変形NTSC方式に対する雑音付加試験

NHK技術研究所 駒 井 又 二
// 田 所 康

この論文は先に発表した「NTSC色信号の対称座標法解析と変形信号の送受信装置」⁽³⁾の続報である。ここで取扱った変形方式とは、(1)副搬送波の位相が色相に1対1に対応する、(2)副搬送波の輝度正規化振幅が色の彩度に1対1に対応する、という2つの特長を有する範囲内でNTSC方式を変形したものである。これらの方式中NTSC方式は必ずしも最もすぐれたものであるとは断定しがたいが、実験および解析の結果ではかなりすぐれた方式であり、これ以上すぐれた方式を明確に定めるためには色彩学の今後の発展にまたなければならないと判断される。

我々は先にNTSCカラー・テレビ信号中に含まれる雑音が受像管との再現画像にいかに関与するかを計算によって示し⁽¹⁾、引続きNTSC信号に雑音を重ねた場合NTSCデコーダー回路によって復調されて受像画面にあらわれるカラー画像上の雑音が、どのように感じられるかを視覚実験によって確かめた⁽²⁾。今回は以前に報告した⁽³⁾変形NTSC方式によって雑音の視覚に及ぼす影響を実験的に調べ、これと副搬送波の色度図上の軌跡とを対応して理論的考察を行ったのでここに報告する。

副搬送波の振幅および位相

(1) 副搬送波の振幅と位相を表わす方程式⁽⁴⁾

カラーテレビ系によってえられる任意の色は、受像管の三原色青赤緑の光出力の和によってえられるものである。今これら三原色の三刺激値を T_B, T_R, T_G とし、CIEの三刺激値 X, Y, Z をもって表示すれば

$$\left. \begin{aligned} T_B &= \alpha_1 X + \beta_1 Y + \gamma_1 Z \\ T_R &= \alpha_2 X + \beta_2 Y + \gamma_2 Z \\ T_G &= \alpha_3 X + \beta_3 Y + \gamma_3 Z \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

となる。ここに係数 α, β, γ は再現原色の色度座標の関係であって B, R, G 、三原色の色度座標を (x_B, y_B) 、 (x_R, y_R) 、 (x_G, y_G) とすれば、次式で計算できる。

$$\begin{aligned} 2\Delta\alpha_1 &= y_R(1-x_G) - y_G(1-x_R) \\ 2\Delta\alpha_2 &= y_G(1-x_B) - y_B(1-x_G) \\ 2\Delta\alpha_3 &= y_B(1-x_R) - y_R(1-x_B) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2\Delta\beta_1 &= x_G(1-y_R) - x_R(1-y_G) \\ 2\Delta\beta_2 &= x_B(1-y_G) - x_G(1-y_B) \\ 2\Delta\beta_3 &= x_R(1-y_B) - x_B(1-y_R) \\ 2\Delta\gamma_1 &= x_R y_G - x_G y_R \\ 2\Delta\gamma_2 &= x_G y_B - x_B y_G \\ 2\Delta\gamma_3 &= x_B y_R - x_R y_B \end{aligned}$$

ここに

$$2\Delta = \begin{vmatrix} x_B & x_R & x_G \\ y_B & y_R & y_G \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix} \quad \text{の関係がある。}$$

(1)式を書き直せば f, g を任意の実数としてつぎのようになる。

$$\left. \begin{aligned} T_B &= (f\alpha_1 + \beta_1 + g\gamma_1)Y + \alpha_1(X - fY) + \gamma_1(Z - gY) \\ T_R &= (f\alpha_2 + \beta_2 + g\gamma_2)Y + \alpha_2(X - fY) + \gamma_2(Z - gY) \\ T_G &= (f\alpha_3 + \beta_3 + g\gamma_3)Y + \alpha_3(X - fY) + \gamma_3(Z - gY) \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

この式は三刺激値を輝度成分 Y と色差成分 $(X - fY)$ 、 $(Z - gY)$ との和で表わしたものである。この色差成分は任意の色度点で消滅させるように選ぶことができる。

筆者紹介

こま い また じ
駒 井 又 二

昭和17年9月名古屋大学工学部電気工学科卒業後NHK技術研究所において超短波、FMマイクロ波およびテレビジョンの研究に従事。現在カラー・テレビの研究を担当。工学博士。正会員

た どころ やすし
田 所 康

昭和27年3月早稲田大学理工学部電気工学科卒業。昭和29年3月同大学院工学研究科電気工学修士課程終了後、NHK技術研究所においてカラー・テレビの研究に従事し現在に至る。正会員

“Noise Loading Tests on the Modified NTSC Color TV System” by Mataji Komai, Yasusi Tadokoro

