色度ノイズの視覚特性とカラーテレビ系への応用

NHK 総合技術研究所 藤 尾 孝
NHK 放送科学基礎研究所 斎 藤 秀 昭

カラーテレビのノイズは画面上輝度と色度のノイズになってあらわれるが、色度ノイズはその性質や取扱い方法が明確でない。本論文は色度ノイズの体系化を目的に、カラーテレビ系の色度ノイズを理論的に考察し試験して、色度ノイズの表現法、さらにこれに対する等歩度色度座標を提案して、広く一般的な色度ノイズの取扱い方について検討考察した結果について述べる。

1. ま え が き

カラーテレビのノイズは、画像を構成する R, G, B 信号のノイズによって定まり、画面上では一般に輝度ノイズと色度ノイズになってあらわれる。人の目は、この輝度ノイズの感じ方と、色度ノイズの感じ方に差異があるので、カラー画像のノイズを取り扱う場合は、この両者を分けて考える必要がある。このうち輝度ノイズは従来の白黒テレビにおけるノイズの性質や特性がそのまま適用される種類のものであるが、色度ノイズに関してはこれの性質や、取扱い方がまだ明確にされていない現状にある。

現在、わが国の標準方式である NTSC 信号では、ノイズが混入してから、カラー画像を再生するまでの系が線形系のとき、色チャネルのノイズはすべて輝度誤差の伴わない色度ノイズとなってあらわれる。そして色度ノ

イズの影響は一般に輝度ノイズの影響に対して低く、その差が数 dB あるといわれている¹⁾⁶⁾。しかし、この実験は特定の色ラスタにおける特殊な色度ノイズについてのもので、これを広く、一般のカラー画像に適用することはできない。

このような時点において、色度ノイズの体系化を目的に、カラーテレビ系の色度ノイズを理論的に考察し、視覚試験して、広く非線形動作を含んだ一般的な場合にも適用しうよう検討を行なったので、その結果について報告する。

2. カラー信号の画面ノイズ²⁾³⁾

受像管蛍光体の三原色発光量 R, G, B がある瞬間、ノイズによって $\Delta R(t), \Delta G(t), \Delta B(t)$ だけ誤差を生じたとき、画面にあらわれる輝度ノイズ ΔY 、および色度ノイズ $\Delta x, \Delta y$ は次式

$$\begin{pmatrix} \Delta Y \\ \Delta x \\ \Delta y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \partial Y / \partial R & \partial Y / \partial G & \partial Y / \partial B \\ \partial x / \partial R & \partial x / \partial G & \partial x / \partial B \\ \partial y / \partial R & \partial y / \partial G & \partial y / \partial B \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \Delta R(t) \\ \Delta G(t) \\ \Delta B(t) \end{pmatrix} \quad (1)$$

で与えられる。

R, G, B 三原色を NTSC 三原色にとり、基礎刺激を C 光源白色に選んだとき、(1)式は

$$\begin{pmatrix} \eta \Delta Y \\ \Delta x \\ \Delta y \end{pmatrix} = \eta \begin{pmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.344G + 0.687B, & -0.344R + 0.083B, & -0.687R - 0.083G \\ -0.285G + 0.325B, & 0.285R + 0.746B, & -0.325R - 0.746G \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \Delta R(t) \\ \Delta G(t) \\ \Delta B(t) \end{pmatrix} \quad (2)$$

ただし、 $\eta = (0.906R + 0.827G + 1.432B)^{-2}$ となる。

筆者紹介

ふじお たかし
藤尾 孝 昭和25年、兵庫工専電気科卒業。NHK 福井放送局技術部を経て、昭和29年、技術研究所テレビ研究部に勤務。カラーテレビ方式およびテレビ受像方式の研究に従事。正会員。

さいとう ひであき
斎藤 秀昭 昭和37年、東北大学工学部通信工学科卒業。同年、NHK に就職。昭和40年、NHK 技研に転勤。放送科学基礎研究所に所属。現在、主として生体の視覚機構に関する生理学的な研究に従事している。

"Visual Characteristics of Chrominance Noise and its Application for Television System" by Takashi Fujio (NHK Technical Research Laboratories, Tokyo) and Hideaki Saito (NHK Broadcasting Science Research Laboratory, Tokyo) テレビジョン画質研究委員会 (昭40.7) およびテレビジョン色彩研究委員会 (昭40.11) 発表。

2.1 色チャネルノイズによる画面ノイズ(線形系の場合)

カラーテレビ系が線形で、色チャネル用 R, G, B 信号に n_R, n_G, n_B で示されるノイズが加わったとき(たとえば分離輝度カメラ系)画面上のノイズを考える。この場合、受像管励振信号はおおの

$$\left. \begin{aligned} E_r + n_{R-Y} &= E_r + 0.701n_R - 0.587n_G - 0.114n_B \\ E_g + n_{G-Y} &= E_g - 0.299n_R + 0.413n_G - 0.114n_B \\ E_b + n_{B-Y} &= E_b - 0.299n_R - 0.587n_G + 0.886n_B \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

となる(図1(a)参照)。

受像管の励振電圧に対する発光出力の変換特性を直線的とすると、(3)式の信号値が各光出力に対応するので輝度ノイズ ΔY は

$$\Delta Y = (0.299n_{R-Y} + 0.587n_{G-Y} + 0.114n_{B-Y}) = 0 \quad (4)$$

となり、画面には(2)式の $\Delta R(t), \Delta G(t), \Delta B(t)$ に n_{R-Y}, n_{G-Y} および n_{B-Y} を代入した色度ノイズのみがあらわれる。

2.2 色チャネルノイズによる画面ノイズ(非線形系の場合)

カラーテレビにおける非直線形は受像管の励振電圧対発光出力の変換特性によって代表され、この変換特性は受像管動作点をビーム電流のカットオフ点におくとき一般に

$$L = kE^\gamma \quad (5)$$

ただし、 E : 動作点より測った信号電圧

γ : 受像管の動作状態により定まる定数
約 2.0

k : 定数

であらわすことができる。

前項の場合と同様、色チャネル用 R, G, B 信号に n_R, n_G, n_B が加わり、(5)式であらわされる特性の受像管で画像を再生した場合を考える。

第2次微小項による誤差を無視して考えるとき、輝度ノイズ ΔY は

$$\Delta Y = (0.299\gamma E_r^{\gamma-1}n_{R-Y} + 0.587\gamma E_g^{\gamma-1}n_{G-Y} + 0.114\gamma E_b^{\gamma-1}n_{B-Y}) \quad (6)$$

