

色彩差異因素對物體色色彩調和的影響

莊明振* 葉青林*

* 國立交通大學應用藝術研究所

(收件日期:87年10月25日;接受日期:87年11月30日)

摘要

在色彩調和理論的研究上，Moon & Spencer 曾提出的色彩量化的模型，分別以色相差、明度差與彩度差為量尺，對調和區與不調和區加以定義。但將人對色彩的視覺過程，獨立成三個向度來考量，似不符合人的視覺經驗。因此，歐立成等以均勻色彩空間中兩色點的距離，定義同時涵蓋色相差、明度差與彩度差的綜合色差 (ΔE_{*ab})，並以色光為顯色條件，探討色差與面積因素對色彩調和的影響，得到初步的結果。為了使這色彩調和理論的研究更為完整，本研究將以物體色為顯色條件，來繼續探討色彩差異與物體色色彩調和的關係。

在進行這研究主題之前，我們以並置、穿插、包圍與不規則鄰接線，這四種不同的造形關係，當成測試圖形，分別進行實驗，以探討造形關係對調和度的影響。實驗結果顯示，四種造形關係所反應的色彩調和度，有顯著差異；而以不規則鄰接造形的影響程度最大，其它三種造形之間則無顯著差異。為色票製作的方便與經濟性，接著的色彩調和實驗圖形，就採最簡單的並置關係來進行。

在探討綜合色差與調和度的關係，我們假設色彩差異與調和度之間，存在某種函數關係。在實驗中，以色票呈現 390 組不同色差的雙色配色圖形，讓受測者針對每一組配色，進行調和度的評分。實驗結果顯示，色彩差異與色彩調和之間，具有三次曲線的函數關係，此與色光色的實驗結果相似；然而，其曲線特徵與色光色的實驗結果不同。而根據此曲線，可將色差分成類似調和、曖昧與對比調和三個區。

此外，針對傳統的配色原則作檢證的結果顯示，當配色的明度對比很高時，其調和度較高。而當配色的色相相同，但明度、彩度不同時（同色相配色），調和度較高。若配色中，包含觀者的喜好色，則該配色的調和度亦明顯提高。然而，其他的配色原則，如「等值配色」等，在本研究中，並未具有較高的調和度。

關鍵詞：色彩調和、物體色、色彩差異、均勻色彩空間、Moon & Spencer 色彩調和

一、前言

調和的主要因素包含心理層面，所以只要能使心情愉悅的配色，就是色彩調和（林書貌，1993）。雖然，在早期的心理學文獻裏，有許多關於色彩喜好與意義的討論，但對色彩調和這

個極為複雜議題的討論卻相當稀少，其中主要的原因是樣本選用的困難度（因為有無限可能的色彩）。

探討調和問題，最早可追溯到希臘哲學家亞里士多德，他主張色彩明度的白量與黑量之比例為 2:3 或 3:4 等簡單配合，色調會覺得舒適（林書銳，1993）。之後，文藝復興時期的藝術家達文西則是最早注意到「色彩調和」問題，但僅只關注在「色相調和」（鄭國裕，林磐聳，1993）。這些古典時期的色彩調和探討是基於自己本身的經驗。接著，則是調和與不調和系統假設的提出，這些色彩學者有 Bezold（1874）、Brücke（1887）、Munsell（1905）與 Ostwald（1923）等。他們皆相信有一些不變的關係，存在於主觀經驗與客觀的刺激屬性之間。Burchett（1991）曾從一些色彩相關書籍中，以內容分析法（content analysis）將影響色彩調和的因素歸納成六項類別，依重要性排列如下：個人差異與文化因素（association）、色秩序因素（order）、色彩造形因素（configuration）、色面積因素（area）、色彩間交互作用（interaction）、色彩間相關性（similarity）。

在尋求刺激與經驗之間色彩調和關係，Moon and Spencer（1944）嘗試以數學公式來達成。他的想法是以秩序作為基礎，強調色彩的安排可視為秩序的組合，如同在色彩空間上（ ω -space），能保持簡單的幾何形態；另外，並提出「曖昧區域」的中心觀念，劃分調和與不調和區間範圍。當 Moon and Spencer 的研究提出後，有些學習用實驗加以檢證的結果並不理想，因此也遭受到許多抨擊（Pope, 1944；Granger, 1953, 1955a）。此後，也有一些研究者，試圖以量化方式來探討色彩調和的問題（Granger, 1955b），但至今尚未有顯著的成果。所以這個問題實有繼續探討的重要性。

Moon and Spencer 劃分調和區與不調和區，乃是將 Munsell 色相差、Munsell 明度差、Munsell 彩度差，這三個向度分別獨立劃分，再累積計算其調和度。然而，這顯然與人的視覺經驗不同。在探討色彩對比與視力關係時，陳詒良等（Chen & Yu, 1996），曾提出「綜合色差」作為色彩對比的觀念。因此，歐立成等（Ou & Chuang, 1997）首先提出同時涵蓋色相差、明度差、彩度差的綜合色差概念，進行色彩調和的研究。

歐立成等採用電腦色光（CRT）作為顯色方式，在雙色配色的情況下，探討色差與色面積因素兩者對色彩調和的影響，並對傳統的色彩調和理論作檢證。其實驗結果顯示，配色中組成色的色差，與該配色的色彩調和度之間，具有二次曲線的函數關係。在這個函數曲線中，可將色差範圍分為四區，與 Moon and Spencer（1944a）色彩調和理論中的「第一 曖昧」、「類似」、「第二 曖昧」、以及「對比」等四個區域相對應。而此研究的最大侷限在於採用電腦螢幕的色光來呈現色彩，其乃色光配色下的結果，與實際生活中的視覺經驗有所差異。因為人們在日常生活所接觸的色彩，大多為物體色，而非光源色。

因此，基於色彩調和理論的完整性，本研究承續上述的綜合色差概念，以物體色為顯色基礎來探究色彩調和，並比較其與光源色顯色條件下結果之差異性，也再次對傳統的配色理論作驗證探討。

二、研究方法

2-1 測試圖形

歐立成 (1997) 的研究中，為了儘可能包含大部分的二色相鄰關係，以及考慮容易改變相鄰圖形的面積比，而不會改變其相鄰關係的特性。在實驗中設計了一個特殊的測試圖形 (圖 1.(b))，來涵蓋並置、穿插、包圍與不規則鄰接線等不同的鄰接狀況 (圖 1.(a)) 的特性。但在本研究的實驗，色彩樣本的呈現將以色票裁切拼貼，這種圖形將不易製作。因此欲以其他較易製作的色票造形代替。但使用何種造形對調和度的影響為何？究竟要選用何種造形，才可兼顧影響程度與製作樣本的簡易性？為決定測試圖形，先進行下述之實驗。

