

# CCD Camera 之彩色處理及應用

The Color Processing and Application of CCD Camera

陳君彥

Chun-Yen Chen

工研院光電所課長

李志君

工研院光電所

## CCD Camera 之彩色處理及應用

陳君彥 李志君  
工研院光電所

### 摘要

CCD Camera 的產品形態由類比逐步進入數位時代：攝影機、機器視覺、數位相機、數位攝影機、數位機器視覺。彩色處理的功能及重要性也再逐步提昇中。CCD Camera面對的是複雜的取像環境，從自然景物到各式各樣的景物，從光亮環境到灰暗環境，或從自然光到辦公室日光燈、景物的特性、光源的種類及光線的強弱，這些外在複雜的取像條件及變因往往讓使用者無法得到相當一致的影像品質，如在鎢絲燈下拍攝的影像，將產生偏黃、偏紅效果的影像；在辦公室的日光燈下將產生偏綠、偏藍效果的影像。此外，每個CCD Camera 特性也不同，必須個別做校正。CCDCamera的校正包含量暗、線性、色度、光源（偏色照明）等校正。在各種不同光源條件下的校正色彩誤差值（ $\Delta E^*ab$ ）都能有效地控制在 $\Delta E^*ab$ 小於8以下，在影像多媒体方面之應用已足夠；ICC格式能讓使用者很容易獲得相當不錯的影像品質。在工業機器視覺之方面，在特定目標下，能有效地控制在 $\Delta E^*ab$ 小於8以下。

### Abstract

Various kinds of CCD camera products appear in the world year by year, such like camcorder, machine vision, digital camera, digital camcorder, and digital machine vision. So the function of color processing and its importance has prompted. However, the image-retrieving environment is so complicated, such like from a nature object to a variety of objects, from a light environment to a dark environment, or from a nature light to a daylight in office, the properties of objects, and the varieties of light sources and light intensities. These complex external image-retrieving environments let users can not get an accordant image quality. Such under a tungsten lamp, the image appears yellowish and reddish; under daylight in office, the image becomes greenish and bluish. In addition, the respective property of CCD cameras is also different that needs to be calibrated respectively. The CCD camera calibration includes the verification of luminance, linearity, color, and light source. Generally, it is enough for multimedia applications that the calibrated color difference ( $\Delta E^*ab$ ) under 8, and the format of ICC can also let users easily to get a fair image quality. In the industry machine vision, and under a specified objective, the value of  $\Delta E^*ab$  can also be effectively controlled less than 8.

## 一、前言

隨著多媒體應用的快速成長，數位攝影機(相機)DSC/DVC(Digital Video CamCoder) 已漸漸地流行，並成為取像系統的重要設備之一，以工程上而言，他是一個CCD Camera的變身。事實上，CCD Camera 早就已經被廣泛使用，只是很多人都沒注意到而已。CCD Camera 的產品形態由類比逐步進入數位時代：攝影機、機器視覺、數位相機、數位攝影機、數位機器視覺。彩色處理的功能及重要性也再逐步提昇中。CCD Camera面對的是複雜的取像環境，從自然景物到各式各樣的景物，從光亮環境到灰暗環境，或從自然光到辦公室日光燈、景物的特性、光源的種類及光線的強弱，這些外在複雜的取像條件及變因往往讓使用者無法得到相當一致的影像品質，如在鎢絲燈下拍攝的影像，將產生偏黃、偏紅效果的影像；在辦公室的日光燈下將產生偏綠、偏藍效果的影像。此外，每個CCD Camera 特性也不同，必須個別做校正。在影像多媒体方面及在工業機器視覺之方面之應用，均面臨了相同的技術問題。

## 二、CCD Camera彩色處理

因此，如何控制光源變因對CCD Camera 取像品質的影響程度，將是DSC/DVC 數位相機 (攝影機)色彩校正中的一個重要課題。為了解說方便，將儘量用DSC/DVC 來說明彩色處理技術。其概念如圖1所示，原始影像在source 1的光源環境下以DSC/DVC取像，然後將資料傳送到CRT 上顯示出來，而CRT 亦具有不同的觀測光源環境 (source 2)，若該影像需再由printer 印出來，則亦可能在另一種光源條件(source 3)下做觀測。因此，綜合以上影像處理及觀測的過程中，可能已包含兩種以上不同光源的變因存在。而這些光源不一致的變因，也將影響到整個校正過程中的影像處理及評估的標準。

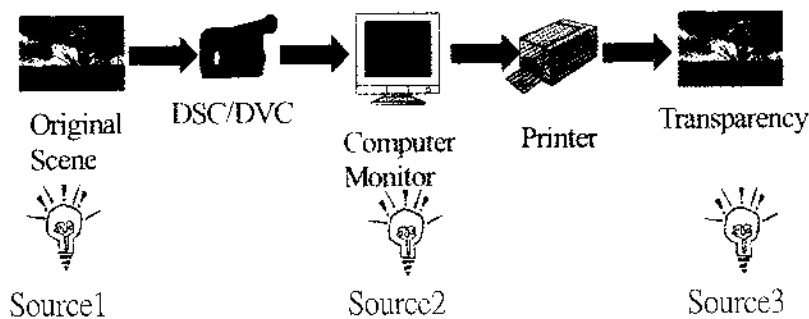


圖1、多光源變因的影像處理

針對數位攝影機(相機)取像系統，在不同光源環境下的色彩演譯(Color Rendring) 特性作研究，其目標乃希望數位攝影機(相機)在不同光源環境下，都能得

到相當一致的色彩影像品質，而不因光源環境的變異而產生影像色彩的偏差，其概念如圖2所示：

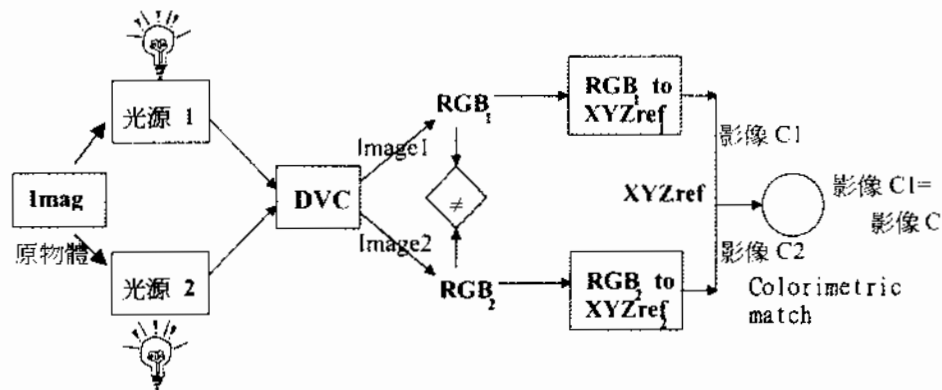


圖2、數位攝影機(相機)色彩演譯概念圖

圖2中相同的Image 在不同光源環境下，由DVC取像而得到兩組不同的影像 (Image1&Image2)R、G、B組合( $RGB_1$ 、 $RGB_2$ )，然後經本技術作色彩演譯處理，將這兩組影像的R、G、B資料轉譯到具有相同光源條件的標準Color Space(如XYZ，sRGB)。其最終目標一方面乃希望在人眼的評量下，兩張處理過的影像(影像C1和影像C2)可獲得一致的色彩表現，此亦既所謂的Visual Matching。另一方面，希望平均色彩校正誤差在CIE 1976  $L^*a^*b^*$  色度空間上，能控制在 $\Delta E^*ab$ 小於8.0以下。

影像輸入系統的主要影響因素包括如CCD Camera的Sensor特性及Light Source(光源)的特性，不同的特性曲線"看"的色彩也必然不同。彩色處理的目的就是如何去校正這兩項因素的影響，甚至提供一個更好、更漂亮的影像。

數位影像產品是以RGB為色彩空間系統，色度系統是以XYZ三刺激值為色彩空間系統。兩者需有一正確的处理關係。即必須定義出RGB色彩空間到CIE XYZ色彩空間的轉換關係，而這個關係我們以一個矩陣來描述，當我得到一組RGB數值，只要這個矩陣便可得到其所對應的CIE XYZ數值：

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.4124 & 0.3576 & 0.1805 \\ 0.2126 & 0.7152 & 0.0721 \\ 0.0192 & 0.1192 & 0.9505 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

有兩種主要方法可以求得DSC/DVC的RGB到XYZ數值的轉換矩陣：色度性色彩重現、頻譜性色彩重現。此外，由於人眼視覺的非線性特性，在做色度矩陣處理前，應先執行灰階保持平衡處理。

## 2.1、色度性色彩重現技術

所謂色度性色彩重現乃希望原稿能與複製稿的色彩能有最相近的CIE XYZ or CIE

L\*a\*b\*值，而CIE XYZ的計算(如圖3所示)乃需由光源、物質反射率及人眼的Color-Matching Function 推算而得。因此固定的Color-Matching Function配合不同的光源及不同的物質反射率的組合，便有可能產生相同的CIE XYZ值，此種不同物質反射率在某種光源下會有相同色彩，而在另一光源下會呈現不同色彩的現象稱之為"Metamerism"。因此色度性色彩重視技術往往需要在特定光源下作色彩轉換，因此便常衍生出色彩轉換程序中光源不一致的現象或參考白不知如何設定的問題。

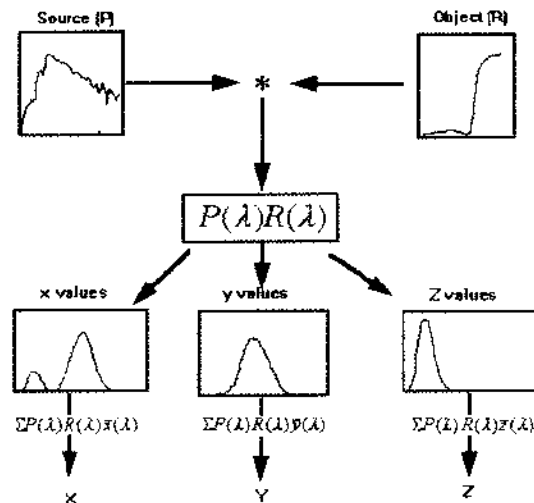


圖3、CIE XYZ 計算程序圖

因此若以色度性色彩重現技術應用在數位攝影機(相機)適應性光源色彩校正系統中，便需分別在不同光源條件下建立個別的校正轉換模式。其校正過程如下：

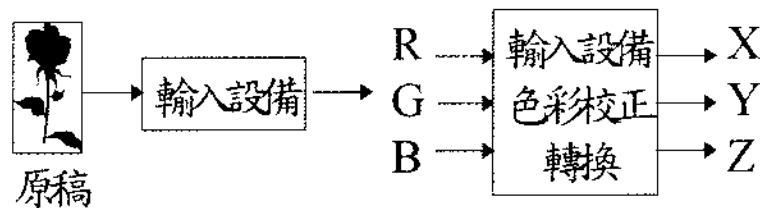


圖4、數位攝影機(相機)色彩校正模式

此轉換模式的前題要求乃假設RGB到CIE XYZ的轉換乃線性關係，因此數位攝影機(相機)在某光源下的取像RGB值將與量測的XYZ值具有如下之數學關係：

$$\begin{bmatrix} X_e \\ Y_e \\ Z_e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} M_{11} & M_{12} & M_{13} \\ M_{21} & M_{22} & M_{23} \\ M_{31} & M_{32} & M_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

其中R、G、B為數位攝影機(相機)在某光源下的取像值；

$m_{ij} \sim m_{ji}$  :  $3 \times n$  矩陣係數

而為估測的CIEXYZ值。

假設X、Y、Z為量測之CIEXYZ值則色度性色彩校正的目標乃希望在色度(XYZ)上達到一致的效果，因此在數學演算上需求得一組轉換矩陣  $M_{3 \times 3}$  使得  $\Delta X = X - X_e$ ;  $\Delta Y = Y - Y_e$ ;  $\Delta Z = Z - Z_e$  的誤差為最小。此轉換矩陣參數的求法一般常見為多變數線性迴歸分析方式或最佳化估測方式。

## 2.2、頻譜性色彩重現技術

所謂頻譜性色彩重現乃希望原稿與複製稿色彩能有最相近的物體頻譜特性曲線。在色彩重現過程中，只要能獲得物體的頻譜特性，便可再配合所需的光源及感測器（人眼或CCD）的頻譜特性，而推導出物體色彩的CIEXYZ值。其轉換公式如下：

$$S_k = \int E_\lambda R_\lambda V_{\lambda k} d_\lambda \quad k \in X, Y, Z$$

其中  $S_k$  是三刺激值

$E_\lambda$  是光源的頻譜分佈

$R_\lambda$  是物體的反射率

$V_{\lambda k}$  是人眼的頻譜響應

在CCD的頻譜特性量測系統中，Seung OK Park等提出一套Image Sensor Devices的量測系統，其架構如下：

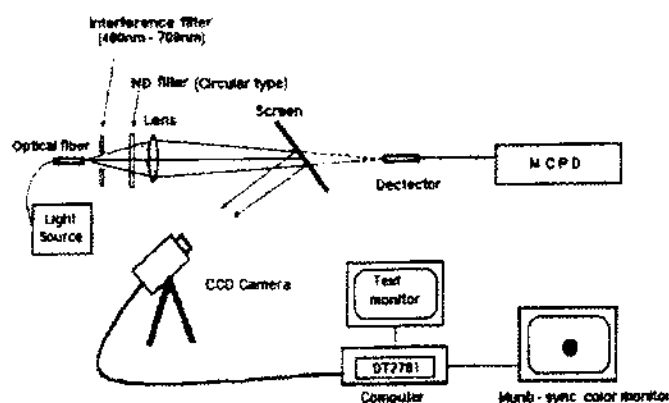


圖5、CCD Spectral sensitivity 量測系統

此架構主要分為二部分，一為光學系統部分：產生單色光及使光源限制在400nm到700nm頻譜範圍內，並以Neutral density (ND) filter控制每一單色光強度。二為色彩影像擷取部分：擷取光訊號將其轉換為數位電子訊號，及轉換到CIEXYZ值並顯

示色彩於電腦螢幕上。

此量測系統實驗乃以3000K的Plankjan radiator為其單色光相對強度的參考白，並分別以0.8、0.6、0.4和0.2的照射強度重覆進行實驗，以求取CCD的gamma值。