となる。またこの場合の色度ノイズは

$$\begin{aligned} \Delta x_m &= [(0.344 E_g^\gamma + 0.687 E_b^\gamma) E_r^{\gamma-1} \alpha_{1m} \\ &\quad + (-0.344 E_r^\gamma + 0.083 E_b^\gamma) E_g^{\gamma-1} \alpha_{2m} \\ &\quad + (-0.687 E_r^\gamma - 0.083 E_g^\gamma) E_b^{\gamma-1} \alpha_{3m}] \gamma n_m / J \\ \Delta y_m &= [(-0.285 E_g^\gamma + 0.325 E_b^\gamma) E_r^{\gamma-1} \alpha_{1m} \\ &\quad + (0.285 E_r^\gamma + 0.746 E_b^\gamma) E_g^{\gamma-1} \alpha_{2m} \\ &\quad + (-0.687 E_r^\gamma - 0.083 E_g^\gamma) E_b^{\gamma-1} \alpha_{3m}] \gamma n_m / J \\ m &= R, G, B \end{aligned} \quad (7)$$

ただし、 $J = (0.906 E_r^\gamma + 0.827 E_g^\gamma + 1.432 E_b^\gamma)^2$

$$\begin{pmatrix} \alpha_{1R} & \alpha_{1G} & \alpha_{1B} \\ \alpha_{2R} & \alpha_{2G} & \alpha_{2B} \\ \alpha_{3R} & \alpha_{3G} & \alpha_{3B} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.701 & -0.587 & -0.114 \\ -0.299 & 0.413 & -0.114 \\ -0.299 & -0.587 & 0.886 \end{pmatrix}$$

で与えられる。

3. カラー受像管上における色度ノイズの再現²⁾³⁾

3.1 白色上の色度ノイズ

カラー受像管に加える信号が受像管の非線形特性を補償するように補正されていないと、色チャネルのノイズは一般に色度ノイズの他に輝度ノイズも伴う。しかし、無彩色上では $E_r = E_g = E_b$ のため(6)式で明らかなように色度ノイズのみとなり、白色画面上では線形系の γ 倍の色度ノイズがあらわれる(図1(a))。

3.2 補色上の色度ノイズ

補色は受像管変換特性の動作範囲を同じくし、刺戟値の等しい2色の混合によって得られるもので、非線形の動作に対しても輝度ノイズ成分を消し去ることができ、受像管上に色度ノイズのみを再現することができる。

たとえば、黄色(青の補色)画面上に色度ノイズをディスプレイするには R, G 各電子銃に $E_r + n_r, E_g + n_g$ なる信号を加え、 G 電子銃に加えるノイズ成分 n_g を

$$n_g = -\frac{0.299}{0.587} n_r = -0.509 n_r \quad (8)$$

に選ぶ。

そうすると(6)式より輝度ノイズ成分 ΔY_y は

$$\Delta Y_y = 0.299\gamma E_r^{\gamma-1}n_r + 0.587\gamma E_g^{\gamma-1}n_g = 0$$

となり、画面には CIE 表示で

$$\left. \begin{aligned} \Delta x &= \frac{0.344 \times 1.509 \gamma n_r}{1.733^2} \\ \Delta y &= \frac{-0.285 \times 1.509 \gamma n_r}{1.733^2} \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

であらわされる色度ノイズのみがあらわれる(図1(b))。

3.3 原色上の色度ノイズ

以上はカラーテレビ系が非線形動作をしている場合の色度ノイズについて考えたが、色チャネルにノイズを加え、これを含んだ復調 R, G, B 信号を、受像管の非線形変換特性を補償するようガンマ補正して受像管に加えると、任意の色度をもつ画面上に輝度ノイズを伴わない色度ノイズを再現することができる。

受像管のカットオフやガンマという非線形特性のため一般にカラーテレビにおいては、原色上に輝度ノイズを伴わないで色度ノイズのみが存在するということはない。しかし上記のように、復調信号に受像管の非線形特性に対するガンマ補正を行えば、原色に近い画像上に色度ノイズのみを再現することができる。

図 1 (a) 白色画面上色度ノイズディスプレイ回路系統図
Circuit diagram for subjective assessment of chrominance noise on the achromatic color backgrounds.

図 1 (b) 補色上の色度ノイズ試験系統図
Circuit diagram for subjective assessment of chrominance noise on the complementary color backgrounds.

4. 色度ノイズの検知限評価³⁾⁻⁵⁾¹⁴⁾

4.1 評価の条件

(a) 受像管

21 CYP 22

表 1 螢光体色度

Chromaticity co-ordinate of red, green and blue phosphor primaries.

螢 光 体	x	y	z
赤	0.674	0.326	0.000
緑	0.218	0.712	0.070
青	0.146	0.052	0.802

(b) 画面輝度と画面の大きさ

ビーム、スポットの広がり、受像管高圧の変動、さらにこれに伴う色の重ね合せのずれなどを考慮して

白色画面輝度 10 fL 以下

画面サイズ 110 mm × 80 mm

(c) ノイズ源

600 kc 帯域の白色ノイズと、周波数が約 500 kc で移動速度が 40 mm/sec の正弦波ノイズ。

(d) 観視条件

周囲光 暗室

観視距離 800 mm

(e) 画像

ソリッド・ラスタ

色度 白色、三原色補色、飽和度約90%の三原色。

4.2 色度ノイズの検知限評価とその結果

以上の条件を定め、テレビ技術者9名により色度ノイズの検知限を評価試験した。この結果を見ると、色度ノイズの絶対評価にはかなりの個人差がある。この原因としては、色度ノイズに対する眼の感度差によるものと、いまひとつ、どの点を検知限にするかとい

表 2 白色画面上の色度ノイズ検知限

Perception limit of chrominance noise on the achromatic color backgrounds. (単位 dB)

ノイズ 検知限 SN 比	正 弦 波 ノ イ ズ			白 色 ノ イ ズ		
	N_R	N_G	N_B	N_R	N_G	N_B
色度ノイズ検知限	43	41	41	32	32	31
標準偏差	1.1	1.5	1.6	1.6	1.4	
計算値	41	41	41	31	31	31
輝度ノイズ検知限	60			51		

表 3 補色画面上の色度ノイズ検知限

Perception limit of chrominance noise on the complementary color backgrounds. (単位 dB)

ノイズ 背景色	正 弦 波 ノ イ ズ			白 色 ノ イ ズ		
	黄 色	シアン	マゼンタ	黄 色	シアン	マゼンタ
検知限 SN 比						
色度ノイズ検知限	48	44	50	38	34	40
標準偏差	0.7	1.6	0.7	0.6	1.7	1.1
計算値	47.5	44.6	50.0	37.5	34.6	40.0
輝度ノイズ検知限	60	60	60	51	51	51

