

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

應用視覺函數提昇色彩辨識效果之研究

計畫類別：x 個別型計畫 整合型計畫
計畫編號：NSC 89-2411-H-034-014
執行期間：89 年 08 月 01 日至 91 年 01 月 31 日

計畫主持人：魏裕昌
共同主持人：郭文貴

執行單位：南華大學 出版學研究所

中 華 民 國 91 年 4 月 30 日

應用視覺函數提昇色彩辨識效果之研究

計畫編號：NSC 89-2411-H-034-014

執行期限：89/08/01~91/01/31

主持人：魏裕昌 執行機構名稱：南華大學出版學研究所

共同主持人：郭文貴 執行機構名稱：中國文化大學紡織工程學系

摘要

影響色彩真實性之重要因素有如：光源與照明、觀測者、物體大小、觀測角度等。過去半世紀多以來，很多相關研究大都著重在不同光源與照明所造成的色彩真實性現象上，但是，至今仍無法獲得一理想的色彩真實性評估模式，即未能有一色彩真實性評估模式在不同的照明條件下能精確、客觀而有效評估色彩真實性之準確性，其中重要影響因素之一就是視覺函數。雖然，國際照明委員會(CIE)曾推薦二組視覺函數用於評估色彩真實性之模式中，但是此函數應用於不同色彩真實性模式之精確性與客觀性仍受到來自多方研究者之爭議，均認為與實際情況不吻合。

由於色彩真實性之準確性對於配色與對色應用上，以及視覺傳播技術管理上均非常重要，而且亦有很重要的影響。因此，本計畫對於視覺函數與色彩真實性之評估進行探討與研究。結果顯示採用所導演之一組新視覺函數評估色彩真實性之模式具精確、客觀而又有效性，以及提升視覺傳播技術與管理，並能提供業界與學術界之應用與參考。
關鍵詞：視覺函數、照明、國際照明委員會、色彩真實性

Abstract

As for colour applications, colour fidelity is an extremely important event in colour industry and visual transmission. The factors affecting colour fidelity have the changes in illuminants, observers, field sizes, the geometries of illuminating and viewing, and so on. In the past fifty years, most studies published were focused on the changes in the

illuminants, but still no ideal estimation model could be found due to the observers also one of the important factors on colour matching in colour industry and designs in visual transmission. In the meantime, besides illuminants, the effectiveness of an ideal model on colour fidelity is usually determined by the main factor of visual functions. Although the Commission Internationale l'Eclairage (CIE) has recommended two set of visual functions used in the CIE estimation model for colour fidelity, there still are many arguments between different researchers on the colour matching results under a reference illuminant (say D65). Most of the researchers indicate that the CIE model is not a satisfactory one due to the results obtained by the CIE model not agreeing with visual data very well. Therefore, this proposal is made to investigate the effect of various visual functions on colour fidelity, and to integrate adequate new visual functions for accurately quantifying colour fidelity for the applications in colour industry and visual transmission.

Key words: colour fidelity, illuminant, CIE, visual functions, visual transmission

1.前言

色彩真實性(colour fidelity)包含對於單一顏色外觀之因某種因素之變化性，以及對於顏色刺激(colour stimuli)之間變異性。在工業應用與設計上，色彩真實性具有相當重要的影響，例如：造型設計，平面設計，工業色彩品質之管理，生產線上色料配方之選擇，以及物料管理等。一般而言，在傳播設計上，若沒有掌握好物

體或影像表面色之變化情況，將會影響原造型設計或平面設計之意義而失去其原有之價值，亦即可能從無價之寶而變為破銅爛鐵之慘狀。另外，在工業應用上，選擇色料配方組合乃基於兩個重要因素：生產成本與色變異度。最便宜而且符合可接受演色性度之配方即為所求。然而，實際上在交易過程中客戶與業者之間仍常常發生顏色品質上之爭議，結果乃造成生產及交期之延遲，甚至造成重大之損失。此問題乃在於缺乏一個穩定客觀評估色變異度之模式。在過去半世紀以來，很多研究大都著重在預測不同光源與照明所造成之色彩變化現象，譬如，CIE 建議照明色變異度可藉由照明色變異指數(Illuminant metamerism index) 評估其照明色變異度 [CIE 1986]。其中，即採用色差值(ΔE)表示之。目前，CIE 所推薦的色差公式仍是 1976 年所導出的 CIE $L^*a^*b^*$ [CIE 1986]。不過，很多研究實驗結果都已證明 CIE $L^*a^*b^*$ 對於小與大視覺色差的預測精確性均不佳 [Clarke et al. 1984, Luo and Rigg 1987a, b, Berns et al. 1991, Kuo and Luo 1996]。同時，至今雖已有很多研究者提出較佳的色差公式，例如：CMC(l:c) [Clarke et al. 1984]、BFD(l:c) [Luo and Rigg 1987a, b]、CIE94 [Berns et al. 1991] 等，不過，每一色差公式仍不能有效的預測在各種光源與照明下的照明色變異度，而影響其結果主要因素之一即為觀測者視覺函數 [Clarke et al. 1984, Luo and Rigg 1987a, b, Kuo and Luo 1996]。因此，若欲改善色差公式對於照明色變異度之預測結果，則必須具備一個客觀穩定之評估模式，而決定此模式評估效果之主要因素則為視覺函數。

