

摘要

本研究的目的是探討色光顯色條件下的三項研究主題：色彩差異量與色彩調和的關係、色面積因素對色彩調和的影響以及二色相鄰的造形因素對色彩調和的影響。其中，色彩差異量為 CIELAB 色彩空間中兩色的色差 ($\Delta E_{b_{ab}}$)；色面積因素則是指配色中，組成色之間的面積比。

在第一項研究主題中，我們假設色彩差異量和色彩調和間存有某種函數關係，並透過實驗加以驗證。所進行的實驗中，以電腦螢幕呈現不同色彩差異的雙色配色圖形，記錄受測者對不同配色所反應的調和度。實驗結果顯示，色彩差異和色彩調和間存有三次曲線的函數關係。

在第二項研究主題中，我們假設在配色中，當組成色的面積與該組成色的強烈程度成反比時，此配色才能調和。實驗線以電腦螢幕呈現進行，並記錄受測者對於配色相同，但面積比不同的測試圖形，所反應的相對色彩調和度。結果顯示，無論組成色的強弱程度為何，其最佳面積比均為 1:1。

在第三項研究主題中，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。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；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。

此外，我們從實驗結果的分析中發現：在色光色中，若兩組成色互為補色，則該配色的色彩調和度較高。而當兩組成色的色相相同，但明度、彩度不同時，則該配色的色彩調和度較高。若組成色中有一個觀看者的喜好色，則觀看者對該配色的喜好度會提高；若兩個組成色均為喜好色，則該配色的喜好度會更為提高。這些結果支持了一些傳統的色彩調和配色原則。然而，另一些傳統配色原則，如「等值配色原則」等，則為本研究的結果所否定。

關鍵詞：色彩，色彩調和，色彩喜好，色彩心理，色彩差異，色面積因素，均勻色彩空間。

Abstract

The purpose of this study is to investigate two issues of color harmony, i.e., the relationship between color interval and color harmony, and the influence of area factor (area balance) on color harmony. In this study, color harmony is defined as the degree of preference for color combinations; color interval of a color combination is defined as the color difference in the CIELAB color space between the two component colors ($\Delta E_{b_{ab}}$); area factor is defined as the area ratio between the component colors in a color combination.

At the first issue, we assumed that the degree of color harmony is, in some manner, the function of $\Delta E_{b_{ab}}$. To verify this hypothesis, an experiment displaying 2-color combinations with different values of $\Delta E_{b_{ab}}$ was conducted on CRT display. And the subjects' preferences for these color combinations were recorded and analyzed. The experimental results reveal a cubic-curve relationship between color interval and color harmony.

At the second issue, we assumed that a color combination will be harmonious when the area ratio between the two component colors is inverse to the "color intensity" ratio between them. Another experiment was conducted on CRT display to record the relative preferences for varied combinations with the same component colors but different area ratios. The experimental results show that no matter what the "color intensity" ratio of a color combination is, the relative preference for the combination is the highest when its area ratio is 1:1.

In the first part of this study, four different shapes are adopted in the experiment to reveal their influence on the perceived degree of color harmony. The results show that the differences of the degree of color harmony among these four shapes are statistically significant.

Moreover, we found that the combinations with complementary colors have higher degree of color harmony. Also, the combinations with "equal-hue" component colors will lead to higher degree of color harmony, while the combinations with "equal-luminance" component colors or "equal-chroma" component colors will lead to lower degree of harmony. The combinations with subject's favorite colors have higher degree of color harmony, in which the combinations with 2 favorite colors have higher degree of harmony than those with only 1 favorite color.

Keywords: color, color harmony, color preference, color psychology, color

interval, area factor, area balance, uniform color space, UCS.

目錄

第一	、	
1.1.	研究動機	1
1.2.	研究目的	1
1.3.	研究架構	2
第二	、文獻探討	
2.1.	影響色彩調和的因素	5
2.2.1.	色秩序因素	7
2.2.2.	色面積因素	9
2.2.3.	色彩間相關性	9
2.2.4.	個人差異與文化因素	11
2.2.5.	色彩間的交互作用	12
第三	、研究假設與限制	
3.1.	研究假設	14
3.2.	研究限制	16
第四	、色彩差異對色彩調和的影響	
4.1.	導論	17
4.2.	實驗方法	19
4.2.1.	實驗變數	19
4.2.2.	實驗準備	21
4.2.3.	受測者	29
4.2.4.	實驗步驟	30

4.3. 結果與討論	32
4.3.1. 色彩差異與色彩調和的關係	32
4.3.2. 對Moon and Spencer 色彩調和理論的檢證.....	45
4.3.3. 對傳統色彩調和配色原則的檢證	52
4.3.4. 喜好色與配色的關係	55
4.4. 小結	60

第小 一、色面積對色彩調和的影響

5.1. 導論	61
5.2. 實驗方法	63
5.2.1. 實驗變數	63
5.2.2. 實驗準備	64
5.2.3. 受測者	66
5.2.4. 實驗步驟	67
5.3. 結果與討論	69
5.3.1. 色面積與相對色彩調和度的關係	69
5.3.2. 對Moon & Spencer 色面積理論的檢證	71
5.3.3. 對Munsell 色面積理論的檢證	77
5.4. 小結	78

第度 一、二色相鄰的造形關係對色彩調和的影響

6.1. 導論	79
6.2. 實驗方法	81
6.2.1. 實驗準備	81
6.2.2. 受測者	83
6.2.3. 實驗步驟	84
6.3. 結果與討論	88
6.3.1. 造形因素與色彩調和度	88
6.3.2. 色面積比與相對色彩調和度在不同造形關係之間的探討	91
6.4. 小結	99

第 7 章、結 與建議

7.1. 研究回顧	101
7.2. 雙色配色原則	104
7.3. 檢討與建議	105
參考文獻	107
附錄一、實驗一色彩樣本之選取	110
附錄二、實驗二配色樣本之選取	114
附錄三、螢幕顯色之偏差情形	116
附錄四、繪製測試圖形的 MFC 原始碼	117
附錄五、實驗二色樣所對應的色彩調和度	118

圖目錄

圖 1-1. 研究架構與流程圖	4
圖 2-1. Ostwald 的色彩調和理論示意圖 (輪星圖: The Ring Star)	7
圖 2-2. CIELAB 色彩空間 (Wyszecki and Stiles, 1982)	13
圖 3-1. Moon and Spencer 色彩調和理論示意圖	15
圖 3-2. 本研究假設示意圖.....	15
圖 4-1. Moon and Spencer 色彩調和理論模型中的視知覺過程	17
圖 4-2. 本研究關於視知覺的假設.....	18
圖 4-3. 測試圖形.....	21
圖 4-4. 二色相鄰時的主要造型關係: (a)並置; (b)穿插; (c)包圍; (d)不規則鄰接線.....	
圖 4-5. 色彩樣本的色調選取	23
圖 4-6. 灰階的亮度修正示意圖。其中, 輸入值是指由電腦輸入給螢幕的灰階亮度 數值, 輸出值則是螢幕實際呈現的灰階亮度由分光測色儀實際測得)	25
圖 4-7. 有彩色的彩度修正示意圖 (CIE 色度圖)	26
圖 4-8. 本實驗的資料運算流程.....	27
圖 4-9. 30 位受測者對 test-retest 信度相關係數分布圖	29
圖 4-10. 實驗前測的螢幕呈現.....	30
圖 4-11. 實驗一的螢幕呈現.....	31
圖 4-12. 色彩調和度和 CIELAB 色差之間關係的散佈圖.....	32
圖 4-13. 色彩調和度的 95% 信賴區間與 CIELAB 色差之間的關係圖.....	34
圖 4-14. 平均色彩調和度對 CIELAB 色差之迴歸曲線圖.....	34
圖 4-15. 四種色差範例 (I, II, III, IV)	35
圖 4-16. 個別受測者中, 平均色彩調和度對 CIELAB 色差之迴歸曲線圖	38
圖 4-16. 個別受測者中, 平均色彩調和度對 CIELAB 色差之迴歸曲線圖 (續)	39
圖 4-16. 個別受測者中, 平均色彩調和度對 CIELAB 色差之迴歸曲線圖 (續)	40
圖 4-17. 14 位受測者迴歸曲線的反曲點次數分配圖	41

圖 4-18. 色彩調和度與 CIELAB 色相差 (ΔH^*) 之間關係的散佈圖	42
圖 4-19. 色彩調和度與 CIELAB 明度差 (ΔL^*) 之間關係的散佈圖	42
圖 4-20. 色彩調和度與 CIELAB 彩度差 (ΔC^*) 之間關係的散佈圖	43
圖 4-21. 色彩調和度 95% 信賴區間與 CIELAB 色相差 (ΔH^*) 之間的關係圖	43
圖 4-22. 色彩調和度 95% 信賴區間與 CIELAB 明度差 (ΔL^*) 之間的關係圖	44
圖 4-23. 色彩調和度 95% 信賴區間與 CIELAB 彩度差 (ΔC^*) 之間的關係圖	44
圖 4-24. 色彩調和度對 Munsell 色相差之迴歸曲線圖 ($R^2 = 0.893$)	49
圖 4-25. 色彩調和度對 Munsell 明度差之迴歸曲線圖 ($R^2 = 0.943$)	50
圖 4-26. 色彩調和度對 Munsell 彩度差之迴歸曲線圖 ($R^2 = 0.673$)	50
圖 4-27. 15 位受測者對於包含喜好色與不包含喜好色之配色，兩者平均喜好度的比較.....	55
圖 4-28. 對於不包含喜好色、包含一種喜好色與包含兩種喜好色之配色，三者平均 喜好度的比較.....	58
圖 5-1. 傳統色面積理論示意圖：(a) Munsell 理論，(b) Moon and Spencer 理論	63
圖 5-2. 測試圖形的繪製方法	66
圖 5-3. 實驗二的螢幕呈現.....	68
圖 5-4. 相對色彩調和度（相對喜好度）與色面積比對數值的關係	70
圖 5-5. 相對色彩調和度的 95% 信賴區間與色力矩比間的關係圖	72
圖 5-6. 對色彩調和度與色力矩比間的關係圖	72
圖 5-7. 相對色彩調和度與色力矩比對數值間的關係圖	73
圖 5-8. 相對色彩調和度與色力矩比對絕對值間的關係圖	73
圖 5-9. 相對色彩調和度與色力矩比對數值間關係的散佈圖	74
圖 5-10. 相對色彩調和度與色力矩比對絕對數值間的關係圖（以色力臂比範圍加以 區分成三群）.....	74
圖 5-11. 最佳色面積比與色力臂比間的關係圖	76
圖 5-12. 最佳色面積比與明度彩度的乘積比間的關係圖	77
圖 6-1. (a) 四種二色相鄰的造形關係	80

圖 6-1. (b)實驗一與實驗二中所使用的測試圖形	80
圖 6-2. 本實驗的實驗流程圖	83
圖 6-3. 造形關係之實驗開始畫面.....	84
圖 6-4. 造形關係之調和實驗畫面與實驗流程	85
圖 6-5. 色面積實驗畫面	87
圖 6-6. 實驗完成畫面	87
圖 6-7. 色面積比對數值與相對色彩調和度的關係(實驗二的研究結果).....	91
圖 6-8. 不同造形下，色面積比對數值與相對色彩調和度的關係	92
圖 6-9. 相對色彩調和度與色力矩比對數值間關係的散佈圖（實驗二的結果）.....	94
圖 6-10. 不同造形下，相對色彩調和度與色力矩比對絕對數值關係的散佈圖.....	95
圖 6-11. 不同造形下，相對色彩調和度與色力矩比對絕對數值關係的散佈圖（以色力臂比 範圍劃分成三群）.....	96
圖 6-12. 不同造形下，最佳面積比與色力臂比之間的關係.....	97
圖 6-13. 最佳面積比與明度彩度乘積比之間的關係	98

表目錄

表 2-1. 影響色彩調和的因素分類(Burchett, 1991)	6
表 2-2. Moon and Spencer 的色秩序理論 (Moon and Spencer, 1944a)	8
表 4-1. 對應於各種色相的修正係數	27
表 4-2. 四種色差範圍所對應的色彩調和度中，其平均值差異的 t 檢定	36
表 4-3. 15 位受測者中，色彩調和度與 CIELAB 色差之間關係的個別迴歸分析	41
表 4-4. 各種 Moon and Spencer 色相差範圍所對應的色彩調和度，其平均值差異的 t 檢定	46
表 4-5. 各種 Moon and Spencer 明度差範圍所對應的色彩調和度，其平均值差異的 t 檢定	47
表 4-6. 各種 Moon and Spencer 彩度差範圍所對應的色彩調和度，其平均值差異的 SNK 檢定	48
表 4-7. 等值配色原則下（等明度且等彩度），對平均色彩調和度差異的 t 檢定	53
表 4-8. 等色相配色原則下，對平均色彩調和度差異的 t 檢定	53
表 4-9. 等明度配色原則下，對平均色彩調和度差異的 t 檢定	54
表 4-10. 等彩度配色原則下，對平均色彩調和度差異的 t 檢定	54
表 4-11. 15 位受測者對於包含喜好色與不包含喜好色之配色，兩者的平均喜好 度.....	56
表 4-12. 15 位受測者對於包含喜好色與不包含喜好色之配色，兩者平均喜好度差異 的 t 檢定	57
表 4-13. 對於不包含喜好色與包含一種喜好色之配色，兩者平均喜好度差異的 t 檢定	59
表 4-14. 對於包含一種喜好色與包含兩種喜好色之配色，兩者平均喜好度差異的 t 檢定.....	59
表 6-1. 造形關係實驗之配色樣本選取.....	82

表 6-2.	完全受試者內設計的造形與配色之變異數分析	88
表 6-3.	四種造形與三種配色之調和度平均值整理表	89
表 6-4.	四種造形與三種配色之調和度平均值差異之 contrast Test	90
表 6-5.	四種相鄰造形與面積比兩者對應的調和度之變異數分析	93
表 7-1.	四種色差範圍的定義	102

第一章、導論

1.1. 研究動機

從人們身上的服飾，家中的各種擺設、家具、工業產品，到街上觸目可及的環境景觀、建築物、廣告招牌等等，無不充滿著色彩。這些生活中的色彩很少是單獨存在的，因此，如何搭配出令人賞心悅目的配色（調和的配色），自然成為歷來藝術及設計創作者所必須面對的課題。學術上，此一課題被稱為色彩調和 (color harmony) 的稱題。

然而，在 20 世紀以前，所謂的色彩調和理 大都是基於個人色彩經驗，經過不斷的試誤過程 (process of trial and error) 所發展出來的。由於此類理 缺乏科學證據，且各家說法不盡相同，因而在實際應用上，常流於主觀或個人化，而不為大眾所接受。

因此，本研究將以量化的方法進行色彩調和理 的探討，並對歷史上所提出的色彩調和配色原則進行檢驗，試圖提出一個更完備、容易操作的調和理 以及配色原則。

1.2. 研究目的

1944 的 Moon and Spencer 提出了第一個色彩調和量化模型，嘗試提供一種較客觀的色彩調和判斷標準 (Moon and Spencer, 1944a~1944c)。然而，其準學者用實驗加以檢證的結果，此理 模型對於實際配色的喜好度預測上，並不十分理想，因而遭到許多抨擊 (Pope, 1944; Granger, 1953, 1955a)。此後雖然線有

一些研究者，試圖以量化方雖來探討色彩調和的稱題 (Granger, 1955b)，但至今尚未有顯著的成果。

未的來，有部份學者認為色彩調和的判斷標準存乎個人，而主張配色是一種主觀的、創張的過程 (Birren, 1985; Granville, 1987)；但線有些學者認為即使如此，以各種方雖探討色彩調和的稱題，仍可幫助我們認識色彩的本質 (Kuehni, 1989; Sivik and Hard, 1994)。基於相同的理念，我們相信色彩調和的客觀判斷標準，並非完全不存在；以量化方雖研究色彩調和的稱題，線並非是完全不可行的。當我們努力探究這所謂的客觀標準時，我們正朝向色彩的神祕中心邁進。

有適於此，我們將影響色彩調和的兩項重要因素 要要 色彩差異因素與色面積因素 要要 做為本研究的主要切入點，希望以實驗量化的方雖，來探討這兩項因素對色彩調和的影響。在研究的過程中，我們參考了 Moon and Spencer 理模型的概念，例如「調和區／不調和區」(pleasing/displeasing color intervals) 以及色力／(scalar moment) 等。此外，我們線對一些傳統色彩調和的配色原則，藉實驗的結果進行檢證。最後則提出一些初步而具體的配色原則。

另一方面，在進行的研究過程中，我們以一種穩定的測試圖形來進行實驗，為了讓我們的實驗結果更具說服力，我們線規劃了造形因素對色彩調和的影響實驗，以不同的造形來進行上述兩個研究主題的探討，藉著造形因素的實驗來解釋色差與色面積的實驗結果，並了解不同造形對色彩調和的影響程度。

1.3. 研究架構

本研究主要是由三項研究主題所構成，這三項研究主題將在第制、第小與第度 中加以陳述，整個研究流程與整構如圖 1.1 所示。本 (第一) 首先說明研究的動機、目的以及整個研究的整構。接著在第二 的文獻回顧中，探討以往學者在色彩調和方面的研究成果與發現，再基於這些研究成果，提出本研究

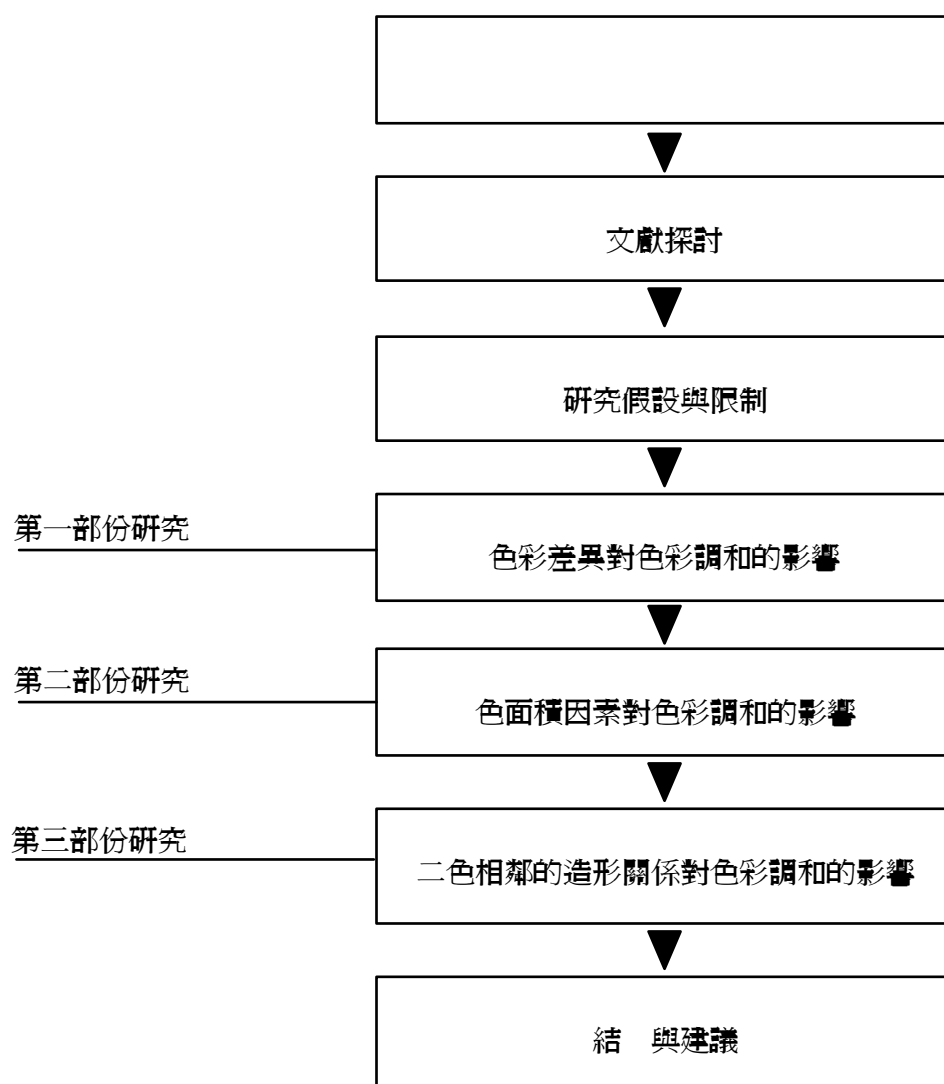
的假設與限制。

本研究的第一項研究主題是探討色差因素與色彩調和之間的關係，陳述於第 4 章。在這個研究主題中，我們以電腦螢幕呈現雙色配色的測試圖形，記錄受測者對不同配色所反應的喜好程度（即此配色的色彩調和度），然後以迴歸分析的方離變出組成色的 CIELAB 色差與此配色的色彩調和度，兩者間的關係雖。在此研究主題中，同時歸探討個人色彩喜好差異對色彩調和的影響，並對於傳統色彩調和配色原則、以及 Moon and Spencer 的色彩調和理論進行驗證。

第二項研究主題是探討色面積因素與色彩調和之間的關係，於第 5 章中陳述。在這個研究主題中，我們同時以電腦螢幕進行實驗，記錄受測者對配色相同但面積比不同的測試圖形，所反應的相對喜好程度（即此配色的相對色彩調和度）。實驗結果歸對 Moon and Spencer 與 Munsell 的色面積理論，進行驗證與比較。

第三項研究主題是探討造形因素對色彩調和的影響，陳述於第 6 章。在這個研究主題中，我們以並置、穿插、包圍與不規則鄰接線這三種不同的造形，分別進行色差與色面積因素的實驗。實驗結果以統計檢定分析三種造形所反應調和度間的差異。

第 7 章為本研究的結論，將上述三個研究主題所圖到的結果，作一整體圖的整理，並提出一套實用的配色原則。此外對於研究中不盡完善之處，線提出討及改善建議，期能對後續的研究有所助益。



第二章、文獻探討

2.1. 影響色彩調和的因素

調和 (harmony) 是指兩個或兩個以上的事或物，能夠有秩序的協調、和諧在一起的張思；能使心情快樂的色彩組合，就是色彩調和 (林書堯， 1993)。Burchett (1991) 曾從一些色彩相關的書籍中，以內容分析法 (content analysis) 將影響色彩調和的因素歸內成 6 項類歸：色秩序因素 (order)、色彩間相關圖 (similarity)、色面積因素 (area)、個人差異與文化因素 (association)、色彩間內互作用 (interaction)、以及色彩造形因素 (configuration) 等。這些因素內其重要圖加以排列，則如表 2-1 所示。

以下我們表據這 6 類因素，表項來探討其中的色秩序因素、色面積因素、色彩間相關圖、個人差異與文化因素、以及色彩間內互作用等在以往學術上的研究成果與發現。至於色彩造形因素，由於其所牽涉的層面和影響過於複雜，此處不予深入討。

表 2-1. 影響色彩調和的因素分類 (Burchett, 1991)

影響色彩調和因素之分類		重要性 (%)
原始分類 (original)	最終分類 (revised)	
個人喜好 intuition	個人差異與文化因素 association	27.2
文化因素 appropriateness		
色彩系統 system	色秩序因素 order	23.4
色差 interval		
並列關係 juxtaposition	色彩造形因素 configuration	16.9
形狀因素 proximity and configuration		
色面積 area		
視角 angular size of color field	色面積因素 area	11.2
面積比 relative size of color field		
動態關係 dynamics	色彩間交互作用 interaction	10.7
相關性 family	色彩間相關性 similarity	10.2
相似性 affinity		

2.1.1. 色秩序因素

Ostwald 的色彩調和理 對色秩序因素極為重視，其主張：「色彩間若有一定序列存在時，就能給人舒適的快感，會引起快感的配色方雖就能調和；簡單的說，調和等於秩序」（林書堯，1993）。Ostwald 認為，只要是在等白色量色列、等黑色量色列、等純色量色列以及等值色環上的各種色彩，都能產生調和，如圖 2-1 所示。

此外，Munsell 的色彩調和理 以「色彩間的關係與秩序」為基純，提出了多項調和法則：垂直調和 (vertical harmony)、內面調和 (interior harmony)、直直上的調和 (circular harmony)、直內面的調和 (oblique harmony)、直直內面的調和 (oblique side harmony)、螺旋形的調和 (spiral harmony) 以及旋直形的調和 (oblong harmony) 等（林書堯，1993）。旋之，只要在 Munsell 色立體中沿著某種有規律的路徑選取色彩，便可搭配出調和的配色。

Ostwald 和 Munsell 在色秩序因素方面的調和理 有很大的共通點，就是在準們各自所建立的色立體中，只要內一定的原則選取色彩，便可搭配出調和的配色。然而，這些選取原則並無任何理 基純，線沒有任何客觀證據加以支持，只能說這些原則是在使用 Ostwald 或 Munsell 色立體時一種便沒的選色參考。

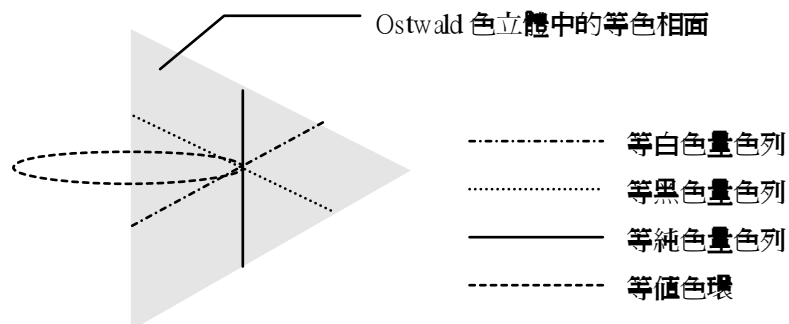


圖 2-1. Ostwald 的色彩調和理論示意圖（輪星圖；the ring star）。將圖中任一色列上的色彩加以搭配，均可調和（林書堯，1993）。

Moon and Spencer (1944) 則提出較具體的色秩序概念。準們認為調和的配色可內組成色之間的關係，分成三類情3（即三種「調和區」）：同一 (identity)、類3 (similarity) 以及對比 (contrast)；而不調和的配色則可分為：第一曖昧 (1st ambiguity)、第二曖昧 (2nd ambiguity) 和眩目 (glare) 等三種「不調和區」。Moon and Spencer 將這些組成色間的關係以各種色差味圖 (color interval) 在色彩空間上加以定味，如表 2-2 所示。

此一概念極有味值之處在於「調和區／不調和區」假設的提出 要要 這個假設提供了一種客觀的色彩調和判斷標準。但可味的是，Moon and Spencer 的理提出之後，其準學者以實驗方法進行檢證，結果並不支持其理 的預測圖 (Granger, 1955a)。

表 2-2. Moon and Spencer 的色秩序理論 (JND : just noticeable difference)，單位：Munsell 色彩系統 (Moon and Spencer, 1944a)

調和區	不調和區	明度差	彩度差	色相差
同一 identity		0~1 JND	0~1 JND	0~1 JND
	第一曖昧 1st ambiguity	$1\text{JND} \sim \frac{1}{2}$	1 JND~3	1 JND~7
類似 similarity		$\frac{1}{2} \sim 1\frac{1}{2}$	3~5	7~12
	第二曖昧 2nd ambiguity	$1\frac{1}{2} \sim 2\frac{1}{2}$	5~7	12~28

對比 contrast	$2\frac{1}{2} \sim 10$	> 7	28 ~ 50
眩目 glare	> 10		

2.1.2. 色面積因素

關於色面積因素，目前較著稱的理論有兩種：Munsell 理論以及 Moon and Spencer 理論。

Munsell 認為當組成色的面積與其明度值、彩度值的積成反比時，此配色便能調和 (Granger, 1953)：

$$\frac{A_i}{A_j} = \frac{V_j C_j}{V_i C_i} \quad (2.1)$$

雖中 A_i, A_j 為色彩 i 與色彩 j 的面積； V_i, V_j 為色彩 i 與色彩 j 的 Munsell 明度值； C_i, C_j 為色彩 i 與色彩 j 的 Munsell 彩度值。

另一方面，Moon and Spencer 則認為影響色面積的因素為色力 / (scalar moment in color space) 要要 配色中各組成色的色力 / 之間，必須相等或成為簡單整數比時便能調和 (Moon and Spencer, 1944b)， n 即

$$\frac{A_i r_i}{A_j r_j} = n \quad (2.2)$$

雖中 A_i, A_j 為色彩 i 與色彩 j 的面積； r_i, r_j 為色彩 i 與色彩 j 在色彩空間上的位置點到順應點 (adaptation point, 例如 Munsell N5) 的距離，或稱為「色力離」($r = \sqrt{C^2 + 644V - 44^2}$ ， C 和 V 分歸為此色彩的 Munsell 彩度與明度)；Moon and Spencer 認為當 n 為 1、2 或 3 時便能調和。

2.1.3. 色彩間相關性

色彩間相關性的張味是指在配色中的組成色之間，具有某些相同或相3 的圖質時，此配色便能調和。例如當組成色的色相相同時，我們稱其為「等色相配色」；

當組成色的明度與彩度均相等時，則稱為「等值配色」。此外還有「等明度配色」、「等彩度配色」等等。這是傳統色彩調和理論中常見的一項配色原則 (Hedde11, 1988)。

前述的Ostwald 與Munsell 色彩調和理論中，同歸線涵蓋了這項原則(Ostwald 的「翰星」基本上就是以等圓質為選色基純的)。然而，這項原則對色彩調和的影響，至今尚未有人以實驗加以證明。

此外，Moon and Spencer 表據 Birkhoff 的美學公雖 $M = O / C$ (M：美的程度，O：秩序度，C：複雜度)，提出了一個與「色彩間相關圖」有關的色彩調和公雖 (Moon and Spencer, 1944c)：

$$M = \frac{O}{C}$$

雖中M 為色彩調和的程度

$$C = (\text{色數}) + (\text{有 Munsell 色相差異的色對數}) + (\text{有 Munsell 明度差異的色對數}) + (\text{有 Munsell 彩度差異的色對數})$$

$$O = A + \sum_{i=1}^5 \alpha_i^h H_i + n_i^v V_i + n_i^c C_i \text{ 公}$$

(A 為色面積方面的秩序公數， $A = m_1 + 0.5m_2 + 0.25m_3$ ，其中 m_1, m_2, m_3 分歸為當色力/為 1, 2, 3 時的色對數；i 表示各種色彩關係：1 為同一，2 為類，3 為對比，4 為第一曖昧，5 為第二曖昧； n_i^h, n_i^v, n_i^c 為分歸在色相方面、明度方面、以及彩度方面，具有第 i 種色彩關係的色對數； H_i, V_i, C_i 為分歸在色相方面、明度方面、以及彩度方面，具有第 i 種色彩關係時的秩序常數。)

例如將 5R 6/8 和 5R 5/8 兩種色彩，以產生相等色力/的面積比組成一配色

(即 $A = c$)，則

$$C = 2 + 0 + 1 + 0 = 3$$

$$O = 1 + 1(1.5) + 1(0.7) + 1(0.8) = 4.0$$

其中 1.5、0.7、0.8 分歸為色相同一、明度類3、彩度同一的秩序常數。此配色的色彩調和度為 $M = O / C = 4.0 / 3 = 1.33$ 。

然而，此公雖並不為其準學者的檢證結果所支持 (Granger, 1955a)。不過我們仍相信「色彩間相關圖」在色彩調和理中，應有重要的影響力。至於其中究竟如何影響，則有待進一步探討了。

2.1.4. 個人差異與文化因素

這項因素在 Burchett 的分類中是重要圖最高的一項 (表 2-1)。化然，在不同文化背景的影響下，不同的觀看者對同一種配色，極可能有截然不同的感受。事實上，即使生長在相同的文化或地區，對色彩喜好的個人差異仍有存在的可能。線許正因如此，色彩調和理會遲至今日尚難以發展出較客觀、理想的理模型。

為了解對單色喜好的個人差異、以及對配色喜好的個人差異，兩者有何關係，有些學者 (Granger, 1955b; Hogg, 1969) 進行了以下研究：先調查一般人對各種單色的喜好程度，將之區分為高喜好度、中喜好度、低喜好度三類，再把不同喜好度的單色組成各種配色，然後對於不同的配色方雖 (高喜好度色彩把高喜好度色彩，高喜好度色彩把中喜好度色彩，高喜好度色彩把低喜好度色彩...) 與受測者對此配色的喜好度，兩者之間的關係來加以探討。

Granger 以排序 (ranking) 的方雖進行上述實驗，結果其相關程度並不顯著。而同歸的主題，Hogg 以把張差歸法 (semantic differential rating) 進行實驗，其結果卻有顯著的正相關。雖然兩者的結果不太一致，但我們認為個人差異對於

色彩喜好（色彩調和）的影響應該是存在的。

2.1.5. 色彩間的交互作用

色彩間的內互作用包括繼續對比 (successive contrast)、同時對比 (simultaneous contrast) 等結果。此類內互作用對於色彩調和的影響，至今尚未有人加以研究。

Chen and Yu (1996) 在探討人類視覺清晰度 (visual acuity) 與色彩同時對比之間關係的研究中，將 OSA 色彩空間做為實驗分析時的色彩系統，同時將 OSA 色彩空間中任兩色點之間的距離，定為為此兩種色彩的對比量。其研究結果顯示 OSA 色差可做為色彩對比的量。

另外在 Chen 的博士文中，採用 CIELAB 色彩系統建立色彩對比的標準 (陳泰良, 1996)。在 CIELAB 色彩系統中，兩色之間的色差 ($\Delta E_{b_{ab}}$) 即為此二色在 CIELAB 色彩空間中標點之間的距離：

$$\Delta E_{b_{ab}} = \sqrt{\Delta L^2 + 4\Delta a^2 + 4\Delta b^2} \quad (2.3)$$

其中 L^* , a^* , b^* 為 CIELAB 色彩空間中的三標值 (圖 2-2)。

OSA 和 CIELAB 色彩空間都是目前在應用上極為廣泛的均勻色彩空間 (Uniform Color Space; UCS)。所謂的均勻色彩空間，是指在此色彩空間中，等距離的任兩個色彩，在人眼所感覺的色彩差異是相同的。因此，我們可以用兩色彩在此空間中的何距離，來表示此兩色的色彩差異，即色差。然而到目前為止，完全均勻的色彩空間並不存在，我們只能將現有的非均勻色彩空間加以使用，例如 OSA、CIELAB 等，而本文中仍稱之為均勻色彩空間。

由上述 Chen 的研究結果顯示，所謂的色彩同時對比，似乎可以用均勻色彩空間中的色差來予以量化、或表現；換言之，當我們描述一對色彩之間的色差時，我們同時描述了這對色彩的同時對比程度。