表 4 原色画面上の正弦波色度ノイズの検知限

Perception limit of chrominance sine wave noise on the primary color backgrounds. (単位 dB)

背景色 ノイズ	赤 色			緑 色			青 色		
	N_R	N_G	N_B	N_R	N_G	N_B	N_R	N_G	N_B
検知限 SN 比									
色度ノイズ検知限	44	44.5	43.5	38.5	38	39	42	42.5	42
標準偏差	1.2				0.8				1.1
計算値	44.7	44.7	44.7	39	39	39	43	43	43

表 5 原色画面上白色色度ノイズの検知限

Perception limit of chrominance white noise on the primary color backgrounds. (単位 dB)

背景色 ノイズ	赤 色			緑 色			青 色		
	N_R	N_G	N_B	N_R	N_G	N_B	N_R	N_G	N_B
検知限 SN 比									
色度ノイズ検知限	34	34.5	33.5	28.5	28	29	32	32.5	32
計算値	34.6	34.6	34.6	28.9	28.9	28.9	32.9	32.9	32.9

表 6 色度ノイズの妨害量
Interference of chrominance noise.

背景色	ノイズ	妨害量	備考
白	n_R, n_G, n_B	$[\gamma n_m / (a+b+c)]_{m=R,G,B}$	非線形動作
黄色	赤に n_y	$1.509 \gamma n_y / (a+b)$	非線形動作
シアン	青に n_c	$1.194 \gamma n_c / (b+c)$	非線形動作
マゼンタ	青に n_m	$1.381 \gamma n_m / (a+c)$	非線形動作
赤	n_R, n_G, n_B	$(n_m / [a + \varepsilon_r (b+c)])_{m=R,G,B}$	線形動作
緑	n_R, n_G, n_B	$(n_m / [b + \varepsilon_g (a+c)])_{m=R,G,B}$	線形動作
青	n_R, n_G, n_B	$(n_m / [c + \varepsilon_b (a+b)])_{m=R,G,B}$	線形動作

う心理的なものの2つが考えられる。これによる誤差をできるだけ少なくするため、実際は、各人が輝度ノイズと色度ノイズの両者の検知限を評価し、これらの間の偏差が各人固有のものであるとするような方法でデータを整理した。このような方法をとることにより評価値の標準偏差が平均して約 1 dB 改善できた。

表 2～表 5 は評価試験結果を示したものである。

4.3 多重色度ノイズの妨害度

互いに独立で性質の異なった2つまたは3つの色度ノイズが共存したときどのようになるかが問題となる。これについては、白色画面上に n_R, n_G, n_B のうちの2つまたは3つが共存する場合の検知限を、おのおのが単独にあるときの検知限と比較して試験した。この結果、これらの色度ノイズは電力加算的に取り扱ってよいといえる。

5. 視覚特性を考慮した色度ノイズの定義とその表現法³⁾⁻⁵⁾¹²⁾

色チャネル用 R, G, B 信号に無相関ノイズ n_R, n_G, n_B が混入した系を考えると、カラー画面上では(2)または(7)式で示されるような3つの独立した色度ノイズが共存する。

しかし、この色度ノイズでは背景色に依存し、たとえば n_R を例にとって考えると、白色上では“赤⇔シアン”に変わる色度ノイズをあらわしているが、赤色上では“赤⇔白色”にその色度が変わるようなノイズでもある。

そして、この場合のノイズは受像管動作が線形のととき(3)式であらわれ、たとえば、無彩色上(理解しやすい) $n_G = n_B = 0$ のときについて考えると、画面上では図2のように $n_R > 0$ のときには $(A - 0.299 n_R)$ の無色彩(背景色)上で n_R 単位の刺激量でもって赤色に変わる色ノイズであり、 $n_R < 0$ のときには $(A + 0.299 n_R)$ の無彩色上、単位 n_R の刺激量でもってシアンに変わる色ノイズでもある。ゆえに $0.299 n_R \ll A$ の状態では、画面上に n_R 単位の色度ノイズがあらわれたと考える。 n_G, n_B に対しても同様で、その色度ノイズの刺激量は n_G, n_B が単位の色度ノイズがあらわれる。

図 2 無彩色上 n_R による三原色刺激量
Tristimulus values of n_R on the
achromatic color background.

* N_m はノイズの絶対刺激量をあらわす。

一方、白色画像は三原色を同じ量混合して得たものであるため、前記白色上の n_R, n_G, n_B によってあらわされる3種類の色度ノイズについては、その妨害量がごく似かよったものであり、一応同じ程度で妨害するものと推察される。すなわち無彩色上では、 n_R は赤⇔シアン、 n_B は青⇔黄色に色度が変わるノイズではあるがその相対量が等しければ、妨害の程度も同じと考える。それゆえ、 n_R, n_G, n_B のノイズ量のみに着目し、これによる妨害の度合いが背景色に依存しているものと考え、三原色の発光出力が R, G, B なる画面上の色度ノイズ N による妨害量 D を

$$D = \frac{N}{(aR + bG + cB)} \quad (10)$$

ただし、重み係数の和 $a+b+c=1$ とする。

と仮定すると、白色、補色、原色上の色度ノイズの妨害量は表6のようになる。

5.1 色度ノイズに対する背景色の重み係数

4.2 で試験した色度ノイズの評価値から、(10)式に仮定した色度ノイズに対する背景色の重み係数を求めると3つの重み係数 a, b, c は

$$a \approx 0.21, b \approx 0.51, c \approx 0.28$$

となる。そして、色度ノイズの妨害量の逆数を K とするとき、正弦波色度ノイズの検知限に対する K の値、および、白色色度ノイズ(帯域 600 kc)の検知限に対する K の値、 K_s, K_w は平均的に

$$K_s = 50, K_w = 15.5$$

として取り扱うことができる。

すなわち、(10)式の N, R, G, B をピーク白色に対する発光量で規準化し、 n, r, g, b であらわしたとき

$$\frac{1}{n} = \frac{50}{0.21r + 0.51g + 0.28b} \quad (11)$$

が正弦波色度ノイズの検知限 SN 比をあらわし、600 kc 帯域の白色ノイズに対する色度ノイズの検知限 SN 比は

$$\frac{1}{n} = \frac{15.5}{0.21r + 0.51g + 0.28b} \quad (12)$$

で与えられる。

表2～表5に示した色度ノイズ検知限の計算値は、(11)、(12)式を用いて求めたもので、この結果、(11)式(12)式を用いて色度ノイズを数式的に取り扱えることがわかる。