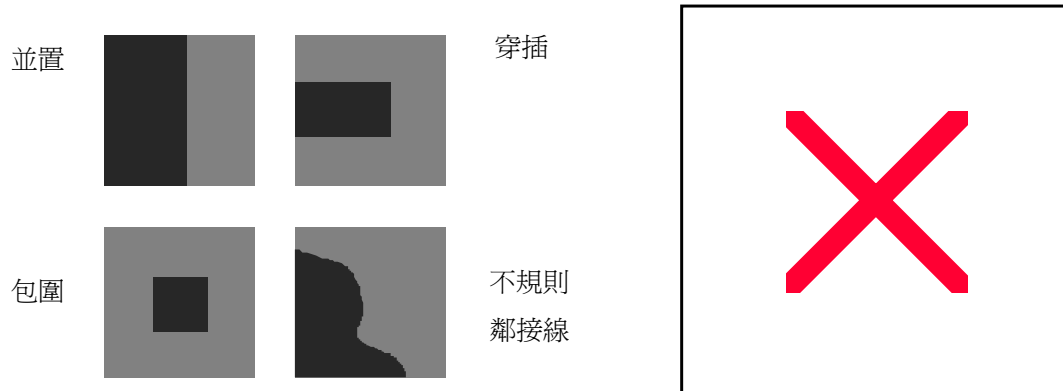


圖 1 (a) 四種二色相鄰的造形關係

圖 1 (b) 歐立成研究中所使用的測試圖形

2-1.1. 測試圖形對色彩調和之實驗

在這實驗，我們以不同的相鄰造形，來進行色彩調和實驗，以比較不同造形所反應出來色彩調和度間的差異。實驗中，分別以並置、穿插、包圍、不規則鄰接線，這四種「二色相鄰造形」(圖 1.(a)) 的測試圖形，比較在相同色彩組合下，色彩調和的差異。

在色彩樣本的選取，考慮到這實驗的結果能與先前的實驗結果相比較，就從歐立成 (1997) 研究所測試的配色樣本中，共選取了共 15 組配色樣本，包括高色彩調和度、中色彩調和度與低色彩調和度的配色 (根據歐立成的研究結果) 各 5 組。選取的原則是儘可能涵蓋高、中、低等不同色彩調和度的配色，以及各種色差大小與色力臂比範圍的配色。

如同歐立成的研究，這個實驗也在電腦螢幕上操作進行。為了控制螢幕顯色的穩定性，我們選用穩定性較高的電腦螢幕 (Panasonic 15GA Monitor, VGA Card, Super-3 805, 16.7M)，並且設定了一些觀看條件與色彩校正步驟，設法讓每位受測者在螢幕上所看到的色彩偏差情形降到最低。另外，每次實驗前，先讓螢幕充分暖機約 30 分鐘，再開始實驗，並密集安排受測者，緊接著進行實驗，避免實驗中電腦螢幕太多停滯，或開機關機的動作。

在實驗過程中，為了避免不必要的光線干擾受測者，我們在一個以黑色布幔隔絕外界光線的房間內進行實驗，實驗中只有電腦螢幕是唯一的光線來源。實驗的進行，依相鄰造形關係的不同，共分為 4 組實驗，如圖 2 所示。在每組實驗裡，配色圖形的面積比在實驗中保持固定 (大略為 1:1)，且以亂數決定 15 組配色呈現的次序，讓受測者觀看，並對每個色彩配色的組合，記錄受測者感受的色彩調和度。記錄方式從 0 分到 100 分之間 (分為 11 等級)，由受測者將滑鼠指標移動到適當的分數，按下滑鼠後，再按確定鍵即告完成。每位受測者在這部份的實驗，共進行 60 次的評分 (15×4)，整個實驗進行約需 15~20 分鐘。

參與本實驗的受測者共 32 位，學歷均為大學程度以上，色視覺正常的國人。年齡層分佈在 18~38 歲之間，平均年齡為 21.44 歲；其中男性有 22 位，女性 10 位；設計背景者 18 位，

非設計背景者 14 位。

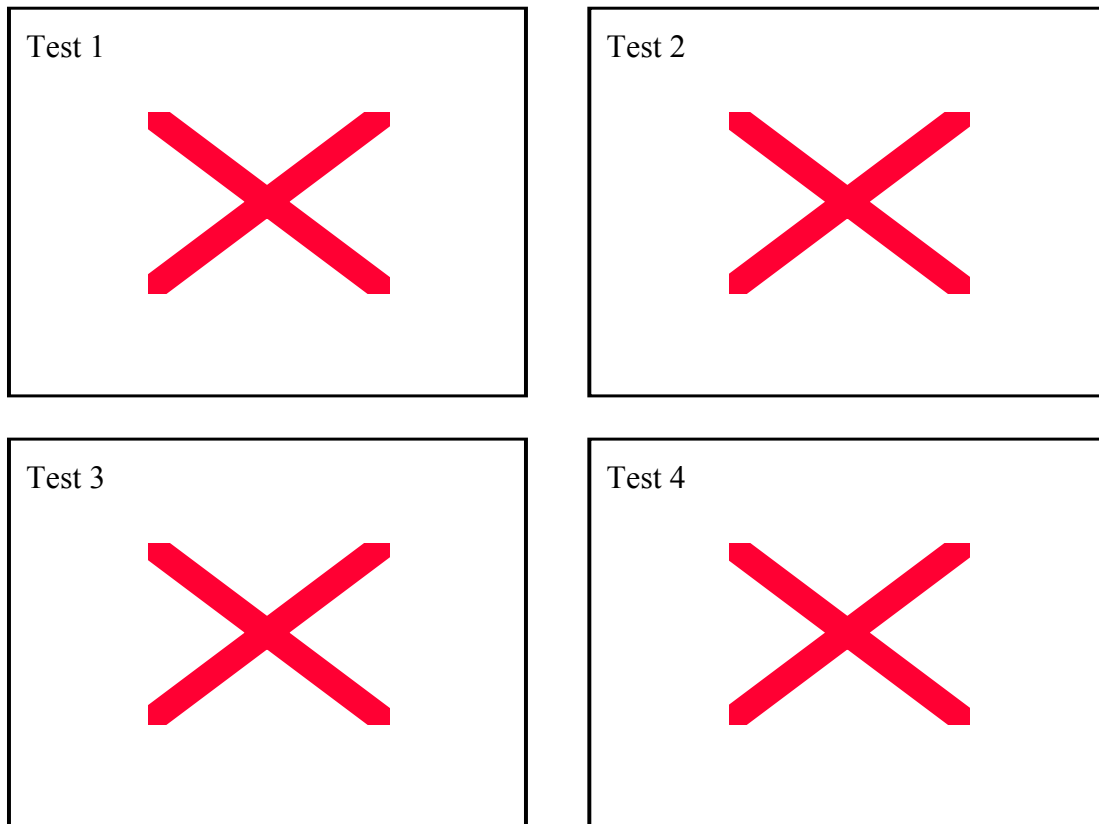


圖 2 古螢幕上顯現的造形關係之調和實驗測試畫面

2-1.2. 測試圖樣對色彩調和度的影響

上述實驗所得的資料，我們以混合設計的三因子變異數分析。在此，因我們要檢定色彩調和是否因人而異，把受測者當成變數來處理，而以每種調和程度之 5 個色彩組合作為受試者來處理，因此就調和程度其為受試間設計，而就相鄰造形及受測者而言，其為受試者內之設計。以此實驗設計分別就 4 種相鄰造形、3 種調和程度，以及 32 受測者之間的差異性，進行統計檢定，主要效果的結果如表 1 所示。由表中可看出，四種不同相鄰造形所對應的調和度，三種不同調和程度配色所對應的調和度與受測者之間對調和判定的差異，在統計的檢定上，都分別具有顯著的差異性。這表示上述三項變數，都對色彩調和度造成顯著影響。