第1表 NTSC 3 原色 I II. C に対する常数表

原 色	青	赤	緑
x	0.14	0.670	0.210
y	0.080	0.330	0.710
α	0.0834	1.731	-0.8135
β	-0.1694	-0.4823	1.6517
γ	1.2845	-0.2611	-0.0234
$f\alpha$	0.082	1.697	-0.796
$g\gamma$	1.515	-0.308	-0.028
$f\alpha+\beta+g\gamma$	1.428	0.907	0.828
$y(f\alpha+\beta+g\gamma')$	0.114	0.299	0.587
p'	0.058	1.910	-0.956
q'	0.898	-0.288	-0.028

すなわち、ある特定の色度点で色差成分が共に消滅するためにはこの色度点に対応する1組の f, g の値が与えられる。

(2)式を書き換えれば

$$\left. \begin{aligned} B &= \frac{T_B}{f\alpha_1 + \beta_1 + g\gamma} = Y + p_1'(X - fY) + q_1'(Z - gY) \\ R &= \frac{T_R}{f\alpha_2 + \beta_2 + g\gamma_2} = Y + p_2'(X - fY) + q_2'(Z - gY) \\ G &= \frac{T_G}{f\alpha_3 + \beta_3 + g\gamma_3} = Y + p_3'(X - fY) + q_3'(Z - gY) \end{aligned} \right\} (3)$$

ここに

$$\begin{aligned} p_1' &= \frac{\alpha_1}{f\alpha_1 + \beta_1 + g\gamma_3} & q_1' &= \frac{\gamma_2}{f\alpha_1 + \beta_1 + g\gamma_1} \\ p_2' &= \frac{\alpha_2}{f\alpha_2 + \beta_2 + g\gamma_2} & q_2' &= \frac{\gamma_2}{f\alpha_2 + \beta_2 + g\gamma_2} \\ p_3' &= \frac{\alpha_3}{f\alpha_3 + \beta_3 + g\gamma_3} & q_3' &= \frac{\gamma_3}{f\alpha_3 + \beta_3 + g\gamma_3} \end{aligned}$$

標準光 C の座標は

$$x_c = 0.310, y_c = 0.316, z_c = 0.374$$

であって、この点の三刺激値 X_c, Y_c, Z_c に対し、色差成分が消滅するから

$$\begin{aligned} X_c - fY_c &= 0 & \therefore f &= \frac{X_c}{Y_c} = \frac{x_c}{y_c} \\ Z_c - gY_c &= 0 & \therefore g &= \frac{Z_c}{Y_c} = \frac{z_c}{y_c} \end{aligned}$$

それぞれに x_c, y_c, z_c の値を代入して

$$f = 0.98, g = 1.18 \text{ がえられる。}$$

第1表には NTSC 三原色について標準光 C で色差成分が消滅する場合の上の常数の値を示す。今、伝送三原色として Y, I, Q を選び、 I 原色 Q 原色をつぎのように表示する。

$$\left. \begin{aligned} I &= iB + jR + kG & (i+j+k=0) \\ Q &= lB + mR + nG & (l+m+n=0) \end{aligned} \right\} (4)$$

これに (3) 式の B, R, G を代入すれば、 I, Q 原色を X, Y, Z 原色をもって表わすことができる。すなわち

$$\left. \begin{aligned} I &= (ip_1' + jp_2' + kp_3')(X - fY) \\ &\quad + (iq_1' + jq_2' + kq_3')(Z - gY) \\ Q &= (lp_1' + mp_2' + np_3')(X - fY) \\ &\quad + (lq_1' + mq_2' + nq_3')(Z - gY) \end{aligned} \right\} (5)$$

(5) 式を変形すれば

$$\left. \begin{aligned} I/Y &= (ip_1' + jp_2' + kp_3')(x/y - f) \\ &\quad + (iq_1' + jq_2' + kq_3')\left(\frac{1-x-y}{y} - g\right) \\ Q/Y &= (lp_1' + mp_2' + np_3')(x/y - f) \\ &\quad + (lq_1' + mq_2' + nq_3')\left(\frac{1-x-y}{y} - g\right) \end{aligned} \right\} (6)$$

さらに書きかえれば

$$\begin{aligned} y\{I/Y + f(ip_1' + jp_2' + kp_3') + (1+g)(iq_1' + jq_2' + kq_3')\} \\ = x\{(ip_1' + jp_2' + kp_3') - (iq_1' + jq_2' + kq_3') \\ + (iq_1' + jq_2' + kq_3')\} \end{aligned} (7)$$

$$\begin{aligned} y\{Q/Y + f(lp_1' + mp_2' + np_3') \\ + (1+g)(lq_1' + mq_2' + nq_3')\} \\ = x\{(lp_1' + mp_2' + np_3') - (lq_1' + mq_2' + nq_3') \\ + (lq_1' + mq_2' + nq_3')\} \end{aligned} (8)$$