5.2 色度ノイズと信号のSN比

カラーテレビ系が線形として取り扱える場合は、色チャネルに混入したノイズはすべて色度ノイズのみとなつてあらわれ、受像管の非線形補正回路の入力側で定義した相対信号量およびノイズ量が三原色の相対発光量となる。このため、(11)、(12)式が直接、信号のSN比として取り扱える。すなわち 600 kc 帯域の白色ノイズについて考えるとき

$$\frac{1}{n} = \frac{15.5}{0.21E_r + 0.51E_g + 0.28E_b} \quad (13)$$

ただし、 E_r 、 E_g 、 E_b は三原色信号をピーク白色に対する信号電圧で規準化したもの。

であらわされる値は信号の色度ノイズの検知限 SN 比である。

表7は、系が直線的として取り扱える場合で、色信号用 R、G、B カメラのノイズ電力が等しい状態を仮定したとき、いろいろなカラー画面上の白色ノイズによる色

表7 各背景色上の色度ノイズ検知限に対するカメラのSN比

Required SNR to color camera out put signal for perception limit of chrominance noise on the various color backgrounds.

背景色	R, G, B 表示			検知限に対するカメラのSN比 (dB)
	R	G	B	
白	1	1	1	29
黄	1	1	ε	31
シアン	ε	1	1	30
マゼンタ	1	ε	1	34
赤	1	ε	ε	39
緑	ε	1	ε	34
青	ε	ε	1	38

(注) ノイズは 600 kc 帯域の白色ノイズ
SN 比は (信号のピーク値)/(ノイズの実効値)
ε=0.1

表8 各背景色に対する色度ノイズのSN比
SNR of chrominance noise on the various color backgrounds.

背景色	R, G, B 表示			色度ノイズの等価SN比 (dB)	検知限SN比よりの偏差 (dB)	備考
	R	G	B			
白	1	1	1	24	0	検知限
黄	1	1	ε	21	-2.5	許容
シアン	ε	1	1	22	-1.8	許容
マゼンタ	1	ε	1	19	-5.3	許容
赤	1	ε	ε	13	-10.8	
緑	ε	1	ε	19	-5.0	許容
青	ε	ε	1	15	-9.1	

(注) ノイズは 600 kc 帯域の白色ノイズ
ε=0.1

度ノイズが見えなくなるために必要なカメラのSN比を計算したものである。

5.3 色度ノイズに対する等価SN比の定義

(10)式に定義した妨害量の逆数、すなわちK

$$K = \frac{(0.21E_r + 0.51E_g + 0.28E_b)}{n} \quad (14)$$

を色度ノイズの等価SN比と定義すると便利である。このようにすると

正弦波色度ノイズに対しては 34dB

白色色度ノイズに対しては 24dB

が色度ノイズの検知限における等価SN比となる。

表8は、白色画面上で色度ノイズが見えなくなるようなノイズnが混入したとき、上の定義にしたがった各画面上の色度ノイズ等価SN比がどのようになるかを計算したものである。

この表によれば、nによってうける黄色上の妨害は、検知限より 2.5 dB だけ大きい。

5.4 多重化カラー信号に混入したノイズによる色度ノイズの妨害量と等価SN比

多重化カラー信号の色信号チャネルにノイズが混入した場合を考える。ノイズスペクトルが色副搬送近傍にのみ分布し、輝度チャネルに影響しないものとする。

復調R信号に混入するノイズは $1.14n_i$
 " G " " $-0.581n_i - 0.394n_g$
 " B " " $2.03n_g$

ただし、 n_i 、 n_g は、nを混入するノイズ電圧とすると、nを直交分解した各成分で $\bar{n}_i^2 = \bar{n}_g^2 = \bar{n}^2/2$ となる。

ゆえにこの場合は $1.72n_i$ であらわされる色度ノイズと $2.42n_g$ であらわされる2つの独立な色度ノイズが画面上にあらわれ、これらが電力的に加算されたもので妨害する。この結果、各色画面上でnによる色度ノイズが見えなくなる信号のSN比は

$$\frac{32.6}{(0.21E_r + 0.15E_g + 0.29E_b)} \quad (15)$$

で与えられ、また前の定義にしたがってあらわした各色画面上における色度ノイズの等価SN比は

$$\frac{(0.21E_r + 0.51E_g + 0.28E_b)}{2.10n} \quad (16)$$

となる。

NTSC信号は色信号を輝度信号よりも情報量が少ない状態で伝送しているが、低域成分について考えたとき、赤および青色差信号を輝度信号と等しい信号量で伝送するような方式では

R信号に混入するノイズは n_i

G信号に " $-0.509n_i - 0.194n_g$

B 信号に混入するノイズは n_g であり、妨害ノイズ量は $1.36n$ となり、現在のカラー方式に比して色度ノイズの改善度は $2.10/1.36 \approx 1.54$ となると、3.8 dB 改善されることになる。

6. 色度ノイズの色度図表示³⁾⁵⁾¹¹⁾¹²⁾

6.1 CIE 色度図上の表示

正弦波ノイズおよび白色ノイズによる色度ノイズの検知限 SN 比は、(11)および(12)式であらわすことができる。このため各カラー画像につき(11)式および(12)式を満足する n が、おのおの n_R , n_G , n_B である場合、(2)式にしたがってその色度変化量を求めると、CIE 色度図上に色度ノイズの非検知範囲を描くことができる。

図3はこのような方法で(11)式であらわした色度ノイズによる非検知範囲を、10倍(長さの単位で)の大きさに拡大して描いたものである。すなわち、正弦波の実効値であらわした色度ノイズが図3に示した楕円の1/10の範囲内にあれば、色度ノイズは検知されない。また、白色ノイズによる色度ノイズの検知限 SN 比は正弦波によるものより 10 dB 低いと見なしうするため、白色ノイズの実効値であらわした色度ノイズが図3に示した楕円の約1/3の範囲内にあれば、これによる色度ノイズは検知しない。

また、Judd が感覚的に等しいと感ずる色度範囲を CIE 色度図上に描いて提案したものがあるが、図3はこれによく類似している。

6.2 色度ノイズに対する U(S 色変座標の誘導

一般カラー画像の伝送系は非線形補正を送像側で行なうため、ノイズによっては受像管の非線形動作の影響を考慮しなければならず、色度ノイズも前述のように簡単に取り扱いえない場合が生ずる。

図3 CIE 色度図上の色度ノイズ検知限
Perception limit of chrominance noise showed on the CIE chromaticity diagram.