表 1 完全受試者內設計的造形與配色之變異數分析結果

變異來源	Sum of squares	df	Mean Square	F	Sig
受測者	17.71	31	.57	6.68	0.000
Error	31.82	372	.86		
相鄰造形	1.09	3	.36	16.43	0.000
Error	.79	36	.022		
調和程度	12.22	2	6.11	6.29	0.014
Error	11.66	12	.97		

若進一步探討這四種相鄰造形之間的差異，可從其平均色彩調和度來看（表 2），發現不規則鄰接圖形所反應的調和度平均值（59.2），明顯高於其他三種造形的平均值；接著，進一步以對照比較（contrast test）（表 3），兩兩比較其差異性。結果發現並置、包圍與穿插三種造形相互之間，並沒有顯著的差異；但是三者與不規則鄰接造形相互比較，都有顯著的差異存在。因此，我們推論在本實驗中，不規則鄰接造形對色彩調和度的影響程度最大（有較高的調和度）。另外，從表 2 也可看出四種造形調和度的標準差當中，並置造形的離散情形最小（Std. Error=1.50）。也就是說，受測者對並置造形所反應的調和度情形較為一致。

表 2 四種造形下的調和度平均值

造形	Mean	Std. Error
並置	55.66	1.50
包圍	53.47	2.14
穿插	53.52	1.84
不規則鄰接線	59.27	2.03

表 3 四種造形下的調和度對照比較

變異來源	Sum of squares	df	Mean Square	F	Sig
並置-包圍	153.12	1	153.12	1.94	0.173
(Error)	2441.98	31	78.77		
並置-穿插	147.34	1	147.34	1.83	0.180
(Error)	2426.43	31	78.27		
並置-不規則	415.68	1	415.68	4.88	0.035
(Error)	2638.09	31	85.10		
包圍-穿插	0.05	1	0.05	0.00	0.979
(Error)	2365.27	31	76.29		
包圍-不規則	1073.38	1	1073.38	13.24	0.001
(Error)	2511.50	31	81.01		
穿插-不規則	1058.00	1	1058.00	19.40	0.000
(Error)	1690.44	31	54.53		

2-1.3. 測試圖樣的決定

雖然上述實驗結果顯示，不規則鄰接的測試圖形會有較高的調和感覺，但其差異並不很大，且與個人差異相比也微不足道，而其圖形卻有色彩較難製作的缺點。因此，以下的實驗，為了色彩容易製作及色彩應用經濟性的考量，將以最簡單的並置造形來設計測試圖形。而如上所述，這種造形關係，所測得的調和離散程度也較小。而為了避免色彩在畫布位置可能對色彩調和的影響，進一步地把穿插的關係，融入簡單的並置圖形，設計製作成如圖 3 所示的測試色票。這個色票的圖形包含了並置與穿插的造形關係，同時也容易製作，色彩餘料較少，並便利翻後進行面積比實驗時的調整。

2-2 色彩樣本之選取

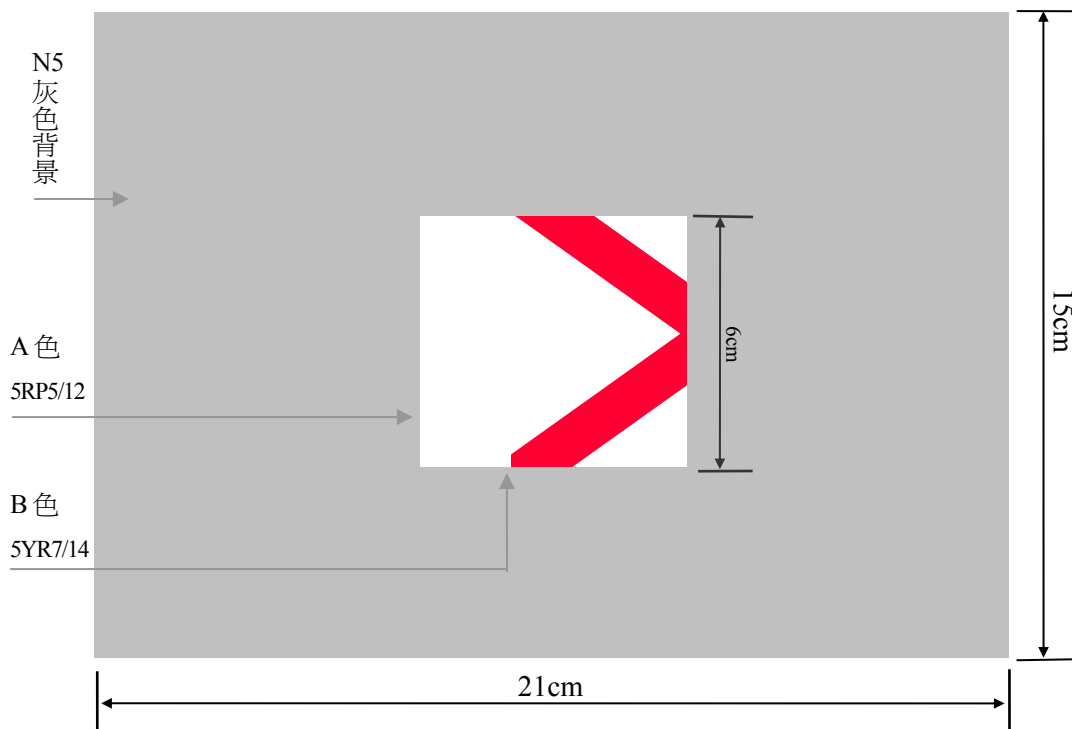


圖 3 以測試圖形作成之色票示例

在此研究中，我們仍採用「綜合色差」的概念，讓受測者透過色票，觀看各種色差組成的配色，並評估其調和度。色彩樣本的選取原則，一方面要盡量涵蓋色彩空間的可能色彩與各色差程度，另一方面則希望接近先前色光實驗中所選取的色彩樣本。於是我們決定從歐立成色光實驗(1997)構成 1035 組配色樣本中的 46 種色彩，選取與其接近的物體色實驗色彩樣本。考慮到色票的密易取得與經濟性，我們以日本色研的 Tonal-93 色紙來作為色票。而為了從中選擇與 46 種色光色的 XYZ 三刺激值相近的測試色票，我們先利用 Colortron 測色儀測得日本色研 Tonal-93 色紙的 93 種色彩的 XYZ 值，然後換算成 $L^*a^*b^*$ 值再與原 46 色光色的 $L^*a^*b^*$ 比對，選擇兩者色差 (ΔE^*ab) 距離最近的當作該測試色彩，一共找到了 44 個色彩(表 4)，另外兩個色彩 5Y2/4 與 N0 則無法對應到適當的 Tonal-93 色紙(因 ΔE^*ab 太大)，故不採用該色彩的配色組合。基本上，這些色彩涵蓋 PCCS 色彩系統中的各種色調，也大致均勻分佈於色彩空間之中。接著，計算出所有 946 ($44 \times 43/2$) 組配色的色差，從中挑選包含各種色差範圍的配色 390 組，再從其中隨機選出 10 組重複測試，合計共有 400 組配色作為本實驗的配色樣本。此外，我們以 Munsell N5 為測試色票周圍的背景色。

