今日のカラー・テレビジョン (下)

Color Television Today

RCA 名誉副社長 V. K. ZWORYKIN

東京工業大学講師 大河内 正陽 訳

受像機(第14図)において、中間周波段の振幅特性は平坦とされ、時間遅延は4.2Mcまで一様である。第2検波のあとで、信号は輝度と色度チャンネルに分割される。輝度チャンネルの信号は副搬送波周波数付近で強く減衰され、スプリアスな点図形の見え方を少なくするようにする。色度チャンネルでは、帯域濾波器により映像信号の低周波成分を除去し、残りはIおよびQ信号を再生するための90°位相差を持った復調器に加えられる。復調器に用いる局部発振は、ゲート回路によって映像信号から分離されたパーストにより、送像機の副搬送波発振と同期される。適当な総合伝送特性を得るための低域濾波器により色差信号 E_R' および E_G' を分離する。マトリックス回路はこれら2箇の信号を $E_{Y'}$ と組合わせて、映像再生装置において赤、緑、青成分の画像を生ずる3箇の信号 E_R 、 E_G および E_B を合成する。これらを組合せてもとの天然色映像を再現するのである。

輝度信号の高周波成分が、誤差信号として色度チャンネル中に存在するということは、注意すべきである。それらの成分は復調器によって、極性が次々のフレームで変る低周波信号へと変換される。したがってそれらは1秒間に15~の周期を持つスプリアスな色度変化となる。さいわい、眼のフリッカーに対する知覚の限界周波数は、色度変化に対するほうが輝度変化に対するより低いから、上のようなスプリアスな色度変化が映像の質を害するようなことはない。

カラー・テレビジョン方式について、以上のような一般的検討を行ったのち、終端装置、すなわちカメラと、映像の再生装置をもっと詳しく検討することは興味あることであろう。

カラー・ピックアップ装置は、スペクト

ル・レスポンスに関して、すべて同一の条件を満足しなければならない。すなわち、与えられた波長の光に対する赤、緑、青チャンネルの感度は、その波長の光に色合せするのに必要な赤、緑、青の受像機の色光源の強度に比例しなければならない。この要求は、単純な装置ではどんなものを用いても正確には満足されることがない。なぜなら、スペクトル光源が受像機原色(第2図)によって限定されるカラー三角形の外にあるからである。しかし通常の観察者が色彩の再生をすばらしいと思う程度には、充分近似することができる。

この点を除けば、カラー・カメラの配列は、その用途に大いに左右される。最も融通性に富み、しかも感度のよいカメラの形式は第15図に示したような中継対物レンズを持つイメージ・オルシコン・カメラである。これはスタジオ用にも野外用にも用いられる。カメラ対物レ

第13図 カラー・テレビジョン送像機のブロック図

レンズの焦点距離と、それに対応する写角のいかんにかかわらず、ビーム分離系に対し適当な空間を与えるために、一箇の長焦点中継対物レンズがつけられている(第16図)。この中継対物レンズは、カメラ対物レンズによってフィールド・レンズの面に形成された原色イメージを、三つのイメージ・オルシコンの光電陰極面上に像として結ばせる。

中継対物レンズとイメージ・オルシコンとの間で、光線は赤、緑、青の成分に分けられる。この操作は2箇のダイクロイック・ミラーによって行われる。この鏡は本質的には干渉フィルターであって、あるスペクトル帯域を反射し、残りの帯域を最小の吸収損失で透過させる。

光線の通路にさらに挿入されているカラーおよび中性フィルターにより、映像の白い部分に対して3箇のチャンネルの信号振幅が同一となるように、全装置のスペクトル特性と感度とを望み通りに平衡させている。

3箇の映像信号に対して、正確な重ね合わせが保持されなければならないから、走査パターンは3箇の光像に対し同一で、正確な位置になければならない。これは、3箇のヨークに平行に帰電し、各管に整列コイルおよび幅と傾斜の調節を付することによって行われる。その他水平および垂直シェーディング信号を用いて、イメージ・オルシコンの光電陰極面上の感度のどんな不均一も補償するようにする。

フィルム送像に対しても、同様正確な重ね合わせが必要である。しかし、対象(すなわち伝送しようとするフィルム)が固定面内にあるということのために、光学系はきわめて簡単にできる。その上、より高い輝度レベルを用いることができるから、小型ビデオンをイメージ・オルシコンの代りに用いることができる。映像は、間

第15図 カラー放送用のスタジオ及び野外用カメラ

第14図 カラー・テレビジョン受像機のブロック図

歇式映写機によって、フィールドレンズの上に映し出され、ダイクロイック・ビーム分離系(第17図)⁷⁾を通して、三つのビデオンにより撮像される。ビデオンを用いると装置が小型になる利点がある上に、操作もずっと簡単になる。