算出其各個Sensor的gamma值( $r_i$ )便可求得CCD Sensor的頻譜響應曲線圖。其實驗結果所得之CCD Sensor頻譜響應圖如圖6所示。

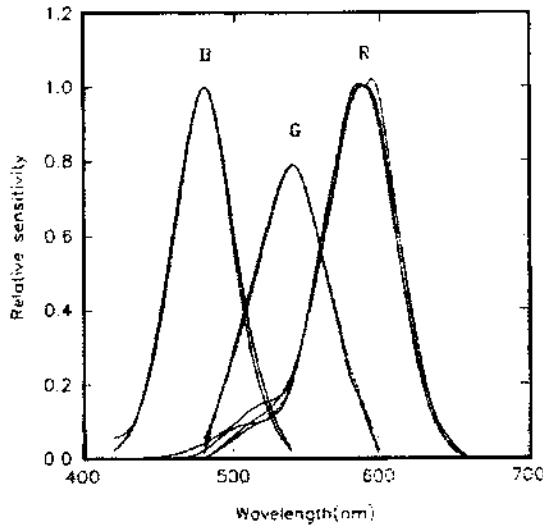


圖6、CCD Sensor的頻譜響應曲線圖

由以上之方法描述過程中，可瞭解此方法可容易求得CCD的頻譜響應，但推算過程中必須符合其兩個假設條件，(1)物體反射率( $R_\lambda$ )需為1，即全反射；(2)光源需為很純之單頻光其強度設為1，即 $\delta(\lambda - \lambda')=1$ ，當 $\lambda = \lambda'$ 。但此二個假設條件可能很難在一般實驗中達到，因此，必然會造成某程度的估測誤差。

Seung OK Park乃著重於如何建立CCD 元件 R、G、B輸出訊號的頻譜響應特性曲線，其並未考慮到在實際應用上CCD Camera取像鏡頭的光學效應。在這一方面，Paul M. Hubel提出一些Sensor頻譜響應的估測方法比較，在其Sensor頻譜響應的估測實驗架構中，將Camera取像鏡頭到CCD元件 的輸出訊號視為黑盒子而直接估測CCD Camera輸出訊號的頻譜響應特性曲線。其實驗架構如圖7所示：

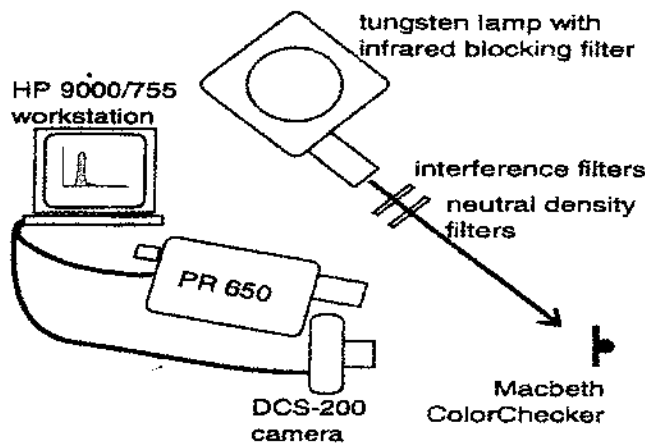


圖7、CCD Camera Spectral sensitivity 量測系統

在色彩轉換系統中，乃根據此量測之R、G、B資料及頻譜分佈資料再利用估測理論以建立CCD感測之R、G、B訊號到頻譜響應的轉換關係。

### 2.3 DVC灰階平衡轉換

人眼視覺對灰階差異性的感測能力，往往比一般顏色變化的感測力來得敏感，於色彩校正過程中，若未能保持影像中灰階部份的應有特性（ $R=G=B$ ）而造成灰階影像的色偏（ $R \neq G \neq B$ ）現象，則此對校正影像品質及效果的影響，將遠大於在色相(Hue)上所產生的偏差效果。因此灰階保持平衡將是色彩校正處理程序上的一個重要技巧，以下將針對灰階平衡的目的及可能處理方式作一描述。則此對校正影像品質及效果的影響，將遠大於在色相(Hue)上所產生的偏差效果。

灰階是指當 $R=G=B=Y$ 的顏色而言，而灰階平衡（Gray Balance）是指當灰階（ $R=G=B$ ）色塊，經DVC或其它Input Device 取像後，其輸出影像的灰階值仍能保持 $R=G=B$ 且與實際亮度成等量線性變化關係的特性。一般而言，由於輸入設備的光學設計及CCD感應特性等因素，取像的RGB值與量測（實際）亮度值為非線性關係，如圖8所示為Measured XYZ 與DVC Output RGB的關係圖。

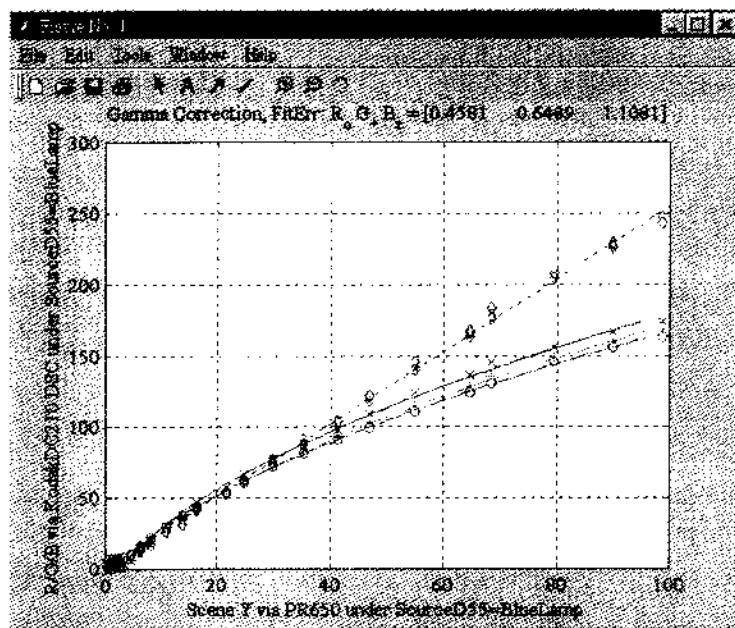


圖8、Kodak DC-210數位攝影機(相機)的Gamma特性曲線圖

由圖10可知，兩者的關係具有一個Gamma的次方關係。因此灰階平衡的目標乃希望將彩色輸入設備（Input Device）的取像RGB值與量測（實際）亮度值（XYZ）的非線性關係轉換到較線性的關係，而此轉換的模式一般常以三個1-D LUT(Look Up Table)的方式來達成，其方法描述如下：

A、建立灰階平衡的三個1-D LUT。首先乃以灰階（ $R=G=B$ ）的測試色塊（如IT8.7/2的22個灰階或Macbeth的6個灰階）來建立取像RGB值與量測亮度值的關係曲線



(Gamma Curve)。如圖所示乃以IT8.7/2上的22個灰階色塊作測試，經Kodak DC-210數位攝影機(相機)取景及Photo Research PR-650量測其灰階的XYZ值，然後畫出此22個灰階的取景RGB值與量測XYZ的關係曲線圖。

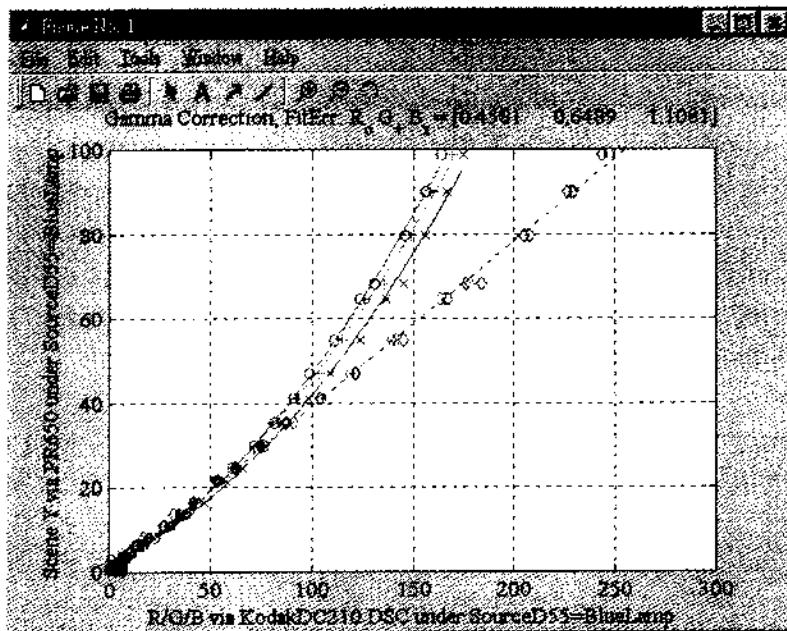


圖9、一維Look Up Table的特性曲線圖

B、利用此取景RGB與量測亮度值的關係資料來建立取景的R到量測亮度值的轉換Table (1-D LUT)；同理，取景的G、B到量測亮度值的轉換Table (1-D LUT) 也可建立。然後利用此三個1-D LUT便可將取景的RGB資料轉換到與量測亮度值成線性關係的R、G、B值 ( $Y_R$ 、 $Y_G$ 、 $Y_B$ )。綜合以上描述，可將此灰階平衡轉換關係圖表示如圖10：

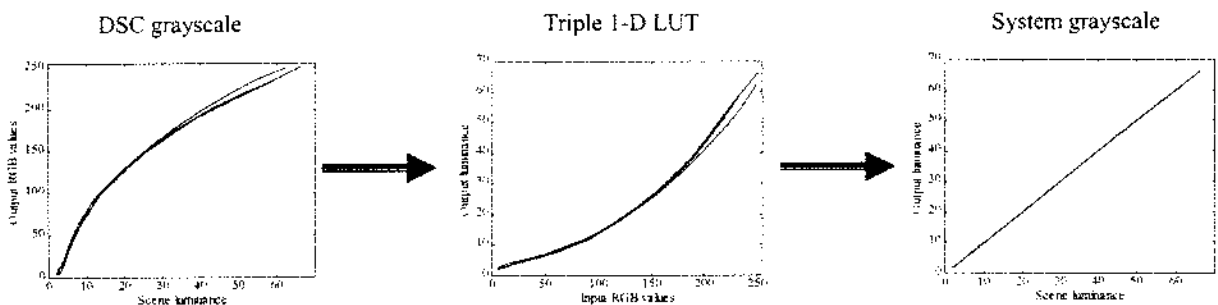


圖10、數位攝影機(相機)灰階平衡轉換的關係圖

## 2.4 色彩再生與對色

以目前的工業環境而言，影像檔資料最好能在不同的媒體設備間傳送運用，甚至傳真複印；如此則不需要再掃描多次，而且每家公司也不可能有相同的設備、相

同的技術人員。儘管人們有色彩再生的需求，但以目前的桌上出版系統(desktop publishing system)而言，其在色彩再生的品質上，仍有很大的改善空間。

整個色彩再生對色技術架構如圖11 所示，它主要包含了彩色輸出入設備特性分

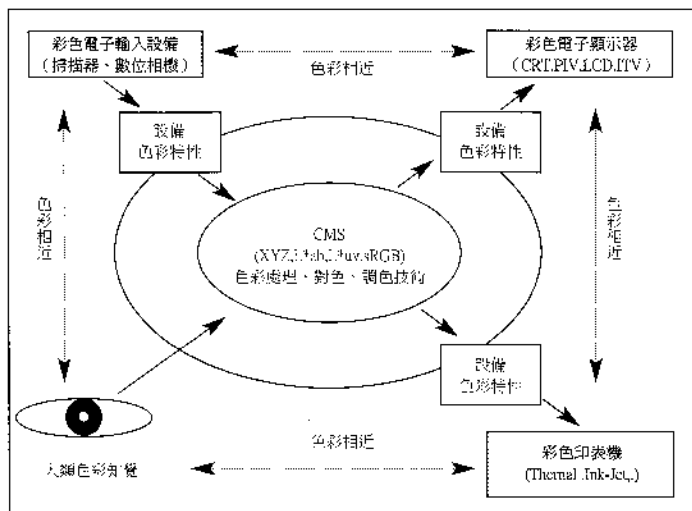


圖11 色彩再生對色系統技術架構

析技術(Device Characterization)及對色技術(Color Matching，有的稱為Color Rendering)。藉由彩色輸入設備的特性分析，建立了彩色輸出入設備色彩表示值(如掃描器的RGB值，彩色監視器的RGB值，彩色列印機的CMYK值等)與色度座標系統間的轉換關係以及其色域(Color Gamut，即彩色輸出入設備能表現的在色度空間的區域)。藉由此一轉換，各個彩色週邊對於色彩的表示，透過色度系統得以相互溝通。在目前資訊化時代的色彩管理系統中，設備製造商提供描述設備特性之特性檔案(Profile)，彩色處理系統根據Profile作影像之色彩轉換來做色彩再生（如圖12所示）。

所以彩色週邊特性分析技術極為重要，由字面的意思便可了解此一技術與彩色週邊設備的色彩產生方式有著密切關係。因此，此一技術的水準便可反應在週邊設備的色彩偵測或製造的準確性。一般是用 $\Delta E^*ab$ 或 $\Delta E^*uv$  (分別為CIE  $L^*ab$ 及 $L^*uv$ 色空間的色差)色差來表示。即色彩轉換，如掃描器的RGB轉到XYZ色度值的誤差。常見的評估方式是用一組色彩作為樣本，以其計算轉換值與實際量測值之間的平均或最大色差來表示。

影像原稿/物

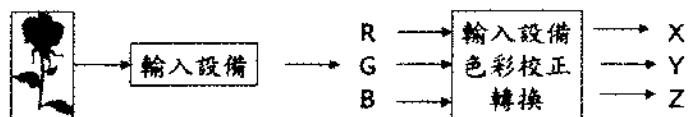
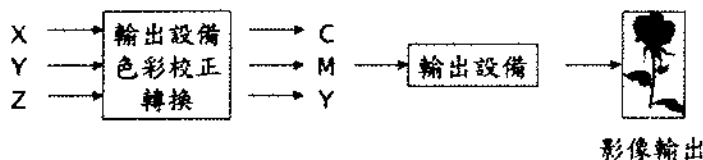


圖12 提供設備之色彩特性描述檔案(Profile)之色彩校正轉換



影像輸出

ICC是建立一個特性檔案的連接空間(Profile Connection Space)，同時要求各輸出、輸入裝置有統一的設備特性檔格式，依此來達到色彩校正，對色的統一性（如圖13所示）。在ICC格式下，影像可以互傳，在不同廠牌設備，不同媒體下，都能有較好的色彩再生。