2-3 測試環境與實驗步驟

為避免不必要的光線干擾，本實驗在一個以黑色布幔隔絕外界光線的房間內進行，並使用 MACBETH 標準光源設備，產生 D65 標準光源，照度約 1380Lux 進行實驗。

實驗開始進行之前，我們先對受測者說明「色彩調和」的定義與評分的方式，接著讓受測者填寫基本資料，包括性別、年齡、學歷與是否具有色彩學的相關背景知識等；並於 44 個單色樣本中，請受測者選取最喜歡的三種色彩(這是為了分析單色喜好度對配色的影響)，然後色彩差異因素對物體色色彩調和的影響

表 4 由 PCCS Tonal-93 色所選出作為測試樣本之 44 色

No.	PCCS Tonal-93 色編碼	Munsell 色名	X	Y	Z
1	1	5R4/14	36.97	20.97	12.28
2	4	5YR7/14	56.30	43.85	7.26
3	6	5Y8/14	64.89	67.27	6.69
4	9	5GY7/12	33.53	46.98	9.80
5	12	5BG5/10	9.87	18.88	21.35
6	13	5B5/10	12.25	17.33	46.37
7	14	5PB4/12	11.81	11.55	39.59
8	17	5P4/12	25.94	18.15	39.36
9	18	5RP5/12	28.01	15.84	29.41
10	24	5G8/4	55.62	65.31	64.23
11	25	5B8/4	57.87	64.19	81.87
12	26	5P8/4	61.81	62.18	77.42
13	27	5R8/4	70.27	67.71	73.54
14	29	5YR8/8	69.21	64.37	35.31
15	32	5GY8/8	54.45	67.13	30.72
16	39	5RP7/8	58.83	48.89	52.34
17	45	5BG6/8	21.55	34.30	42.89
18	48	5PB6/8	30.45	28.09	57.74
19	49	5RP8/4	35.06	27.88	45.41
20	52	5YR4/8	31.50	23.37	7.75
21	54	5Y6/8	37.44	38.10	7.90
22	55	5GY4/8	17.51	22.93	9.24
23	56	5G5/10	7.32	13.75	9.34
24	58	5PB3/8	6.16	5.89	22.52
25	60	5RP3/8	16.73	10.20	23.48
26	61	5R5/8	31.87	23.34	17.43
27	62	5YR5/4	17.61	15.96	10.47
28	65	5B5/6	15.21	18.87	33.18
29	66	5P4/6	17.15	15.37	31.89
30	67	5R2/4	10.91	10.10	8.05
31	68	5GY5/4	12.87	13.69	6.84
32	69	5G2/4	9.43	11.84	7.84
33	70	5BG4/8	5.00	8.13	7.10
34	71	5B2/4	5.15	6.07	12.97
35	72	5P2/4	8.22	7.40	14.02
36	77	5BG5/4	17.22	19.79	20.92
37	78	5PB5/4	15.25	16.64	22.54
38	80	5Y8/4	46.07	47.46	32.23
39	82	5G5/6	32.03	36.82	33.51
40	85	N10	87.53	91.99	101.57
41	87	N8	55.20	58.26	60.67
42	89	N6	29.29	30.73	33.51
43	92	N4	10.59	11.15	12.59
44	93	N2	3.64	3.75	4.31

開始進行主要的實驗部份。在實驗中，以色票製作的 400 組測試配色樣本，經隨機編排後，環裝裝訂成四本，以方便受測者翻閱評分，並在標準光源下進行實驗。記錄方式為：在問卷上勾選每一配色組合的調和度評分，從 0 分到 100 分之間，每 10 分為一間隔，共 11 個等級。整個實驗大概需要 40 分鐘，實驗中途安排了 1 次的休息時間，使受測者在進行實驗時無疲勞或不耐之反應。

2-4 受測者

參與實驗的受測者共 34 位，均為大專程度以上，色彩視覺正常。年齡介於 18-38 歲之間；男性 25 位，女性 9 位；設計背景 18 位，非設計背景 16 位。

為檢驗受測者的實驗信度，我們在實驗過程中以重複試驗的結果，計算每位受測者的相關係數。我們選取相關係數 0.6 以上，且 $\text{sig.} < 0.05$ 者之資料進行分析討論，共計 16 位。

三、研究結果的分析與討論

實驗結果可分為 5 部份：(1) 色彩差異與色彩調和的關係，(2) 與色光色的研究結果比較，(3) 對 Moon and Spencer 色彩調和理論的檢證，(4) 傳統色彩調和配色原則的檢證，以及 (5) 喜好色與配色的關係等。

3-1 色彩差異與色彩調和的關係

本實驗的第一項自變數為配色中兩個組成色之間的色差，其定義為兩個組成色在 CIELAB 均勻色彩空間中，座標點間的距離 (Judd & Wyszecki)。亦即：

$$\Delta E^*_{ab} = \left[(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

式中 ΔL^* 為兩色在 CIELAB 色彩空間中 L^* 座標值之差； Δa^* 為兩色的 a^* 座標值之差， Δb^* 則為兩色 b^* 座標值之差。

而本實驗的因變項則為受測者對每一配色感受的色彩調和度。首先將 16 位受測者對個別配色的調和度加以平均，求得該配色的平均色彩調和度。然後以兩組成色的色差 (ΔE^*_{ab}) 為水平軸，所對應配色的色彩調和度為垂直軸，則可繪製如圖 4 的散佈圖。然而由圖所示，其對應點離散的情形非常嚴重，無法明確看出調和度與色差之間的關係，雖然其似隱約有某種趨勢存在。

為了清楚的看出此一「趨勢」為何，我們參考歐立成 (1996) 之前將色差解析度降低的作法，先在水平軸上以每 10 單位 ΔE^*_{ab} 值劃分一個群組 (歐立成曾以試誤的方法，找出以 10 個單位來群組，可得較好的結果)。在同一群組中，所有對應點被視為色差相等，將這些對應點的色彩調和度平均之後，即求得該群組的平均色彩調和度，而各群組的 ΔE^*_{ab} 則以該組的組中點來代表。於是可觀察對應於不同色差 (低解析度的色差) 的平均色彩調和度，看看朝向種

