

칼라 텔레비전(Ⅱ)

李 忠 雄

서울工大, 助教授, 工博

第2章 色彩論

2.1 色の表示

2.1.1 빛과 색

눈의 網膜上에 可視光線에 依하여 外界의 光景이 結像하면 網膜의 受容器는 빛의 空間的인 分布, 時間的인 變化, 分光組成에 따라서 興奮하고 이것에 依한 刺戟은 視神經을 通하여 大腦 視中樞에 到達되어 視知覺을 일으키게 된다. 이 중에서 빛의 分光組成의 相違에 對應되는 것이 明暗을 包含한 色知覺이며, 色知覺에는 色相, 彩度 및 明度の 3가지의 屬性이 있다. 色相과 彩度を 合한 屬性을 Chromaticness라고 한다.

普通狀態에서의 色知覺은 對象物의 크기, 模樣, 光澤等의 視知覺의 다른 要素, 對象物의 周圍狀態, 한걸음 더 나아가서는 視覺以外的 感覺, 記憶, 經驗等의 影響을 받아서 빛의 分光組成에 直接對應하게 되므로 꽤 差異가 있는 境遇가 많다. 卽 色知覺은 觀察하는 사람에 따라서, 또는 觀測하는 條件에 따라서 크게 變化하는 心理量이다. 그러나 一定한 標準條件下에서는 一定한 可視光(物理量)에 對한 色知覺(心理量)은 一定하다는 것이 經驗的으로 明白히 되고 있다. 이와 같은 色知覺을 色感覺이라 한다.

可視光線의 波長은 380~780nm의 電磁放射이며 各單一波長의 빛은 그림 2.1에 表示하는 바와 같은 色相을 나타낸다. 一般的으로 色光의 分光組成을 規定할려면 色感覺이 定해지나 逆으로 하나의 色感覺이 주어지면 分光組成은 無

數히 있을 수 있다. 따라서 色을 定量的으로 取扱할 境遇에는 먼저 必要한 色의 表示를 色光의 物理量으로 하는 것은 不適當하며 心理物理的인 測色學의 手法이 必要하다.

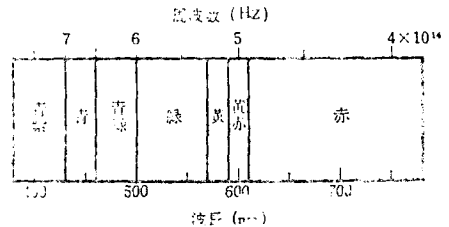


그림 2.1 스펙트럼색의 波長과 色相名

2.1.2 色の混合

適當한 3種의 色을 混合하면 거의 모든 色을 만들 수 있다는 것은 옛날부터 알려져 있는 事實로서 色의 混合에는 加法과 減法의 2種類가 있다.

加法混色은 色光을 스크린上에 겹쳐서 投影하는 境遇에 그림 2.2(a)와 같이 網膜上의 同一한 場所에 同時에 2種以上の 色光이 入射될 때 元來의 色과 다른 色을 感知하게 되는 것이 基本

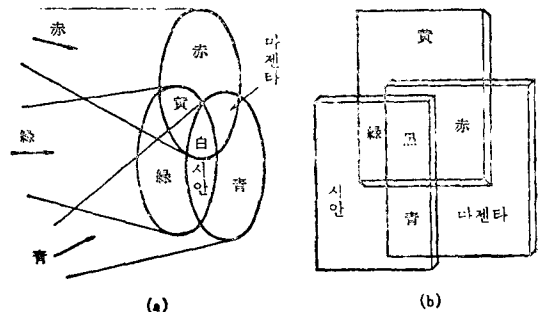


그림 2.2 加法混色 (a)와 減法混色 (b)

이 되고 있으나 빠른 速度로 同一한 場所에 順次的으로 入射시킬 境遇나 肉眼으로 區別할 수 없을 程度로 가는 Mosaic의 色光이 入射되었을 境遇의 混合도 完全히 同一한 性質을 나타낸다. 이와같은 色 混合에 依해서 여러 種類의 色을 만드는 데는 3種類의 色光 即 赤, 綠 및 靑의 色光을 選擇하면 된다. 이것을 加法混色の 原色 또는 光의 三原色이라 한다.

減法混色은 2種以上の 色필터 등의 色材를 重疊시켜서 다른 色을 만드는 境遇의 混合(그림 2.2(b))으로 여러가지의 色을 얻으려면 色材의 色으로 靑綠(cyan), 赤紫(Magenta) 및 黃色을 選擇하면 된다. 이것을 減法混色の 原色 또는 그림물감의 三原色이라 한다. 이 三原色에 있어서도 混色時에 重要한 것은 色材 自體의 色이 아니고 어떤 範圍의 波長의 光을 吸收하느냐이고 시안, 마젠타 및 黃色은 各各 負의 赤, 負의 綠 및 負의靑의 原色이다.

칼라寫眞, 多色印刷 등의 色再現法은 거의 모두가 減法混色の 應用이며, 칼라 텔레비전은 加法混色을 利用하고 있는 것이 큰 特徵이다.