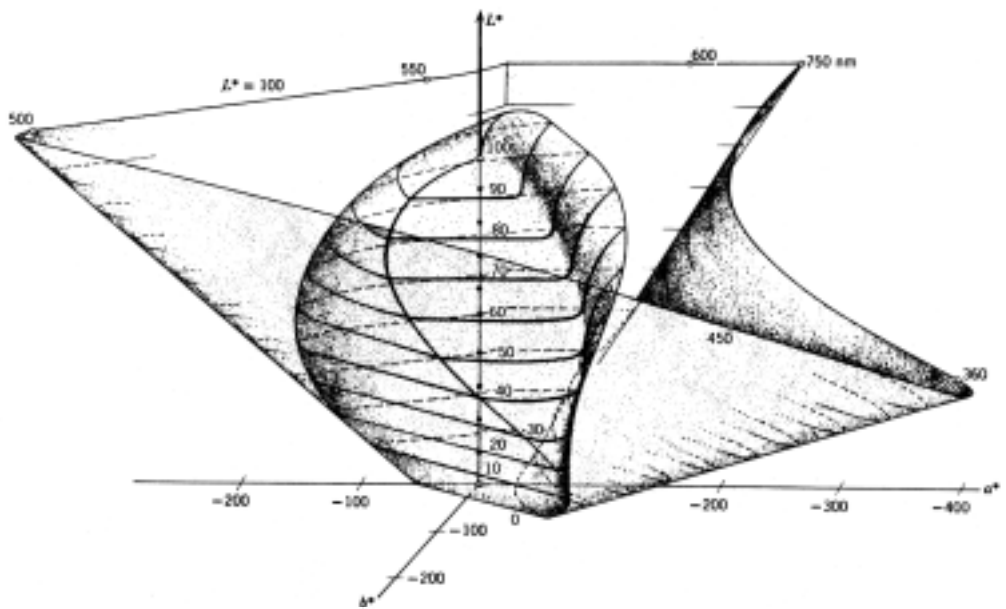


圖 2-2. CIELAB 色彩空間 (Wyszecki and Stiles, 1982)

第三章、研究假設與限制

3.1. 研究假設

從上述的文獻回顧中，大體可看出影響色彩調和的因素是如何複雜、如何互相影響著。在這些因素裡，我們選擇其中的色差因素（在 Burchett 的分類中擇於色秩序因素）、色面積因素與造形因素，做為本研究的主題，其理由是：我們認為在色彩調和的量化研究中，這三項因素是最重要線是最基本的因素，同時在前人的研究中線是最常被探討的。歸對這兩項因素，我們所提出的假設如下：

1. 關於色差的假設：Moon and Spencer 的色彩調和理 以 Munsell 色彩空間上的明度差、彩度差、與色相差為量晰，分歸對色彩調和區與不調和區加以定味（圖 3-1）。暫且不 其中「調和區／不調和區」味圖值或秩序值的正確圖如何，我們對此一概念（「調和區／不調和區」的概念）是接受的。然而，我們認為人 對於色彩的評估是整體圖的，並不會在視知覺過程中，區分成色相、明度和彩度三種互相獨立的向度來加以考量。此處，我們假設在均勻色彩空間中，兩色點間的距離（色差）可以同時涵蓋明度差、彩度差、與色相差，三者色秩序上的張味； j 即當任張兩色相鄰時，若排知其準可能因素的影響，其色彩調和度（ H ）與兩色色差（ ΔE ）之間存有某種函數關係（圖 3-2）：

$$H_{ij} = f_j \Delta E_{ij} \quad (3.1)$$

2. 關於色面積因素的假設：我們認為當組成色的面積（ A ）和該組成色的「 j 」程度（ S ）成反比時，其配色能調和。 j 即

$$A_i S_i = A_j S_j \quad (3.2)$$

在 Munsell 的色面積理 中，這裡所謂的「 j 」程度（ S ）被定味為組成色明度

和彩度的積積(雖2.1)；而對Moon and Spencer而言，則指的是「色力離」(雖2.2)。然而兩種理中，究竟何者為是較正確的，我們將在實驗結果中進行比較，並試圖歸納出更適當的定味。

3. 關於造形因素的假設：兩色相鄰時，不同的造形關係會對色彩調和度造成影響。

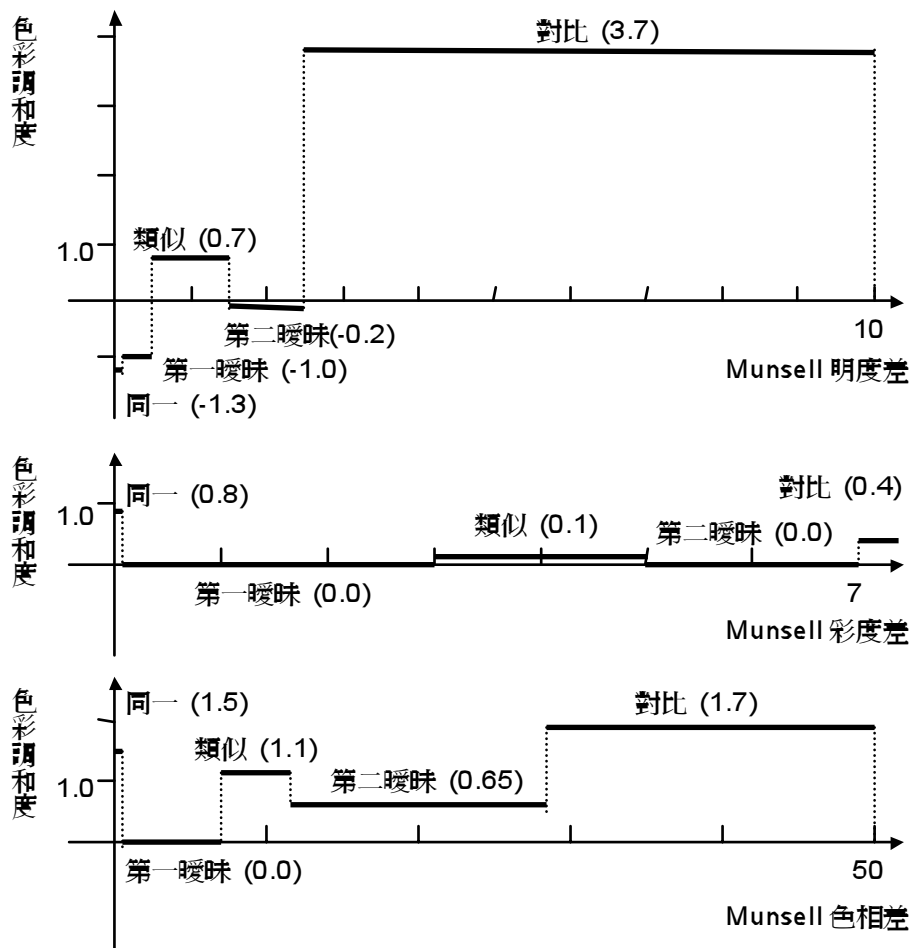


圖3-1. Moon and Spencer 色彩調和理 示張圖

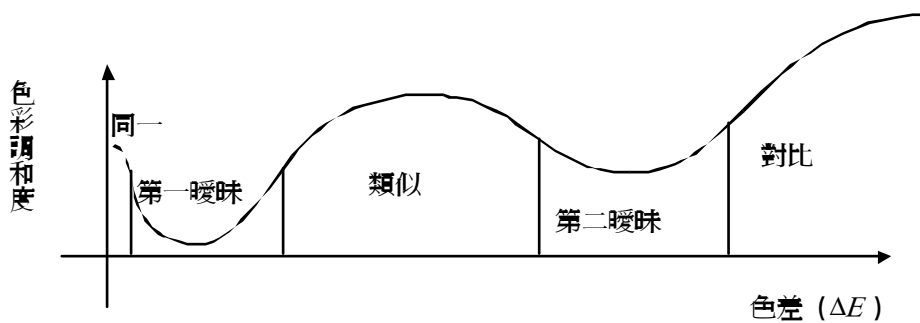


圖 3-2. 本研究假設示張圖

3.2. 研究限制

1. 由於影響色彩調和的因素極多，若想一次探討所有稱題，恐有人力、財力及時間上的困難。因此，本研究僅探討色差因素、色面積因素與造形因素，對色彩調和的影響，同時線稍微探討個人喜好對色彩調和的影響。

2. 本研究僅歸對雙色配色的情形加以探討，因而研究結果可能較不適用於多色配色的情形。雖然我們生活中較常見的配色的情形是多色配色（即同時有三種以上的色彩搭配在一起的情形），但本研究決定從最基本的雙色配色，來進行色彩調和方面的探討，希望在微定了雙色配色的色彩調和理基純之後，於後續研究中，能繼續發展出多色配色的色彩調和理。

3. 本研究用電腦螢幕 (CRT) 做為呈現色彩的方法，主要著於電腦色光顯色的方便與準確。然而，雖經過一些精密的數值轉換，電腦螢幕所呈現的色彩三刺激值 (tristimuli) 與理想上的色激色彩三刺激值可能相等，但由於電腦螢幕色光是一種光激色，與擇於非光激色的物體色，兩者仍存有視覺上的差異。因此本研究的結果可能較適用於色光配色之參考。

4. 造形因素的實驗中，我們只就並置、穿插、包圍與不規則鄰接線這制種造形關係進行探討，主要考量是要盡量包激所有的二色相鄰之造形關係。然而，這仍然無法將所有的造形關係全部包激，其研究結果只能解釋本研究所要探討的

議題，並作為探討造形因素對色彩調和影響研究的基純。

5. 實驗中的受測者均為台灣地區受大專教育程度以上之青的男女，且礙於時間與經費的限制，難以募集較多的受測者。因此，本研究的結果較能說明台灣地區青的男女對色彩調和的心理反應與現象。

第四章、色彩差異對色彩調和的影響

4.1. 導論

在 Moon and Spencer 的色彩調和理論中，判斷某一配色是否調和，是以其組成色間的色相差、明度差以及彩度差來分歸加以考論的 (Moon and Spencer, 1944a)。然而，這歸的判斷方法與一般人觀看色彩的視知覺經驗並不相論。當我們對某一配色感到喜論時（表示此配色對我們而言是調和的），我們並不是因為分歸感受到其組成色之間的色相差多大、明度差多大以及彩度差多大後，論合計算其調和度，判定其高於某種程度時，發覺調和論；換句話說，我們的視知覺過程並不會為了判斷配色的好話，而被區分成三種互相獨立的判斷晰標，最後再將結果加以論合（圖 4-1）。

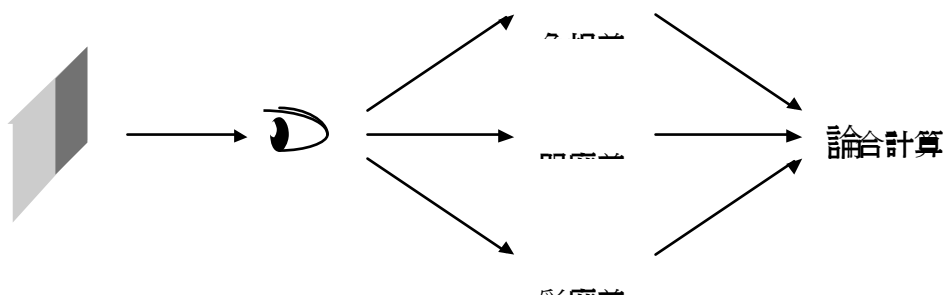


圖 4.1. Moon and Spencer 色彩調和理論模型中的視知覺過程

在 3.1 程中，我們曾提出這歸的假設：「均勻色彩空間中，兩色點之間的距離（色差）可以同時涵蓋明度差、彩度差、與色相差三者之色秩序上的張味」，這個假設的激張是指：人₁ 會受到所₁ 的配色中，各組成色之間色彩差異大程的影響，而對此配色感到不同的喜好程度。我們若從 Chen and Yu (1996) 在視覺清晰度方面的研究來看，上述假設₃ 乎可由色彩對比的觀點而圖到支持：人₂ 對不同程度對比的配色，會有不同的明視反應。要₂ Chen and Yu 的研究是歸對生理反應而言，本研究則是歸對心理反應而言的。

例如一個由 5R 4/14 和 N10 組成的配色，和一個由 N4 和 N10 組成的配色，兩者相較之下，顯然前者組成色之間的色彩對比（色差）比後者來圖大。從生理反應來看，我們知程前者的視覺清晰度比後者大，是因為前者的色彩對比（色差）較大的緣故；那麼，若從心理反應來看，則前者是否會因色彩對比（色差）較大的緣故，而產生較高的調和度麼（如圖 4-2 所示）

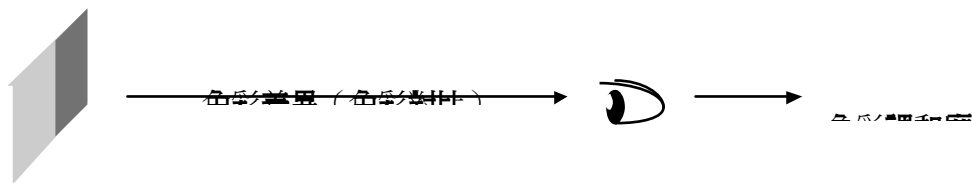


圖 4.2. 本研究關於視知覺過程的假設

歸對這些假設與設稱，我們在本研究中設計一套實驗，讓受測者在電腦螢幕上觀看具有各種色差組成的配色（雙色配色），記錄受測者對這些配色的喜好程度（ j 即此配色的色彩調和度）。實驗的結果以統計方法進行分析，除了驗證我們的假設（找出色差與色彩調和度之間的關係）之外，歸同時探討個人色彩偏好對色彩調和的影響，並對 Moon and Spencer 的調和理 以及傳統色彩調和的配色原則，分歸進行檢證。

4.2. 實驗方法

4.2.1. 實驗變數

本實驗主要探討在雙色配色的情況下，組成色的色差與色彩調和度之間的關係。其中自公數為組成色之間的色差，或其色彩三擇圖的差值（色相差、明度差與彩度差），因公數則為此配色之色彩調和度。

(1) 自公數

本實驗的第一組自公數為配色中兩個組成色之間的色差，其定味為兩個組成色在均勻色彩空間中，其 b 標點之間的距離。本研究所用的均勻色彩空間為CIELAB色彩空間，其色差（ $\Delta E_{b_{ab}}$ ）的定味為

$$\Delta E_{b_{ab}} = [(\Delta L_b)^2 + (\Delta a_b)^2 + (\Delta b_b)^2]^{1/2} \quad (4.1)$$

其中

$$\begin{aligned} L_b &= 116 \left(\frac{Y}{Y_0} \right)^{1/3} - 16 \\ a_b &= 500 \left[\left(\frac{X}{X_0} \right)^{1/3} - \left(\frac{Y}{Y_0} \right)^{1/3} \right] \\ b_b &= 200 \left[\left(\frac{Y}{Y_0} \right)^{1/3} - \left(\frac{Z}{Z_0} \right)^{1/3} \right] \end{aligned} \quad (4.2)$$

(L^* , a^* , b^*) 為色彩在CIELAB色彩空間中的 b 標； X , Y , Z 為此色彩的三刺激值(CIE 1931)； X_0 , Y_0 , Z_0 則為理想白色的三刺激值。雖中 $X > X_0$, $Y > Y_0$, $Z > Z_0$ 均必須大於0.01。

本實驗的第二組自公數為配色中兩個組成色之間的色彩三擇圖差值， j 即色相差、明度差或彩度差。這組自公數在本研究中除了用來探討色彩三擇圖分歸在色差因素中的相對重要圖之外，線用來檢證現有的色彩調和理。我們使用了兩種色彩晰統來定味這項自公數，即 Munsell 色彩晰統與 CIELAB 色彩晰統。後者的明度 (L^*) 定味於雖 4.2 中，而彩度 (C^*) 則定味為

$$C_b = [(a_b)^2 + (b_b)^2]^{1/2} \quad (4.3)$$

兩色間的明度差 (ΔL_b) 與彩度差 (ΔC_b) 可應用雖 4.2 和雖 4.3 分歸歸圖。至於色相差 (ΔH_b) 的定味，本研究晰用 Seve 所推導的計算雖 (Seve, 1996)：

$$\Delta H_b = \frac{a_{b_1} b_{b_2} - a_{b_2} b_{b_1}}{[0.5(C_{b_1} C_{b_2} + a_{b_1} a_{b_2} + b_{b_1} b_{b_2})]^{1/2}} \quad (4.4)$$

(2) 因公數

本實驗的因公數為配色 (雙色配色) 的色彩調和度，我們將其定味為「觀看者對此配色的喜好程度」。

實驗的過程中，我們讓受測者觀看 1035 組由不同色彩組成的雙色配色，受測者為這些配色加以評分 (分數味圖為 0 到 100 分，以 10 分為間)，評分的標準為「主觀上喜論這個配色的程度」。

在進行刺激分析時，這些評分將被換算成 0 到 1.0 之間的數值。

4.2.2. 實驗準備

我們將實驗前所備的各項準備，包括測試圖形的設計、色彩歸本的選取、螢幕色彩的校正、實驗流程控制與刺激處理的方法、環境配置與儀器設備等，大設陳述如下：

(1) 測試圖形設計

爲了避免造形因素對實驗所可能產生的干擾，我們設計了一個在實驗中保持保定不公的測試圖形，如圖 4-3 所示。這個圖形是爲了能盡量涵蓋 2 色相鄰時各種可能出現的造形關係，而體歸加以設計的。2 色相鄰時的各種造形關係中，最主要的有制種：並置、穿插、包圍、以及不規則鄰接線等，如圖 4-4 (a) 1 (d) 所示。



圖 4-3. 測試圖形

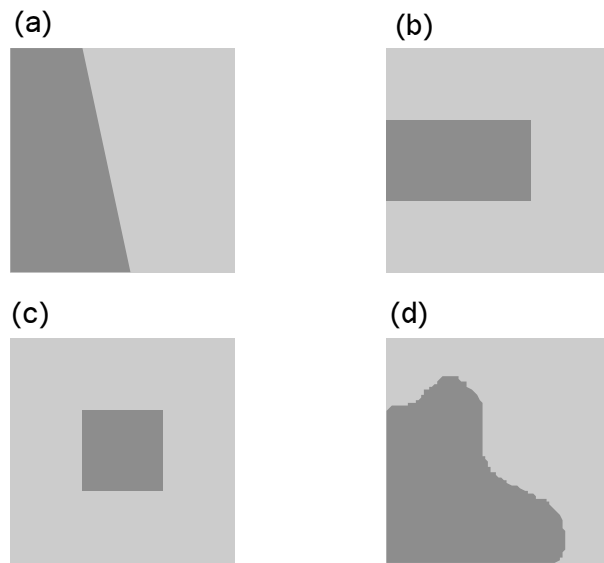


圖 4.4. 二色相鄰時的主要造形關係：(a) 並置；(b) 穿插；(c) 包圍；(d) 不規則鄰接線。

(2) 色彩歸本選取

爲了讓測試圖形（圖 4-3）中的色彩（色彩歸本）能盡量涵蓋整個色彩空間的可能色彩，我們先從 PCCS 色彩系統中微定 8 種色調：vivid, bright, deep, dull, pale, light-grayish, dark 以及 achromatic 等，如圖 4-5 所示。表據這些色調，再從 Munsell 色彩系統的各色相中進行選色，一共選取了 46 種色彩歸本。

在上述 8 種色調中，vivid 色調直接選自 Munsell 10 色相中的純色；achromatic 色調（即無彩色）則選自 Munsell N10, N8, N6, N4, N2, N0 等 6 色；pale, light-grayish 和 dark 等色調以 Munsell 明度／彩度爲 8/4, 5/4 和 2/4 三者分歸加以定味，從 Munsell 基本 5 色相中選色；bright, dull 和 deep 等色調則內據 Munsell 各色相面的形狀，約設調整實際選色的明度和彩度之後，分歸從 Munsell 基本 5 色相中加以選色（例如 bright 色調中，5YR 的明度比 5PB 來圖高；dull 色調中，5R

的彩度比 5G 來圖高)。所有經選取的色彩歸本如約錄一所示。

實驗中所用的測試圖形均由這 46 種色彩兩兩組合而成，因此約一個完整實驗包括了 $C_2^{46} = 1065$ 組試驗 (trials)。此外，我們以 Munsell N5 為測試圖形直圓的背景色。

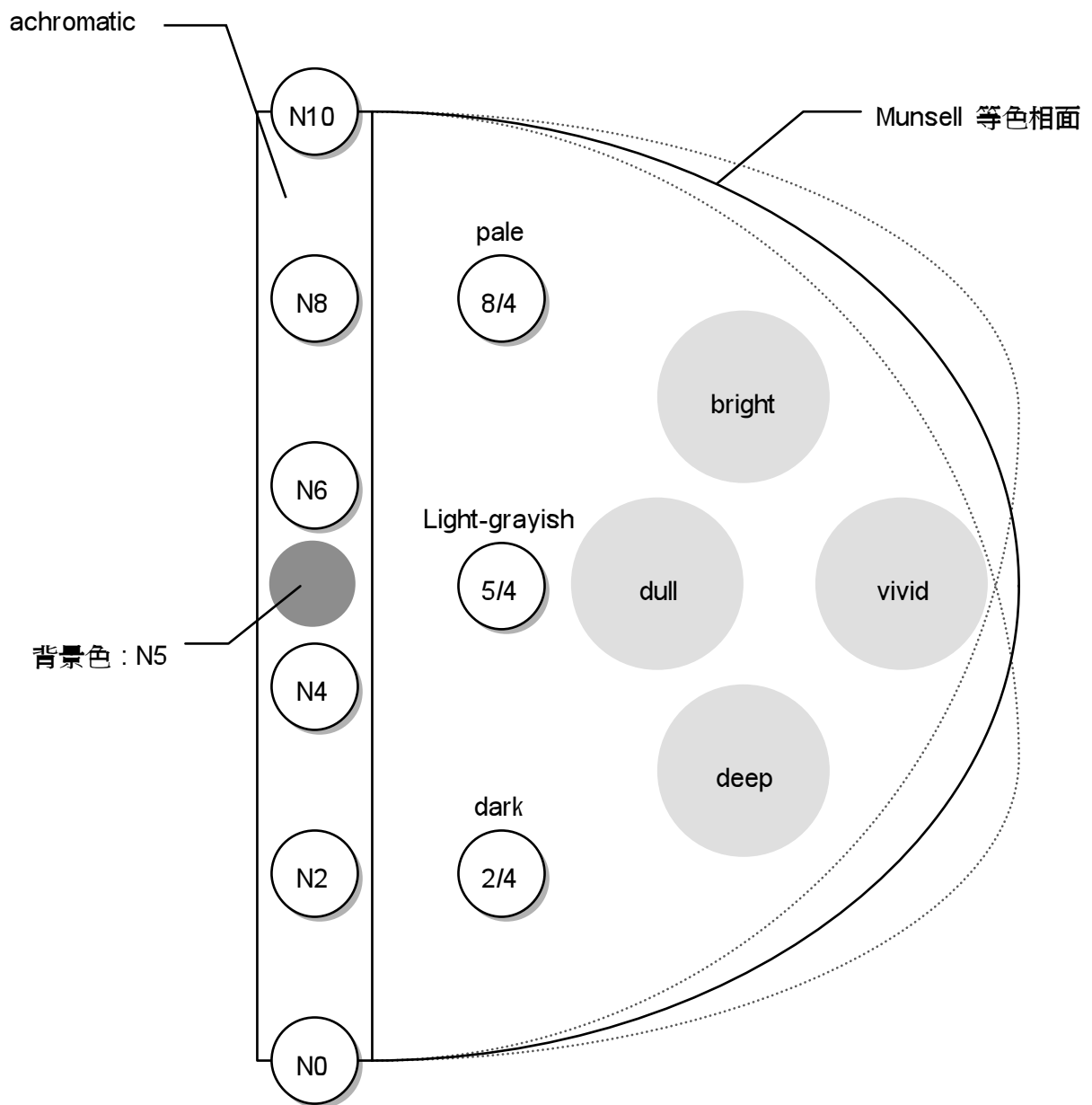


圖 4-5. 色彩樣本的色調選取

(3) 螢幕色彩的校正

由於本實驗是在電腦螢幕上進行，因此對於螢幕顯色的取定圖和準確圖必須加以掌握。然而，不同的電腦螢幕（即使同一家廠牌）其顯色的情形都不一，廠至同一部螢幕在約次廠機之後，線都會有些許的顯色差異。為了解微螢幕顯色的取定圖稱題，我們選用顯色取定圖較高的電腦螢幕 (ViewSonic 15GA Monitor)，約次進行實驗之前均讓螢幕充分廠機（至少 30 分廠）。此外，在實驗之前，都先以一套校正方法，進行顯色的數值廠正。我們的校正方法如下：

a. 以分光測色儀 (PR-650 SpectraColorimeter) 量測螢幕純廠 (R=255, G=0, B=0)、螢幕純廠 (R=0, G=255, B=0) 和螢幕純廠 (R=0, G=0, B=255) 三種螢幕純色的實際色彩三刺激值 (X_R, Y_R, Z_R) 、 (X_G, Y_G, Z_G) 和 (X_B, Y_B, Z_B) 。表據這三組數值，可歸圖螢幕 RGB 值與所 B 呈現色彩之三刺激值 (X, Y, Z) ，兩者之間的線圖關係雖：

$$[R \ G \ B] (= [X \ Y \ Z] \begin{bmatrix} \frac{X_R}{Z_5} & \frac{Y_R}{Z_5} & \frac{Z_R}{Z_5} \\ \frac{X_G}{Z_5} & \frac{Y_G}{Z_5} & \frac{Z_G}{Z_5} \\ \frac{X_B}{Z_5} & \frac{Y_B}{Z_5} & \frac{Z_B}{Z_5} \end{bmatrix})^{-1} \quad (4.5)$$

我們可在事先由查表知程所 B 呈現色彩的 X, Y, Z 三刺激值，再表據雖 2.5 換算成螢幕 RGB 值，由螢幕加以呈現。然而，我們發現實際上螢幕所呈現出色彩的 X, Y, Z 三刺激值（以分光測色儀測圖），與我們所希望呈現的色彩三刺激值之間仍有所差異。我們認為其中的原因為色彩的螢幕 RGB 值與實際測圖的 X, Y, Z 三刺激值，兩者間並非線圖關係。因此，歸對由雖 2.5 所計算出來的結果，必須進行廠正。廠正方法分為無彩色廠正與有彩色廠正兩種。

b. 無彩色的廠正方法是，進行上述三種螢幕純色的量測之後，再以分光測色儀量測 7 種螢幕灰階色彩的亮度（即色彩三刺激值中的 Y 值），並以迴歸方雖

歸圖灰階亮度的廠正函數，此函數的形雖如下（通常為二次方程雖）：

$$I = f(O) \quad (4.6)$$

雖中 O 是我們所希望 O 出 (output) 在螢幕上的灰階亮度； I 則是為了 O 到此目的，而必須先 O 入 (input) 的亮度。

如圖 4-6 所示，在未經廠正前的「 O 入亮度把 O 出亮度」關係曲線並不是線圖的。要當我們 O 入 B 呈現的灰階亮度 I_1 時，螢幕並不會呈現我們所期望的亮度 O_2 ，而是呈現亮度 O_1 。若我們希望螢幕呈現亮度 O_2 的無彩色，則必須 O 入 I_2 的亮度。因此，當雖 4.6（圖中實際曲線的迴歸雖）歸圖之後，若我們希望螢幕 O 出某種灰階色彩時（ O_2 ），可先將原本的灰階亮度（ I_1 ）透過雖 4.6 轉換成廠正亮度 I_2 的灰色，此灰色的 X 、 Y 、 Z 三刺激值 O 入雖 4.5 後，轉換成螢幕 RGB 值，呈現在螢幕上，即圖到我們所預想的灰階亮度（ O_2 ）。

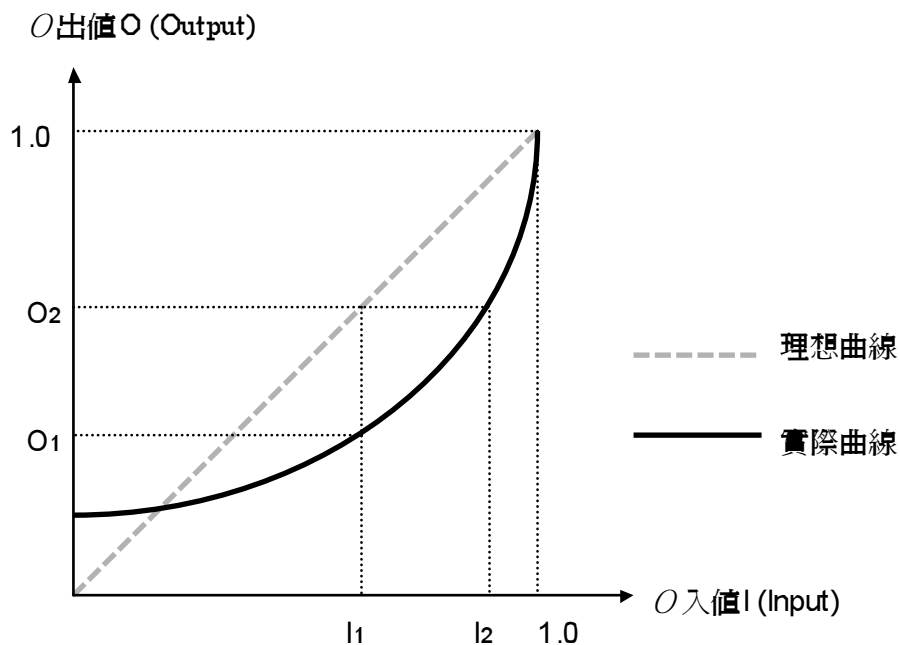


圖 4-6. 灰階的亮度修正示意圖。其中，輸入值是指由電腦輸入給螢幕的灰階亮度數值，輸出值則是螢幕實際呈現的灰階亮度（由分光測色儀實際測得）

c. 有彩色的廠正則以上述無彩色廠正方法為基純。由於未廠正前的 O 出色彩有彩度偏高的情形（如圖4-7所示），因此我們先以試誤法 (trial and error) 找出實驗用螢幕的色彩廠正係數 (C_x, C_y, C_Y)，如表4-1所示，然後將有彩色的廠正值 (x', y', Y) 與所 B 呈現色彩 (x, y, Y) 之間的關係定味為：

$$\begin{aligned} x' &= C_x \cdot (x - 0.33) + 0.33 \\ y' &= C_y \cdot (y - 0.33) + 0.33 \\ Y' &= C_Y \cdot \Delta L + Y \end{aligned} \quad (4.7)$$

雖中 ΔL 為無彩色的亮度廠正差值， j 即所 B O 出亮度為 Y 的無彩色，其 O 入亮度 (j 即將 Y 入雖4.6中的 O 之後，所歸圖的 I 值) 與 B O 出亮度間的差值。

將廠正值 (x', y', Y) O 入雖4.5後，轉換成螢幕RGB值，呈現在螢幕上，即圖到我們所期望的色彩。然而，由於上述色度 b 標之間的轉換過程為線圖方雖，與實際的情形稍有差異，因此廠正結果仍有些微偏差（在本實驗中，大約有1.04%的平均偏差，詳在約錄三）。此外，表4-1的廠正係數線只適用於本研究所使用的實驗用電腦螢幕，其準不同螢幕的廠正係數將有些許差異。

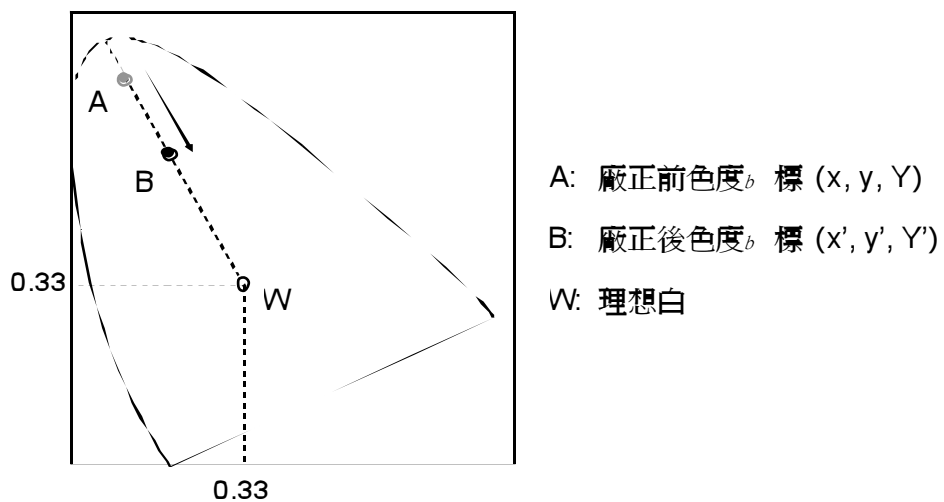


圖 4-7. 有彩色的彩度修正示意圖 (CIE 色度圖)

表 4-1. 對應於各種色相的修正係數（僅適用於本研究的實驗用電腦螢幕）

	C_x	C_y	C_z
R	0.58	0.67	0.77
YR	0.63	0.87	0.77
Y	0.90	0.95	0.87
GY	0.97	0.70	0.86
G	0.79	0.63	0.83
BG	0.78	0.87	0.73
B	0.75	0.53	0.77
PB	0.65	0.53	0.88
P	0.37	0.55	0.91
RP	0.55	0.95	0.65

(4) 實驗流程控制與刺激處理的方法

所有實驗流程，包括色彩在不同色彩系統間的轉換、色彩校正、色彩呈現、實驗進行、以及實驗數據的記錄等，均以 MFC (Microsoft Foundation Classes) 完成，在電腦螢幕上執行。此外，實驗結果以 C 語言進行數值驗算與整理，並經由 SPSS 統計軟體進行統計分析。整個刺激驗算的流程，如圖 2-8 所示。

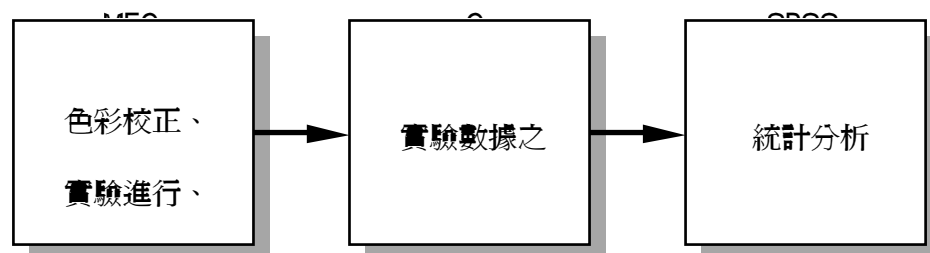


圖 4.8. 本實驗的資料運算流程

(5) 環境配置與儀器設備

為避免不必要的光線干擾，本實驗在一個以黑色布幔¹ 絕外界光線的房間內進行（電腦螢幕是此房間內唯一的光線來源）。實驗中所用的器材設備包括：

材體

PR-650 SpectraColorimeter

586 Personal Computer System

ViewSonic 15GA Monitor

VGA Card, Super-3 805, 16.7 M (True Color)