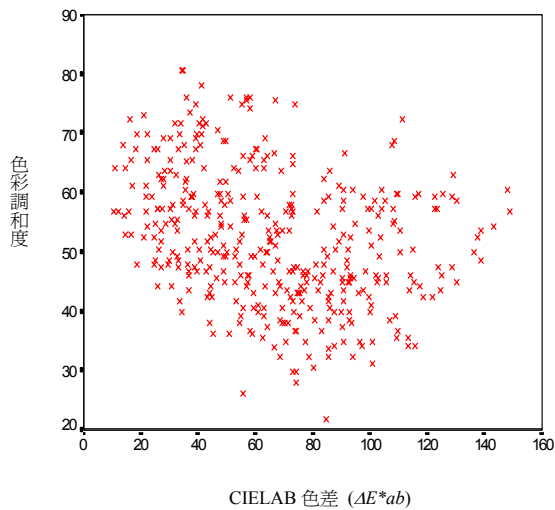


圖 4 CIELAB 色差與調和度關係散佈圖

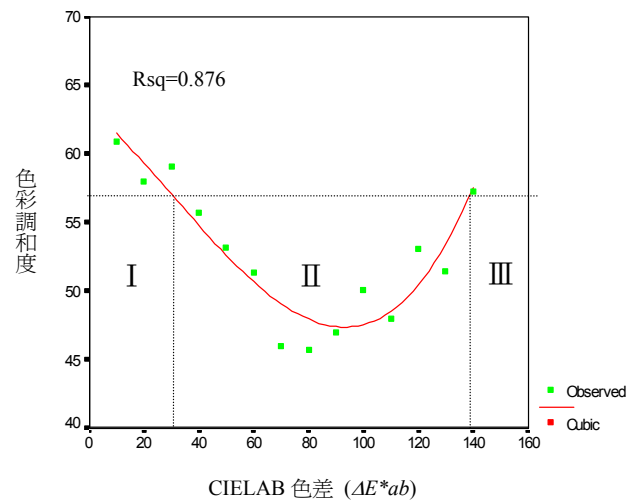


圖 5 色彩調和度對 CIELAB 色差之回歸曲線圖

趨勢。結果如圖 5 所示：隨著色差增加，其平均色彩調和度沿著一條三次曲線逐漸改變，先降低後升高，其迴歸式為：

$$H=f(\Delta E^*ab) \\ =63.3689 - 0.1751(\Delta E^*ab) - 0.0018(\Delta E^*ab)^2 + 0.00002(\Delta E^*ab)^3 \quad R^2=0.876$$

令此曲線的二次導數為 0，則求得此曲線的反曲點，即：

$$f''(\Delta E^*ab) = -2 \times 0.0036 + 6 \times 0.00002 \times \Delta E^*ab = 0 \\ \Delta E^*ab = 30 \\ f(30) = 57$$

若從反曲點（色差 30，色彩調和度 57）延伸畫一條水平線，則將與此曲線交於兩點（包含反曲點）。這兩點的水平座標為 CIELAB 色差值 30 及 137。

由這兩點可將整個色差分成三個區域，第一個區域為當色差小於 30，色彩調和度高於水平線（57），可視為調和區，但其會隨著色差的增加而下降。第二個區域則在色差 30-137 之間。在此區間，色彩調和度低於水平線，是不調和區（曖昧區）。而其開始會隨著色差的增加而下降，而到大約色差為 92 處，調和度最低，之後則又隨著色差增加而上升。第三個區域，為當色差大於 137，此時之調和度也在水平線之上，因此為調和區，理論上其調和度也將隨色差的增加而變大，但 137 的色差已接近完全對比的色差。也就是說，在物體色的兩色配色時，類似的配色或接近完全對比的配色較為調和，之間則為曖昧的不調和配色。

接著我們分別以配色間的明度差，彩度差及色相差為自變項，來探討其與平均調和度（因變項）間的關係。在此，明度差（ ΔL^* ）的定義為兩配色 L^* 值之差。彩度差（ ΔC^* ）則為兩配色彩度 C^* 值的差，而 C^* 值則定義為：

$$C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{\frac{1}{2}}$$

色相差 (ΔH^*) 則根據 Seve 的公式 (Seve, 1996) 如下：

$$\Delta H^* = \frac{a^*_1 b^*_2 - a^*_2 b^*_1}{[0.5(C^*_1 C^*_2 + a^*_1 a^*_2 + b^*_1 b^*_2)]^{\frac{1}{2}}}$$

以上述三種色差分別為水平軸，平均色彩調和度為垂直軸，可作成如圖 6 與圖 7 與圖 8 之迴歸曲線圖。其結果顯示，色相差與色彩調和度所反應的曲線，與綜合色差所反應的曲線具有較類似的特徵，而明度差與彩度差的變化則較為不同。因此，我們初步推論色相差是三屬性差值中，對物體色色彩調和度影響最大的。