静止した映像の場合は、また簡単な非蓄積式の飛点ピックアップ方式を用いることができる(第18図)。走査パターンが、放送しようとするスライドの上に投映され、通過した光が赤、緑、青の成分に分けられて、3箇の光電子増倍管の光電陰極にあたる。この方式では重ね合わせの問題は全く生じない。しかし一方、飛点管からの光は赤い成分が少いので、赤信号に対する信号対雑音比が比較的小さい傾向にある。さらにまた、前置増幅器の特性を飛点螢光体の残光性に対し補償する必要がある。

現在用いられている上述のカメラ方式の発達と平行して、単一管式カラー・カメラについての研究も行われてきた。これらによれば、重ね合わせの問題を除くことができ、カメラ構造⁸⁾が極めて簡単化になる。その他、研究方向としては、ピックアップ点に回転フィルター円板を付して普通のカメラを用いる方法、またカメラから直接供給されたフィールド順次信号から、必要な3箇の同時カメラ信号を得るための変換器を用いる方法等が考え

第16図 カメラの光学系配列

第 17 図 3 個のビディコンを用いた実験用フィルムカメラ

られる。

しかしながら、再生装置を簡単化することの方が、カメラで同時式にするため 3 本を並列式にするより、もっと経済的に重要なことである。したがって、初期においては、同時式カラー受像機に、それぞれ赤、緑、青のスクリーンを持つ 3 箇のキネスコープを用いるのが普通の方法であったが、現在直視式受像機には広く 3 色受像管が用いられている。投映式受像機には、大口径反射式光学系とともに 3 箇の別々のキネスコープを用いることがまず採用されている。この方式は劇場のカラー映写機用としては、特に簡便であるが、その理由は 3 箇の映像がビーム分割装置を中介とせず、映写スクリーン上に重畳して投映されるからである。第 19 図は初期のカラー・テレビジョン映写機を示したものであるが、これによって大きさ 9ft×12ft のスクリーン上に、良質の明るいカラー映像を再生できることが実証されている⁹⁾。

Radio Corporation of America の研究所で行われてきた 3 色受像管に関する盛んな研究の成果として、カラー映像を再生できるきわめて多種の真空管が出現した¹⁰⁾。それらの中で、3-電子銃シャドーマスク 3 色キネスコープが特にすぐれていることが証された¹¹⁾。この真空管の原理を第 20 図に示した。

それぞれ赤、緑、青のカラー信号によって変調された 3 箇のビームが、共に 1 箇の偏向ヨークによって曲げられ、有孔板の上に収斂される。この板中の孔は規則だっ

第 18 図 静止映像用のフライングスポット走査装置の原理

第 19 図 劇場用カラー・テレビジョン

た六角形穴の集合からなっている。マスクの背後の蛍光面上には、おのおの赤、緑、青の点から成る 3 種の幾何的に同形な行列が塗布されている。マスクの孔が適当に配列されているので、マスクの孔を通過した赤成分ビームの電子は赤の蛍光点にのみ当り、緑のビームは緑の蛍光点のみを、青いビームの電子は青い蛍光点のみを打つようになっている。初期の管では、キネスコープ外囲器の内側に、張力を加えた平らなマスクと蛍光板とを挿入していたが、曲率を持った受像板の内面に、曲率を持つしっかりしたシャドーマスクと蛍光板を直接付着させることによって、重量の減少と、有効受像面積の増加を得ることができた。

200,000、あるいはそれ以上の数の、正確な間隔を保った有孔板と、蛍光面を作るのには、写真技術が応用されており、このスクリーン上の蛍光点は、0.001in 程度の誤差で、マスクの孔と一直線をなすよう並べられている。スクリーン自身、またはスクリーンを作るための原板には、感光性のエマルジョンを塗っておき、マスクを通して、偏向板中のビーム中心の一つに位置した光源からの光に露出させる。このようにして、ある一つの特定の色に対する蛍光点の配置が完成される。スクリーン自身を露出させる場合には、この過程を 3 回繰返す。平面スクリーンの場合のように原板が準備される場合は、1 回の露出で充分である。3 種の点行列が型によって、スクリーンに印刷され、型を印刷間に点間隔だけずらす。

シャドーマスク管において、マスクは第 3 の穴を打つはずの電子流から、他の二つの行列を遮る役をする。したがって、マスクは電子流の少くとも、2/3 を吸収することになる。実際には、偏向板中のビームが有限の断面を持っているから、それよりかなり多くの割合が吸収される。したがって、電子の損失を低減するため、孔を電子レンズで置きかえる案が、比較的早くに出