### 跨媒体色彩修正、對色技術(ICC, sRGB)

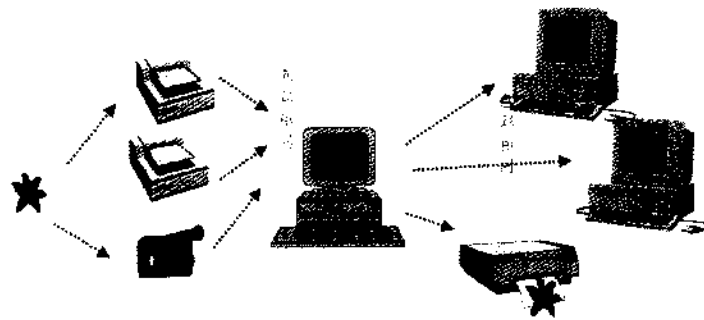


圖13 ICC建立一個特性檔案的連接空間，要求各輸出、輸入裝置有統一的特性檔格式

### 三、影像光源色溫轉換

光源是色彩形成的重要成份之一，因此光源特性在色彩校正處理程序上，往往扮演著一個重要的角色，尤其當光源本身即具有顏色時，對色彩的外觀現象將有更直接的影響，如鎢絲燈（Tungsten Lamps）本身的頻譜特性主要分佈在長波長部份，故其光源顏色具有偏黃、偏紅的現象。因此紅色或黃色的物體在此光源下，將看起來色彩更飽和，而藍色物體在此光源下，看起來將較不具有色澤（less colorful）。但於校正程序中，往往會將紅色或黃色的色彩認定是在Tungsten Lamp 下光源所產生的偏色效果，因此會將紅色、黃色部份往白色方向做色偏校正，因而校正影像會有原物質的紅、黃色彩不夠飽和的現象。每一種光源皆具有自己的頻譜特性，而此特性也將使物體呈現出不同的色彩效果。

物體的光譜反射率 $R(\lambda)$ 與光源的相對光譜能量分佈 $S(\lambda)$ 的乘積即產生物體的色彩刺激函數 $E(\lambda)=R(\lambda)S(\lambda)$ ，當相同的物體 $R(\lambda)$ ，在不同的光源環境 $S(\lambda)$ 下，其所產生的色彩刺激函數 $E(\lambda)$ 便可能會有所差異。如圖（見第339頁圖54）所示乃以IT8.7/2標準色稿上的130個色塊作測試，且在D65、D50及Tungsten Lamp光源下取像，然後分別將各光源的取像色塊的色度值(x, y)在CIE 1931色度座標圖上標示出來。由色度座標圖可瞭解相同的物質反射率，其色外貌的顯現將會因光源的參考白色度座標的不同，而產生整個色貌的偏移現象。因此在Camera CCD Sensor 或人眼的感受也將產生效果不同的色彩表現。

DVC光源適應性色彩演譯系統的主要目標乃希望將在不同光源下拍攝的影像色彩效果轉換到期望光源(如D65、D50)下的取像色彩效果，即光源色溫轉換。如將Tungstem Lamp下取像的偏黃、偏紅影像轉譯到一般正常光源(Day light)下的色彩效果。

想要對影像做正確的色溫轉換，首先必須正確的估算影像的色溫。在這次程式撰寫，我們採用的色溫估算法是-----X,Y,Z最大值法，也就是先將整張圖每一點R,G,B轉到X,Y,Z（由於先前的影像校正，最後是將XYZ轉到RGB，所以在這個地方，所採用的R,G,B轉到X,Y,Z的方式是標準的sRGB轉XYZ），然後分別求出X，Y，Z的最大值，以這三個數值作為估算影像色溫的參數。接著再將X,Y,Z轉換成x,y 而換算公式為：

$$x = \frac{X}{X+Y+Z}$$

$$y = \frac{Y}{X+Y+Z}$$

於是，便可透過McCamy所提出由色度座標x,y求相關色溫（T）的簡便計算方法（McCamy,1992）公式為：

$$T = -437n^3 + 3601n^2 - 6861n + 5514.31$$

其中

$$n = (x - 0.3320) / (y - 0.1858)$$

如此便可估算出影像的色溫。求得估算影像色溫的XYZ值後，我們再配合一組已知的光源或色溫的X、Y、Z值（如D50的X、Y、Z值為96.42、100.00、82.49），帶入Von-Kries色溫轉換公式：

$$\frac{X_A}{X_{AW}} = \frac{X_{D50}}{X_{D50,W}} \quad \frac{Y_A}{Y_{AW}} = \frac{Y_{D50}}{Y_{D50,W}}$$

$$\frac{Z_A}{Z_{AW}} = \frac{Z_{D50}}{Z_{D50,W}}$$

其中  $X_{AW}, Y_{AW}, Z_{AW}$  為影像中所估計的光源三刺激值

$X_A, Y_A, Z_A$  為影像中所要轉換的原始三刺激值

$X_{D50,W}, Y_{D50,W}, Z_{D50,W}$  為所欲轉換的目標光源三刺激值(此處以D50光源為例)

$X_{D50}, Y_{D50}, Z_{D50}$  為所欲轉換的目標三刺激值

如此便可以將影像轉換到任何一個標準色溫下。其中表2為針對Kodak DC-210的校正結果。

表1、標準光源的三刺激值

標準光源	三刺激值		
	X	Y	Z
A	109.85	100.00	35.58
B	99.09	100.00	85.31
C	98.07	100.00	118.23
D50	5096.42	100.00	82.49
D55	5595.68	100.00	92.14
D65	6595.04	100.00	108.89
D75	7594.96	100.00	22.61

表2、光源適應性色彩校正結果誤差( $\Delta E^*_{uv}$ )

Transformation Method	誤差( $\Delta E^*_{uv}$ )
Illumination	
鎢絲燈(A)	Mean = 6.14, Max = 11.88, Min = 0.47
藍燈泡(D55)	Mean = 8.57, Max = 18.96, Min = 0.97
翻拍燈(B)	Mean = 4.75, Max = 13.36, Min = 0.37

Device : Kodak DC-210

#### 四、彩色影像品質

彩色技術的最主要目標乃是希望能將原始影像真實且忠實地呈現？事實並不只如此，彩色影像品質的目標品是所想即所得What You Want is What You Get。彩色影像品質的好壞由很多因素來決定，如色平衡Color Balance、色域Color Gamut and Saturation、色雜訊、Color Noise、演色性(色彩重現度)Color Rendition、向量色差Color Vector Difference、動態範圍Dynamic Range、MTF 解像力Modulation Transfer Function、喜好色調Preference Color、訊雜比Signal to Noise Ratio、暈暗度Shading Vignetting、銳利度Sharpness、均勻度Uniformity、漫散光Veiling Flare、白平衡White

Balanc等。彩色影像品質評比，除了在暗房進行外，最好也在一般日常觀測環境進行。

品質評估目前在工程上的方式，雷達圖是不錯的方法之一。以色彩重現度為例，一般我們評估色彩輸出入設備的好壞均是以 $\Delta E_{ab}$ 來表示。利用數位相機拍攝到的IT8測試稿A、C、D.....十二個色相角的Lab數值，以及量測到IT8測試稿的標準Lab值，便可推算出儀器在十二個色相角上的顯色特性。（見第339頁圖55）

但人有喜好色的視覺本質，人眼對色彩的喜好，一般乃偏向於飽和度較高的影像色彩，因此若能調整影像色調，則將有助於色彩品質的提昇，此時則須轉以喜好色度為標準。

## 五、CCD Camera彩色處理應用

CCD Camera彩色處理技術的應用市場相當廣。以目前而言可以分為資訊工業、印刷工業、紡織工業、機器視覺，以及其它如生化、環保、塑膠等工業。各產業相關的產品如圖14所示：

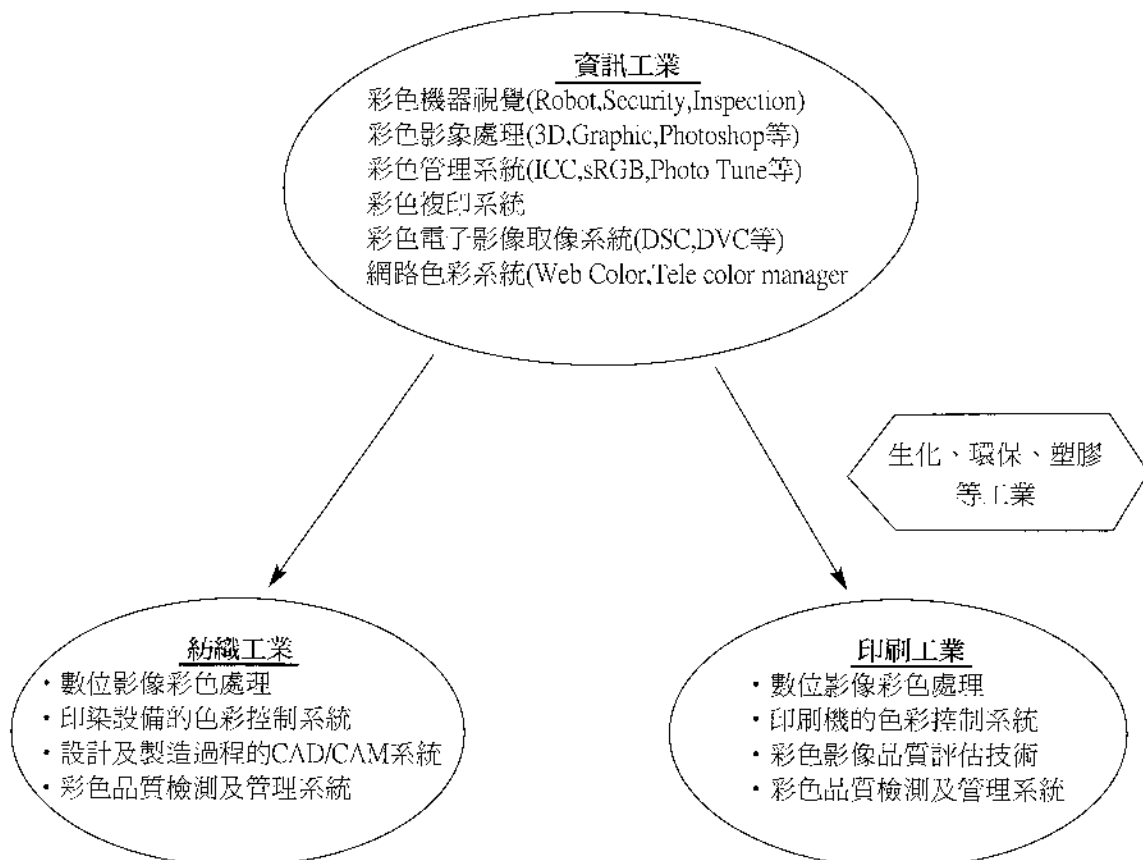


圖14 CCD Camera彩色處理技術之相關產業

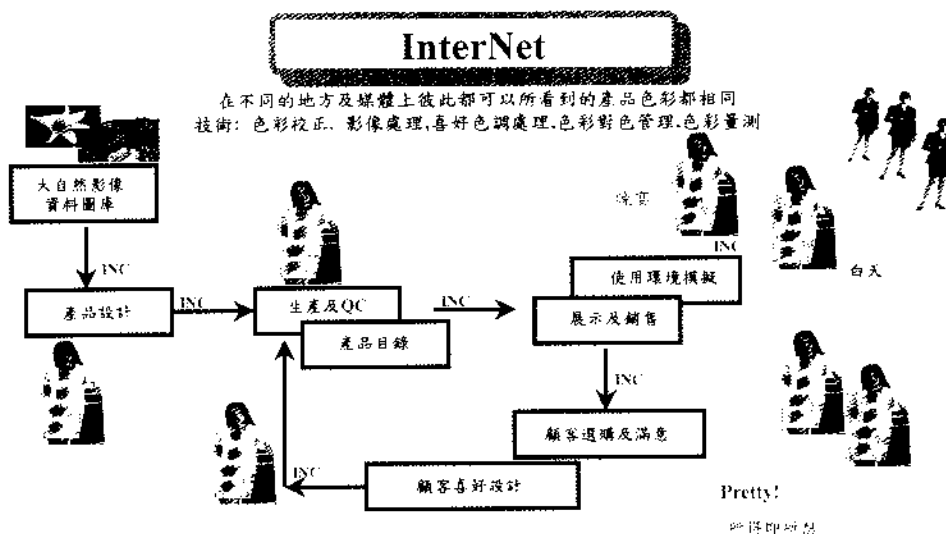


圖15 網路色彩之相關產業應用

實際上，CCD Camera 彩色處理之應用主要分成兩大類：一為多媒體彩色影像，二為色彩量測。多媒體之取像，此部份除了應用熟知的數位印刷，紡織，美工設計之外，最終將以網路色彩(Internet Color)為大宗，如圖15所示。資料庫、設計、生產、溝通、銷售、選擇，只都需透過網路，即可得到正確的色彩。透過ICC Profile或SRGB是一個不錯的開放式系統。在特定關係的網路色彩，則以Close Loop會有較好的結果。對一般使用者而言，當然是透過ICC Profile較為理想。

在色彩量方面，CCD Camera雖然有大面積色度量測及快速的好處，目前國內外也有很多人在使用。但是，由於CCD Camera可演色的色域不夠大，所以完全依前述的色彩校正方式會有色度不準確的問題，輔以Adaptive色度校正方式，可以提高色度精度。此外，由於CCD Camera 本身的電子耦合特性，會有較大的強度不穩定性，在做量測時，搭配色彩頻譜輝度計來做即時校正是一個不錯的方式(如圖16所示)

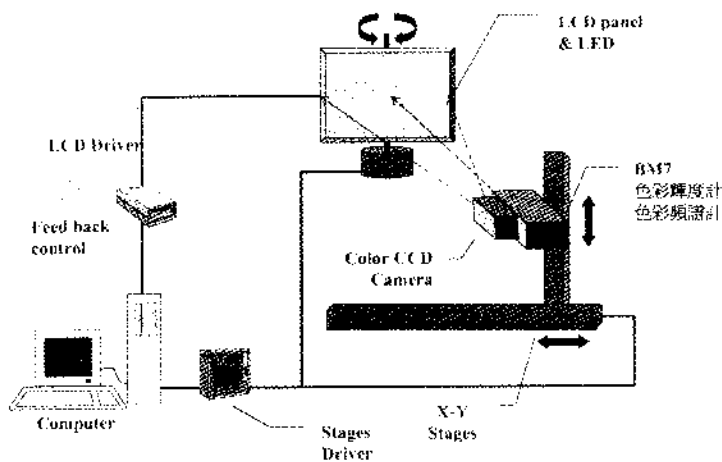


圖16 LCD & LED色彩及光學特性測試系統

## 六、結論

以目前的結果而言，CCD Camera的色彩校正，在各種不同光源條件下的校正色彩誤差值 ( $\Delta E^*_{ab}$ ) 都能有效地控制在 $\Delta E^*_{ab}$ 小於8以下。