すなわち、色チャネルに混入したノイズも一部は輝度ノイズに変換され、実際のカラー画面上には、(7)式で示されるような色度ノイズと、(6)式で示される輝度ノイズとの両者が混じり合ってあらわれる。

このうち輝度ノイズについては、信号電圧と受像管の動作状態を与えれば、(6)式によって求めることができこれは他の輝度ノイズとの電力和であらわされるノイズ量となって画面に輝度ノイズ妨害を与える。

一方、色度ノイズはCIE系で表示すると(7)式で与えられるが、図2からわかるように、CIE 色度図は眼の色度ノイズに対して感ずる感覚的な色度差とは対応のないものであるため、(7)式の値でもって直接色度ノイズの妨害度を求めることはできない。しかし、色度ノイズの妨害に対する等歩色度座標を見出すことができれば、この種一般的な色度ノイズの妨害も計算により求めることができる。

いま、1組の新しい三刺激値 U, V, W を想定し、これをCIE系の三刺激値 X, Y, Z によって次のようにあらわせるものとする。すなわち

$$\begin{pmatrix} U \\ V \\ W \end{pmatrix} = (a_{ik}) \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} \quad (17)$$

とすると、 U, V, W 系の色度 u, v は

$$\begin{aligned} u &= \frac{(a_{11}-a_{13})x + (a_{12}-a_{13})y + a_{13}}{(\sum a_{n1} - \sum a_{n3})x + (\sum a_{n2} - \sum a_{n3})y + \sum a_{n3}} \\ &= \frac{(a_{11}-a_{13})x + (a_{12}-a_{13})y + a_{13}}{(S_X - S_Z)x + (S_Y - S_Z)y + S_Z} \\ v &= \frac{(a_{21}-a_{23})x + (a_{22}-a_{23})y + a_{23}}{(\sum a_{n1} - \sum a_{n3})x + (\sum a_{n2} - \sum a_{n3})y + \sum a_{n3}} \\ &= \frac{(a_{21}-a_{23})x + (a_{22}-a_{23})y + a_{23}}{(S_X - S_Z)x + (S_Y - S_Z)y + S_Z} \end{aligned} \quad (18)$$

$$\text{ただし、} \left(\sum_{m=1,2,3} a_{nm} \right) = \sum_{n=1}^3 a_{nm}$$

$$S_X = \sum_{n=1}^3 a_{n1}, \quad S_Y = \sum_{n=1}^3 a_{n2}, \quad S_Z = \sum_{n=1}^3 a_{n3}$$

であらわされる。

$$S_Z = \sum_{n=1}^3 a_{n3} = 1 \text{ に選ぶと(18)式は}$$

$$\begin{aligned} u &= \frac{(a_{11}-a_{13})x + (a_{12}-a_{13})y + a_{13}}{(S_X-1)x + (S_Y-1)y + 1} \\ &= \frac{m_1x + m_2y + m_3}{m_7x + m_8y + 1} \\ v &= \frac{(a_{21}-a_{23})x + (a_{22}-a_{23})y + a_{23}}{(S_X-1)x + (S_Y-1)y + 1} \\ &= \frac{m_4x + m_5y + m_6}{m_7x + m_8y + 1} \end{aligned} \quad (19)$$

となり、新しい三原色の選定において第一原色および第

三原色 (U), (W) を輝度 0 の平面におき、刺激値 V を Y に対応させ、かつ第三原色が Z 軸上にあるように選ぶと(19)式は

$$u = \frac{S_x U_x x}{(S_x - 1)x + (S_y - 1)y + 1} = \frac{m_1 x}{m_7 x + m_8 y + 1}$$

$$v = \frac{S_y V_y y}{(S_x - 1)x + (S_y - 1)y + 1} = \frac{m_5 y}{m_7 x + m_8 y + 1} \quad (20)$$

となる。

一方、任意の色度画面上 n_R, n_G, n_B に対する色度誤差

$$\begin{pmatrix} \Delta x_m \\ \Delta y_m \end{pmatrix}_{m=R, G, B} \text{ は}$$

$$\Delta x_m = \{ (0.344 E_g + 0.687 E_b) \alpha_m$$

$$+ (-0.344 E_r + 0.083 E_b) \alpha_{2m}$$

$$+ (-0.687 E_r - 0.083 E_g) \alpha_{3m} \} n_m$$

$$/ (0.906 E_r + 0.827 E_g + 1.432 E_b)^2$$

$$\Delta y_m = \{ (-0.285 E_g + 0.325 E_b) \alpha_{1m}$$

$$+ (0.285 E_r + 0.746 E_b) \alpha_{2m}$$

$$+ (-0.325 E_r - 0.746 E_g) \alpha_{3m} \} n_m$$

$$/ (0.906 E_r + 0.827 E_g + 1.432 E_b)^2_{m=R, G, B}$$

で与えられ、また(20)式であらわされる新しい色度系における色度誤差

$$\begin{pmatrix} \Delta u_m \\ \Delta v_m \end{pmatrix}_{m=R, G, B} \text{ は}$$

$$\Delta u_m = \frac{m_1 \{ (1 + m_8 y) \Delta x_m - m_8 x \Delta y_m \}}{(m_7 x + m_8 y + 1)^2}$$

$$\Delta v_m = \frac{m_5 \{ (m_7 x + 1) \Delta y_m - m_7 y \Delta x_m \}}{(m_7 x + m_8 y + 1)^2} \quad (21)$$

で与えられる。

それゆえ、正弦波ノイズの検知限妨害について考えるとき、任意の背景色上、(11)式を満足する n の値を上式の n_m として代入し、さらに(21)式で新しい色度系における色度誤差を求め、これが

図 4 色度ノイズ用 UCS 色度図
Proposed UCS chromaticity diagram
for chrominance noise.

$$\Delta u_m^2 + \Delta v_m^2 = k \quad (22)$$

ただし、 k : 定数

になるような色度系を求めればよい。

しかし一般に、NTSC 信号の再現色度の全範囲にわたって(22)式を満足することは困難な問題であり、また、カラーテレビの色再生系を考えると、飽和度の高い領域では輝度ノイズ成分が増加して、色度ノイズがこれにマスクされるような傾向にあるため、各原色の非飽和領域において(22)式が正しく満足されるような条件で新しい色度図を導いた。

すなわち、色度ノイズに対する UCS として新しい表色系の色度および色度誤差は

$$u = \frac{0.40 x}{(4.00 y - 0.90 x + 1.00)}$$

$$v = \frac{0.93 y}{(4.00 y - 0.90 x + 1.00)} \quad (23)$$

$$\Delta u = \frac{(0.40 + 0.90 u) \Delta x - 4.00 u \Delta y}{(4.00 y - 0.90 x + 1.00)}$$

$$\Delta v = \frac{0.90 v \Delta x + (0.93 - 4.00 v) \Delta y}{(4.00 y - 0.90 x + 1.00)} \quad (24)$$