2.1.3 加法混色の 法則

加法混色에서는 經驗的으로 다음의 法則이 成立한다.

(1) 3個의 獨立된 色의 混合에 依해서 任意의 色과 視覺的으로 同等한 色을 만들 수 있다. 여기서 獨立된 色이라는 것은 3個의 色 中 어느것이 라도 他의 2色의 混合으로 만들 수 없는 것을 意味한다. 어떤 色과 視覺的으로 同一한 色을 만드는 것을 等色이라 한다.

(2) 混合하여 얻은 色光의 測光量은 色光成分의 測光量의 和와 같다.

(3) 混色에 依해서 얻은 色 및 色 成分間에는 加法則, 減法則 및 交換法則이 成立한다. 即 加法混色을 記號+, 等色을 ≡로 또 色을 括弧內의 굵은 文字로 表示하면 以上 3가지 法則을 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$\begin{aligned} (A)+(B) &\equiv (P); (C)+(D) \equiv (Q)일 때 \\ (A) &\equiv (C), (B) \equiv (D)이면 (P) \equiv (Q), \\ (P) &\equiv (Q), (A) \equiv (C)이면 (B) \equiv (D), \\ (U) &\equiv (V), (V) \equiv (W)이면 (U) \equiv (W), \end{aligned}$$

이 式들은 測色學에 있어서의 色의 定量的인 取扱時에 基礎가 되는 重要한 法則이다.

2.1.4 表色

加法混色の 法則(1)에 依해서 任意의 色은 三原色을 適當히 混合하면 等色化 할 수 있으므로 于先 三原色을 規定한 後에 等色化에 必要한 三原色의 量을 가지고 그 色을 定義하여 表示할 수가 있다.

等色實驗에는 그림 2·3(a)와 같이 三色色彩計를 使用한다. 이 그림에서 I, II는 白色의 擴散反射面이고 I에는 三原色光(R), (G), (B)를 重疊하여 照射한다. 三原色의 光源에는 各各 減光器를 달았으며 三原色光의 強度를 各各 獨立的으로 調節할 수 있도록 되어있다. II에는 被測定色光(F)를 照射하고 反射面을 觀測望遠鏡으로 觀察한다. 가는 境界線으로 I, II로 區分된 2個의 視野가 等色이 되도록 三原色光源의 減光器를 調節하여 減光器의 눈금으로부터 三原色量을 求할 수 있다.

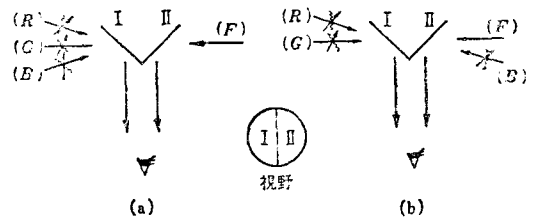


그림 2·3 三色色彩計에 依한 等色實驗의 原理

三原色의 單位量을 各各 (R), (G), (B)라 하고 色(F)와 等色시킬 때의 三原色量이 各各 R, G, B單位이면 色(F)는 다음式으로 表示된다.

$$(F) \equiv R(R) + G(G) + B(B)$$

이 式을 等色式이라 한다. 等色式은 兩邊의 色光이 等色임을 나타내는 數式이며 또한 色(F)를 定量的으로 表示하는 式이다. 括弧內의 굵은 文字는 어떤 定해진 分光組成을 가진 放射를 나타낸다.

大部分의 色에 對해서 그림 2·3(a)의 方法으로 等色이 可能하나 被測定光의 彩度가 높은 境遇에는 이 方法으로 三原色量을 아무리 調節하여도 等色이 되지 않는 境遇가 있다. 이 境遇에는 그림 2·3(b)와 같이 三原色의 1個 또는 2個

의 試料光側에 옮겨놓고 調節하면 等色시킬 수 있다. 지금 이 그림과 같은 狀態에서 等色이 되었다면 等色式은 $(F)+B(B)\equiv R(R)+G(G)$ 가 된다. 加法混色の 法則 (3)을 應用하여

$$(F)\equiv R(R)+G(G)-B(B)$$

로 쓸 수 있다. 어떤 原色の 負量을 混合한다는 것은 物理的으로 不可能하나 測色學에서는 上述한 意味의 負量의 混合을 生覺하고 있다.

지금 $(R), (G), (B)$ 를 3個의 空間座標軸에 있어서의 單位벡터로 놓고 R, G, B 를 그 軸上에 잡은 길이라고 하면 色은 三原色 座標空間內의 一點 또는 原點과 그點을 連結하는 벡터로 表示된다(그림 2·4). 等色시키는 데 必要한 三原色量

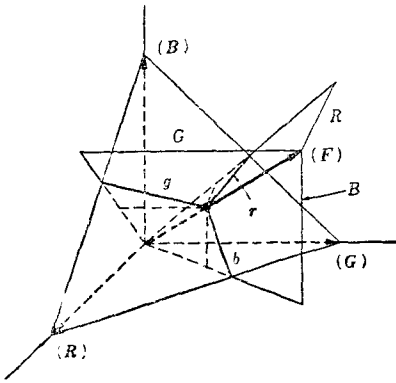


그림 2·4 三次元座標空間의 一點 또는 벡터에 依한 色의 表示.