(7) 式は点

$$\left\{ \begin{aligned} x_Q &= \frac{iq_1' + jq_2' + kq_3'}{(iq_1' + jq_2' + kq_3') - (ip_1' + jp_2' + kp_3')} \\ y_Q &= 0 \end{aligned} \right\} (9)$$

を通り

$$\tan \theta_Q = \frac{(ip_1' + jp_2' + kp_3') - (iq_1' + jq_2' + kq_3')}{I/Y + f(ip_1' + jp_2' + kp_3') + (1+g)(iq_1' + jq_2' + kq_3')} (10)$$

第1図 (下記の式は図の説明)

$$\begin{aligned} y\{I/Y + f(ip_1' + jp_2' + kp_3') + (1+g)(iq_1' + jq_2' + kq_3')\} \\ = x\{(ip_1' + jp_2' + kp_3') - (iq_1' + jq_2' + kq_3') \\ + (iq_1' + jq_2' + kq_3')\} \\ y\{Q/Y + f(lp_1' + mp_2' + np_3') \\ + (1+g)(lq_1' + mq_2' + nq_3')\} \\ = x\{(lp_1' + mp_2' + np_3') - (lq_1' + mq_2' + nq_3') \\ + (lq_1' + mq_2' + nq_3')\} \end{aligned}$$

NTSC $\begin{cases} f = 0.98 & g = 1.18 \\ i = -0.322 & j = 0.596 & k = -0.274 \\ l = 0.312 & m = 0.211 & n = 0.523 \end{cases}$
の場合の $I/Y, Q/Y$ をパラメーターとする直線群

第2図 NTSC 信号副搬送波の輝度正規化振幅

$$L = \sqrt{\left(\frac{I}{Y}\right)^2 + \left(\frac{Q}{Y}\right)^2} \text{ および位相 } \phi = \tan^{-1} \frac{Q}{I}$$

なる傾きをもち、また I/Y をパラメーターとする直線群の方程式であり、(8) 式は点

$$\left\{ \begin{array}{l} x_I = \frac{lq_1' + mq_2' + nq_3'}{(lq_1' + mq_2' + nq_3') - (lp_1' + mp_2' + np_3')} \\ y_I = 0 \end{array} \right\} \quad (11)$$

を通り

$$\tan \theta_I = \frac{(lp_1' + mp_2' + np_3') - (lq_1' + mq_2' + nq_3')}{Q/Y + f(lp_1' + mp_2' + np_3') + (1+g)(lq_1' + mq_2' + nq_3')} \quad (12)$$

なる傾きをもち、 Q/Y をパラメーターとする直線群の方程式である。特別な場合として (7) 式および (10) 式に $I/Y=0$ なる条件を代入すれば Q 軸の方程式がえられ、(8) 式および (12) 式に $Q/Y=0$ なる条件を代入すれば I 軸の方程式がえられて両者共標準光 C の点を通る。NTSC 方式の場合の I 軸の方程式は

$$\left. \begin{array}{l} y\{f(lp_1' + mp_2' + np_3') + (1+g)(lq_1' + mq_2' + nq_3')\} \\ = x\{(lp_1' + mp_2' + np_3') - (lq_1' + mq_2' + nq_3')\} \\ \tan \theta_I = \frac{(lp_1' + mp_2' + np_3') - (lq_1' + mq_2' + nq_3')}{f(lp_1' + mp_2' + np_3') + (1+g)(lq_1' + mq_2' + nq_3')} \end{array} \right\} \quad (13)$$

$$l=0.312 \quad m=0.211 \quad n=-0.523$$

Q 軸の方程式は

10 (62)

$$\left. \begin{array}{l} y\{f(lp_1' + jp_2' + kp_3') + (1+g)(iq_1' + jq_2' + kq_3')\} \\ = x\{(lp_1' + jp_2' + kp_3') - (iq_1' + jq_2' + kq_3')\} \\ \tan \theta_Q = \frac{(lp_1' + jp_2' + kp_3') - (iq_1' + jq_2' + kq_3')}{f(lp_1' + jp_2' + kp_3') + (1+g)(iq_1' + jq_2' + kq_3')} \end{array} \right\} \quad (14)$$

