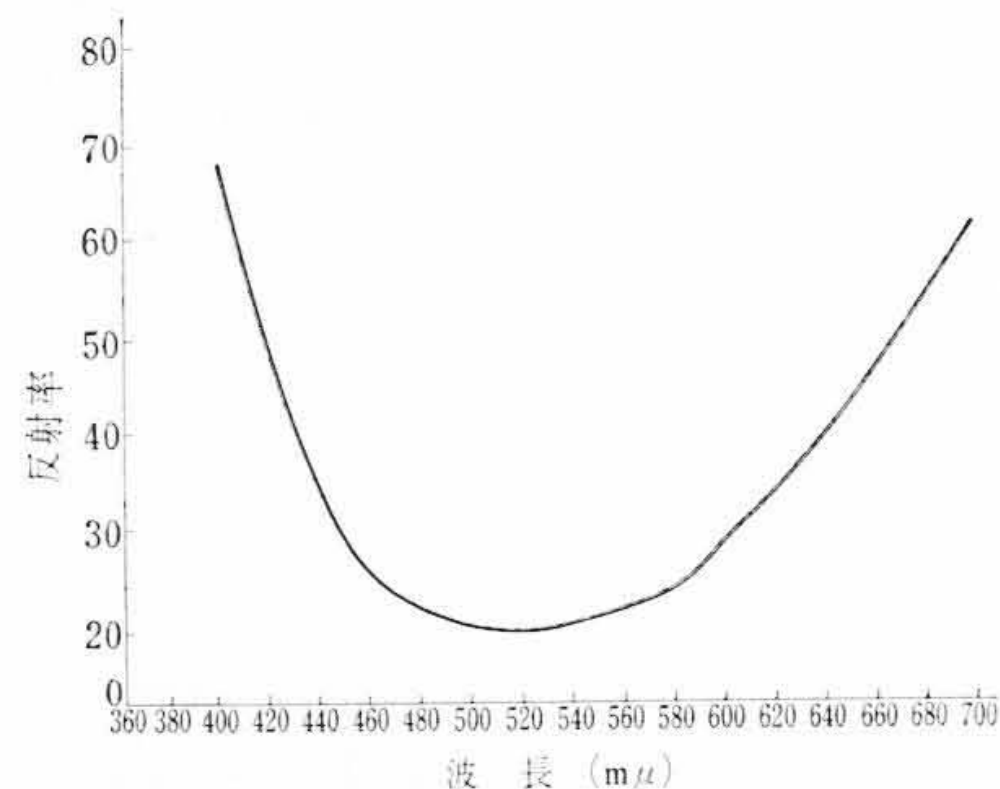
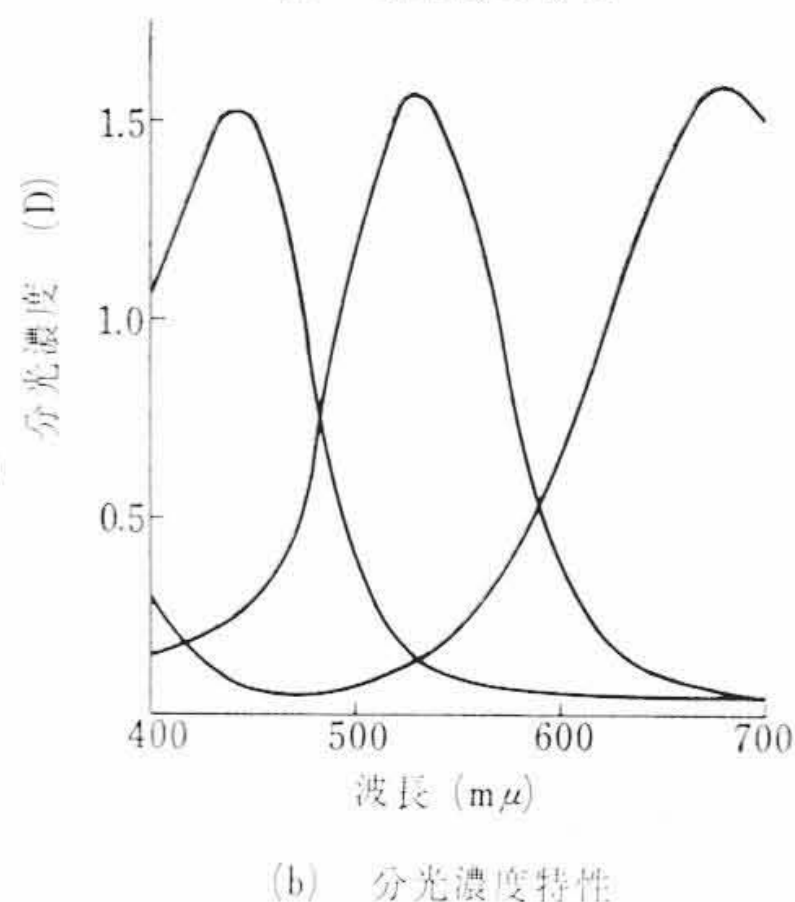
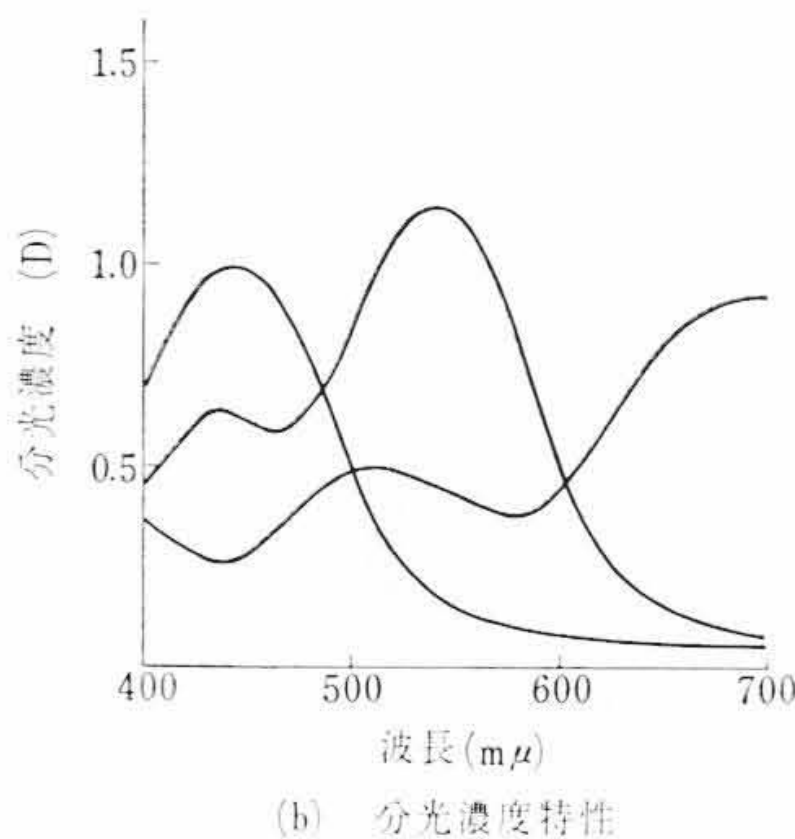