R, G, B 를 그 色의 三刺激值라 한다. 色벡터의 길이는 色光의 強度에 依해서 定해지고 벡터의 方向이 色光의 心理物理的인 質一色度(心理量 Chromaticness에 對應함)을 나타낸다. 어떤 色의 色度は 그 色벡터가 單位平面 $R+G+B=1$ 을 貫通하는 點의 位置로 주어지며 三原色の 混合比가 같은 모든 色의 色度は 서로 같다.

2.2 CIE表色系

2.2.1 CIE의 RGB表色系

一般的으로 色光은 여러 種類의 波長의 光을 包含하고 있으나 色光을 單一波長의 光으로 分解하여 各各에 對한 三刺激值를 求하면 色光의 三刺激值는 加法混色の 法則(3)에 依해서 各波長成分의 三刺激值의 總和가 된다. 따라서 스펙

트럼色의 單位量에 對한 三刺激值를 알면 任意의 分光組成을 가진 色光의 三刺激值를 色彩計에 依한 等色實驗을 하지 않고 計算으로 求할 수 있다. 即 스펙트럼色의 單位量에 對한 三刺激值(스펙트럼三刺激值)의 確立이 表色系의 基礎가 되며 이것을 利用하여 普遍的, 客觀的인 表色이 可能하다.

CIE(Commission International de L'Eclairage, 國際照明委員會)에서는 三原色の 各各의 波長을 700nm(赤), 546.1 nm(綠) 및 435.8nm(靑)로 選定하고 많은 實驗結果로부터 標準觀測者에 對한 스펙트럼 三刺激值를 定하였다. 이 實驗은 各 스펙트럼色이 明順應視에 充分한 明度を 갖고 觀測視野는 2°이며 그 周邊을 暗暗하게한 條件에서 行하였다.

그림 2·5는 CIE의 RGB表色系의 스펙트럼 三刺激值曲線이다. 三刺激值는 파워에 比例하는 量이나 測色學에서는 單位로서 原色單位가 使用된다. 即 適當한 色光(基礎刺激)을 選定하여 이것을 等色시키는 데 必要한 三原色の 量을 各原色에 關한 刺激值의 單位로 한다. RGB表色系의 基礎刺激은 波長幅 1nm 當의 放射束이

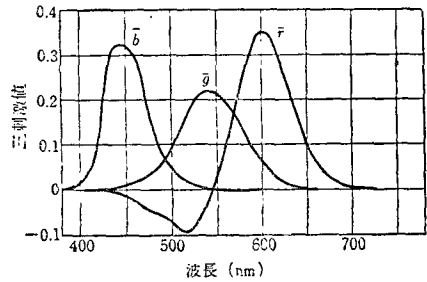


그림 2·5 CIE-RGB表色系의 스펙트럼 三刺激值 曲線

$\frac{1}{18.910}W$ 가 되는 에너지白色이다. 各原色에 對한 刺激值의 單位는 赤 : 243.9W, 綠 : 4.67W 靑 : 3.38W이다. 스펙트럼三刺激值曲線 $\bar{r}, \bar{g}, \bar{b}$ 에 依據한 表色系를 CIE의 RGB表色系라 하며 現在 널리 使用되고 있는 CIE標準表色系의 基礎가 된다.

分光組成이 $E(\lambda)[W/nm]$ 로 주어지는 任意의 色光의 三刺激值 R, G, B 는 다음式으로 表示된다.

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

또한 다음에 表示되는 式에서 r, g, b 를 色光의 RGB表色系의 色度座標, S 를 刺激和라 한다.

$$\left. \begin{aligned} r &= R/S, \quad g = G/S, \quad b = B/S \\ S &= R+G+B, \quad r+g+b=1 \end{aligned} \right\} \quad (2 \cdot 2)$$

色度座標는 RGB色空間에 있어서 그 色光을 나타내는 色벡터가 單位平面向貫通하는 點의 單位平面向上的 座標와 같다.

色度座標를 圖示한 것을 色度圖라 한다. 그림 2·6은 r, g 를 直角座標로 取한 色度圖이며 스펙트럼 色의 色度が 曲線으로 表示되어 있다. 이것을 스펙트럼軌跡이라 한다.

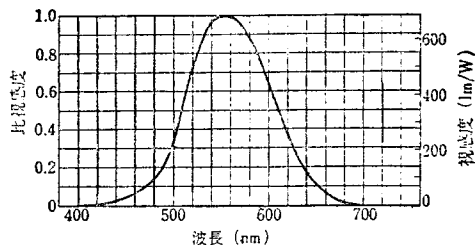


그림 2·7 標準比視感度曲線

에 各原色의 單位量의 視感度を 곱한 것의 和가 된다. 分光組成이 $[W/nm]$ 로 주어지며, 三刺激值의 R, G, B 色光의 光束은 다음 式으로 表示된다.

$$\left. \begin{aligned} L &= 680(L_R \cdot R + L_G \cdot G + L_B \cdot B) [lm] \\ L_R &= 1.0, \quad L_G = 4.5907, \quad L_B = 0.0601 \end{aligned} \right\} (2 \cdot 3)$$

여기서 L_R, L_G, L_B 는 三原色의 單位量의 測光量으로 視感度係數라고 稱한다.