光源適應性色彩校正技術主要乃以色度性色彩重視原理為主，然而色度性色彩重現原理乃著重於色度值 (X、Y、Z) 上作Match；因此可能會有同色異譜 (Metamerism) 的現象，而且僅在色度值上作比對，可能仍無法很完整地保證任何波段的色彩都能很準確地展現出來。因此若須要求在各波段 (400nm~700nm) 的色彩都能有高品質的色彩表現，應以頻譜性色彩重現原理來建立此色彩校正模式。在處理過程中，應特別注意數位影像的雜訊消除及平滑性處理，可使建立之色彩校正模式提高約2  $\Delta E^*_{ab}$ 。

輸出入色彩演譯的最終目標，乃希望色彩的展現能讓人感到滿意，因此色彩重現技術除了要求在色彩誤差值能儘量降到最低之外，應特別考慮個人喜好色的問題。也就是說，色彩品質的輸出應能配合個人的喜好而能有所調整，以達到真正令人滿意的影像色彩品質，能達到What you want is what you get的理想。

## 七、參考文獻

- 1、R.W.G. Hunt, "The reproduction of Colour", Fountain Press England, 4th, 1987.
- 2、Seung OK Park, "Development of Spectral Sensitivity Measurement System of Image Sensor Devices", Proceedings of the IS&T/SID Color Imaging Conference, pp.115-118 (1995).
- 3、Paul M. Hubel, "A Comparison of Methods of Sensor Spectral Sensitivity Estimation", IS&T/SID's 2nd Color Imaging Conference, pp.45-48 (1994).
- 4、Takayuki Sato, "Color Reproduction Based on Low Dimensional Spectral Reflectance Using the Principal Component Analysis", IS&T/SID's 4th Color Imaging Conference, pp.185-188 (1996).
- 5、Michael J. Vrhel, "Measurement and Analysis of Object Reflectance Spectra", Color research and application, Volume 19, Num.1, February 1994.
- 6、D.H. Marimont, "Linear models of Surface and Illuminant Spectra", Journal Opt. Soc. Am. A Vol.9, No.11, November 1992.
- 7、ICC:www.color.org26-陳君彥-李志君.doc



# 光源條件對應色預測之研究

A Study on the Prediction of Corresponding Colours in  
Illuminant Change

郭文貴

Wen-Guey Kuo

中國文化大學紡織系副教授

# 光源條件對應色預測之研究

郭文貴

中國文化大學紡織系

## 摘要

光源條件對應色通常用以表示在不同光源條件下具有相同色外觀之色對。對於光源條件對應色之預測，至今常用的預測模式(即色度適應模式)有如：von Kries, Bartleson, BFD, CIE, Hunt, CIEL\*a\*b\*, RLAB, LLAB, KUO等。在本文中以四組獨立實驗結果(光源條件對應色資料)測試這些模式之預測表現。其結果顯示預測模式KUO具有較佳表現，即模式KUO對於本文所採用之四組獨立實驗結果有較精確之預測結果。

## Abstract

Corresponding colours are usually used to express the pairs of colour stimuli that have the same colour appearance over changes in illumination conditions. Several good models (say chromatic adaptation model) have been developed to predict corresponding colours, such as von Kries, Bartleson, BFD, CIE, Hunt, CIEL\*a\*b\*, RLAB, LLAB, KUO. Four sets of corresponding colours from four independent experiments in chromatic adaptation are employed to investigate the performance of various chromatic adaptation models. The results indicate that the Kuo model agrees well with the four sets of data used. In addition, the latest model is a non-homogeneous, linear model being more suitable for chromatic adaptation prediction than the others tested, at least for the four sets of data used.

## 關鍵字詞

光源條件對應色corresponding colours      色外觀performance  
色度適應模式chromatic adaptation model

## I、Introduction

Corresponding colours are usually used to express the pairs of colour stimuli that have the same colour appearance over changes in illumination conditions. If the pairs of colour stimuli match with each other, that is, theoretically having the same tristimulus val-

ues, the colour sample viewed over changes in illumination conditions is colour constant. On the other hand, if not match, the colour sample is colour inconstant. And, the colour constancy is usually used to indicate the ability of a colour to retain the same colour appearance when it is viewed under a variety of different light sources.<sup>1</sup> The chromatic adaptation models are the methods generally used to determine the corresponding colours. During the past about one century, a variety of different chromatic adaptation models were proposed. Normally, the accuracy in predicting corresponding colours depends on what model used. Hence, of those models, nine, well-known or having good performance in predicting corresponding colours, including the latest one KUO derived by the author are tested in this article. The others are such as von Kries, Bartleson, BFD, CIE, Hunt, CIEL\*a\*b\*, RLAB, LLAB.<sup>2-10</sup>

## II 、 Experimental Data

A set data of corresponding colours is derived from this study using 240 wool samples having a large size of  $3 \times 3$  inch square that subtends 100 at the observer's eye, covering a large colour gamut, and assessed by a panel of five experienced observers. The CIE a\*b\* chromaticity coordinates of the 240 experimental specimens under artificial daylight D65 are plotted on the CIE a\*b\* chromaticity diagram as shown in Fig.1. In general, the data type of corresponding colours can be divided into two types<sup>4</sup> (say type I coloured light and type II surface colour). The author believes that an ideal chromatic adaptation model may be suitable for the two kinds of data, coloured lights and surface colours. Hence, four sets of corresponding colours from four independent experiments in chromatic adaptation are employed in this study to examine the performance of the nine chromatic adaptation models described above in predicting corresponding colours. The four sets of experimental data accumulated are Breneman, Helson et al., Lam and Rigg, and Kuo et al.<sup>10</sup> The first set of data is for coloured lights, and the others for surface (or object) colours. Those models and data sets have already been reviewed by Bartleson, Luo et al. and Kuo et al.<sup>4,9,10</sup>

## III 、 Evaluation Methods for Chromatic Adaptation Models

For estimating the performance of the chromatic adaptation models in predicting corresponding colours, two colour difference formulae of CIEL\*a\*b\* and CMC(1:1) were used. Then, the mean colour difference and root-mean-square (RMS) for each model were

calculated. The RMS is calculated using Eq.(1) as follows:

$$\text{RMS} = [\sum (\Delta E)^2 / n]^{1/2}, \quad (1)$$

Where  $\Delta E$  is the CIEL\*a\*b\* or CMC(1:1) colour difference for pair I, and n is the number of test colours. The RMS seems to be a better measure than the mean because the former gives a more effective indication of the variance of the error involved. This results in four different kinds of measure. They are the mean and RMS in terms of both CIEL\*a\*b\* and CMC(1:1) colour-difference units. For perfect agreement between experimental results and a given transformation, all four measures should be zero. The results of testing the nine models employed using the four independent sets of experimental data are given as follows.

#### IV 、Results, Discussion and Conclusions

The comparisons of the nine chromatic adaptation models tested on the performance in predicting corresponding colours for the four datasets accumulated in this study have been carried out. These datasets are the Kuo et al., the Lam and Rigg, the Helson et al., and the Breneman under the adaptation conditions from source A to source D65, from CIE illuminant A to illuminant D65, from CIE illuminant A to illuminant C, and from source A to source D65, respectively.

The results are summarised and shown in the Figs. 2. As it can be seen that according to the average values shown in Fig. 2, all nonlinear models except the Bartleson, involving a modified von Kries model, have similar performance to that of the von Kries, having an average value of 8.0 from the mean values of the four measures in terms of CIEL\*a\*b\* and CMC(1:1) units. The Bartleson gives the worst performance, while the Hunt based on the colour vision theory of three cone receptors gives the second worst. The BFD is a modified Bartleson model, an incompletely nonlinear model. Hence, the BFD performed the second best. In general, the new model KUO, having the average value of 5.3, and rank 1.0, proposed in this article gave quite a reasonable fit to the four independent sets of experimental data including both types data of coloured light and surface colours. Especially, for surface colours, the KUO model can give an average predictive variation of 2.7 in terms of CMC(1:1) colour difference units<sup>10</sup>, which is very close to the average visual-match tolerance of 2.2 in the same scaling unit for visual metamers judged in side-by-side viewing conditions commonly used in surface colour industry.<sup>11</sup> As a result, the new nonhomogeneous, linear model KUO is more suitable for predicting corresponding colours than the other tested, at least under the adapting conditions studied, which are

commonly used in colour industries, especially in surface colour industry.

## V 、References

1. R. H. Wardman and L. Hallam, Colour Constancy and Metermerism – Measurement and Evaluation Using Dichroic Ladders, Symposium on Colour Science and Technology, Oriental Institute of Technology, Taipei, Taiwan, 1-17 (1999)
2. J. Von Kries, Chromatic adaption, Festschrift der Albrecht-Ludwig-Universitat, Fribourg (1902). (Translation: D. L. Macadam, Sources of Color Science, MIT Press, Cambridge, 1970.)
3. D. L. MacAdam, Chromatic adaptation. II. Nonlinear hypothesis., J. Opt. Soc. Am. 53, 1441 (1963)
4. C. J. Bartleson, Predicting corresponding colors with changes in adaptation, Color Res. Appl. 4, 143-155 (1979)
5. M. D. Fairchild, Formulation and testing of an incomplete-chromatic-adaptation model, Color Res. Appl. 16, 243-250 (1991)
6. R. W. G. Hunt, Revised colour-appearance model for related and unrelated colour, Color Res. Appl. 16, 146-165 (1991)
7. R. W. G. Hunt, An improved predictor of colourfulness in a model of colour vision, Color Res. Appl. 19, 23-26 (1994)
8. M. D. Fairchild and R. S. Berns, Image color-appearance specification through extension of CIELAB, Color Res. Appl. 18, 178-190 (1993)
9. Luo, M. Ronnier, Lo, Mei-Chen and Kuo, Wen-Guey, The LLAB(l:c) Colour model, Color Res. Appl. 21, 412-429 (1996)
10. Kuo, Wen-Guey, Predicting corresponding colours using a new chromatic-adaptation model, Color Res. Appl. 22, 375-384 (1997)
11. Kuo, W. G. and Luo, M. R., Methods for quantifying metamerism. part I - visual assessment, J. Soc. Dyers Colour. 112, 312-320 (1996)

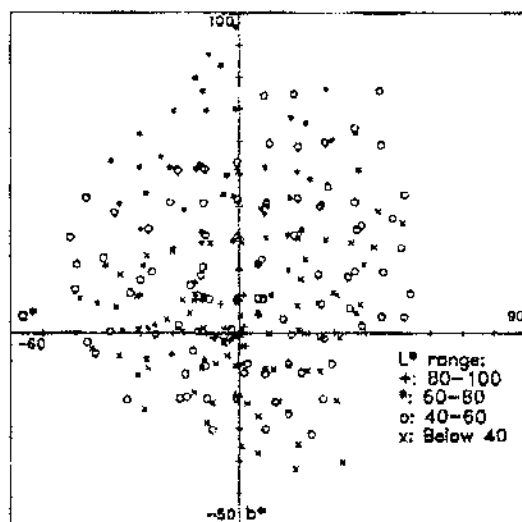


Fig. 1 240 test colours plotted in CIE a\*b\* diagram using different symbols to indicate colours within different ranges of lightness, i.e., +: 80-100; \*: 60-80; O: 40-60; X: less than 40, for under D65.

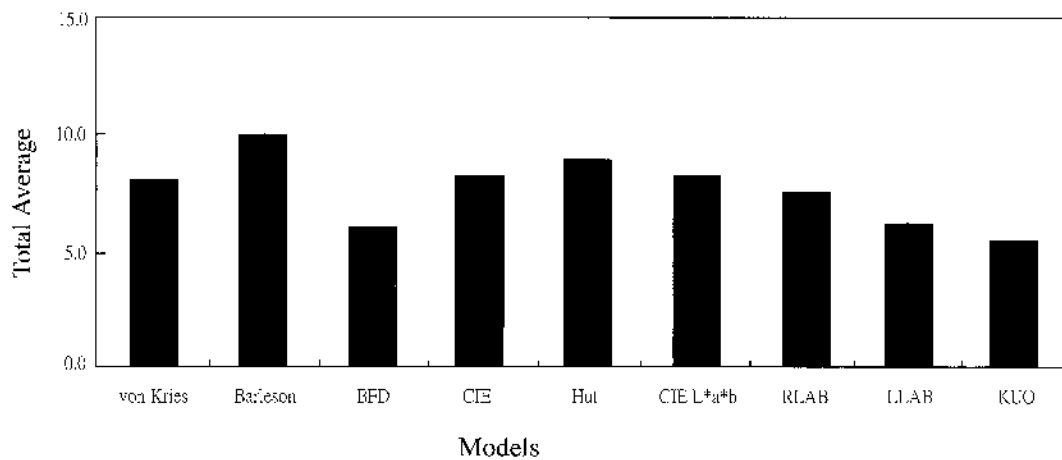


Fig.2: The total average of all values of mean and RMS mean error for each model

# 熱昇華式印表機複製Munsell色票之探討

A Study for the Reproduction of Munsell Chips  
Using the Sublimation Printer

吳瑞卿

Ray-Chin Wu

大同大學物理組講師

洪聲安

Andrew Horng

和新科技有限公司負責人

## 熱昇華式印表機複製Munsell色票之探討

吳瑞卿<sup>1</sup> 洪聲安<sup>2</sup>

<sup>1</sup>大同大學物理組 <sup>2</sup>和新科技有限公司

### 摘要

由於電腦、彩色印表機的普遍,以及彩色印表機技術的精進,因此,如何利用印表機列印出我們所要的色彩,就為各界所期盼。本研究選取可印出色彩飽和、無網點色樣,且色彩穩定的熱昇華式的彩色印表機來列印出我們想要的色票。而Munsell色票為目前工業設計及平面設計等各行各業最為常用,因此我們以Munsell色票中的十個主色相、彩度C=2, 4, 6, 10、明度V=3, 5, 7的色票為本研究的標準色樣,用熱昇華式印表機進行色彩複製,再計算出複製色票與標準色票的CIE Lab色差,以探討熱昇華印表機複製Munsell色票的可行性。本研究先由色彩分光儀量測Munsell的標準色樣和熱昇華印表機三原色的基礎資料,再採用工業界色彩複製常用的電腦配色軟體進行配色,取得標準色票的熱昇華印表機三原色的配方,複製色樣,再與標準色票比較。實驗結果發現,108個複製色樣的平均色差 $\Delta E_{ab}=1.50$ ,其中81%的色樣 $\Delta E_{ab} < 2$ , 88%的色樣 $\Delta E_{ab} < 3$ , 91%的色樣 $\Delta E_{ab} < 4$ 。

### Abstract

Due to the popularity of the computer and the color printer as well as the improvement in the technique of the color printer, we look forward to obtaining an accurate color we want. In our study, we chose the sublimation printer to print our standard chips because the colors printed by it are more saturated and have no dots. We reproduced the Munsell chips whose hues are 5R, 5YR, 5Y, 5GY, 5G, 5BG, 5B, 5PB, 5P, 5PR and values are 3, 5, 7, and chromas are 2, 4, 6, 10 using the sublimation printer. We then calculated the color differences  $\Delta E_{ab}$  between the reproduced chips and the standard chips. We obtained the recipes by applying the computer color matching system to the sublimation color printer, reproduced the chips, and compared with the standard chips. From the results of the experiments, we found that the average color difference  $\Delta E_{ab}$  of the total chips (108 chips) is 1.50, that 81% of all produced chips are within  $\Delta E_{ab} < 2$ , that 88% are within  $\Delta E_{ab} < 3$ , and that 91% are within  $\Delta E_{ab} < 4$ .