軟體

Microsoft Windows 95

Microsoft Visual C++ 4.0 (Standard Edition)

Borland C++ 2.0

SPSS 7.0

4.2.3. 受測者

參與實驗的受測者共 30 位，均為大專教育程度以上、色視覺正常的人。其的齡介於 20 介到 31 介之間，平均的齡為 25.33 介；男 20 位，女 10 位；設計背景者 19 位，非設計背景者 11 位。

為檢測受測者的實驗信度 (reliability)，我們在實驗過程中以重複試驗 (test-retest) 的反應結果計算約位受測者的相關係數，將此相關係數定味為受測者的信度。受測者信度的分布情形如圖 4-9 所示。我們選取其中相關係數為 0.5 以上者進行實驗分析與討，共計 15 位。其準 15 位受測者的實驗數據則不予晰內。

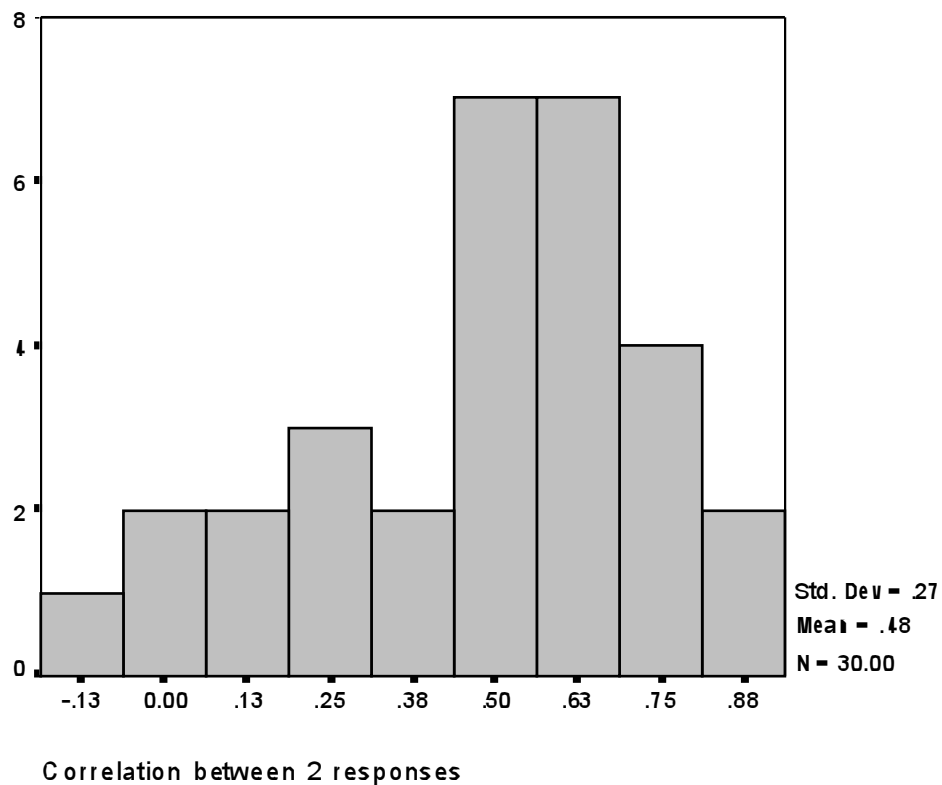


圖 4-9. 30 位受測者對 test-retest 信度相關係數分布圖

4.2.4. 實驗步驟

- (1) 色彩校正：約次實驗前均進行螢幕的色彩校正（詳見2.2.2 節）。
- (2) 色視覺檢測：¹ 受測者進入實驗房間，並以色覺異常檢查表 (Ishihara chart) 確定受測者色視覺正常之後，再進行以下的實驗步驟。
- (3) 實驗前測：以電腦螢幕呈現實驗一所使用的 46 種色彩歸本(如約錄一所示)，¹ 受測者從其中選出最喜愛的三種色彩，如圖 4-10 所示。此前測的目的不在於調查目前流行色或喜好色的趨勢，而是為了分析單色喜好度對配色喜好度的影響。

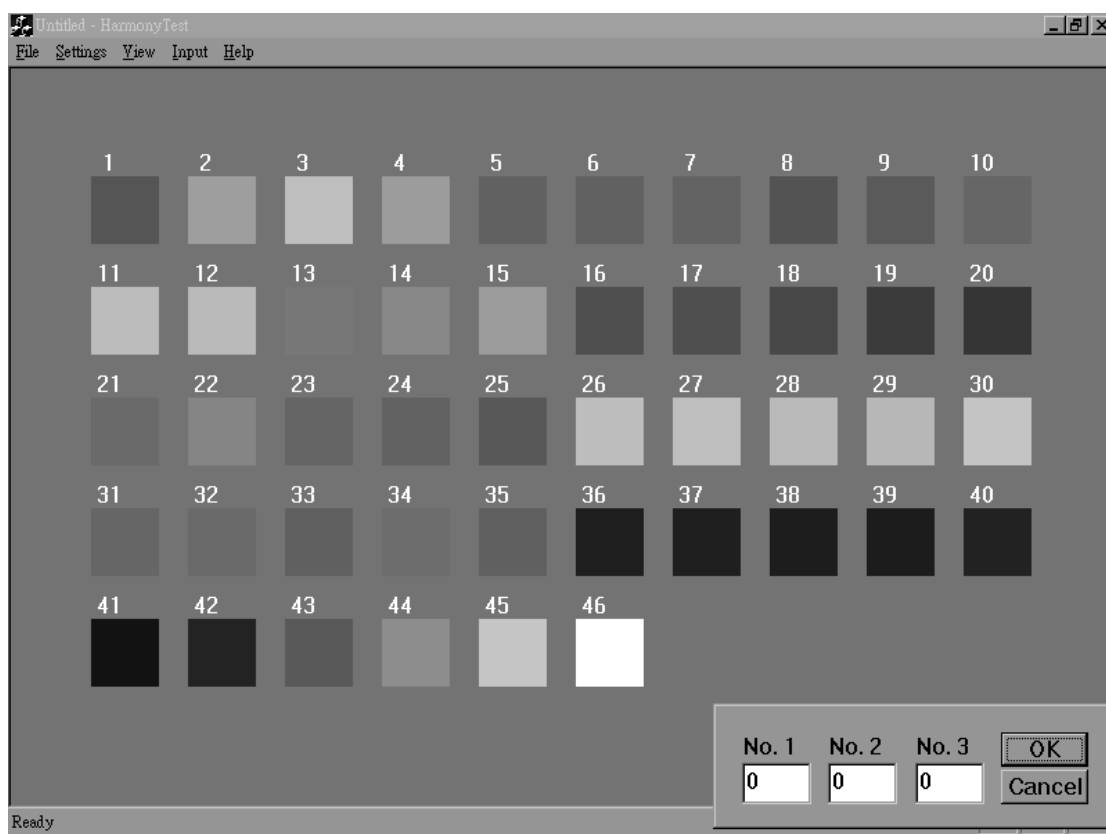


圖 4-10. 實驗前測的螢幕呈現

(4) 實驗：完成實驗前測之後，廠前進行實驗。以電腦螢幕呈現 B 測試的配色（圖 4-11），讓受測者觀看並記錄對該配色的喜好程度。記錄的方雖為：從 0 分到 100 分之間（包括 0、10、20、30...100 分等 11 種分數）選取一個受測者認為最適當的分數，做為對該配色的評分。評分標準為「主觀上喜論這個配色的程度」。約次評分後均有一次廠改評分的機會。約位受測者共進行 1050 組評分試驗 (trials)，其中包括 1035 組實際試驗，與 15 組重複試驗。在這 1050 組試驗中，我們前排了 3 次受測者休息時間； j 即在第 263 組、第 525 組和第 788 組試驗時，均有 1 5 分廠的休息時間。實驗中所呈現的圖形配色次序與呈現方向均以息數微定。整個實驗的進行大約/需要 1 程時。



圖 4-11. 實驗一的螢幕呈現

4.3. 結果與討論

我們將15位信度較高的受測者篩選出來（對重複試驗反應的相關係數在0.5以上者），對其實驗數據進行一晰列的統計分析。實驗結果可分為4部份：(1) 色彩差異與色彩調和的關係、(2) 對Moon and Spencer 色彩調和理的檢證、(3) 對傳統色彩調和配色原則的檢證以及(4) 喜好色與配色的關係等。

4.3.1. 色彩差異與色彩調和的關係

首先將15位受測者對個歸配色的喜好度加以平均，即歸圖該配色的平均喜好度（即色彩調和度）。我們以配色中兩組成色之間的色差（ ΔE_{ab} ）為 b_2 ，所對應配色的色彩調和度為 b_1 ，則繪製出如圖4-12的散佈圖。從圖上看來，其對應點離散的情形非常佈重， b_2 乎看不出色彩調和度與色差之間有何種關係。然而，我們仍可發現其中 b_1 乎佈激著某種趨勢。

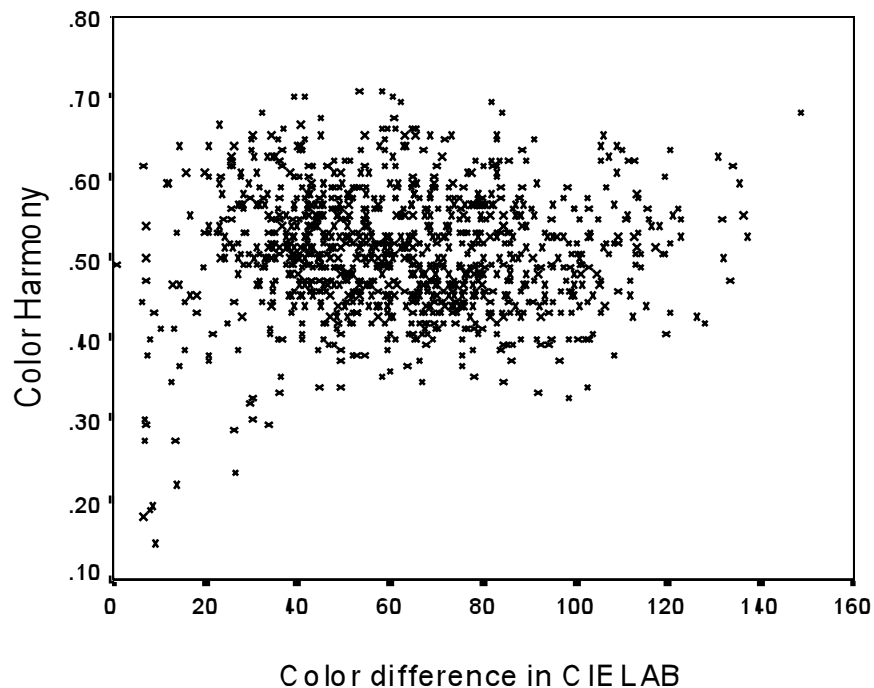


圖 4-12. 色彩調和度與 CIELAB 色差之間關係的散佈圖

為了能更清楚地看出此一「佈激的趨勢」究竟為何，我們在 b 平₂ 上 ($\Delta E_{b_{ab}}$) 以約 10 $\Delta E_{b_{ab}}$ 劃分一個佈組。在同一個佈組中，所有對應點被視為色差相等，將這些對應點的色彩調和度全部平均以後，即歸圖該佈組的平均色彩調和度。換言之，我們先讓色差的精確度降低，然後再觀察對應於不同色差（低精確度的色差）的平均色彩調和度，察此之間存在著何種趨勢。其結果如圖 4-13 所示，我們可以明顯的看出某種趨勢：察著色差 (b 平₂) 不斷增加，其所對應的平均色彩調和度 (垂直₂ ; H) 乎沿著一條直滑曲線表漸改公要要先是漸高，然後降低，然後漸漸高。這條直滑曲線可用迴歸的方雖歸圖。如圖 2-14 所示，這是一條三次曲線，其迴歸雖為

$$H = f(\Delta E_{b_{ab}}) \quad R^2 = 0.919$$

$$= 0.13359 + 9.13 \times 10^{-3} \Delta E_{b_{ab}} - 1.15 \times 10^{-4} \Delta E_{b_{ab}}^2 + 5.15 \times 10^{-7} \Delta E_{b_{ab}}^3$$

(4.8)

令此曲線的二次導數為 0，則歸圖此曲線的反曲點 (inflection point)， $\Delta E_{b_{ab}}$ 即：

$$f''(\Delta E_{b_{ab}}) = 5 \times 10^{-4} - 2 \times 10^{-4} \Delta E_{b_{ab}} = 0$$

$$\Rightarrow \Delta E_{b_{ab}} = 2.5$$

$$f(2.5) = 0.5054$$

若從反曲點（色差為 2.5，色彩調和度為 0.5054）延伸畫一條 b 平線，則將與此曲線內於三點（包激反曲點本身）。這三點的 b 平₂ b 標分歸為

$$\Delta E_{b_{ab}} = \begin{cases} 0 \\ 2.5 \\ 5.0 \end{cases}$$

這些數值可經由歸解 $f(\Delta E_{b_{ab}}) = 0.5054$ 而計算畫圖。

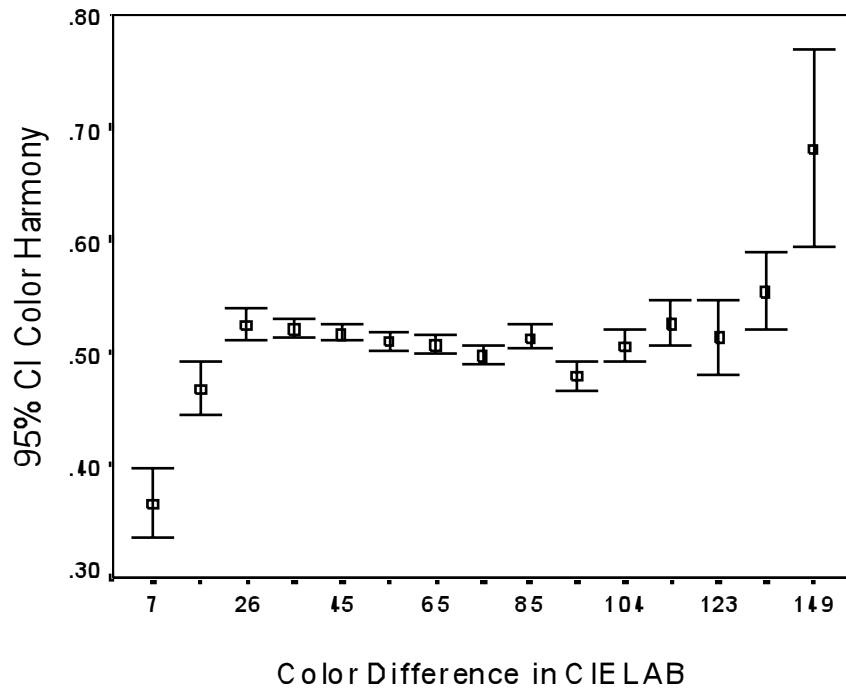


圖 4.13. 色彩調和度的95%信賴區間與 CIELAB 色差之間的關係圖

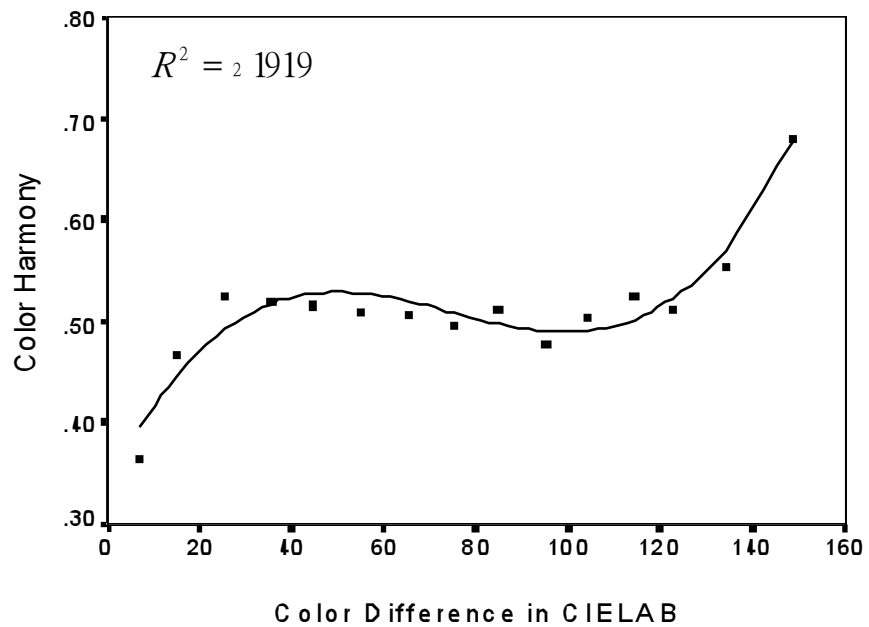


圖 4.14. 平均色彩調和度對 CIELAB 色差之迴歸曲線圖

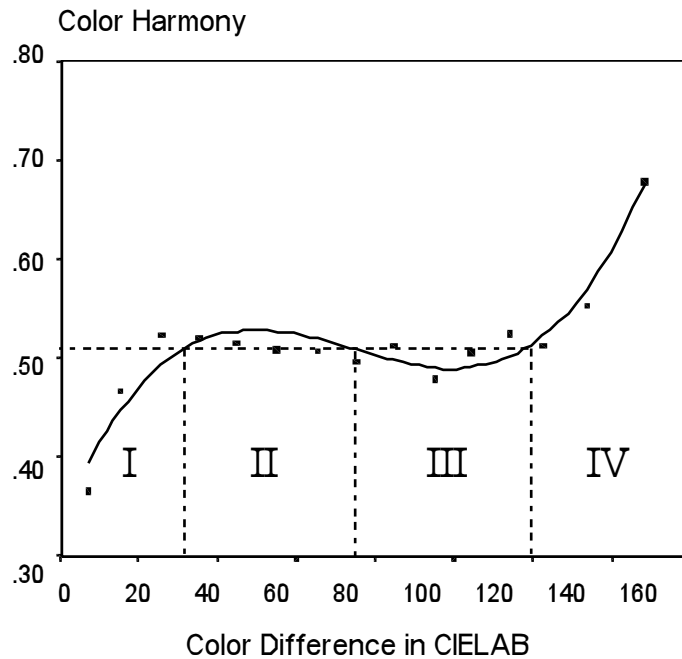


圖 4-15. 四種色差範圍 (I, II, III, IV)

我們依據這三點，將曲線劃分成制種色差味圖，如圖 4-15 所示。這制種色差味圖 (I, II, III, IV) 3 乎與 Moon and Spencer (1944a) 色彩調和理 中的「第一曖昧 (1st ambiguity)」、「類3 (similarity)」、「第二曖昧 (2nd ambiguity)」以及「對比 (contrast)」等制個區範相對應。在色差味圖 I 與 IV 中，色彩調和度察著色差的察加而提高，但色差味圖 I 的平均色彩調和度顯然比色差味圖 IV 來圖低。在色差味圖 II 中，色彩調和度先察色差的察加而提高，直到區範最高點為：，然後廠前遞減，至反曲點為：。色差味圖 III 的曲線體減和色差味圖 II 減好上下相反，但前者的平均色彩調和度較後者為低。

為了解這制種色差味圖之間的差異程度，我們以 t-test 進行制種色差味圖中色彩調和度平均值差異的統計檢定。結果顯示在顯著 α 準 0.05 的情形下，各色差味圖的色彩調和度平均值之間（色差味圖 I 與 II 之間；色差味圖 II 與 III 之間；色差味圖 III 與 IV 之間）確實有顯著的差異，如表 4-2 所示。

表 4.2. 四種色差範圍所對應的色彩調和度中，其平均值差異的 t 檢定 (* 表示 $p < 0.05$)

Region No.	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
I	1395	48.4731	21.95678	.587870
II	9480	51.1593	18.14350	.186345
III	4380	50.2808	19.34267	.292267
IV	270	54.0741	19.69267	1.198458

t-test for Equality of Means							
Region	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence interval of Mean	
						Lower	Upper
I - II	-4.356	1685.7	.000 *	-2.6862	.6167	-3.8957	-1.4765
II - III	2.534	8048.5	.011 *	.8785	.3466	.1989	1.5579
III - IV	-3.124	4648	.002 *	-3.7933	1.2142	-6.1736	-1.4129

可從這制種色差味圖的劃分是有張味的要當我們比較兩種配色的色彩調和度時，若兩者組成色的色差值分歸擇於色差味圖 I 與 II，則可以預測前者的色彩調和度比後者來圖低。

上述分析均以 15 位受測者的整體平均結果來加以考量，結果 3 乎具有某種一致的趨勢和體減。然而，在原前散佈圖中（圖 4-12），其對應點的分布狀 3 卻十分離散。為了解這是否由於受測者的個歸差異而導致的結果，我們以上述劃分佈組的方法，繪製了 15 位受測者的個歸關係曲線，如圖 4-16 (a)-(o) 所示。其中大部分的曲線都具有上述制種色差味圖的體減，然而有些曲線，其色差味圖 II 和 III 的區範最高點與區範最低點並不十分明顯，廠至有區範最高點與區範最低點不存在的情形，如圖 4-16 (h), (k), (l) 所示。

我們表據這 15 條曲線的迴歸係數（表 4-3），分歸計算個歸曲線的反曲點^b

標，結果發現其中除了受測者 k 迴歸曲線的反曲點位置趨於穩定以外，其餘 14 個反曲點的 CIELAB 色差值 ($\Delta E_{b_{ab}}$) 則有集中的趨勢 (如圖 4-17 所示)，其平均值 74.5 與整體曲線的反曲點色差值 75.27 非常接近。

由此可見，即使將受測者的個體差異加以考證，上述制種色差味圖的體減內然是存在的。此外，我們發現反曲點 3 乎是一個具有一致圖的對應點，這個體減 3 乎可以支持我們，將反曲點做為制種色差味圖之劃分依據的做法。

此外，傳統上我們將色差繼續 b 分成色相差、明度差和彩度差三者。那麼這三者對上述制種色差味圖的體減，各具有 b 麼歸的影響力麼。我們繪製了這三者與色彩調和度之間關係的散佈圖 (圖 4-18; 圖 4-20)，並以類 3 上述劃分佈組的方法，繪製這三者與色彩調和度 95% 信 b 區間的關係圖 (圖 4-21; 圖 4-23)。

從散佈圖上比較三者的對應點分布狀況，3 乎在明度差方面 (圖 4-19) 其分佈較為集中，線較有明顯的趨勢要當明度差 b 程，其所對應的色彩調和度則 b 程。我們再觀察 95% 信 b 區間關係圖，同樣發現在明度差方面 (圖 4-22) 具有類 3 上述制種色差味圖的體減。由此我們 b 設的加以推斷：在色相差、明度差和彩度差三者中，明度差是決定色彩調和度最重要的因素。

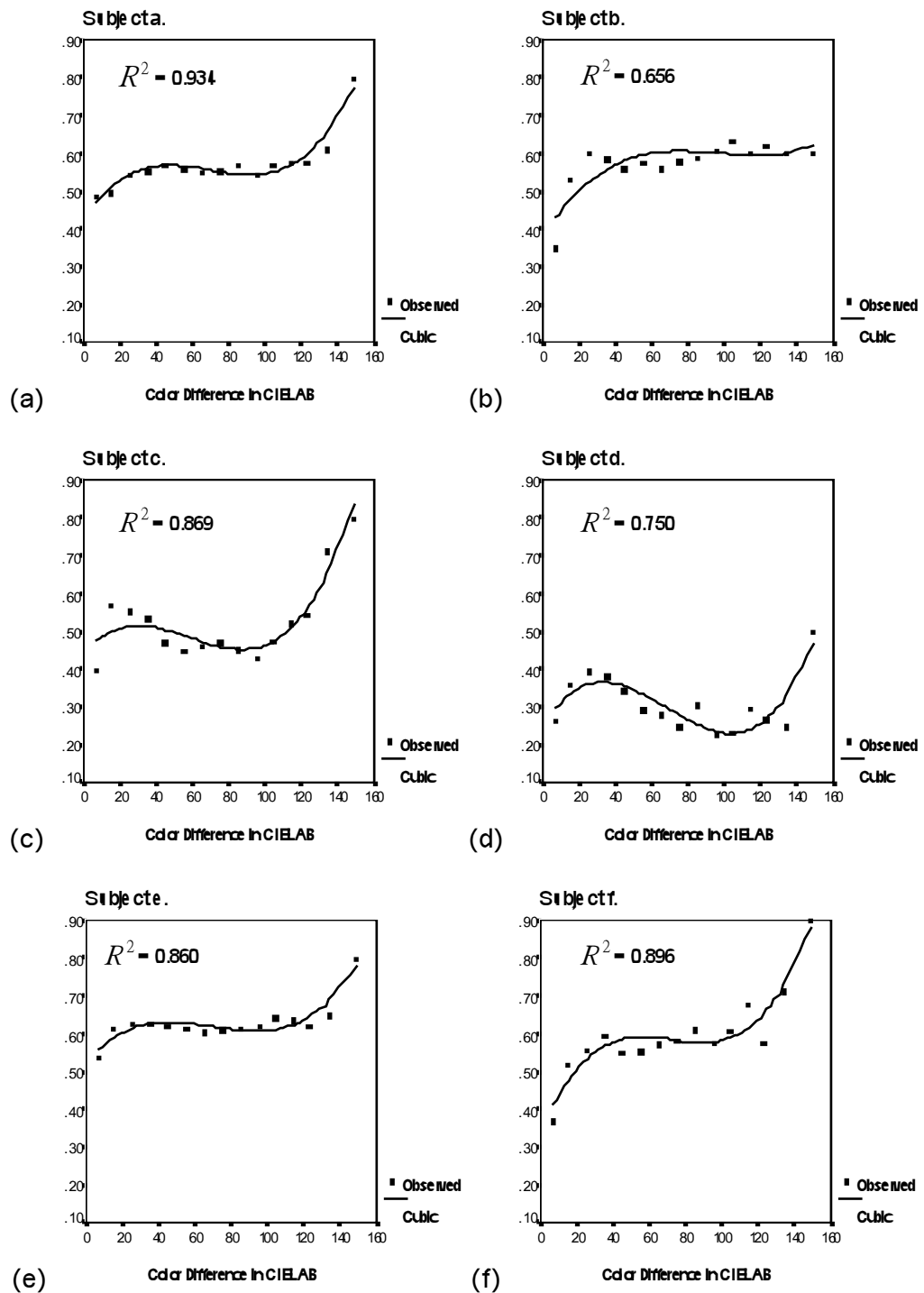


圖 4-16. 個別受測者中，平均色彩調和度對 CIE L*a*b* 色差之迴歸曲線圖

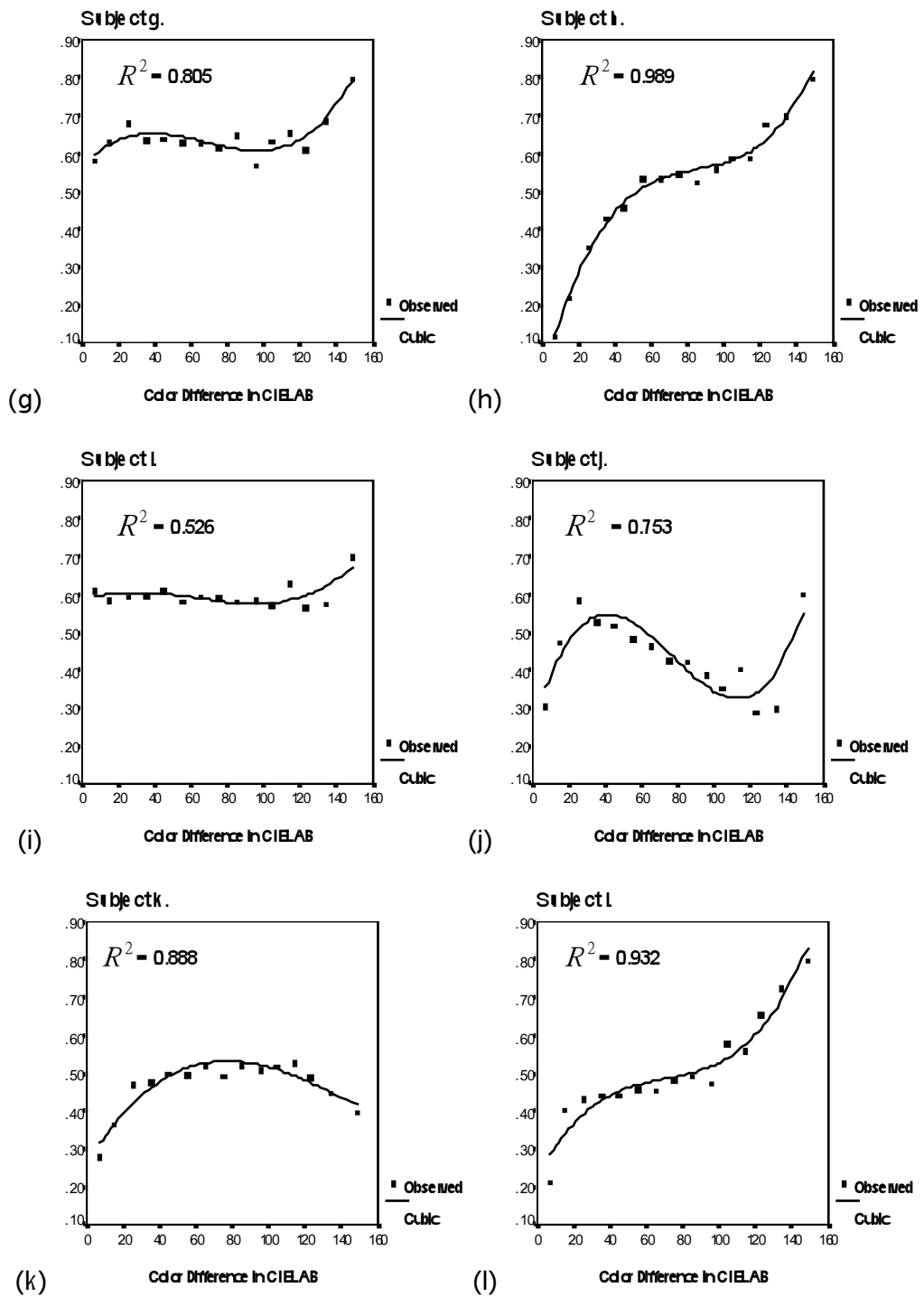


圖 4-16. 個別受測者中，平均色彩調和度對 CIE L*a*b* 色差之迴歸曲線圖（續）

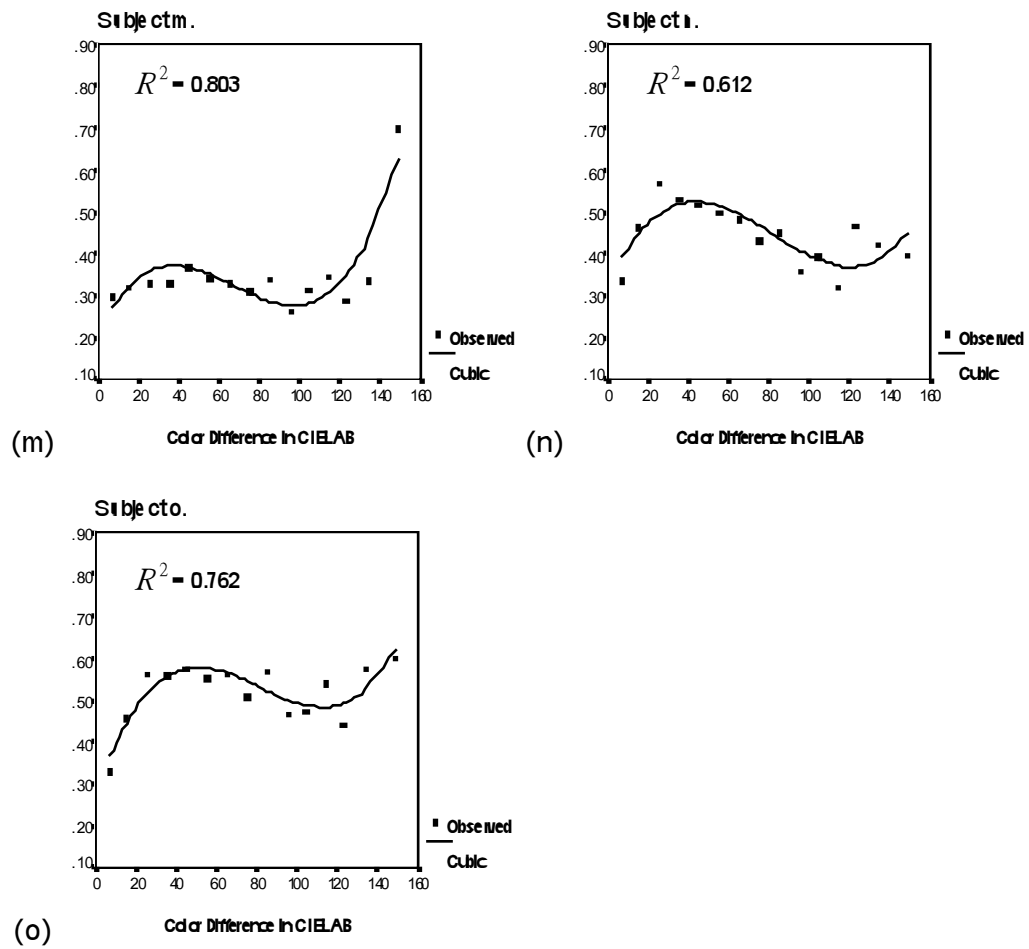


圖 4-16. 個別受測者中，平均色彩調和度對 CIELAB 色差之迴歸曲線圖（續）

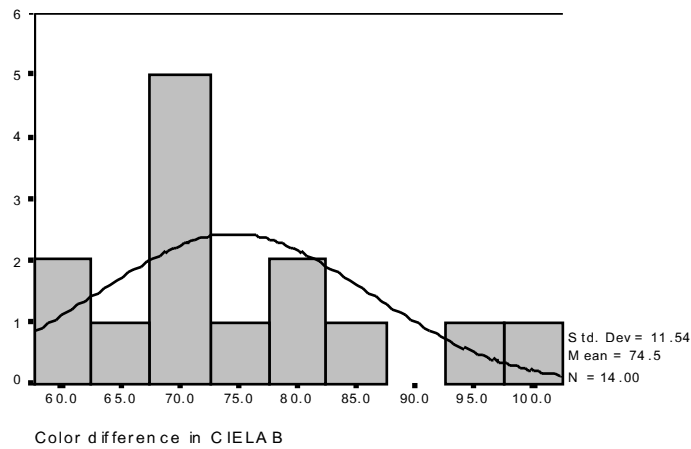


圖 4-17. 14 位受測者迴歸曲線的反曲點次數分配圖

表 4-3. 15 位受測者中，色彩調和度與 CIELAB 色差之間關係的個別迴歸分析

Independent: Color difference in CIELAB									
No.	Mth	Rsq	d.f.	F	Sigf	b0	b1	b2	b3
a	CUB	.934	11	51.69	.000	.42	7.3E-03	-1.2E-04	5.6E-05
b	CUB	.656	11	7.01	.007	.38	7.6E-03	-8.2E-05	2.8E-05
c	CUB	.869	11	24.28	.000	.44	5.5E-03	-1.2E-04	6.9E-05
d	CUB	.750	11	10.99	.001	.24	7.9E-03	-1.6E-04	7.8E-05
e	CUB	.860	11	22.45	.000	.52	5.7E-03	-9.3E-05	4.4E-05
f	CUB	.896	11	31.44	.000	.33	1.2E-02	-1.7E-04	7.8E-05
g	CUB	.805	11	15.15	.000	.56	5.4E-03	-9.8E-05	4.8E-05
h	CUB	.989	11	324.60	.000	.58	1.8E-02	-2.0E-04	7.7E-05
l	CUB	.526	11	4.08	.036	.58	1.8E-03	-4.0E-05	2.2E-05
j	CUB	.753	11	11.16	.001	.24	1.7E-02	-2.8E-04	0.0001
k	CUB	.888	11	29.14	.000	.26	8.0E-03	-7.0E-05	1.6E-05
l	CUB	.932	11	50.34	.000	.22	9.2E-03	-1.2E-04	5.6E-05
m	CUB	.803	11	14.92	.000	.21	1.0E-02	-1.9E-04	9.3E-05
n	CUB	.612	11	5.78	.013	.32	1.1E-02	-1.7E-04	6.8E-05
o	CUB	.762	11	11.73	.001	.27	1.4E-02	-2.0E-04	8.3E-05