2.2.2. 表色系의 變換

加法混色의 法則의 應用에 依해서 어떤 表色系에 關한 色光의 三刺激值로부터 다른 表色系의 三刺激值를 計算할 수 있다.

第2表色系의 三原色의 單位量(R_2, G_2, B_2) 및 基礎刺激(W_2)가 第1表色系에서의 色度座標 및 刺激和($r_R, g_R, b_R; S_R$), ($r_G, g_G, b_G; S_G$), ($r_B, g_B, b_B; S_B$) 및 ($r_w, g_w, b_w; S_w$)를 갖는다면 第1表色系에서의 三刺激值가 R_1, G_1, B_1 의 色光을 第2表色系에서 表色할 때의 三刺激值 R_2, G_2, B_2 는 다음 式으로 求할 수 있다.⁽¹⁾

$$\left. \begin{aligned} R_2 &= \frac{R_1 A_{11} - G_1 A_{21} + B_1 A_{31}}{S_w (r_w A_{11} - g_w A_{21} + b_w A_{31})} \\ G_2 &= \frac{-R_1 A_{12} + G_1 A_{22} - B_1 A_{32}}{S_w (-r_w A_{12} + g_w A_{22} - b_w A_{32})} \\ B_2 &= \frac{R_1 A_{13} - G_1 A_{23} + B_1 A_{33}}{S_w (r_w A_{13} - g_w A_{23} + b_w A_{33})} \end{aligned} \right\} (2 \cdot 4)$$

$$A = \begin{bmatrix} r_R & r_G & r_B \\ g_R & g_G & g_B \\ b_R & b_G & b_B \end{bmatrix}$$

但 A_{ij} 는 行列式 A 의 i 行 j 列의 小行列式이다. 即 三刺激值의 變換에 必要한 資料는 第1表色系에서 表示한 第2表色系의 三原色의 色度座標와 第2表色系의 基礎刺激의 三刺激值가 된다.

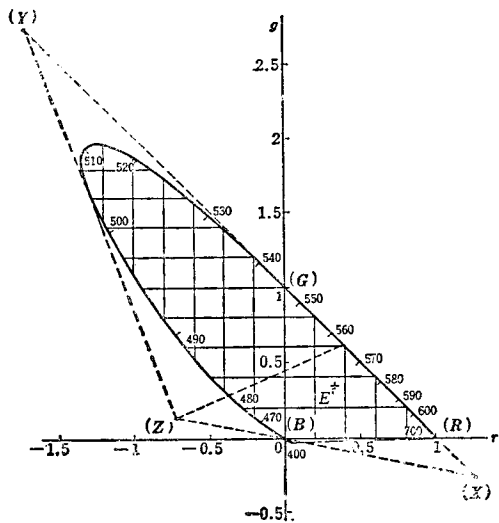


그림 2·6 RGB表色系의 r-g色度圖

다음에는 RGB系의 三刺激值와 測光量과의 關係를 生覺해 보기로 한다. 可視光線의 明도가 感覺에 주는 寄與는 波長에 따라 크게 差가 있다. 그림 2·7은 CIE가 定한 比視感度曲線이며 555nm에서 最大值 1.0이 되며 이 波長에서의 視感度は 680lm/W이다. 加法混色의 法則(2)에 依해서 混色의 測光量은 三原色의 測光量의 和와 같으므로 色光의 測光量은 三刺激值의 各各

2.3 色覺의 諸性質

2.3.1 明所視와 暗所視

CIE表色系는 光의 明度の 레벨을 網膜의 錐狀體가 作用하는 狀態(明所視, 輝度約 2cd/m² 以上)에서 測色視野를 2°로 制限하여 그 周邊을 어둡게하여 빛을 내는 것이 무엇인가 하는 視知覺이 생기지 않는 條件(開口色모우드)에서 等色實驗을 한 結果에 依해서 定한다. 다른 視知覺이 介入하는 一般的인 觀察條件에 있어서의 色知覺이 CIE表色系에 依한 表示와 꽤 差異가 지는 일도 勿論 있을 수 있으나 開口色모우드를 維持해도 觀測條件이 다르면 色感覺이 달라진다.

光의 強度가 前記의 값보다 낮으면 網膜의 錐狀體의 動作은 停止하고 杆狀體에 依해서 視覺의 狀態(暗所視)가 되어 色覺은 消失되고 視感度曲線도 明所視의 \bar{y} 와는 다른 것이 된다(그림 2.8). 暗所視의 最大視感度は 507nm에 있어서의 1746lm/W이다. 明所視와 暗所視의 中間狀態(薄明視)에서는 兩쪽의 受容器가 作用하고 比視感度は 兩曲線의 中間에 있는 것이 된다.