### 關鍵字詞

熱昇華式印表機 sublimation printer

CIE Lab 色差 color differences  $\Delta E_{ab}$

Munsell 色票 Munsell chips

電腦配色 color matching system



## 壹、前言

人類所可鑑別的色彩有成千成萬種，因此基於色彩的表達及選色的方便，長久以來各國的色彩學家都不斷的提出各種色彩體系，將色彩有秩序的組織起來，作為色彩的標準。如美國的Munsell體系、日本的JIS體系、瑞典的NCS等體系，各國都依據其不同的目的，提出不同的色彩系統，並發行色票以供各界選色用，其中Munsell體系為各界所廣泛使用。Munsell體系於1905年發表理論後，1929年發行無光澤色票，1943年美國光學學會測色修正後，於1964年重新發行有光澤色票。此色票常做為設計師選色或工業界複製色彩的依據，是目前最為通用者。而近年來不但電腦的使用日益普遍，彩色印表機的技術也日益精進，所列印出來的色彩品質越來越好，因此如果可利用彩色印表機列印出想要的色彩，將有助於利用電腦作業的色彩工作者選色。然而一般而言，印表機所印出的色彩常與螢幕上所呈現的色彩不一致，因此如何使螢幕與印表機的色彩一致為是目前各界所期盼的。不過除了每台螢幕磷光粉的不同、螢幕映像管的老化、彩色印表機種類的不同等因素外，螢幕與印表機的配色原理及所使用的色彩空間、色域也各不相同，因此要達到螢幕上與印表機列印色彩的一致性就更加困難<sup>1,2,3</sup>。1996年各界有鑑於此，成立了ICC國際色彩協會，以其改善各設備的不一致性問題<sup>4</sup>。且以色度學中的CIEYxy為各設備的共同語言，分別對螢幕、印表機及其他的輸入出設備作色彩校正。各界學者、專家也正致力於這方面的研究，如螢幕的校正研究<sup>5</sup>及校正軟體的產生、印表機的色彩特性<sup>6</sup>、不同電腦周邊設備的色域、色貌<sup>7</sup>等研究<sup>8</sup>，希望能由對各系統色彩的進一步了解，幫助我們達成"所見的即為所要的(What You See Is What You Get)"境界。

本文選用可列印無網點色彩又飽和色彩的熱昇華式彩色印表機列印出常用的Munsell色票，藉此以了解熱昇華式彩色印表機的色彩特性，並列印出複製的色票。熱昇華式印表機除了所列印的色彩穩定外，色彩的形成原理與染料色彩形成原理相似。因此本研究採用目前在紡織工業或塗料中所常用的電腦配色原理，取得熱昇華式印表機的三原色配方，列印出所複製的色票，希望所印出的即為所要的色彩，達到WYSIWYG的境界。

## 貳、文獻探討

### 一、Munsell色系及CIELab色系

#### (一)Munsell色系

Munsell體系不但是目前使用最廣的重要色彩體系之一，而且為世界各國所公認，此體系是以色相H、彩度C、明度V三屬性來表達色彩，色相為五個主色相R、Y、G、B、P，五個副主色相YR、GY、BG、PB、P構成一個色相環，明度值分為十階，理想黑V=0，理想白V=10，彩度分為幾個視覺等距，由中性色的C=0到最鮮豔

的高彩度色樣，以HV/C表示。

## (二)CIE色系

是一個較客觀、較科學的表色系，1924年時國際照明委員會CIE鑑於色彩表達的混亂，而成立了色度學研究小組，制定了標準光源A、B、C及標準色度觀測者的配色函數，以此為依據，提出CIE表色系，用CIE Yxy4定量的描述顏色，其中Y表示亮度、xy表示色相及彩度，然而CIEYxy在色差方面無法符合人類的色差知覺，因此1976年又提供CIELAB均勻色差色度座標，以(L, a\*, b\*)來描述色彩，其中L代表明度、a代表紅綠偏向、b代表黃藍偏向，而色相角 $h=\tan^{-1}(b^*/a^*)$ 彩度 $c=\sqrt{a^{*2}+b^{*2}}$ 。

## 二、熱昇華式印表機

昇華式印表機是利用高溫將印表機色帶上三原色Y、M、C直接汽化定著至專用紙上，並藉由熱度的控制產生深淺不同的連續色調，使得熱昇華列印的色彩飽和且無網點產生，其色帶上三原色YMC色墨為染料，對於光的散設幾乎趨近於0，色彩形成的理論與紡織界染料配色原理相近。又熱昇華印表機所使用的紙只限用專用紙，所以色彩穩定，不會因紙張之不同有所差異，所以本研究選用ALPS-MD1300的熱昇華印表機作為我們複製色票的印表機。

## 三、電腦配色理論

色彩的產生是光經染料或色料對於不同波常的吸收、反射及散射現象所形成的。由於人類視覺系統的三色論，因此色彩的複製通常由黃(Y)、洋紅(M)、青(C)所形成，利用不同濃度的三原色色料形成各種色彩。至於複製的準確度常全靠調配師的經驗來決定，但自從1963年Judd及Wyszecki提出Kubelka-Munk理論及電腦日益的普及後，電腦配色軟體就成為色彩複製的最大幫手。

### (一) Kubelk-Munk理論<sup>6</sup>:

Kubelk-Munk提出某波長的光經由色料的吸收與散射係數的比值與其反射率的關係為

$$(K/S)_\lambda = \frac{(1-R_\lambda)^2}{2R_\lambda} \dots\dots\dots(1)$$

其中K、S各為吸收係數及散射係數，R為反射率。

當色樣由不同濃度的三種色料所形成時，色樣的K/S與各色料的濃度 $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_3$ 有關，即

$$K/S = \frac{C_1K_1 + C_2K_2 + C_3K_3 + K_0}{C_1S_1 + C_2S_2 + C_3S_3 + S_0}$$

式中 $K_1$ 、 $K_2$ 、 $K_3$ 、 $K_0$ 為色料或基材的吸收係數， $S_1$ 、 $S_2$ 、 $S_3$ 、 $S_0$ 為色料或基材的散射係數，但若色料為染料，因為染料顆粒很小，光對染料幾乎無散射作用，散射係數 $S_1$ 、 $S_2$ 、 $S_3$ 趨近於0，所以

$$F_{\lambda}=(K/S)_{\lambda}=\frac{C_1K_{1,\lambda}+C_2K_{2,\lambda}+C_3K_{3,\lambda}+K_{0,\lambda}}{S_0}$$

$$=C_1F_{1,\lambda}+C_2F_{2,\lambda}+C_3F_{3,\lambda}+F_{0,\lambda}\dots\dots\dots(2)$$

式中 $F_{1,\lambda} = K_{1,\lambda} / S_{0,\lambda}$ ,  $F_{2,\lambda} = K_{2,\lambda} / S_{0,\lambda}$ ,  $F_{3,\lambda} = K_{3,\lambda} / S_{0,\lambda}$   
 $F_{0,\lambda} = K_{0,\lambda} / S_{0,\lambda}$ ，以矩陣表示為

$$[F-F_0]=[C][F_1]\therefore [C]=[F-F_0][F_1]^{-1}\dots\dots\dots(3)$$

因為熱昇華印表機的色樣為三原色Y、M、C構成，所以 [C] 為含有三原色未知濃度 $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_3$ 的1\* 3矩陣， $[F-F_0]$ 為1\*3， $[F_1]^{-1}$ 為3\*3的矩陣，即為3種波長下的值，然而一般的分光測色儀的波長範圍為400nm-700nm，間隔20nm，共有16個不同波長，所以任三波長下的濃度配方 $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_3$ 對於其他波長下卻不一定成立，因此我們常用色彩的三度空間色度座標CIEXYZ(X, Y, Z)<sup>11</sup>或CIELab(L, a\*, b\*)<sup>12</sup>與反射率R的關係式以及(1)、(3)式得各色料的濃度 $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_3$ ，做為電腦配色的起始配方。

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial X}{\partial C_1} & \frac{\partial X}{\partial C_2} & \frac{\partial X}{\partial C_3} \\ \frac{\partial Y}{\partial C_1} & \frac{\partial Y}{\partial C_2} & \frac{\partial Y}{\partial C_3} \\ \frac{\partial Z}{\partial C_1} & \frac{\partial Z}{\partial C_2} & \frac{\partial Z}{\partial C_3} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial X}{\partial C_1} & \frac{\partial X}{\partial C_2} & \frac{\partial X}{\partial C_3} \\ \frac{\partial Y}{\partial C_1} & \frac{\partial Y}{\partial C_2} & \frac{\partial Y}{\partial C_3} \\ \frac{\partial Z}{\partial C_1} & \frac{\partial Z}{\partial C_2} & \frac{\partial Z}{\partial C_3} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}$$

即

(二) 電腦修色<sup>13</sup>

當所複製的色樣與標準色樣的色差不符合我們所要求時，就必須經過修色計

$$\Delta X = \left(\frac{\partial X}{\partial C_1}\right)\Delta C_1 + \left(\frac{\partial X}{\partial C_2}\right)\Delta C_2 + \left(\frac{\partial X}{\partial C_3}\right)\Delta C_3;$$

$$\Delta Y = \left(\frac{\partial Y}{\partial C_1}\right)\Delta C_1 + \left(\frac{\partial Y}{\partial C_2}\right)\Delta C_2 + \left(\frac{\partial Y}{\partial C_3}\right)\Delta C_3;$$

$$\Delta Z = \left(\frac{\partial Z}{\partial C_1}\right)\Delta C_1 + \left(\frac{\partial Z}{\partial C_2}\right)\Delta C_2 + \left(\frac{\partial Z}{\partial C_3}\right)\Delta C_3;$$

算，調整各色料的濃度值，以達色差最小的結果。

$$\frac{\partial X}{\partial C_i} = \sum E_{\lambda} \bar{x}_{\lambda} \left( \frac{\partial R_{\lambda}}{\partial C_i} \right) = \sum E_{\lambda} \bar{x}_{\lambda} \left( \frac{\partial R_{\lambda}}{\partial F_{\lambda}} \right) \left( \frac{\partial F_{\lambda}}{\partial C_i} \right)$$

又

$$\frac{\partial Y}{\partial C_i} = \sum E_{\lambda} \bar{y}_{\lambda} \left( \frac{\partial R_{\lambda}}{\partial C_i} \right) = \sum E_{\lambda} \bar{y}_{\lambda} \left( \frac{\partial R_{\lambda}}{\partial F_{\lambda}} \right) \left( \frac{\partial F_{\lambda}}{\partial C_i} \right)$$

$$\frac{\partial Z}{\partial C_i} = \sum E_{\lambda} \bar{z}_{\lambda} \left( \frac{\partial R_{\lambda}}{\partial C_i} \right) = \sum E_{\lambda} \bar{z}_{\lambda} \left( \frac{\partial R_{\lambda}}{\partial F_{\lambda}} \right) \left( \frac{\partial F_{\lambda}}{\partial C_i} \right)$$

同理

$$\Delta C_1 = \left( \frac{\partial C_1}{\partial X} \right) \Delta X + \left( \frac{\partial C_1}{\partial Y} \right) \Delta Y + \left( \frac{\partial C_1}{\partial Z} \right) \Delta Z$$

$$\Delta C_2 = \left( \frac{\partial C_2}{\partial X} \right) \Delta X + \left( \frac{\partial C_2}{\partial Y} \right) \Delta Y + \left( \frac{\partial C_2}{\partial Z} \right) \Delta Z$$

$$\Delta C_3 = \left( \frac{\partial C_3}{\partial X} \right) \Delta X + \left( \frac{\partial C_3}{\partial Y} \right) \Delta Y + \left( \frac{\partial C_3}{\partial Z} \right) \Delta Z$$

加上式(1)(2)可得

## 參、實驗步驟

本研究以複製常用的Munsell色票為目的，我們選用Macbeth所出版的Munsell Book of Color, (Glossy Finish collection)中十個主色相(5GB,5B,5PB,5P,5RP,5R,5YR,5Y,5GY,5G),明度V=3,5,7,彩度C=2,4,6,10的色票，共108張色票為標準色票，我們稱為標準色票組ST，分別用分光測色儀ColorEye3100測色，得D<sub>65</sub>光源下的CIELab色度座標，以便與用彩色熱昇華印表機AlpsMD1300列印出的複製色票比較。另外，為了建立電腦配色軟體的基礎資料，並進一步了解熱昇華印表機三原色的特性，我們用印表機列印出不同濃度的三原色Y、M、C單色及混合色塊，每一原色分的濃度由低到高分16階遞增，也分別用分光測色儀測色，做為基礎資料，再配合電腦配色軟體得每一標準色票的各原色的起始濃度配方，列印出第一次配方的複製色票組I(108色)，測色後計算與標準色票組的色差 $\Delta E_{ab}$ ，再經電腦配色軟體進行修色後再列印。本實驗經電腦配色軟體修色兩次列印測色，分別稱為複製色票組II、III、IV(共324色)。最後探討ALPS熱昇華印表機三原色的特性及色域，且比較討論標準色票組與複製色票組I、II、III、IV的色差值，以了解複製的成果。

## 肆、結果及討論

我們就Munsell色票和熱昇華印表機三原色Y、M、C的特性，以及所複製出的色票與標準色票間的色差兩部分來探討。

### 一、熱昇華印表機三原色：

(見第339頁圖56.57.58.59)為不同濃度的黃色、洋紅、青色及中性色的反射率圖，圖中的曲線由上向下濃度如Y1,Y2,Y3...Y16依序遞增。由圖可知在一定的波長下，反射率值的大小隨濃度的增加而減少，彩度卻隨之增加。不同濃度的反射率間距並不均勻，尤其是高濃度時，間距越小，反射率與濃度不完全成正比關係。又在中性色的反射率圖中可看出480-520 nm的反射率稍偏大，略偏藍色。