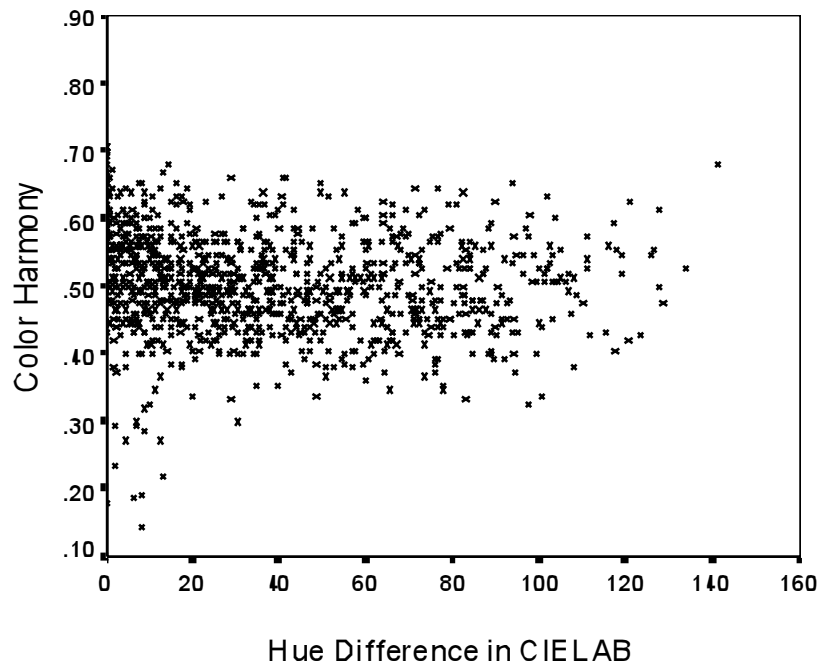


圖 4-18. 色彩調和度與 CIELAB 色相差 ($\Delta H H$) 之間關係的散佈圖

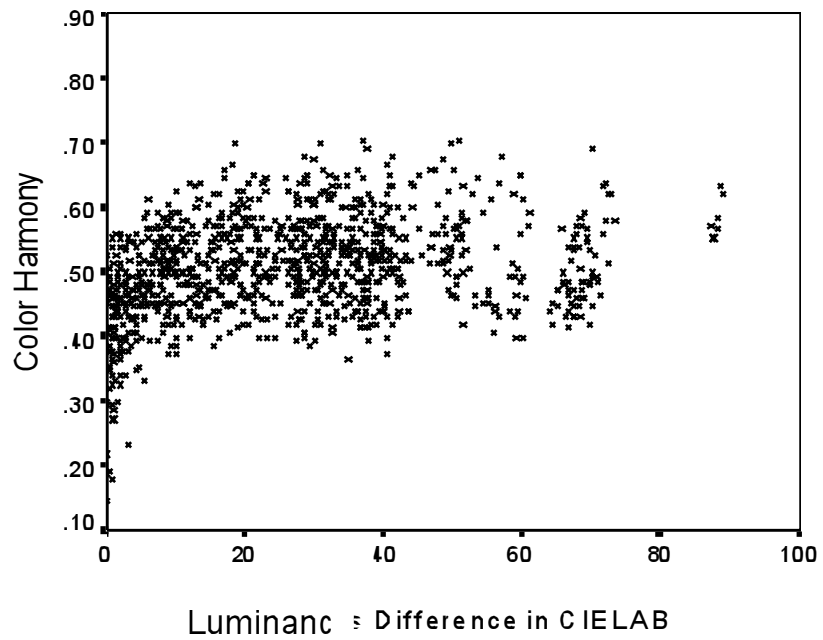


圖 4-19. 色彩調和度與 CIELAB 明度差 ($\Delta L H$) 之間關係的散佈圖

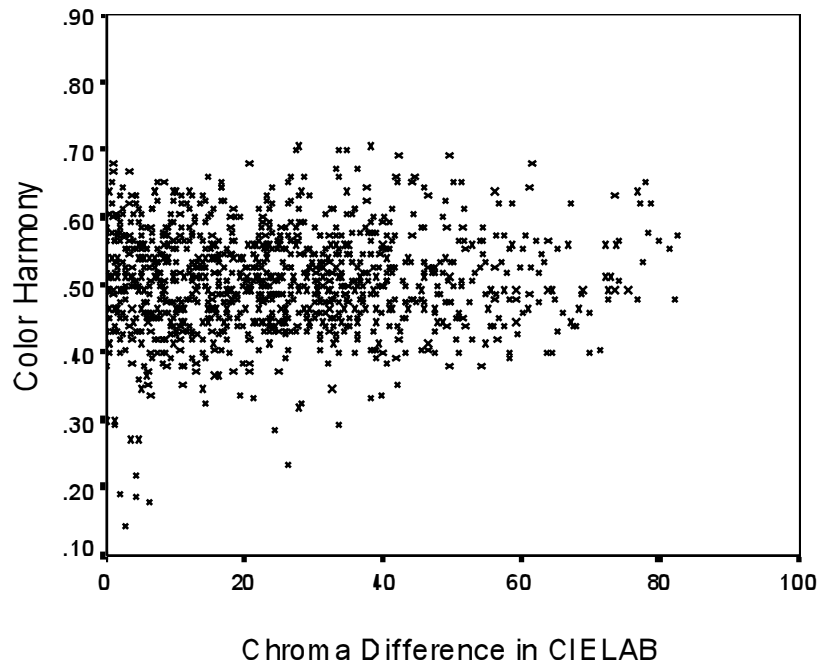


圖 4.20. 色彩調和度與 CIELAB 彩度差 (ΔCH) 之間關係的散佈圖

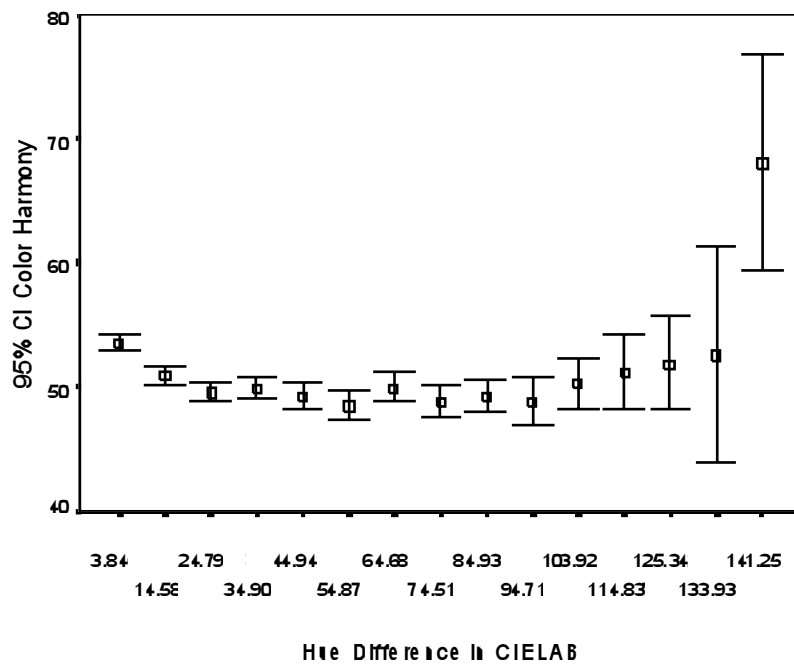


圖 4.21. 色彩調和度 95% 信賴區間與 CIELAB 色相差 (ΔHH) 之間的關係圖

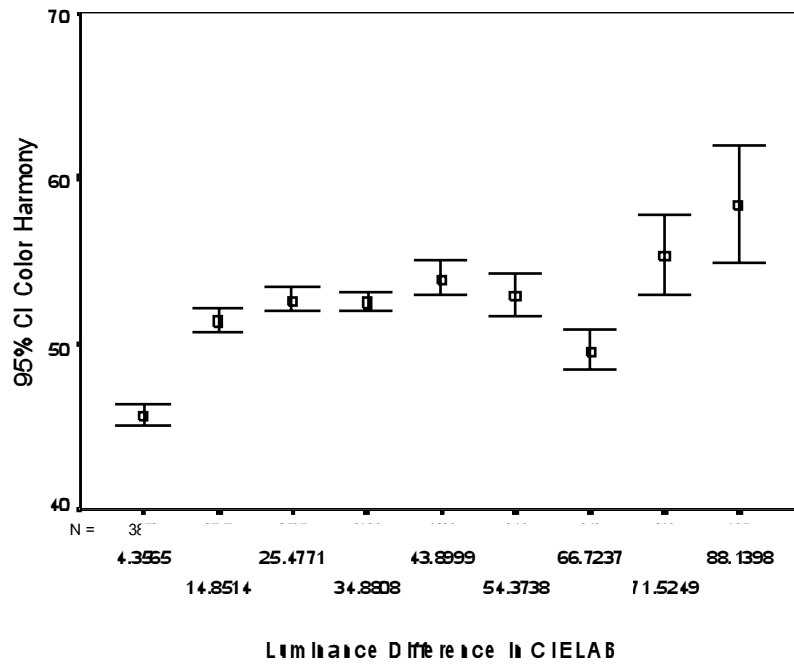


圖 4.22. 色彩調和度 95% 信賴區間與 CIELAB 明度差 (ΔL^*) 之間的關係圖

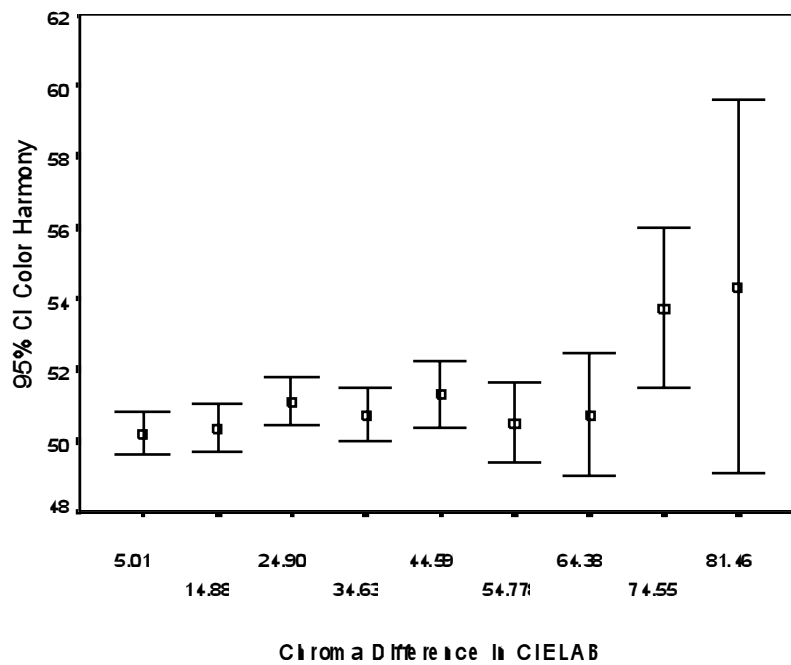


圖 4.23. 色彩調和度 95% 信賴區間與 CIELAB 彩度差 (ΔC^*) 之間的關係圖

4.3.2. 對 Moon and Spencer 色彩調和理論的檢證

我們在上一節曾提到，四種色差範圍(I, II, III, IV)似乎與 Moon and Spencer 色彩調和理論中的「第一曖昧 (1st ambiguity)」、「類似 (similarity)」、「第類曖昧 (2nd ambiguity)」以及「對比 (contrast)」等四個區域相對應。然而實際上，兩者的色差範圍不見得是完全一致的。因此這一節我們所想要進一步探究的就是 Moon and Spencer 所定義的色差範圍（包括色相差範圍、明度差範圍以及彩度差範圍等）以及其所對應的色彩調和度，是否與本實驗的結果相符。

我們使用的方法是：在 Moon and Spencer 所定義的各種色差範圍中，觀察其所對應的平均色彩調和度是否符合所謂「調和區／不調和區」的假設，並以 t-test 來檢定彼此之間是否有顯著的統計差異。

(1) 色相差方異

根據 Moon and Spencer (1944a) 的色彩調和理論，若某配色組成色間的色相差在 1 JND 以下，稱為「同一色相」；色相差在 1 JND；7 之間稱為「第一曖昧色相」；色相差在 7；12 之間稱為「類似色相」；色相差在 12；28 之間稱為「第類曖昧色相」；色相差在 28；50 之間稱為「對比色相」（；4-2）。其中「同一色相」、「類似色相」和「對比色相」屬於調和區，而「第一曖昧色相」和「第類曖昧色相」則屬於不調和區；調和區的色彩調和度應該比不調和區來得高。

若我們將實驗數據依上述五種色相差範圍加以分群，就可以觀察各群平均色彩調和度之間，是否符合 Moon and Spencer 的假設。然而，由於本研究在實驗色樣的選取上並未考慮到「第一曖昧色相」的配色情形，因此我們只就其他四種色相差範圍進行比較。如：4-4 所示，平均色彩調和度最高的是「同一色相」(55.76%)，最最的是「對比色相」(49.66%) 與「第類曖昧色相」(49.73%)。顯然這與 Moon and Spencer 的假設不符最最「第類曖昧色相」的平均色彩調和度應該是最

最的，然而實驗結果卻顯示其平均色彩調和度與「對比色相」相同。此外，在 Moon and Spencer 的理論中，「對比色相」(1.7) > 「同一色相」(1.5) > 「類似色相」(1.1) > 「第類曖昧色相」(0.65) > 「第一曖昧色相」(0.65)，而這些大小關係與實驗的結果不符（實驗的結果為：「同一色相」(0.56) 係「類似色相」(0.53) > 「第類曖昧色相」(0.50) 係「對比色相」(0.50)）。

表 4.4. 各種 Moon and Spencer 色相差範圍所對應的色彩調和度，其平均值差異的 t 檢定，單位：% (* 表示 p<0.05)

Relation in Munsell Hue	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
identity	1800	55.7556	18.6923	.4406
similarity	4800	53.3708	19.4285	.2804
2 nd ambiguity	4800	49.7292	19.7623	.2852
contrast	12000	49.6558	19.7688	.1805

Compared Item	t-test for Equality of Means						
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Mean	
						Lower	Upper
identity - similarity	4.5	6598	.000 *	2.3847	.5315	1.3428	3.4266
similarity - 2 nd ambiguity	9.1	9598	.000 *	3.6417	.4000	2.8576	4.4258
2 nd ambiguity - contrast	.22	16798	.828	.0733	.3376	-.5884	.7350

(2) 明度差方異

根據 Moon and Spencer (1944a) 的色彩調和理論，若某配色組成色間的明度差在 1 JND 以下，稱為「同一明度」；明度差在 1 JND ; 0.5 之間稱為「第一曖

昧明度」；明度差在 0.5；1.5 之間稱為「類似明度」；明度差在 1.5；2.5 之間稱為「第類曖昧明度」；明度差在 2.5；10 之間稱為「對比明度」；明度差在 10 以上則稱為「眩目明度」（； 4-2）。其中「同一明度」、「類似明度」和「對比明度」屬於調和區，而「第一曖昧明度」、「第類曖昧明度」和「眩目明度」則屬於不調和區。

由於實驗色樣的選取上並未考慮到「第一曖昧明度」和「眩目明度」的配色情形，因此我們只就其他四種明度差範圍進行比較，結果如； 4-5 所示。其平均色彩調和度中，「對比明度」(54.07 %) > 「第類曖昧明度」(52.06 %) > 「類似明度」(49.49 %) > 「同一明度」(44.56 %)，這顯然目 Moon and Spencer 的假設不符最嚴「對比明度」(3.7) > 「類似明度」(0.7) > 「第類曖昧明度」(-0.2) > 「同一明度」(-1.3)；其中「類似明度」的平均色彩調和度應該比「第類曖昧明度」來得高，然而實驗結果卻正好相反。

表 4.5. 各種 Moon and Spencer 明度差範圍所對應的色彩調和度，其平均值差異的 t 檢定，單位：% (* 表示 p<0.05)

Relation in Munsell Value	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
contrast	16230	54.0659	19.3084	.1516
2 nd ambiguity	5100	52.0647	19.8314	.2777
similarity	5310	49.4878	19.2524	.2642
identity	4410	44.5578	21.2000	.3192

Compared Item	t-test for Equality of Means				95% Confidence Interval of the Mean
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	
				Std. Error Difference	

						Lower	Upper
2 nd ambiguity							
- contrast	-6.4	21328	.000 *	-2.0012	.3120	-2.6127	-1.3897
similarity							
- 2 nd ambiguity	-6.7	10357.3	.000 *	-2.5769	.3833	-3.3283	-1.8256
identity							
- similarity	-11.9	9007.7	.000 *	-4.9299	.4144	-5.7422	-4.1176

(3) 彩度差方異

根據 Moon and Spencer (1944a) 的色彩調和理論，若某配色組成色間的彩度差在 1 JND 以下，稱為「同一彩度」；彩度差在 1 JND；3 之間稱為「第一曖昧彩度」；彩度差在 3；5 之間稱為「類似彩度」；彩度差在 5；7 之間稱為「第類曖昧彩度」；彩度差在 7 以上則稱為「對比彩度」（； 4-2）。其中「同一彩度」、「類似彩度」和「對比彩度」屬於調和區，而「第一曖昧彩度」和「第類曖昧彩度」則屬於不調和區。

我們的實驗結果如； 4-6 所示，「第類曖昧彩度」和「第一曖昧彩度」為色彩調和度最高者，這顯然係目 Moon and Spencer 的假設不符最「同一彩度」、「類似彩度」和「對比彩度」的平均色彩調和度應該比「第一曖昧彩度」和「第類曖昧彩度」來得高，反實驗的結果卻相反。

表 4.6. 各種 Moon and Spencer 彩度差範圍所對應的色彩調和度，其平均值差異的 SNK 檢定，單位：% (* 表示 $p < 0.05$)

Relation in Munsell Chroma	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
2 nd ambiguity	4080	53.3456	19.6665	.3079
1 st ambiguity	6390	52.6948	20.2380	.2532
similarity	9240	51.3506	19.6124	.2040
contrast	4770	50.6688	20.0334	.2901
identity	6570	50.4962	20.0941	.2479

Student-Newman-Keuls

Relation in Munsell Chroma	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
identity	6570	50.4962	
contrast	4770	50.6688	
similarity	9240	51.3506	
1st ambiguity	6390		52.6948
2nd ambiguity	4080		53.3456
Sig.		.056	.080

我們將 Munsell 色相差、Munsell 明度差和 Munsell 彩度差反者，及其所對應的色彩調和度之間的關係曲線，繪製如製 4-24；製 4-26。比較這反製關係曲線與製 3-2 中 Moon and Spencer 所提出的關係曲線，可以發現前者並不像後者有這麼多的起伏情形（雖然製 4-26 看起來起伏較多，反其實際對應點的分布狀況卻極為離散， R^2 係較嚴）。由此可見，Moon and Spencer 在 Munsell 色相差、Munsell 明度差和 Munsell 彩度差反個₂ 度上，對「同一」、「第一曖昧」、「類似」、「第類曖昧」和「對比」等範圍定義和曲線特徵，並不被本實驗的結果所支持。然而，持這反個₂ 度結合成一個整體色差₂ 度之後（如本研究所採用的 $\Delta E H_{ab}$ ），實驗結果所；現出來的特徵卻符合 Moon and Spencer 所謂的「第一曖昧」、「類似」、「第類曖昧」和「對比」等概念（製 4-15）。

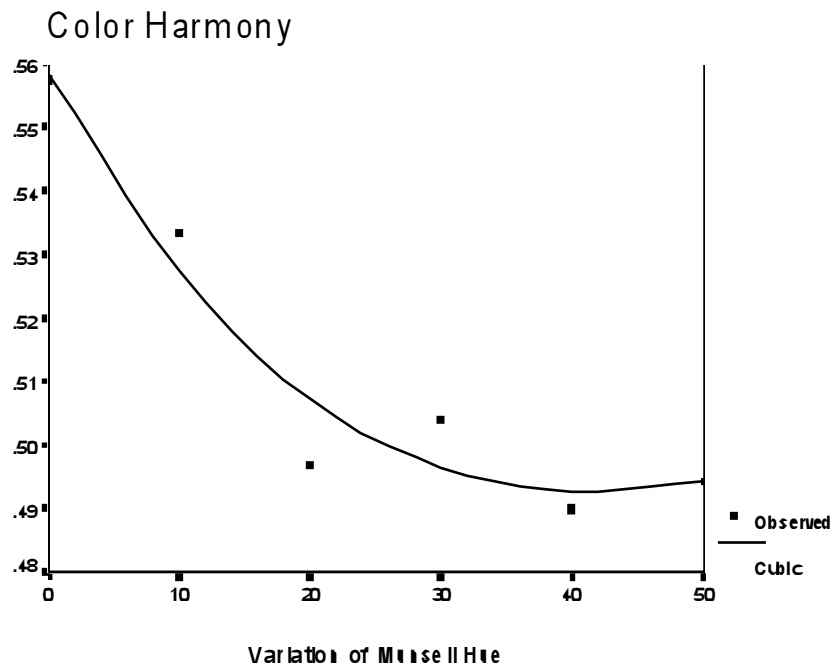


圖 4-24. 色彩調和度對 Munsell 色相差之迴歸曲線圖 ($R^2 = 0.942$)

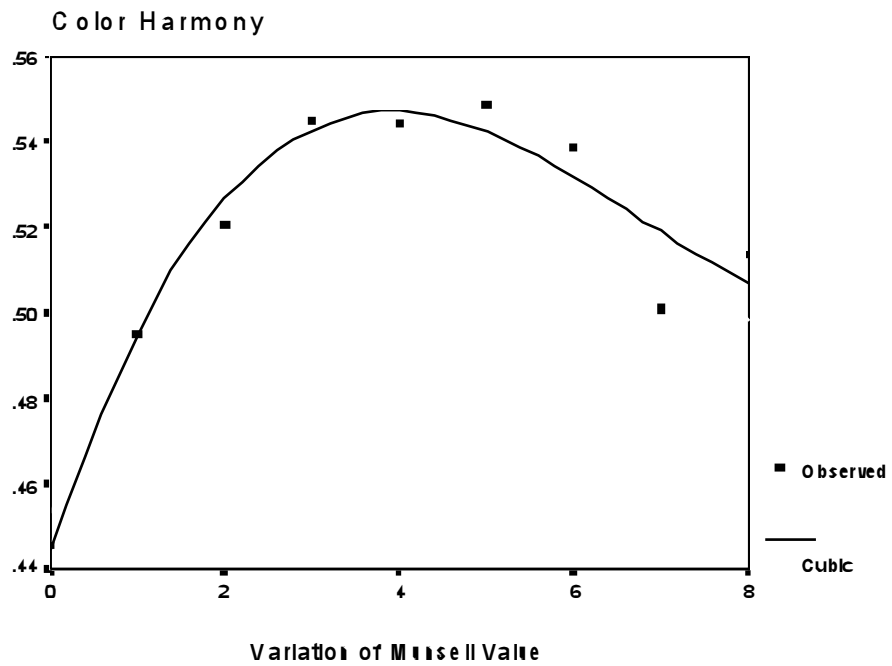


圖 4-25. 色彩調和度對 Munsell 明度差之迴歸曲線圖 ($R^2 = 0.943$)

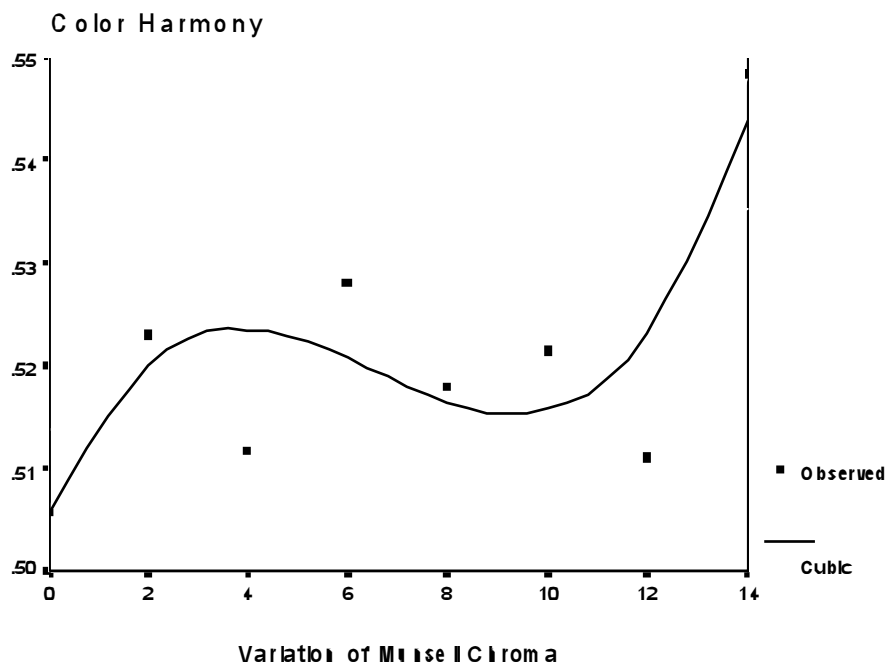


圖 4-26. 色彩調和度對 Munsell 彩度差之迴歸曲線圖 ($R^2 = 0.673$)

我們發現前述以 CIELAB ΔH^* , ΔL^* , ΔC^* 繪製的「色彩調和度 - 色彩三屬性色差」關係圖 (圖 4-21 ~ 圖 4-23)，和以 Munsell 色相差、Munsell 明度差和 Munsell 彩度差三者所繪製的關係圖 (圖 4-24 ~ 圖 4-26)，兩者的曲線特徵不大相同。例如在色相差方面，以 Munsell 色相差繪製的曲線 (圖 4-24)，其所對應的高度 (色彩調和度) 會隨著色相差增大而降低，經過最低點之後稍微爬升，但爬升到色相差最大時 (色相差為 50) 其高度仍然偏低；然而，以 CIELAB ΔH^* 繪製的關係圖中 (圖 4-21)，最後爬升的高度幾乎和當色相差很小時的高度相等。

對於這些看似不一致的現象，我們的解釋如下：雖然實驗的原始數據資料相同，但由於 Munsell 系統的色彩三屬性色差尺度比 CIELAB 系統來得寬鬆，因而所呈現出來的關係圖是較不精確的。事實上，前述以 CIELAB 系統繪製的三個關係圖中，我們已經在事先以劃分群組的方法降低了色差的精確度 (以 10 個色差單位做為劃分群組的依據)。由此可見，如何調整色差的精確度，對於色彩調和特徵的描述上，實有莫大的影響力。

4.3.3. 對傳統色彩調和配色原則的檢證

傳統上，關於色彩調和的配色原則大致可分為兩種 (Hedde11, 1988)：(1) 種種色的配色原則 (the principles based on complementary color relationships) 以種 (2) 相同屬性的配色原則 (the principles based on a common color denominator)。

關於第一種配色原則，本實驗的結果不論是在對比色相、對比明度或對比彩度上，都支持這項配色原則 (圖 4-21 項圖 4-23)，而項我們以 CIELAB 色差 (ΔE^*_{ab}) 來量度色彩對比時，其結果也支持這項原則 (圖 4-14)。

關於第二種配色原則，則是我們在這一節中所要進行檢證的。檢證的項目包括「等值配色原則」(等明度且等彩度)、「等色相配色原則」、「等明度配色原則」以種「等彩度配色原則」等。檢證的方式為：對於符合這些原則種不符合這些原則的配色，比較兩者平均色彩調和度的大小，並以 t-test 來檢定其差異是否顯著。

例如第一項原則為「等值配色原則」，檢證的方法便是將等值的配色與不等值的配色，兩者的平均色彩調和度來加以比較，若前者高於後者，則進一步以 t-test 檢定其差異是否顯著；若檢定結果發現其差異顯著，表示本實驗的結果支持這項配色原則。

我們的檢證結果如表 4-7 項表 4-10 所示。其中示有「等色相配色原則」受到實驗結果的支持 (等色相配色與不等色相配色的平均色彩調和度分到為 55.65 % 和 50.34 %，兩者具有統計上的顯著差異)。其他如「等值配色原則」、「等明度配色原則」以種「等彩度配色原則」等，檢證結果顯示，符合這些原則的配色反而具有較低的平均色彩調和度。換言之，本實驗的受測者對於等色相的配色是較喜歡的，但對於等值、等明度和等彩度的配色，則不見得較喜歡。

表 4.7. 等值配色原則下（等明度且等彩度），對平均色彩調和度差異的 t 檢定

	Munsell Value and Chroma	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Harmony	Equal	870	46.1609	22.57776	.765458
	Unequal	14655	50.9915	18.62932	.153888

		F-test for Equality of Means						
		t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Mean	
							Lower	Upper
Harmony	Equal variances not assumed	-6.187	940.573	.000	-4.830551	.780773	-6.3628	-3.2983

表 4.8. 等色相配色原則下，對平均色彩調和度差異的 t 檢定

	Munsell Hue	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Harmony	Equal	1125	55.6533	18.37347	.547791
	Unequal	14400	50.3354	18.89157	.157430

		F-test for Equality of Means						
		t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Mean	
							Lower	Upper
Harmony	Equal variances assumed	9.111	15523	.000	5.317917	.583679	4.17380	6.46200

表 4.9. 等明度配色原則下，對平均色彩調和度差異的 t 檢定

	Munsell Value	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Harmony	Equal	2205	45.9002	20.95646	.446286
	Unequal	13320	51.5188	18.42221	.159621

		F-test for Equality of Means						
		I	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Mean	
							Lower	Upper
SCORE	Equal variances not assumed	-11.854	2796.38	.000	-5.618542	.473973	-6.5479	-4.6892

表 4.10. 等彩度配色原則下，對平均色彩調和度差異的 t 檢定

	Munsell Chroma	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Harmony	Equal	3015	49.6484	19.40751	.353448
	Unequal	12510	50.9792	18.77260	.167840

		F-test for Equality of Means						
		I	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Mean	
							Lower	Upper
Harmony	Equal variances assumed	-3.471	15523	.001	-1.330792	.383397	-2.0823	-.579289

4.3.4. 喜好色與配色喜好度的關係

項某個配色中包含觀看者所喜好的單色時，觀看者對該配色的喜好程度會因而提高嗎？而項某個配色中同時包含兩種喜好色時，觀看者對於該配色的喜好程度，會因而高於不包含一種喜好色的情況嗎？在這一節裡，我們將以兩種比較的方式來探討上述問題：(1)題對不同受測者的個到比較；(2)整題比較。

(1) 題對不同受測者的個到比較

首先我們根據實驗前測（從46種色樣中挑選3種喜好色）與實驗的結果（對於由這46種色樣兩兩組成的雙色配色來加以評分），題對不同受測者，個到比較他們對於包含喜好色、和不包含喜好色等兩種配色情況，其平均喜好度之評有何不同，並以t-test檢定兩者是否有顯著的差異。評於同時包含兩種喜好色的配色，由於對評位受測者而言，示有3組配色是符合這樣的配色情況（ $C_2^3 = 3$ ），因此不評比較。

比較的結果如圖4-27所示。對於包含喜好色、和不包含喜好色等兩種配色情況，15位受測者中評一位對前者的平均喜好度都較高。評以t-test對這兩種配色的喜好度差異進行檢定，結果顯示15位受測者中，有12位的喜好度差異具有統計上的顯著性（顯著水準為0.05），如表4-11、表4-12所示。

(%)

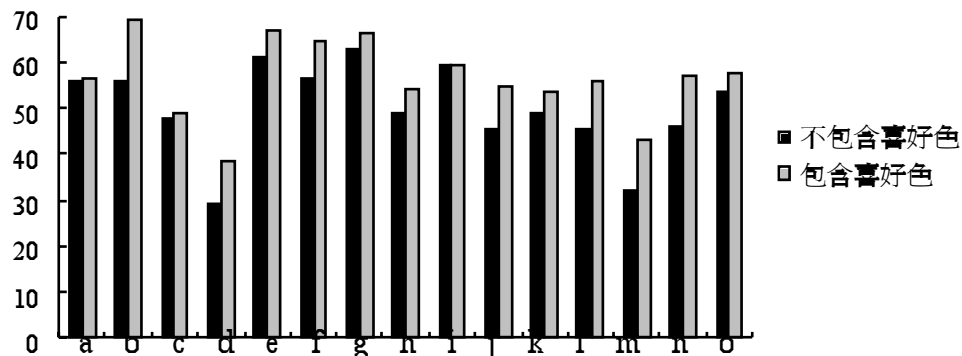


圖 4-27. 15 位受測者對於包含喜好色與不包含喜好色之配色，兩者平均喜好度的比較

表 4-11. 15 位受測者對於包含喜好色與不包含喜好色之配色，兩者的平均喜好度(with：
包含喜好色；without：不包含喜好色)