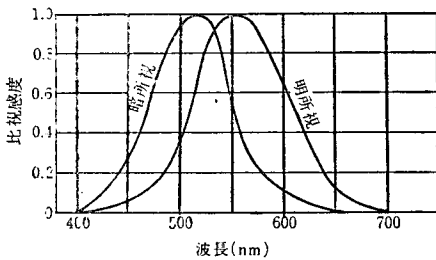


그림 2.8 明所視와 暗所視의 比視感度

2.3.2 10°視野에 있어서의 XYZ表色系

網膜上의 受容器의 分布는 均一하지 않고 網膜上의 位置에 따라 色에 對한 感應에 큰 差異가 있다. CIE表色系에 있어서 等色視野를 2°로 制限한 것은 純粹한 錐體視를 얻기 爲해서이며 2°視野에 依한 表色은 實際의 觀察狀態에 있어서 網膜이 動作하는 觀點에서 보아서 너무 좁다는 批判이 있었으나 보다 넓은 視野에 있어서의 測色實驗 및 이것에 依據한 表色에 關한 研究가

行하여 졌다. 이 結果를 使用하여 CIE는 1963年 總會에서 10°視野에 依한 表色系를 補助的으로 併行하여 採用할 것을 決定하고 從來의 XYZ系는 2°視野에 있어서의 表色系라 稱하고 視角이 1°~4°의 境遇에 適合한 것으로 하였다.

10°視野에 依한 CIE表色系의 三刺激值, 스펙트럼三刺激值等은 X_{10} , Y_{10} 等으로 表記하고 三刺激值의 計算法은 2°視野의 境遇와 꼭 같다. 그림 2.9 및 10은 10°視野에 있어서의 스펙트럼三刺激值 및 色度圖를 從來의 것과 比較하여 그린 것이다.

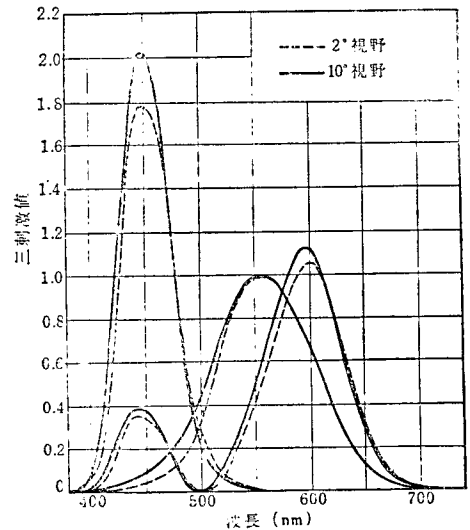


그림 2.9 10°視野에 있어서의 스펙트럼 三刺激值曲線

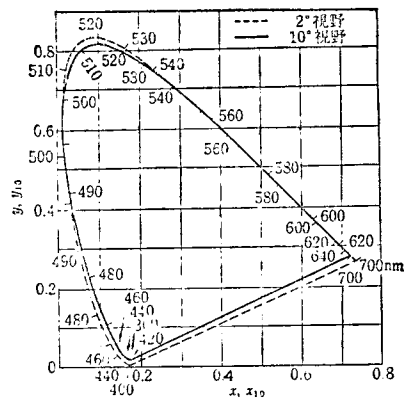


그림 2.10 10°視野에 있어서의 CIE色度圖

2

3.3. 色順應

눈의 感度는 入射하는 光이 弱할 때는 높아지고 強할 때는 低下한다. 눈이 視野의 輝度레벨에 適應하는 것을 輝度順應이라하며 視野內的 여러 가지 物件의 明度の 知覺은 輝度の 絶對值에 依해서가 아니고 平均輝度레벨과의 比較에 依해서 決定된다. 마찬가지로 눈이 入射하는 光의 分光 分布에 適應해서 色에 對한 感度を 바꾸는 것을 色順應이라고 한다.

白紙가 대낮에 屋外에서 보나 또는 夜間에 電燈 燈 밑에서 보나 거의 同一한 白色으로 보이는 것은 視野全體의 平均의인 照明光의 分光 分布에 依한 色順應에 依한 것으로 生覺된다.

이와 같이 照明이나 觀察條件이 바뀌어도 物體色이 그리 變해 보이지 않는 것을 色覺의 恒常性이라 한다.

同一한 橙色の 色종이를 빨간 色종이 바탕에 붙여 놓고 보면 黃色氣가 보이며 黃色종이와 나란히 놓고 보면 빨간氣가 보인다. 서로 接近해서 놓은 2가지의 色을 同時에 볼 때 2가지의 色の 相異가 強調되어 보이는 現象을 同時對比效果라 한다. 이것은 網膜上의 어떤 部分에 入射한 光의 分光 分布에 對한 色順應이 그 周邊에 影響을 주는 까닭이라고 生覺된다. 또한 時間的인 差를 두고 2가지의 色을 順次的으로 볼 때에도 같은 現象을 볼 수 있으며 이것을 繼時對比效果라 한다. 이것은 局部的인 色順應이 얼마동안 持續하는 것에 基因하며 所謂 負의 殘像도 같은 原因에 依한 것으로 生覺된다.

