

# 色彩画像入力装置の色変換特性について

藤 本 勉\*・田 中 護\*

On Color Conversion Characteristics of U-P.I.P.S. Color Picture  
Input Device.

Tsutomu FUJIMOTO Mamoru TANAKA

## Abstract

For studies of color picture information processing, the authors install a color picture inputting device which is reported already, with the Ube Tech. Coll. Picture Information Processing System, U-P.I.P.S.. In this device, chromaticity coordinates of the three fundamental colors are selected peculiarly. In the paper the authors discuss the appropriateness of the chromaticity coordinates and derive a method for converting to the C.I.E. standard colorimetric system. This conversion formula requires those characteristics that spectral radiations of light source, spectral transmittance of color separation optical filter system and spectral sensitivity of photo multiplier tube. Next, device outputs are measured with 638 samples picked from J.I.S. standard color chart. By the least mean square error method, the photo-electric conversion characters are formulated for the J.I.S. standard gray scale. And the chromaticity coordinates are plotted in the diagram. At the last for a application, a chromaticity diagram is constructed with a sample which colors are distributed simply in the whole. The same sample is measured through monochrome picture input device. Comparing both results it is confirmed that color informations are more effective in partitioning.

## 1. ま え が き

色彩の人間に与える心理的影響には、非常に興味ある事柄が多い。例えば、膚色についてみても、それで我々は健康さの程度、感情などを微妙に感覚することができる。さらに、記憶色や印象効果、配色に対する嗜好、感情など、明度のみを白黒情報に比べて、色彩情報は、情報量の増加割合以上に多くの情報をもたらす、興味深い問題を提起する。これら色彩に関する研究を行うためには、試料の測色が第1に必要であり、各種の測定器が用意されているが、著者等も簡易画像情報処理システムに色彩画像入力装置を増設して、測色を可能にしている。この装置の概要については、既に報告している。<sup>4),5)</sup>この装置はカラーテレビカメラと同じく、Young-Helmholtzの色覚三色説にならって、色光をそれと等色する三原刺激の量として変換し出力する。この三原刺激（三原色）

は三つが互に独立であり、かつ負量加法混色を許せば、全く任意に選定でき、この三原色系により得られた三刺激値の量は変換を行うことによって、例えば、C.I.E（国際照明委員会）の三原色系—赤原色700.0nm、緑原色546.1nm、青原色435.8nmのスペクトル光一で表色できる。

本論では、まずこの変換を色彩論により論じ、次に実験により、多くの色票について、その三刺激値の量を求め、色度座標点のクラスター化により、試料を区別することを試みる。

## 2. 色彩論的検討<sup>1)~3)</sup>

著者等の試作した簡易色彩画像入力装置は試料反射光を三原色に分解して、光電変換を行う。この三原色は任意に選定されている。色彩論による検討を行い、この三

\* 宇部工業高等専門学校電気工学科

原色の有意性と、C.I.E. 標準表色系への変換式を求め  
る。

C.I.E. の R.G.B 系におけるスペクトル三刺激値  
を  $\bar{r}\lambda, \bar{g}\lambda, \bar{b}\lambda$  とする。分光反射率  $E(\lambda)$  を持つ試料  
を分光特性  $P_c(\lambda)$  を持つ標準の光 C で照射した時の試料  
の三刺激値  $R, G, B$  は次式となる。

$$\left. \begin{aligned} R &= \int P_c(\lambda) E(\lambda) \bar{r}\lambda d\lambda \\ G &= \int P_c(\lambda) E(\lambda) \bar{g}\lambda d\lambda \\ B &= \int P_c(\lambda) E(\lambda) \bar{b}\lambda d\lambda \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2, 1)$$

次に、C光源とは異なり、分光分布  $P(\lambda)$  を持つ光源  
で同じ試料を照射し、その反射光を分光透過率  $F_R(\lambda)$ ,  
 $F_G(\lambda)$ ,  $F_B(\lambda)$  の色分解フィルタ系で三原色に分解し、  
さらに分光感度  $S_R(\lambda)$ ,  $S_G(\lambda)$ ,  $S_B(\lambda)$  を持つ光電管  
で光電変換した場合、その出力は

$$I_i = \frac{\int P(\lambda) E(\lambda) F_i(\lambda) S_i(\lambda) d\lambda}{\int P(\lambda) F_i(\lambda) S_i(\lambda) d\lambda} \dots\dots (2, 2)$$

$$i = R, G, B$$

となり、 $E(\lambda)$  が全ての波長について1である場合には

$$I_R = I_G = I_B = 1$$

となる

次に本装置の三原色の色度を

$$R \dots\dots x_R, y_R, z_R$$

$$G \dots\dots x_G, y_G, z_G$$

$$B \dots\dots x_B, y_B, z_B$$

とする。すなわち、

$$X_i = \frac{\int P(\lambda) F_i(\lambda) S_i(\lambda) \bar{x}_i d\lambda}{\int P(\lambda) F_i(\lambda) S_i(\lambda) d\lambda}$$

