

面型 CCD 為基礎之平面白光光源色度量測系統

陳瑞彬、溫仁佑、魏子軒、蔡瑞鴻

國家實驗研究院儀器科技研究中心

binchen@itrc.org.tw

摘要

平面光源為顯示器中的關鍵零組件，對於平面光源品質檢測亦需格外重視，一般而言，平面光源的檢測項目主要有輝度(Luminance)、均勻度(Uniformity)及色度(Color)等。本文嘗試利用均勻光源、色塊及分光光色計，進行 CCD 的色度取像校正，以線性方式建立(RGB)CCD 與校正色塊三刺激值 (XYZ) 之轉換函數，爾後即可利用一面型 CCD 取像模組，以一次取像方式擷取平面光源資訊進行多點色度計算。有別於單點光色計檢測架構需搭配移動平台才能量測多點的色度座標值，以面型 CCD 取像模組進行量測可大幅提高多點量測的效率。

關鍵字：平面光源、色度、自動化光學檢測

一、前言：

一般常見的色座標表示法有 XYZ 表色系統、xy 色座標系統、La*b*及 Lu*v*表色系統等，其中以 xy 色座標系統最容易使人感知座標量值的色彩表現，傳統的色彩計算原理由光譜能量分佈及配色函數乘積之加總，如分光光色計之色度計算方式如式(1)所示：

$$\begin{aligned} X &= k \int_{\lambda} E_{\lambda} \bar{x}(\lambda) d\lambda \\ Y &= k \int_{\lambda} E_{\lambda} \bar{y}(\lambda) d\lambda \\ Z &= k \int_{\lambda} E_{\lambda} \bar{z}(\lambda) d\lambda \end{aligned} \quad (1)$$

其中 E_{λ} 代表量測物體的光譜能量分佈， $\bar{x}(\lambda)$ 、 $\bar{y}(\lambda)$ 及 $\bar{z}(\lambda)$ 為 CIE 1931 之配色函數，K 為一等化係數。本研究採用面型彩色 CCD 作為取像模組，CCD 擷取到光訊號為灰階值(Gray level)，其值是由 RGB 三分量所混成，可寫成：

$$L = r[R] + g[G] + b[B] \quad (2)$$

而色度的計算方式則是建立[R]、[G]、[B]三分量與分光光色計之[X]、[Y]、[Z]三刺激值之間的線性轉換函數，其轉換方式如式(3)所示。完成 CCD 的校正及建立轉換函數，當 CCD 擷取平面光源的光訊號，經由內部計算即可得平面光源的色度座標值。

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (3)$$

二、 研究方法

進行[RGB]及[XYZ]訊號轉換函數建立程序前，需先進行 CCD 的 Gamma(γ)特性化校正，將 CCD 的[R]、[G]、[B]分量之 Gamma 效應予以修正成線性；其次 CCD 取像模組中，光線經由鏡頭成像於 CCD 上時會產生中間亮邊緣暗的特性，影響量測精度，可藉由均勻場校正來修正 CCD 不均勻的特性[1]。

建立[RGB]與[XYZ]之色度轉換函數的實驗布置如圖 1 所示。積分球能提供出瞳處之均勻度達 99%以上之均勻光源[2]，色板亦由於使用特殊化學材料塗佈[3]，使色塊可提供均勻色度值。

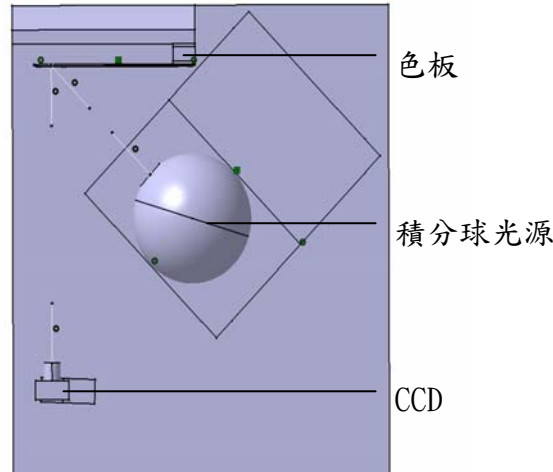


圖 1、色度轉換函數建立實驗布置

本研究進行色度轉換函數建立，採用 3 x 9 之轉換矩陣，以期能提高轉換精度，其轉換公式如式(4)，並進一步將 XYZ 表色座標轉換成使用者較能感知的 2 維 xy 座標系統，轉換方式如式(5)所示。

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = [3 \times 9 \text{ 矩陣}] \begin{bmatrix} R_{CCD} \\ G_{CCD} \\ B_{CCD} \\ RG_{CCD} \\ GB_{CCD} \\ RB_{CCD} \\ R^2_{CCD} \\ G^2_{CCD} \\ B^2_{CCD} \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} x &= \frac{X}{X + Y + Z} \\ y &= \frac{Y}{X + Y + Z} \end{aligned} \quad (5)$$

三、 研究成果

為評估係數轉換矩陣準確性，本文將 CCD 量測值及 PR650 分光光色計於相同環境分別進行標準色板及平面光源量測比對，分析 CCD 的色度量測功能是否符合預期成果。

（一） 色板量測比對

本面型 CCD 為基礎之色度量測系統主要目的在於量測白光範圍的平面光源，定義白光光源的色度座標在 $x: 0.25 \sim 0.45$ 與 $y: 0.25 \sim 0.45$ 區域範圍內的 xy 座標色度值，進行色板量測分析時，選取近似白光的色塊進行比對，量測方式如圖 2 所示。