對比效果는 같은 程度의 크기의 2色相互間에 생기는 現象으로서 小面積의 色이 大面積의 다른 色으로 둘러싸여 있을 境遇에는 對比效果와 逆方向의 色變化가 생긴다. 이것을 同化效果라 한다.

人間의 日常의 色知覺은 主로 順應에 基因하는 恒常現象이나 對比效果, 同化效果 등이 겹치고 또한 다른 視知覺의 要素가 關與한 複雜한 것이다.

2·3·4 視力과 微小面積의 色覺

눈의 視力은 눈으로 보아서 區分할 수 있는

最小의 視標의 間隔의 視角을 分으로 表示한 것을 逆數로하여 表示한다. 人間의 視力의 平均은 1.0으로 알려져있으나 視力은 그림 2·11에 表示되어 있는 바와 같이 照度에 依해서 크게 左右된다. 單色光으로 視標를 照明할 境遇에도, 特히 어두운 境遇를 除外하고는 同一한 輝度레벨에 있어서의 視力에 色에 依한 差異는 느끼지 못한다. 그러나 一般的으로 彩도가 높은 色에서는 靑色系統은 어둡고 黃色系統은 밝다. 白色과 같은 彩도가 낮은 色에서는 그 成分의 輝度は 綠色이나 黃色은 높고 靑色은 낮다. 따라서 普通的 觀察條件에서 靑色 및 赤色成分에 對한 視力은 綠色이나 黃色成分에 對한 것보다 낮다.

또 輝도가 同一하고 色도가 다른 視標에 對한 視力은 黑白視標와 같이 輝度差가 있는 境遇에 比해서 작고 20~40%程度로 알려져 있다. 이 性質은 칼라·텔레비전에서 Mixed Highs方式 등에 利用되고 있다.

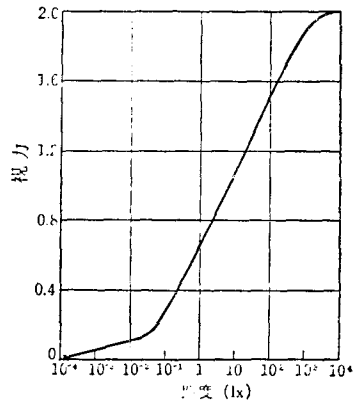


그림 2·11 視力과 照度

觀測視野가 標準值 2°보다 작을 境遇에도 色感覺의 差異를 느낄 수 있다. 이 差異는 視角이 數十分 程度일 때부터 느껴지기 始作하며 視角 2分の 色紙片이 chromaticness가 對應하는 色度は 그림 2·12와 같은 色度圖上에서 거의 一直線에 모여며 視角이 約 1分 以下가 되면 彩도가 거의 消失되어 無彩色으로 보인다. 이 性質은 칼라·텔레비전의 色差信號의 傳送帶幅幅의 決定에 利用되고 있다.

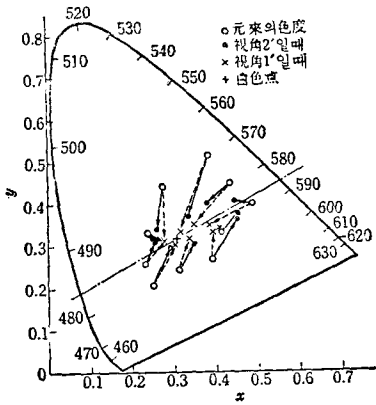


그림 2·12 微小面積의 色을 보았을 때의 Chromaticness

2·4 칼라·텔레비전系の 色彩論

2.4.1 測色學과 칼라·텔레비전

칼라受像機에서는 加法混色에 依해서 色再現을 하고 있으므로 2·1,2節에서 記述한 測色學의 方法이 그대로 應用되며 理論的으로 忠實한 色再現이 可能하다. 그러나 色知覺이 나타나는 境遇는 여러가지가 있으며 그 內容도 複雜하다. 測色學에서는 色이 나타나는 特殊한 一樣相을 取扱하는 것에 不過하다. 그러나 칼라·텔레비전의 目的은 아름다운 畫面을 얻는 것이고 반드시 忠實한 色再現이 理想的이라고는 할 수 없다. 事實上 칼라·텔레비전의 受像畫面에 依해서 받는 迫眞性은 그리 높지않고 色覺의 恒常性等이 생기기 어려운 點을 考慮하면 單純히 忠實한 色再現이 오히려 有害한 境遇도 있을 수 있다.

그러나 色覺의 心理的인 要素는 아직 이것을 칼라·텔레비전系の 設計에 利用할 수 있을 程度로 充分히 解明되어 있지 않고 또한 測色的으로 때 忠實하게 色을 再現할 수 없는 系에서 滿足한 畫面을 얻는 것은 不可能하다. 다시 말해서 칼라 텔레비전系를 測色學에 依해서 設計하는 것은 決코 充分한 條件은 아니나 적어도 必要한 條件으로 生覺된다.