$$Y_i = \frac{\int P(\lambda) F_i(\lambda) S_i(\lambda) \bar{y}_i d\lambda}{\int P(\lambda) F_i(\lambda) S_i(\lambda) d\lambda}$$

$$Z_i = \frac{\int P(\lambda) F_i(\lambda) S_i(\lambda) \bar{z}_i d\lambda}{\int P(\lambda) F_i(\lambda) S_i(\lambda) d\lambda}$$

$$x_i = \frac{X_i}{X_i + Y_i + Z_i} \quad y_i = \frac{Y_i}{X_i + Y_i + Z_i}$$

$$z_i = 1 - x_i - y_i \quad i = R, G, B$$

この三原色の単位量を C.I.E. の X.Y.Z. で表わす  
と、

$$R \equiv S_R(x_R X + y_R Y + z_R Z) \dots\dots (2, 3)$$

$$G \equiv S_G(x_G X + y_G Y + z_G Z) \dots\dots (2, 4)$$

$$B \equiv S_B(x_B X + y_B Y + z_B Z) \dots\dots (2, 5)$$

但し  $S_R, S_G, S_B$  は刺激和。

一方、基礎刺激として、 $W_C$  を取り、これの X.Y.Z  
系における色度を  $x_w, y_w, z_w$  とすれば、

$$\begin{aligned} W_C &\equiv s_w (x_w X + y_w Y + z_w Z) \\ &\equiv R + G + B \dots\dots\dots (2, 6) \end{aligned}$$

但し、 $s_w$  は刺激和。

基礎刺激の色度の Y 座標の値  $y_w$  に  $s$  を掛けると、明  
るさ  $Y$  が求まり、これを 1 とすると、

$$s_w = 1/y_w$$

故に

$$\begin{aligned} W_C &\equiv \frac{1}{y_w} (x_w X + y_w Y + z_w Z) \\ &\equiv \frac{x_w}{y_w} X + Y + \frac{z_w}{y_w} Z \\ &\equiv R + G + B \dots\dots\dots (2, 7) \end{aligned}$$

(2, 3) ~ (2, 5) 式より

$$\begin{aligned} \frac{x_w}{y_w} X + Y + \frac{z_w}{y_w} Z &\equiv S_R (x_R X + y_R Y + z_R Z) \\ &\quad + S_G (x_G X + y_G Y + z_G Z) \\ &\quad + S_B (x_B X + y_B Y + z_B Z) \end{aligned}$$

両辺の係数を等しいとおいて

$$\left. \begin{aligned} \frac{x_w}{y_w} &= S_R x_R + S_G x_G + S_B x_B \\ 1 &= S_R y_R + S_G y_G + S_B y_B \\ \frac{z_w}{y_w} &= S_R z_R + S_G z_G + S_B z_B \end{aligned} \right\} \dots\dots (2, 8)$$

上式を解いて

$$\left. \begin{aligned} S_R &= \begin{vmatrix} x_w/y_w & x_G & x_B \\ 1 & y_G & y_B \\ z_w/y_w & z_G & z_B \end{vmatrix} / \Delta \\ S_G &= \begin{vmatrix} x_R & x_w/y_w & x_B \\ y_R & 1 & y_B \\ z_R & z_w/y_w & z_B \end{vmatrix} / \Delta \\ S_B &= \begin{vmatrix} x_R & x_G & x_w/y_w \\ y_R & y_G & 1 \\ z_R & z_G & z_w/y_w \end{vmatrix} / \Delta \end{aligned} \right\} \dots\dots (2, 9)$$

但し  $\Delta = \begin{vmatrix} x_R & x_G & x_B \\ y_R & y_G & y_B \\ z_R & z_G & z_B \end{vmatrix}$

(2, 9) 式の値を (2, 3) ~ (2, 5) 式へ代入す  
れば、我々の三原色  $R, G, B$  を C.I.E. の  $X, Y, Z$  系  
へ変換することが出来る。次に任意の色光  $F$  について、  
 $R, G, B$  系での三刺激値を、 $R, G, B, X, Y, Z$  系  
でのそれを、 $X, Y, Z$  とすると

$$F \equiv RR + GG + BB$$

$$\equiv XX + YY + ZZ$$

(2, 3) ~ (2, 5) 式を代入して

$$\begin{aligned} F &\equiv R \{S_R (x_R X + y_R Y + z_R Z)\} + G \{S_G \\ &\quad (x_G X + y_G Y + z_G Z)\} + B \{S_B (x_B X + y_B Y + z_B \\ &\quad Z)\} \equiv xX + yY + zZ \end{aligned}$$