### 二、標準色票與複製色票的比較

分別比較標準色票組ST與複製色票組I、II、III、IV的色差值 $\Delta E_{ab}$ ，所有色票的平均色差 $\Delta E_{ab}$ (色票組I - ST)=10.86， $\Delta E_{ab}$ (色票組II - ST)=4.05， $\Delta E_{ab}$ (色票組III - ST)=1.94， $\Delta E_{ab}$ (色票組IV - ST)=1.76複製色票組II的色差遠比複製色票組I小很多，複製色票組II又比複製色票組III小很多，但複製色票組III的色差與複製色票組IV卻差不多，所以就電腦修色而言，經過三次的修色後，想利用再次的電腦修色來降低色差值，效果並不大。但對於有些色樣，第三次修色的色差反而比第二次修色大，因此我們取第二次與第三次修色的色差最小值，即取色票組III與IV中色差值最小的為最後的複製結果。所有色票的 $\Delta E_{ab}$ =1.5，46%的 $\Delta E_{ab} < 1$ ，81%的 $\Delta E_{ab} < 2$ ，88%的 $\Delta E_{ab} < 3$ ，91%的 $\Delta E_{ab} < 4$ ，一般 $\Delta E_{ab} > 2$ 才可察覺出，所以本研究中約4/5的色票可成功的利用熱昇華印表機複製出(如表1)。

表1 不同 $\Delta E_{ab}$ 的累計個數及百分率

$\Delta E_{ab}$	<1	<2	<3	<4	其他	總和
累計個數	50	87	95	98	10	108
累計百分率	46%	81%	88%	91%	9%	100%

### (一)複製色票的色差與彩度的關係：

不同的三原色所製造的色票色域各有不同，印表機的三原色Y、M、C為固定的，所能列印的色域有限，所以若標準色票的色樣超過印表機的字印範圍，其色差必定較大。就色差大於3的色樣，高彩度的色差沒有明顯的偏大，圖1為108個色票的 $a^*, b^*$ 色度值，圖2為ALPS熱昇華印表機的色域，比較圖1.2標準色票並沒有超過ALPS的熱昇華印表機的色域範圍外，所以其色差的造成原因可能不是色域所造成的。

圖1：108個Munsell色票色域

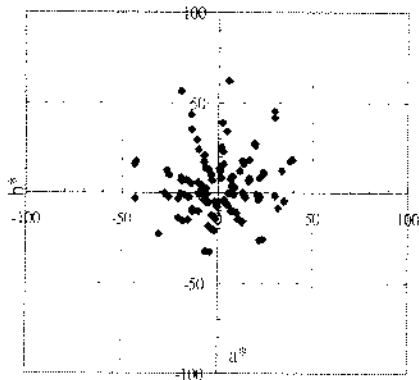
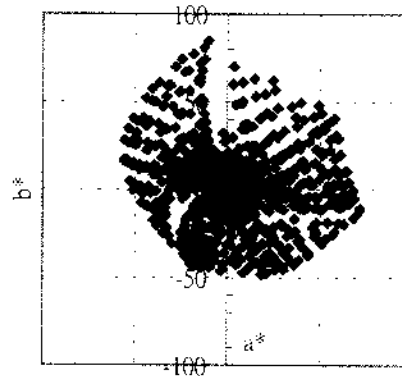


圖2：ALPS印表機の色域



(二)複製色票的色差與色相的關係：

以Munsell的色相環的順序為橫軸，各色相的平均色差 $\Delta E_{ab}$ 為縱軸作圖(圖3)發現，色相BG的色票複製最成功， $\Delta E_{ab}=0.66$ ，色相R平均色差 $\Delta E_{ab}=2.62$ 最大。所以藍綠色系的複製較容易，而紅色系較難，由配方上推論其原因可能是黃色的反射率區在480nm-520nm間較為陡，因此，黃色配方的誤差影響色樣的色差較大，反之，青色的反射率較為平滑，青色配方的誤差影響色樣的色差較小。

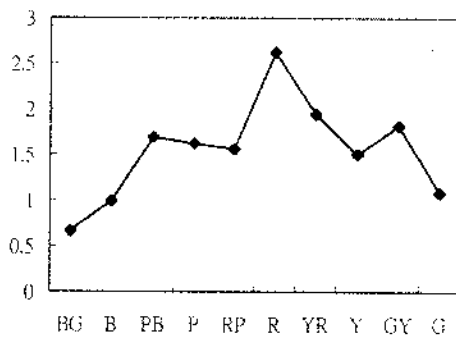


圖3：不同色相複製色票的色差

## 陸、參考文獻

1. Todd Newman, "Improved Color for the World Wide Web: A Case Study in Color Management for Distributed Digital Media", <http://www.color.org/wpaper2.html>
2. Tim Kohler, "Icc Achievements and Challenges", <http://www.color.org/iccach1.html>
3. 陳君彥, 劉元德, 1997.3, "光資訊色彩管理", <<光學工程, 第57期>>, 中華民國光學工程學會, 新竹, pp.29-36.
4. Michael Has, Todd Newman, "Color Management: Current Practice and The Adoption of

- a new Standard", <http://www.color.org/wpaper1.html>
5. "Image Color Management (IMC) for Microsoft Windows" , <http://www.microsoft.com/windows/platform/colomgnt.htm>
  6. Roy S. Berns, Ricardo J. Motta, Mark E. Gorzynski, 1993, Oct., "CRT Colorimetry. Part I: Theory and Practice", Col. Res. And app. Vol.18, No.5, pp299-314
  7. C. de M. Bezerra, C.J. Hawkyard, H.M. Kulube, S. Reyner, 1998, Feb., "Colour Matching for Ink-Jet Prints on Paper", Col. Res. And app. Vol.23, No.1, pp18-26
  8. M.R. Luo, R.W.G. Hunt. 1998, June, "The structure of the CIE 1997 Color Appearance Model(CIECAM97s)", Col. Res. And app. Vol.23, No.3, pp.138-146
  9. Mei-Chun Lo, M. Ronnier Luo Peter A. Rhodes, 1996, Aug. "Evaluating Color Models' Performance between Monitor and Print Images", Col. Res. And app. Vol.21, No.4, pp.277-291
  10. Roderick McDonald ,1987, Colour physics for industry, Society of Dyers and Colourists, pp116-121
  11. Gunter Wyszecki, 1982, W. S. Stiles, Color Science, 2nd Edition, John Wiley & Sons, pp.157-158.
  12. Gunter Wyszecki, 1982, W. S. Stiles, Color Science, 2nd Edition, John Wiley & Sons, pp.166-169.
  13. Roderick McDonald ,1987, Colour physics for industry, Society of Dyers and Colourists, pp124-130





# 色彩管理模式應用於平面媒材數位化之研究

The Application of Color Management System in Asset  
Management Process

徐明景

M. James Shyu

中國文化大學印刷傳播系助理教授

# 色彩管理模式應用於平面媒材數位化之研究

徐明景

中國文化大學印刷傳播系

## 摘要

色彩的特質在媒材的表現上佔有重要地位，而在數位科技的盛行下，實體媒材數位化將有利於其在數位環境下流傳。因此，平面媒材上實體色彩的數位化表現將是重要課題。本文將運用影像色彩科學之原理，探討平面媒材數位化過程之色彩管理流程，藉此將可提升平面媒材之數位化色彩品質。

## Abstract

Color is an important attribute of the graphic arts media. Under the current trend of digital asset management, turning the content in physical graphic arts media into the digital form is an inevitable trend. Therefore, how to transform the color property satisfactorily into the digital form for the graphic arts media is becoming a crucial issue. This article will discuss the application of color management system in the asset management process for graphic arts media. It is aimed to enhance the color quality as well as the process efficiency.

## 關鍵字詞

色彩管理 color management system

數位色彩 digital color

數位媒材 digital asset management

## 壹、前言

數位化科技的風潮經過網際網路的推波助瀾後擴及人類文明的各層面，實體的內容透過數位載體的傳播可以更大量更快速更方便的被傳達。平面媒材是最方便製造及儲存的非數位媒介，文字圖案或影像長久以來透過印刷複製的載體以極低的使用成本累積了大量的文明資產。透過紙張上油墨網點的排列組合，平面媒材的內容可以被讀者解讀成無限的內涵。

影像科學的進步將平面媒材的複製解構成光電信號的分析與重組，所有的平面媒材皆可用一個個的色彩信號堆砌而成。把眾多精確的色彩影像信號透過科學化的分析與重組，平面媒材將非常容易的被數位化分解與還原。

值此數位化的時代，如何將現存的平面媒材導入數位化的殿堂，將是延續人類文明並發揚光大的重要任務。影像色彩科學配合數位化的科技將扮演重要的轉換角色，其中新近之色彩管理觀念可提供跨媒材的色彩品質控制機制。從影像色彩的控制開始，建立平面媒材數位化的機制，再運用數位載體的傳導，將可提升人類文明在數位時代的量能。

## 貳、數位化色彩的特質

人類色彩知覺的形成是由物質不同的分光頻譜分佈特性在人類視覺系統中所構成的反應，其中牽涉的範圍涵蓋光源、物體及人類的視覺系統。從CIE定義色彩度量的程序中，標準光源的制定，物體觀測環境的幾何特性到人類平均視覺配色函數的求取，逐漸奠定了色彩度量的量化機制。

色彩是設計上重要表現元素，不同的色彩在心理的層面有不同的含意與文化特質，但其無形的詮釋效果仍賴有形的實體色彩來呈現。在類比的時代，尋找不同色頻特性的材質來表達某種顏色的呈現是設計的基本形式。在數位化的時代，依照特定彩色裝置如螢幕或印表機的現有色彩特性，尋求特定信號數值以表現出特定的顏色成為配色的方式。

在色彩數位化的過程中，數位化的信號本身並無法代表實體色彩的表現，除非其實體轉換至數值之間的關係能被準確的敘述及記錄。電腦檔案RGB的信號在不同的螢幕上可能呈現出不同的顏色，除非顯示此檔案的設備都能符合某種色彩的呈現標準，或是此RGB信號附帶某種之色彩參考值，此RGB檔案的實體顏色將無法被預期。因此，色彩在數位化的過程中一定要能保持其實體色彩的特質，不然只是任意用數位信號去代表色彩，並無法真正表現出其特定的色彩特徵。

## 參、平面媒材的特性

在非數位電子化的領域裡，印刷複製品大概是最常見的平面媒材。其成熟穩定的產業結構與便於攜帶及易於大量複製的特性造就人類文明的流傳與進步。歸納起來，印刷品的內容不外乎影像、圖案與文字以紙張油墨的方式來呈現。

影像的形式最能被連接上視覺經驗，只要是視覺光場的重建即可構成影像實體，但相對的卻要依靠精密與複雜的光電或化學設備來記錄與呈現光的形式。圖案是最直覺的人為產物，簡至幾筆的素描，或是抽象的現代繪畫，或是街坊招牌上的商標造型，其顏色與形狀所組合的實體構成視覺上的意義。文字是人類文明高度進化後的產物，文字體系的建立需要長時間的演進，也因此文字所代表的實體意義非

常容易依文化的背景轉化至抽象的語意上，其字體本身的形狀反而不是那麼的絕對了。

依據影像科學的原則來分析，影像圖案與文字的實體都可以用微小的影像單位去分解與合成。將實體的光學特性依序的分析與記錄，在轉換後的時間與空間裡，再依序的合成與呈現，即可達成影像複製的工作，進而重建實體的內容。這個法則在複製影像或圖案的形體內容時有極佳的效率，但在描述文字時仍以形體的原狀保持為最主要功能，但若只要保持其文意為主時，未必有最大的效率，換言之，以影像的方式來處理文字形體或以字碼來記錄文意有截然不同的著眼點。

#### 肆、平面媒材色彩數位化考量

平面媒材數位化的目的有兩種，一為數位化的永久保存，另一為數位化的取用。永久保存所牽涉的為如何將資料輸入保存，取用時涉及如何將儲存的資料輸出呈現。

平面媒材色彩數位化的輸入過程中，需要將實體色彩透過類比轉數位的取樣程序，亦即透過感應裝置將媒材上的色頻特徵轉換為數位的信號，並依原稿形式的差異對媒材色彩的本質作不同的解譯。一般而言，在數位化過程中所使用的類比原稿有兩種，一種為類比式的原作如油畫、水彩或手稿等，另一種為類比式的複製原稿如畫作的幻燈片拷貝專供複製掃描之用。原作的顏色較易掌握，只要能了解原照明的光源特性及實體色彩特質即可。但正片般複製後的原稿就得考量其色彩的本質是底片上呈現的顏色還是底片上所記錄原作之相對原色。

運用幻燈片去拍攝畫作原稿的方式可以提供便捷的複製備份資料，同時亦提供印刷複製環境最方便的掃描分色原稿，但在色彩資料的保存上有其隱含的限制。攝影軟片因化學材質的先大特性在動態域的範圍及色域的廣度上有一定限制，從被拍攝主體到底片上的色彩間有某種程度的對應關係，量測底片上的色彩只是單純的此底片上所呈現出的色彩，要經過前述的對應關係才能回溯至原主體（或原作）的色彩表現。換言之，正片成為第二原稿，而被拍攝的原作才是第一原稿。至於數位化的過程中，所要記錄的是第一或第二原稿，亦或是最佳化的折衷方式是在數位化的過程中不得不先界定的，不然此數位化色彩的本質將失去其根源！至於底片的褪色或偏色亦是得考量的因素，而直接以數位化方式產生的數位原稿就較沒有這層面的問題。

在取用的輸出過程中，首先考慮的前題是此輸出環境的特性，假如輸出呈現的環境其所能表現的色彩場域遠低於輸入原稿的範圍，則輸出時的成效永遠無法複製如原稿般。依現今之科技而言，各種取用環境的差異造就輸出特性之變異對數位色彩的使用有較大影響。舉例而言，電腦螢幕色彩呈現的差異，又如四色或六色印表機色料的差異都可能使同樣的數位信號呈現出不同的色彩表現。如何確定環境變

異的影響並應對處理是需要善加考量的。

## 伍、色彩管理模式的原理

色彩管理的宗旨在於運用裝置獨立色彩之架構，保持實體色彩在不同材質表現下仍能保有一致的色彩表相。裝置獨立色彩之觀念源於CIE之色彩立體空間，而不同材質多元化色彩的表現起於數位科技的發展。

CIE在二十世紀中制定等距色彩空間的度量衡標準，不僅使色彩差異度量化變為可能，同時也將色彩的量值對應成三度空間上一個個的座標位置。從此，色彩不再是抽象的知覺，而可以是數學上一對數值，更可以界定互相之間的數學關係。