図9 視感度ミラー分割特性

もとどおりになる。

(2) 電磁集束ではS形ひずみは避けられないが、静電集束では本質的にSひずみがないので重ね合わせも容易となる。ただし E_{c4}/E_{c3} の比により、ビームランディングが変わり、シェーディング、図形ひずみをおこすのでその設定には注意を要する。

(3) 画面全体に一樣な解像度が得られる。ただし同口径の電磁集束ビジコンより解像度が劣るので、輝度チャンネルには1.5形を使う必要があるが、そのため画質の面で余裕が出て、無調整化のために有利である。

これらのことを考慮し、輝度4チャンネルに1.5形管の8480、色度チャンネルに1形管の8134を3本使用した。

3.4 分光光学系

従来のカラーカメラの分光特性はNTSC方式の分光特性により三原色に分解されていたが、フィルム用であることに着目し、次の観点から分光特性を決定した。

(1) カラーフィルムの色を出すのではなく、被写体の色を出す。

カラーフィルムは被写体の色を三原色に変換した媒体であり、必ずしも同じ色とはいえない。カラーカメラはフィルムの分光感度特性とその分光濃度特性（発色特性）を介して被写体の色をカラーブラウン管の三原色の強さに変換することになる。したがっていかにしてカラーフィルムでの色の変化を逃げるかが課題となる。

図7および図8にカラーネガおよびポジフィルムの分光感度特性と分光濃度特性を示す。ポジフィルムを4Vカメラで写すときは、ネガ感度→ネガ濃度→ポジ感度→ポジ濃度、の各特性の変換を受けてカメラにはいることになる。ネガフィルムを4Vカメラで写すときは、ネガ感度→ネガ濃度特性の変換を経てカメラにはいる。このフィルムの特性をみると、三原色といっても分光濃度特性のすそのひろがり相当広く混色が認められるので、ネガフィルムの分光感度特性から三原色信号を取り出すにはそれぞれの発色を狭帯域で取り出し、しかもNTSCのピーク値とは無関係にフィルムの発色の混色の少ない波長のところを取り出すのが良い。4Vカメラの分光特性はこのようにして決められた。

(2) 色彩表現

人間には希望色というのがあり、実際の色と若干異なったほうが感じがよく、きれいだと感ずる。すなわち実際の色より希望色

に近づけたほうがよい。その意味から数十人の意見を調査して分光特性を補正した。なお100名に達する観察者の意見では90%程度が忠実な再現であると表現しているので、意図は達成しているものと考える。

(3) 能率の良い輝度・色度分割ミラー

ビジコン信号電流はターゲット入射光量の約0.65乗に比例する。このカメラでは輝度を色度より信号電流で6dB高く設定し、輝度と色度の光量分割を行なっている。この分割には視感度特性の傾向を有するハーフミラーを使用し、図9のような分割で色度チャンネルでビジコン感度のおちている赤、青の領域は輝度チャンネルでは不要なので、クロマのほうに透過するようにして能率をあげている。なお1.5形管によるモノクロカメラの約2倍の光量があればよく、大幅な光量増加は不要である。

4. 自動制御

フィルムカメラは、局内の自動化が進むにしたがい、無調整で自動運行しなければならない。このカメラでは、運用にあたり操作を必要とする、光量、利得、ペダスタルを迅速、正確に自動制御し、機器自体の安定度の高さと相まって無操作のカメラとしている。特に注意した点は、自動制御により色ずれの起こらないことである。自動制御は次の項目について行なわれている。

- (1) 自動光量制御 (ALC)
- (2) 自動利得制御 (AGC)
- (3) 自動セットアップ制御 (ASU)

これらは、輝度および色度の全チャンネルの中から最高、最低値を検出し、全チャンネル共通に制御する。自動御制の系統図は図10に示すとおりである。

4.1 セン頭値検出

カラーカメラの信号レベルを自動制御する場合、被写体色相により、せん頭最大値は、それぞれ異なった値となり、したがって各チャンネルの中より誤差検知するせん頭値を求めねばならない。図11はその基本回路である。動作は、同一電位にクランプした映像信号をダイオードにより混合するとき、最もレベルの高い入力信号のみが出力に現われ、その時レベルの低いダイオードは逆バイアスとなり、その信号は出力には現われないので、出力信号は入力信号の最もレベルの高い値をエンベロープとする信号となる。映像白レベル