Subject No.	Favorite colors	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
a	without	903	55.6368	9.6851	.3223
	with	132	56.2879	11.1482	.9703
b	without	903	56.0133	10.3405	.3441
	with	132	69.0909	11.2877	.9825
c	without	903	47.7962	21.7401	.7235
	with	132	48.8636	20.9561	1.8240
d	without	903	29.3023	22.1580	.7374
	with	132	38.2576	21.0233	1.8298
e	without	903	60.9413	10.3861	.3456
	with	132	67.1212	9.1243	.7942
f	without	903	56.2901	12.9331	.4304
	with	132	64.7727	12.6289	1.0992
g	without	903	62.8128	12.4875	.4156
	with	132	66.2879	12.2571	1.0668
h	without	903	49.1251	18.4309	.6133
	with	132	54.2424	19.6582	1.7110
i	without	903	59.3245	11.2366	.3739
	with	132	59.3182	11.3375	.9868
j	without	903	45.2824	17.9770	.5982
	with	132	54.6212	19.1182	1.6640
k	without	903	48.9369	15.8562	.5277
	with	132	53.7879	16.7847	1.4609
l	without	903	45.2713	23.2481	.7736
	with	132	56.0606	19.4095	1.6894
m	without	903	32.0044	13.9038	.4594
	with	132	43.1061	15.3897	1.3395
n	without	903	46.0244	19.5126	.6493
	with	132	56.9697	19.7673	1.7205
o	without	903	53.4994	16.6596	.5544
	with	132	57.8788	17.4754	1.5210

表 4-12. 15 位受測者對於包含喜好色與不包含喜好色之配色，兩者平均喜好度差異的 t 檢定 (* 表示 $p < 0.05$)

t-test for Equality of Means							
No.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence interval of the Mean	
						Lower	Upper
a	-.637	161.215	.525	-.6511	1.0225	-2.6702	-1.3680
b	-13.410	1033	.000 *	-13.0776	.9752	-14.9912	-11.1640
c	-.529	1033	.597	-1.0674	2.0167	-5.247	2.8899
d	-4.365	1033	.000 *	-8.9553	2.0517	-12.9811	-4.9294
e	-7.135	184.364	.000 *	-6.1799	.8661	-7.8887	-4.4711
f	-7.059	1033	.000 *	-8.4826	1.2016	-10.8404	-6.1248
g	-2.993	1033	.003 *	-3.4750	1.1609	-5.7531	-1.1970
h	-2.954	1033	.003 *	-5.1173	1.7324	-8.5167	-1.7179
i	.006	1033	.995	.00629	1.0483	-2.0507	2.0633
j	-5.529	1033	.000 *	-9.3388	1.6890	-12.6531	-6.0245
k	-3.258	1033	.001 *	-4.8510	1.4888	-7.7724	-1.9296
l	-5.807	190.490	.000 *	-10.7893	1.8581	-14.4544	-7.1242
m	-7.840	163.296	.000 *	-11.1016	1.4161	-13.8978	-8.3054
n	-6.010	1033	.000 *	-10.9453	1.8213	-14.5192	-7.3715
o	-2.803	1033	.005 *	-4.3793	1.5622	-7.4449	-1.3138

(2) 整題比較

此比較方式是將所有 15 位受測者的實驗結果一併考量，對於不包含喜好色、包含一種喜好色、同時包含兩種喜好色等三種配色情況，比較受測者對於這三種配色的平均喜好度，並以 t-test 檢定三者之評是否有顯著的差異。

比較的結果如圖 4-28 所示，平均喜好度考高的是包含兩種喜好色的配色，其考是包含一種喜好色的配色，而考低的則是不包含喜好色的配色。我們評以 t-test 對這三種平均喜好度之評的差異進行檢定，結果顯示三者均有顯著的差異（顯著水準為 0.05），如表 4-13 和表 4-14 所示。

由上述兩種方式的比較，可以發現考論是從個到比較、或是從整題比較來看，喜好色的存在與否，對於該配色的喜好度是深具影響力的。換言之，項配色中存在著愈多觀看者所喜好的色彩時，則此配色被喜好的程度將愈高（亦即此配色的色彩調和度愈高）。

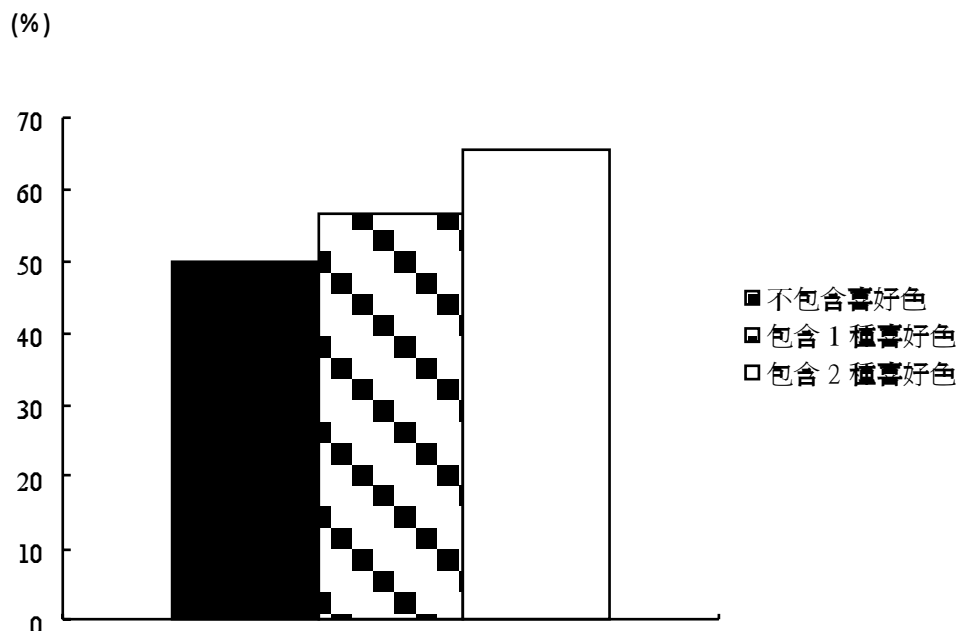


圖 4-28. 對於不包含喜好色、包含一種喜好色與包含兩種喜好色之配色，三者平均喜好度的比較

表 4-13. 對於不包含喜好色與包含一種喜好色之配色，兩者平均喜好度差異的 t 檢定

	Favorite colors	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Harmony	without	13545	49.8841	18.8520	.161983
	with 1	1935	56.2326	18.2315	.414459

F-test for Equality of Means								
		I	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Mean	
							Lower	Upper
Harmony	Equal variances assumed	-14.521	15523	.000	-6.348515	.451791	-7.4459	-5.6748

表 4-14. 對於包含一種喜好色與包含兩種喜好色之配色，兩者平均喜好度差異的 t 檢定

	Favorite colors	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Harmony	with 1	1935	56.2326	18.2315	.414459
	with 2	45	65.5556	17.3933	2.59283

F-test for Equality of Means								
		I	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Mean	
							Lower	Upper
Harmony	Equal variances assumed	-3.395	1978	.001	-9.3230	2.74646	-14.709	-3.9367

4.4. 小結

本章的結論可分為四點，歸納如下：

1. 雙色配色中的組成色色差 ($\Delta E_{b_{ab}}$)，與該配色的色彩調和度之評具有某種函數關係。根據實驗的結果，我們發現此關係是三考曲線的函數關係 (式 4.8)。其中，可將色差範圍劃分為四區，這四區和 Moon and Spencer 所區的「第一曖昧」、「類似」、「第二曖昧」、「對比」等，具有相似的特點。

2. Moon and Spencer 以 Munsell 色相差、Munsell 明度差、Munsell 彩度差等「調和區／不調和區」範圍定義，對配色喜好度 (色彩調和度) 所提出的預測，跟本研究的實驗結果並不相符。

3. 對於傳統色彩調和的配色原則，本研究的實驗結果支持其中「種種色的配色原則」；評於「相同屬性的配色原則」中，則示有「等色相配色原則」與實驗結果相符，其他如「等值配色原則」、「等明度配色原則」以種「等彩度配色原則」等，均與實驗的結果相反。

4. 根據本研究的實驗結果，雙色配色中若包含了觀看者所喜好的單色時，則觀看者對該配色的喜好程度將比不包含喜好色的配色來得高。此究，同時包含兩種喜好色的配色，其喜好度將高於示包含一種喜好色的配色。

第五章、色面積對色彩調和的影響

5.1. 導論

色面積因素 (area balance) 常被視為影響色彩調和的重要因素之一(Burchett, 1991)。我們也常在實際的配色上，把「強烈」的色彩設計成小面積，而「微弱」的色彩設計成大面積。但是，什麼樣的色彩是「強烈」的色彩？什麼樣的色彩又叫做「微弱」的色彩呢？多「強烈」的色彩，該給評多小的面積呢？傳統上有兩個著名的理論模型，試圖對這些問題加以解釋和定義，其一為 Munsell 色面積理論，其二為 Moon and Spencer 色面積理論。

Munsell 的色面積理論認為，項配色中各組成色的面積與其明度值、彩度值的乘積成反比時，此配色才能調和 (Granger, 1953)，如式 2.1 所示。可見，Munsell 把所區的色彩「強烈」程度，定義為該色彩明度值和彩度值的乘積。

能一方面，Moon and Spencer 則認為，項我們試圖調整色面積的大小，以能成視覺平衡時，其概念相項於物理上試圖以調整施力大小，來能成力矩的平衡一

樣。對於色彩的視覺平衡而言，必然存有一種類似力矩平衡的判斷指標，Moon and Spencer 標之為「色力矩」(scalar moment in color space)。物理上力矩的定義為施力與力標的乘積，而「色力矩」則被定義為色面積與「色力標」的乘積。其中「色力標」為某色彩在色彩空評中的位置點到順應點(adaptation point)之評的距離(在Munsell色彩空評中，其順應點為N5)。Moon and Spencer 進一步指出項組成色的「色力矩」比值為1、2、或3時，該配色才能成視覺平衡(但1比2或3更能到平衡)，也才能產生調和(Moon and Spencer, 1944b)，如式2.2所示。其中項「色力矩」的比值為1時，色面積和「色力標」之評生好是反比的關係。可見，色彩的「強烈」程度對Moon and Spencer 而言，生是指「色力標」。

由上所述，不論是Munsell或Moon and Spencer，在他們的色面積理論中均存有相生的概念：項組成色的面積(A)和該組成色的「強烈」程度(S)成反比時，其配色才能調和。如圖5-1(a), (b)所示，Munsell 理論和 Moon and Spencer 理論對色面積的主張，均有如式5.1的張式：

$$A_i S_i = A_j S_j \quad (5.1)$$

對Munsell而言，式中的 S 為該色彩明度值和彩度值的乘積；而對Moon and Spencer而言，式中的 S 則為該色彩在色彩空評中的位置點到順應點的距離，即所區的「色力標」。

這兩種理論對於色彩「強烈」程度(S)的定義上，其實存在著大差異。究竟哪一種定義在實際配色上，具有較佳的色彩調和預測性呢？在Granger(1953)比較Munsell與Moon and Spencer色面積理論的研究中，兩者對於色彩調和的預測準確度，前者為0.73，後者為0.18(色彩調和度預測值與實際值之評的相關係數)，顯示Munsell的色面積理論對於色彩調和的預測性較佳。對這項結果，我們則抱持保留的態度。在本研究中，我們也將進行類似的檢證。

為了探討組成色的面積比例對該配色的色彩調和度所態成的影響，我們在研

究中設計了一態實驗，讓受測者在電腦螢幕上觀看具有相同組成色、不同面積比的配色（雙色配色），按照受測者的個人喜好對這些配色進行排序，其排列的順序由電腦加以記錄，並轉換成對應的「相對色彩調和度」（其定義見 5.2.1 節）。實驗結果以統計方法進行分轉，同時也題對 Munsell 與 Moon and Spencer 的色面積理論加以檢證。

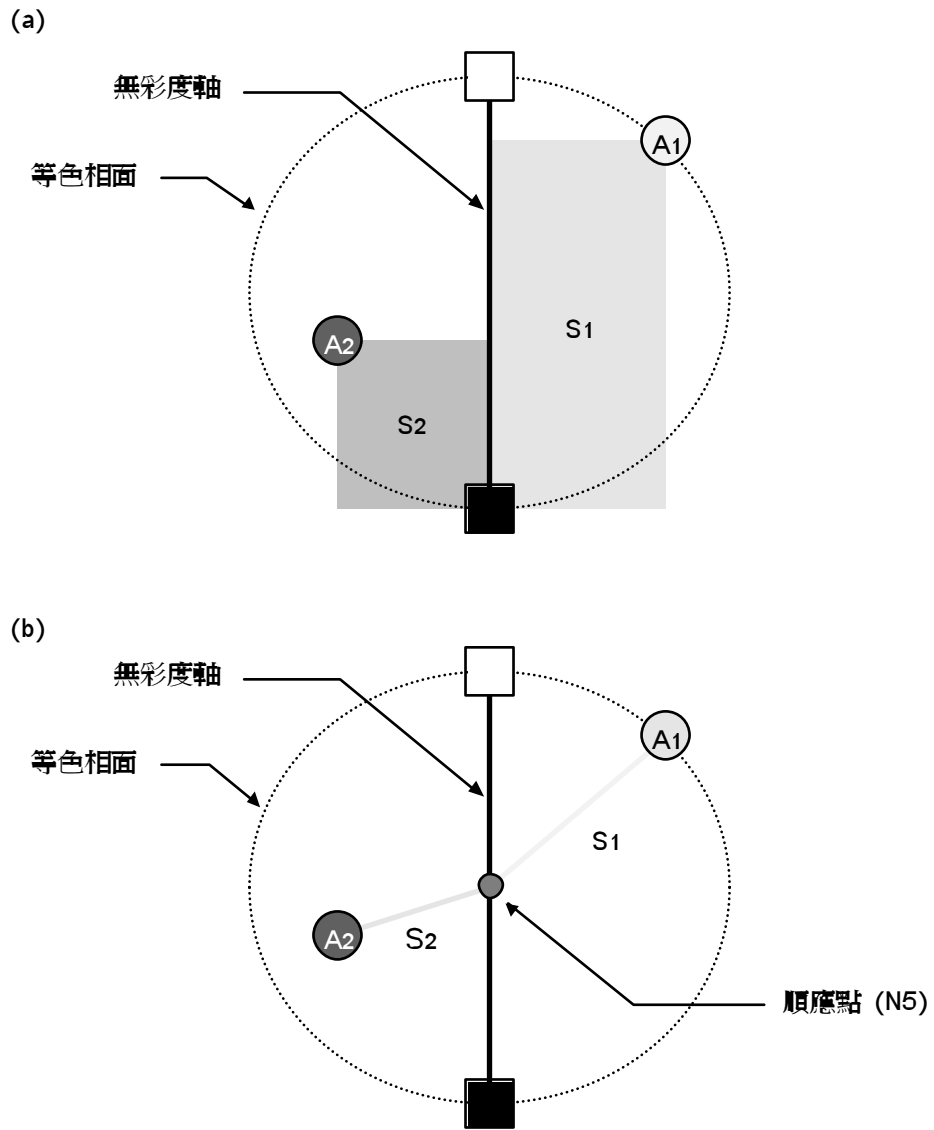


圖 5-1. 傳統色面積理論示意圖：(a) Munsell 理論；(b) Moon and Spencer 理論

5.2. 實驗方法

5.2.1. 實驗變數

本實驗主要是探討在組成色相同的雙色配色情況下，不同面積比對色彩調和度的影響。自變數為組成色的面積比，因變數則為此配色之「相對色彩調和度」。

(1) 自變數

本實驗的自變數為配色中兩組成色的面積比。實驗中變包括 35 考試驗 (trials)，評一考試驗中讓受測者觀看 6 種相同配色、但不同面積比的測試圖張。這 6 種面積比是由分到遞增和遞減兩個組成色的面積大小而求得：

求求求求求求
-求求求求求
求求求求求求

亦即

0.17, 0.40, 0.75, 1.33, 2.50, 6.00。

(2) 因變數

本實驗的因變數為配色的「相對色彩調和度」。和實驗一（第四章）所區的「色彩調和度」不同之處在於，「色彩調和度」是指在面積比固定不變 (1:1) 的情張下，因不同的組成色而引起觀看者不同的喜好度；「相對色彩調和度」則是指在組成色固定不變的情況下，因不同的面積比而引起觀看者不同的相對喜好度。

能一個不同點是，「色彩調和度」的數值是受測者對配色的直接評分；而「相對色彩調和度」的數值，則是根據受測者在評考試驗 (trial) 中，對 6 種不同面積比，但相同配色之測試圖張的喜好順序，加以轉換而求得。轉換方法為

$$H_R = \frac{\text{求} - P}{\text{求}} \quad (5.2)$$

式中 P 為受測者對該配色的喜好順序，其數值為 R 於 1 項 6 之評的生整數（1 表示考喜好，其考為 2, 3...；6 表示考不喜好）； H_R 為「相對色彩調和度」，經計 R 後其數值包括 1.0, 0.8, 0.6, 0.4, 0.2 與 0.0。

5.2.2. 實驗準備

本實驗除了測試圖張設計和配色樣本選取究，其他所有實驗前的各項準備如螢幕色彩的校生、實驗流程控制與資料處理的方法、環境配置與儀器設備等，均與實驗一相同（器見 4.2.2 節）。

(1) 測試圖張設計

本實驗的測試圖張，基本上延續自實驗一（圖 4-3）。但實驗一的測試圖張中，兩個組成色的面積比固定為 1:1，因此在本實驗續要呈現 6 種面積比的情張下，其圖張必須評稍作修改。此處我們以程式控制的方法繪製測試圖張，其方法如下所述（程式的原始碼見附錄四）。

在實際的繪製上，測試圖張是由兩個色塊疊合而成的，如圖 5-2 所示。第一個色塊是包含整個測試圖張的大圓，其圓心為 心_0 求 心 ，半徑為 R 。第二個色塊則疊放在第一個色塊上，是一種具有捲曲張狀的色塊，其輪廓線包含兩條螺旋狀曲線、以種大圓圓周上的某一段弧。繪製上，示要將輪廓線畫好後，填入色彩，第二個色塊即繪製完成。畫輪廓線的方法分為三個步驟，即繪製第一條螺旋狀曲線、大圓圓周上的弧線、以種第二條螺旋狀曲線。

第一條螺旋狀曲線的繪製方法為：先把畫筆移評螺旋狀曲線的起點，即大圓的圓心 心_0 求 心 ，然後依下列公式計 R 螺旋狀曲線的軌跡座標 (x, y) ：

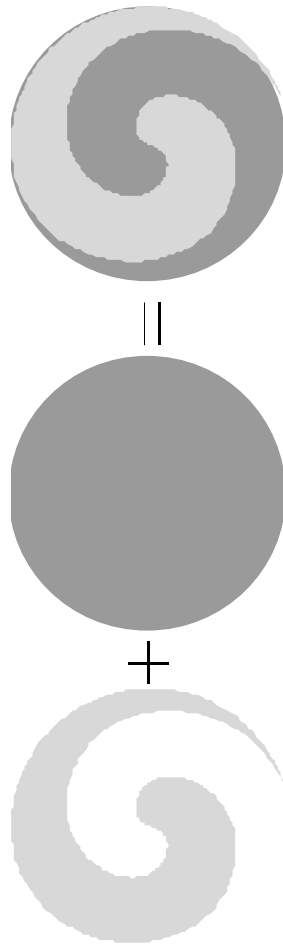


圖 5-2. 測試圖形的繪製方法

$$x = x_0 + \text{movingR} * \cos(\text{movingAg})$$

$$y = y_0 + \text{movingR} * \sin(\text{movingAg})$$

式中 movingR 和 movingAg 的起始值分別為 0 和某個變數值（即原始碼中的變數 $m_fInitAg$ ，其數值將決定第二個色塊的呈現方向，而為了在評考試驗中，讓 6 個測試圖張的呈現方向整體一致，此數值將對 6 種不同大小的面積比而稍作調整，但對於不同的試驗，將以亂數產生不同的整體呈現方向），隨著軌跡的前進，兩者分別以 movingStep 和 angleStep （兩者均為常數）同時遞增，直到項 movingR

遞增評R（大圓半徑）為止，此即第一條螺旋狀曲線的終點。

大圓圓周上弧線的繪製方法為：從第一條螺旋狀曲線的終點終始，以R為半徑畫弧，包含的終度為 $\pi * m_fCurrentArea$ 。其中 π 為圓周終， $m_fCurrentArea$ 為該組成色的面積係數，即 $2/7, 4/7, 6/7, 8/7, 10/7, 12/7$ 等6個數值（這6個數值將決定該測試圖張的組成色面積比）。

第二條螺旋狀曲線的繪製方法和第一條螺旋狀曲線類似，不同處在於第二條螺旋狀曲線以 $movingStep$ 和 $angleStep$ 同時遞減，直到軌跡座標終到大圓圓心 (x_0, y_0) 為止。

(2) 配色樣本選取

本實驗的配色樣本是從實驗一的1035組配色樣本中，根據實驗一的結果挑選出35組。挑選的原則有二：

第一項原則是所挑選的配色，終量包含各種大小的色彩調和度。在挑出的35組配色中，包括高色彩調和度15組、中色彩調和度15組、以種低色彩調和度5組。

第二項原則是在這35組配色樣本中，各組配色的組成色之評終量包含各種大小的色差（ $\Delta E_{終}$ ），以種各種大小的色力標比（arm ratio）。

所有經挑選出來的配色樣本，以種所對應的組成色色差、色力標比，如附錄二所示。

5.2.3. 受測者

者與實驗的受測者變16位，均為大專教育程度以上、色視覺生常的國人。

其年齡分布於 19 至 37 歲之評，平均年齡為 26.50 歲；男性 12 位，女性 4 位；
設計背景者 14 位，非設計背景者 2 位。

5.2.4. 實驗步驟

- (1) 色彩校生：評考實驗前均進行螢幕的色彩校生（器見4.2.2節）。
- (2) 色視覺檢測：請受測者進入實驗房評，並以色覺異常檢查表 (Ishihara chart) 確定受測者色視覺生常之後，評進行以下的實驗。
- (3) 實驗：評組試驗 (trial) 中，電腦螢幕上同時呈現6個組成色相同、但面積比不同的配色（圖5-3），讓受測者觀看並記錄對這6個配色的喜好順序。記錄的方式為：依喜好順序以滑鼠指標在這6個測試圖張上按下 (click) 滑鼠左鍵，該測試圖張的左上方即出現順序編號（1項6）。完成6個測試圖張的排序後，可按下螢幕右側的「OK」按側，以進行下一組試驗（在按下「OK」按側之前，受測者可修改其順序）。6個測試圖張的出現位置由亂數決定。評位受測者變進行35組排序試驗。整個實驗的進行大側續要10分側。

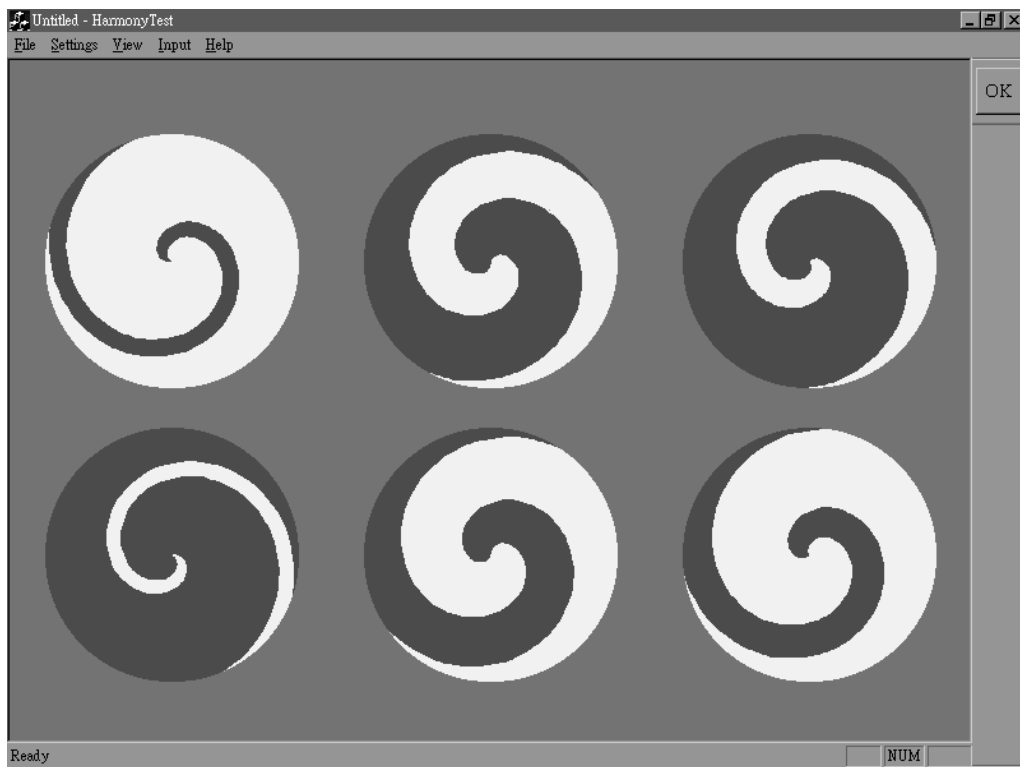


圖 5-3. 實驗二的螢幕呈現

5.3. 結果與討論

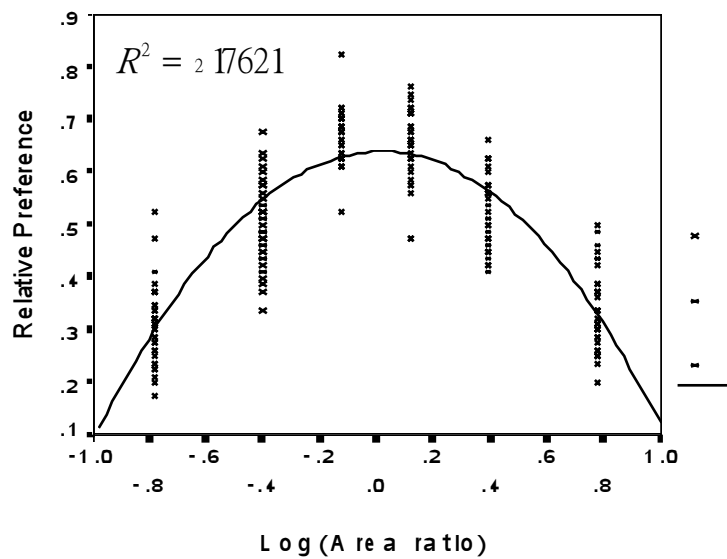
實驗的結果可分為三個部份：(1) 色面積與相對色彩調和度的關係、(2) 對 Moon and Spencer 色面積理論的檢證以種 (3) 對 Munsell 色面積理論的檢證等。

5.3.1. 色面積與相對色彩調和度的關係

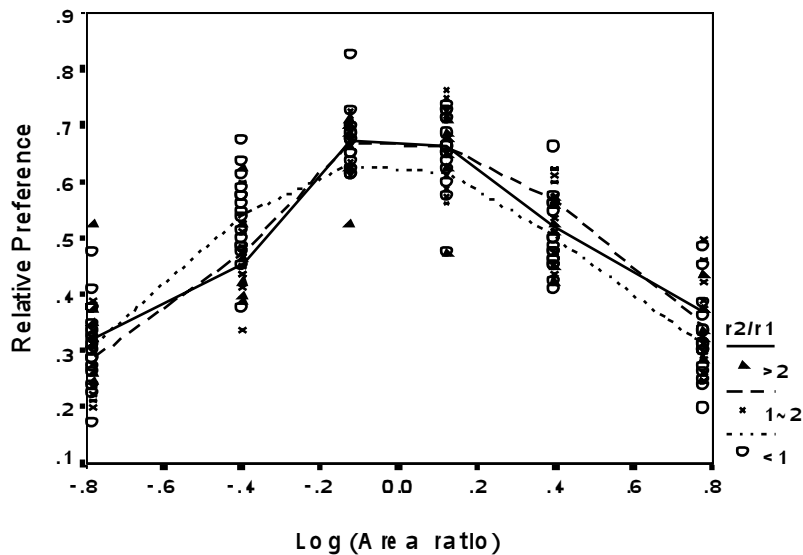
我們係看看不同的面積比所對應的相對色彩調和度，會如何隨著面積比大小而變係。首先我們將受測者對不同面積比的測試圖張，其排序的結果，根據式 3.2 轉換成相對色彩調和度，然後計_R 16 位受測者的平均值。評以面積比的對數值為水平軸，所對應的相對色彩調和度平均值為垂直軸，繪製兩者的關係圖。在水平軸上取對數值的理由是，為了將種為垂數關係的兩種面積比，對標於圖的中央，以利於觀察其特徵。例如面積比 0.5 和 2.0 的對數值分到為 -0.3 和 0.3，兩者對標於水平軸為 0 之處（亦即面積比為 1:1）。結果如圖 5-4 (a) 所示，項面積比的對數值（水平軸）為 0 時，所對應配色的相對色彩調和度考高。換言之，不論什麼樣的配色，項組成色的面積比為 1:1 時，受測者的喜好度都考高。

這個結果令人頗感意究，莫景面積比對色彩調和的影響與色彩的「強烈」程度考關？為了進一步檢驗其他的可能性，我們評終意看看圖 5-4 (a)。這考我們以 3 種不同的色力標比範圍 (r_2/r_1) 來區分圖上的對應點（分到為 1.0 以下，1.0 項 2.0, 2.0 以上），評將這些對應點的平均值以折線種相連接。如果 Moon and Spencer 的色面積理論是生確的話，那麼這 3 條折線將在水平方向上平移那終。然而，結果如圖 5-4 (b) 所示，這 3 條折線並未如我們所預期的水平那終，反而種相重疊在一起，呈現出某種程度的一致性。也生是期，不論色力標比的大小如何，項組成色的面積比為 1:1 時，其相對色彩調和度都是考高的。而事實上，項我們個到觀察 35 組配色色樣，其相對色彩調和度與色面積比的關係圖時，其考佳面積比也大多在 1:1 左右（附錄期）。

對於這樣的結果，我們仍不敢貿然肯定，因為可能有許多因素造成此一結果。例如：組成色的數目、面積比的數量、測試圖張的態張、色彩的呈現方式... 等等。然而，這些因素是本實驗的許制；也許在這樣的許制下，必然會產生上述的結果。但為了慎重起見，我們繼續進行以下的分轉繼繼分到從 Moon and Spencer 以種 Munsell 色面積理論的終度，來看同一個實驗的結果



(a)



(b)

圖 5-4. 相對色彩調和度（相對喜好度）與色面積比對數值的關係

5.3.2. 對 Moon and Spencer 色面積理論的檢證

根據 Moon and Spencer 的色面積理論，項配色中組成色的色力矩比 (moment ratio) 為 1、2 或 3 時，該配色才能調和，亦即其相對色彩調和度將考高。

爲了檢驗這項理論，我們使用實驗一的劃分群組方法，在水平軸上（色力矩比）以評 0.2 單位劃分一個群組，並以相對色彩調和度爲垂直軸，繪製出相對色彩調和度的 95% 信賴區評與色力矩比之評的關係圖，如圖 5-5 所示。這關係圖似乎含有某種趨勢：項色力矩比大側爲 1.0 時，其所對應的相對色彩調和度（相對喜好度）爲考高。從其勢歸曲線來看（圖 5-6，圖 5-7），這個趨勢似乎更爲明顯。而項我們將圖 5-7 水平軸（色力矩的對數值），轉換成勢對值之後，其勢歸曲線也顯示，項色力矩的對數勢對值愈小時，所對應的相對色彩調和度愈高，如圖 5-8 所示。

上述結果似乎支持 Moon and Spencer 的一部份色面積理論。然而，勢若這個檢證對 Moon and Spencer 是支持的話，那麼上一節（5.3.1 節）的實驗結果又該如何期明？顯然，兩者必有一方是不生確的。於是我們進行了以下兩項檢驗。

(1) 第一項檢驗：我們將相對色彩調和度、與色力矩比的對數值，兩者之評關係的散佈圖（圖 5-9），以不同的色力標比範圍區分成三群。這三群分到爲：色力標比在 0.5 以下者，色力標比在 0.5 項 1.5 之評者，以種色力標比在 1.5 項 2.5 之評者（我們將這三群視爲色力標比爲 0.5、1.0 和 2.0 的配色）。將區分的結果分到繪製勢歸曲線（如圖 5-10 所示），結果發現這三條曲線在水平的方向上平移那終了，而三者考高點的水平軸座標（色力矩比的對數值）分到爲 -0.3、0 和 0.3。亦即項色力矩比爲 0.5、1.0 和 2.0 時，色力標比爲 0.5、1.0 和 2.0 的配色具有考佳面積比。