$$i=0.322 \quad j=0.596 \quad k=-0.274$$

で表わされることになる。したがって NTSC 方式の場合の I 原点および Q 原点の座標は第1表の数値と (13) 式、(14) 式により

$$I \text{ 原点} \quad x_I = -0.34 \quad y_I = 0$$

$$Q \text{ 原点} \quad x_Q = 0.247 \quad y_Q = 0$$

となり、 Q/Y 、 I/Y をパラメーターとする直線群は第1図に示すようになる。

つぎに I 原色および Q 原色を伝送原色とする副搬送波の輝度正規化振幅 L および位相 ϕ は

$$L = \sqrt{\left(\frac{I}{Y}\right)^2 + \left(\frac{Q}{Y}\right)^2} \quad (15)$$

$$\phi = \tan^{-1} \frac{Q}{I} \quad (16)$$

で表わされる。

輝度正規化振幅とは、ある色の副搬送振幅 $\sqrt{I^2 + Q^2}$ をその色の輝度 Y で除したものである。従来副搬送振幅マップとして画かれている振幅は、この輝度正規化振幅を指していることはいうまでもない。(15)、(16)、両式に (6) 式を代入すれば L および ϕ 一定の軌跡を色度図上に画くことができる。この計算を実行すれば

第3図(a) 変形 NTSC 信号 ($p=0$, Δ =任意) 副搬送波の輝度正規化振幅および位相

テレビジョン

第3図(b) 変形 NTSC 信号 ($p=0.5$, $\Delta=0$) 副搬送波の輝度正規化振幅および位相

$$L^2 y^2 = (A_1^2 + A_2^2)x^2 + 2\{(A_1 B_1 + A_2 B_2) + (A_1 C_1 + A_2 C_2)y\}x + (C_1^2 + C_2^2)y^2 + 2(B_1 C_1 + B_2 C_2)y + (B_1^2 + B_2^2) \quad (17)$$

$$\phi = \tan^{-1} \frac{A_2 x + B_2 + C_2 y}{A_1 x + B_1 + C_1 y} \quad (18)$$

ここに

$$\begin{aligned} A_1 &= i(p_1' - q_1') + j(p_2' - q_2') + k(p_3' - q_3') \\ B_1 &= iq_1' + jq_2' + kq_3' \\ C_1 &= -\{f(ip_1' + jp_2' + kp_3') + (1+g)(iq_1' + jq_2' + kq_3')\} \\ A_2 &= l(p_1' - q_1') + m(p_2' - q_2') + n(p_3' - q_3') \end{aligned}$$

第3図(c) 変形 NTSC 信号 ($p=0.5$, $\Delta=60^\circ$) 副搬送波の輝度正規化振幅および位相

$$\begin{aligned} B_2 &= lq_1' + mq_2' + nq_3' \\ C_2 &= -\{f(lp_1' + mp_2' + np_3') + (1+g)(lq_1' + q_2' + mq_3')\} \end{aligned}$$

これらに NTSC の場合の数値を代入して色度図上に L 一定の軌跡と ϕ 一定の軌跡をかければ、衆知の NTSC 副搬送波マップ第2図が得られる。

(2) 変形方式における副搬送波の輝度正規化振幅と位相の変化

NTSC 方式においては色差視力の最も鋭敏な方向として I 軸を選んでいるから、本研究においてもこの点に関しては NTSC 方式を踏襲するものとすれば、前に述べた $l:m:n$ は不変であり

$$l=0.312C \quad m=0.211C \quad n=-0.523C \quad (19)$$

である。

また先に報告したように⁽³⁾一般に非対称カラー・テレビ信号 $\dot{e}_B, \dot{e}_R, \dot{e}_G$ は対称座標法を用いて解析すれば正相成分 $\dot{E}_1$ および逆相成分 $\dot{E}_2$ のベクトル和で表わされる。

$\dot{E}_1 = E_1 \angle \alpha_1$, $\dot{E}_2 = E_2 \angle \alpha_2$ とし, $p = E_2/E_1$, $\Delta = \angle \alpha_2 - \angle \alpha_1$ とすれば, (4) 式の i, j, k は

$$\begin{aligned} i &= 0.312C \frac{1+x_3\beta_B}{x_3-\beta_B}, \quad j = 0.211C \frac{1+x_3\beta_R}{x_3-\beta_R} \\ k &= -0.523C \frac{1+x_3\beta_G}{x_3-\beta_G} \end{aligned} \quad (20)$$

ここに

$$\begin{aligned} \beta_B &= \frac{p \sin \Delta}{1 + p \cos \Delta}, \quad \beta_R = \frac{\sqrt{3} - p \sin \Delta - \sqrt{3} p \cos \Delta}{-1 + \sqrt{3} p \sin \Delta - p \cos \Delta} \\ \beta_G &= \frac{-\sqrt{3} p \sin \Delta + \sqrt{3} p \cos \Delta}{-1 - \sqrt{3} p \sin \Delta - p \cos \Delta} \end{aligned}$$