で与えられる。

図 4 は(11)式であらわされる色度ノイズに対し(23)式の UCSN 色度図上に、正弦波色度ノイズによる非検知範囲を10倍の大きさ(長さの単位で)に拡大して描いたものである。

なお、この色度図では R, G, B 三原色の等エネルギー白色点に近いほど色度ノイズの非検知範囲は円形となり、原色点に近いほどその形状は円形からずれる。この誤差は

飽和度が 90% の画像に対しては約 3 dB

飽和度が 70% 以内のものに対しては約 1.5 dB 以内

“ 50% “ 1.0 dB 以内

で、色度ノイズが問題となるほとんどの範囲は 1 dB 以内の誤差の程度で扱うことができる。

7. 一般的な色度ノイズの取り扱いと カラー画像の SN 比³⁾¹²⁾

7.1 色信号用三原色信号に混入したノイズによる SN 比

E_r, E_g, E_b という色信号用 R, G, B 信号に n_r, n_g, n_b で示されるノイズが混入し、復調信号で、非線形動作をしている受像管を励振した場合を考える。動作域における受像管のガンマ γ と信号電圧 E_r, E_g, E_b を与えると輝度ノイズは(6)式より

$$\Delta Y = (0.299 \alpha_{1R} E_r^{\gamma-1} + 0.587 \alpha_{2R} E_g^{\gamma-1}$$

$$+ 0.114 \alpha_{3R} E_b^{\gamma-1}) \gamma n_R$$

$$\begin{aligned}
& + (0.299 \alpha_{1G} E_r^{\gamma-1} + 0.587 \alpha_{2G} E_g^{\gamma-1} \\
& + 0.114 \alpha_{3G} E_b^{\gamma-1}) \gamma n_G \\
& + (0.299 \alpha_{1B} E_r^{\gamma-1} + 0.587 \alpha_{2B} E_g^{\gamma-1} \\
& + 0.114 \alpha_{3B} E_b^{\gamma-1}) \gamma n_B
\end{aligned}$$

で与えられ、実効輝度ノイズは

$$\begin{aligned}
(\Delta \bar{Y}^2)^{1/2} = & \gamma \{ (0.299 \alpha_{1R} E_r^{\gamma-1} + 0.587 \alpha_{2R} E_g^{\gamma-1} \\
& + 0.114 \alpha_{3R} E_b^{\gamma-1})^2 \bar{n}_R^2 \\
& + (0.299 \alpha_{1G} E_r^{\gamma-1} + 0.587 \alpha_{2G} E_g^{\gamma-1} \\
& + 0.114 \alpha_{3G} E_b^{\gamma-1})^2 \bar{n}_G^2 \\
& + (0.299 \alpha_{1B} E_r^{\gamma-1} + 0.587 \alpha_{2B} E_g^{\gamma-1} \\
& + 0.114 \alpha_{3B} E_b^{\gamma-1})^2 \bar{n}_B^2 \}^{1/2} \quad (25)
\end{aligned}$$

となる。

また色度ノイズは(7)式より

$$\begin{aligned}
\Delta x_R = & \{ (0.344 E_r^{\gamma} + 0.687 E_b^{\gamma}) E_r^{\gamma-1} \alpha_{1R} \\
& + (-0.344 E_r^{\gamma} + 0.083 E_b^{\gamma}) E_g^{\gamma-1} \alpha_{2R} \\
& + (-0.687 E_r^{\gamma} - 0.083 E_g^{\gamma}) E_b^{\gamma-1} \alpha_{3R} \} \gamma n_R / Y \\
\Delta y_R = & \{ (-0.285 E_g^{\gamma} + 0.325 E_b^{\gamma}) E_r^{\gamma-1} \alpha_{1R} \\
& + (0.285 E_r^{\gamma} + 0.746 E_b^{\gamma}) E_g^{\gamma-1} \alpha_{2R} \\
& + (-0.325 E_r^{\gamma} - 0.746 E_g^{\gamma}) E_b^{\gamma-1} \alpha_{3R} \} \gamma n_R / Y \quad (26)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\Delta x_G = & \{ (0.344 E_r^{\gamma} + 0.687 E_b^{\gamma}) E_r^{\gamma-1} \alpha_{1G} \\
& + (-0.344 E_r^{\gamma} + 0.083 E_b^{\gamma}) E_g^{\gamma-1} \alpha_{2G} \\
& + (-0.687 E_r^{\gamma} - 0.083 E_g^{\gamma}) E_b^{\gamma-1} \alpha_{3G} \} \gamma n_G / Y \\
\Delta y_G = & \{ (-0.285 E_g^{\gamma} + 0.325 E_b^{\gamma}) E_r^{\gamma-1} \alpha_{1G} \\
& + (0.285 E_r^{\gamma} + 0.746 E_b^{\gamma}) E_g^{\gamma-1} \alpha_{2G} \\
& + (-0.325 E_r^{\gamma} - 0.746 E_g^{\gamma}) E_b^{\gamma-1} \alpha_{3G} \} \gamma n_G / Y \quad (27)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\Delta x_B = & \{ (0.344 E_r^{\gamma} + 0.687 E_b^{\gamma}) E_r^{\gamma-1} \alpha_{1B} \\
& + (-0.344 E_r^{\gamma} + 0.083 E_b^{\gamma}) E_g^{\gamma-1} \alpha_{2B} \\
& + (-0.687 E_r^{\gamma} - 0.083 E_g^{\gamma}) E_b^{\gamma-1} \alpha_{3B} \} \gamma n_B / Y \\
\Delta y_B = & \{ (-0.285 E_g^{\gamma} + 0.325 E_b^{\gamma}) E_r^{\gamma-1} \alpha_{1B} \\
& + (0.285 E_r^{\gamma} + 0.746 E_b^{\gamma}) E_g^{\gamma-1} \alpha_{2B} \\
& + (-0.325 E_r^{\gamma} - 0.746 E_g^{\gamma}) E_b^{\gamma-1} \alpha_{3B} \} \gamma n_B / Y \quad (28)
\end{aligned}$$

ただし、 $Y = (0.906 E_r^{\gamma} + 0.827 E_g^{\gamma} + 1.432 E_b^{\gamma})^2$ の3組の色度ノイズが共存する。このおののに対して図4のUCSN上の色度偏差量 Δn_c を(23), (24)式を用い

$$\begin{aligned}
(\Delta n_{cm}^2) = & \Delta u_m^2 + \Delta v_m^2 \quad m=R, G, B \\
\Delta n_c = & (\Delta n_{cR}^2 + \Delta n_{cG}^2 + \Delta n_{cB}^2)^{1/2} \quad (29)
\end{aligned}$$