裝置獨立色彩的架構即運用色彩空間的座標觀念，將各種材質所表現出的色彩先對應至某依標準色彩空間上，在不同的材質環境下，可以從色彩空間上做獨立的對應。由於有此色彩空間座標做中介轉換的對應基礎，在裝置與裝置之間的對應並不必要關連在一起，所以裝置獨立色彩空間之架構可提供輸入和輸出二階段互相獨立的作業模式，也能解決前述媒材在數位化過程中需要運用輸入保存與輸出取用二模組之考量。

## 陸、平面媒材色彩數位化之色彩管理架構

色彩管理架構中裝置信號所代表的實體顏色是所有色彩處理的依據，但裝置的信號和實體顏色之間的關係會因不同的裝置而變動。因此，如何建立並儲存此對應關係成為重要工作。

色彩描述檔的功能在於記錄裝置信號和實體色彩之對應關係。在平面媒材數位化的輸入過程中，原媒材上的色彩特性和數位取樣後的數值間及存在一對應關係，而在輸出取用時，由數位信號呈現在輸出媒材上的實體亦存在一色彩對應關係。因此，透過此輸入和輸出分別的對應程序，一平面媒材原有的實體色彩得以保存，而再取用時亦得以呈現，同時輸入和輸出之間可以獨立的運作。

色彩描述檔記錄的是靜態的色彩資料，而在動態的色彩對應轉換上需要一計算的單元來從事實際的色彩對應工作，此即為色彩轉換引擎。運用色彩轉換引擎與色彩描述檔之配合，可建構一完整之系統將平面數位媒材之色彩作完整的記錄與重現。

## 柒、結語

數位化的風潮使媒材的運用方式產生相對應的變革，平面媒材數位化的儲存與使用成為不可避免的趨勢。雖然現今之輸出科技不斷的在改進與革新之中，但若將輸入階段的色彩忠實的以數位化的方式記錄下來，未來再改善輸出裝置的色彩呈現，相信會比單純記錄某一裝置的色彩信號，對未來使用方式有較佳的應變能力。而其他如色域對應或跨媒體色貌模式之研究可因先期資料的完整留存得以有更多的研究對象，但若在此階段未對平面媒材做一良好之數位儲存，當實體不在時雖有數位化的能力，也將無法重建原來的色彩風貌。

## 捌、參考文獻

- 1.CIE (1986),Colorimetry, Publication CIE No. 15, 2nd edition.
- 2.Gary G. Field (1999), Color and Its Reproduction, 2nd edition, GATF.
- 3.Franziska S. Frey and Sabine Susstrunk (1997), Color Issues to Consider in Pictorial Image Data Bases, Proceedings of IS&T/SID Fifth Color Imaging Conference: Color Science, Systems, and Applications, 112-115.
- 4.Michael Has and Todd Newman (1995), Color Management: Current Practice and the Adoption of a New Standard, TAGA proceedings,748-771.
- 5.R. W. G. Hunt (1987), The Reproduction of Colour in Photography, Printing and Television, Fourth Edition, Fountain Press.
- 6.ICC (1998), ICC Profile Format Specification, ICC.1:1998-09.
- 7.Mark D. Fairchild (1998), Color Appearance Models, Addison Wesley.
- 8.Richard M. Adams II and Joshua B. Weisberg (1998), The GATF Practical Guide to Color Management, GATF.
- 9.Wyszecki and Stiles (1982), Color Science: Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae, 2nd edition, Wiley.

# 類神經網路結合呈色法於纖維鑑別之應用

Artificial Neural Network Combining Stain Test in Fiber Identification  
Applications

賴顯松

Sang-Song Lai

台南女子技術學院服飾設計管理系副教授

## 類神經網路結合呈色法於纖維鑑別之應用

賴顯松

台南女子技術學院服飾設計管理系

### 摘要

隨著紡織工業自動化之趨勢，利用統計方法去鑑別纖維，已成為紡織業追求快速反應系統的重要指標。為此，本研究以目前市售最大宗的棉/聚酯非織混紡布為材料，應用類神經網路結合呈色法，去建立鑑別棉/聚布料中纖維混紡率之模式，期盼改善目前呈色法無法鑑別布料中纖維混紡率的缺點。由實驗結果發現，本研究成功應用類神經網路，由織物染色後所呈現的CIE三刺激值，即X、Y、Z值，成功地建立了棉/聚織物混紡率的鑑別模式。其實際與預測混紡率間的相關係數高達98%，顯示本研究所架構之纖維鑑別模式具有很高的擬合能力。此外，本研究亦成功地建立一套纖維鑑別的新方法。在後續的研究裡，可依此方法架構其他紡織物混紡率的鑑別模式。

### Abstract

As textile institute becomes more automated, It has become possible to use statistics method to predict fiber identification, This has also become an important index in the determination of the rapid reaction system. Therefore, in the present study we employ the T/ C blended fabric currently most sold in the market place, applying the artificial neural network in conjunction with the stain test method to evaluate the blending ratio of T/ C cloth materials, trying to improve the defects where current color method is not able to discriminate the fiber blending ratio of cloth materials. From the experiment results it is discovered the present study succeeded in applying the artificial neural network. After fabrics dyeing the three CIE stimulation values X, Y, and Z tell us we succeeded in establishing a model for evaluating the blending ratio of T/C fabrics. Its correlation coefficient between practical and prediction blending ratio is as high as 98%, reflecting that the fiber identification model has very high fitting capacity. In addition, the present study succeeded in establishing a new method for fiber identification. In subsequent studies, other models for evaluating the blending ratios of other textile products can be established in accordance with the said method.

### 關鍵字詞

纖維鑑別Fiber identification

呈色法stain test



類神經網路Artificial neural network      混紡織物Blending fabrics  
色彩三刺激值Tristimulus value of color

## 壹、緒論

纖維種類鑑別是項古老的學問，其方法在紡織界的應用，已經相當純熟，無論是CNS、ASTM、JIS…等，均提供標準的鑑定方法。其不僅做為該纖維製品在精練、漂白及染整各道工程中藥劑選用及條件設定之依據；更提供服裝消費者對該製品價格定位之參考以及衣物洗滌保養之準則。可謂紡織基礎科學重要的一門學問，更為提高紡織品品質重要一環[1]。

目前紡織界常用纖維鑑別之方法，約有三種類型，包括光學鑑定法(顯微鏡法、紫外線法、紅外線光譜法)、物理學鑑定法(比重法、熔點法)及化學鑑定法(燃燒法、溶解法、呈色法)等[2~3]。唯其在使用過程中，卻常出現諸多問題點，茲分述如下：

一、相同化學組成之纖維，鑑別不易-如棉、麻、嫫縲等同為纖維素纖維，無法使用燃燒法及熔點法有效鑑別。

二、人造纖維因結構、組成成份係人為設計，造成鑑別困難-如絲結構、紡絲條件設計等因素，不同類別纖維可設計成相似的外觀結構，使顯微鏡法技窮；又因纖維改質，既雖為同類纖維卻有著不同化學結構，使得呈色法、比重法、熔點法及紫外線法等鑑別法失效。

三、有些纖維因無明確熔點，而無法使用熔點法加以鑑別。

四、混紡率的鑑別過於複雜-目前對於混紡織物的鑑別，大多僅以瞭解其是否為混紡品為主，而欲瞭解其正確的混紡率頗為困難。雖有應用溶解法，利用溶劑先溶解其中某一種纖維，再計算另一未溶解纖維重量百分率的方法，求計混紡率。然此法甚為複雜，且準確性堪慮。

五、以嗅覺、視覺觀察纖維鑑別結果，缺乏客觀性-如燃燒法、呈色法及溶解法等，即因鑑別纖維的結果，在判讀上相當主觀，容易因人為的因素，造成鑑別誤差。

雖然上述問題點，或可使用多種纖維鑑別法稍加解決，然在目前紡織業講究快速、便利、準確及客觀評估的原則下，確有創新之必要。以本研究選用的呈色法而論，其係具有快速、便利及費用低廉的特色，為目前紡織界最常使用的方法之一，但其在混紡率辨識及視覺鑑別客觀化上稍嫌不足，極待克服。為此，本研究擬利用分光儀(spectrophotometer)-SCOPE系統(Supreme Color Physics Expert Textile Dyeing User Guide)來進行未知素材染色後的測色，再以CIE(Commission International del'Eclairage)的三刺激值(Tristimulus Values)及色彩空間加以表示。盼由客觀的儀器測得數據，來取代人眼視覺比色觀察的誤差[4]。又目前呈色法比對用色卡均以單種纖維浸染後之色彩為主，並無混紡品之比對色卡，因此，對於混紡品無法正確檢驗其混紡率。為

此，本研究將聚酯與棉以不同比例混合，再經呈色法用鑑別劑進行織物的染色。之後，以分光儀測色，取得CIE三刺激值及色彩空間的數值。再應用類神經網路模式(Artificial Neural Network Model)，來進行織物混紡率與CIE三刺激值間的類神經網路訓練，利用其具高速計算能力、高容記憶能力、學習能力及容錯能力(Fault Tolerance)或模糊推論(Fuzzy reasoning)能力，建立織物混紡率與其色彩三屬性間的辨識分類模式，以期改善呈色法的兩大問題點，並建立一套纖維混紡率鑑別的創新方法。

## 貳、研究方法

### 一、實驗材料

本研究係以精梳棉與短纖維聚酯棉(1.5D×38mm)混紡之非織物為材料，進行相關研究。在混合率方面，係以纖維重量調配方式，由棉100%/聚酯0%；逐漸調混至棉0%/聚酯100%，經均勻混合後，共配置100組不同混合率的棉網。之後，再以PE(Polyethylene)粉末，經粉點塗佈法(Powder dots coating)，以20g/m<sup>2</sup>的塗佈量，均勻將膠粉散佈於非織物上。最後，經熱固著、後處理，製成非織物(Non-Woven)。

### 二、非織物的呈色

本研究選用日本化學藥株式會社(NIPPON KAYAKU COLTD)之kayastain Q纖維鑑別劑(染料)為非織物著色用料。其係依下列方法，進行非織物的著色：

- (一)將織物以中性洗劑洗淨。
- (二)以1%O.W.F的配比方式，將非織物浸入染浴中。
- (三)在60°C~70°C，浸染5分鐘之條件下，將織物染色。
- (四)取出非織物，經水洗、中溫烘乾後，待測色。

### 三、測色

本研究以SCOPE分光儀進行染色後非織物的測色工作，並以CIE色彩的三刺激值即X、Y、Z表色(Color Perception)。依CIE三刺激值X、Y、Z的運算，當CIE標準照明體照射在色物體上時，由CIE標準觀測者偵測到的物體色，可由下式表示[5、6、7]：

$$X=K \sum_{400}^{700} P_{\lambda} R_{\lambda} \bar{X}_{\lambda} \Delta_{\lambda} \dots\dots\dots(1)$$

$$Y=K \sum_{400}^{700} P_{\lambda} R_{\lambda} \bar{Y}_{\lambda} \Delta_{\lambda} \dots\dots\dots(2)$$

$$Z=K \sum_{400}^{700} P_{\lambda} R_{\lambda} \bar{Z}_{\lambda} \Delta_{\lambda} \dots\dots\dots(3)$$

$P_{\lambda}$  為標準光源的光譜能量分佈值,  $R_{\lambda}$  為色物體的分光反射率分佈值,  $X_{\lambda}$ ,  $Y_{\lambda}$ ,  $Z_{\lambda}$  為CIE光譜三刺激值,  $\Delta_{\lambda}$  為測定值的波長間隔,  $K$  為校正係數, 其目的是使  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  三值不受  $\Delta_{\lambda}$  大小影響, 而應由  $P_{\lambda}$  及  $R_{\lambda}$  來決定。

#### 四、相關分析

本節旨在探討非織物的三項刺激值與其混合率間的關係。係以Pearson 相關及顯著性檢定分析其兩者之相關性。

#### 五、類神經網路的訓練

本研究應用MLP(Multi-Layer Perception) 類神經網路, 架構非織物纖維混合率的鑑別之預測模式, 其共包含三層, 分別為輸入層、輸出層及隱藏層。其網路結構如圖1。在此, 本研究係以非織物的三項刺激值為網路輸入值; 並以棉/聚酯混合率為網路目標值(Target Value), 進行網路的訓練, 而整個計算過程對吾人而言是隱藏的。本研究在非線性轉換函數的選用上, 係使用雙彎曲函數  $f(x)=1/(1+\exp(-x))$ , 其函數值域介於(0,1)之間。網路學習旨在減小目標輸出與預測輸出兩者間之差距, 其學習品質可用能量函數表示, 而為了使能量函數達到最小化, 本研究採用最陡坡降法(Gradient steepest descent method)來完成。在監督式學習網路的學習過程中, 成果的評估, 通常以誤差均方根RMS(Root-mean-square error, RMS error)的收斂情形及混亂矩陣(Confusion matrices)來衡量[ 8、9], 本研究為建立預測模式的網路, 因其輸出層處理單元的預測輸出值  $Y$  與目標輸出值  $T$  均為實數, 其收斂程度可用誤差均方根值來衡量, 其公式為:  $SRM = \sum (T_j - Y_j)^2 / N$ , 其中SRM: 誤差均方根,  $N$ : 輸出層處理單元數目,  $T_j$ : 第  $P$  個範例的第  $j$  個輸出單元之目標輸出值,  $Y_j$ : 第  $P$  個範例的第  $j$  個輸出單元之預測輸出值。RMS值的範圍介在0~1.0之間, 如果收斂到0.1以下時, 則可視為收斂效果良好, 亦即網路學習成果佳。

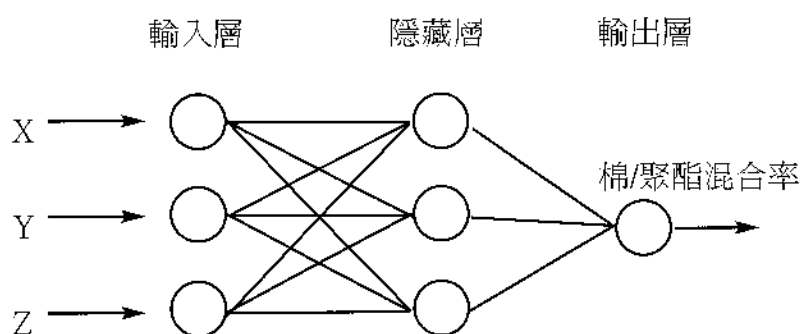


圖1 類神經網路結構

#### 參、結果與討論

本研究旨在尋得足以代表非織物纖維混合率的色彩，並據此應用類神經網路法，建立一套客觀鑑別纖維混合率的模式，克服傳統纖維呈色鑑別法以視覺比對所造成的缺點。茲將研究結果說明如下：