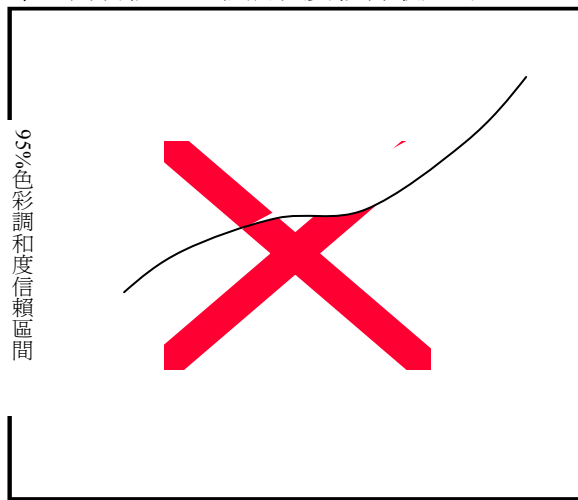


圖 6 色彩調和度迴歸曲線與 CIELAB 明度差 (ΔL^*) 之間的關係圖

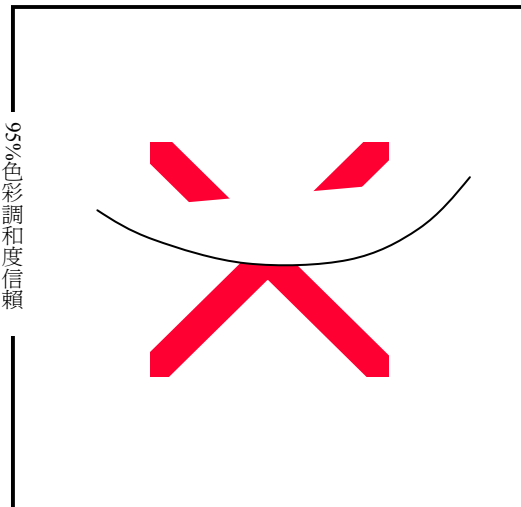


圖 7 色彩調和度迴歸曲線與 CIELAB 彩度差 (ΔC^*) 之間的關係圖

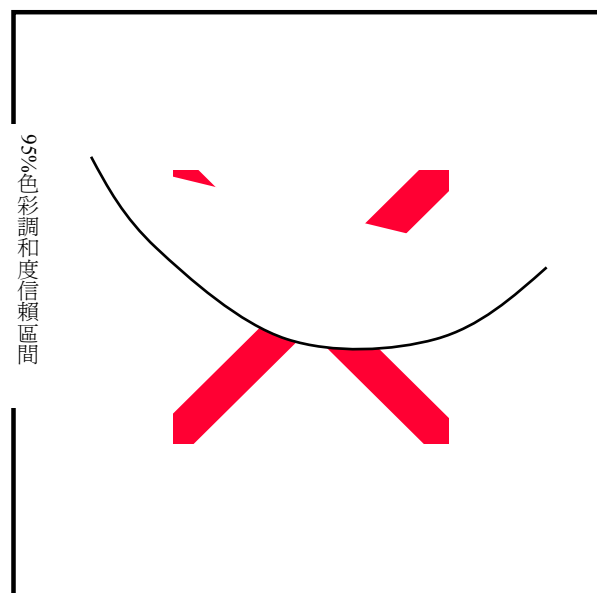


圖 8 色彩調和度迴歸曲線與 CIELAB 色相差 (ΔH^*) 之間的關係圖

3-2 與色光色的研究結果比較

在上一節中，我們找出了色差因素對物體色彩調和的關係曲線，在此我們將其與歐立成（1997）採用色光色為顯色條件下的研究結果相比較。由圖9色光色與物體色之色彩調和度關係曲線的疊合比較所示，兩者有些差異。色光色所反應的調和度，隨著色差增加，先上升後下降，最後再升高；相反地，物體色所反應的調和度，則是先下降後升高。若就整體來分析，兩者最大的差異在於小色差範圍的調和度。色光色的調和度很低，但有逐漸升高的趨勢；而物體色的調和度卻是最高的，然後逐漸下降。

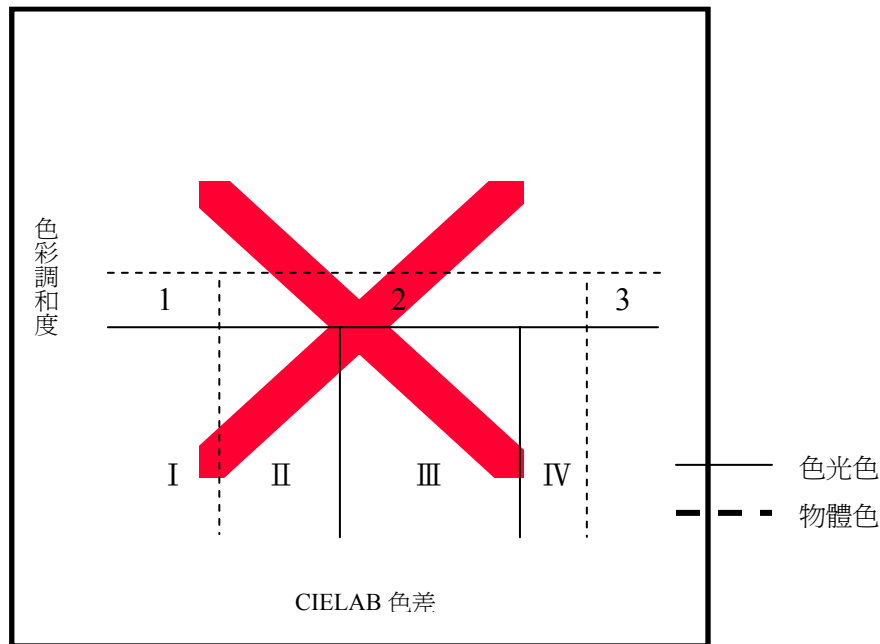


圖9 色光色與物體色之色彩調和度與 CIELAB 色差關係比較圖

再者，色光色的色差，從 0-160 可劃分成四個範圍，分別為第一暖昧、類似、第二暖昧與對比；而物體色的結果卻只能劃分成類似、第二暖昧與對比三區，如表 5 所示。不但比色光色的結果少了第一暖昧的區域，而且第二暖昧的色差範圍極大（30-137）。

表 5 色光色與物體色實驗結果所劃分的色差範圍

區域分法	色光色所劃分的色差範圍	物體色所劃分的色差範圍
第一暖昧	<30.18	
類似	30.18 - 75.27	<30
第二暖昧	75.27 - 120.36	30 - 137
對比	>120.36	>137

先前的研究（歐立成，1997）顯示，在色光色的顯色條件下，三屬性差異中，對色彩調和程度影響最大的可能是明度差因素；然而，如上所述，在物體色的顯色條件下，對色彩調和程度影響最大的卻可能是色相差因素。由此我們初步推論不同的顯色條件下，人的視覺經驗，對於色彩三屬性差值感受的強烈程度或許不同，因而間接影響了色彩調和度。不過這仍有待進一步

步的探討。

除了上述的可能性外，我們也刻意將設計背景與非設計背景受測者的測試結果分別出來，進行色差與平均調和度關係的探討。結果顯示，設計背景受測者所反應的調和度迴歸曲線，與整體的曲線較類似；非設計背景受測者所反應的調和度迴歸曲線，在小色差的範圍的調和度不但沒有明顯升高，反而趨於緩和，甚至多了「第一曖昧」的區域。似乎受測者背景的不同，也影響了色差對色彩調和度的判定。但由於兩省的樣本都不大，這種趨勢也仍有待進一步的探討與確認。

3-3 對 Moon and Spencer 色彩調和理論的檢證

Moon and Spencer 的色彩調和理論，是依據他們所定義的色差範圍（包括色相差、明度差、彩度差），提出所謂「調和區／不調和區」的假設。因此，我們將依其所定義的色差範圍，觀察其所對應的平均色彩調和度，並比較之間的差異。

3-3.1. 色相差方面

根據 Moon and Spencer 的色彩調和理論，若配色組合的色相差在 Munsell 色相差 1 以下，稱為「同一色相」；在 1-7 之間為「第一曖昧色相」；在 7-12 之間為「類似色相」；在 12-28 之間為「第二曖昧色相」；在 28-50 之間為「對比色相」。其中「同一」、「類似」與「對比」屬於調和區，而「第一曖昧」與「第二曖昧」則屬於不調和區。

我們將本實驗所得的數據，以上述五種色相差範圍分群，便可觀察各群的平均色彩調和度。由於本實驗在選色上並未考慮到「第一曖昧」的配色組合，所以只對其他四種色相差範圍進行比較。結果顯示，平均色彩調和度由高到低依序是「同一色相」（60.71），「類似色相」（54.60），「第二曖昧」（52.42），「對比色相」（47.21）。這顯然與 Moon and Spencer 的色彩調和理論不符。依 Moon and Spencer 的調和理論，其色彩調和度高低依序應為：「對比色相」>「同一色相」>「類似色相」>「第二曖昧」>「第一曖昧」。另外，我們以 SNK 的 multiple range t test 檢定四種色相差分類的差異，發現第二曖昧色相與類似色相被區分為同一群，顯示兩省之間沒有差異。

