撮像管多重化カラーテレビジョン系の解析

日本コロムビア株式会社 研究部 高 木 俊 彦

撮像管を色彩の独立情報に関して多重化することにより、使用する撮像管の数を減少した同時式カラーテレビジョンカメラを、光学系をふくめて伝送回路として取り扱うことにより、各種の構成と基本的性質について解析し、実験結果を中間的に示した。結果によれば、現在1ビジコンではやや不十分であるが撮像管などの改善により向上の見込みがあり、2ビジコンではほぼ十分な画像が得られた。I.O. によればさらに良好な結果が得られると予想される。

1. ま え が き

同時式のカラーテレビジョンカメラ（以後はカラーカメラまたは単にカメラとよぶ）を簡易化するために、撮像管を多重化することにより使用する撮像管の数を減少する研究を行なっている¹⁾。

撮像管の多重化に関して、Tri-color-vidicon (RCA) のような特殊な撮像管が試みられているが、これは色の3要素に対して別個の出力端子をもっており、一般的な撮像管による方法については一、二²⁾の提案があるのみである。

撮像管を多重化すれば、その解像度特性に十分余裕がないかぎり色の各要素に対する系の通信容量が減少するが、眼の特性を考慮することにより実用上の劣化は相当に救済できると考えられる。

撮像管の多重化については多くの方法が考えられるので、本文では方式について全般的に解析し、現在までの試作結果を報告する。

本文では、色に関する独立成分の組をベクトルのように考え、その組をたとえば $\mathbf{F}_c(\lambda) \cdot (c=r, g, b)$, $\mathbf{V}_{c'} \cdot (c'=r', g', b')$, $\mathbf{v}_n (n=1, 2, 3)$ のように表わすことにする。また、3成分に対して多重化する場合につき述べるが、2成分につき多重化し他の1成分は別個の撮像管を用いることも考えられるが、多重化部分については本質的に異なることはない。

筆者紹介

たかぎ としお
高木俊彦 昭和22年、浜松工専電気工学科卒業
日本コロムビアKK研究室に入社、主としてテレビジョンおよび関連技術の研究を行ない、最近では電子回路および機器の研究に従事している。現在、同社研究部第4研究室長、正会員。

"Analysis of Multiplex Pickup Tube Color TV System" by Toshiko Takagi (Nippon Columbia Co., Ltd., Kawasaki)

2. 撮像管多重化カメラの静的定義

ブラウン管の発光三原色のスペクトル特性を $\mathbf{S}_c(\lambda)$ 、これに対応するフィルタ特性を $\mathbf{F}_c(\lambda)$ とすれば、色光 $E(\lambda)$ を等色するために必要なブラウン管の入力電圧は

$$\mathbf{V}_c = \int \mathbf{F}_c(\lambda) \cdot E(\lambda) \cdot d\lambda \quad \text{注1)} \quad (1)$$

である。ある実現可能なフィルタ特性 $\mathbf{F}_{c'}(\lambda)$ をもつ3台のTVカメラの、入力光 $E(\lambda)$ に対する出力を

$$\mathbf{V}_{c'} = \int \mathbf{F}_{c'}(\lambda) \cdot E(\lambda) \cdot d\lambda \quad (2)$$

とすれば、このカメラとブラウン管を接続するためには

$$\mathbf{V}_c = [\mathcal{T}_{c''}] \cdot \mathbf{V}_{c'} = [\mathcal{T}_{c''}]^{-1} \cdot \mathbf{V}_c \quad (3)$$

が成り立つようなある変換 $[\mathcal{T}_{c''}]$ が必要である。ここで、 $\mathbf{F}_{c'}(\lambda)$ が、ある原色変換 $[\mathcal{T}_{c''}]$ によって

$$\mathbf{F}_{c'}(\lambda) = [\mathcal{T}_{c''}] \cdot \mathbf{F}_c(\lambda) \quad (4)$$

として $\mathbf{F}_c(\lambda)$ から導かれたものとすれば

$$[\mathcal{T}_{c''}] \cdot [\mathcal{T}_{c''}'] = [1] \quad \text{注2,3)} \quad (5)$$

したがって、 $E(\lambda)$ とブラウン管の出力光 $\mathbf{S}_{c'}^*(\lambda) \cdot \mathbf{V}_{c'}$ ^{注4)} (3) は等色になり、(5) によってカラーTV系が定義される。^{注3)} $[\mathcal{T}_{c''}]$ を逆原色変換とよぶことにする。

撮像管は入力光に対して、色彩的には $\int \{ \} \cdot d\lambda$ なる演算子にすぎないから、撮像管を多重化するためには、色分解フィルタ $\mathbf{F}_{c'}(\lambda)$ の配置に固有の空間周波数⁴⁾ または位相を与えることによって、入力光3成分を多重化する必要がある。撮像管光電面に投影された被写体の像平面において、走査線上の距離を l , $\mathbf{F}_{c'}(\lambda)$ の分布を周期関数 $\Psi_{c'}(l)$ とすれば、撮像管の入力光 $\mathbf{E}_{c'}^*(\lambda)$ は

注1) 定積分の上下限 $0 \sim \infty$ を省略する。

注2) 単位行列 E をここでは $[1]$ と書く。

注3) 実現上は $\mathbf{F}_{c'}(\lambda)$ に近似特性を用い

$$[\mathcal{T}_{c''}] = [\mathcal{T}_{c''}'] = [1] \quad (5')$$

とするのが普通である。

注4) *は行ベクトルまたは行マトリクスを示す。

図 1
 $\Psi_{c'}(l)$,
 $\Phi_{c'}(t)$ の
形

$$E_{c'}^*(\lambda) = [1^*] \cdot [\Psi_{c'}(l)] \cdot F_{c'}(\lambda) \cdot E(\lambda) \quad (6)$$

である。 $\Psi_{c'}(l)$ を変調フィルタとよび

$$\begin{aligned} \Psi_{c'}(l) &= 1 \quad (l_c - A_{c'}/2 < l < l_c + A_{c'}/2) \\ \nu_{c'} &= 1/L_{c'} \quad (\text{空間周波数}) \end{aligned} \quad (7)$$

として図 1 (a) に示すような形とすれば、走査速度を v 、走査線上の時間を t として、 $l = v \cdot t$ であるから、 $\Psi_{c'}(l)$ は撮像管の出力側では周期関数 $\Phi_{c'}(t)$ に変換され

$$\begin{aligned} \Phi_{c'}(t) &= 1 \quad (t_{c'} - \tau_{c'}/2 < t < t_{c'} + \tau_{c'}/2) \\ f_{c'} &= 1/T_{c'} = v \cdot \nu_{c'} \end{aligned} \quad (8)$$

として図 1 (b) に示すようになる。

したがって、撮像管出力成分を $v_{c'}$ とすれば、

$$v_{c'}^* = [1^*] \cdot [\Phi_{c'}(t)] \cdot V_{c'} = [\mathcal{M}_{c'}^{\circ'}] \cdot V_{c'} \quad (9)$$

である。変換 $[\mathcal{M}_{c'}^{\circ'}]$ を変調変換とよぶ。 $v_{c'}$ の各成分は、 $\Phi_{c'}(t)$ を搬送波、映像信号 $V_{c'}$ を変調波とする正変調波である。 $v_{c'}^*$ は、 $\Phi_{c'}(t)$ の 2 個の自由度 $f_{c'}$ および $t_{c'}$ に関して分離可能であるから、このような多重化方式には、周波数分離形と位相分離形およびこれらの複合分離形が考えられる。

$v_{c'}^*$ を、必要に応じてフィルタで分波し、復調した出力 V_n が、変換 $[\mathcal{M}_n^{\circ'}]$ によって

$$V_n = [\mathcal{M}_n^{\circ'}] \cdot v_{c'}^* \quad (10)$$

で与えられるものとして、 $[\mathcal{M}_n^{\circ'}]$ を復調変換とよぶ。

V_n を変換 $[\mathcal{I}_{c'}^n]$ によって

$$V_{c'} = [\mathcal{I}_{c'}^n] \cdot V_n \quad (11)$$

に変換するときの $[\mathcal{I}_{c'}^n]$ を受像変換とよぶ。

以上の過程において、変調変換、復調変換および受像変換の縦続接続が

$$[\mathcal{I}_{c'}^n] \cdot [\mathcal{M}_n^{\circ'}] \cdot [\mathcal{M}_{c'}^{\circ'}] = [1] \quad (12)$$

であれば、(5) により、この前後に原色変換および逆原色変換を接続した全系統において、入力光 $E(\lambda)$ とブラウン管の出力光 $S_c^*(\lambda) \cdot V_c$ が等色になり、図 2 に示すようなカラー TV 系が成り立つ。(12) がこの系の要点であり、静的な定義である。

3. 変調変換と撮像出力

2. においては、色座標のみに着目して入力光を直流的

図 2 撮像管多重化カメラ系

に扱って系を静的に定義したが、以後は必要に応じて画像情報を考えた動的な解析もあわせて行ない、この場合には、入力光を $E(\lambda, l)$ 、各部の信号については (8) により t の関数として取り扱う。

図 2 の 3 成分の各光路について、変調フィルタ以前のレスポンス関数の行列を $[R_{c'}(\nu)]$ 、以後のそれを $[R'_{c'}(\nu)]$ 注 5) とすれば、撮像管の入力光 $E_{c'}^*(\lambda, l)$ は

$$E_{c'}^*(\lambda, l) = [1^*] \cdot [R'_{c'}(\nu)] \cdot [\Psi_{c'}(l)] \cdot [R_{c'}(\nu)] \cdot F_{c'}(\lambda) \cdot E(\lambda, l) \quad (13)$$