各係数を等しいと置いて

$$\left. \begin{aligned} X &= R \cdot S_R x_R + G \cdot S_G x_G + B \cdot S_B x_B \\ Y &= R \cdot S_R y_R + G \cdot S_G y_G + B \cdot S_B y_B \\ Z &= R \cdot S_R z_R + G \cdot S_G z_G + B \cdot S_B z_B \end{aligned} \right\} \dots\dots (2, 10)$$

(2, 10) 式は、我々の三原色で表色された色光の三刺激値  $R, G, B$  を  $X, Y, Z$  系へ変換する式であり、これからさらに色度を算出するには、

$$x = \frac{X}{X+Y+Z} = \frac{RS_R X_R + GS_G X_G + BS_B X_B}{RS_R(x_R + y_R + z_R) + GS_G(x_G + y_G + z_G) + BS_B(x_B + y_B + z_B)}$$

$$y = \frac{RS_R Y_R + GS_G Y_G + BS_B Y_B}{RS_R(x_R + y_R + z_R) + GS_G(x_G + y_G + z_G) + BS_B(x_B + y_B + z_B)}$$

$$z = \frac{RS_R Z_R + GS_G Z_G + BS_B Z_B}{RS_R(x_R + y_R + z_R) + GS_G(x_G + y_G + z_G) + BS_B(x_B + y_B + z_B)}$$

.....(2, 11)

を求めれば良い。

従って、任意の三原色系について、そのC.I.E表色系における色度 ( $x_R, y_R, z_R, \dots$ ) と基礎刺激  $W_C$  の色度 ( $x_W, y_W, z_W$ ) が与えられれば変換が可能であるから、三原色系の選定は互に独立であれば任意である。

### 3. 測 色 実 験

#### 3.1 実験装置の概要

実験に使用した簡易色彩画像入力装置の光電変換部を図3・1に示す。これは34TP71型(松下電送)を改造したものでタングステン白熱電球(定格10V, 1A)により照射された資料の反射光は、色分解ミラーにより三原

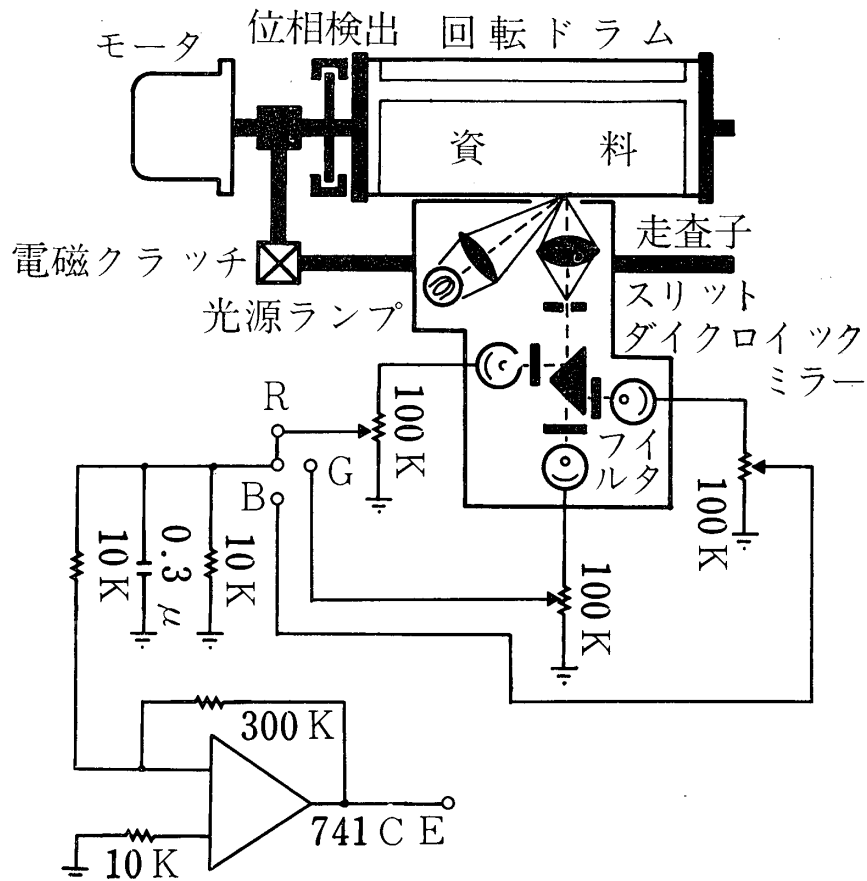


図 3. 1 実 験 装 置

色に分解される。色分解過程では、最初に緑色成分、次に青色成分が反射され、最後に赤色成分が透過する。次いで三原色の純度を高めるため、ゼラチン色フィルタを通して、光電子増倍管へ導き光電変換を行う。光電子増倍管は、可視一般用サイドオン形光電子増倍管 931 A (浜松テレビ) からのセレクト品種であり、赤色およ