第3図(d) 変形 NTSC 信号 ($p=0.5$, $\Delta=120^\circ$) 副搬送波の輝度正規化振幅および位相

第3図(e) 変形 NTSC 信号 ($p=0.5$, $\Delta=180^\circ$) 副搬送波の輝度正規化振幅および位相

$$x_3 = \frac{0.312\beta_B\beta_G + 0.211\beta_G\beta_B - 0.523\beta_B\beta_R}{0.312\beta_B + 0.211\beta_R - 0.523\beta_G}$$

故に(7)式によって表わされる I/Y をパラメーターとする直線群は p および Δ の変化に伴って変化する。また(17)式および(18)式によって表わされる副搬送波の輝度正規化振幅および位相も同様に変化する。第3図(a)~(h)図は ($p=0$, Δ =任意), ($p=0.5$, $\Delta=0^\circ, 60^\circ, 120^\circ, 180^\circ, 240^\circ, 300^\circ$) および ($p=0.8$, $\Delta=180^\circ$) について、(17)式および(18)式によって計算した輝度正規化振幅一定および位相一定の軌跡を色度図上に示したものである。これらの計算には(19)式、(20)式の C の大きさが影響する。 C を1より大とすると C が大きい時は、輝度信号 Y に対する副搬送波の割合が大きくなり、 C が小さい時は Y 信号に比して副搬送波の割合が小さくなる。NTSC方式では $C=1$ になっているから、この計算もすべて $C=1$ について行った。第2図および第3図において、位相が単位量変化した場合の色度変化は

$$\sqrt{\left(\frac{\partial x}{\partial \phi}\right)^2 + \left(\frac{\partial y}{\partial \phi}\right)^2} = \delta\phi \quad (21)$$

により与えられ、振幅が単位量変化した場合の色度変化は

$$\sqrt{\left(\frac{\partial x}{\partial L}\right)^2 + \left(\frac{\partial y}{\partial L}\right)^2} = \delta L \quad (22)$$

により与えられる。これらの値は上式が示すごとく色度 x, y の値によって変化する。したがって色度に関する限り NTSC 方式は第2図より

第3図(f) 変形 NTSC 信号 ($p=0.5$, $\Delta=240^\circ$) 副搬送波の輝度正規化振幅および位相

$\delta\phi$ は { 青, 黄で小さい
緑, 赤で大きい
飽和色で大きい
無彩色に近い点で小さい

δL は { 青で小さい
赤, 黄, 緑で大きい

ということがわかる。

第3図の各図について考えればこの関係は異ってく

第3図(g) 変形 NTSC 信号 ($p=0.5$, $\Delta=300^\circ$) 副搬送波の輝度正規化振幅および位相

第6図(a)
変形NTSC($p=0$, Δ =任意) 信号副搬送波の輝度正規化振幅および位相 (マックアダム RUCS 表示)

UCS 表示

感覚的にユニホームな色度の尺度を UCS (Uniform Chromaticity Scale) と称している。UCS には種々の形式のものがあるが、何れも色差に対する視覚実験に基礎を置いたものである。それ故、その実験の場合と同一の視覚条件の下では、UCS として正しいかも知れないが視覚条件が異れば、全く異った色差感覚が生ずる。しかもカラー・テレビの画面を観察している条件は色差の視覚実験の条件とは甚だしく相異している。それ故 UCS について論ずる場合にはカラー・テレビの画像を観察している状態あるいは、これに非常に近い状態での試験を行った結果の UCS が求められることが必要である。残念ながら現在ではこのような UCS は求められていないし、また新たにこのような条件での UCS を実験で求めることは容易なことではない。それ故、この問題は別の大きな研究テーマとして残されている。

ここでは従来からの最も簡単な UCS の1つとして広く知られている、Mac Adam の直角 UCS(RUCS)⁽⁶⁾ についてのみ考えることにする。この UCS については筆者は先に三原色信号で生ずる雑音と再現色についての報告でも取扱った⁽¹⁾。CIE の三刺激値を Mac Adam の RUCS の三刺激値 UVW に変換するにはつぎのアトリック

第6図(b)
変形NTSC($p=0.5$, $\Delta=0^\circ$) 信号副搬送波の輝度正規化振幅および位相 (マックアダム RUCS 表示)

スによればよい。

$$\begin{pmatrix} U \\ V \\ W \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2/3 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0.5 & 1.5 & 0.5 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} \quad (23)$$

これより色度は

$$u = \frac{U}{U+V+W}, \quad v = \frac{V}{U+V+W} \quad (24)$$

で与えられる。この uv 色度図上に副搬送波の輝度正規化振幅一定の軌跡と位相一定の軌跡とを表示すれば第2図に対応して第5図、第3図に対応して第6図(a)(b)(c), (d), (e), (f), (g) が得られる。この色度図上でも単位位相角当りの色度変化 $\delta\phi'$ および単位振幅当りの色度変化 $\delta L'$ を求めることができる。