である。

撮像管の解像度特性を $P(\nu)$ 、3 成分に対する感度の行列を $[A_{c'}]$ 注 6) とすれば、撮像管の出力電流 $\vartheta_{c'}^*(t)$ は、 $V_{c'}(t)$ に対応する電流を $I_{c'}(t)$ とすれば

$$\begin{aligned} \vartheta_{c'}^*(t) &= [\mathcal{M}_{c'}^{\circ'}] \cdot [R_{c'}(\omega)] \cdot I_{c'}(t) \\ &= P(\omega) \cdot [A_{c'}^*] \cdot [R'_{c'}(\omega)] \cdot [\Phi_{c'}(t)] \cdot [R_{c'}(\omega)] \cdot I_{c'}(t) \end{aligned} \quad (14)$$

である。 $\Phi_{c'}(t)$ を図 1 (b) および (8) より

$$\Phi_{c'}(t) = a_{c'0} + \sum_{m=1}^{\infty} a_{c'm} \cdot \cos m(2\pi/T_{c'}) (t + t_{c'}) \quad (15)$$

とすれば、 $\mathcal{J}_{c'}(t)$ は周期 $T_{c'}$ で標準化された映像信号であるから、映像信号の所要帯域幅を $W_{c'}$ とすれば、搬送波周波数 $f_{c'} = 2\pi/T_{c'}$ は

$$f_{c'} \geq 2W_{c'} \quad (16)$$

に選ぶ必要があり、一般に数 Mc 程度になる。したがって実現上は、撮像管の負荷インピーダンス特性 $Z(\omega)$ 注 7) および (14) に示される各種の制限により、 $\Phi_{c'}(t)$ の高調波まで取り出すことは SN 比の点からも困難であるから、 $Z(\omega)$ は $\Phi_{c'}(t)$ の基本波成分までを確保するものとする。

撮像管の出力電圧は $Z(\omega) \cdot \vartheta_{c'}(t)^*$ であるが、実際には少なくとも $Z(\omega)$ は続く回路で補償するわけで、この高域補償特性を $C(\omega)$ とするとき

$$C(\omega) = 1/Z(\omega) \quad (0 \leq \omega < \omega_{c'} + 2\pi W_{c'}) \quad (17)$$

注 5) 主としてリレーレンズのレスポンスである。

注 6) スペクトル感度 $A(\lambda)$ は $F_{c'}(\lambda)$ により補正した $A_{c'}$ は主波長における相対感度とする。

注 7) 規格化特性とする。

であると仮定する、以後の便宜上、撮像出力電圧 $v_{e'}^*(t)$ は次式を用いるものとする。

$$v_{e'}^*(t) = C(\omega) \cdot Z(\omega) \cdot \varphi_{e'}^*(t) \quad (18)$$

したがって、変調行列 $[\varphi_{e'}(t)]$ は

$$[\varphi_{e'}(t)] = [a_{e'0}] + [a_{e'1} \cdot \cos \omega_{e'}(t + t_{e'})] \quad (19)$$

であり、 $v_{e'}^*(t)$ は (19) 第 1 項によって発生する変調波 3 成分が混合された 1 個の映像信号と、第 2 項により発生する $t_{e'}$ または $\omega_{e'}$ に関して分離可能な 3 個の被変調信号より構成されるから、 $\omega_{e'}$ の中の 1 個を 0 にしても 3 成分に分離できる。とくに周波数分離形ではこのほうが有利である。図 3 に $v_{e'}^*(t)$ の一般的なスペクトル $v_{e'}(\omega)$ を示す。

4. 光学系の構成

変調フィルタ $\Psi_{e'}(l)$ は、変調しようとする色成分に対する透過・不透過の素子を水平走査方向と交差するように $v_{e'}$ の周期で配列した構造で、光電面に密着するか、リレーレンズを用いて密着と同等の位置におく必要がある。

4.1 並列形光学系

各色成分に対する色分解フィルタ $F_{e'}(\lambda)$ と変調フィルタ $\Psi_{e'}(l)$ を縦続接続した組を並列接続したもので、各光路は 1 個の色成分のみを取り扱うから、実現上 $\Psi_{e'}(l)$ は透明と黒の部分で構成すればよい。この光学系の行列は各光路における組の和として

$$[\Psi_{e'}(l)] \cdot F_{e'}(\lambda) = \begin{bmatrix} \Psi_{e'}(l) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F_{e'}(\lambda) \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} +$$

図 3 $v_{e'}^*(t)$ のスペクトル

$$+ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & \Psi_{g'}(l) & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ F_{g'}(\lambda) \\ 0 \end{bmatrix} + \dots \quad (20)$$

で表わされる。図 4 に構成例を示す。この形は構造が複雑でリレーレンズの数も多いので実用性が少ない。実現上はハーフミラーをダイクロイックミラーとして $F_{e'}(\lambda)$ を兼ねさせないと光損失が多い。

図 4 並列形光学系

4.2 直列形光学系

3 成分に対する各光路を重ね合わせて 1 本にできれば、構造が簡単になり光損失も減少するであろう。この場合には、各色成分に対する $F_{e'}(\lambda)$ と $\Psi_{e'}(l)$ を縦続接続した組を 1 本の光路上に縦続接続することになるから、 $\Psi_{e'}(l)$ は透明と黒の組み合わせでなく、黒の部分が少ないとも他の 2 色成分を通過させるようにしなければならない。

位相分離形の場合には、たとえば $\Psi_{r'}(l) = 1$ の位置に $F_{r'}(\lambda)$ をおき、残りの部分 $1 - \Psi_{r'}(l) = 1$ は透明としたような $F_{e'}(\lambda)$ と $\Psi_{e'}(l)$ を一体とした組を重ね合わせればよく、光学系の行列は縦続接続（積）として

$$[\Psi_{e'}(l)] \cdot F_{e'}(\lambda) = \begin{bmatrix} \Psi_{r'}(l) & 0 & 0 \\ 0 & 1 - \Psi_{r'}(l) & 0 \\ 0 & 0 & 1 - \Psi_{r'}(l) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F_{r'}(\lambda) \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 - \Psi_{g'}(l) & 0 & 0 \\ 0 & \Psi_{g'}(l) & 0 \\ 0 & 0 & 1 - \Psi_{g'}(l) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ F_{g'}(\lambda) \\ 1 \end{bmatrix} \times \dots = \begin{bmatrix} \Psi_{r'}(l) & 0 & 0 \\ 0 & \Psi_{g'}(l) & 0 \\ 0 & 0 & \Psi_{b'}(l) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F_{r'}(\lambda) \\ F_{g'}(\lambda) \\ F_{b'}(\lambda) \end{bmatrix} \quad (21)$$

で表わされ、図 5 (a) のような構成になるが、この 3 組を一体として図 5 (b) のように簡略化できることは明らかである。

周波数分離形の場合には、 $F_{e'}(\lambda)$ の配置 $\Psi_{e'}(l)$ が重なり合う機会があるから、たとえば $F_{r'}(\lambda)$ を $\Psi_{r'}(l)$ の形で配列したとしても、全面にわたって他の 2 色成分が通過できなくてはならないから

図 5 位相分離形直列形光学系の構成図

$$\begin{aligned} & \begin{pmatrix} \Psi_{r'}(L) & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} F_{r'}(\lambda) \\ 1-F_{r'}(\lambda) \\ 1-F_{r'}(\lambda) \end{pmatrix} \\ & = \begin{pmatrix} \Psi_{r'}(L) & 0 & 0 \\ 0 & 1-\Psi_{r'}(L) & 0 \\ 0 & 0 & 1-\Psi_{r'}(L) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ 1-F_{r'}(\lambda) \\ 1-F_{r'}(\lambda) \end{pmatrix} \quad (21') \end{aligned}$$

のような組を用いなければならないが、実際上 $F_{e'}(\lambda)$ はそれぞれ共通の波長域をもっているから、 $\{1-F_{r'}(\lambda)\} \cdot F_{g'}(\lambda) \doteq F_{g'}(\lambda)$, $\{1-F_{b'}(\lambda)\} \cdot F_{g'}(\lambda) \doteq F_{g'}(\lambda)$ などにより実現できない。ただし $F_{r'}(\lambda)$ と $F_{b'}(\lambda)$ は共通の波長域をもたないから、 $\omega_{g'}=0$ とする

$$\begin{aligned} [\Psi_{e'}(L)] \cdot F_{e'}(\lambda) &= \begin{pmatrix} \Psi_{r'}(L) & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} F_{r'}(\lambda) \\ 1-F_{r'}(\lambda) \\ 1-F_{r'}(\lambda) \end{pmatrix} \\ &\times \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \Psi_{b'}(L) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1-F_{b'}(\lambda) \\ 1-F_{b'}(\lambda) \\ F_{b'}(\lambda) \end{pmatrix} \\ &= \begin{pmatrix} \Psi_{r'}(L) & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \Psi_{b'}(L) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} F_{r'}(\lambda) \cdot \{1-F_{b'}(\lambda)\} \\ \{1-F_{r'}(\lambda)\} \cdot \{1-F_{b'}(\lambda)\} \\ \{1-F_{r'}(\lambda)\} \cdot F_{b'}(\lambda) \end{pmatrix} \\ &\doteq \begin{pmatrix} \Psi_{r'}(L) & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \Psi_{b'}(L) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} F_{r'}(\lambda) \\ F_{g'}(\lambda) \\ F_{b'}(\lambda) \end{pmatrix} \end{aligned}$$

ここで、 $\{1-F_{r'}(\lambda)\} \cdot \{1-F_{b'}(\lambda)\} \doteq F_{g'}(\lambda)$ (21'') の形ならば可能であり、実験装置はこの形式を用いた。この光学系の構成は、(21'') の各項が (21') のように変形できるから、図 6 に示すようになる。