3-3.2. 明度差方面

根據 Moon and Spencer 的色彩調和理論，配色組合的明度差在 1JND 以下，稱為「同一明度」；在 1JND-0.5 Munsell 明度差之間為「第一曖昧明度」；在 0.5-1.5 之間為「類似明度」；在 1.5-2.5 之間為「第二曖昧明度」；色相差在 2.5-10 之間為「對比明度」；Munsell 明度差在 10 以上則稱為「眩目明度」。其中「同一」、「類似」與「對比」屬於調和區，而「第一曖昧」、「第二曖昧」與「眩目明度」則屬於不調和區。

由於本實驗中並未選取「第一曖昧明度」和「眩目明度」的配色情形，因此只就其他四種明度差範圍進行分析比較。結果顯示，其平均色彩調和度由高到低依序是「對比明度」（55.32）>「第二曖昧」（52.57）>「類似明度」（48.84）>「同一明度」（48.03），這顯然也與 Moon and Spencer 的假設不符。依 Moon and Spencer 的調和理論，調和度高低的秩序為：「對比明度」>「類似明度」>「第二曖昧」>「同一明度」，也就是明度差愈大愈調和。而實驗結果顯示「第二曖昧明度」>「類似明度」，恰好與 Moon and spencer 的理論相反。另外，以 SNK 的色彩差異因素對物體色色彩調和的影響

multiple range t test 來檢定，同一明度與類似明度被區分成同一群，第二暖昧與對比則被區分成另外一群。

3-3.3. 彩度差方面

依據 Moon and Spencer 的色彩調和理論，配色組合的彩度差在 Munsell 彩度差 1 以下，稱為「同一彩度」；在 1-3 之間為「第一暖昧彩度」；在 3-5 之間為「類似彩度」；在 5-7 之間為「第二暖昧彩度」；Munsell 彩度差在 7 以上為「對比彩度」。其中「同一」、「類似」與「對比」屬於調和區；而「第一暖昧」與「第二暖昧」則屬於不調和區。

本實驗結果顯示，平均色彩調和度由高到低依序是「同一彩度」(54.27) > 「類似彩度」(52.31) > 「第一暖昧」(51.16) > 「第二暖昧」(51.08) > 「對比彩度」(50.53)。雖然實驗結果顯示「同一彩度」與「類似彩度」的調和度高於「第一暖昧」與「第二暖昧」，但是「對比彩度」的調和度卻是最低的，這也與 Moon and Spencer 的調和理論不太相符。另外，我們利用變異數分析來檢定各平均值間的差異性，結果並無顯著性 ($F=1.347$, $Sig.=0.252$)。因此，在配色中不論彩度差屬於哪一種分類，對調和度並無明顯的影響。

3-4 對傳統色彩調和配色原則的檢證

在傳統上，色彩調和的配色原則分為兩種 (Heddel, 1988)：(1) 互補色配色原則以及 (2) 同屬性配色原則。

針對互補色的配色原則，在上節中已討論到，只有對比明度的配色可得到較好的調和度；對比色相與對比彩度則反而得到較低的色彩調和度。

在這裡我們再對同屬性配色原則作檢證，包括「等值配色」(等明度且等彩度)、「等色相配色」、「等明度配色」與「等彩度配色」。檢證的方法是將等值與不等值配色的平均色彩調和度加以比較。並進一步以 t-test 檢定其差異是否顯著。

結果顯示，只有等色相配色 ($sig.=0.000$) 與等明度配色原則 ($sig.=0.002$) 具有統計上的顯著差異性，但是等明度配色的調和度，反倒比不等明度配色的調和度低。也就是說在這項檢證中，只有「等色相配色原則」得到實驗結果的支持，可得較調和的配色。等值、等明度、等彩度的配色原則，則不會得到較調和的配色。

3-5 喜好色與配色的關係

針對喜好色與配色的關係，我們將 16 位受測者的實驗數據作整體的比較，對於不包含喜好色、包含一種喜好色與包含兩種喜好色等三種配色情形，比較其之間的平均色彩調和度，並以 t-test 檢定是否有顯著差異。

比較結果如圖 10 所示，平均色彩調和度最高的是包含兩種喜好色的配色，最低的則是不包含喜好色的配色。在變異數分析的檢定方面，也顯示三群均有顯著差異性；另外以 multiple range t test 的 SNK 檢定，亦顯示三個群體都具有顯著的差異性。與色光色的結果相較之下 (圖 10 的黑色部份)，兩者具有相同的趨勢，而且物體色的平均色彩調和度，高於色光色的平均色彩調和度。

由分析的結果，我們可以說，不論是以色光色或物體色為顯色條件，喜好色的存在與否，

對於該配色的色彩調和度是具有相當的影響力。

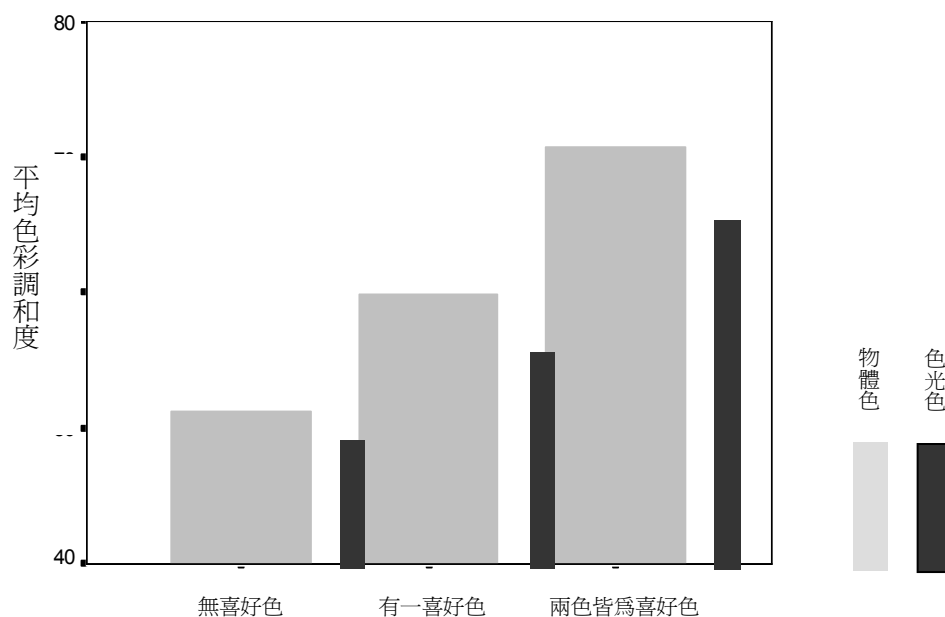


圖 10 配色中是否包含與不包含喜好色之色彩調和比較

四、結論

本研究首先探討並置、穿插、包圍與不規則鄰接線這四種造形，對色彩調和的影響。實驗結果顯示，四種造形、三種調和度配色、以及受測者之間，所反應的色彩調和度，在統計上具有顯著差異。當我們進一步分析比較後發現，在四種造形之中，不規則鄰接造形對調和度的反應，具有重要的影響；其他三種造形所反應的調和度之間，則無顯著差異。這表示較簡單的造形對色彩調和度的影響並不大，但是較複雜且富有變化的造形，則對色彩調和度造成相當程度的影響。