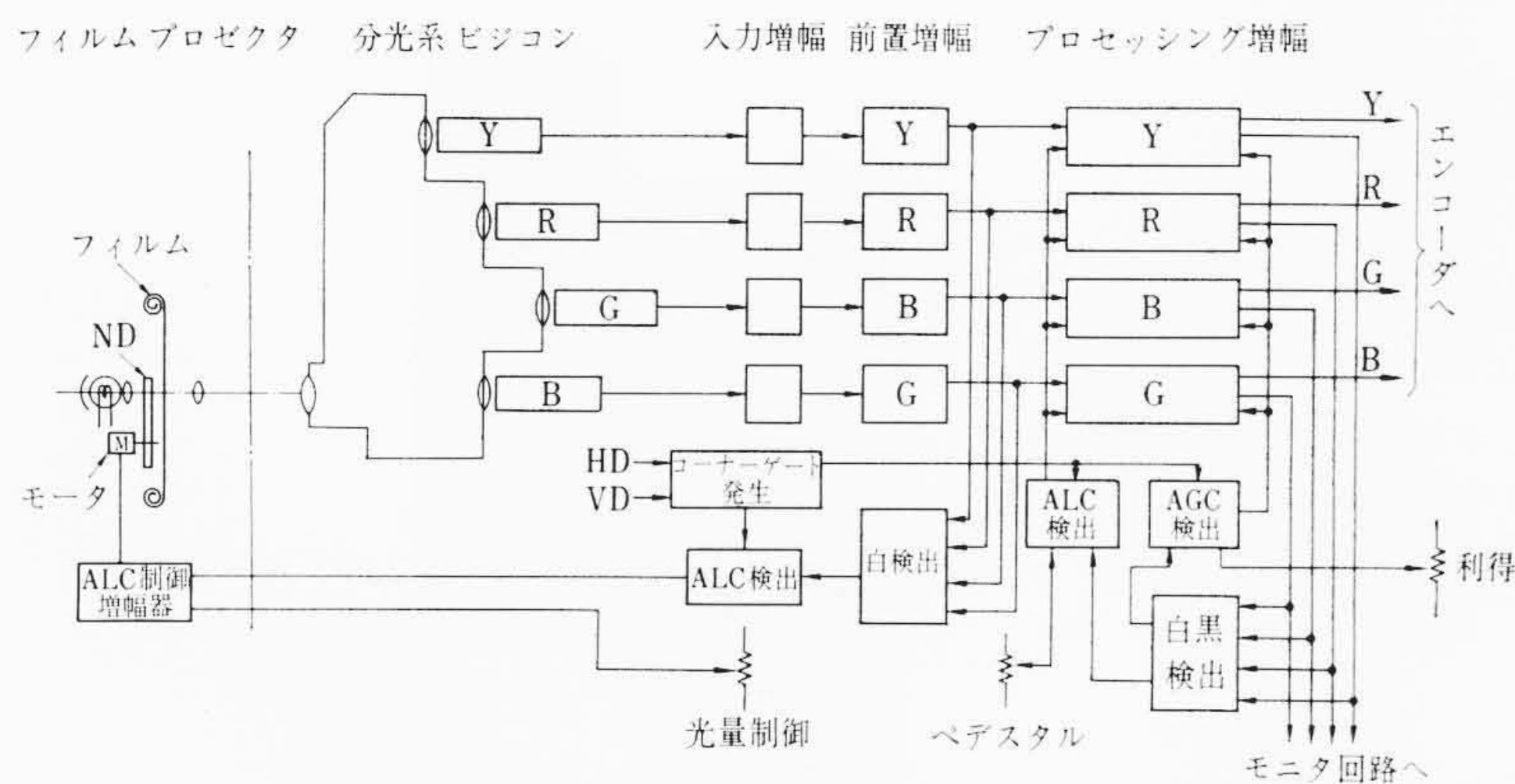


図10 自動制御系統図

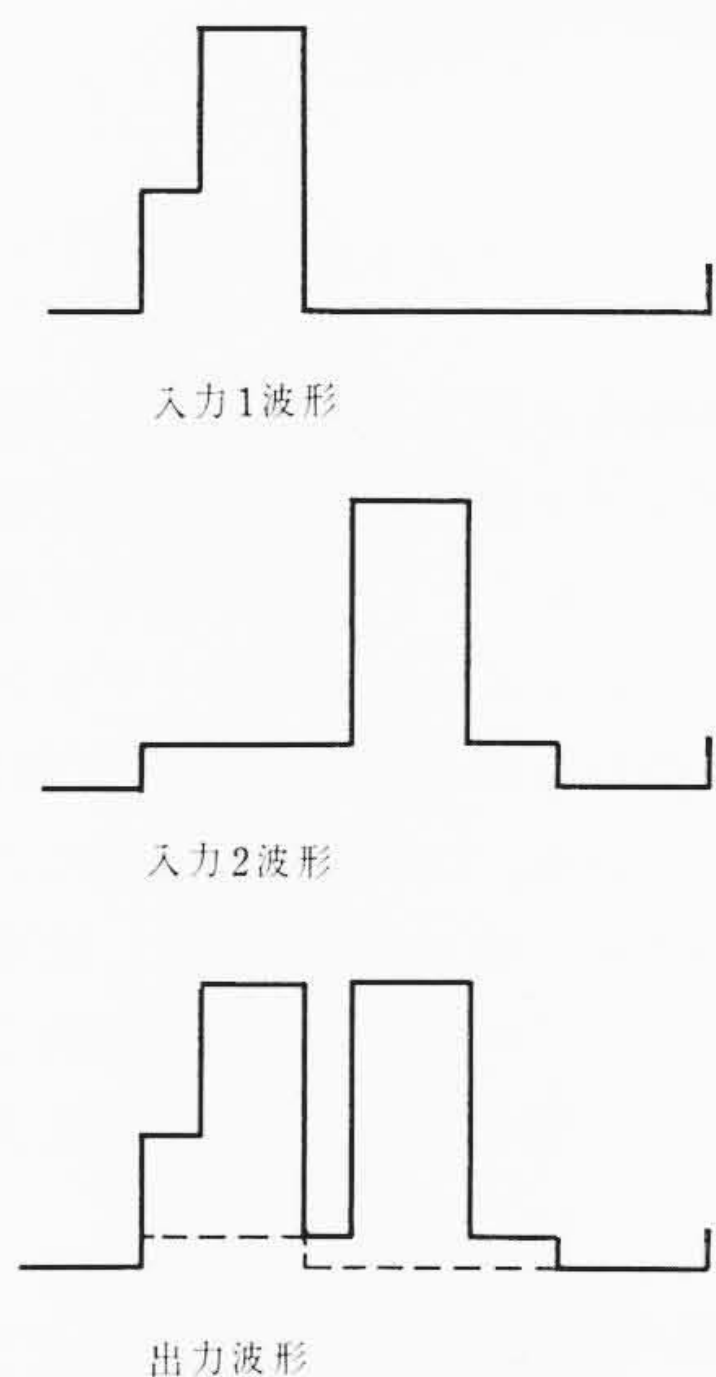


図12 2信号間のせん頭値検出波形

のせん頭値を取り出すのが、白せん頭値検出で、映像黒レベルの場合には黒せん頭値検出である。図12に二つの信号間でせん頭値検出したときの例を示した。実際にはトランジスタのベース・エミッタ間にダイオードを使用し、クランプの効果あげている。

4.2 ALC (Automatic Light Control)

フィルムの撮影、現像条件の差によりフィルム濃度が異なり、信号レベルが変化する。映像信号の振幅を一定にするためにビジコンの出力電流を一定値にする方法が講ぜられるが、その方法を大別すると次のとおりになる。