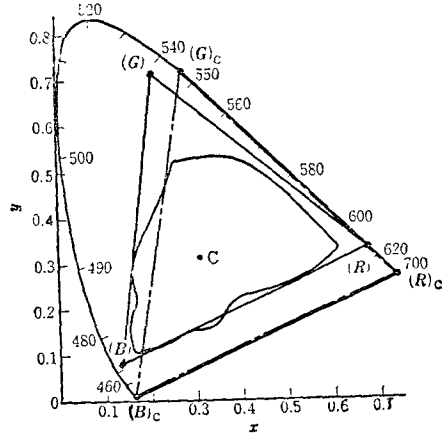
2.4.2 受像三原色

三原色の 正量加法混色으로 만들 수 있는 色

은 色度圖上에서 三原色の 色度點을 連結하는 三角形의 內側에 限한다. 色再現手段으로서는 이 色度域이 되도록 넓은 것이 要望되나 實際로 얻을수 있는 螢光體의 種類나 發光能率과 나타내기 쉬운 被寫體의 色度等을 考慮하여 適當한 妥協이 必要하다.

칼라·텔레비의 標準方式에서는 受像三原色 (R), (G), (B)의 色度を 다음과 같이 定하고 있다(그림 2·13).

$$\begin{aligned} (R) \begin{cases} x_R=0.67 \\ y_R=0.33 \end{cases} & \quad (G) \begin{cases} x_G=0.21 \\ y_G=0.71 \end{cases} \\ (B) \begin{cases} x_B=0.14 \\ y_B=0.08 \end{cases} & \quad (2.5) \end{aligned}$$



(R), (G), (B) : 受像三原色
(R)_c, (G)_c, (B)_c : CIE-RGB系의 三原色閉曲線은 色材의 色度域을 나타낸다.

그림 2·13 受像三原色과 再現色度域

CIE의 스펙트럼三原色에 依한 色度域과 比較하면 紫色系統의 再現範圍가 좁으나 實在하는 色材의 色度範圍에 比해서 受像三原色에 依한 色度域은 干先 充分하다고 生覺할 수 있다.

實際 칼라·텔레비의 受像管의 三原色은 使用하는 螢光體에 依해서 반드시 前記의 色度座標와 一致하고 있지 않다. 測色的으로는 이것에 依해서 當然히 色再現의 歪曲이 생기나 特別한 境遇를 除外하고는 큰 問題가 되고 있지 않다.

2.4.3 칼라·카메라의 撮像特性

그림 2·14는 칼라·텔레비系를 模型的으로 그린 것이다. 受像三原色の 單位量을 R, G, B

로서 다음의 等色式으로 나타낼 수 있다.

$$(F)_r \equiv R_r(R) + G_r(G) + B_r(B)$$

지금 對應하는 被寫體要素의 色(F)을 受像三原色을 三原色으로 選擇한 表色系에서 表示하면

$$(F) \equiv R(R) + G(G) + B(B)$$

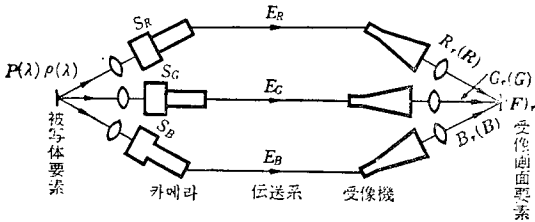


그림 2·14 칼라·텔레비전系の 模型圖

로 쓸수가 있다. 但 R, G, B는 表色系에 關한 (F)의 三刺激値이다. 色再現이 忠實하게 即 被寫體의 色(F)와 受像畫面의 色(F)_r의 色度가 같고 輝도가 比例關係에 있기 爲해서는

$$(F)_r \equiv c(F) \quad (c: 常數)$$

또는

$$R_r = cR, \quad G_r = cG, \quad B_r = cB \quad (2.6)$$

가 되어야 한다. 受像管의 入力信號와 發光量과의 關係를 비롯하여 全系統의 特性이 直線的이라면 受像管의 入力信號 即 카메라 出力信號 E_R, E_G, E_B가 被寫體要素의 受像三原色系에 關한 三刺激値에 比例하지 않으면 안된다.

카메라의 分光感度(攝像特性)를 S_R(λ), S_G(λ), S_B(λ)라고 하면 카메라 出力信號는 다음과 같다.

$$\left. \begin{aligned} E_R &= \int p(\lambda)\rho(\lambda)S_R(\lambda)d\lambda \\ E_G &= \int p(\lambda)\rho(\lambda)S_G(\lambda)d\lambda \\ E_B &= \int p(\lambda)\rho(\lambda)S_B(\lambda)d\lambda \end{aligned} \right\} (2.7)$$

但 p(λ), ρ(λ)는 照明光源의 分光組成 및 被寫體要素의 分光反射率이다.