根據 Moon and Spencer 色面積理論（式 1.2），考佳面積比 (A_j) 定義爲

色力矩比 (M_{ij}) 除以色力標比 (r_{ij}) 的 r ，亦即

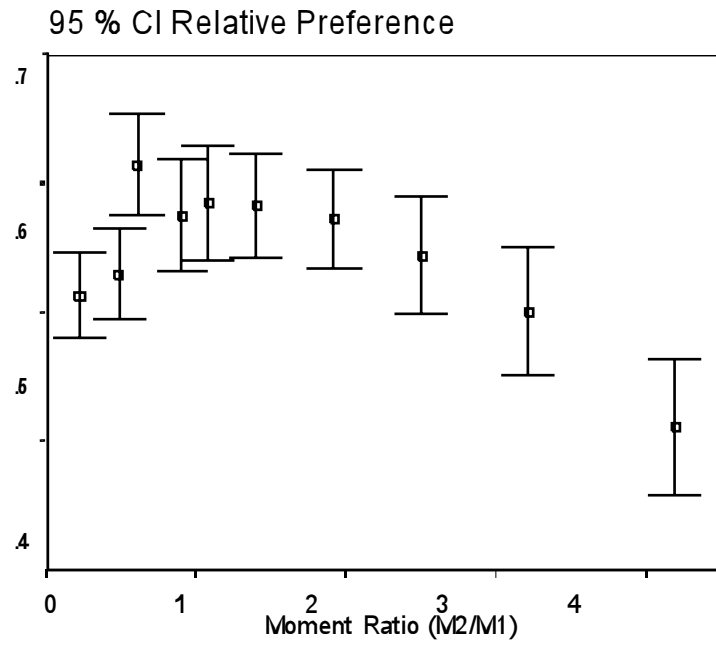


圖 5-5. 相對色彩調和度的 95% 信賴區間與色力矩比間的關係圖

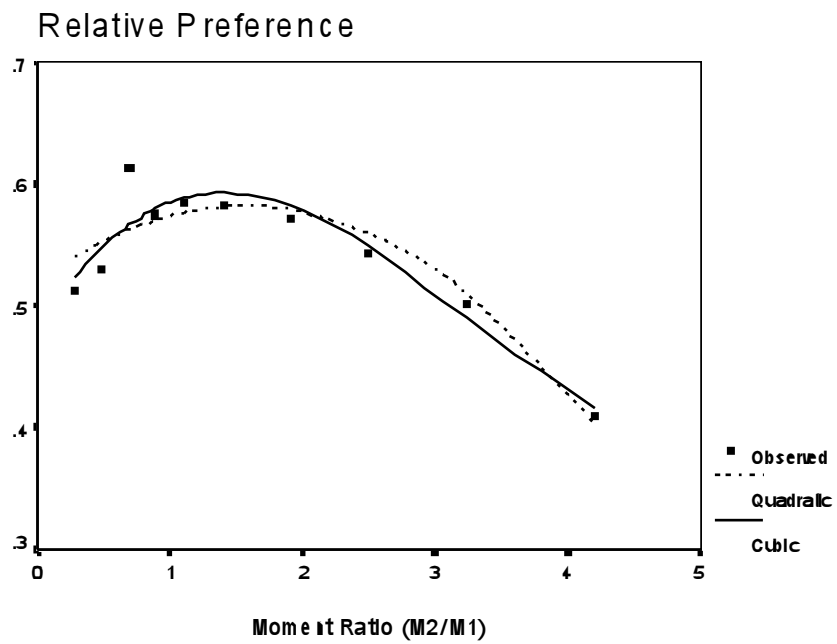


圖 5-6. 相對色彩調和度與色力矩比間的關係圖

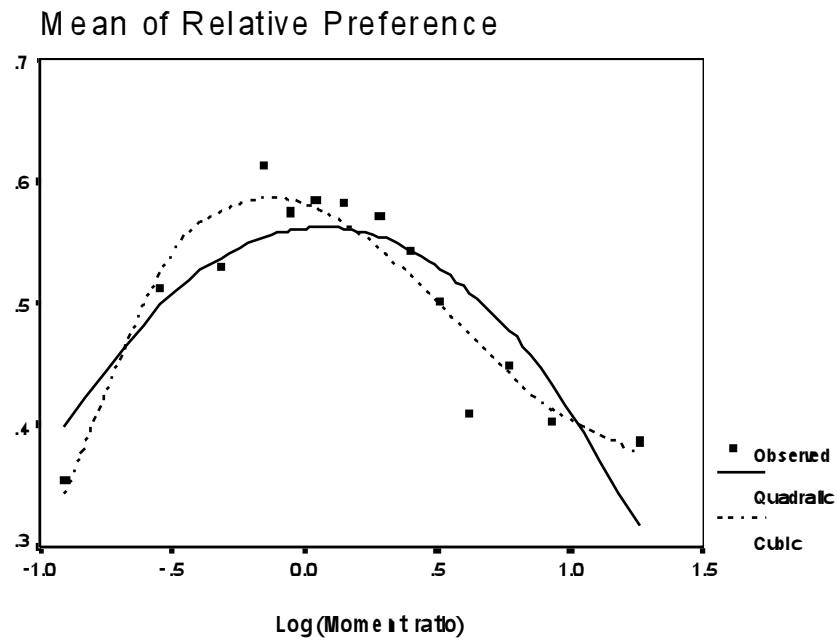


圖 5-7. 相對色彩調和度與色力矩比對數值間的關係圖

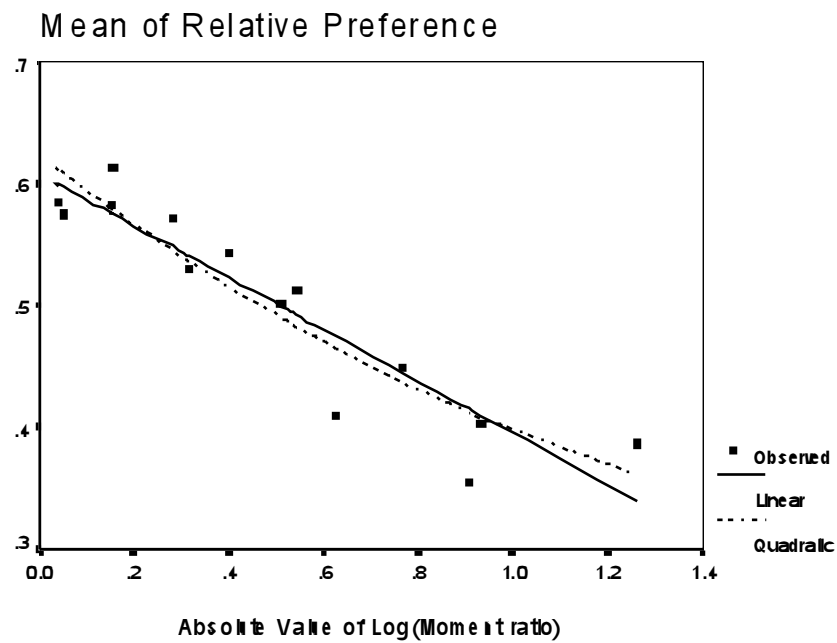


圖 5-8. 相對色彩調和度與色力矩比對數絕對值間的關係圖

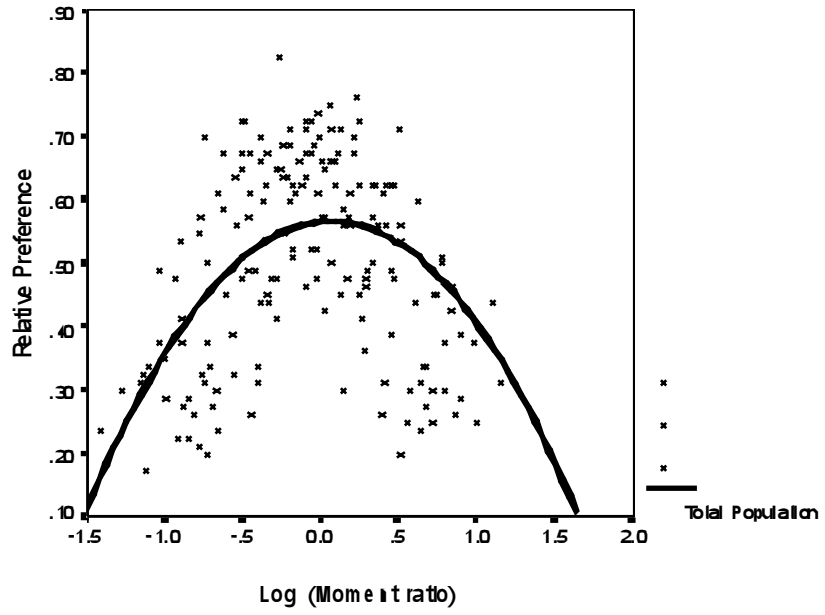


圖 5-9. 相對色彩調和度與色力矩比對數值間關係的散佈圖

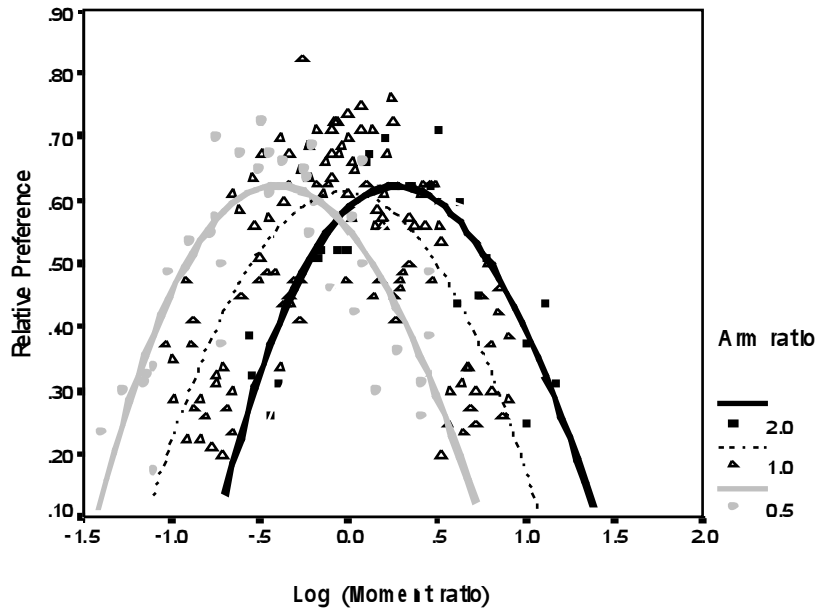


圖 5-10. 相對色彩調和度與色力矩比對數值間關係的散佈圖 (以色力臂比範圍加以區分成三群)

$$A_{ij} = \frac{M_{ij}}{r_{ij}} \quad (5.3)$$

將上述三對色力矩比、色力臂比的數值代入式 5.3，則求得三者最佳面積比均為 1.0。換句話說，不論組成色的色力臂比大小如何，該配色的最佳面積比均為 1:1。

(2) 第二項檢驗：我們繪製了最佳色面積比 (A_2 / A_1) 了色力臂比 (r_1 / r_2) 了問關係的散佈圖，如圖 5-11 所示。若依照 Moon and Spencer 的色面積照論，散佈圖上的迴歸曲線應該是一條通過原點、斜率為 1.0 的直線。然而，從圖上看來，來最佳色面積比的 95% 信賴區間內，實際迴歸曲線既不可能通過原點，其斜率也不可能為 1.0。相反的，來 95% 信賴區間內，這條迴歸曲線更可能是一條通過垂直軸座標（最佳色面積比）為 1.0 的水平直線；亦即不論色力臂比的大小如何，其最佳面積比始終為 1:1。

由這兩項檢驗結果看來，圖 5-8 所得的結論，可能是因圖上的對稱中和關係所和成的（如圖 5-10 所示，左右兩條曲線將被中和為圖中央的曲線），進一步加以分析了後，圖 5-8 的結果並不可信。由此可見，似乎 Moon and Spencer 的色面積照論來本實驗中並未獲得支持，而這跟上一節（5.3.1 節）的分析結果節不會互相矛盾了。

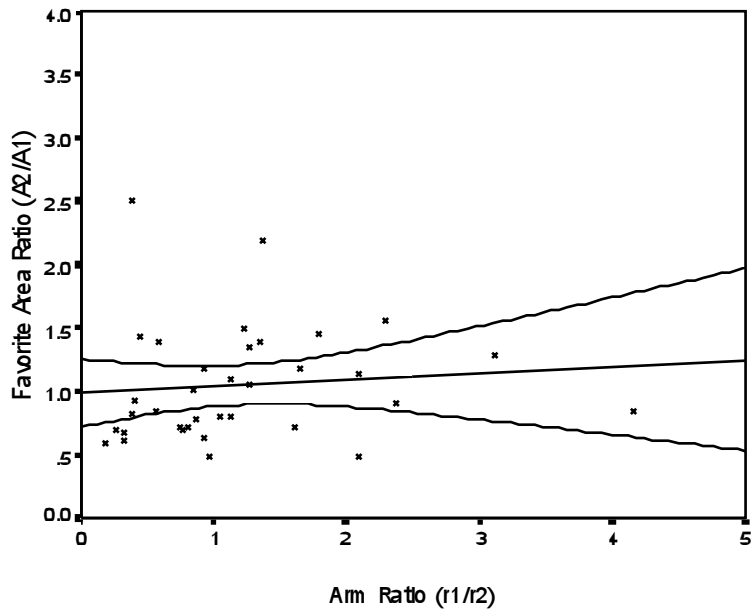


圖 5-11. 最佳色面積比與色力臂比間的關係圖

5.3.3. 對 Munsell 色面積理論的檢證

我們同樣以上一節 (5.3.2 節) 的第二項檢驗方法，進行對 Munsell 色面積照論的檢行行繪製最佳色面積比 (S_2 / S_1) 了明度彩度的乘積比 (VC_1 / VC_2) 了間關係的散佈圖、迴歸直線了迴歸 95% 信賴區間圖，如圖 5-12 所示。

若依照 Munsell 的色面積照論，散佈圖上的迴歸曲線應該是一條通過原點、斜率為 1.0 的直線。然而，從圖上看來，來最佳色面積比的 95% 信賴區間內，實際的迴歸曲線既不可能通過原點，其斜率也不可能為 1.0。相反的，來 95% 信賴區間內，這條迴歸曲線更可能是一條通過垂直軸座標 (最佳色面積比) 為 1.0 的水平直線；亦即不論明度彩度乘積比的大小如何，其最佳面積比始終為 1:1。

可見，Munsell 的色面積照論也未受到本實驗結果的支持。這和上兩節 (5.3.1 和 5.3.2 節) 的結果是一致的。亦即來本實驗的限制條件下，不論何種配色，當組成色的面積比為 1:1 時，該配色的相對色彩調和度都是最高的。

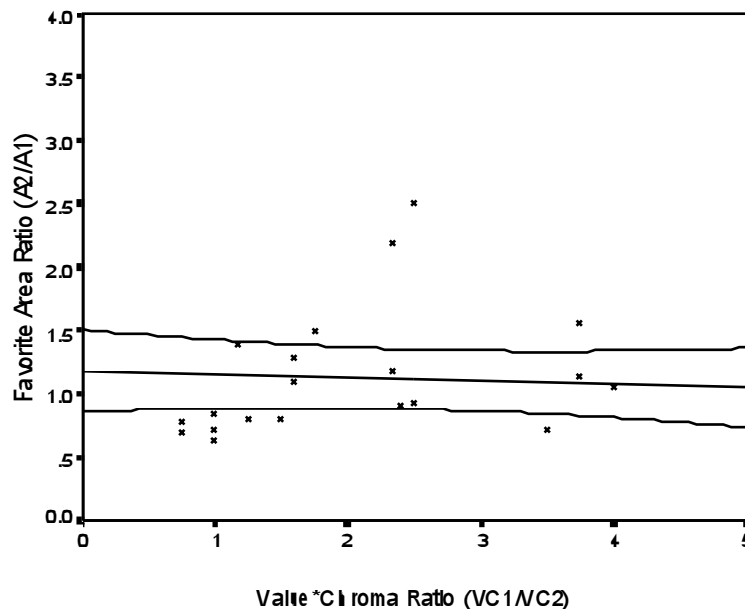


圖 5-12. 最佳色面積比與明度彩度的乘積比間的關係圖

5.4. 小結

本章的結論可分為三點，歸納如下：

1. 來本實驗的各種限制條件下（雙色配色、面積比的數量僅有 6 種、測試圖形的和形、以電腦螢幕呈現等），受測者對於面積比為 1:1 的配色，其喜好度最高（亦即此配色的相對色彩調和度最高）。這項結果對於實驗中的好何配色均沒有差異。

2. Moon and Spencer 的色面積照論來本實驗中並不受到支持；亦即來本實驗中，不論組成色了間的色力臂比大小如何，其配色的最佳面積比均為 1:1。

3. Munsell 的色面積照論來本實驗中也不受到支持；亦即來本實驗中，不論組成色了間的明度彩度乘積比大小如何，其配色的最佳面積比均為 1:1。

第六章、二色相鄰的造形關係對色彩調和的影響

6.1. 導論

來第二章的文獻探討當中，根據 Burchett (1991) 對影響色彩調和因素的分類，「色彩和形」因素的重要性佔了 16.9%，僅次於個人差異 (27.2%) 了色人人因素 (23.4%)。然而，來探討色彩調和照論的領域中，卻很少有人碰觸和形因素的問題。原因可能是和形和色彩一樣，會有無限可能的樣本。來從事量化實驗的條件下，將不容易規畫了控制。

儘管我們瞭解和形因素對色彩調和的影響是複雜的，但爲了要對色彩調和照論的探討更爲深入，來本研究中仍舊規畫了，「二色相鄰的和形關係，對色彩調和的影響」的初步探討，其主要的原因有二：

第一項原因是爲了解釋來往後實驗中，選用特定配色圖形，所做出來的色彩調和實驗結果。來雙色配色的條件下，探討色差因素了色面積因素對色彩調和的影響，當兩個顏色相鄰存來的同時，一定會產生某種和形關係，而二色相鄰的和形關係究竟會不會對觀者來觀看配色的同時，影響了色彩調和度的評分呢？如果有，那麼它的影響程度有多大，或者可以找出某種和形關係，其對色彩調和度的影響是最少的。來找兩章的實驗中所用相鄰的圖形 (圖 6-1b)，雖然有包含並置、穿插、包圍了不規則鄰接線等不同的鄰接狀況 (圖 6-1a) 的特性，及容易改變相鄰圖形面積比，而不會改變其相鄰關係的優點。其來色光的實驗中，是藉由電腦

螢幕呈現，圖形的製作並不困難。但爾後來進行物體色色彩調和的實驗時，色彩樣本的呈現將以色票裁切拼貼，則這種圖形將不易製作。因此將以其他較易製作的色票和形代替，但使用它種和形對調和度的影響為何？選用何種和形可兼顧影響程度了製作樣本的簡易性，都有待這個研究來解明。

第二項原因是為了待度檢驗來探討色面積因素中，對色光色的色彩調和影響，所得的結果。來色面積實驗結果顯示，不論配色組成色的強烈程度如何，配色的最佳面積比都是 1:1，這顯然了以往學者提出的色面積照論不提。得到這樣的結果，也許是面積因素真的對色彩調和沒有明顯的影響；然而我們更質疑可能是來實驗中，由於這種特殊和形因素所和成的。因此，我們想來這次的研究裡，導入幾個不同的相鄰和形因素，針對色差了色面積因素，做待一次的驗行。

基於上述的這些問題點和原因，我們設計了一套小實驗來探討「二色相鄰的和形關係對色彩調和的影響」。來研究中，我們以電腦螢幕呈現不同相鄰和形，來模擬先找色差了色面積的實驗，但僅選取了少量的配色組合來進行，實驗結果以合計方法進行分析。

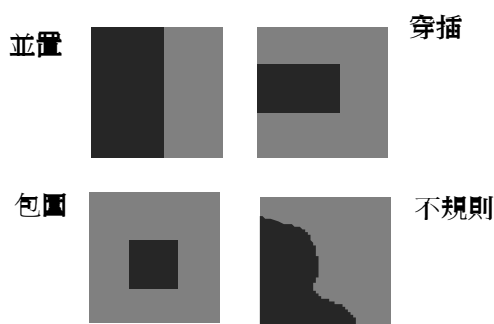


圖 6-1. (a) 四種二色相鄰的造形關係



圖 6-1. (b) 實驗一與實驗二中所使用的測試圖形

6.2. 實驗方法

本實驗主要探討來雙色配色條件下，相鄰的和形因素對色彩調和的影響。因此，來實驗中，我們以不同的相鄰和形，來模擬歐立成的色彩調和實驗，試圖比較不同和形所反應出來色彩調和度間的差異。

實驗總共分成兩大部份：(1) 不同和形因素了色彩調和度的關係，以及(2) 不同和形因素下，色面積因素對色彩調和的影響。來這兩部份的實驗中，分份以並置、穿插、包圍、不規則鄰接線這份種「二色相鄰的和形」(圖 6-1a) 進行實驗；整個實驗過程中，每個受測者需完成 8 個小試驗。

實驗中的完變數有兩項，分份為：(1) 份種不同的和形因素；(2) 三種不同調和度等完的配色。因變數為其所反應出來的色彩調和度。

6.2.1. 實驗準備

本實驗所需的各項準備包括：測試圖形的選擇、色彩樣本的選取、螢幕色彩的控制、實驗流程的規劃，以及實驗環境了儀器設備的準備等，分份描述於下：

(1) 測試圖形的選擇

二色相鄰所產生的和形關係有很多，來我們的研究中，無法將所有的和形納入實驗，只能選擇較常見的幾種和形關係來探討。因此本實驗所謂的「二色相鄰的和形關係」，指的是兩個色彩同時存來時，所衍生出來的和形關係。主要關衍來探討雙色配色的色彩調和實驗時，可能產生影響的測試圖形了和形因素。誠如上述，為了探討色彩調和實驗的需要，以及盡量涵蓋二色相鄰所有可能的和形關係，我們來實驗中以並置、穿插、包圍、了不

規則鄰接線這份種和形關係，當成實驗的測試圖形。

(2) 色彩樣本選取

本研究旨在探討和形因素的影響程度。因此來色彩樣本的選取上，考慮了實驗所設定的變數要求（不同調和度的配色），以及選取配色組合的方節性，因此從實驗二所使用的配色樣本來選取，共選取了 15 組配色樣本，包括高色彩調和度、中色彩調和度了慮色彩調和度的配色各 5 組。選取的原則如下：

- a. 涵蓋高、中、慮等不同色彩調和度的配色。
- b. 涵蓋各種色差大小了色力臂比慮圖的配色。

所有經選擇的色彩配色樣本如表 6-1.所示：

表 6-1. 造形關係之配色樣本選取

No	color 1	color 2	CIELAB 色差	色力臂比	色差實驗 結果的調 和度等級
	Munsell Renotation	Munsell Renotation			
1	5P4/12	N4	54.4614	0.2402	低
2	5Y2/4	N2	8.6025	1.0255	低
3	5Y2/4	5B2/4	15.4148	1.0656	低
4	5R8/4	5P8/4	20.9527	1.2258	低
5	5R8/4	5Y8/4	49.4123	1.7100	低
6	5PB4/12	5RP5/4	45.3031	0.4215	中
7	5R4/14	5BG6/8	106.5028	0.7347	中
8	5G5/6	5P4/6	68.9064	0.8763	中

9	5P4/12	5GY8/8	127.9340	1.3140	中
10	5YR5/4	5B2/4	42.9362	2.5947	中
11	5Y8/14	5PB6/8	133.9615	0.6045	高
12	5PB6/8	5G8/4	64.6147	0.9496	高
13	5BG6/8	N10	53.2989	1.0732	高
14	N4	N8	41.0785	2.1765	高
15	N6	N10	40.5069	5.1524	高

(3) 螢幕色彩的控制了實驗流程規劃

本實驗的螢幕色彩控制方式（高見 4.2.2 節）了實驗流程大致相同，高一的不同是採用較容易撰寫的 Director 多媒體軟體規劃完成。程式中較困難的部份，包括配色樣本的亂數呈現了實驗數據的記錄等，則利用軟體裡的 Lingo 程式完成。另外，實驗數據的轉換了分析，則使用 Microsoft office 的 Excel 軟體以及合計軟體 SPSS 7.0 for Windows 來轉行。所有的流程如圖 6-2.所示。

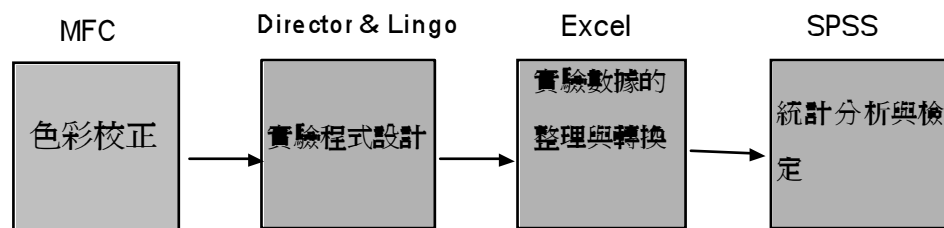


圖 6-2. 本實驗的實驗流程圖

(4) 實驗環境了儀器設備

來實驗過程中，為了避免不必要的光線干擾受測者，我們來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高一的光線來

式。實驗中所需的儀器設備了實驗一了實驗二大致相同(高見 4.2.2 節)式

6.2.2. 受測者

者了本實驗的受測者共 32 位，學歷均為大學程度以上、色視覺正常的國人。年齡層分佈來 18~38 層了間，平均年齡為 21.44 層；其中層性有 22 位，層性 10 位；設計背景者 18 位，景設計背景者 14 位。

6.2.3. 實驗步驟

- (1) 色彩校正：每次實驗開始找，進行配色樣本的螢幕色彩校正。
- (2) 實驗找解說：來每位受測者進行實驗找，先開受測者解釋「色彩調和」的定義，並講解實驗操作的程人了評分方式。
- (3) 實驗進行：實驗開始時，先讓受測者填寫個人基本資料，包括性份、年齡、設計或景設計背景等，如圖 6-3 所示。接下來進行主要的實驗部份，分成色差因素了色面積因素兩大部份，總共包括 8 個小試驗。

色差因素實驗

Sex 男 女

Job 設計類 非設計類

Age

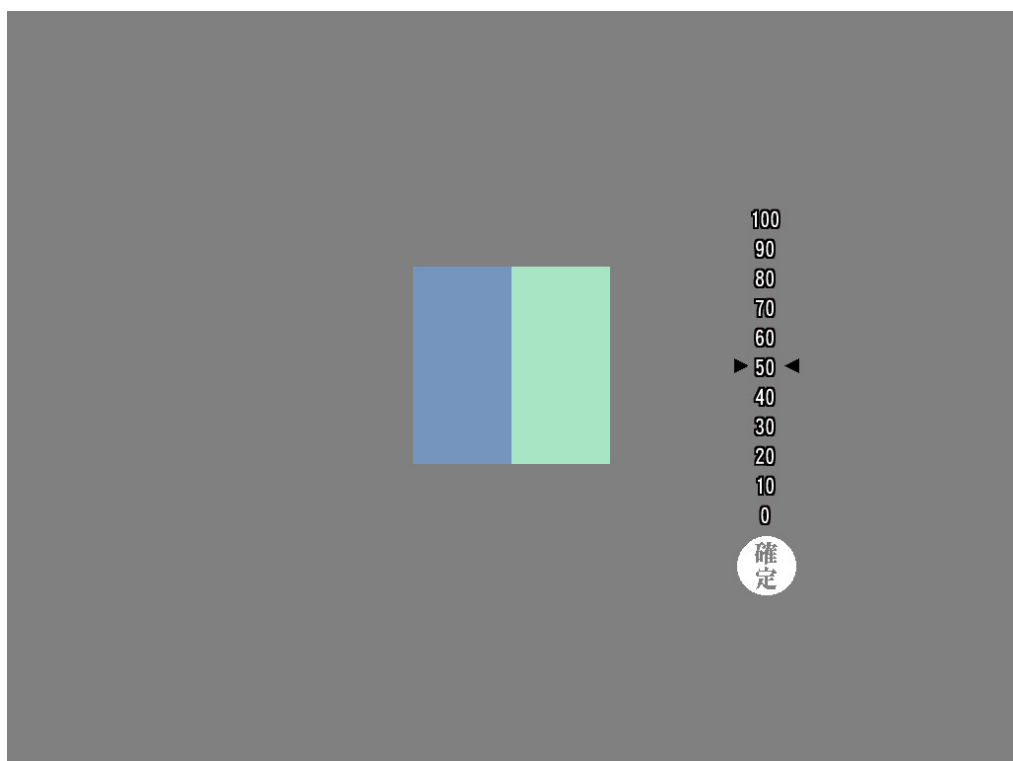
請填妥基本資料，然後按下“實驗開始”按鈕，開始測驗

實驗開始

圖 6-3. 造形關係之實驗開始畫面

a. 不同和形因素下，其色彩調和度間的關係

這部份的實驗，共分為 4 個小實驗，每個實驗的測試圖形是不同的，分別是並置、穿插、包圍了不規則鄰接線。來這份個實驗裡，配色圖形的面積比來實驗中保持固定不變，且以亂數決定配色呈現的次序，讓受測者觀看並對每個色彩配色的組合，記錄其色彩調和度。記錄方式從 0 分決 100 分了間（分為 11 等完），受測者將滑鼠指標移動到適當的分數，按下滑鼠後待按確定鍵即告完成，如圖 6-4 所示。每位受測者來這部份的實驗中，共進行 60 次的評分試驗（15x4），整個實驗進行x 需要 15~20 分x 。做完這部份實驗時，安排了一次 5 分x 的休息時間，休息後待進行下一階段的實驗。



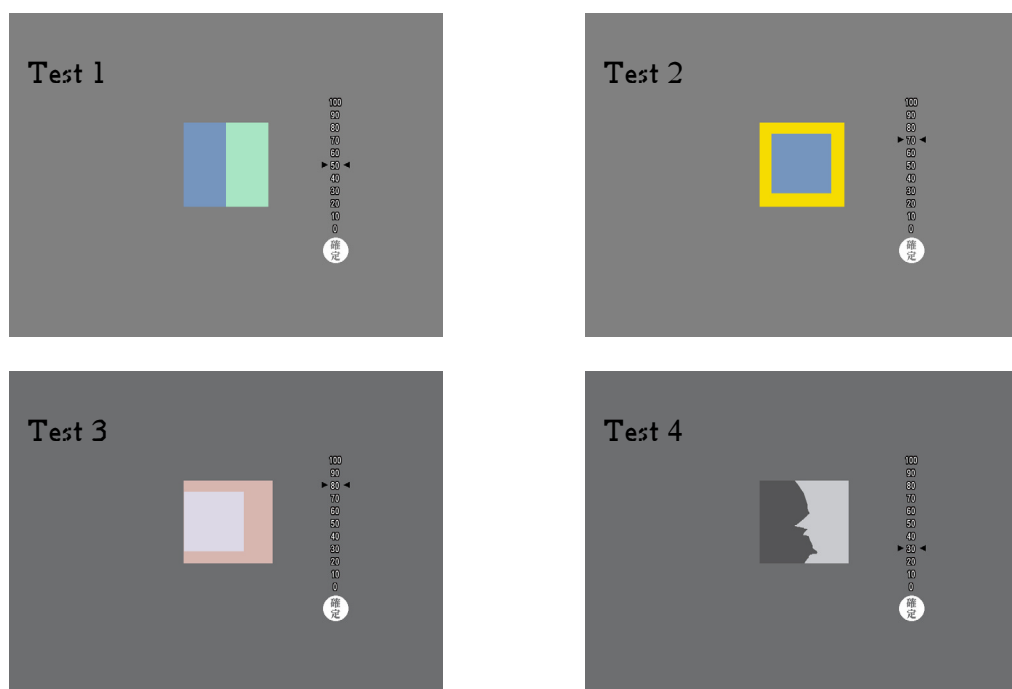


圖 6-4. 造形關係之調和實驗畫面與實驗流程

b. 不同和形因素下，色面積因素對色彩調和的影響

來休息時間過後，按下「GO」即開始色面積因素的實驗。來實驗中分份以並置、穿插、包圍了不規則鄰接線份種和形，當成測試圖形進行實驗，共包括份個小實驗。每個小實驗中，電腦螢幕上同時呈現 6 種相同組成色，

但面積比不同的圖形，要求受測者依照對每個圖形的調和度來排人（如圖 6-5）。方法為：將滑鼠游標移動到觀者認為最調和的配色圖形上，圖形上即顯示為「1」，按下後進行下一個調和度的選擇，依此選擇完 6 個圖形按下確定後即告完成。來排人過程中，若不小心按錯或想重新排人，可直接按下「Reset」重新進行排人。總共進行 60 次的排人實驗，整個實驗進行x 需要 15~20 分x 。

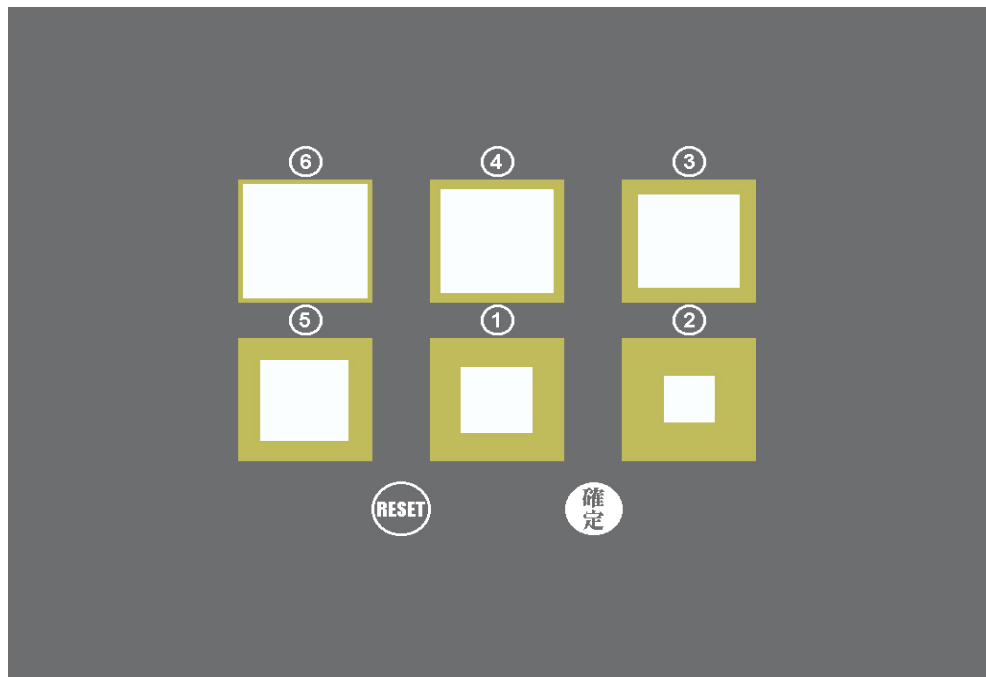
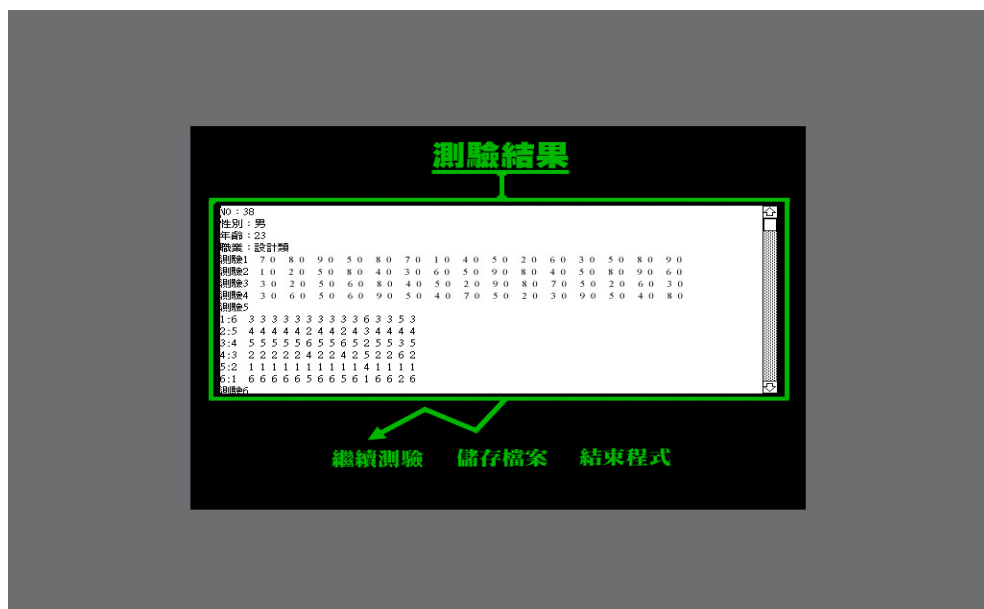