び緑色用に R 363, 青色用に R 280 を用いている。光電子増倍管印加電圧は 500 V である。光電変換出力はオペアンプ (741 C E) により増幅後、デジタル電圧計により測定した。また、測定資料は資料貼付用回転ドラム位置に置き、光源ランプ以外の不用な迷光の影響を除くため、暗室状態にして測定を行った。

3.2 光電変換特性

資料の反射率に対する変換出力電圧を求める。資料として、J.I.S 標準色票の無彩色明度スケールを用い

て測定した結果を、図3.2に示している。これにより光電変換特性は十分直線的であることが解り、最小自乗法により一次近似式を求めると、赤色、緑色、青色出力信号  $V_r, V_g, V_b$  は資料の反射率  $R_r$  に対して、

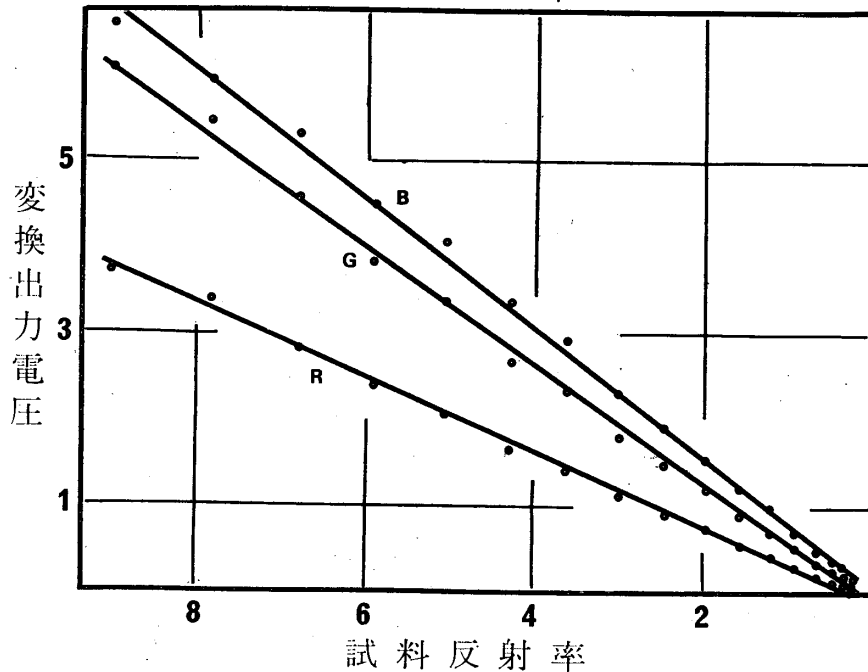


図 3.2 光電変換特性

$$\left. \begin{aligned} V_r &= 0.04235 R_f - 0.06980 \\ V_g &= 0.06842 R_f - 0.10660 \\ V_b &= 0.07467 R_f + 0.08860 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (3.1)$$

となる。ただし、この一次近似式の各係数値は、光源ランプの点灯電圧 (12.0V) および光電子増倍管の印加電圧 (500.0V) の変動の影響を非常に受ける。そのため、これら直流電圧の安定化には十分留意したが、後述の場合の測定時には、若干異なる係数値が得られている。

3.3 色彩変換特性

資料として、J.I.S 標準色票 (日本色彩研究所製作) 638種類に対する変換出力電圧を測定した。この時、各原色に対する変換感度が異っているため、測定値に一桁程度の差異があり、比較等する際不便である。そこで、(3.1) 式の光電変換特性は無彩色に対するものであるから本来同一特性を示すべきであることより、同式に次式の補整を行った。すなわち、 $R_f$  が100% (全反射) の時、三原色出力共10/3になり、かつ勾配は緑色出

力に一致させた。その結果、補整赤色、緑色、青色出力はそれぞれ

$$\left. \begin{aligned} R &= 0.7995 V_r + 0.0030 \\ G &= 0.4948 V_g \\ B &= 0.4534 V_b - 0.0092 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (3.2)$$

となる。次に色度座標を求める。それには、

$$\left. \begin{aligned} r &= \frac{R}{R+G+B} \\ g &= \frac{G}{R+G+B} \\ r+g+b &= 1 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (3.3)$$