(1) ALC (Automatic Light Control) 光路にNDフィルタを入れビジコン入射光量を一定にする。

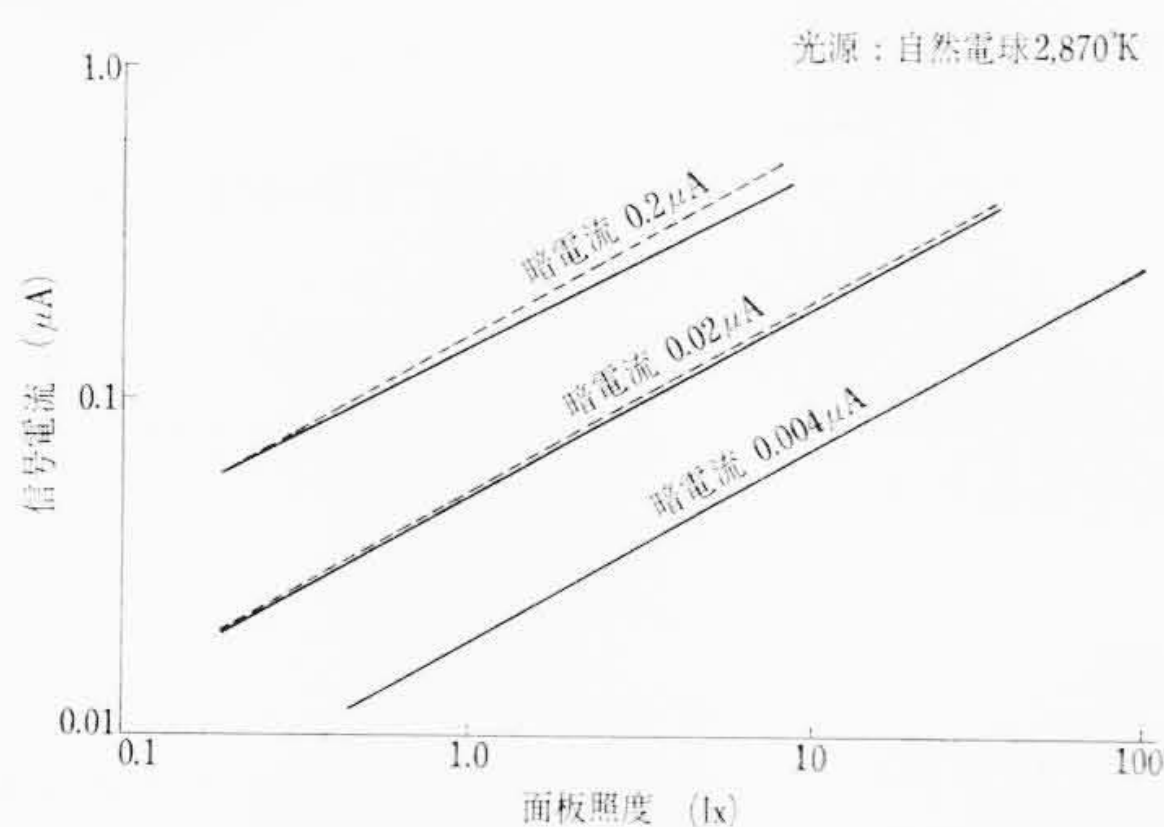
(2) ASC (Automatic Sensitivity Control) ビジコンターゲット電圧を変えてビジコン感度を変え、出力電流を一定にする。本装置にはビジコンの動作を変えず色変化の少ないALCを採用した。ASCには次の問題点が考えられる。

(1) γ の 差

図13は8134の暗電流パラメータの感度特性を示すものであるが、点線は暗電流 $0.004 \mu\text{A}$ のときの感度特性と平行に引いた線で、暗電流の変化とともにその傾斜すなわち γ が変化していることを示している。暗電流はターゲット電圧によって変わるので、ターゲット電圧設定は暗電流一定にRGB各色をそろえる必要があり、ターゲット電圧を変えることは好ましくない。

(2) ターゲット電圧と感度のバラツキ

同じくこの図の中で、ターゲット電圧を変えたことによる感度特性のバラツキが若干あり、ターゲット電圧を変えると白バラ



- ① 光電変換特性直線ガンマ一定を系し、傾斜がガンマ値を示す。
- ② 点線は暗電流 $0.004 \mu\text{A}$ の変換特性に等しい傾斜を示す。
- ③ 暗電流の変化に伴う光電変換感度の変化はビジコンにより差がある。