うにテープを磁化する。次にヘッドにより、150kC 搬送波を変調した音声を記録する。Bは四重ヘッドで、4本の映像トラックを録像し、ヘッドCは同様4箇の映像信号を再生するためのものである。音声再生用のヘッドはキャプスタンの次にある。消去および録像用ヘッドが動作しない場合には、テープが装置中を駆動されるごとに録像されたプログラムが再生される。

録像および再生用のヘッドの重要な部分は、それぞれ磁化およびピック・アップ巻線を持った、小型の馬蹄形磁石からできている。録像ヘッドは、そのコイルに加えられた映像信号振幅にしたがった強さで、ヘッドの間隙を通過するテープ部分を磁化する。ヘッドは 3Mc の周波数範囲に応動する。この周波数域の上限波長は、テープに沿って約 0.0001in の長さに対応する。これによっても、テープ駆動に精度がどれほど必要であるか、またギャップがどれほど狭くできているかについての概念が得られるであろう。

実験では、直径 17in で 7000ft のテープ・リールにより、 $4\frac{1}{2}$ 分間のプログラムが展示された。最近の研究では、これより僅か大きい寸法のリールで、テレビジョン番組の一単位として便利な $\frac{1}{4}$ 時間に、番組時間を延長することが目標とされている。

要するに、現在顧客に対し魅力のある画面寸法を持った、高性能のカラー受像管が製造されている。——実景、フィルムおよびスライドのカラー送像用のカメラ装置が得られている。——そしてテープ録像によって、カラー・テレビジョン番組の録像および再生に対する有効な解決策が与えられているということになる。これによってこのことと、コンパクトなカラー・テレビジョン標準の採用と相俟って、テレビジョン放送に次第にカラーの採用が増加している事実に対する健全な基礎が作られて

きたといえる。事実、1954 年来アメリカにおいて、101 の都市の 139 の放送局がカラー・プログラムのネットワークに加入している。また 37 以上の放送局が、自分でカラー番組を編成する設備を持ち、さらに多数が同じような設備を注文中である¹⁰⁾。このようにして、テレビジョンが初めて一本立ちとなった当時、音に視覚を加えたいという望みがそうであったように、色彩の次元を付け加えたいという要求が、一般に拡がる日もそう遠くはないであろう。

しかし、カラー・テレビジョンの利用は、放送のみに限られていない。テレビジョンの多くの工業応用において、色彩を付加することが重要な貢献となるであろう。例えば医学徒または開業医が、テレビジョンカメラによって近距離からピックアップされた手術の天然色描出からは、白黒の同じ描出より、あるいは手術見学席からの直接見学よりもっと多くのことを学ぶことができる。

私設カラー・テレビジョン設備を作るについて生ずる問題は、カラー・テレビジョン・スタジオ設備に起るものより、ある点では簡単であり、ある点では困難である。すなわち、私設備の簡易化は、それが放送標準に合致する必要がないことにより、可能とされる。他方小型で、操作が簡単で、低廉でなければならないというきびしい要求があるので、設計上、より困難な点がある。私設の初期カラー・テレビジョン系統は、カメラの構成を簡単にするため、標準方式では順次方式を用いていた。一般にこの方式はフィルター円板またはドラムを備えた、白黒テレビジョン・カメラから成っている。しかし、このような標準でない方式では、画面の寸法や輝度が制限されるという欠点があるだけでなく、装置系統に標準カラー受像機を用いることを妨げることもなる。標準カラー受像機は、その性能が常に向上し、価格も低廉になることが予想されるので、後者の欠点は特に重大である。

第 24 図は標準カラー・テレビジョン方式に必要とされるような赤、緑、青 3 箇の同時映像信号を発生する新しいカラー・テレビジョン・カメラを示したものである。撮像管として 3 箇のビデオンを用いることにより、カメラの容積を、その寸法を普通の白黒スタジオ・カメラに比しうる程度に減じている。また、ビデオンでは調節箇所が減少するので、カメラの操作が簡単になる。

顕微鏡と組合わして新しいカメラは顕微鏡の対象物の天然色による、便利な集団観察を可能とするが、これは染色技術

第 22 図 磁気テープによるテレビジョン信号の録像及び再生装置

第 23 図 磁気テープ送り装置

第 24 図 ビディコン・カラー・テレビジョン・カメラ

を教える上に確かに有利な方法である。対象物のより直接的な正確な確認に、色彩を利用することにより、教育、工業、商業上カラー・カメラの数限りない他の用途が、明らかにされている。

放送テレビジョンにおけると同様、私設テレビジョンにおいても人は色盲であることを止め、今後、知識の獲得および伝達に、色彩が著しく貢献する場合にはいつも、色彩描出を利用することがいよいよ盛んになることが予想される。

(完)