すなわち

$$\delta\phi' = \sqrt{\left(\frac{\partial u}{\partial \phi}\right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial \phi}\right)^2} \quad (25)$$

$$\delta L' = \sqrt{\left(\frac{\partial u}{\partial L}\right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial L}\right)^2} \quad (26)$$

もしカラー・テレビの画像観察の条件に適した UCS が求められればこの図上の何れの部分でも $\delta\phi'$, $\delta L'$ が同じ値になるような方式を選べばカラー・テレビ伝送方式としては理想的なものであるといえることができる。第5図および第6図は Mac Adam の R, U, C, S 表示であるから勿論これよりカラー・テレビ画像の良否、方式の優劣を論ずることは困難であるが、これを比較してみよう。

図に RGB で示された3角形はカラー・テレビで再現できる色度の範囲を示したものである。各原色点の近くに斜線でハッチした四角形は副搬送波の位相角が 10° 、輝度正規化振幅が 0.2 変化した時の色度変化の範囲を示しているが、この四角形の大きい所は $\delta\phi$, δL が大きく、信号伝送系の雑音やひずみの影響が大きく、画面上でもその影響が顕著にあらわれるようになる。

第6図(c) 変形 NTSC ($p=0.5$, $\Delta=60^\circ$) 信号副搬送波の輝度正規化振幅および位相 (マックアダム RUCS 表示)

第6図(d)
変形NTSC($p=0.5$, $\Delta=120^\circ$) 信号副搬送波の輝度正規化振幅および位相 (マックアダム R UCS 表示)

各方式について比較すれば、 $p=0.5$, $\Delta=60^\circ$ では赤原色の雑音などが何原色のものより目につきやすいはずであり、 $\Delta=120^\circ$ では緑および赤原色は近くで雑音におかされやすくなるはずである。これら全体を比較すると第5図の NTSC 方式および第6図(a)の対称3相信号方式は各原色間のバランスが比較的良好な方式であるといえる。

変形方式の雑音付加視覚実験

前報で報告し⁽⁸⁾前節までに解析した、 p および Δ が連続的に変化できる変形 NTSC 信号を発生するカラー・エンコーダー (NHK カラーコーダー) を用い、先に NTSC方式のカラー信号について行った雑音の視覚実験⁽²⁾と全く同一方法により、変形方式の雑音付加視覚実験を行った。雑音発生器よりの雑音を 3.5Mc を中心にして $\pm 400\text{kc}$ の帯域幅で制限し、これをこの変形 NTSC 式カラー信号に重ねてデコーダー (NHK カラーデテクター) で復調し、RGB 増幅器を通して3色受像管の制御格子に加え視覚試験を行った。この際 3.6Mc 附近の高周波雑音がデコーダーで低周波雑音に変換され、みえやすくなること、その低周波雑音の1部は受像管のガンマ特性のために定輝度原理がくずれて生ずる低周波輝度雑音であり、1部は色雑音であることは、先に報告した⁽²⁾通りである。

第6図(e)
変形NTSC($p=0.5$, $\Delta=180^\circ$) 信号、副搬送波の輝度正規化振幅および位相 (マックアダム R UCS 表示)

また視覚試験結果のデーターの集積および処理法についても先に報告した⁽²⁾ように同一条件の実験に対する実験結果のうち、ガラス分布の頂点となるような値を採用するように意を用いた。

試験装置の安定度、カラーモニターの初期調整 (グレースケール調整、ホワイトバランス) などにも注意を払った。このようにして雑音評価実験を行った結果の1例として $p=0.5$, $\Delta=0^\circ, 60^\circ, 120^\circ, 180^\circ, 240^\circ, 300^\circ$ の条件について第7図に示すような結果がえられた。同図において横軸は Δ の値であり、縦軸は検知限界雑音量である。

例えば $\Delta=0^\circ$ の場合には青色の雑音は他の2原色雑音に比べて眼につきにくく、赤色の雑音は青色よりも目立ちやすくなっており、緑色雑音は最も見えやすいという結果を示している。

つぎに $\Delta=180^\circ$ の場合に著目すれば、この傾向は逆となり青色雑音がもっともみえやすく緑色の雑音は、最もみえにくくなっている。 $\Delta=60^\circ$ と $\Delta=240^\circ$ についても同じような現象となっているが、 $\Delta=120^\circ$ と $\Delta=300^\circ$ については、あまり顕著ではない。