なる演算を行えば良い。以上の方法により求めた無彩色明度スケールの色度座標の漂動を図3.3に示している。その結果、明度3.5 (9%  $Y_c$ ) の範囲までで、色度座標0.01以内の誤差に納まっているが、明度が小さくなると、誤差は非常に大きくなり全く信頼出来ない値となる。この最大の理由は、光電変換特性の一次近似式の不都合による。すなわち、近似式を求める際、最小自乗近似を行ったため、低明度やに対する近似誤差が相対的に大きくなったためである。近似誤差の相対値を評価する

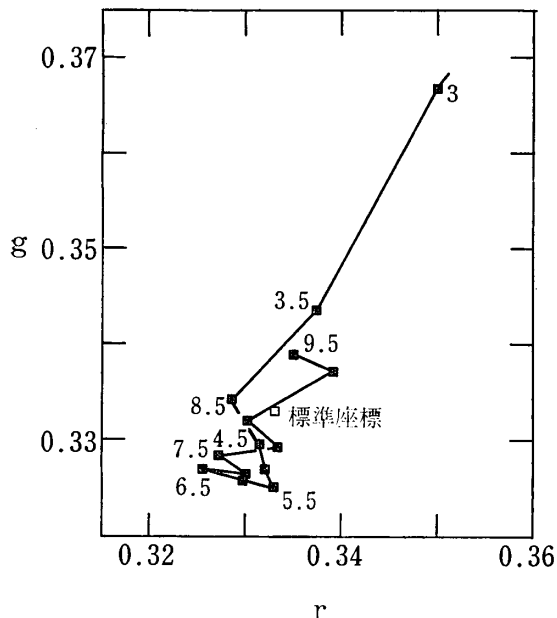


図 3.3 無彩色明度スケールの色度座標

ほうが、色度座標の漂動に対しては良好な結果を生ずると思われる。

図 3・4 には同じ方法で標準色票のうち、彩度 4 明度 8・5・3 のものを各色の中央色について図示してい

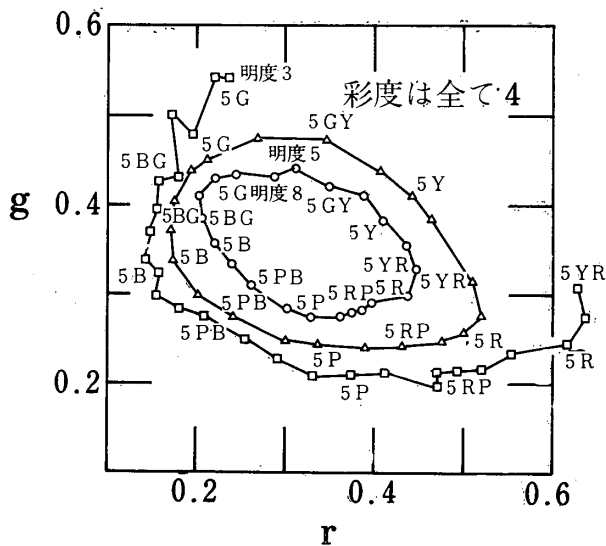


図 3.4 色 度 図

る。色相の変化につれて、色度点は無彩色点から同心だ円状軌跡を描き、明度の低下と共に、このだ円の径は大きくなる。特に明度 3 の場合については、変換出力電圧が小さいので、雑音等の測定誤差の影響が顕著となり、色度座標の漂動が認められる。

図 3・5 から図 3・9 に色相 5 R, 5 Y, 5 G, 5

B, 5 P について明度 8・5・3 の場合の色彩度に対する色度点を図示している。各色相について、無彩色点 (Munsell Value/Chroma, 8/0, 5/0, 3/0) の色度座標のずれは前述の理由による。

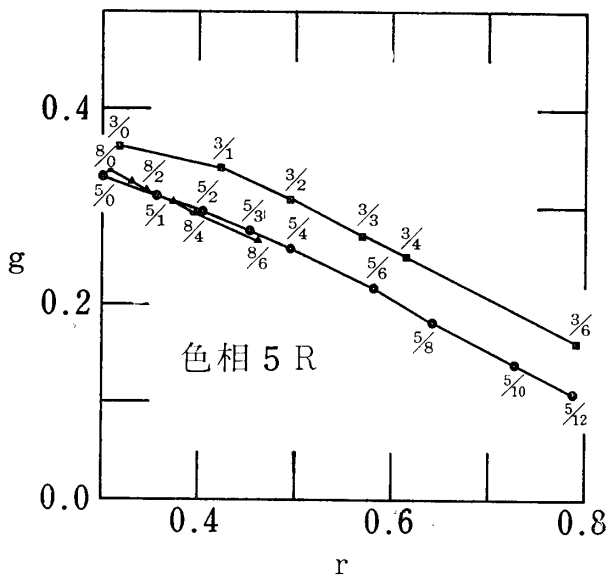


図 3.5 色 度 図 (5 R)