として求め、信号のノイズ量が与えられているときの色度ノイズの等価SN比を5.3の定義にしたがって求めると、

$$\left[24 - 20 \log \left(\frac{\Delta n_c}{0.00152} \right) \right] \text{dB} \quad (30)$$

が 600 kc 帯域の白色ノイズに対する色度ノイズの等価SN比値となる。

7.2 伝送系の色チャネルに混入したノイズによるSN比

カラー信号の伝送途上において混入したノイズについても同様な取り扱いができる。すなわち、搬送色信号内にその電力密度が $\bar{N}^2(f) (= \bar{n}^2(f) E_M^2)$ のノイズ

$$(\sqrt{2} n_i \cos \omega_s t + \sqrt{2} n_q \sin \omega_s t) E_M$$

$$\text{ただし、} \bar{n}_i^2 = \bar{n}_q^2 = \bar{n}^2(f) \Delta f / 2$$

が加わったとき、画面上の R, G, B 各光出力は

$$\begin{aligned}
& E_r^{\gamma} + 1.14 \gamma E_r^{\gamma-1} n_i \\
& E_g^{\gamma} - 0.581 \gamma E_g^{\gamma-1} n_i - 0.394 \gamma E_g^{\gamma-1} n_q \\
& E_b^{\gamma} + 2.03 \gamma E_b^{\gamma-1} n_q \quad (31)
\end{aligned}$$

に比例したものとなる。この結果

$$\begin{aligned}
(\Delta \bar{Y}^2)^{1/2} = & \{ [0.341 \gamma (E_r^{\gamma-1} - E_g^{\gamma-1})]^2 \bar{n}_i^2 \\
& + \{0.231 \gamma (E_b^{\gamma-1} - E_g^{\gamma-1})\}^2 \bar{n}_q^2 \}^{1/2} \\
= & (\gamma / \sqrt{2}) \{ \{0.341 (E_r^{\gamma-1} - E_g^{\gamma-1})\}^2 \\
& + \{0.231 (E_b^{\gamma-1} - E_g^{\gamma-1})\}^2 \}^{1/2} \\
& \times (\bar{n}^2(f) \Delta f)^{1/2} \quad (32)
\end{aligned}$$

で示される輝度ノイズが画面にあらわれる。

また、このときの色度ノイズは

$$\begin{aligned}
\Delta x_i = & [1.14 (0.344 E_g^{\gamma} + 0.687 E_b^{\gamma}) E_r^{\gamma-1} \\
& - 0.581 (-0.344 E_r^{\gamma} + 0.083 E_b^{\gamma})] \gamma \\
& \times (\bar{n}^2(f) \Delta f)^{1/2} / \sqrt{2} \quad Y \\
\Delta y_i = & [1.14 (-0.285 E_g^{\gamma} + 0.325 E_b^{\gamma}) E_r^{\gamma-1} \\
& - 0.581 (0.285 E_r^{\gamma} + 0.746 E_b^{\gamma}) E_g^{\gamma-1}] \gamma \\
& \times (\bar{n}^2(f) \Delta f)^{1/2} / \sqrt{2} \quad Y \quad (33) \\
\Delta x_q = & [-0.394 (-0.344 E_r^{\gamma} + 0.083 E_b^{\gamma}) E_g^{\gamma-1} \\
& + 2.03 (-0.687 E_r^{\gamma} - 0.083 E_g^{\gamma}) E_b^{\gamma-1}] \gamma \\
& \times (\bar{n}^2(f) \Delta f)^{1/2} / \sqrt{2} \quad Y \\
\Delta y_q = & [-0.394 (0.285 E_r^{\gamma} + 0.746 E_b^{\gamma}) E_g^{\gamma-1} \\
& + 2.03 (-0.325 E_r^{\gamma} - 0.746 E_g^{\gamma}) E_b^{\gamma-1}] \gamma \\
& \times (\bar{n}^2(f) \Delta f)^{1/2} / \sqrt{2} \quad Y \quad (34)
\end{aligned}$$

ただし、 $Y = (0.906 E_r^{\gamma} + 0.827 E_g^{\gamma} + 1.432 E_b^{\gamma})^2$ で示される2組の色度ノイズが共存する。これらによる Δn_c の値を7.1の場合と同様にして求め、(30)式に代入すると、白色ノイズによる色度ノイズの等価SN比が計算できる。

7.3 カラーテレビ系におけるノイズ量の計算例

(1) 色信号用原色信号の1チャネルに混入したノイズによるSN比

$E_r^{1/\gamma}, E_g^{1/\gamma}, E_b^{1/\gamma}$ であらわされる色信号用三原色信号の R チャネルに $n_R = 1/35$ の白色ノイズが加わり、受像管を $\gamma = 2.2$ で動作させたとき、上記 UCSN 色度を用いて求めた画面ノイズの計算例を表9に示す。

また表10は上記三原色信号に実効値の等しい n_R, n_G, n_B なる無相関ノイズ

表 9 色信号用 R 信号の n_R による色度，輝度ノイズの SN 比

Tristimulus values of n_R on the achromatic color background.

背景	R, G, B 表示			色度ノイズの等価 SN 比 (dB)	ピーク白信号に対する輝度の SN 比 (dB)	背景輝度に対する輝度 SN 比 (dB)
	R	G	B			
白	1	1	1	24.0	∞	∞
↑	1	0.7	0.7	22.2	52.5	50.4
↓	1	0.5	0.5	20.8	47.6	43.9
赤	1	0.3	0.3	19.8	44.0	38.1

表 10 色信号用三原色信号のノイズによる色度，輝度ノイズの SN 比

Chrominance and luminance noise (SNR) due to noise of primary color signal for color channel.

背景	R, G, B 表示			色度ノイズの等価 SN 比 (dB)	ピーク白信号に対する輝度の SN 比 (dB)	背景輝度に対する輝度 SN 比 (dB)
	R	G	B			
白	1	1	1	19.2	∞	∞
↑	1	0.7	0.7	17.9	50.3	48.2
↓	1	0.5	0.5	17.1	45.3	41.5
赤	1	0.3	0.3	16.2	41.6	35.7

表 11 伝送系での SN 比 35dB のときの色度，輝度ノイズ SN 比

Chrominance and luminance noise (SNR) at 35 dB SNR of composite color signal.