接著，我們以色票呈現不同色差的雙色配色測試圖形，來進行色差因素對物體色色彩調和影響的實驗。實驗結果顯示，不同色差 (ΔE^*ab) 與該配色的色彩調和度 (H) 之間，具有三次曲線的函數關係。其中，根據曲線的反曲點，可將色差範圍劃為三區，分別為：類似調和，曖昧，與對比調和。而當兩色色差愈相近時其色彩調和度愈高。

另外，Moon and Spencer 以 Munsell 色相差、Munsell 明度差與 Munsell 彩度差所劃分的「調和/不調和區」定義，所做的配色調和度預測，與本實驗的結果並不相符。在傳統色彩調和配色原則的檢證方面，則只有等色相配色原則與對比明度調和原則得到支持。而實驗結果也顯示喜好色的存在對配色的色彩調和度具有影響。

另一方面，我們也比較了色光色與物體色兩者的實驗結果。基本上兩者的實驗結果相似，包括對 Moon and Spencer 色彩調和理論的檢證，以及對傳統調和配色原則的檢證。但在色差與調和度的關係中，兩者的結果都各自得到一條不同特徵的三次曲線，所劃分的色差範圍也不相同，物體色的結果僅劃分了三個區域，比色光色的實驗結果少了第一「曖昧」區域，但其中的曖昧區則含相當大的色差範圍。

色彩差異因素對物體色色彩調和的影響

綜合以上的研究結果，歸納幾種屬於物體色的雙色配色原則，包括色彩的類似或對比配色原則（當色差 $\Delta E^*ab < 30$ 或 $\Delta E^*ab > 137$ 時，其配色的調和度較高，尤其是類似色差的配色）、等色相配色原則、對比明度配色原則與喜好色配色原則。

三、檢討與建議

本研究仍有一些缺欠與不足，由此提出以作為後續研究的建議。首先在色彩配色數量上與實驗方法方面，過多的測試樣本與冗長的實驗過程，都容易影響整個實驗的信度與效度。因此，積極尋求一種客觀且有效的實驗方法，將是後續研究中所要克服的問題。本研究只探討兩色配色的調和，在實際上的應用上，則常有多色的配色。多色配色的調和問題，有待進一步的探討。在色彩呈現方式上，本研究以 2D 的方式來進行探討，但實際上的產品都是立體的，大部份的配色也都是藉著 3D 的立體來呈現，因此，色彩調和可能受到不同光源、光影的變化所影響。建議在後續研究中，可針對實際的產品進行深入的研究。

誌謝

本研究為國科會獎助專題研究計畫之部份結果，計畫編號 NSC 87-2415-H-009-006，特此誌謝。

參考文獻

1. Burchett, K. E., 1996, "Color Harmony Attributes," *Color, Research & Application*, Vol. 16, pp. 6-17.
2. Chen, T. L. and Yu, C.Y., 1996, "The Relationship between Visual Acuity and Color Contrast in the OSA Uniform Color Space," *Color, Research & Application*, Vol. 21, pp. 18-25.
3. Granger, G. W., 1955, "The Prediction of Preference for Color Combination," *Journal of Optics in General Psychology*, Vol. 52, pp. 213-222.
4. Heddell, P., 1988, "Color Harmony: New Applications of Existing Concepts," *Color, Research & Application*, Vol. 13, pp. 55-57.
5. Hogg, J., 1969, "The Prediction of Semantics Differential Ratings of Color Combinations," *Journal of Optics in General Psychology*, Vol. 80, pp. 140-152.
6. Judd, D. B. and Wyszecki, G., 1975, *Color in Business, Science and Industry*, Wiley, New York.
7. Moon, P. and Spencer, D. E., 1944, "Geometric Formulation of Classical Color Harmony," *Journal of the Optical Society of America*, Vol. 34, pp. 46-59.
8. Ou, L. C. and Chuang, M. C., 1997, "A Study on the Influence of Color Interval and Area Factor on Color Harmony," AIC color 97: Proceeding of the 8th congress of the International Color Association, pp.691-694.
9. Pope, A., 1944, "Notes on the Problem of Color Harmony and the Geometry of Color Space," *Journal of the Optical Society of America*, Vol. 34, pp. 759-765.
10. Seve, R., 1996, "Practical Formula for the Computation of CIE 1976 Hue Difference," *Color, Research & Application*, Vol. 21, p.314.
11. 林書堯， 1993， 《色彩學》，三民書局，台北。
12. 鄭國裕，林馨聳（編著），1987， 《色彩計劃》，藝風堂，台北。
13. 歐立成， 1996， 《色差與色面積因素對色彩調和的影響》，國立交通大學應用藝術研究所碩士論文，新竹。

Influence of an Integrated Color Interval of Object Colors on Color Harmony

Ming-Chuen Chuang* Ching-Lin Yeh*

* Institute of Applied Arts, National Chiao Tung University

(Date Received : October 25,1998 ; Date Accepted : November 30,1998)

Abstract

Moon and Spencer's quantitative model of color harmony is an interesting and important theory in the field of color harmony. According to this model, various pleasing/displeasing color intervals in each of the three attributes of color, i.e. hue, value, and chroma, can be identified. The idea of distinguishing pleasing/displeasing color intervals is enlightening. The concept that assumes people's color perception to be independent with these three attributes, however, seems contradictory to our visual experience. To verify the idea, the authors proposed an integrated color interval and investigated the relation between color interval and color harmony in light colors (colors displayed on a CRT). To comprehensively extend our study of color harmony, the relation between color interval and color harmony in object colors was further studied. A brief experiment was performed initially to decide whether or not different boundary conditions between two component colors in a color combination would influence the evaluation of color harmony. It has been found that, except for the irregular borderline test pattern, there is no significant difference among other three test patterns. For the consideration of ease and economy in preparing test color patches, a juxtaposition test pattern was adopted in the main experiment, in which 31 subjects were invited to evaluate the degrees of color harmony of 390 color combinations with various color intervals. The results reveal a cubic function between color harmony and the color interval, which confirms the previous study of light colors. However, the characteristic of this cubic function is different from that found in the previous study. Furthermore, from this cubic curve, instead of four color intervals as in the previous study of light colors, only three color intervals, corresponding to similarity, ambiguity and contrast respectively, can be identified. The data of harmony degrees collected were then used to verify some conventional theories of color harmony. Among them, only the theory of contrast luminance and the theory of constant hue were supported. It is also found that color combinations with preferable colors are significantly more harmonious than those without preferable colors.

Keywords: color harmony, object colors, integrated color interval, uniform color space, color harmony theory of Moon & Spencer