〔引用文献〕

- 6) L. T. SACHTLEBEN, D. J. PARKER, G. L. ALLEE & E. KORNSTEIN; "Image Orthicon Color Television Camera Optical System" RCA Review, Vol. 13, P. 27~33, 1952.
- 7) H. N. KOZANOWSKI; "3-Vidicon Color Film Camera" Broadcast News, Vol. 79, P. 8~15, May-June, 1954.
- 8) P. K. WEIMER, S. GRAY, H. BORKAN, S. A. OCHS & H. C. THOMPSON; "The Tricolor Vidicon—an Experimental Camera Tube for Color Television" Presented at IRE National Convention, New York March. 24, 1955.
- 9) V. K. ZWORYKIN; "Television" J. Franklin Institute, Vol. P. 131~145, 1947.
- 10) E. W. HEROLD; "Methods Suitable for Television Color Kinescopes" I. R. E. Vol. 39, P. 1177~1185, 1951.
- 11) H. B. LAW; "A Three-gun Shadow-Mask Color Kinescope" I. R. E. Vol. 39, P. 1186~1194, 1951.
- M. J. GRIMES, A. C. GRIMM & J. F. WILHELM; "Improvement in the RCA Three-Beam Shadow-Mask Color Kinescope," I. R. E. Vol. 42, p. 315~326, 1954.
- N. F. FYLER, W. E. ROWE & C. W. CAIN; "The CBS Colortron: A Color Tube of Advanced Design" I. R. E. Vol. 42, P. 326~334, 1954.
- 12) WERNER FLECHSIG, フランス特許 866,065, 1941年6月16日 参照
- 13) R. DRESSLER; "The PDF Chromatron—a single or multi-gun tri-color Cathode-ray tube," I. R. E. Vol. 41, P. 851~858, July, 1953.
- J. D. GOW & R. DORR; "Compatible Color Picture Presentation with the single gun Tricolor Chromatron," I. R. E. Vol. 42, P. 308~315, 1954.
- 14) A. C. SCHROEDER, 米国特許 2,446,791, 1948年8月10日発行参照
- 15) H. F. CLSON, W. D. HOUGHTON, A. R. MORGAN, J. ZENEL, M. ARZT, J. G. WOODWARD & J. T. FISCHER; "A System for Recording and Reproducing Television Signals" RCA Review, Vol. 15, P. 3~17, 1954.
- 16) Television Factbook No. 20, Spring, 1955, Washington. D. C.

カラー・テレビ用天然色フィルム撮影時の被写体照明

自然界における光域は 300:1 程度であるが、写真の光域では 100:1 である。一方テレビジョンのそれは 30:1 であるから光域に関して自然界と写真との間に成立つ関係が、写真とテレビジョンの間にも成立つわけである。したがって劇場用映画として撮影したフィルムをテレビジョンで伝送した場合には、過度に光域が押し狭められる結果画の質は悪くなり、中間調の再現には特別の技術が必要とする。

subject contrast とはカメラがとらえている場面の性質のことであり、例えば純白のシャツの上に真黒な服を着た人の subject contrast は非常に高いものになる。subject—lighting contrast とは照明の仕方によって出るコントラストのことで、例えば傾め上方から強く照明された人の顔は、顔から首にかけて濃い蔭ができるであろう。

このとき額と顔の下との contrast はかなり大きな値となる。この contrast のことを subject—lighting contrast と言っている。したがって subject contrast の方が subject—lighting contrast よりも一般に遙かに高い。

種々実験した結果劇場用のフィルムには subject—lighting contrast は 4:1 でよいが、television 用のフィルムの場合は 2:1 がよく、このため key—light と fill—light を適当に使用して 2:1 に下げないように注意せねばならない。

また subject contrast の余り高いときは衣裳を変える等して下げねばならぬ。背景照明も画に深みを与えるために適当に行わねばならぬ。

color television の場合には color balance を保つように 3channel の利得の間に一定の関係を保つ必要があるので、用い得る光域は白黒 TV

の場合よりも更に狭くなる。照明の強さが変わっても color balance が崩れないようにする必要がある。イメージオルシコンの使い方も白黒式の場合よりも細心の注意を払わないと color balance を乱す結果となる。color television system は光域の限界を光電変換特性の linear な範囲に入れなければ balance が破れる。また color television 用には subject lighting contrast は 2:1 でよい。もしこの値を 1:1 にすれば画は甚だ平面的な感じがして深みがなくなる。color の場合も矢張り適当に背景を照明する必要がある。

種々実験した結果 color film を color television で伝送するときは (1) subject—lighting contrast は 2:1 (2) 画に深みを与えるために背景は適当に照明することの二項目を推薦したい。

マスキングの技術が色の純度を上げるために採られても、上記の二項目は変化しないだろう。

(SMPTE, sept. 1954, vol. 63)

(鈴木—鈴木嘉郎)