지금 分光感度を 各各 이 表色系의 스펙트럼 三刺激値曲線 $\bar{r}_\lambda, \bar{g}_\lambda, \bar{b}_\lambda$ 에 比例하게 하였다면

$$\left. \begin{aligned} E_R &= \int p(\lambda)\rho(\lambda)k\cdot\bar{r}_\lambda d\lambda = k\cdot R \\ E_G &= \int p(\lambda)\rho(\lambda)k\cdot\bar{g}_\lambda d\lambda = k\cdot G \\ E_B &= \int p(\lambda)\rho(\lambda)k\cdot\bar{b}_\lambda d\lambda = k\cdot B \end{aligned} \right\} (2.8)$$

但 k=常數

가 되어 카메라의 出力信號는 任意의 p(λ), ρ(λ)

에 對해서 自動的으로 三刺激値에 比例하여 條件(2.6)式을 滿足하게 된다.

$$\text{即 } S_R = k\cdot\bar{r}, \quad S_G = k\cdot\bar{g}, \quad S_B = k\cdot\bar{b} \quad (2.9)$$

가 되며 實際의 境遇에 칼라·텔레비전系에서는 變換特性이 非直線的인 칼라受像管等의 素子가 使用되고 있으므로 이것을 補正하기 爲하여 카메라의 出力信號에 그 補正을 하나 攝像特性自身은 이것과 無關係하게 (2.9)式으로 定해진다

標準方式의 受像三原色은 (2.5)式으로 주어지고 또 標準光 c의 色度에 對하여 三原色信號를 等化하는 것이 定해져 있다. 이것은 測色學에서 보면 表色系의 三原色과 基礎刺激을 定하는 것에 지나지 않는다. 따라서 이 表色系에 依한 三刺激値은 (2.4)式을 使用하여 XYZ系의 三刺激値로부터 變換할 수가 있다. 基礎刺激은 色度座標만이 定해져 있으므로 便宜上 Y의 값을 1.0로 하고 基礎刺激値를 X_w=0.9804, Y_w=1.000, Z_w=1.1812로 놓고 三刺激値의 變換式을 求하면 다음과 같다.

$$\left. \begin{aligned} R &= 1.9106X - 0.5326Y - 0.2883Z \\ G &= -0.9843X + 1.9984Y - 0.0283Z \\ B &= 0.0584X - 0.1185Y + 0.8985Z \end{aligned} \right\} (2.10)$$

또 逆變換은 다음式으로 주어진다.

$$\left. \begin{aligned} X &= 0.6067R + 0.1736G + 0.2001B \\ Y &= 0.2988R + 0.5868G + 0.1144B \\ Z &= 0.0661G + 1.1150B \end{aligned} \right\} (2.11)$$

(2.10)式의 右邊에 $\bar{x}_\lambda, \bar{y}_\lambda, \bar{z}_\lambda$ 의 값을 代入하면 이 表色系의 스펙트럼 三刺激値曲線(그림 2·15)을 얻으며 이것은 또한 칼라·TV用카메라의 理想的인 攝像特性이다.

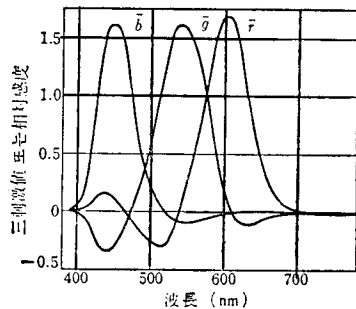
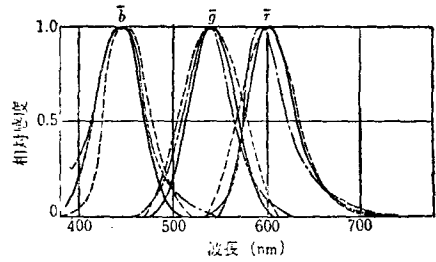


그림 2·15 受像三原色表色系의 스펙트럼 三刺激値曲線, 即 칼라·카메라의 理想的인 攝像特性.

칼라·카메라로 負의 分光感度を 만드는 것은 困難하므로 實際로는 그림 2·16과 같이 近似的인 設計를 하고 있다. 負의 部分을 省略함으로서 生기는 色再現時의 歪曲은 普通問題가 될 程度로 큰 誤이 되지 않는다. [계속]



參考文獻

1) W.T. Wintringham: Color Television and Colorimetry, Proc. IRE, 39, 1951.

그림 2·16 攝像特性의 實例(破線은 理想特性의 正의 部分을 表示한다).

原 稿 募 集

다음 號의 原稿를 아래의 같이 募集하오니 많이 投稿하여 주시기 바랍니다.

- (1) 內容 : 報告, 最新技術解說, 세미나抄錄, 技術講座, 技術展望, 海外論文紹介, 圖書紹介, 施設紹介, 特許紹介, 新規格紹介, 會員動靜 等.
- (2) 投稿要領 : 本誌投稿要領 參照.
- (3) 期日 : 1975年 1月 30日 限.
- (4) 送付處 : 서울特別市 鍾路區 新門路 1街 24番地. 高麗빌딩 506號室 大韓電子工學會(電話 75-5979) 우편번호 110.
- (5) 本誌에 關한 問議處 :
 - (가) 本學會 事務室(電話 75-5979)
 - (나) 高麗大學校 理工大 電子工學科
金惠鎮 教授(電話 (交) 94-9341~9)
 - (다) 延世大學校 理工大 電子工學科
朴圭泰 教授(電話 33-0131)
 - (라) 原子力研究所 計測制御研究室
朴寅用 室長(電話 96-5081~5)
 - (마) 서울大學校 工大 工業教育學科
李忠雄 教授(電話 96-0041~5)