つぎにこの結果を前節で論じた UCS 表示の色度図上の振幅変化および位相変化に対応させて考えてみよう。今第6図(b)と第7図の $\Delta=0^\circ$ の場合とを対応してみれば第6図(b)では同一正規化振幅変化 ($L=0.8$ と 1.0 との変化、すなわち 0.2) および位相変化 (10°) によって囲まれる面積の大きさの比は緑、赤、青の順序になっていて、第7図での雑音の眼につきやすさの順序も緑、赤青の順序になっている。

また第6図(c)と第7図の $\Delta=60^\circ$ の場合とを対応させて考えれば、第6図(c)では L の正規化振幅変化 0.2 と位相変化 10° によって囲まれる面積の大きさの比は赤が一番大きく、緑と青は同程度であり、第7図の実験結果によれば雑音のみえやすさは赤がもっとも顕著であり、つぎに緑、青の順となっている。この2つの場合については前節で述べたように UCS 色度図上の面積の大小が

第6図(f)
変形 NTSC ($p=0.5$, $\Delta=240^\circ$) 信号副搬送波の輝度正規化振幅および位相 (マックアダム R UCS 表示)

雑音のみえやすさに対応するといえるが、 $\Delta=120^\circ, 180^\circ, 240^\circ$ については厳密にこのような対応を見出すことはできない。

しかし第6図(b)~(g)を赤、緑、青の部分についてのみ、それぞれ著目すれば正規化振幅一定の軌跡 $L=0.8$ と $L=1.0$ および位相変化 10° によって囲まれる面積の大きさの変化は、第7図の実験結果の雑音のみえやすさに対応していることが判る。例えば青色の雑音は第7図実験結果では $\Delta=120^\circ$ 付近で最大となり、 $\Delta=0^\circ$ で最小となっているが、第6図についてみても、 $\Delta=120^\circ$ の場合、すなわち(d)図の場合に色度図上の面積が最大となっている。

同様に赤については $\Delta=60^\circ$ の場合、色度図上の面積最大と雑音をもっとみえやすい結果が一致し、また緑色についても、 $\Delta=120^\circ$ の付近で色度図上の面積最大と雑音知覚の最大とが対応している。

したがって、RUCS表示と本実験における雑音のみえやすさの対応は、決して無意味なものではないと考えられる。この見地からすれば任意の変形方式またはカラー・テレビ伝送方式においても、これによって定まる色度図上の副搬送波マップの性質を調べることによって、雑音の知覚を予想することができ、これを発展させればカラー・テレビ信号構成に際しても合理的な構成が考えられよう。

NTSC方式では $p=0.2$ 、 $\Delta=166^\circ$ であるが、この場合の振幅一定位相一定の軌跡を Mac Adam RUCS 色度図上に画けば、第5図に示すように輝度正規化振幅一定の軌跡は比較的に円に近く、その変化分も色度に関して比較的一様であり、位相変化一定の直線群も色度に関して一様に近いので、上述の観点からすればNTSC方式は比較的にすぐれた方式であるといえる。また $p=0$ すなわち正相分のみの伝送方式の場合、副搬送波マップ RUCS の表示は第6図(a)に示すように、これも比較的一様な変化を示していることが判る。

第6図(g)
変形 NTSC
($p=0.5$, $\Delta=300^\circ$) 信号副
搬送波の輝度
正規化振幅お
よび位相 (マ
ックアダム
RUCS 表示)

第7図 変形 NTSC 方式 ($p=0.5$, Δ 変化) の場合雑音のみえやすさの色別による変化を示す

む す び

本論文では変形 NTSC 方式に関しての実験とその検討を行ったが、ここで取扱った変形方式はすべて色副搬送波を利用する方式で、つぎの2つの特長を有している。

- (1) 副搬送波の位相は色相に1対1に対応する。
- (2) 副搬送波の輝度正規化振幅は色の彩度に1対1に対応する。

NTSC方式はこれら変形方式中の1特例であるが、このような変形方式の組合せは無限に考えられるので、ここではその代表例について実験および検討を行った。NTSC方式は本論文で取扱っている範囲内では比較的にすぐれた方式と考えられ、また $p=0$ すなわち正相対称信号のみの伝送方式は信号伝送の簡略化を考え、一電子銃式カラー受像管技術の進展した場合に有効であると考えられるので、ここで最良の方式について決定を下すことはできない。これに対して決定的な結論を出すためには、さらに具体的に心理学的要素を加味した色彩学上の実験の根拠が必要となろう。すなわち、テレビ画像を観察している状態に近い視覚条件での色空間における色差が定量的に求まれば、これに対応して最もすぐれた変形方式を選定することが本論文と同様の手段で可能となるわけである。

最後に変形 NTSC 方式に関する一連の研究ならびに実験に際し、終始変わらず激励を賜った上司各位、実験に御協力いただいた同僚諸氏に対し心から謝意を表す。

(昭和34年11月11日受付)