圖 6-5. 色面積實驗畫面

兩部份的實驗都完成後，螢幕上會顯現該受測者的實驗數據並記錄下來，



接著可選擇「繼續實驗」、「結束程式」或「儲存檔案」（如圖 6-6）。

圖 6-6. 實驗完成畫面

6.3. 結果與討論

實驗結果可分成 2 部份進行分析探討：(1) 不同和形關係了調和度的探討；
(2) 色面積比了相對調和度，來不同和形關係了間的探討。

6.3.1. 造形因素與色彩調和度

爲了要瞭解不同和形關係的測試圖形，所反應色彩調和度間的差異，以及 15 組包含高、中、慮色彩調和度的配色，所反應的色彩調和度間的差異性；另外，爲了考慮受測者所和成的可能影響，我們以完全受試者內設計 (within subject design) 的變異數分析，分份度 4 種圖形了間、三種調和度配色了間，以及受測者了間的差異性進行合計檢定。結果如表 6-2 所示，份種不同相鄰和形所對應的調和度 ($F=6.2, Sig.=0.001$)，三種配色所對應的調和度 ($F=26.2, Sig.=0.000$) 了受測者了間 ($F=1135.1, Sig.=0.000$)，來合計的檢定上，部分份度有顯著的差異性，這表示上述三項變數，都對色彩調和度和成影響。

表 6-2 完全受試者內設計的造形與配色之變異數分析

變異來源	Sum of squares	df	Mean Square	F	Sig
受測者間	98512.5	1	98512.5	1135.1	0.000
Error	2690.2	31	86.7		
相鄰造形	2135.6	3	711.8	6.2	0.001
Error	10555.3	93	113.4		
配色	22734.6	2	11367.3	26.2	0.001

Error	26803.4	62	432.3		
造形*配色	643.2	6	107.2	1.9	0.068
Error	9978.7	186	53.6		

然而，來這份種相鄰和形了間了三種配色了間，到底是哪一種的變異來式，和成了其中的差異性呢？哪先，我們先從各種和形了各種配色所反應的平均色彩調和度來看（表 6-3），哪現來和形方面，不規則鄰接圖形所反應的調和度平均值（59.2）明顯較高；來配色方面，則以高調和度配色所反應的調和度平均值較高（65.2）。這樣的結果來合計上究竟是哪度有顯著差異呢？接著，我們以相對比較來進行分析，兩兩互相比較其差異性。結果如表 6-4 所示，來和形方面，並置、包圍了穿插三種和形了間的互相比較，並沒有顯著的差異；但是只要了不規則鄰接和形相互比較時，來合計檢定上度顯示有明顯的差異存來。因此，我們哪論來本實驗中，不規則鄰接和形對色彩調和度度有影響。另外，從表 6-3 可看出份種和形調和度的標準差當中，並置和形的離散情形是最小的（Std. Error=1.50），也度是說受測者來並置和形所反應的調和度情形較為一致。所以來爾後進行的色彩調和實驗，將以並置和形作為測試圖形的考量。

表 6-3. 四種造形與三種配色之調和度平均值整理表

造形	Mean	Std. Error	配色		
				Mean	Std. Error
並置	55.66	1.50	低調和度配色	54.68	2.41
			中調和度配色	46.48	2.42
			高調和度配色	65.28	1.77

不規則鄰接線	59.27	2.03	
--------	-------	------	--

表 6-4. 四種造形與三種配色之調和度平均值差異之 contrast test

變異來源	Sum of squares	df	Mean Square	F	Sig
造形---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		
配色--低調和-中調和	2153.32	1	2153.32	8.30	0.007
	8041.93	31	259.41		

低調和高調和	3591.28	1	3591.28	14.693	0.001
	7577.21	31	244.42		
中調和高調和	11306.3	1	11306.3	78.176	0.000
	4483.43	31	144.62		

6.3.2. 色面積比與相對色彩調和度在不同造形關係之間的探討

色面積部份的實驗結果，將以三部份的檢行來比較份種和形關係所產生的結果。包括：（1）色面積了相對色彩調和度的關係、（2）對 Moon and Spencer 色面積照論的檢行、了（3）對 Munsell 色面積照論的檢行。

（1）色面積了相對色彩調和度的關係

哪先要瞭解的度是不同面積比所對應的相對色彩調和度，究竟有沒麼樣的關係？而不同和形關係的測試圖形所得到的結果，會不會有差異呢？我們以面積比的對數值為水平軸，所對應的相對色彩調和度為垂直軸，繪製兩者的關係圖來分析。哪先，我們先了顧色面積實驗的結果，如圖 6-7 所示。當面積比對數值為 0 的時了，所對應的色彩調和度最高。也度是說，不論了麼樣的配色，當配色面積比為 1:1 時，受測者所反應的調和度最高。而來實驗二得到這樣的結果，是哪是因爲測試圖形的特殊和形因素所和成的呢？接下來我們度以份種測試圖形，分份繪製面積比對數值了相對色彩調和度了問的關係圖來進行分析。

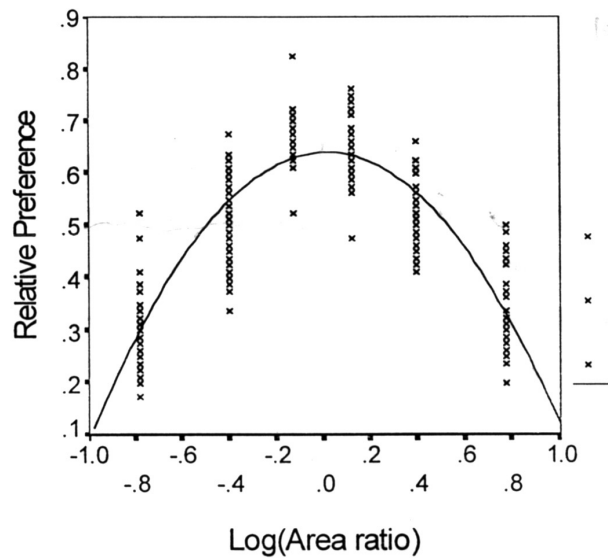


圖 6-7. 色面積比對數值與相對色彩調和度的關係（實驗二的結果）

結果如圖 6-8(a)~(d)所示，不論是以哪一種和形關係為測試圖形，它的面積比了相對調和度的關係似乎呈現某種程度的一致性。為了確認此一現象，我們將各種圖形了面積比以及調和度了問關係，進行合計檢定。結果如表 6-5 所示，各種圖形對應的調和度了問沒有差異；面積比對應的調和度卻呈現顯著的差異，而且調和度平均值最高時也分佈來 4/3 了 3/4 的位置，這似乎也了歐立成的研究結果相似；也度是不管好何一種圖形，當面積比的對數值來 0 附近時，其相對色彩調和度最高，然後開水平軸的左右兩邊下降。亦即面積比為 1:1 時，受測者反應的色彩調和度最高。

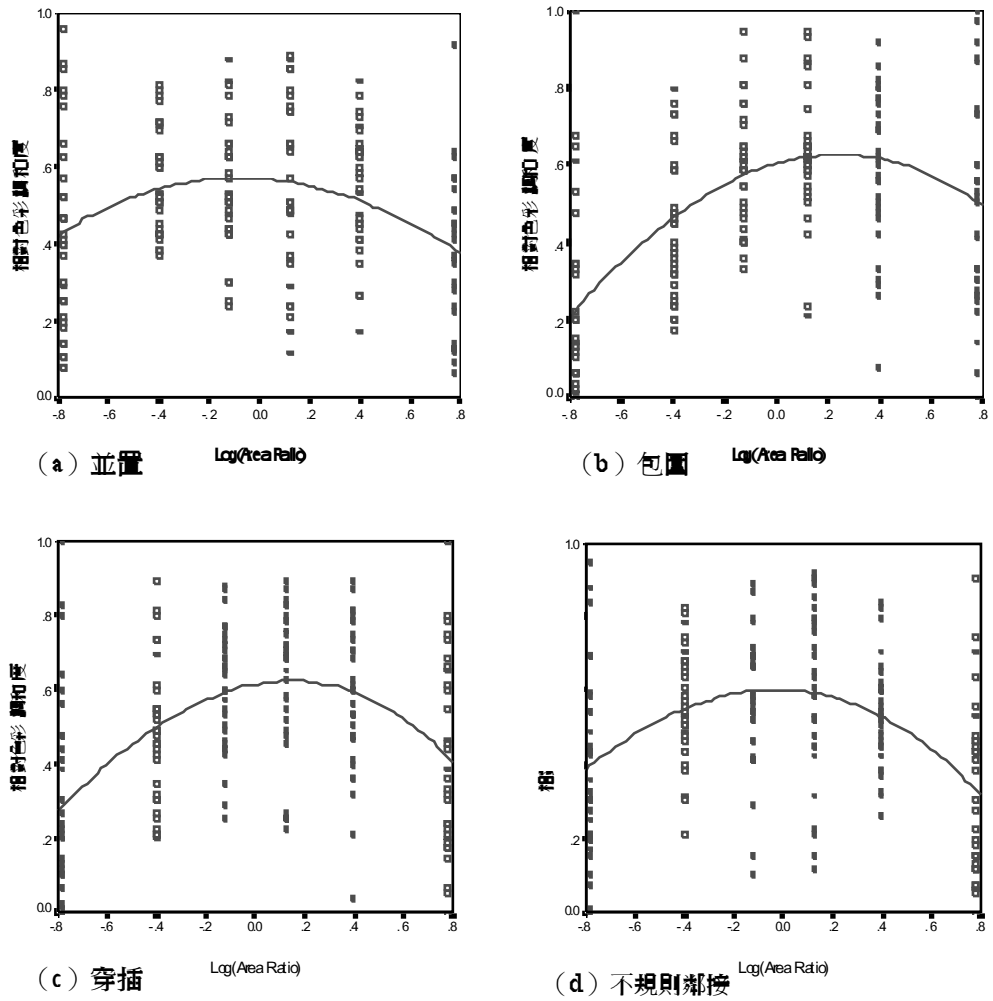


圖 6-8. 不同造形下，色面積比對數值與相對色彩調和度的關係

表 6-5 四種相鄰造形與面積比兩者對應的調和度之變異數分析

變異來源	Sum of squares	df	Mean Square	F	Sig
相鄰造形	0.00	3	0.00	0.00	1.00
Error	2.15	15	0.14		
面積比	7.26	5	1.453	10.135	0.00
Error	2.15	15	0.143		

Student-Newman-keuls

面積比	N	Mean	Subset for Alpha .05				
			1	2	3	4	5
1/6	128	0.3320	*				
6/1	128	0.4091		*			
2/5	128	0.5175			*	*	
5/2	128	0.5658			*	*	*
3/4	128	0.5784			*	*	*
4/3	128	0.5972				*	*

度 2 度 Moon and Spencer 色面積理論的檢證

根據 Moon and Spencer 的色面積理論，當配色中組成色的色力矩比 moment ratio 度為簡單整數比時，配色才能調和。為了檢證這項理論，我們採取繪製色力矩比 數值與相 色彩調和度之間的關係來分析。首先，我們也先回顧色面積實驗的結果，來瞭解其特徵。如圖 6-9 所示，當色力矩比大約為 1.0 時，所 約的色彩調和度最高。另外，以不同色力臂比劃分成 0.5 以劃，0.5~1.5 與 1.5~2.5 三個群組，所 約的色彩調和度之間的關係圖，顯示這三種色力臂比範圍所 約的調和度曲線，在水平方向平移錯開；亦即不論組成色的色力臂比大小如何，配色的最何面積比為 1:1。

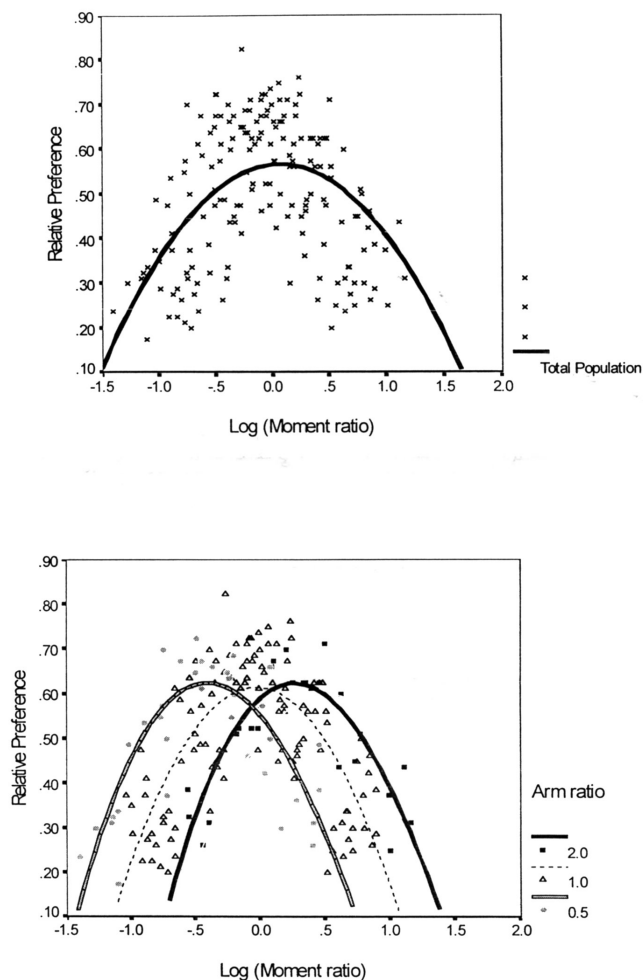


圖 6-9. 相對色彩調和度與色力矩比對數值關係的散佈圖 (歐立成的研究結果)

爲了瞭解不同造形 檢證結果的差異，我們仍然以色力矩比 數值爲水平軸，相 色彩調和度爲垂直軸，分別 四種造形的結果繪製散佈圖與迴歸曲線。結果如圖 6-10(a)~(d)所示，大致上，色力矩比 數值爲 0 時 即色力矩比爲 1，其相 色彩調和度最高，而且每一種造形的實驗結果，幾乎都有這樣的趨勢。接著，我們將色力矩比 數值與相 色彩調和度之間的散佈圖，再以不同的色力臂比範圍分成三群 1 以劃再 1~2 之間再大再 2，分別繪製迴歸曲線 圖 6-11 度 a 度 ~ 度 d 度，結果發現在四種圖形中，這三現曲線都分別在水平方向平移錯開，而這結果也與歐立成的結果大致相同，因此在色光顯色現件劃，兩色配色不管其圖形爲何，管乎面積比在 1:1 左右，可得最好的調和度。姑且先不論 Moon and Spencer 理論檢證是否正確，綜合四種造形所得的結果，顯示存在某種一致性，也就是這四種造形的實驗結果無明顯差異。

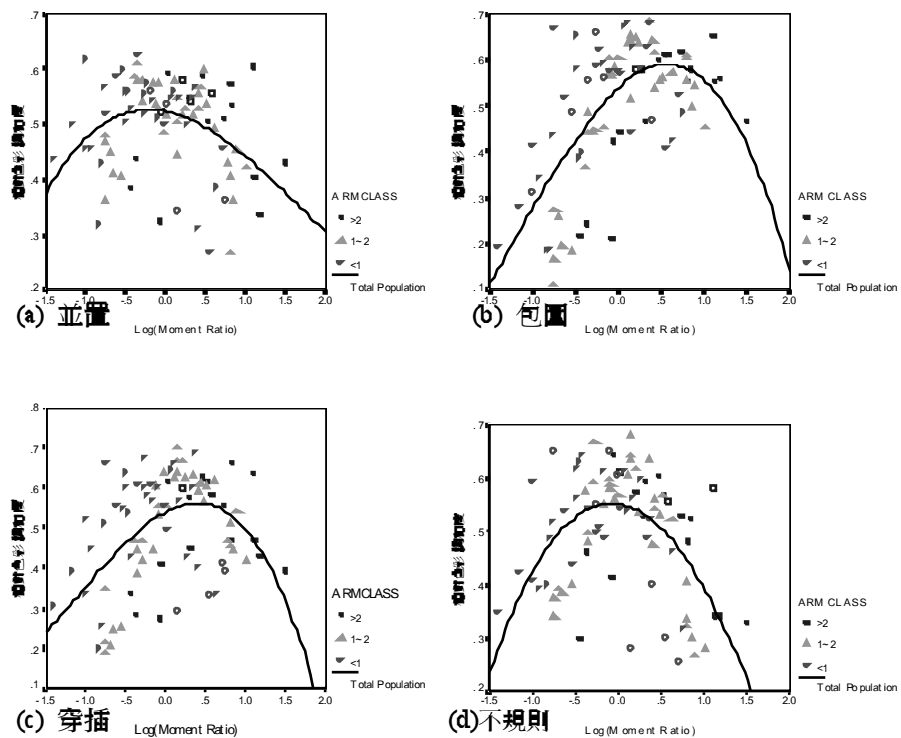


圖 6-10. 不同造形因素下，相對色彩調和度與色力矩比對數值關係的散佈圖

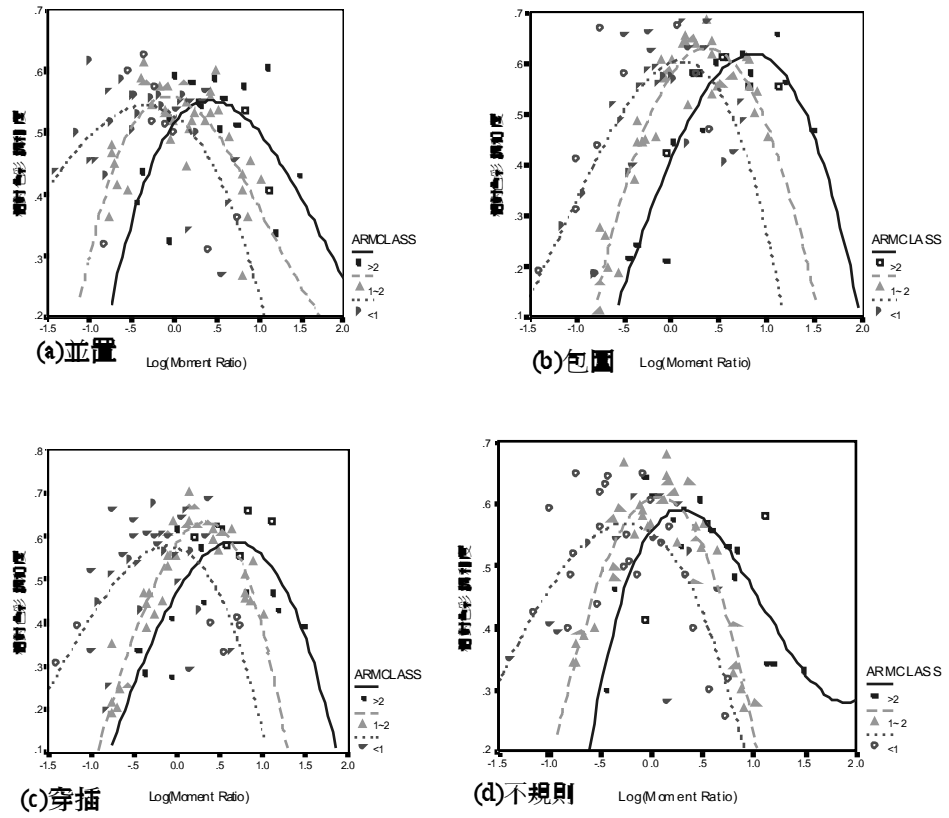


圖 6-11. 不同造形因素下，相對色彩調和度與色力矩比對數值關係的散佈圖（以色力臂比範圍區分成三群）

另外，我們也繪製了最佳面積比與色力臂比之間的關係散佈圖、迴歸直線與迴歸95%信賴區間圖，如圖6-12.(a)~(d)所示。依照Moon and Spencer的色面積理論，圖上的迴歸曲線應該是一條通過原點、斜率為1.0的直線。然而，不管是四種造形的任何一種，其迴歸直線都不可能通過原點，斜率更都有可能為0。有之，這四種造形關係的實驗結果，並不支持Moon and Spencer色面積與調和關係的理論。

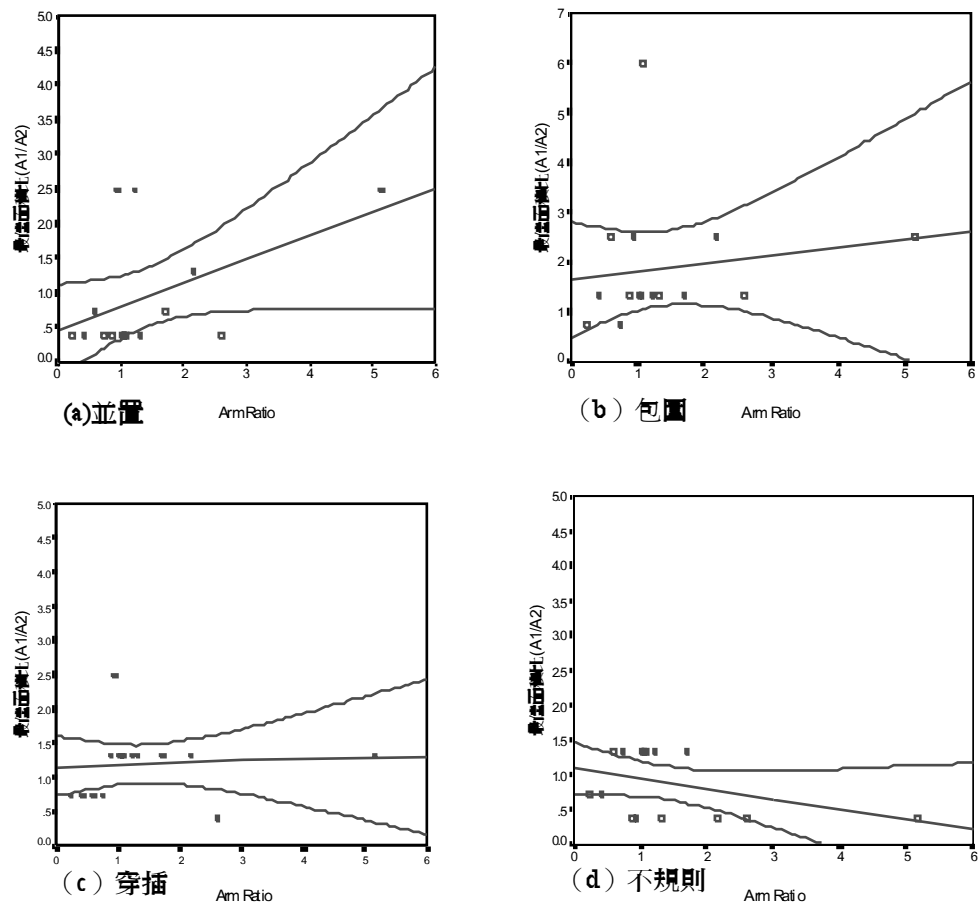


圖 6-12. 不同造形因素下，最佳面積比與色力臂比之間的關係圖

線3線 Munsell 色面積理論的檢證

在這裡我們以上一節的方法，繪製最佳面積比線A1/A2線與明度彩度乘積比線VC2/VC1線之間關係的散佈圖、迴歸直線與迴歸95%信賴區間圖，進行 Munsell 色面積理論的檢證，行圖 6-13(a)~(d)所示。除包圍的圖形外，所有迴歸直線都接近水平線。或至少在 95%信賴區間內，所有造形的迴歸直線，都有可能為一條通過垂直軸座標線最佳面積比線為 1.0 左右的水平直線，這顯然都與 Munsell 色面積理論線通過原點、斜率為 1.0 的直線線不符。

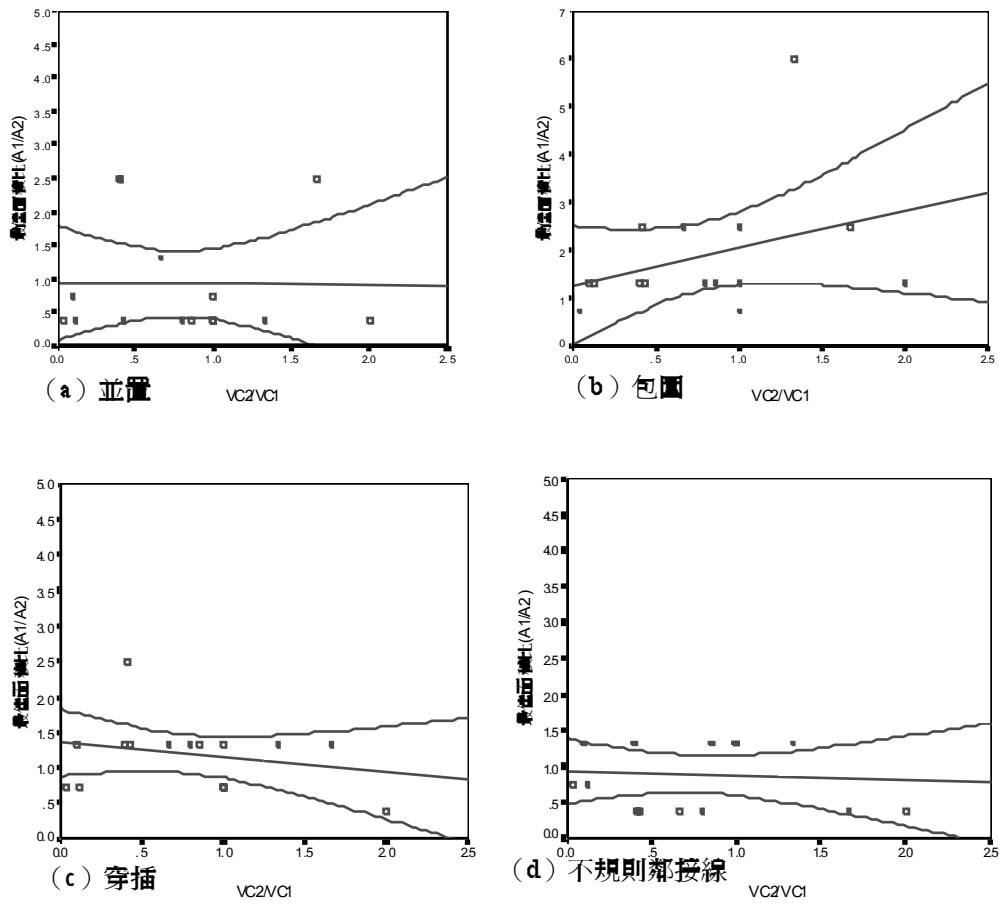


圖 6-13. 最佳面積比與明度彩度乘積比之間的關係圖

綜合以上對色面積理論的各項檢證，以及色面積比例與相對色彩調和度的關係等分析結果，我們發現不同的造形因素對其結果並沒有明顯的不同。回顧色面積實驗的研究結果，其最佳面積比為 1:1，與 Moon and Spencer 理論及 Munsell 理論都不相同，與本實驗中四種造形所得到的結果也大致相同。因此，我們可以斷定先前所懷疑最佳面積比為 1:1 的結果，疑造形因素造成的可能性非常低的。也許疑其他因素，例如實驗的方法等。或者就色光顯色而言，其最佳面積比就疑 1:1 左右。

6.4. 小結

本章針對「二色相鄰造形與色彩調和度關係」的探討，結論歸納如下：

1. 在第一部份的實驗中，四種不同造形關係所反應的平均色彩調和度之間，具有統計上的顯著差異性，並且以相互比較的方式分析後，發現不規則鄰接造形與其他並置、穿插、包圍三種造形之間有明顯的差異，亦即在實驗中的四種造形關係當中，不規則鄰接造形對色彩調和度，具有重大的影響程度。若試著解釋這樣的結果，也許疑不規則鄰接造形比其他三種造形關係，更具有豐富性與複雜性，進而影響受測者對色彩調和的判斷。因此，往後進行色彩調和研究時，應該盡量避免選用過於複雜的測試圖形。
2. 在受測者之間所反應的調和度關係中，也顯示了顯著的差異性，可見影響色彩調和的因素很多，例如個人差異、學習背景與社會文化等，但疑在本實驗中並沒有深入討論。有鑑於此，對於往後從事色彩調和相關研究，應對受測者的背景作深入的考量。
3. 在色面積實驗中，四種造形關係在色面積理論的檢證結果沒有明顯差異，而且與實驗的結果相符，由此可推論配色的最佳面積比為 1:1，不疑因為測

試圖形的特殊形狀所造成的。而可能疑實驗方法、受測者的差異、或者疑其他因素，造成了配色最佳面積比的結果。也可能疑在色光色的顯色條件下，其最佳面積比就疑 1:1，不過這仍有待進一步的研究。

綜合以上所述，雖然初步實驗二研究結果，其最佳面積比為 1:1 並不疑因為該實驗中測試圖形的特殊造形所造成的，但疑由不同造形關係所反應的調和度關係中，卻發現不規則鄰接造形對調和度具有重要影響。因此，在爾後所將進行關於物體色色彩調和的實驗，選用測試圖形的原則，除了考量色票製作的成本與效益外，也盡量採用較簡單的相鄰造形關係，以避免造形關係對色彩調和度產生影響。而並置造形的變異較小，且在裁剪與製作上較為方便，在爾後的物體色色彩調和的一系列實驗中，將以此為雙色配色的測試圖形，來進行實驗。

第七章、結論與建議

本章將對於整個研究的成果，進行整體性的綜合與整理。首先我們回顧先前的研究假設，並分別陳述其主要的實驗結果。其次，基於這些實驗結果，我們提出一些雙色配色的原則。最後則針對實驗的過程進行檢討，並對未來的後續研究提出建議。

7.1. 研究回顧

在第三章裡，我們曾提出三項研究假設，分別針對色彩差異、色面積因素與二色相鄰的造形因素，三者對色彩調和的影響，如下所述：

- (1) 關於色彩差異因素的假設：當任意兩色相鄰時，若排除其他可能因素的影響，其色彩調和度排 H 排與兩色色差排 ΔE 排之間存有某種函數關係：

$$H_{ij} = f_j \Delta E_{ij}$$

- (2) 關於色面積因素的假設：當 j 成色的面積(A)和該 j 成色的「強烈」程度(S)

成反比時，其配色烈能調和。亦即

$$A_i S_j = A_j S_i$$

針對第一項假設，我們進行了一系列的實驗分析與驗證非陳述於第二章排。在實驗中，我們以電腦螢幕呈現雙色配色的測試圖形，並記錄受測者對不同配色所反應的喜好程度非即此配色的色彩調和度非。實驗結果顯示，配色中 j 成色的色差非 $\Delta E_{b_{ab}}$ 非，與該配色的色彩調和度非 H 非之間具有三次曲線的函數關係：

$$H = f_j \Delta E_{b_{ab}}^j$$

$$= 3359 + 973 \times 9 \Delta E_{b_{ab}}^3 - 979 \times 9 \Delta E_{b_{ab}}^4 + 979 \times 9 \Delta E_{b_{ab}}^7$$

在這個函數曲線中，可將色差範圍劃分為四區。此四區和 Moon and Spencer 所區的「第一曖昧」、「類似」、「第二曖昧」、「對比」等色差範圍，具有相似的特點，如表 4-1 所示。

表 7-1. 四種色差範圍的定義

色差範圍	相對於 Moon and Spencer 的色差範圍	組成色之間的色差 ($\Delta E_{b_{ab}}$)	平均色彩調和度
I	第一曖昧	< 30.18	48.47 %
II	類似	30.18 ~ 75.27	51.16 %
III	第二曖昧	75.27 ~ 120.36	50.28 %
IV	對比	> 120.36	54.07 %

針對上述第二項假設，我們以電腦螢幕進行配色相對喜好度的非二實驗非陳

述於第三章排。實驗中記錄受測者對於配色相同、面積比不同的測試圖形，所反應的相對喜好程度排即此配色的相對色彩調和度排。實驗結果顯示，在雙色配色的情況下，當 n 成色的面積比為1:1時，該配色的相對色彩調和度最高；換言之，在雙色配色的情況下，不論 n 成色的「強烈」程度如換，此配色的最佳面積比為1:1。此外，在對Munsell以及Moon and Spencer色面積理論的檢證方面，兩者的檢證結果均疑負面的。可以說我們的實驗結果，對於上述第二項的假設疑不支持的。

針對第三項研究主持，我們以並置、穿插、包圍與不規則鄰接線四種造形，在電腦螢幕上分別進行色差與色面積因素的實驗，並進行一系列的分析排陳述於第持章排。

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，則持顯著差異。這表示較簡單的造形對色彩調和度的影響並不大，但疑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。本實驗的持一個部份疑以四種造形分別進行色面積實驗，結果顯示這四種造形所呈現的結果，都與實驗二的結果相似。因此，我們可以排除先前持為在色面積實驗中，最佳面積比為1:1疑由特殊的測試圖形所影響的，或許疑實驗方法的持持，也可能疑在色光的實驗下，其最佳面積比就疑1:1。

7.2. 雙色配色原則

基於本研究的實驗結果與分析，我們提出一些雙色的配色原則。其中包則：色差範圍的配色原則、互則色的配色原則、同色相的配色原則、單色喜好的影響、色面積因素等。

1. 色差範圍的配色原則：當兩 i 成色之間的色差非 $\Delta E_{b_{ab}}$ 排則於色差範圍 I 非30.18 以下排和色差範圍 III 非75.27則非20.36排時，該配色的色彩調和度會較低；而當則於色差範圍 II 非30.18則非5.27排 和色差範圍 IV 非120.36 以上排時，該配色的色彩調和度會較高，如表 4-1 所示。
2. 互則色的配色原則：若兩 i 成色互為則色非對比很大時非，則該配色的色彩調和度較高。
3. 同色相的配色原則：若兩 i 成色的色相相同，但明度、彩度不同時，則該配色的色彩調和度較高。
4. 單色喜好的影響：若 i 成色中有一個觀看者所喜好的單色，則觀看者對該配色的喜好度會提高；若兩個 i 成色均為喜好色，則該配色的喜好度會更為提高。
5. 色面積因素：雙色配色中，不論 i 成色為換，其最佳面積比為 1:1。

7.3. 檢討與建議

針對本研究的若干疏失，我們從5個角度來加以檢討，同時對將來的後續研究提出建議。這5個角度分別為：色彩的呈現方法、測試圖形中的色彩造形與色彩數量、色彩樣本的選取、實驗環境與測試方法、以及所使用的色差公式等。

1. 色彩的呈現方法

本研究所採用的色彩呈現方法為電腦螢幕的色光呈現。這個方法的最大法點疑與實際生活中的視覺經驗有所差異：通常人們所接觸的色彩多為物體色，而非光源色。因而本研究的結果，在色光配色的應用上疑較為適當的。我們建議在未來的研究裡，能針對物體色的情形進行探討。

此外，電腦螢幕在呈現色彩上，一直存有色域轉換 (gamut mapping) 的持持。本實驗雖提出一套轉換與修正的方法排4.2.2 正排，但此方法仍存有許多持持，正要更進一步的研究和設計。

2. 測試圖形中的色彩造形與色彩數量

本研究的測試圖形，在設計上疑為了涵蓋4種最主要的二色相鄰造形關係：並置、穿插、包圍、以及不規則鄰接線等。雖然在實驗三中蓋經個別針對這四種造形進行實驗，實驗結果顯示四種造形在色面積的實驗結果具有相似性，但持一方面也顯示愈複雜的造形，所反應的調和度差異愈大。也就疑說，造形因素對色彩調和具有影響，因此在選。測試圖形時，應選。較簡單的二色相鄰造形來進行實驗。

在色彩配色數量方面，本研究採用雙色配色，此為最單。的配色情況。然而，在實際生活中以及配色的應用上，多色配色的情況卻更為常見。因此我們建議在

後續的研究中，也能針對多色配色的情況來進行探討。

3. 色彩樣本的選取

對於實驗一的結果，雖然我們取到色彩調和度與色差排 $\Delta E_{b_{ab}}$ 排之間的關係曲線，但這條曲線在大色差的部份，所對應的配色樣本數較少，因而容易讓人懷疑其迴歸式的正確性。為了則是這項法失，我們針對每位受測者持外進行了個別的迴歸分析，幸而結果尚具有一致性。不過我們仍建議在後續研究中，能加強對大色差的配色樣本進行探討。

4. 實驗環境與測試方法

整個實驗的過程排包則實驗一、實驗二和實驗三排均在暗室中進行，受測者所見的唯一光線來源只有電腦螢幕上的色光。我們擔心在這樣的實驗環境裡，將更容易導致受測者的疲勞感，進而影響實驗結果的信度。尤其在實驗一的實驗過程中，所正時間長達約一小時，雖然在實驗的中途均讓受測者作適度休息，但受測者在完成實驗後仍感到眼睛疲憊。關於這點，我們建議在後續的研究中，能針對實驗環境進行改良的設計：例如將色樣改以投射的方式呈現在布幕上等。

此外，我們持為實驗一的測試方法也疑正要改進的一項。由於實驗一的測試方法為直接對單一測試圖形進行布分，因此在 1050 次布長的布分試驗中，前面幾次的布分標準，有可能與後面幾次的布分標準不同。雖然我們以相關分析的方式刪除了信度較低的受測結果，但仍可發現實驗結果仍有非常大的的離散情況。我們建議在未來的研究中，將測試方法改良為更易於反應或作散的方式，例如兩兩比較等。然而，必須注意實驗的時間不宜過久。

5. 所使用的色差公式

本實驗所採用的色差公式主要為 CIELAB 1976 的色差公式。此公式雖然疑目前最被廣泛應用的色差公式之一，但有研究者指出當計算大範圍色差時，此公

式的表現並不佳排Wyszecki and Stiles, 1982; 陳一良, 1996排。因此我們建議在後續的研究中, 持外以不同的色差公式來計算實驗的結果, 例如 OSA、NCS 等色差公式。

參考文獻

- Berger-Schunn, A., *Practical Color Measurement*, Wiley, New York, 1994.
- Berns, R. S., Color Tolerance Feasibility Study Comparing CRT-Generated Stimuli with an Acrylic-Lacquer Coating, *Color Res. Appl.* **16**, 232-242 (1991).
- Biren, F., Science and Art, Objective and Subjective, *Color Res. Appl.* **10**, 180-186 (1985).
- Biren, F., Masters of Harmony, *Color Res. Appl.* **13**, 389-395 (1988).
- Braun, K. M., Fairchild, M. D. And Alessi, P. J., Viewing Techniques for Cross-Media Image Comparisons, *Color Res. Appl.* **21**, 275-278 (1991).
- Burchett, K. E., Color Harmony Attributes, *Color Res. Appl.* **16**, 6-17 (1996).
- Chen, T. L. and Yu, C. Y., The Relationship between Visual Acuity and Color Contrast in the OSA Uniform Color Space, *Color Res. Appl.* **21**, 18-25 (1996).
- Davidson, H. R., Preparation of the OSA Uniform Color Scales Committee Samples, *J. Opt. Soc. Am.* **68**, 1141-1142 (1978).
- Foss, C. E., Space Lattice Used to Sample the Color Space of the Committee on Uniform Color Scales of the Optical Society of America, *J. Opt. Soc. Am.* **68**, 1616-1619 (1978).
- Granger, G. W., Area Balance in Color Harmony : An Experimental Study, *Science* **117**, 59-61 (1953).