図13 8134 ビジコン光電変換特性

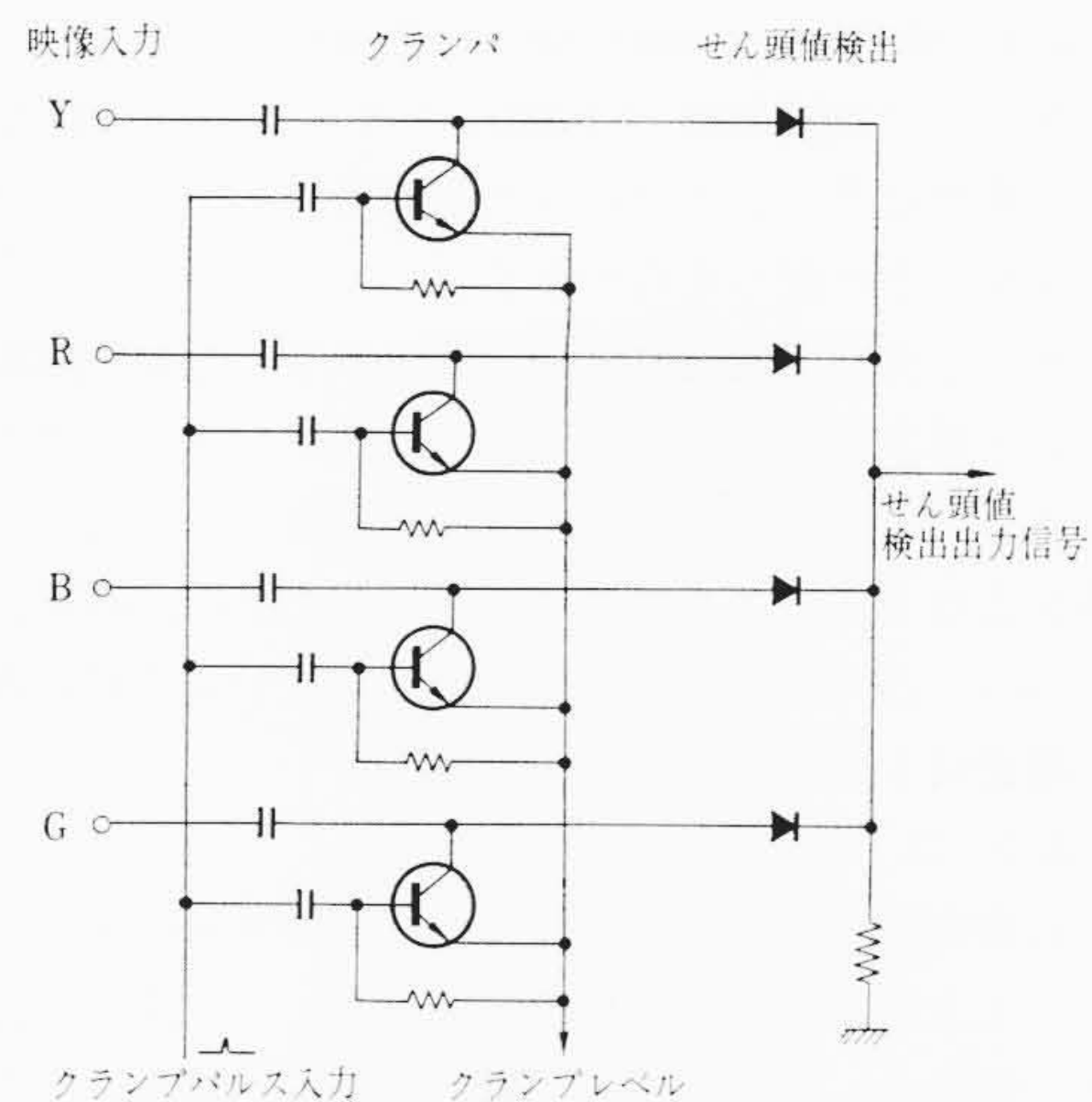


図11 せん頭値検出基本回路

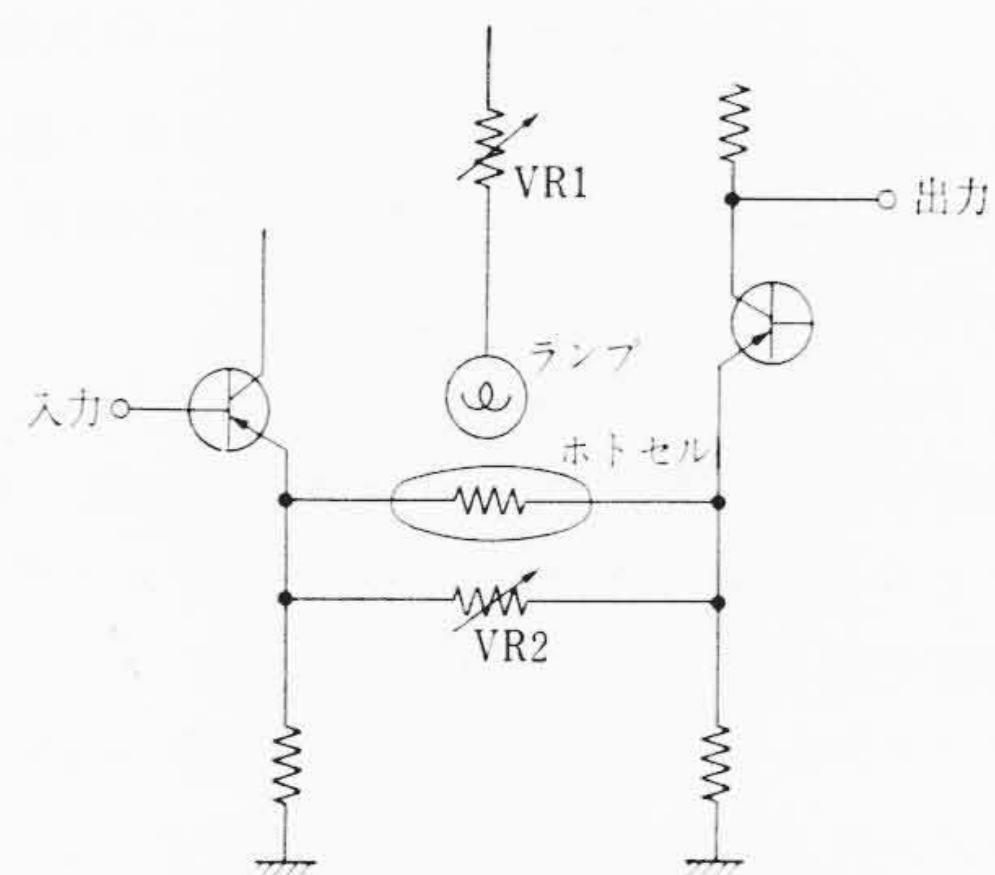


図14 AGC 利得合わせ回路

スが狂うことになる。

(3) 暗電流

暗い画を写したときは当然暗電流が増し信号電流に比べて無視できなくなる。このときフィルムの最大濃度のところでも光量はゼロでないため、プリブランキング方式またはほかのカメラで行なっているオプティカルブラック方式でも暗部のカラーバランスを一定に保つことはできない。

以上の点から、ALC方式以外にカラーバランスの点でまさる方式がないと判断される。

光量制御範囲は100:1程度と広く、応答速度も4倍光量変化に対し0.3秒以内でありハンチングもない。

4.3 AGC (Automatic Gain Control)

ALC, AGCはともに映像振幅制御を行なうものであるが、ALCはプリアンプの入力信号レベルおよびS/Nを一定に保ち、画質劣化をきたさないためのものである。AGCは次項ASUによる黒レベルの固定による映像白レベルの変化を防ぎ、画面のコントラストを一定に保つ役割をする。

AGCに要求されることは、YRGB 4チャンネルの中の最大の白信号により4チャンネルを完全にトラッキングして利得を変えることで、これがそこなわれると色ずれの原因となる。またその応答時間も完全に合わせる必要がある。

図14はランプと光電素子を利用した利得可変回路のトラッキングをとる方法で、VR2で傾斜を、VR1で利得を合わせる。±6dBの利得可変範囲でトラッキング誤差が0.1dB以内、応答速度が0.2秒以下で各チャンネルはそろっている。

4.4 ASU (Automatic Set-Up Control)

黒ピーク検出回路でYRGB 4チャンネルの最低の黒レベルを検出、映像信号のブランキング期間に加えてクランプ点をかえ、黒レベルを一定に保つものである。

画として全黒または全白の信号が来たとき、AGCとASUは互いに白と黒方向に引き合い、わずかなシェーディング波形を白から黒までのコントラストに引きのばし、画面としては色のついたみにくい画面となってしまう。これを避けるために、AGC、ASUに制限回路をつけ、AGCは6dB以上に上がらないように、ASUは50%以上の補正はしないようにしている。

4.5 コーナーゲート

自動制御系をきかせる場合、画面のすみにキューマークを入れることにより、画像に変化はなくともレベル変化を起こす。これを避ける意味で、水平、垂直駆動信号から、画面の中央にだ円の抜きとり信号を設け、その範囲内だけでALC、AGC、ASUがきくようにしてある。