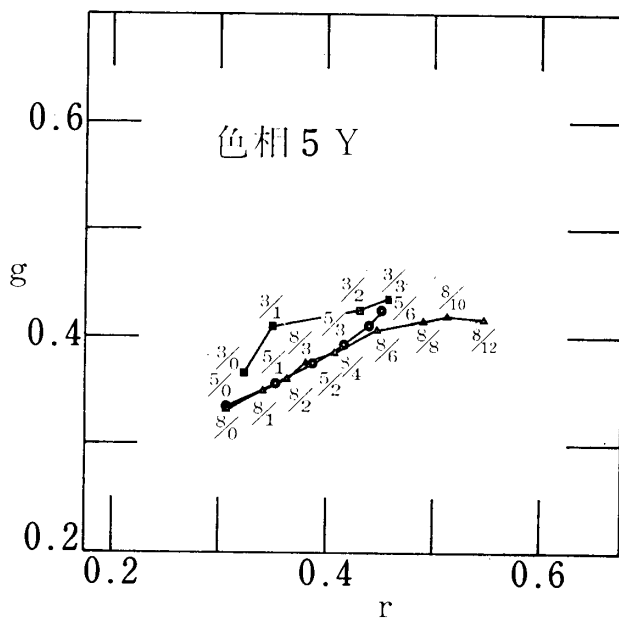


図 3.6 色 度 図 (5 Y)

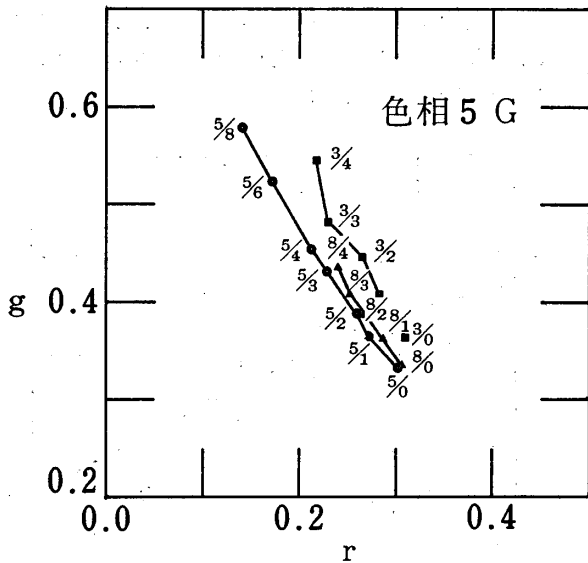


図 3.7 色度図 (5G)

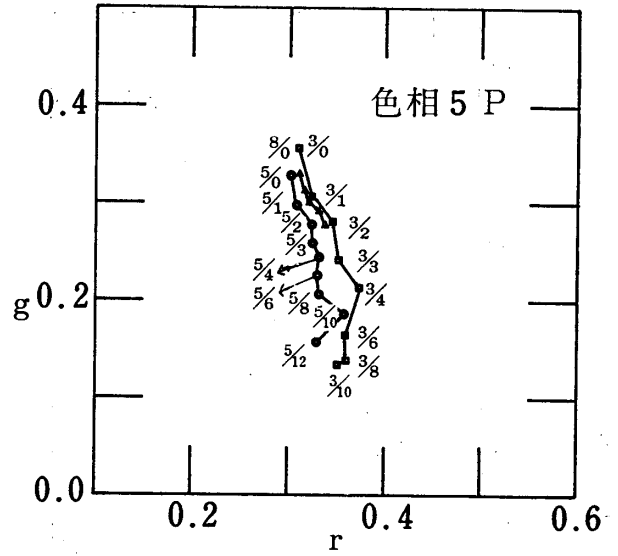


図 3.9 色度図 (5P)

3.4 応用測定

図 3.10 に示す試料について、その色度座標を求めた。同試料は 23 色の部分から成っているが、これから 10 色の部分の色名を表 3.1 に色度座標を図 3.11 に示し

表 3.1 試料の色名

領域	色名
A	Pale Greenish Sky (淡水色)
B	Strong Purplish Pink (コスモス色)
C	Light Greenish Yellow (シトロン色)
D	Vivid Red (カーミン色)
E	Vivid Red Purple (牡丹色)
F	Dull Violet (錆桔梗色)
G	Bright Greenish Blue (新橋色)
H	Strong Yellow Green (鶯色)
I	Pale Yellow Green (リードグリーン)
J	Strong Greenish Yellow (シトロンイエロー)