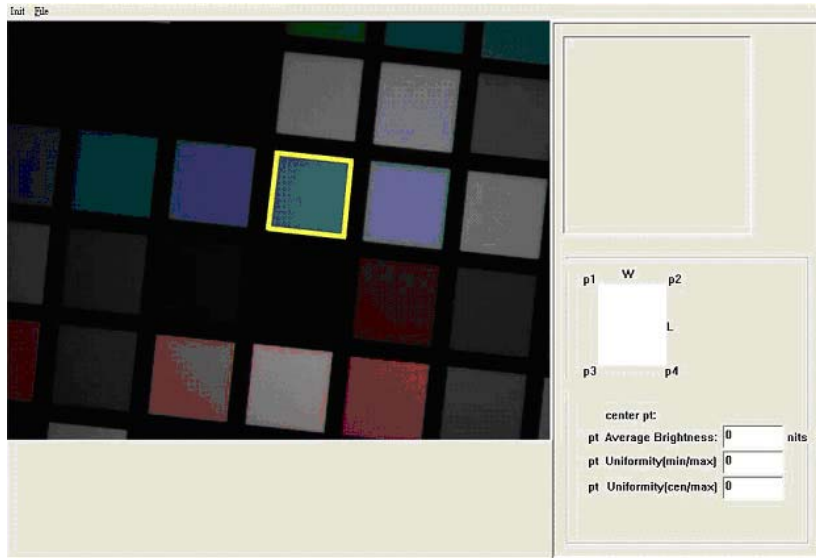


圖 2、CCD 擷取之白偏藍色塊量測圖

利用 CCD 取像的 R、G、B 輝度值透過係數轉換矩陣求得待測顏色的 X、Y、Z 三刺激值及 xy 色度座標值，再以 PR650 分光光色計量測相同色塊，評估兩者間分別在 x 及 y 座標的誤差量，色塊量測比對過程分別選取白色、白偏黃及白偏藍三個色塊，其評估結果最大之誤差量為 1.88 % 符合誤差小於 3 % 的預期目標，詳細結果比對如表 1 所示。

表 1、色塊量測值與標準值比對結果

	量測值 x	標準值 x	誤差%	量測值 y	標準值 y	誤差%
白	0.3352	0.329	1.88	0.3487	0.346	0.78
白偏黃	0.3598	0.354	1.64	0.3722	0.379	1.79
白偏藍	0.2804	0.282	0.57	0.3323	0.331	0.39

（二） 平面光源量測比對

本研究的主要目的為平面光源的色度量測，本文選擇一手機用 LED 光源的背光模組作為量測比對之樣品，其外觀如圖 3 所示。分別以本文提及之 CCD 及 PR650 分光光色計量測該背光模組，同樣量測中心點之結果發現，其色度值於 xy 座標系中的誤差分別 x 座標為 0.9 % 及 y 座標為 1.3 % 皆達到預期目標，詳細量測值如表 2 所示。



圖 3、背光模組外觀圖

表 2、背光模組量測值與標準值比對結果

	量測值 x	標準值 x	誤差%	量測值 y	標準值 y	誤差%
背光模組	0.300	0.3026	0.9	0.308	0.3041	1.3

利用 CCD 進行 Full frame 量測亦可同時取得背光模組最大與最小色度量值及位置，分析整體平均色度等功能，提高整體色彩量測的效能，圖 4 為 CCD 量測 100 點的量測介面。

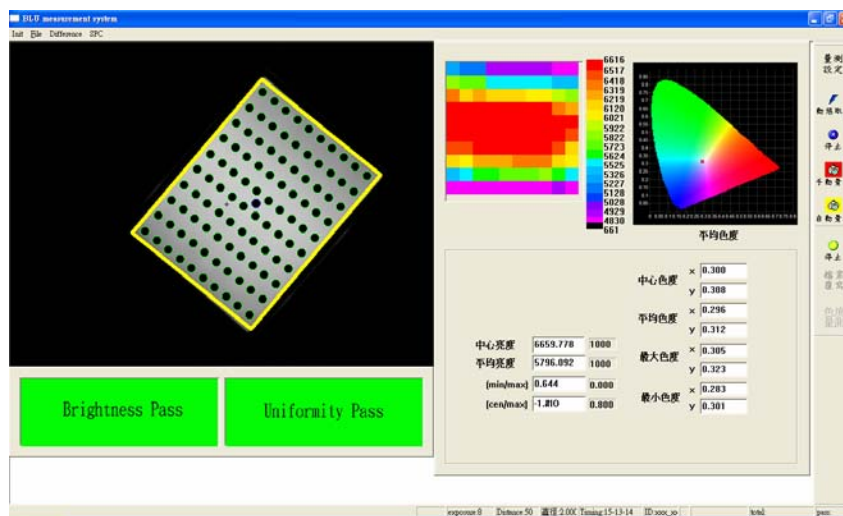


圖 4、CCD 量測介面圖

四、 結論與建議

色度項目為各種發光體的檢測項目之一，本文提及之 CCD 為基礎的色度量測系統適用於 4 吋以下的平面光源的量測，藉由一次取像可分析平面光源各點位的色度值，對於平面光源開發過程或生產線上品管檢測可提供較有效率的量測結果。實際應用上，本系統可整合輝度量測項目，讓同一顆 CCD 可進行多樣化的量測功能。為因應平面電視的需求，平面光源也持續朝大尺寸發展，同樣的也需要適當的量測設備輔助，因此未來仍可以此套系統為基礎開發新的量測系統，或整合更多樣的量測項目，

提升系統的效率。

五、 參考文獻

- (1)F Grum and R. J. Becherer, "Optical Radiation Measurements, Volume.1 Radiometry", Academic Press, Inc., 1979.
- (2)Test Report 21599-4-1,Labsphere Inc,. 1998.
- (3)[Http://www.gretagmacbeth.com](http://www.gretagmacbeth.com)