5. 復調変換

撮像出力電圧 $v_{e'}^*(t)$ から 3 成分を復調するために、周波数分離形では一般にフィルタで分波する必要があり、位相分離形では共通の 1 個ないし独立の 3 個の LPF を用いる形になるから、このフィルタ特性の行列を $[F_n(\omega)]$ 、フィルタ出力を $v_n(t)$ とすれば

$$v_n(t) = [F_n(\omega)] \cdot v_{e'}^*(t) \quad (22)$$

$v_n(t)$ から $V_n(t)$ を得るための復調を示す演算子の行列を $[D_n]$ とすれば

$$\begin{aligned} V_n(t) &= [D_n] \cdot v_n(t) = [D_n] \cdot [F_n(\omega)] \\ &\cdot v_{e'}^*(t) = [\mathcal{M}_{n'e'}] \cdot v_{e'}^*(t) \\ D_n &= \frac{1}{T_n} \int_{-\frac{\tau_n}{2}}^{+\frac{\tau_n}{2}} \{ \} \cdot dt \quad (\text{周波数分離形}) \quad (23) \\ D_n &= \frac{1}{T_n} \int_{-\frac{\tau_n}{2}}^{+\frac{\tau_n}{2}} \{ \} \cdot \Theta_n(t) \cdot dt \quad (\text{位相分離形}) \quad \text{注 8)} \end{aligned}$$

ここで、 $\Theta_n(t)$ は復調用搬送波であり、図 7 に示すような波形として

$$\begin{aligned} \Theta_n(t) &= 1 \quad \left(t_n - \frac{\tau_n}{2} < t < t_n + \frac{\tau_n}{2} \right) \\ t_n &= t_{e'}, \quad \tau_n \leq \tau_{e'} \end{aligned} \quad (24)$$

とする。実現上は $\Theta_n(t)$ を作るためには、基準周波数および位相を与えるインデックス信号を撮像管から取り出す必要があり、結局、変調フィルタ $\Psi_{e'}(L)$ にインデックス用素子を入れることになる。

6. フィルタ出力と復調出力

6.1 周波数分離形

図 8 に周波数分離形の原理的構成を示す。もっとも明度の高い g' 成分に対する搬送波角周波数 $\omega_{g'}=0$ とすれば注 9)、(18) (19) (22) より、フィルタ出力電圧は

$$\begin{aligned} v_n(t) &= [F_n(\omega)] \cdot P(\omega) \cdot [A_{e'}^*] \\ &\cdot \begin{pmatrix} R'_{r'}(\omega) \cdot a_{r'0} & 0 & 0 \\ 0 & R'_{g'}(\omega) & 0 \\ 0 & 0 & R'_{b'}(\omega) \cdot a_{b'0} \end{pmatrix} \\ &+ \begin{pmatrix} R'_{r'}(\omega) \cdot a_{r'1} \cdot \cos \omega_{r'} t & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & R'_{b'}(\omega) \cdot a_{b'1} \cdot \cos \omega_{b'} t \end{pmatrix} \\ &\cdot [R_{e'}(\omega)] \cdot V_{e'}(t) \end{aligned} \quad (25)$$

ただし、一般的に $t_{e'}=0$ とする。

図 7 復調用搬送波 (25) において $F_n(\omega)$

上式から明かなように $v_n(t)$ は対角行列ではないから変調変換と復調変換の積が $[\mathcal{M}_{n'e'}] \cdot [\mathcal{M}_{e'n}]$ $\doteq [1]$ であることに注意を要する。

図 8 周波数分離形直列形光学系の構成

注 8) 同期検波である。

注 9) SN 比と視感度から実測的である。

図 8 周波数分離形カメラ系

は、{ }内の第 1 行列に対する LPF としては、もっとも明度の高い g' 成分に関して

$$F_n(\omega) = 1/P(\omega) \cdot R'_{g'}(\omega) \quad (0 \leq \omega < 2\pi \cdot W_{e'}) \quad (26)$$

とするのが眼の解像度特性から妥当であり、かつ光学系の実現上から

$$R'_{r'}(\omega) \doteq R'_{g'}(\omega), \quad R'_{b'}(\omega) \doteq R'_{g'}(\omega) \quad (26') \text{ 注10}$$

でさしつかえない。第 2 行列に対する BPF としては

$$F_n(\omega) = \frac{P(\omega_{e'}) \cdot R'_{e'}(\omega_{e'})}{P(\omega) \cdot R'_{e'}(\omega)}$$

$$(\omega_{e'} - 2\pi \cdot W_{e'} < \omega < \omega_{e'} + 2\pi \cdot W_{e'}) \quad (27)$$

とする。つまり両者とも、撮像管の解像度特性 $P(\omega)$ 、リレーレンズのレスポンス関数 $R'_{e'}(\omega)$ を補償することになる。以上のフィルタ特性を $v_c^*(t)$ の一般的なスペクトルに対して図 9 に示す。

(25) の { } 内第 2 行列における $P(\omega) \cdot R'_{e'}(\omega)$ は、上記の補償がない場合は、復調によって包絡線伝送特性 $R_{e'}(\omega)$ に変換される。実現上搬送波周波数 $f_{e'}$ が数 Mc で、かつ帯域幅 $W_{e'}$ が (16) により制限されるから、 $P(\omega) \cdot R'_{e'}(\omega)$ は直流的な下降特性とみられ、したがって

$$R_{e'}(\omega) \doteq 1 \quad (0 \leq \omega < 2\pi \cdot W_{e'}) \quad (28) \text{ 注11}$$

としてもさしつかえないものとして

$$F_n(\omega) = 1 \quad (\omega_{e'} - 2\pi \cdot W_{e'} < \omega < \omega_{e'} + 2\pi \cdot W_{e'}) \quad (28')$$

としてもよいであろう。

以上の条件における復調出力 $V_n(t)$ は

$$V_n(t) = [\mathcal{M}_n^{e'}] \cdot [\mathcal{M}_e^{e'}] \cdot [R_{e'}(\omega)] \cdot V_{e'}(t)$$

$$= \begin{pmatrix} P(\omega_{r'}) \cdot R'_{r'}(\omega_{r'}) \cdot A_{r'} \cdot a_{r'0} & 0 & 0 \\ 0 & P(\omega_{g'}) \cdot R'_{g'}(\omega_{g'}) \cdot A_{g'} \cdot a_{g'0} & 0 \\ 0 & 0 & P(\omega_{b'}) \cdot R'_{b'}(\omega_{b'}) \cdot A_{b'} \cdot a_{b'0} \end{pmatrix}$$

$$\cdot [R_{e'}(\omega)] \cdot V_{e'}(t) \quad (0 \leq \omega < 2\pi \cdot W_{e'}) \quad (29)$$

である。

6.2 位相分離形

図 10 に位相分離形の原理的構成を示す。フィルタ出力電圧は、(18) (19) (22) より

$$v_n(t) = [F_n(\omega)] \cdot P(\omega) \cdot [A_{e'}^*]$$

$$\cdot \begin{pmatrix} R'_{r'}(\omega) \cdot a_{r'0} & 0 & 0 \\ 0 & R'_{g'}(\omega) \cdot a_{g'0} & 0 \\ 0 & 0 & R'_{b'}(\omega) \cdot a_{b'0} \end{pmatrix}$$

$$+ \begin{pmatrix} R'_{r'}(\omega) \cdot a_{r'1} \cdot \cos \omega_0 t_{r'} & 0 & 0 \\ 0 & R'_{g'}(\omega) \cdot a_{g'1} \cdot \cos \omega_0 t_{g'} & 0 \\ 0 & 0 & R'_{b'}(\omega) \cdot a_{b'1} \cdot \cos \omega_0 t_{b'} \end{pmatrix} \cdot [R_{e'}(\omega)] \cdot V_{e'}(t) \quad (30)$$

ただし、 $\omega_{r'} = \omega_{g'} = \omega_{b'} = \omega_0$ 、 $t = 0$ とする。

$F_n(\omega)$ を (26) と同様な特性 (ただし、 $0 \leq \omega < \omega_0 + 2\pi \cdot W_{e'}$) とすれば、図 11 に示す特性となり、復調出力

図 9 周波数分離形の $F_n(\omega)$ の一例

図 10 位相分離形カメラ系

注10) $R'_{e'}(\omega)$ は非変調成分に対しては、視感度の点より $R'_{g'}(\omega)$ で代表してよい。

注11) 残留側波帯伝送の傾斜部分と同じである。 $P(\omega)$ 、 $R'_{e'}(\omega)$ は位相特性をもたないことに注意を要する。

図 11 位相分離形の $F_n(\omega)$ の一例

は (23) より, $\tau_1 = \tau_2 = \tau_3$ として

$V_n(t)$

$$= \begin{pmatrix} A_{r'} \cdot a_{r'1} & A_{g'} \cdot a_{g'1} \cdot \cos \omega_0(t_{g'} - t_{r'}) \\ A_{r'} \cdot a_{r'1} \cdot \cos \omega_0(t_{r'} - t_{g'}) & A_{g'} \cdot a_{g'1} \\ A_{r'} \cdot a_{r'1} \cdot \cos \omega_0(t_{r'} - t_{b'}) & A_{g'} \cdot a_{g'1} \cdot \cos \omega_0(t_{g'} - t_{b'}) \\ A_{b'} \cdot a_{b'1} \cdot \cos \omega_0(t_{b'} - t_{r'}) \\ A_{b'} \cdot a_{b'1} \cdot \cos \omega_0(t_{b'} - t_{g'}) \\ A_{b'} \cdot a_{b'1} \end{pmatrix} \cdot [R_{c'}(\omega)] \cdot V_{c'}(t)$$

$$= [\mathcal{M}_{n''}] \cdot [\mathcal{M}_{c''}] \cdot [R_{c'}(\omega)] \cdot V_{c'}(t) \quad (31) \quad \text{注12}$$