5. カラーネガフィルムの反転送像

カラー放送が多くなり、自局制作のカラー番組が増すときには、経済的なカラーフィルムと、4Vカメラの組合せが普及するものと予想される。この場合次の方法がある。

(1) ネガフィルム→ポジフィルム→4Vカメラ送像

最も一般的な方法で、ネガ現像、試し焼、ポジ焼付、ポジ現像、とフィルム処理に時間がかかるが、4Vカメラで撮像するとき少ない調整で容易にきれいな色を出せる。

(2) リバーサルフィルムのポジ現像→4Vカメラ送像

リバーサルフィルムでポジ現像をすれば、現像処理の手間は(1)に比べ簡単であるが、この段階での補正は不能で撮影時の条件がそのまま結果に現われる。撮影条件に十分注意すれば4Vカメラで送像するときの調整は少なくてすむ。

(3) ネガフィルム→4Vカメラネガ反転送像

(1)項の試し焼きからポジ現像が不要となるが、反面4Vカメラにて若干の色補正を要する。しかし全体としてはるかに容易である。そのほかネガフィルムは γ が低くおり、露光許容範囲が広く撮影が比較的安易になる。

(4) リバーサルフィルムネガ現像→4Vカメラネガ反転送像

リバーサルフィルムのポジ現像に比べると半分の工程で処理され、発色現像してしまうもので、設備、薬品の経費が安いとともにポジ現像に30分かかったものが、迅速現像で約10分と短縮されモノクロフィルムの処理時間に近似する。さらに露光許容範囲も広く撮影条件の悪い、しかも迅速性を要するニュース用には最適である。

以上のことからネガフィルム使用は、経費、時間、現像とカメラ調整所要時間が少ないことなどで有利であると考えられる。特にニュース番組のカラー化が始められた現在、特にリバーサルフィルムのネガ反転送像が一般化すると予想される。

カラーネガフィルムをカラーカメラで撮像し反転しポジ信号として送像する方式については、すでに詳細に発表⁽³⁾されている。

このカメラでは、ポジフィルム、ネガフィルム、カラーマスキング付ネガフィルムの送像ができ、その機能の切換には、スイッチの操作だけが必要である。この操作により分光光学系の色度チャンネル間の分光比、白黒バランス、極性、ガンマ補正值そのほかを切り換えている。また素材の濃度範囲の変化については、自動制御が追従する。

ここでシェーディング補償についてネガの場合、若干注意を要するので説明する。

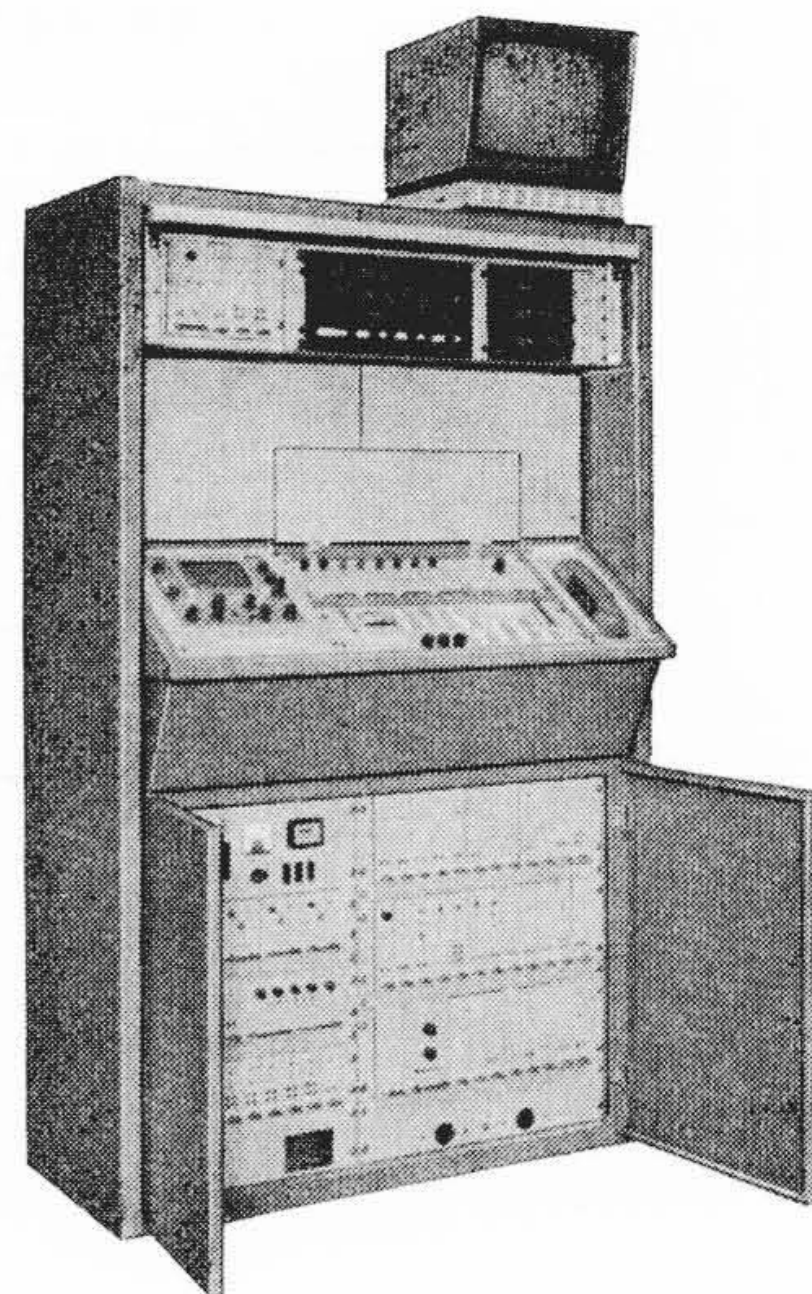


図15 TB-40B形4ビジコンカラーカメラの内部配置

撮像管の、画面全体に一樣な変換特性を示すことは、すでに述べたが、カラーカメラ全体として、プロセクタや分光光学系が複雑で少ないとはいえ、シェーディングひずみが起こり、画質に影響する。このカメラでは、まずポジの場合についてビジコンのターゲット・カソード間電圧にシェーディング補正波形を加え、変換感度を変調し、光量偏差に起因するひずみを補償している。ただしこの補正により撮像管暗電流も変化し、量はわずかであるが、ネガの場合、暗電流の変化がカメラ補正器の特性から白レベルの変化として強調される。よって重畳シェーディングにより、暗電流の変化分を補正するようにした。