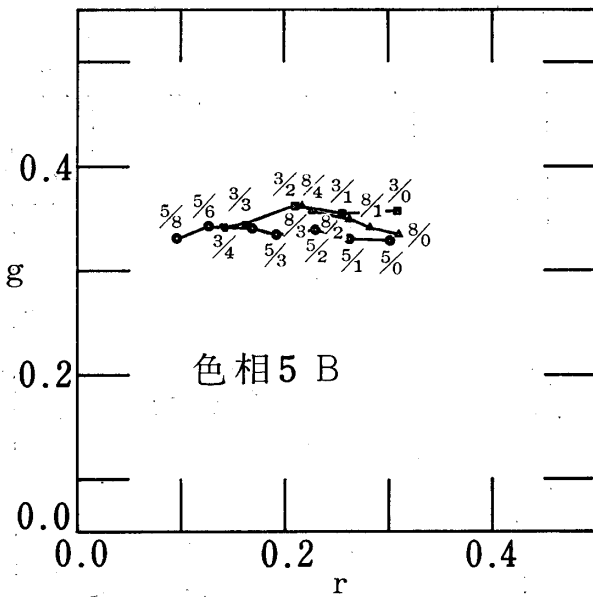


図 3.8 色度図 (5B)

ている。なお、この時の (3.1) 式の光電変換特性および (3.2) 式の補整式は、それぞれ

$$\begin{aligned}
 &Vr = 0.04632 Rf - 0.07143 \\
 &Vg = 0.04600 Rf - 0.07247 \\
 &Vb = 0.04688 Rf + 0.04375
 \end{aligned}
 \dots\dots\dots (3.4)$$

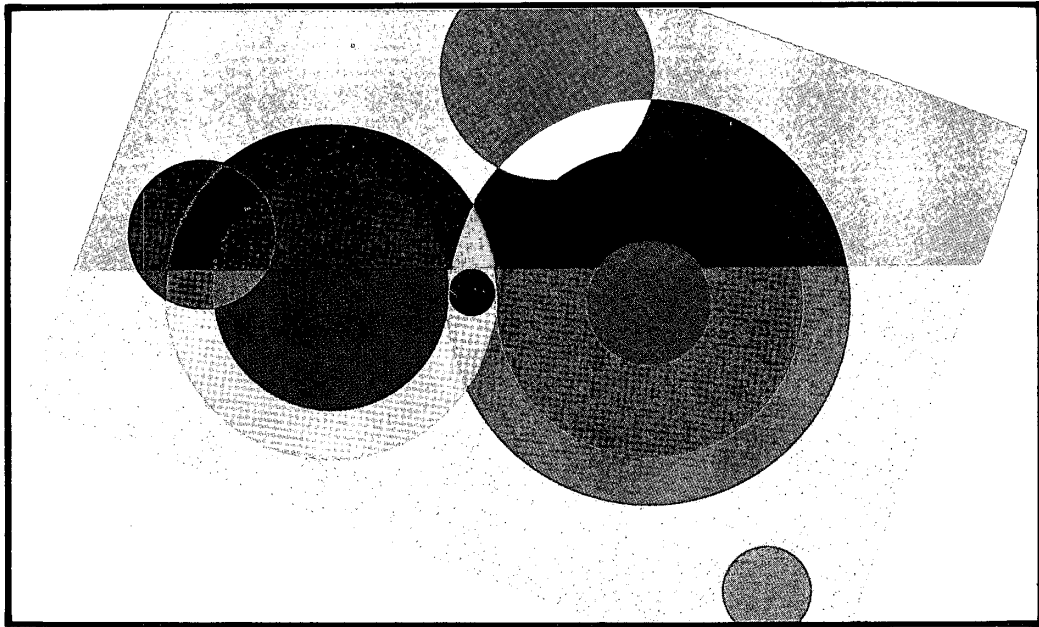


図 3.10 測 定 試 料

$$\left. \begin{aligned} R &= 0.7312 Vr + 0.0011 \\ G &= 0.7362 Vg \\ B &= 0.7224 Vb - 0.08496 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (3 \cdot 5)$$

となった。図 3・11において色度座標に漂動が認められるが、これは主に試料の印刷色のむらと思われる。各色共に独立した領域の座標を占めており、色同定可能な

ことを示している。図 3・12には同じ試料を、画像情報処理システムのモノクローム画像入力装置を用いて、その明度を測定したものを図示している。明度に関する情報のみでは、ばらつきが非常に大きく、色分離に失敗する場面が多いことがわかる。