である。この形では、 $\Phi_{c'}(t)$ に関し十分高次の高調波まで確保しなければ、復調出力は対角行列にならない。

また、搬送波の2個を直角の関係におくことはできるが、他の1個をさらに直角の関係にはできないことは、

(31)において、たとえば $\omega_0(t_{r'} - t_{g'}) = \pi/2$ とし、さらに $\omega_0(t_{g'} - t_{b'}) = \pi/2$ とすると

$$V_n(t) = \begin{pmatrix} A_{r'} \cdot a_{r'1} & 0 & -A_{b'} \cdot a_{b'1} \\ 0 & A_{g'} \cdot a_{g'1} & 0 \\ -A_{r'} \cdot a_{r'1} & 0 & A_{b'} \cdot a_{b'1} \end{pmatrix} \cdot [R_{c'}(\omega)] \cdot V_{c'}(t)$$

となって、第1行と第3行は絶対値が等しいから3成分に分解できない。位相の決定は $V_n(t)$ の係数に影響するから $v_n(t)$ の SN 比が不等のときには注意を要する。

7. ノイズ

図 12 の撮像管出力回路において、撮像管出力電流に等価変換したノイズ電流 $i_N^2(\omega)$ は (17) (18) より

$$\overline{i_N^2(\omega)} = 2q \cdot i_B + \frac{4KT}{R_0} + \frac{4KT \cdot R_{eq}}{R_0^2} \cdot \frac{1}{Z^2(\omega)} \quad (32)$$

上式の第1項は撮像管のビーム電流 i_B 中のショットノイズ、第2項は負荷回路の総合抵抗 R_0 の熱擾乱ノイズ、第3項は初段増幅管のノイズを示し $q = 1.6 \times 10^{-19} \text{ coulomb}$ である。

したがって、(18) (22) よりフィルタ出力 $v_n(t)$ に対するノイズ n_n は

$$\overline{n_n^2} = \int [F_n^2(\omega)] \cdot \overline{i_N^2(\omega)} \cdot d\omega \quad (33)$$

であるから、以後の各信号成分に対するノイズを知ることができる。

もしも $Z(\omega)$ が R_0 と並列静電容量 C_0 の形であるとすれば

$$\frac{1}{Z^2(\omega)} = 1 + R_0^2 \cdot \omega^2 C_0^2 \quad (34)$$

であって、 $4KT/R_0 \gg 4KT \cdot R_{eq}/R_0^2$ が成立するから、

$$\overline{i_N^2(\omega)} = 2q \cdot i_B + \frac{4KT}{R_0} + 4KT \cdot R_{eq} \cdot \omega^2 C_0^2 \quad (35)$$

となり、特殊な場合のほかはこれを用いることにする。

7.1 周波数分離形の SN 比

6.1 に例示した構成において、復調出力 V_n に対するノイズ N_n は、(22) (26) (27) より

$$\overline{N_n^2} = \frac{1}{2\pi} \left[\begin{aligned} & \int_{\omega_{r'} - 2\pi \cdot W_{r'}}^{\omega_{r'} + 2\pi \cdot W_{r'}} \left\{ \frac{P(\omega_{r'}) \cdot R'_{r'}(\omega_{r'})}{P(\omega) \cdot R'_{g'}(\omega)} \right\}^2 d\omega \\ & \int_0^{2\pi \cdot W_{g'}} \left\{ \frac{1}{P(\omega) \cdot R'_{g'}(\omega)} \right\}^2 d\omega \\ & \int_{\omega_{b'} - 2\pi \cdot W_{b'}}^{\omega_{b'} + 2\pi \cdot W_{b'}} \left\{ \frac{P(\omega_{b'}) \cdot R'_{b'}(\omega_{b'})}{P(\omega) \cdot R'_{b'}(\omega)} \right\}^2 d\omega \end{aligned} \right] \cdot \overline{i_N^2(\omega)} \cdot d\omega \quad (36)$$

ここで $\omega_{c'} \pm 2\pi \cdot W_{c'}$ の間で $P(\omega) \cdot R'_{c'}(\omega)$ が直線的であるとすれば、(36) の第1行、第3行は、たとえば

$$N_1^2 = W_{r'} \left(2q \cdot i_B + \frac{4KT}{R_0} + \frac{4}{3} KT \cdot R_{eq} \cdot \omega_{r'}^2 \cdot C_0^2 \right) \quad (37)$$

第2行については、 $P(\omega) \cdot R'_{g'}(\omega)$ の補償を行なわない場合には

$$\overline{N_2^2} = W_{g'} \left(2q \cdot i_B + \frac{4KT}{R_0} + \frac{4}{3} KT \cdot R_{eq} \cdot 2\pi \cdot W_{g'}^2 \cdot C_0^2 \right) \quad (37')$$

となるが、 $P(\omega)$ 、 $R'_{g'}(\omega)$ については一般に図式計算の必要がある。

最終出力に V_e に対するノイズは (11) (3) より

$$\overline{N_e^2} = [\mathcal{I}_{e''}]^2 \cdot [\mathcal{I}_{c''}]^2 \cdot \overline{N_n^2} \quad \text{注13} \quad (38)$$

であり、 V_e の絶対値は (14) (18) より上と同様に

$$|V_e| = [\mathcal{I}_{e''}] \cdot [\mathcal{I}_{c''}] \cdot [\mathcal{M}_{n''}] \cdot [\mathcal{M}_{c''}] \cdot R_0 \cdot \|I_e\| \quad (39)$$

図 12 撮像管出力回路

注12) (30)の{ }内第1行列に対する出力は n に関して等しいので3成分の分離に寄与しない。

注13) $[\mathcal{I}]^2$ は $[\mathcal{I}]$ の各要素の2乗を要素とするマトリクスとする。したがって $[\mathcal{I}]^{-1^2}$ は $[\mathcal{I}]$ の逆マトリクスの各要素の2乗を要素とするマトリクスである。

表 1 ビジコンによる SN 比の計算例

	周波数分離	位相分離
R_0	250 kΩ	
C_0	30 PF	
I_B	0.3 μA	
$I_{c'}$	0.3 μA	
$A_{r'}$	0.8	
$A_{g'}$	1.0	
$A_{b'}$	0.6	
$W_{r'}$	1.0 Mc	
$W_{g'}$	3.0 Mc	
$W_{b'}$	1.0 Mc	
$f_{r'}$	4.0 Mc	3.0 Mc
$f_{g'}$	0	3.0 Mc
$f_{b'}$	5.0 Mc	3.0 Mc
$\tau_{c'}$	0.5	0.3
$S_{r'}/N_{r'}$	45.3 dB	33.6 dB
$S_{g'}/N_{g'}$	54.1 dB	32.0 dB
$S_{b'}/N_{b'}$	40.6 dB	32.8 dB

 ただし、(1) $P(\omega) \cdot R'_{c'}(\omega)$ を下図と仮定する。

 (2) $Z(\omega) = 0$ ($\omega > 2\pi \cdot 6\text{Mc}$)

るため、小形で取り扱い簡便なビジコンを用いてカメラ装置の試作を行なった。多重化の方法としては周波数分離形を採用した。

実験装置は 2 搬送波を用いた単一撮像管方式および 1 搬送波を用いた 2 撮像管方式の 2 種としたが、おもなる構成法としてはほとんど異なるところはないので、本装置で問題となった点を一括して述べることにする。

8.1 構 成

この装置は図 12 を基本とする 6 個のブロックに分類される。(1)光学系、(2)カメラヘッド、(3)カメラ制御器、(4)カラーデコーダ、(5)プロセス増幅器、(6)カラーモニターで、図 13 に全体の系統図を示すが、(3)、(5)、(6)については通常の機器をそのまま利用可能である。

8.2 実験装置の概要

本装置は、レジストレーションの困難さを解決でき、単一撮像管方式ではまったくその必要がなく、2 撮像管方式においても非常に簡易化された。単一撮像管方式のカメラヘッドを写真 1 に示す。実験装置の性能を表 2 に示す。

1) 光学系

リレーレンズのレスポンス特性 $R'_{c'}(\nu)$ が低いと搬送波 $\Psi_{c'}(l)$ に関して変調度が低下し、色度信号チャネルの SN 比が低下するから $R'_{c'}(\nu)$ は非常に重要である。図 14 にレンズの (ω) に換算したレスポンス特性の一測定例を示す。なお、このレスポンス特性は被写体の位置

であるから、出力の SN 比は

$$\left(\frac{S_c}{N_c}\right)^2 = \frac{[\mathcal{G}_{c'c'}]^2 \cdot |I_{c'}|^2}{[\mathcal{G}_{c'c'}]^2 \cdot [\mathcal{M}_{c'c'}]^2 \cdot N_n^2} = \frac{|I_{c'}|^2}{[\mathcal{G}_{c'c'}]^2 \cdot N_n^2} \quad (40)$$

したがって (12) より

$$\left(\frac{S_c}{N_c}\right)^2 = \frac{|I_{c'}|^2}{[\mathcal{M}_{c'c'}]^{-1} \cdot [\mathcal{M}_{c'c'}]^{-1} \cdot N_n^2} \quad \text{注13)} \quad (41)$$

となり、この例の場合には (29) より

$$\left(\frac{S_c}{N_c}\right)^2 = \frac{|I_{c'}|^2}{\begin{bmatrix} P(\omega_{r'}) \cdot R'_{r'}(\omega_{r'}) & 0 & 0 \\ A_{r'} \cdot a_{r'1} & A_{g'} & A_{b'} \cdot a_{b'0} \\ 0 & 0 & P(\omega_{b'}) \cdot R'_{b'}(\omega_{b'}) \end{bmatrix}^{-1} \cdot N_n^2} \quad (42)$$

となり、 $P(\omega_{c'}) \cdot R'_{c'}(\omega_{c'})$ が SN 比に大きく影響することがわかる。したがって $\omega_{c'}$ は低いほうが好ましいが、帯域幅および変調波成分の被変調波成分に対する妨害の点から、4~6 Mc 程度が現状ではよい結果を与えるようである。