6. 操作および保守の合理化

従来のカラーフィルムカメラはカメラ部と操作部が分離設置される構造で、重ね合わせ調整などに2名を要した。調整器は多くとも、容易・確実に調整できることが、カメラの性能を十分に発揮させることになる。図15は調整器の配置を示したものである。

6.1 映像モニタと操作

図1に示したようなカメラ周辺には、フィルムの頭出し、確認などのためにモニタを必要とする。モニタはカメラ自体の調整にも欠かせないものである。映像モニタは回転台を介してカメラきょう体上部に設置されるが、カメラのビジコンや重ね合わせなどの調整器は上部とびら内に配置され、モニタに近いので、操作が容易である。

6.2 波形モニタと操作

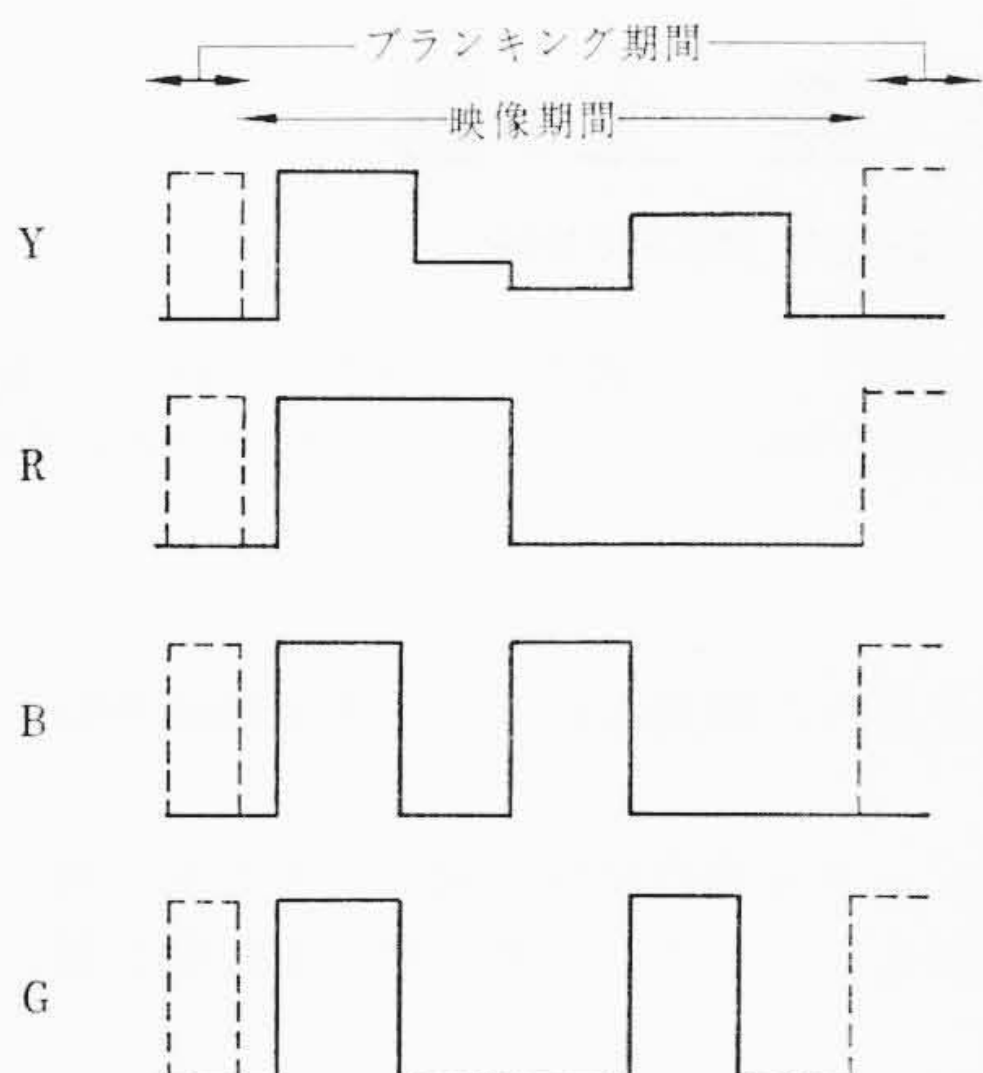
前項は画像による操作であるが、白・黒バランス、レベル合わせなどは波形モニタと関連する。輝度・色度の全チャンネルより検出した白せん頭値および黒せん頭値信号の電子切換波形により監視する方法は実用性に乏しく、使用していない。

6.3 きょう体構造と遠隔制御

モニタと調整器は機能的に配置され、カメラはそのきょう体にすべてを収納している。操作は全面からできるので、完全に1人で操作できる。実際素材による偏差の多いときには、その補正用調整器を外部の操作卓に設置することもできる。ただし操作の主体はあくまでも本体においている。

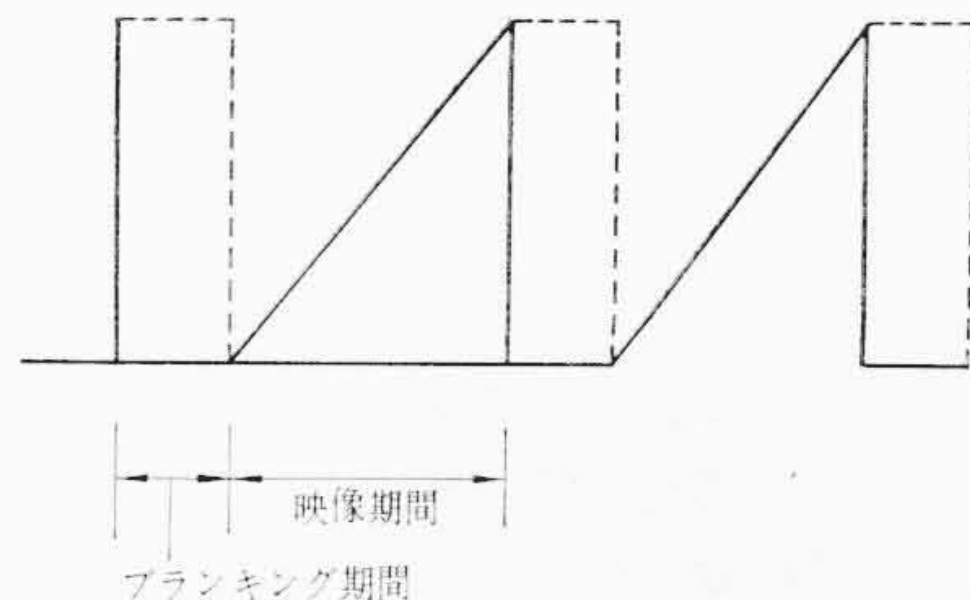
6.4 テストパルス

プロセクタより投写されるカラー画像は、フィルム操作の際の照明の色温度、光量、フィルタ、フィルムの種類などの撮影条件、現像などの処理によって、カラーバランスや濃度範囲に偏差がある。このような場合には、各チャンネル間の白黒バランスが調整されるが、これを短時間でもとの標準設定位置にもどすことが必要となる。