### 一、棉、聚酯纖維的色彩屬性

本節旨在探討棉/聚酯非織物在吸收纖維鑑別劑後，所呈現的色彩變化性。若棉/聚酯纖維混合後，確實存在色差或色彩的變異，則本研究始能據此進行以色彩鑑別纖維混合率的探討。表1是純棉及純聚酯纖維非織物的色彩分佈情形，由表中吾人發現，棉偏向藍色；聚酯則偏向黃色。此又由CIEL\*a\*b\*的資料中得到印證，分光儀在D65/10degree條件下，棉織物的L\*a\*b\*c\*h值分別為61.4763、-11.675、-4.134、12.386及199.496；而聚酯織物則分別為63.496、1.964、20.878、20.970及84.626。而為了更進一步瞭解棉(c)與聚酯(p)混紡後，其色彩分佈的偏向，茲取十一組不同混紡率的c/p非織物，繪製CIE的色彩分佈圖，其混紡率(%)分別為c/p 0/100、10/90、20/80、30/70、40/60、50/50、60/40、70/30、80/20、90/10及100/0，並以C<sub>0</sub>、C<sub>1</sub>、C<sub>2</sub>、C<sub>3</sub>、C<sub>4</sub>、C<sub>5</sub>、C<sub>6</sub>、C<sub>7</sub>、C<sub>8</sub>、C<sub>9</sub>及C<sub>10</sub>來表示之。由圖2及曼塞爾(Munsell)表色分析中發現，當棉與聚酯依不同的比率混合後，其色彩分佈，即逐漸產生變化。而其變化的軌跡，在由c/p混合率(%) 0/100至 c/p 100/0的過程中，L值即明度值並無顯著的變化；而a\*及b\*值則均由正值逐漸偏向負值。再由曼塞爾表色之資料中分析得知，隨著聚酯纖維混合率的增加，非織物色相(Hue)的變化歷程依序由藍色(B)→藍綠色(BG)→綠色(G)→帶綠色的黃(GY)→黃色(Y)。而在彩度(Chrome)值方面，則由3.02逐漸降至2.53，即彩度有下降之趨勢。至於明度(Value)值方面，則介於6.212至5.961之間，並無顯著變化。

表1 純棉及聚酯非織物色彩分佈

種類	X	Y	Z	x	y
棉	25.681	30.127	35.410	0.282	0.330
聚酯	31.043	32.185	21.036	0.368	0.382

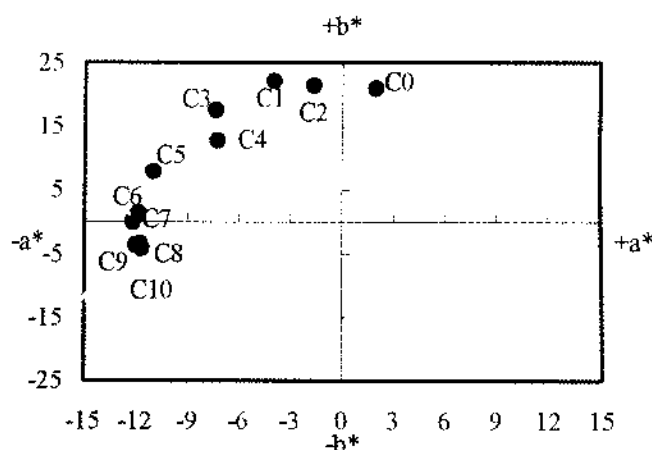


圖2 不同纖維混合率非織物的色彩分佈

由上述結果，吾人可發現，棉/聚酯混合非織物的色彩分佈，確實會隨著兩種不同素材比例的變化，而產生顯著變化。又為了更進一步瞭解此十一組樣本間的色差 (Color difference) 是否達到顯著性，故以CIE 1976所推薦的L\*、a\*及b\*色差公式，並設定「允拒收」條件為 $\Delta L^*$ 、 $\Delta a^*$ 、 $\Delta b^*$ 及 $\Delta E^*$ 大於0.8時，予以拒收。用以判別兩樣本間色差的程度。其公式為： $\Delta E_{ab}^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$ ，其中 $\Delta E$ 為色差值， $\Delta L^*$ 為明度差， $a^*b^*$ 則為CIE三刺激值X、Y、Z經轉換公式計得之值[10、11、12]。a\*：為紅-綠色座標，即紅綠色度差，正值表示帶紅味，負值表示帶綠味；b\*：為黃-藍色座標，即黃藍色度差，正值表示帶黃味，負值表示帶藍味。其結果如表2所示，由表中發現，純棉非織物當與聚酯纖維混合後，無論混合率為何，均產生「拒收」之結果，標準樣(100%棉非織物)與比較樣(不同棉/聚酯纖維混合率的非織物，其各樣本混合率變動率間隔10%)的 $\Delta E$ 值，隨著混合聚酯量的增加而提高。因此，吾人可瞭解不同混合比率的棉/聚酯非織物間，的確存在色差。換言之，確實可用色差的方式，來區別纖維的混合率。而為了更進一步瞭解，本研究各樣本的色彩分佈，其與混合率間的關連性，即以統計學上的相關分析(Correlation analysis)，來印證其是否達到統計上的顯著差異水準。由表3中發現，非織物X、Y、Z三項刺激值與其纖維混合率間確實存在顯著相關性。換言之，可利用類神經網路法建立其兩者間非線性的關係式。

表2 不同纖維混合率非織物之色差

比較樣	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta E^*$	允/拒收
c/p 10/90	2.621	7.665	26.223	27.446	拒收
c/p 20/80	0.067	9.982	25.524	27.407	拒收
c/p 30/70	2.756	4.248	21.659	22.243	拒收
c/p 40/60	2.100	4.378	16.865	17.550	拒收
c/p 50/50	2.224	0.703	11.988	12.213	拒收
c/p 60/40	2.019	0.490	4.074	4.573	拒收
c/p 70/30	0.714	0.184	5.354	5.404	拒收
c/p 80/20	2.172	0.069	0.785	2.311	拒收
c/p 90/10	0.826	0.304	0.535	1.030	拒收
c/p 0/100	1.732	13.639	25.011	28.541	拒收

註：1.標準樣為100%棉(c)，p為聚酯

2.測試條件：D65/10degrees

表3 非織物三項刺激值與混合率的相關係數矩陣

	混合率	X	Y	Z
混合率	1			
X	-.6224**	1		
Y	-.3985**	.9409**	1	
Z	.9603**	-.4224**	-.1876	1

註：\*：p<.01，\*\*：P<.001

## 二、類神經網路模式

本節旨在由不同混合比率棉/聚酯非織物之三項X、Y、Z刺激值，應用類神經網路法去建立一套客觀鑑定其纖維混合率的模式。在網路的訓練過程中，本研究係以非織物的三項刺激值為網路輸入值；並以棉/聚酯混合率為網路目標值，以MLP法進行網路的訓練。其模式訓練的結果，可由RMS的收斂情形及混亂矩陣來加以評估。由圖3中發現，RMS值會隨著網路訓練次數的增加而減小，而後逐漸呈現收斂的趨勢。當訓練次數為1000次時，曲線已逐漸產生收斂情形，RMS值為0.12；當訓練次數達2000時，RMS值減少至0.084，即已產生收斂之趨勢。又由表4中發現，網路模式之混亂矩陣中對角線上的元素值大，而非對角線上的元素值小。由上述二項評估顯示模式的訓練結果良好。此外，由圖4中發現，模式的預測值(目標值)與實際值(棉/聚酯非織物的實際混合率)間的相關係數高達99%以上，顯示模式具有很好的預測能力，即擬合(Fitting)能力。

表4 混亂矩陣

預測纖維混合物 實際纖維混合率	0	20	40	60	80
0	25	0	0	0	0
20	2	15	0	0	0
40	0	3	9	0	0
60	0	0	0	18	0
80	0	0	0	0	25

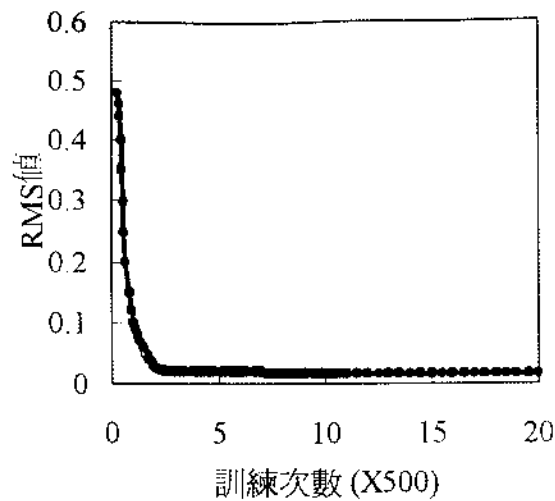


圖3 RMS的收斂情形

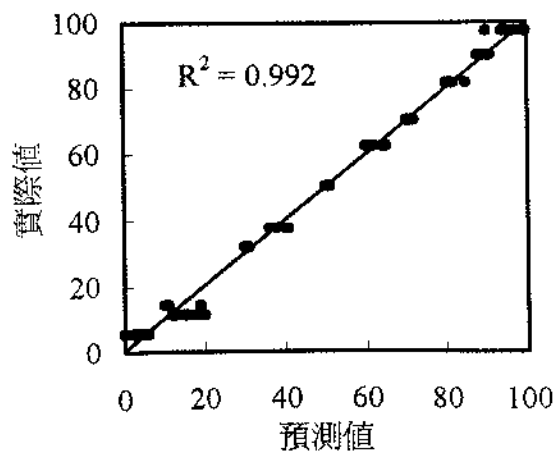


圖4 模式預測值與實際值之關係

### 三、模式考核

本節旨在考核類神經網路模式的擬合能力。首先，調配十組未參與模式建立及不同混紡率的棉/聚酯非織物，記下混合率，即謂實際混合率。再經呈色法著色後，利用分光儀計測三項色彩刺激值。之後，再代入已訓練好的類神經網路模式中，求出纖維混合率的預測值。最後，以模式殘差值(Residual)評估本研究所建立類神經網路模式之擬合能力。由圖5中發現，十組參與模式考核的非織物樣本中，其實際值與預測值的平均殘差絕對值僅為3.46；又實際值與預測值兩曲線間，幾乎吻合。顯見類神經網路的纖維混合率預測值與非織物實際混合率間相差量相當小，即本研究所建立的類神經網路模式，即使對於未知屬性的棉/聚酯混合非織物之纖維混合率，亦具有很好的預測能力。

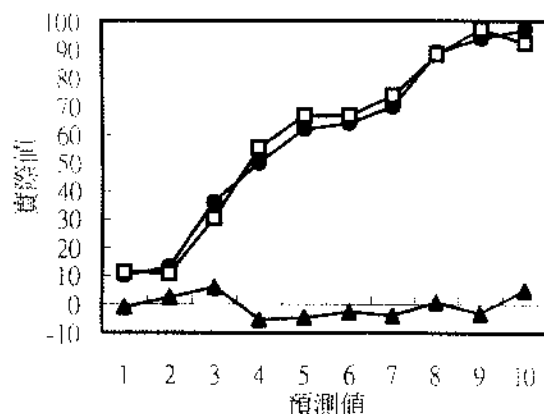


圖5 模式殘差圖

## 肆、結論

綜觀上述，吾人發現，kayastain Q纖維鑑別劑確實對棉及聚酯混合非織物的色彩分佈，具有區別效能。棉/聚酯非織物的混合率，在每10%間隔中，色差確實達到顯著差異。又棉/聚酯非織物吸收纖維鑑別劑後，測得的CIE三項刺激值X、Y、Z與纖維混合率間存在顯著相關性。因此，本研究得以據此應用類神經網路法建立預測纖維混合率的模式。經模式考核，本研究所建立的纖維混合率預測模式確實具有客觀、準確之特色。對於棉/聚酯混合非織物的纖維混合率鑑別，提供另一創新的方法。即，更成功解決目前混紡非織物混合率難予快速測定之問題；並以客觀數據資料改善視覺比對色彩所易造成誤差的缺失。在後續的研究裡，吾人將朝擴大混合纖維種類、織物結構類別及新纖維色彩鑑別，以建立織物鑑別色彩資料庫，並透過網際網路架構一套由織物三項刺激值X、Y、Z自動鑑別纖維的系統，以使纖維鑑別更加快速、準確及客觀。

## 伍、參考文獻

- 1.李恩平，"最新紡織檢驗學"，榮昇印刷公司，民國七十三年
- 2.J.E.BooTH, B.Sc., F.T.I, "Principles of Textile Testing-An introduction to physical Methods of Testing Textile Fibers, Yarns and Fabrics",高立圖書公司，民國七十四年
- 3.施中揚、顏明賢，"應用專家系統於纖維鑑別之研究"，第九屆纖維紡織科技研討會，第54~60頁，民國八十二年
- 4.王鴻榮、胡蓓棣，"應用染程分析儀研究織物組織材質對染色性之影響"，第十五屆纖維紡織科技研討會，第236~240頁，民國八十八年
- 5.Eugene Allen, "An Index of Metamerism for Observer differences", in Manfred Richter,



- editor, Color 69, Musterschmidt, Gottingen, pp.771 ~784,1970
- 6.L.B. Ascher, T.L. Harrington, and H.F. Stephenson, "Calorimetric Measurement of Retroreflective Materials. II. Daytime Conditions", Color Res. Appl., 3, pp.23~28, 1978
  - 7.Anni Berger and Andreas Brockes with N. Dalal, "Color Measurement In Textile Industry", Bayer Farben Rcvue, special edition No.3, Farbenfabriken Bayer, Leverkusen, Germany, 1964
  - 8.Kuo-Chin Fan, "Fabric Classification Based on Recognition using a Neural Network and Dimensionality Reduction", Textile Res. J. 68(3), Pp.179~185, 1998
  - 9.Baba, K.et al., "Explicit Representation of Knowledge Acquired from Plant Historical Data Using Neural Network", IJCNN-91, pp.155~160, 1991
  - 10.Anni Berger-Schunn, "Color and Quality Control in Industry", in Fred W.Billmeyer, Jr., and Gunter Wyszecki, editors. AIC Color77, Adam Hilger,Bristol, pp.181~197, 1978
  - 11.C.J. Bartleson, "Changes in Color Appearance with Variations in Chromatic Adaptation", Color Res. Appl.,4, pp119~138, 1979
  - 12.李陽世, "色彩技術原理與應用", 永大書局印行, 民國七十三年