7.2 位相分離形の SN 比

6.2 の例では、 $F_n(\omega) = 1/P(\omega) \cdot R'_{c'}(\omega)$ であるから

$$N_n^2 = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\omega_0 + 2\pi W_{c'}} \left\{ \frac{1}{P(\omega) \cdot R'_{c'}(\omega)} \right\}^2 i N^2(\omega) \cdot d\omega \quad (43)$$

以下 7.1 と同様にして

$$\left(\frac{S_c}{N_c}\right)^2 = \frac{|I_{c'}|^2}{\begin{bmatrix} A_{r'} \cdot a_{r'1} & A_{g'} \cdot a_{g'1} \\ A_{r'} \cdot a_{r'1} \cdot \cos^2 \omega_0 (t_{r'} - t_{g'}) & A_{g'} \cdot a_{g'1} \\ A_{r'} \cdot a_{r'1} \cdot \cos^2 \omega_0 (t_{r'} - t_{b'}) & A_{g'} \cdot a_{g'1} \cdot \cos^2 \omega_0 (t_{g'} - t_{b'}) \\ A_{b'} \cdot a_{b'1} \cdot \cos^2 \omega_0 (t_{b'} - t_{r'}) & A_{b'} \cdot a_{b'1} \cdot \cos^2 \omega_0 (t_{b'} - t_{g'}) \\ A_{b'} \cdot a_{b'1} \end{bmatrix}^{-1} \cdot N_n^2} \quad (44)$$

である。(42) と (44) を対比すれば、フィルタ特性 $F_n(\omega)$ の規定方法により、前者では搬送波周波数の点における $P(\omega)$ 、 $R'_{c'}(\omega)$ が分母の行列にふくまれ、後者では N_n^2 にふくまれているので、位相分離形の場合の $P(\omega)$ 、 $R'_{c'}(\omega)$ の SN 比に対する影響は周波数分離形の変調波に対するものとはほぼ同様である。

(31) (31') に関して述べたように、搬送波の位相の決定は位相差による係数を与えるだけでなく、 $\tau_{c'}$ による振幅係数 $a_{c'1}$ に影響するから、 S_c/N_c の配分を左右する。

表 1 にビジコンによる場合の S_c/N_c の計算値の一例を示す。実験によれば、周波数分離形の場合、3 成分間のクロストークなどにより 10dB 程度低下するようである。

8. 実験装置

以上述べた撮像管多重化カメラの基本的性能を実験す

写真 1 実験用 1V カメラ

を遠距離としたときに、レンズの焦点面に結像する空間周波数に対するレスポンスであり、かつ測定光が白色であることに留意する必要がある。単色光の場合および被写体が近接の場合には特性が変化する。 $\Psi_e(l)$ を投影するリレーレンズには長焦点のレンズが適するが、光路長との関係より 100 mm 程度で十分使用可能のレンズを製作した。

$F_e(\lambda)$ は NTSC 方式に準じた分光特性をもたせるが、直列形光学系では各色についてそれぞれ補正を与えることが困難であるので注意を要する。フィルタは光の透過率を上げるために金属膜フィルタを使用した。フィルタ膜面の製作の制御が特に重要であった。特に湿度などに対しては蒸着時の湿度、真空度を考慮する必要がある。すなわち、搬送波周波数が 4.5 Mc の場合には 1.5 インチビジコンを使用すると、約 43 μ の幅のスリットで $\Psi_e(l)$ を $F_e(\lambda)$ 上に形成する必要がある、金属膜の安定性および強靱性がいっそう重要になってくるためである。

2 撮像管方式の場合には、光路を並列に 1 個設けることにより、輝度チャンネルあるいは搬送波を 1 個に減じて他の色光成分を得ることが可能である。

2) カメラヘッド

カメラヘッドには撮像管、前置増幅器および帰線消去増幅器を内蔵させた。

撮像管は 6.1 で述べたように解像度特性 $P(\omega)$ が大きい必要がある。ビジコンの解像度特性の例を図 15 に示す。ビジコンの解像度特性はターゲットリークおよびビ

表 2 実験装置の性能

		帯域幅	SN 比	照 度	解 像 度
単管 方式 撮 像	R	500 kc	34 dB	5000 lux	400 本
	G	4 Mc	28 dB		
	B	500 kc	25 dB		
2 方 撮 像 管	R	1.5 Mc	37 dB	10000 lux	600 本 以上
	G	8 Mc	35 dB		
	B	1.5 Mc	24 dB

図 13 単一撮像管方式実験カメラ装置系統図

ームアパーチャによって決定されるが、主として後者に支配される。ビームアパーチャによるものはフォーカスフィールドを増大するとにより向上させることが可能である。この場合、当然集束電流も上昇させる必要があり、その安定性およびコイル電流増加に伴う温度上昇などにも留意する必要がある。また、他の方法としては偏向振幅を増大する方法もあり、残像の増加、キズの増加を招くおそれもあるが簡易で有効な方法である。図 16 にし測定例を示す。また、中心部と周辺部に関する解像度特性の相違も問題となるが、G4 を独立させることによりかなり改善される結果、現状では 1.5 インチ管 8051 が最適であるという結論に達し使用した。最近 1 インチ管においても性能の向上が行なわれて RCA 8507 など、ほぼ同様の性能が得られるようである。さらに G4, G3 間にダイナミックフォーカスを加えることによりいっそう改善可能となる。

ビジコンの分光特性の影響は、色の各チャンネルに対する SN 比の偏差となることは 3V カメラの場合と同様であるが、3V の場合のようにそれぞれのチャンネルに対して感度の高いものを選択使用することは不可能である。本装置では 3 色各チャンネルの偏差の点から 7038 形の光電面が有利であるが、感度の低いうらみがある。

前置増幅器は色チャンネルに対する三角雑音を極力さけるため、低雑音管 E810F を使用したカスコード増幅器

図 14 レンズのレスポンス
(8051の標準走査画角に換算した場合)

図 15 ビジコンのレスポンス

図 16 偏向振幅の拡大

(a)
白色平坦な
画面に対す
るもの

(b)
(a)の拡大波形

写真 2
搬送波の
波形(4Mc)

を用いている。

3) カメラ制御器

カメラ制御器は通常の白黒用のものと大差ないが、カメラ水平偏向の直線性が色搬送波周波数の変動に関連するため偏向ひずみに特に留意し、6R-B11を定電圧駆動源とする回路により1%以下になっている。実験の結果では5%以下でおおむね十分であり、1撮像管では白黒の場合と何ら変更を要しなかった。2撮像管ではレジス

トレーションの問題を生ずるが、3Vに比して調整は格段に容易である。

G4およびG3用高圧電源は正弦波高周波発振させ、負帰還により安定化させ、1500Vおよび900Vを得ている。映像増幅器系統では増幅器の入出力直線性およびクランプ回路などに特に留意した。映像帯域幅は8Mc平坦とした。

4) カラーデコーダ

以上のカメラ系統により(18)式で示される撮像出力電圧 $v_o^*(t)$ が得られるが、これを復調変換する回路がカラーデコーダであり、帯域増幅器、検波器、マトリクスおよび出力増幅器により構成される。

(以下 59 ページへ)

写真 1 イメージ管 6032 の外観

UDC 621.383.8.015.5: 537.525: 537.56

論 文

イメージ管の内部異常現象

日本電気 通信技術研究所 小 島 博
根 岸 武 夫
小 沢 正 義

1. ま え が き

イメージ管は入力像を忠実に再生することが最も重要である。そのため、光電面の感度を高くし加速電圧を増し、電極の構成を種々考慮することによって出力像の輝度、解像度、コントラストおよび映像のわい曲などの改善を計っている。これは逆に比較的加速電圧が低く、かつ電極構造の簡単なイメージ管では見られなかった特異な内部異常現象の発生をもたらしている。

たとえば、イオンスポット、ストレー¹⁾、間欠発光²⁾、およびグロー現象³⁾などがある。

イメージ管の製造過程におけるこれらの内部異常現象は製品を不良にするおもなる原因で、不良品の 40% 以上を占めるといってよい。したがって、これを除去することはイメージ管の性能向上などの技術的問題の解決上きわめて意義があるばかりでなく、経済的にも製品コストを下げる意味で重視されなければならない。

従来、この種の報告に関するものとしてイメージ管の電界放出について Sanford F. Essig が解析している⁴⁾。この報告における電界放出の意味は、光電子放出および熱電子放出以外のものをすべて指し、その電界放出は電極にセシウムなどが付着すると起こりやすくなること、そして高圧電極に近いガラス壁からの 2 次電子放出などがおもなものであることを明らかにしている。また

A. H. Sommer⁵⁾は電極への電子衝突の影響について述べている。そのほか、イメージオルシコン管などで、イオンスポットを問題にしているようであるが、筆者ら寡聞にして、まとまった報告を知らない。

本論文はイメージ管 6032 を用いて、前記諸内部異常現象の一般的定義および意味を明らかにし、かつその発生機構について考察した。これを要約すれば、イオンス

筆者紹介

こじま ひろし
小島 博 昭和 29 年 3 月、神奈川県立神奈川工業高等学校電気機器科を卒業。同年 4 月、日本電気株式会社へ入社。イメージ管およびこれを用いたノクトビジョン、赤外線顕微鏡などの研究開発に従事。現在通信技術研究所電子管研究室に勤務。正会員。