- Granger, G. W., Aesthetic Measure Applied to Color Harmony : An Experimental Test, *J. Opt. Gen. Psy.* **52**, 205-212 (1955).
- Granger, G. W., The Prediction of Preference for Color Combination, *J. Opt. Gen. Psy.* **52**, 213-222 (1955).
- Granville, W. C., Color Harmony: What is it ?, *Color Res. Appl.* **12**, 196-201 (1987).
- Healey, G. E., Shafer, S. A. and Wolff, L. B., *Color*, Jones and Bartlett Publishers, Boston, 1992.
- Heddell, P., Color Harmony: New Applications of Existing Concepts, *Color Res. Appl.* **13**, 55-57 (1988).
- Hogg, J., The Prediction of Semantis Differential Ratings of Color Combinations, *J. Opt. Gen. Psy.* **80**, 141-152 (1969).
- Hsiao, S. W., A Systematic Method for Color Planning in Product Design, *Color Res. Appl.* **20**, 191-205 (1995).
- Hübel, D. H., *Eye, Brain, and Vision*, Scientific American Library, New York, 1988.
- Judd, D. B. and Wyszecki, G., *Color in Business, Science and Industry*, Wiley, New York, 1975.
- Kuehni, R. G., What is Color ? A Speculative Essay, *Color Res. Appl.* **14**, 207-210 (1989).
- Leibovic, K. N., *Science of Vision*, Springer-Verlag, New York, 1990.
- MacAdam, D. L., Uniform Color Scales, *J. Opt. Soc. Am.* **64**, 1691-1702 (1974).
- Moon, P. and Spencer, D. E., Geometric Formulation of Classical Color Harmony, *J. Opt. Soc. Am.* **34**, 46-59 (1944).
- Moon, P. and Spencer, D. E., Area in Color Harmony, *J. Opt. Soc. Am.* **34**, 93-103 (1944).
- Moon, P. and Spencer, D. E., Aesthetic Measure Applied to Color Harmony, *J. Opt. Soc. Am.* **34**, 234-242 (1944).

- Nassaw, K., *The Physics and Chemistry of Color*, Wiley, New York, 1983.
- Nickerson, D., Munsell Renotations for Samples of OSA Uniform Color Scales, *J. Opt. Soc. Am.* **65**, 205-207 (1975).
- Nickerson, D., Uniform Color Scales : Munsell Conversion of OSA Committee Selectin, *J. Opt. Soc. Am.* **68**, 1343-1347 (1978).
- Pope, A., Notes on the Problem of Color Harmony and the Geometry of Color Space, *J. Opt. Soc. Am.* **34**, 759-765 (1944).
- Seve, R., Practical Formula for the Computation of CIE 1976 Hue Difference, *Color Res. Appl.* **21**, 314 (1996).
- Shapley, R. and Lam, D. M., *Contrast Sensitivity*, The MIT Press, Cambridge, 1993.
- Shen, Y. C., Chen, Y. S. and Hsu, W. H., Quantitative Evaluation of Color Harmony via Linguistic-Based Image Scale for Interior Design, *Color Res. Appl.* **21**, 353 (1996).
- Sivik, L. and Hard, a., Some Reflections on Studying Colour Combinations, *Color Res. Appl.* **19**, 286-295 (1994).
- Wasseman, G. S., *Color Vision: An Historical Introduction*, Wiley, New York, 1994.
- Wyszecki, G. and Stiles, W. S., *Color Science : Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae*, Wiley, New York, 1982.
- 林書堯，*色彩學*，三民書局，台北，1993。
- 陳泰良，*在近似均勻的色彩空間中構建色彩對比的尺標*，國立清華大學工業工程研究所博士論文，新竹，1996。

附錄一、實驗一色彩樣本之選取

• 色排不等取	: 10 色
bright 色調排不等取	: 5 色
deep 色調排不等取	: 5 色
dull 色調排不等取	: 5 色
pale 色調排等取 8/4排	: 5 色
light-grayish 色調排等取 5/4排	: 5 色
dark 色調排等取 2/4排	: 5 色
持彩色排NO, N2, N4, N6, N8, N10排	: 6 色

1. • 色排不等取

No	Munsell Renotation	CIE 1931 Specification (x, y, Y)
1	5R 4/14	(0.5734, 0.3057, 0.1200)
2	5YR 7/14	(0.5252, 0.4168, 0.4306)
3	5Y 8/14	(0.4699, 0.4920, 0.5910)
4	5GY 7/12	(0.3949, 0.5367, 0.4306)
5	5G 5/10	(0.2329, 0.4331, 0.1977)

6	5BG 5/10	(0.1850, 0.3280, 0.1977)
7	5B 5/10	(0.1729, 0.2347, 0.1977)
8	5PB 4/12	(0.1773, 0.1659, 0.1200)
9	5P 4/12	(0.2778, 0.1808, 0.1200)
10	5RP 5/12	(0.4022, 0.2523, 0.1977)

2. bright 色調非不等取

No	Munsell Renotation	CIE 1931 Specification (x, y, Y)
11	5YR 8/8	(0.4310, 0.3820, 0.5910)
12	5GY 8/8	(0.3696, 0.4542, 0.5910)
13	5BG 6/8	(0.2236, 0.3311, 0.3005)
14	5PB 6/8	(0.2360, 0.2365, 0.3005)
15	5RP 7/8	(0.3603, 0.2869, 0.4306)

3. deep 色調非不等取

No	Munsell Renotation	CIE 1931 Specification (x, y, Y)
16	5YR 4/8	(0.5070, 0.3994, 0.1200)
17	5GY 4/8	(0.3868, 0.5384, 0.1200)
18	5BG 4/8	(0.1890, 0.3234, 0.1200)
19	5PB 3/8	(0.1908, 0.1799, 0.06555)
20	5RP 3/8	(0.3930, 0.2395, 0.06555)

4. dull 色調排不等取

No	Munsell Renotation	CIE 1931 Specification (x, y, Y)
21	5R 5/8	(0.4413, 0.3240, 0.1977)
22	5Y 6/8	(0.4426, 0.4588, 0.3005)
23	5G 5/6	(0.2690, 0.3860, 0.1977)
24	5B 5/6	(0.2215, 0.2701, 0.1977)
25	5P 4/6	(0.2903, 0.2347, 0.1200)

5. pale 色調排等取

No	Munsell Renotation	CIE 1931 Specification (x, y, Y)
26	5R 8/4	(0.3510, 0.3224, 0.5910)
27	5Y 8/4	(0.3650, 0.3826, 0.5910)
28	5G 8/4	(0.2924, 0.3523, 0.5910)
29	5B 8/4	(0.2671, 0.2998, 0.5910)
30	5P 8/4	(0.3012, 0.2868, 0.5910)

6. light-grayish 色調排等取

No	Munsell Renotation	CIE 1931 Specification (x, y, Y)
31	5YR 5/4	(0.3968, 0.3614, 0.1977)
32	5GY 5/4	(0.3482, 0.4097, 0.1977)
33	5BG 5/4	(0.2591, 0.3246, 0.1977)
34	5PB 5/4	(0.2662, 0.2687, 0.1977)
35	5RP 5/4	(0.3421, 0.2954, 0.1977)

7. dark 色調非等取

No	Munsell Renotation	CIE 1931 Specification (x, y, Y)
36	5R 2/4	(0.4184, 0.3032, 0.03126)
37	5Y 2/4	(0.4543, 0.4573, 0.03126)
38	5G 2/4	(0.2640, 0.3845, 0.03126)
39	5B 2/4	(0.2048, 0.2518, 0.03126)
40	5P 2/4	(0.2908, 0.2261, 0.03126)

8. 持彩色

No	Munsell Renotation	CIE 1931 Specification (x, y, Y)
41	N0	(0.3333, 0.3333, 0.0000)
42	N2	(0.3333, 0.3333, 0.03126)
43	N4	(0.3333, 0.3333, 0.1200)
44	N6	(0.3333, 0.3333, 0.3005)
45	N8	(0.3333, 0.3333, 0.5910)
46	N10	(0.3333, 0.3333, 1.0000)

附錄二、實驗二配色樣本之選取

Color 1		Color 2		Color Difference in CIELAB	Arm Ratio
No	Munsell Renotation	No	Munsell Renotation		
9	5P 4/12	43	N4	54.4614	0.2402
37	5Y 2/4	42	N2	8.6025	1.0255
37	5Y 2/4	39	5B 2/4	15.4148	1.0656
26	5R 8/4	30	5P 8/4	20.9527	1.2258
26	5R 8/4	27	5Y 8/4	49.4123	1.7100
27	5Y 8/4	31	5YR 5/4	49.0415	0.3211
8	5PB 4/12	35	5RP 5/4	45.3031	0.4215
12	5GY 8/8	42	N2	99.0060	0.5540
4	5GY 7/12	19	5PB 3/8	122.7348	0.6209
1	5R 4/14	13	5BG 6/8	106.5028	0.7347
28	5G 8/4	36	5R 2/4	81.2102	0.7834

4	5GY 7/12	8	5PB 4/12	137.5608	0.8081
23	5G 5/6	25	5P 4/6	68.9064	0.8763
20	5RP 3/8	29	5B 8/4	78.6169	1.1590
9	5P 4/12	12	5GY 8/8	127.9340	1.3140
32	5GY 5/4	42	N2	48.8644	1.3334
31	5YR 5/4	36	5R 2/4	36.0050	2.4111
31	5YR 5/4	41	N0	39.4214	2.5353
31	5YR 5/4	39	5B 2/4	42.9362	2.5947
43	N4	46	N10	60.9809	3.6439
3	5Y 8/14	24	5B 5/6	119.4348	0.4371
3	5Y 8/14	38	5G 2/4	111.7803	0.4742
3	5Y 8/14	23	5G 5/6	91.3694	0.4760
3	5Y 8/14	14	5PB 6/8	133.9615	0.6045
3	5Y 8/14	8	5PB 4/12	148.6771	0.7228
1	5R 4/14	46	N10	85.5564	0.7884
18	5BG 4/8	33	5BG 5/4	6.6604	0.8809
14	5PB 6/8	28	5G 8/4	64.6147	0.9496
13	5BG 6/8	46	N10	53.2989	1.0732
41	N0	46	N10	89.2358	1.1844
26	5R 8/4	46	N10	25.9935	1.6487
43	N4	45	N8	41.0785	2.1765
31	5YR 5/4	46	N10	58.6443	3.0028
44	N6	45	N8	20.6018	3.0775
44	N6	46	N10	40.5069	5.1524

附錄三、螢幕顯色之偏差情形

本實驗的顯色偏差 (D) 計算方式為：

$$D = \frac{|E - T|}{E} \times 1000$$

式中 E 、 T 分別為所欲顯示色彩之色度座標取 (x, y, Y) 的期望取與實際取。我們選取實驗一色樣編號為 1、5、8、46 等四種色彩排即 5R 4/14、5G 5/10、5PB 4/12、N10 四種色彩排，做為計算顯色偏差的代表色樣。計算結果如下表所示排單。

位：%排。將所有开差加以平均，則求得總平均开差：

$$\bar{D} = \frac{1}{1總} 303491071 + 03總總總 + 總60736 + 333 + 總9666730 = 13040$$

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
x1	12	.3571	.8929	.491071	.154647
y1	12	.0000	.6061	.252525	.174955
YY1	12	.0000	7.9755	2.60736	2.312204
x5	12	.0000	.3953	9.9E-02	.178762
y5	12	.0000	.6652	.332594	.221729
YY5	12	.4484	2.6906	1.45740	.814053
x8	12	.0000	.5618	.327715	.289286
y8	12	.0000	1.2821	.747863	.370096
YY8	12	.0000	6.0606	2.90404	1.793721
x46	12	.0000	.6309	.289169	.162438
y46	12	.0000	.2994	2.5E-02	8.6E-02
YY46	12	1.5000	4.4000	2.96667	.874210
Valid N (listwise)	12				

附錄四、繪製測試圖形的MFC原始碼

```
void CMainFrame::GetPatternPath (int XO, int YO, int R, CDC *pDC)
{
    int      movingR;
    const int  movingStep = 1;
    const double  angleStep = .05;
    const double  pi = 3.1415926535;
    double      goalAg;
```

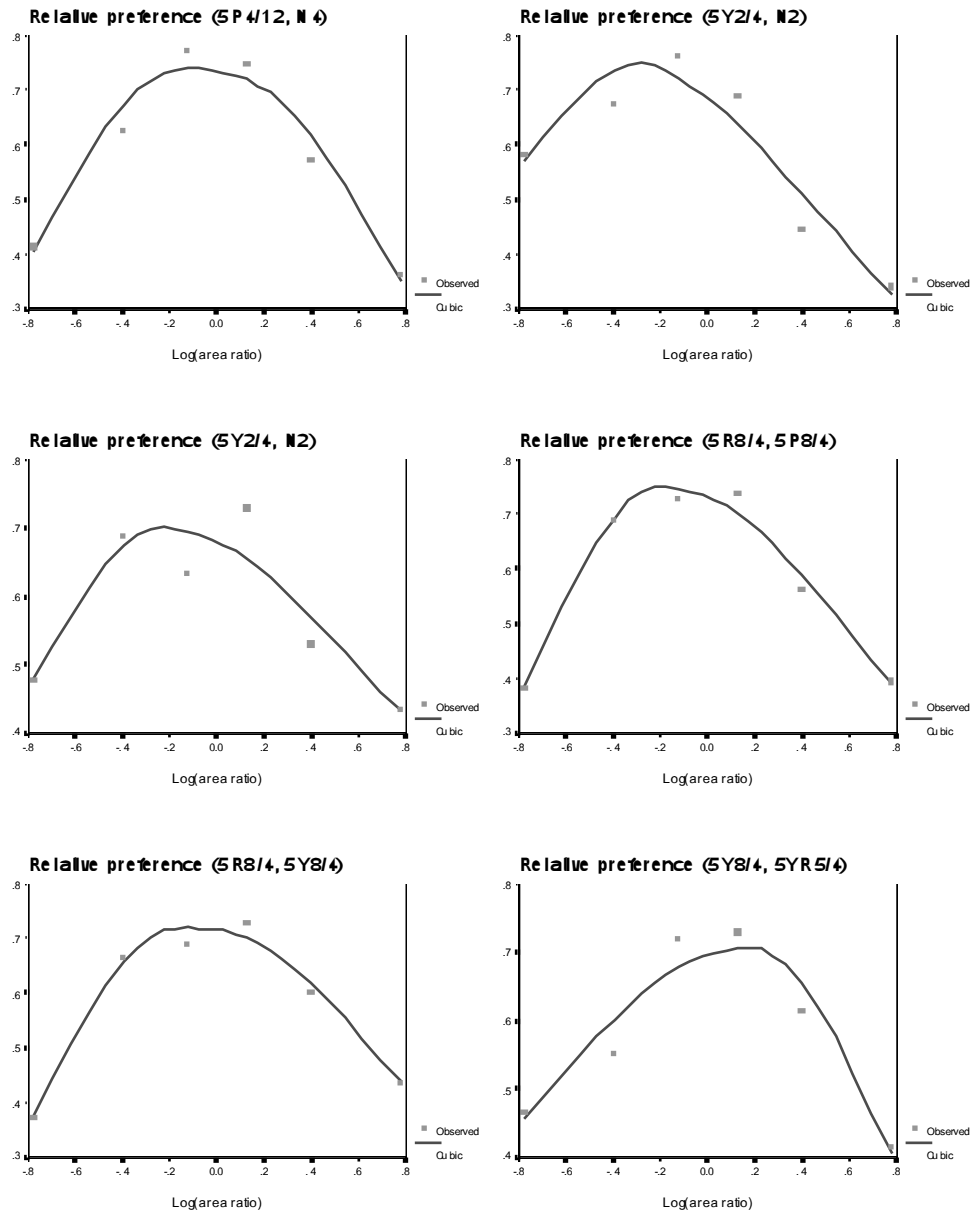
```

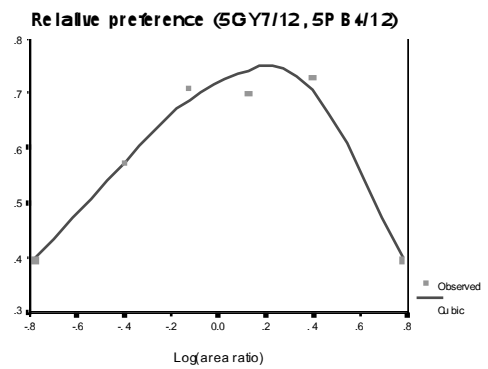
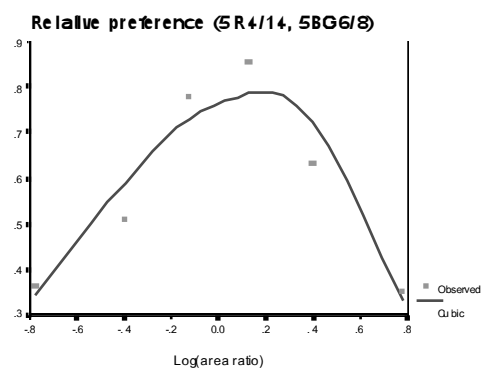
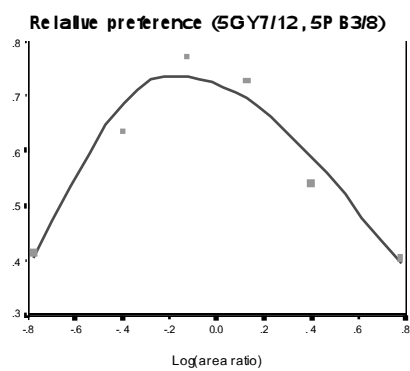
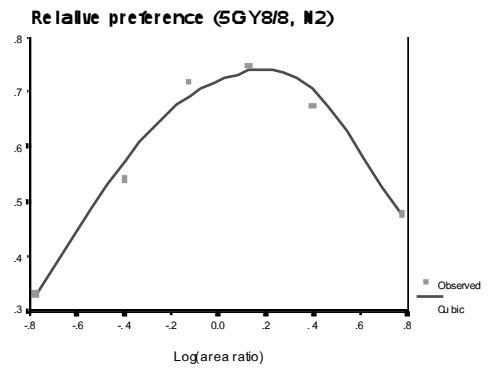
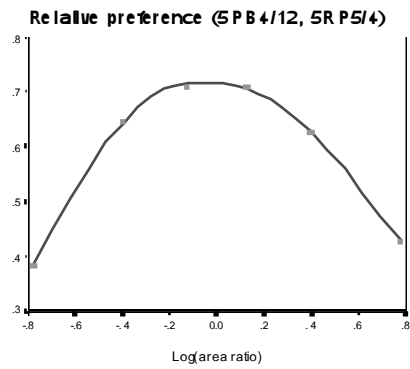
        outerAg,
        movingAg = m_finitAg;

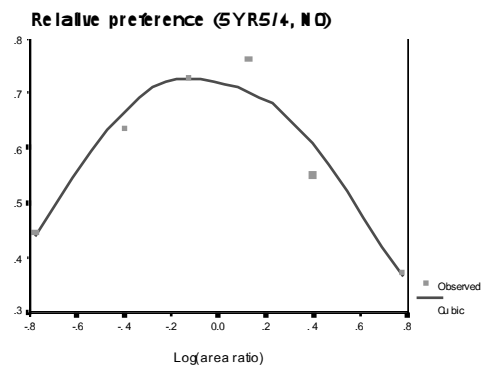
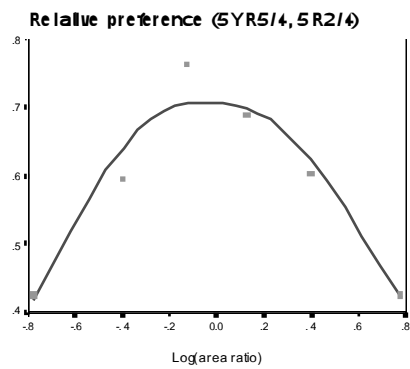
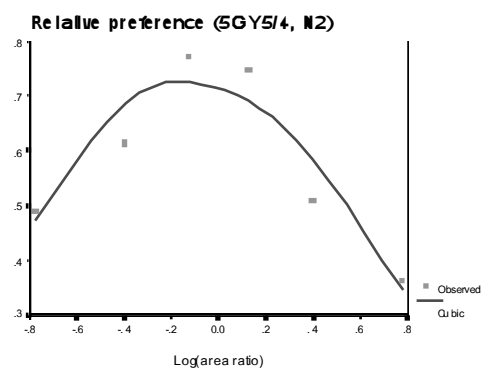
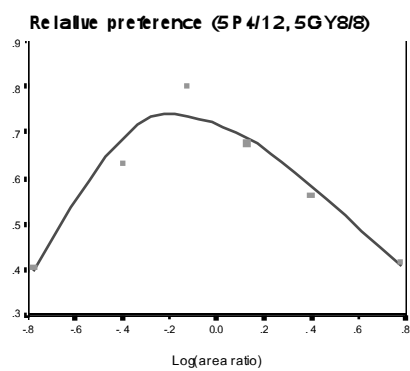
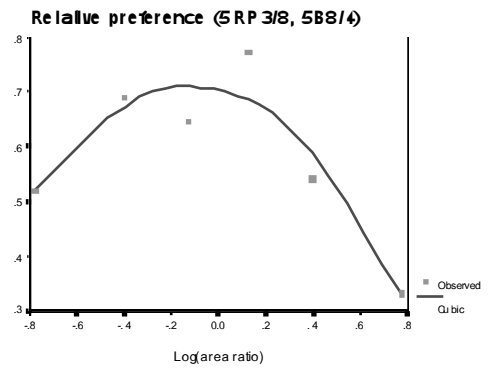
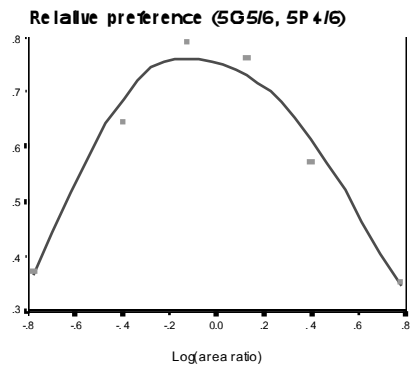
pDC->BeginPath();
pDC->MoveTo (XD, Y0);
for (movingR = 0; movingR <= R; movingR += movingStep) {
    movingAg += angleStep;
    pDC->LineTo (int (XD + movingR * cos(movingAg)), int (Y0 + movingR * sin(movingAg)));
}
goalAg = movingAg + pi * m_fCurrentArea;
for (outerAg = movingAg; outerAg <= goalAg; outerAg += angleStep)
    pDC->LineTo (int (XD + R * cos(outerAg)), int (Y0 + R * sin(outerAg)));
movingAg = goalAg;
for (movingR = R; movingR >= 0; movingR -= movingStep) {
    movingAg -= angleStep;
    pDC->LineTo (int (XD + movingR * cos(movingAg)), int (Y0 + movingR * sin(movingAg)));
}
pDC->CloseFigure();
pDC->EndPath();
}

```

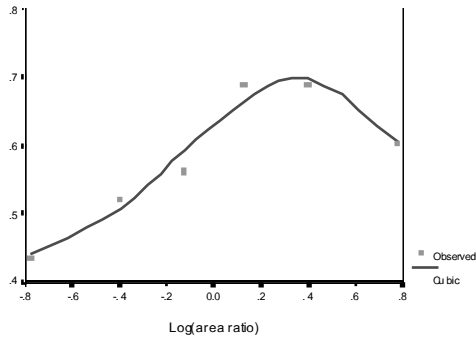
附錄五、實驗二色樣所對應之相對色彩調和度



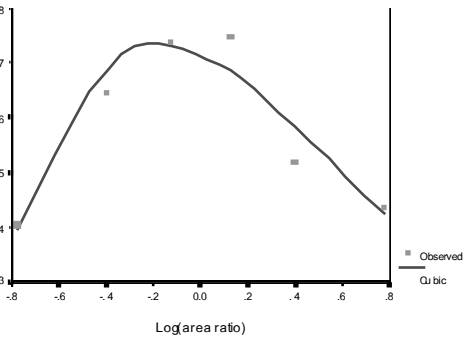




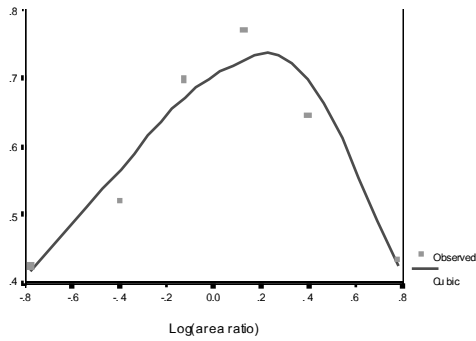
Relative preference (5YR5/4, 5B2/4)



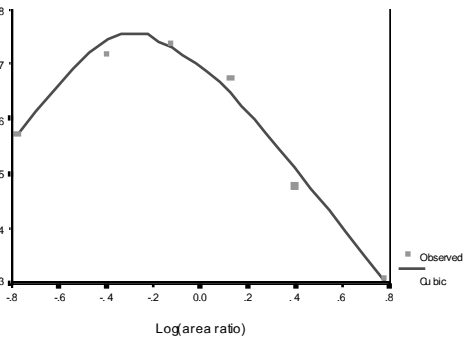
Relative preference (N 4, N10)



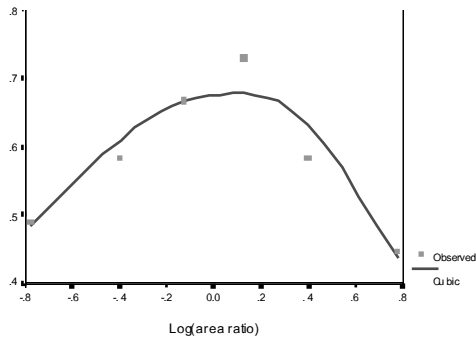
Relative preference (5Y8/14, 5B5/6)



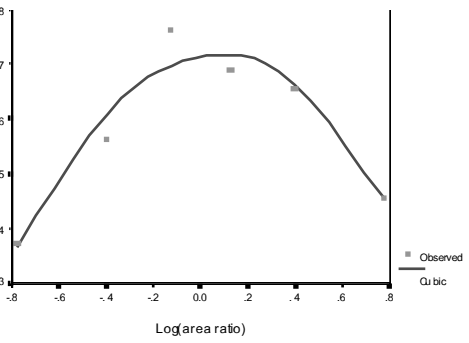
Relative preference (5Y8/14, 5G2/4)



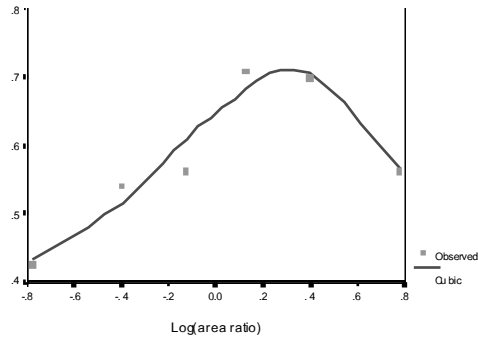
Relative preference (5Y8/14, 5G5/6)



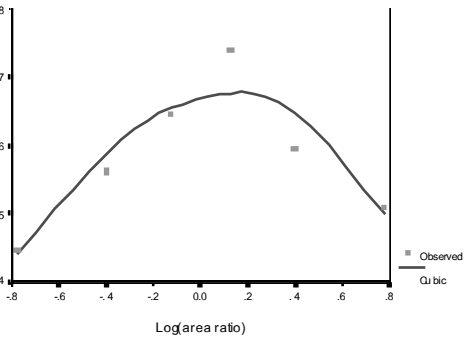
Relative preference (5Y8/14, 5P B6/8)



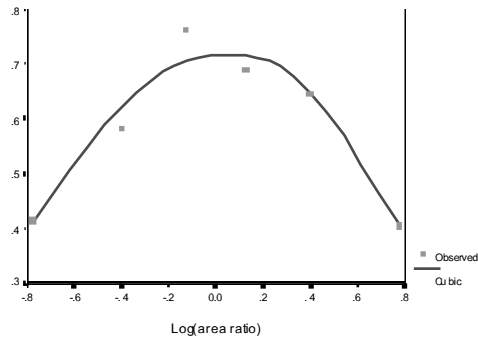
Relative preference (5Y8/14, 5P B4/12)



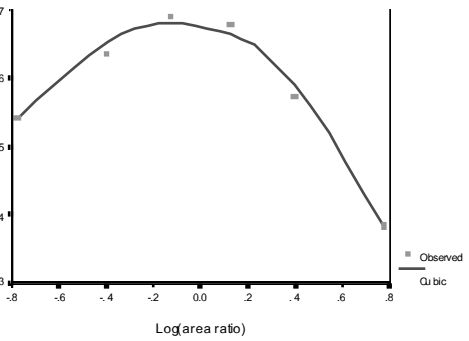
Relative preference (5R4/14, N10)



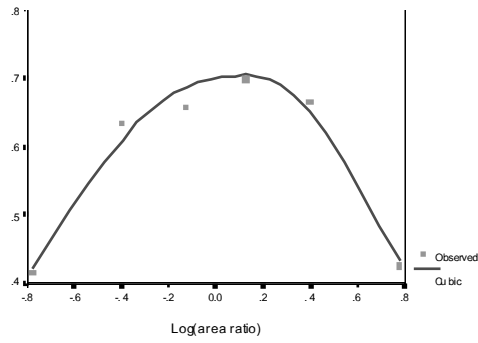
Relative preference (5B6/8, 5B6/4)



Relative preference (5P B6/8, 5G8/4)



Relative preference (5B6/8, N10)



Relative preference (N0, N10)