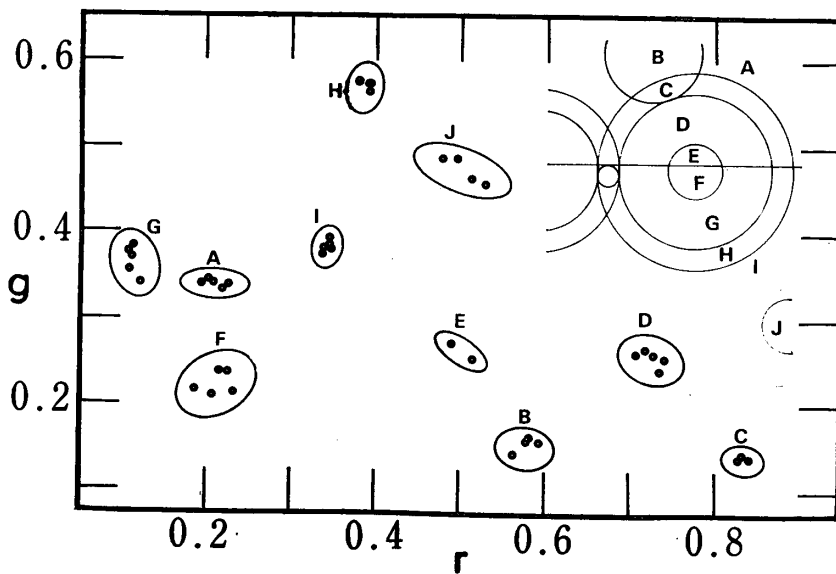


図 3.11 試 料 色 度 図

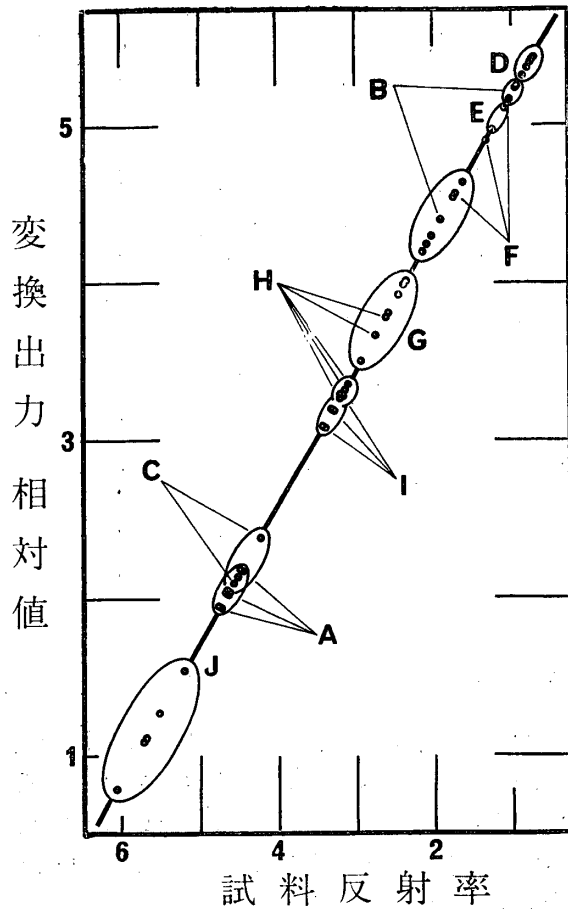


図 3. 12 試料明度分布

#### 4. むすび

以上、三原色の色度と、C.I.E表色系の変換について論じ、次いで著者等の色彩変換特性を、J.I.S標準色票を測定することによって求めた。さらに、簡単な色彩分布を持つ試料について、測色を行い色度点のクラスター化による色分離の可能性を明度情報のみのモノクロ

画像入力の場合と比較して、優位性を明らかにした。

J.I.S標準色票を標準の光Cで照射した時の色票の色度は与えられている。第3章で測定した著者等の試作した装置での色度をC.I.E系に変換するには、この値を第2章の結果へ代入すれば良いが、この場合に著者等の試作した装置の分解光学系の分光特性から、その三原色の色度を求めておく必要がある。この点については、現在検討しているので、近い機会に報告する予定である。

最後に、色票の測定については、昭和52年度卒業研究において、萩野秀美君、補整の計算機処理については、同じく、林俊克君におうところが多い。ここに記して深く感謝する。

#### 参 考 文 献

- (1) 小磯稔：色彩の科学，美術出版社（1977）
- (2) テレビジョン学会編：測色と色彩心理，日本放送出版協会（1973）
- (3) 日本放送協会編：カラーテレビジョン，日本放送出版協会（1973）
- (4) 藤本，田中：簡易色彩画像入力装置について，電気四学会中国支部連合大会，81709（1976）
- (5) 藤本，田中：簡易色彩画像処理装置，宇部高専研究報告，24，P63-70（1978）
- (6) 藤本，田中：簡易色彩画像入力装置の色彩変換特性について，電気四学会中国支部連合大会，61708（1977）
- (7) 日本色彩研究所編：カラートーンマニュアル，日本色研事業
- (8) J.I.S：三属性による色の表示方法，28721（1964）

（昭和53年9月1日受理）