ね ぎ し た け お
根岸武夫 昭和 14 年 4 月、日本電気株式会社に入社。以来、マイクロ波電子管、イメージ管などの製造に従事し現在に至る。正会員。

お ざ わ ま さ よ し
小沢正義 昭和 21 年 9 月、大阪大学電気工学科卒業。ただちに工業技術院電気試験所に入所。放電およびプラズマの研究に従事。昭和 34 年より 1 年余りプラズマ研究のためミシガン大学に留学。昭和 37 年プラズマ研究室長。昭和 38 年 3 月、日本電気 KK 入社。プラズマおよび光電変換などの電子管の研究担当現在、電子管研究室長代理。工学博士。

"Analysis of Phenomena in Image Tube" by Hiroshi Kojima, Takeo Negishi and Masayoshi Ozawa (Nippon Electric Co. Ltd., Kawasaki)

ポットおよびグローは、イメージ管の真空度低下に基づき、ストレーは電極間に生ずる一種のコロナ放電により発生し、また、間欠発光は管内の沿面放電により生ずることを実験的に明らかにしたので、ここに報告する次第である。

2. 内部異常現象の種類および定義

1) イオンスポット

イメージ管けい光面の中央が異常に発光する現象で、写真2はそれを示す。

2) ストレー

ストレーはイメージ管の内部異常現象中最も発生頻度が高い。ストレーとは、けい光面に得られた出力像中に入力像とまったく無関係な像が重畳する現象である。ストレーは普通の場合細片となって現われるので、映像とは容易に区別しうる。写真3は代表的なストレーの写真で、円形のけい光面中に無数のストレーが見える。

3) 間欠発光

間欠発光はイメージ管のけい光面が瞬間的に発光する現象で、その周期は特に定まらない。ほとんどのイメージ管において、その印加電圧を規格を越えて高くすると、この種間欠発光が観測されるが、ここでは実際の動作電圧に近い場合の間欠発光を問題とする。

4) グロー現象

イメージ管の電極に直流電圧を印加すると、電極間にグロー放電が観測される。このときけい光面がきわめて明るく発光する場合と、まったく発光しない場合とがある。

3. イオンスポットおよびグロー

3.1 二、三の特性

通常観測されるイオンスポットの特徴をまとめると次のとおりである。

a) ほとんど大部分のイオンスポットは、けい光面の中央に生ずる。

b) イオンスポットを生ずる球は、グローになりやすい。しかし、イオンスポットが生ずる球でも、その輝点の明るさが長期間ほとんど変化しないものもある。

c) 光を光電面にあてたとき、ちょうどイオンスポットを生ずる電圧で、光量を減ざるとイオンスポットはなくなる。

d) イオンスポットが2個以上存在することはない。

e) イオンスポットを生ずるとき、多くの場合、けい光面の電圧は数千V以上である。

f) 光電面への入力光を零としてもイオンスポットは生ずる。

図1はイメージ管 6032 の電極構成図である。

3.2 電圧電流特性

1) 暗電流の測定

イメージ管の電圧電流特性を調べるためには、暗電流を正確に測定しなければならない。暗電流にはつぎのような因子が考えられる。

電極間のろう洩電流

イオン電流

鋭い電極の縁からの電界放出

光電陰極からの熱電子放出 (室温)

宇宙線など、放射線によるもの

イメージ管では、電極間のろう洩電流および光電陰極

図2 暗電流測定回路

図1 イメージ管電極構成図

写真2 イオンスポット

(a)

(b)

写真3 ストレー

図3 電圧電流特性測定回路

からの熱電子放出電流が主要な部分を占める。そこで数本の6032について暗電流の測定を試みた。

a) 実験方法

光を完全にシャ断し、図2に示すとりの回路で実験を行なった。まずa)で示すように第2陽極に正電圧(約500V)が加えられる極性に電池を接続し、電流を測定する。つぎにb)で示すとおりに電池の極性を逆に接続して同様な測定を行ない、その差を求めた。

このようにすれば、電極間のろう洩電流は差し引かれるから、室温における光電陰極からの熱電子放出電流のみが測定される。測定用電流計は最少目盛で $0.1\mu\text{A}$ まで精度 $\pm 5\%$ をもつ。

b) 実験結果

測定結果は表1に示される。この結果は後述の $L=0$ で示された曲線の500V付近の値とはほぼ一致する。

2) イオンスポットと電圧電流特性

測定回路は図3に示されるように、イメージ管の使用状態における規定電圧比(光電陰極～第1陽極2000V、光電陰極～第2陽極けい光面16000V)で、3極に印加する電圧を増加して、それに伴う光電流の変化を求めた。

図4はイオンスポットの発生する電圧(I.S.点)が光電流によっていかに変わるかを示す。この結果によれば、光電流が増すとイオンスポットの発生する電圧が低下していることが認められる。この現象は新しく見いだされた事実で、イオンスポットが光電流に対して依存性をもっていることを示している。

図4 イオンスポットの電圧電流特性

図5 α/P と E/P との関係

3.3 イオンスポットおよびグローの理論的考察

1) 衝突電離係数

低気圧中の電子の衝突イオン化係数 α は次式で表わされる⁶⁾。

$$\alpha/P = A \cdot \exp\left(\frac{-B}{E/P}\right) \quad (1)$$

ここに α : 電子が電界方向に1cm進む間にガス分子と衝突してイオン化する数

P : 圧力 mmHg

E : 電位の傾き V/cm

A, B : 気体による定数

たとえば、アルゴン(Ar)の場合 $A=14.6$, $B=365$ とすれば(1)式は数値計算される。その結果は図5のとおりである。

$E=10^3\text{V/cm}$ として P の種々の値に対して α を求めれば表2のようなになる。

圧力が低くなると、衝突イオン化係数が小さくなる。

これは電子の平均自由行程が長いと衝突しにくいと、衝突してイオン化しにくいことを意味するものではない。Kruithofは実験的にこのことを確かめている⁷⁾。

表1 暗電流の測定値

イメージ管No.	暗電流	ろう洩電流	光電感度	備考
試 18	$8.7 \times 10^{-12} \text{A/cm}^2$	$5 \times 10^{-13} \text{A}$	全光16.5 $\mu\text{A/lm}$, 赤外3.18 $\mu\text{A/lm}$	
" 20	$6.1 \times 10^{-12} \text{A/cm}^2$	$3 \times 10^{-12} \text{A}$	15.7 " 3.15 "	イオンスポット
" 23	$1.4 \times 10^{-12} \text{A/cm}^2$	$5 \times 10^{-12} \text{A}$	3.2 " 0.4 "	
" 24	$3.1 \times 10^{-12} \text{A/cm}^2$	$2 \times 10^{-12} \text{A}$	14.0 " 2.81 "	イオンスポット
" 25	$3.1 \times 10^{-12} \text{A/cm}^2$	$5 \times 10^{-13} \text{A}$	7.15 " 1.2 "	暗電流大 ストレきわめて多い
" 42	$1.6 \times 10^{-11} \text{A/cm}^2$	$5 \times 10^{-13} \text{A}$	21.7 " 4.3 "	暗電流きわめて大
No. 855	僅少で測定不可能		0.4 "以下	イオンスポット
RCA 6032A	$8.0 \times 10^{-12} \text{A/cm}^2$	$9 \times 10^{-12} \text{A}$	0.5 "以下	不良品

表 2 圧力とイオン化係数との数値例 (Air)

P mmHg	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}
α	1.443	1.49×10^{-1}	1.49×10^{-2}	1.49×10^{-3}	1.49×10^{-4}

2) 自統条件

距離 d をもった 2 枚の対向電極を考える。これに電圧を印加して陰極からある量の電子が放出されている場合を考える。

圧力を充分下げておくと、ここには電流が流れる。この電流は宇宙線、そのほかの外部照射により放出された電子の流れで普通暗電流と呼んでいる。この電子流は陽極に進む間にガス分子と衝突してイオンをつくる。いま、電子が 1 cm 進む間にガス分子と衝突イオン化する数を α とすれば、1 個の電子が陰極から陽極に達するまでに $e^{\alpha d}$ となる。作られるイオン数は $e^{\alpha d} - 1$ である。

このイオンは陰極に進む間に加速され、陰極に衝突して 1 個につき γ の電子を放出する。この電子はまた同じことをくり返して電子をつくる。したがって、陽極に達する全電子数 Z は、

$$Z = e^{\alpha d} + (e^{\alpha d} - 1)\gamma e^{\alpha d} + (e^{\alpha d} - 1)\gamma^2 e^{\alpha d} \quad (2)$$

$\gamma(e^{\alpha d} - 1) < 1$ ならば

$$Z = \frac{e^{\alpha d}}{1 - \gamma(e^{\alpha d} - 1)} \quad (3)$$

初めに陰極から生ずる電子流を J_0 とし、陽極に達するそれを J とすれば、

$$J = J_0 \frac{e^{\alpha d}}{1 - \gamma(e^{\alpha d} - 1)}$$

ここに J_0 : 初期電流

d : 電極間の距離 cm

γ : 1 個のイオンが陰極に衝突して放出する電子数

もし $1 - \gamma(e^{\alpha d} - 1) = 0$ ならば (5)

$J \rightarrow \infty$ となる。これを自統条件という。

γ の値は衝突するイオンのエネルギーおよび衝突される金属により異なる。10² eV 程度のイオンエネルギーについて二、三の例を示せば表 3⁹⁾ のとおりになる。表 3 の α 値を (5) 式に代入して自統条件が満足される γ の値を求めれば

10⁻³ mmHg で $\gamma = 66.6$

10⁻⁴ mmHg で $\gamma = 71.5$

したがって、圧力が 10⁻³ mmHg 以下の真空度では、表 3 によれば銀セシウムの光電面をもつイメージ管の自統条件は満足されないから、グローに発展しないことがわか