以往在觀測者視覺函數評估模式上之研究極少，直到近年來才逐漸受到重視。早期提出此類研究成果中最具代表性者為 Allen [1970] 之相關性

研究。最近乃由 CIE [1989] 所推薦之觀測者視覺函數評估模式為代表。然而，CIE 評估模式所使用之視覺函數其客觀性與精確性仍有待探討。因為，在 CIE 導演此視覺函數時具有兩項重要缺失：(1) 所採用之樣本在實物上是不存在的；(2) 只採用同一組實驗與觀測者，即 Stiles 與 Burch [1959] 之 53 位觀測者之視覺資料。因此，在應用時與實際情況之吻合性不佳。正如最近研究者所提出類似的結論，例如：North 與 Fairchild [1993a, b]，及 Rich 與 Jalijaji [1995] 等之實驗結果皆認為 CIE 觀測者視覺函數評估模式所預測之結果與其實際觀測者實驗結果不吻合。因此，CIE 觀測者視覺函數評估模式仍未能夠被業界接受而廣泛使用。

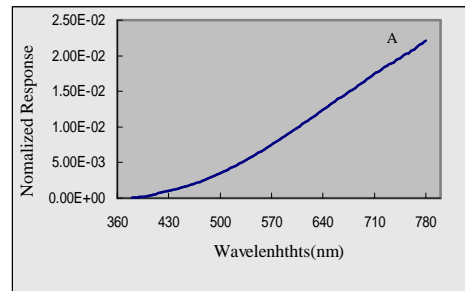
由以上可知，色彩真實性之評估至今仍未有較精確與客觀性之模式，其關鍵在於未能有適當且具客觀性與精確性之視覺函數。然而，具有適當性及客觀性準確性之視覺函數對於傳播設計(如視覺傳播、平面傳播、造型設計等)，以及在色彩工業上，如配色、對色應用上與色彩品質管理上均有相當大的影響及重要性。例如，在傳播與造型設計、印刷油墨印製、紡織染色與印花、油漆、塑膠、彩電等之配色與對色或合色上，若無精確而客觀的觀測者視覺函數評估模式，不但時常會造成顧客與業者間的爭議，而且亦延遲生產作業程序，進而提高生產成本，甚至會造成重大的損失。因此，適當的觀測者視覺函數之研究乃是當前刻不容緩之重要課題。有鑑於此，本專題計畫採用自行推導並具有客觀性與精確性之視覺函數，以及就其對於色彩真實性評估之影響做進一步之探討與研究，以期能提高色彩真實性評估模式之準確性，並可以作為業界與學術界之應用與參考。

2. 實驗

2-1 色差樣本之製備

本實驗中採用酸性染料對羊毛織物進行染色，然後水洗、燙平。

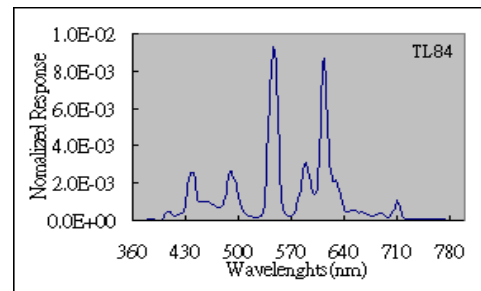
色變對樣本之染色配方是採用電腦配色系統配色而得，其中是選擇色變異大的配方以進行染色。其原則為：使所製備之色差樣本必須能涵蓋一廣泛完整之色域。



A 光源光譜分佈圖

2-2 色差樣本顏色之測定

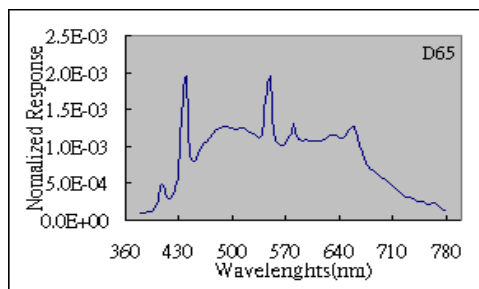
採用 Macbeth MS2020+分光儀對染色所獲得的 55 色差樣本進行顏色之測定。在判色實驗之前、中、後各測定一次，以確保在實驗過程中樣本外觀保持不變。其結果顯示以色差公式 CMC(1:1)表示平均色差值為 0.07，其包含色差最大為 0.25，最小為 0.01，此結果表示在實驗過程中樣本外觀保持不變，以及由平均色差值為 0.06，其包含色差最大為 0.22，最小為 0.03 可知測色穩定性極佳。



TL84 光源光譜分佈圖

2-3 光源之測定

本實驗中所採用之人造光源如 D65, A, TL84 等以光譜輻射測定儀 (PR-650 Spectroradiometer)關係採用 CIE 0°/45° 標準照明與觀測之光學幾何條件測定各光源之光譜能量分布, D65, A, TL84 光源之光譜能量分布如下各圖所示。