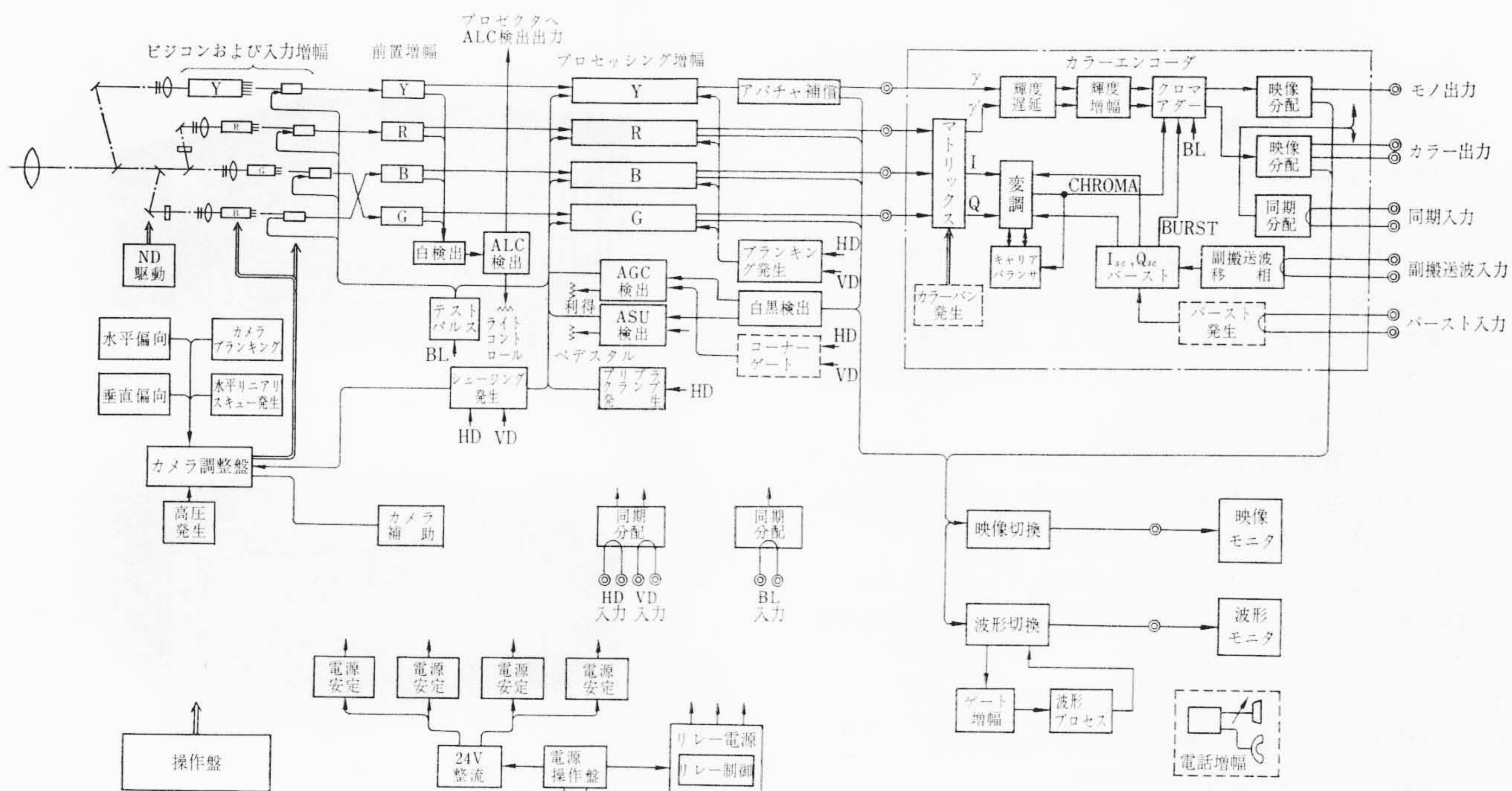
ネガ送像の時は、ブランク期間は点線で示された波形となる。

図 16 プリアンプテスト波形



ネガ送像の時は、ブランク期間は点線で示された波形となる。

図 17 プロセステスト波形



注 (1) マスキング増幅は系統図中プロセッシング増幅器とカラーエンコーダとの間にそう入する。

(2) [] はオプションを示す。

図 18 TB-40B 形 4 ビジコンカラーカメラ系統図

テストパルスは、このような標準設定を迅速・確実にこなうため、利得、ペデスタルや、各チャンネルの利得バランス、ペデスタルバランスの調整器が、標準設定状態に一義的に設定される。図 16, 17 はテストパルス波形を示したものである。

6.5 パルス遅延位相

従来のカラーカメラでは、エンコーダでの遅延時間 (0.5~1.5 μ s) があり、入力駆動信号と出力映像信号間に位相差があり、局内の系統設計を複雑にした。このカメラではブランキングとカラー信号を合成したのちにそう入する方式としており、遅延時間は生じない。したがってマスキング増幅器などの設置を行なっても、入力パルス位相を変更する必要はない。図 18 は全系統を示したものである。

7. 結 言

以上に述べた検討事項を基礎として、TB-40B 形 4 ビジコンカラーフィルムカメラを完成した。本カメラは実際の放送に使用され、多くの稼働実績をあげており、操作性、画質、自動運行でそれぞれ

の特長を発揮している。本カメラは放送前数分間で動作状態が確認されるとともに素材の白黒バランスを必要に応じ補正する程度で使用可能となり、放送中は自動運用されている。素材の面でネガカラー撮影し、反転送像することにより、迅速性、経済性、色彩の良さも活用されている。

終わりに当たり、カラーネガ反転送像についてご指導いただいた NHK 総合技術研究所斎藤氏、運用面で貴重な助言をいただいた NHK 技術現業局島山氏、NHK 放送センター技術部荷村氏、光学設計に協力された富士写真光機森氏、完成にご協力賜った各位に対し厚く感謝の意を表する。

参 考 文 献

- (1) 日本放送協会編：カラーテレビジョン（昭 36 年，日本放送出版協会）
- (2) 吉川光広，大竹充：放送技術 20, 113-117 (昭 42-2)
- (3) 岩村総一，杉浦幸雄：テレビジョン 17, 139-145 (昭 38-10)