表 3 γ の値

イオン	空 気	アルゴン
金属		
Mg	3.8	7.7
Ba	—	14.0
Ni	3.6	5.8
Ag-O-Cs	—	0.4 ⁹⁾

る。しかし、銀セシウムの γ の値は比較的大きいから、他の金属を陰極とした場合よりグローになりやすいことがわかる。

3) 暗電流

(4) 式において α および γ が充分小さいとすれば

$$J = J_0 e^{\alpha d} \quad (6)$$

これは暗電流である。電位の傾き $E < 10^7$ V/cm では電界放出は考えられないから、初期電流 J_0 はショットキー効果による¹⁰⁾。

$$J_0 = J_{s0} \exp(7.438\sqrt{E/T}) \quad (7)$$

T : 絶対温度

J_{s0} は光電面の温度および光量による電流で次式で与えられる¹⁰⁾。

$$J_{s0} = en \cdot CT^2 g \left\{ \frac{h(f - f_0)}{Kt} \right\} S \quad (8)$$

ここに n : 入射光子量子密度

S : 陰極面積

$g\{\}$: 電子放出に関する関数

C : 定 数

e : 電子電荷

$E < 10^4$ V/cm とすれば、 $\sqrt{E}/T < 1$ であるから

$$J \approx J_{s0}(1 + 0.438\sqrt{E/T})e^{\alpha d} \quad (9)$$

衝突イオン化がなければ J と $\sqrt{E}$ とは直線関係である。この関係が破れるとき、イオン化が起こることを示す。図 6 はこの一例を示す。ここで注意しなければならないことは、イオン化が始まったことが、ただちにイオンスポットの生成を意味しないことである。ただその一つの条件をつくったにすぎない。

4) イオンスポットの生成条件

けい光面にイオンスポットが発生するためには、つぎの 2 条件が満足されなければならない。

a) イオン化しなければならない。

印加電圧がイオン化電圧より高いときは、衝突があればイオン化が起こる。衝突イオン化の全数は最初の光電子流の大きさによるから、一定の圧力および電圧の下では、(9) 式のイオン化の起こる前の電流がある値以上でなければならない。すなわち

$$J_{s0}(1 + 0.438\sqrt{E/T}) \geq C_1 \quad (10)$$

ここに C_1 : 電流に関する定数

図 6 イメージ管の電流特性

b) 電子流がアルミ箔を貫通する必要がある

$$iV \geq C_2^{11)} \quad (11)$$

ここに i : 電子ビームの密度

V : 印加電圧

C_2 : アルミ箔の厚さに関する定数

陰極点の電流密度に関しては従来多数の報告がある。筆者の1人¹²⁾の調べたところによると、電流の大きさおよび電極材料など放電条件によってそれは著しく異なっている。したがって、電流密度 i と陰極点の面積 S との間にはある関係が存在するが、その関数形は現在のところ不明である。

$$\text{いま } S: \text{一定ならば } IV \geq \text{一定} \quad (12)$$

$$i: \quad \quad \quad V \geq \text{一定} \quad (13)$$

一般には (10) と (11) との中間の条件

$$IV^n \geq \text{一定} \quad (14)$$

ここに n : 定数

上記の関係を図示すれば図7のように斜線で囲まれた範囲の V および I でイオンスポットは生じ、 $IV^n = \text{一定}$ の線上でイオンスポットの発生が期待される。

図から明らかなように、イオンスポットの生ずる電圧は光電流に依存し、その大きいほど発生電圧は低くなることがわかる。これは既述の実験結果をよく説明していると思われる。

すなわち、イオンスポットはイメージ管内の真空度の低下に基づき、電子の衝突イオン化により生じたイオンが光電面に衝突して陰極点を形成することによる。

3.4 イオンスポットに関する諸実験

1) 磁界の影響

イオンスポットはイオンが光電面へ衝突して生ずるものと考えられるので、これを確認するため、イオンスポットを生ずるイメージ管に磁界を加え、その前後で光電面にイオン焼けの生ずる様子を観察した。その結果、光電面に2個の焼けが生じた。これは前記仮定が正しいことを意味する。

2) イオンスポット発生時の真空度測定

光電面蒸着の終わった二、三のイメージ管を排気台にそのまま接続し、かつ同一条件の下でその真空度を種々変えて、イオンスポットの生ずる電圧と真空度の関係を求めた。その結果、第1のイメージ管は $1.2 \times 10^{-6} \text{mmHg}$ 加速電圧 2900V でイオンスポットを生じ、第2のイメージ管は、 $1.5 \times 10^{-4} \text{mmHg}$ 加速電圧 16000V でイオンスポットの発生が確認された。イオンスポットの生ずる真空度の差異は光電感度の相違による。光電感度の異なる光電面の暗電流は著しく異なることが認められる。したがって、イオンスポットをつくるべき電子のイオン化係数 α が異ならなければならない。すなわち、イオンス

図7 イオンスポットと IV 特性

ポットが発生するためには、初期電子流が多いときは α は小さくてもよく、初期電子流が少ないときは α は大きくなければならない。したがって、前者では圧力が低く、後者では圧力が高いことになる。このことは、イメージ管の感度がよくなればなるほど、高真空においてもイオンスポットは生じやすくなるということである。

3.5 考察

イオンスポットは図4の実験結果、つまりイオンスポットの発生電圧が光電流に依存すること、および光電面にイオン焼けを作るなどの実験的事実から、つぎのような機構に基づき発生するものと考えられる。すなわち、イメージ管の電極に吸着および吸蔵されていたガスが、封止後徐々に真空容器内に放出される場合、あるいはリーク検出器には現われないきわめて小さなリーク、またはリーク試験後に生じた真空容器の欠陥による微小なリークによってイメージ管の真空度が低下する。これらの気体分子に光電面から放出された光電子あるいは熱電子（暗電流）が衝突し、それを電離させる。そのイオンはイメージ管内の電界により光電面の中央付近に加速集束されて衝突し、多量の2次電子を放出させる。この2次電子がけい光面に達し発光するものとする。したがって、イオンスポットの発生を防止するには、イメージ管内の真空度を高く保つ必要がある。

4. ス ト レ ー

4.1 電圧電流特性

ストレーを生ずるイメージ管を図3に示す測定回路を用いてその電圧電流特性を測定した。図8はその実験結果を示す。これから明らかなように、ストレーの発生する電圧は入力光量すなわち光電流にまったく無関係であることがわかる。そして個々のストレーの発生電圧はほぼ一定であることが認められた。さらに、ストレーの消滅する電圧は、その発生電圧より常に低いことは注目に値する。この現象は今回初めて明らかにされたことで、ストレーの解析上きわめて重要な事実である。

図 8 ストレーの電圧電流特性

4.2 二、三の実験事実

- (1) ストレーは普通 1 個以上発生することが多く、その数は特に定まらないが、分布状態には一定の形がある。
- (2) ストレーのなかには、わずかながら発生位置周辺で動くものがあり、また、発生時と消滅時の形状およびその位置を異にするものがある。
- (3) 各電極には規定の電圧またはそれに近い割合で電圧を加えないとストレーは発生しない。
- (4) ストレーの生ずる場合の第 2 陽極の加速電圧は一般に数 kV 以上である。
- (5) 排気系を変えて、真空度を上げてストレーは発生する。すなわち、排気装置の種類ならびに管内真空度にストレーの発生は依存しない。
- (6) 入力光すなわち光電流に依存しない。
- (7) イオンスポットの場合に見られたような“焼け”を光電面に作らない。
- (8) ストレーの発生はイメージ管の電極構造と密接な関係をもつ。

4.3 考 察

ストレーの発生が光電流、管内真空度などに関係なく印加電圧のみに依存し、かつ同一ストレーの消滅電圧がその発生電圧より低いという実験事実から、ストレーの発生は電極間に生じた一種のコロナ放電に起因するものと思われる。したがって、ストレーの発生を防止するには、イメージ管の電極構造を種々考慮し、コロナ放電を起こす原因を取り除くことが重要である。

5. 間 欠 発 光

5.1 間欠発光と電極電流

間欠発光がいかなる機構で生ずるか明らかにするため、図 9 に示す方法で間欠発光時の第 2 陽極電流 I_L および光電陰極電流 I_M を 2 ビームシンクロで観測した。

その結果を写真 4 に示す。これによれば I_L が流れ始めてから約 20 μ s を経た後 I_M が流れ始めていることが

図 9 間欠発光観測方法

写真 4 間欠発光観測波形

わかる。この I_L と I_M の関係が間欠発光の生ずる原因と考えられる。図 9 から明らかなように I_L は第 2 陽極から第 1 陽極の方向に流れる電流であり、これは種々実験を行なった結果、管内空間ではなくイメージ管の管壁を流れていることが確かめられた。

5.2 その他の実験事実

- (1) 間欠発光は第 1 および第 2 陽極にある程度以上の電圧を加えないと発生しない。その電圧は 6032 の場合 10kV 以上である。
- (2) 印加電圧が高くなると間欠発光はひんぱんに生ずるが、特に定まった周期はない。
- (3) 光電流に対する依存性はまったく認められない。
- (4) 発光時間はきわめて短時間である。
- (5) 光電面の蒸着方法ならびにゲッタの構造と密接な関連をもつ。

5.3 考 察

間欠発光の発生は、第 2 陽極電流 I_L から約 20 μ s 遅れて流れる光電陰極電流 I_M によるものと考えられる。6032 の第 1 陽極と第 2 陽極の間には約 14kV の電位差があり、また、その構造上両陽極間にゲッタが置かれているので、このゲッタを介介として両陽極間は沿面放電が容易に発生しうる。この沿面放電による電流が I_L で、

これは第1陽極に向かって流れる。そのため、第1陽極は瞬間的に数kVから十数kVの高電位に置かれ、その影響が光電面におよんで多数の電子を放出せしめ、けい光面を発光させる。このときの電流が I_M と考えられる。間欠発光の周期は第1、第2陽極間の充放電に基づく。