D65 光源光譜分佈圖

3. 結果與討論

3-1 觀測者精確度分析

本實驗中視覺色差判定實驗是由 13 位觀測者在多光源標準對色燈下進行實驗所完成。觀測者色差判定實驗結果之精確度以 (CV%)表示，理想情況下亦即觀測者色差判定實驗結果均完全一致則變異係數值為零，相反的變異係數值愈大則表示觀測者色差判定實驗結果之精確度愈低。在本實驗中觀測者色差判定實驗結果之精確度平均變異係數值為 29，此結果與其他研究結果相似[8]，亦即本實驗中觀測者色差判定實驗結果與一般觀測者之判定誤差(約 30)極相近。

另外，在本研究中亦蒐集另一組由 Obande[9]實驗所得之視覺色差資料一起併入，用以能客觀地檢驗視覺函數提昇色彩辨識效果。不過，在 Obande 之實驗中觀測者之判色精確度較差，在人造光源如 D65, A, TL84 下之精確

度分別為 76, 42, 45 百分誤差，亦即平均百分誤差約為 54。

3-2 視覺函數提昇色彩辨識效果之比較分析

本實驗中是採用本研究中所獲得之新視覺色差資料與 Obande 者等兩組得自不同實驗結果進行評估新視覺函數(如圖 1 所示)與其他具代表性之其他二視覺函數 CIE1964, CIE Standard Deviate Observer (CIESDO)[7]對色彩辨識之優劣性。結果顯示，由本實驗導演所得一組新的視覺函數與 CIE 1964 對色函數之差異如圖 1 所示。由圖 1 中顯示新的視覺函數中代表紅色刺激的視覺函數與 CIE 1964 對色函數中者(如 $x(\lambda)$)相差最大。

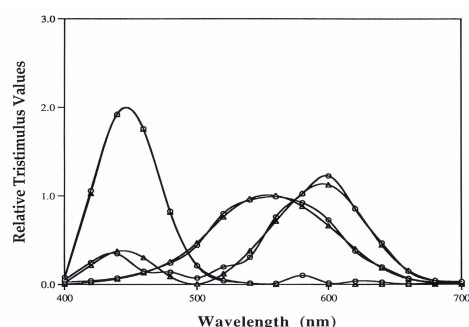


圖 1: 新視覺函數(O)與 CIE 1964 對色函數(U)之比較

對於在 D65 照明下色彩差異之評估表現則以新的視覺函數最佳，亦即可與視覺色彩差異判定結果較為吻合。新的視覺函數與 CIE1964, CIESDO 視覺函數對視覺色彩差異預測之百分誤差總平均值分別為 24, 30, 28。由此可知，新的視覺函數對於色彩辨識效果有顯著之提昇。

4. 結論

本研究中製備 76 對色變對樣本並以這些色變對樣本進行判定色差實驗，其結果經變異數分析後即成為一

組視覺資料，而且此組視覺資料可應用於推演視覺函數。由本研究結果顯示不但推演得一組視覺函數，而且應用此組視覺函數可改善在人造光源(D65)下色彩辨識效果之情況，亦即可使儀器預測結果與視覺資料得到一致性相當好的結果。此結果亦表示本研究之結果對於一般電腦配色系統之對色效果有特定改善之效果，以及亦可應用於觀測者色變異之研究，實值得做更進一步之相關性研究，以利於色彩工程技術之轉型與提升，以及提供業界與學界之參考。

謝誌

首先感謝國科會提供本研究之經費。本實驗期間承蒙高逸股份有限公司高總經理提供寶貴意見以及其它相關設備與工作人員之協助，使本研究得以順利完成，在此一併謹致最誠摯謝意。

參考文獻

1. CIE, Colorimetry, 2nd Edition, CIE Publication No. 15.2 (1986).
2. Allen, E., An index of metamerism for observer differences, in Color 69, The First Congress of Int. Colour Assoc., Stockholm, Vol. 2, Musterschmidt-Verlag, Gottingen, 771 (1969).
3. CIE, Special metamerism index: change in observer, First Edition, Publication No. 80 (1989).
4. Stiles, W. S. and Burch, J. M., N.P.L. colour-matching investigation: final report, *Optica Acta* **6**, 1 (1959).
5. North, A. D. and Fairchild, M. D., Measuring color-matching functions part 1, *Color Res. Appl.* **18**, 155 (1993a).
6. North, A. D. and Fairchild, M. D., Measuring color-matching functions

- part 2 New data for Assessing observer metamerism, *Color Res. Appl.* **18**, 163 (1993b).
7. Rich, D. C. and Jalijali, J., Effects of observer metamerism in the determination of human color-matching functions, *Color Res. Appl.* **20**, 29 (1995).
 8. Kuo, W. G. and Luo, M. R., METHODS FOR QUANTIFYING METAMERISM. PART I – VISUAL ASSESSMENT, *J. SOC. DYERS COLOUR.* **112**, 312-320 (1996)
 9. Obande, O. D., *Measurement of Metamerism*, Ph. D. Thesis, Bradford University, Bradford, (1981)