背景	R, G, B 表示			色度ノイズの等価 SN 比 (dB)	ピーク白信号に対する輝度の SN 比 (dB)	背景輝度に対する輝度の SN 比 (dB)
	R	G	B			
白	1	1	1	27.8	∞	∞
↑	1	0.7	0.7	26.6	60.6	58.6
↓	1	0.5	0.5	25.8	55.7	52.0
赤	1	0.3	0.3	25.2	52.1	46.2

$$(\bar{n}_R)^2)^{1/2} = (\bar{n}_G)^2)^{1/2} = (\bar{n}_B)^2)^{1/2} = 1/35$$

が加わったときの計算例である。

(2) 伝送系の色チャンネルに混入したノイズによる SN 比

帯域 $f_m = 4.0 \text{ Mc}$ で定義した信号の SN 比が 35 dB になるような白色ノイズが加わった場合，色チャンネルから画面にあらわれるノイズを 7.2 にあげた諸式を用いて計算すると，表 11 のようになる。

表 11 は白色から飽和した赤色へと背景色が変わって行った場合の色度ノイズの等価 SN 比および輝度ノイズ SN 比の計算例を示したもので，このような背景色上では n_q による輝度ノイズは常に 0 となり，輝度ノイズは n_i 成分によってのみあらわれる。この表を見ると 4.0 Mc 帯域で定義した信号の SN 比が 35 dB の白色ノイズに対する色度ノイズは検知されないことがわかる。

これは，標準カラーバー信号に正弦 2 乗フィルターで帯域制限した白色ノイズを加え，これをカラーモニター上にディスプレイして確かめた。

図 5 輝度ノイズ妨害と色度ノイズ妨害
Subjective scale of luminance and chrominance noise disturbance.

図 6 輝度と色度ノイズが共存したときの妨害度
Subjective scale of color noise disturbance.
(includes luminance noise and chrominance noise)

7.4 色度ノイズ妨害と輝度ノイズ妨害³⁾¹²⁾

図5(a)(b)は横軸に検知限から測ったノイズ量を、縦軸に妨害尺度をとりJND法(Just Noticeable Difference Method)によって求めた輝度ノイズと色度ノイズの妨害度曲線である。太線はその平均値、斜線は標準偏差を示す。

また、図6は輝度ノイズと色度ノイズとがおのおのの検知限から測って等しい量ずつ共存するとき、その妨害度がどれくらい増加するかを示したもので、たとえば、図のA、B点より検知限から測っておのおの5.6dBの色度ノイズと輝度ノイズが共存したときの妨害は、輝度ノイズ単独で8dBの妨害に対応することを示している。

この結果、特にノイズ量が小さいときには、色度ノイズ量と輝度ノイズ量を電力的に加え合わせるような方法で取り扱えないことを示している。

8. む す び

色度ノイズは、これを色紙などによっては表現しにくいという性質上、従来その取り扱い法が不明確であったが、カラー受像管を使用すれば色度ノイズのみのディスプレイが容易であり、これを用いてカラーテレビ系のノイズを検討した。

まず、カラーテレビの色度ノイズについて解析し、その結果、色度ノイズ量を3つの色差チャンネルのノイズを形成するものとのノイズ量で定義する方法をとり、この段階で互いに無相関な色度ノイズを電力的に加算して取り扱えるようにした。このようにして取り扱った色度ノイズを、カラー受像管上いろいろな背景色の上にディスプレイし、評価試験を行なって、色度ノイズの視覚特性を検討した。この結果、色度ノイズの妨害量が背景色を構成する三原色刺激量に重み係数をもたせた背景色の関数であらわしうることを見出し、その表示式を導いた。

さらにこれを広く、カラーテレビの非線形動作のものに対しても適用することができるよう、色度ノイズに対するUCS色度図(UCSN)を導き、色度ノイズ量を数式的に取り扱えるようにした。この新しい色度図を用いると、70%飽和度までの背景色に対しては1.5dB以内の誤差で色度ノイズを数式的に取り扱うことができる。また応用例として、このUCSNを用い、カラーカメラの

ノイズによる画面ノイズ、伝送系で混入したノイズによる画面ノイズを計算し、そのうちのいくつかは視覚試験して色度ノイズの計算に適用しうることを確かめた。

本検討は対象にした背景が画像内容をもたないソリッドラスタースとしたため、大面積にわたって同一の色彩画像のノイズにしか対応しないという点や、観視場所が暗室で画面輝度が十数fL以下の画面という限られた条件のもとにおけるものではあるが、一応色度ノイズを数式的に取り扱えるようになった。

以上、色度ノイズに関し二、三検討を行なってきたがこれに対する評価試験は、斎藤(秀)職員の研修研究項目として共同で行なったもので、斎藤職員の協力によるところが大きい。

最後に、いろいろご指導と助言をいただいた寺山テレビ研究部長、樋渡、林、佐藤(俊)、渡部主任研究員ならびに試験回路調整にご助力を得た杉浦職員、評価法とその処理法についてご指導下さった森職員、評価にご協力いただいた方式研究室、無線研究部受信機研究室の方々に謝意を表す。

(昭和41年7月20日受付)

【参 考 文 献】

- 1) W. F. Bailey: The Constant Luminance Principle in NTSC Color Television, IRE, 42, 14
- 2) 藤尾: 色チャンネルからの雑音, 所内カラーカメラ研究委資料(40年3月)
- 3) 藤尾: カラーテレビ系における色度ノイズの取扱法, 技研例報40, 24
藤尾: 色度ノイズの視覚特性とカラーテレビ系における取扱法(其の2), 研報, 3110
- 4) 藤尾, 斎藤: 色度ノイズの視覚特性とカラーテレビ系への応用, テレビ学会画質委資料(40年7月)
藤尾, 斎藤: 色度ノイズの視覚特性とカラーテレビ系における色度ノイズ取扱法(其の1), 研報, 3111
- 5) 藤尾: 色度ノイズの視覚特性とその取扱方について, テレビ学会色彩委資料(40年11月)
- 6) 林: カラーテレビのノイズ, テレビ誌, 17, 1(1963)
- 7) 樋渡: テレビジョンノイズ主観評価, テレビ誌, 17, 1(1963)
- 8) 駒井, 小林: カラーテレビ信号の雑音の再現色に及ぼす影響について, TV談話会, 第3号
- 9) 藤尾, 林, 斎藤: 色度ノイズの視覚評価, 第1回テレビ学会全大予, 1-7
- 10) D. B. Judd: Color in Business, Science and Industry, John Wiley & Sons Inc.
- 11) D. L. MacAdam: Projective Transformation of ICI Color Specification, JOSA, Aug. (1937)
- 12) 藤尾: カラーテレビ系における色度ノイズの影響, 昭41年電気四学会連大予, 1441
- 13) 放送技術双書: カラーテレビジョン, NHK出版協会
- 14) 官能検査ハンドブック: 日科技連, JUSE 出版社