(24 頁に続く)

第15図 自動回線切替の動作順序および所要時間

置は切替を自動復旧して予備回線は解放され、回線切替制御系はつぎの回線障害に備えて待機状態となる。

(10) テレビ放送終了等で、回線のパイロット信号が切れると送信並列がとられても予備回線にパイロット信号が流れないので受端切替が行われず、一方送端より入力パイロット信号が切れた情報が得られるので、これによって該当回線は回線休止表示となり、切替機構から除外される。これはパイロット信号が復旧すれば元にもどる。

(2) 回線切替制御装置

回線切替制御装置は切替局に設置する AL-2 形と分岐局に設置する AL-3 形とがあるが、AL-2 形は送受信回路 1 組よりなり、隣接切替局の AL-2 形と対応動作して切替区間を構成し、AL-3 形は切替区間内に分岐回線がある場合、分岐局に設置して両切替局からの制御信号に追従して動作する。本装置の性能および特徴を述べる。

(a) 切替制御所要時間

とくに動作時間の短縮に主眼をおいて設計されているが、切替制御装置自体の切替時の所要時間は幹線に対し約 25 ms、分岐回線に対し約 50 ms である。

(b) 信号レベルの変動 +5、-10 dB 以内および信号レベルに対する S/N が 12 dB 以上の場合は確実に動作する。

(c) 切替制御信号の構成

信号周波数は 700 c/s から 400 c/s 間隔で 1900 c/s まで 4 周波をとり、その外に 2300 c/s (保護信号) と 2600 c/s (切替中信号) を使用している。

信号周波数の間隔を 400 c/s としたのはフィルタによる遅延時間を小さくするためで、この 4 周波を第 5 表のように組合せ、各種の切替制御符号を得ている。なお回線休止、予備運用がそれぞれ 2 つあるのはマイクロ回線の無人局分岐の場合に、受信部が 2 方向からの制御を受けるので、それを判別するために必要となる。

(d) 保護信号および切替中信号

本装置も既に紹介した AR-4 形と同様に制御線を打合通話と共用し、下部帯域を打合せと切替制御信号に切替

えて使用し、上部帯域に保護信号、切替中信号を送出している。保護信号はつぎのような要素をもっている。

(i) 下部帯域の打合通話と制御信号伝送の切替を行う。

(ii) 伝送路のレベル変動を監視する。

(iii) 回線切替中に伝送路が障害となって送端並列が解除されると困るので、切替中信号と共に保護信号が切れることによりこれを防止している。

切替中信号は切替信号によって送端並列がとられた時そのままでは、切替中には下部帯域の打合通話ができないので、これを切替中信号に転移し、これによって送端並列を保持する。このようにしておけば回線障害が復旧した場合には、切替中信号を切断することにより迅速に切替を自動復旧することができる。

(e) その他の各種制御

回線障害の場合の自動切替の他、つぎのような手動制御ができる。

(i) 相手送信並列、(ii) 受端切替、(iii) 切替停止、(iv) 復旧、(v) 予備運用、(vi) 切替中の自動復旧停止 また相手送信並列、予備運用などの状態で、予備回線が完全に現用のかわりに使用されてない状態で、回線障害が発生すると障害救済が優先して自動切替が行われ、送信並列、予備運用は排除される。

む す び

以上簡単ではあるが、現在電々公社で運用しているテレビプログラム切替の実際と予備自動切替方式、あわせて中継網の模様を紹介したが、テレビ関係の方々の参考となれば幸いである。

(昭和 34 年 10 月 29 日受付)

(16 頁より続く)

【参 考 文 献】

- (1) 駒井, 坂田, 小林: カラー画像の輝度偏差と色度偏差の計算 テレビ学会誌, 第13巻第9号 昭34.9
- (2) 駒井, 田所, 小林: カラーテレビ雑音の研究(2) カラーテレビ雑音の視覚におよぼす影響 NHK技研技報 2178 昭34「NHK 技術研究」に発表予定
- (3) 駒井, 林, 田所: NTSC 信号の対称座標法解析と変形信号の性質 電通学会全国大会予稿 358 昭 32
駒井, 田所: NTSC 色信号の対称座標法解析と変形信号の送受信装置 テレビ学会誌 第12巻 第9号 昭 33.9
駒井, 田所: NTSC カラーテレビジョン信号方程式の検討(対称座標法解析) NHK 技術研究 第10巻 第5号 昭 33.9
- (4) Bingley, F. J. "Colorimetry. in Color Television-Part II, Part III" P. I. R. E. Vol 42, No. 1, pp 48-57, Jan 1954
- (5) MacAdam, D. L. J. O. S. A Vol. 27, p. 294, 1937