そのほか、間欠発光は管内の電界の強い部分に付着したセシウムなどの不純物が、電界により飛散して生ずる場合も考えられる。

したがって、これら間欠発光の発生を防止するには、イメージ管の構造ならびに部品処理、そして光電面の蒸着方法などに細心の注意を払う必要がある。

6. む す び

イメージ管 6032 を用いて、その一般的内部異常現象の種類およびその意味を明らかにした。そしてこれらの内部異常現象の発生機構をいくつかの実験結果をもとに考察した。それを要約すれば、

(1) イオンスポットおよびグローはイメージ管の真空もれ、または管内の吸着、吸蔵ガスが封止後徐々に放出されることに起因する真空度の低下により発生する。

(2) ストレイは電極間に発生する一種のコロナ放電から生じた電子によるものと判断される。

(3) 間欠発光は陽極間の沿面放電およびこの付近に付着したセシウムなどの不純物が強電界により飛散し発生した電子によるものと思われる。

以上の結果をもととして、これらの内部異常現象の発生を防止する対策をたて、これを実施したところ前記内部異常現象の発生はほとんど見られなくなった。

これにより 6032 の特性ならびに良品率が飛躍的に向上したので、性能的にもまた経済的にも十分実用に供しうる段階に到達したものと考えている。

終わりに本研究に対し終始有益なるご指示を賜った原島通信技術研究所長ならびに藤井前電子管研究室長に深謝し、また、実験上種々協力いただいた渡部善弥氏に満腔の謝意を表する次第である。

(昭和 39 年 6 月 11 日受付)

〔参 考 文 献〕

- 1) 小沢, 根岸, 小島, 渡部: イメージ管の内部現象に関する実験, 昭和 38 年度電気通信学会全国大会予稿, 293
- 2) 小沢, 根岸, 小島, 渡部: イメージ管 6032 の高性能化について, 昭和 39 年電気四学会連合大会予稿, 1251
- 3) 小沢, 根岸, 小島, 渡部: イメージ管の性能向上に関する研究 [内部現象の解析], テレビジョン学会テレビ用電子管研究委員会資料, 第 215 号 (1963)
- 4) Sanford F. Essig: Field Emission in Image Tubes, Advances in Electronics and Electron Physics XII (1960), Symposium on Photoelectronic Image Devices, 73
- 5) A. H. Sommer & R. W. Engstrom: By Communication (1958) Advances in Electronics and Electron Physics XI (1959) 113
- 6) Engel u. Steenbeck: Gasentladungen, Bd I, S. 97
- 7) A. A. Kruithof: Philips tech. Rev. 4 (1939) 48
- 8) Engel Steenbeck: Gasentladungen, Bd, I, S. 111, S. 118
- 9) Loeb: Fundamental Process of Elect. Disch. in Gases, 399 (1939)
- 10) 和田: 固体電子工学 (1959) 114, 182, 198, 211
- 11) 小沢: 真空技術, 5, 3 (昭 37. 9) 104
- 12) 小沢: 第 6 回放電研究会資料 (昭 30. 2)

飛び越しフィールド式バンド圧縮装置

通信衛星シンコム 3 号が積んでいる送信機は、シンコム 2 号の電話用通信機を改良したもので、テレビ送信用としてはバンドがせまい。

したがって、シンコム 3 号で中継するテレビ映像は、雑音が多くて、鮮明な画面が得られないという面がある。このため、NHK 技術研究所では、通信衛星の機能を補うため、「飛び越しフィールド式バンド圧縮装置」という新しい送信方式を開発した。

この装置は、テレビの画像を 2 倍の密度にして送り、受信側の画柄を鮮明なものにしようというものである。その原理は、525 本の走査線の奇数か偶数の線のいずれかで画像を

送り、帯域圧縮装置で 2 倍の時間をかけて送るようにする。受信側で送信側で送らなかった偶(奇)数の線を別につくり出して、もとの映像を組み立てるというやりかたをとる。

こうすると、ひとつのプログラムの送信に 2 倍の時間がかかることになり、画像の密度は 2 倍にふえる。この結果、雑音も払いのけられ鮮明な画像が受かるというわけ。

この送信方法によると、送信と受信の際、映像を一度 VTR を通すことになるので、送・受信で、この間 20 秒かかる。だから厳密にいうと、ナマ中継のときは、アメリカで日本より 20 秒遅れてナマ中継をみることになる。

NHK 技術研究所では、この装置を 2 台つくり、1 台は NHK 放送センター内にあるテレビ宇宙中継送信室に、他の 1 台は、分解して飛行機で米・ポイント・マグー地上局に運ぶ。

ポイント・マグー地上局に設置するこの装置は、オリンピック期間中 NHK 職員の手で操作するので、世紀のオリンピック宇宙中継は、海を越えて、わが国の機械と人間で送信と受信が行なわれる。

「飛び越しフィールド式バンド圧縮装置」という長い名前のこの装置は、シンコム 3 号衛星打上げの予想ができるようになってから、NHK 技術研究所が完成したもので、世界でも画期的な開発として、世界各国の放送関係者から、注目を浴びている。

—NHK 通信 No. 121—

これらの要所のみを十分ふくらみをもったプラスチック・カバーで被覆すれば、着氷雪の影響を軽減できよう。事実、筆者らのこの意見を受け入れて考案されたプラスチック・カバー付スーパーゲイン・アンテナは測定の結果その着氷雪軽減効果を十分に認めることができた。

本実験はアンテナおよび測定器を古河電工株式会社より借用して行なったものである。稿を終るにあたり、河野士修氏をはじめとする古河電工の諸氏のご厚意に衷心より感謝の意を表す。また、実験に協力された北大工学部の高橋達男氏と、北大応用電気研究所の小林信一、広田武政、および当時の同研究所所員作田繁保氏に深く

感謝する。

〔参考文献〕

- 1) 浅見義弘, 松本秋男, 羽鳥孝三: テレビ放送用スーパーゲイン・アンテナに対する着氷雪の影響, 応用電気研究所集報, 12, p. 111 (昭35)
- 2) 黒岩大助: 着氷と着雪, 応用電気研究所集報, 雪上マイクロ波伝播特集号, p. 153 (昭31)
- 3) 小沢保知, 黒岩大助: 氷, 雪, 過冷却水滴の誘電的性質, 同上, p. 175
- 4) 小林良治, 川口晃玄, 深井 保: プラスチック・カバーつきスーパーゲイン・アンテナ, 昭 35 電気通信学会大会講演論文集, 157
- 5) 河野士修, 村田 浩, 松下雅夫, 湯川 澄: 雪害の影響の少ないスーパーゲイン・アンテナ, 昭36電気四学会連合大会講演論文集, 1086

(29 ページから)

帯域増幅器は撮像出力電圧 $v_o^*(t)$ より被変調成分を分波するもので、その帯域幅は 0.5Mc ないし 1.5Mc とし、誘導 m 形回路で構成し、6DK6 2 段増幅を行ない 1N60 を用いて包絡線検波した。搬送波周波数は単一撮像管方式では 4Mc および 5.5Mc, 2 撮像管方式では 4.5Mc とした。また、撮像管周辺部の解像度特性の低下による色搬送波の振幅の偏差を少なくするため、6AS6 などを用いたカラーシェーディング補正も試みたが、撮像管を 8051 とし補正を加えない場合の搬送波出力波形は、写真 2 に見るようにほとんど補正の必要はなかった。

帯域増幅器の出力は、検波前または検波後抵抗によるマトリクスを行ない、遅延線により遅延時間を合わせ、出力増幅器により $V_o(t)$ 3 成分電圧を得ている。2 撮像管方式の場合には帯域増幅器は 1 個でよく、マトリクスも非常に簡単になる。

9. む す び

撮像管多重化カラーカメラの基本的問題について解析したが、コンパチビリティ、制限された総合映像帯域幅における、各原色の SN 比を考えた帯域幅の割当て、Mixed highs, γ , 多重化部分における混変調、変調フィルタに基因するモアレ縞と対物レンズ系のレスポンスなど、より実際的な問題の検討についてはあらためて報告したい。実験結果では、市販の撮像管(ビジコン)によりおおむね実用に近い性能を得ることができ、今後さらに改善される見込みであることが知られた。

終わりに、光学系および撮像管について協力いただいた関係各位、適切な指導をいただいた山崎孝 技術研究本部長、研究・開発に協力された長原修策 第 4 研究室主幹および研究室員の諸氏に謝意を表す次第である。

(昭和 39 年 5 月 27 日受付)

〔参考文献〕

- 1) 高木, 長原: 単一撮像管同時式カラーカメラの考察 (第一報), テレビ学会回路研究委資料 (昭38. 3), テレビ学会関西支部資料, 昭38. 12
- 2) 林, 藤尾, 杉本, 坂井: 2 撮像管分離輝度カラーカメラ, 電気通信学会全国大会, 582 (昭 38. 11)
- 3) 中野道夫: カラーテレビジョンのための解析的色彩学, テレビ誌, 12 (1958) 262-268, 308-314, 359-366
- 4) 佐柳和男: 光学における画質研究, テレビ誌, 17 (1963) 619-624.
- 5) 特集・テレビノイズ, テレビ誌, 17 (1963)

今月の表紙

TR 式 1½ インチビジコンカメラ装置 (TKV-4 形)

○今回 NHK テレビセンター用として製作納入したもので、トランジスタ化したために従来の装置と比較して、非常に小形化され、消費電力も少なくなっています。

○そのうえ、撮像管に 1½ インチビジコン 8051 を使用しているため解像度が上がり (800 本以上)、自動感度調整、自動利得調整、自動ペダスタル

調整等の自動化装置を付加したことにより取り扱いが簡単になり、フィルム送像用カメラとして、特に高性能を発揮できるようになりました。

○大きさ (高さ約 1800mm × 幅 700mm × 奥行 500mm), 消費電力 (140 VA)。

—提供
八電機械株式会社—