

南 華 大 學
應 用 藝 術 與 設 計 學 系 碩 士 班
碩 士 論 文

A Thesis for the Degree of Master of Design
Department of Applied Art and Design the Master's Program
Nanhua University

基因演算法於塑膠產品色彩與透明度之感知評價研究
Genetic Algorithm Applied on the Image Evaluation for Plastic Product
Color and Its Transparency

研 究 生：陳惠文
Graduate Student : Hui-Wen Chen
指 導 教 授：蔡宏政
Advisor : Hung-Cheng Tsai

中 華 民 國 九 十 六 年 六 月

南 華 大 學

應用藝術與設計學系碩士班

碩 士 學 位 論 文

基因演算法於塑膠產品色彩與透明度之感知評價研究

研究生： 陳惠文

經考試合格特此證明

口試委員： _____

蕭世文

劉以琳

李沁如

指導教授： 李沁如

系主任(所長)： 程振陽

口試日期：中華民國九十六年六月二十一日

謝 誌

本論文得以順利完成，衷心感謝指導教授蔡宏政老師悉心指導與栽培，使學生遭遇研究瓶頸時，不僅針對問題提出方法，還能適時給予信心與鼓勵，於處世態度上的關心與教誨，更使學生受益匪淺。

承蒙口試委員：蕭世文教授與劉以琳教授，細心地檢閱本論文並提出寶貴的建議與指正，本論文得以趨於完善，深表感激與誠摯謝意。

在求學期間，感謝系上各位老師的指導，尤其是林振陽教授平日的關心與照顧、喵喵師母適時給予的肯定與鼓勵與群智老大平日的叮嚀與幫忙。在求學過程中與生活上，皆遭遇不少困難與問題，幸而身邊總有同學與朋友的陪伴。同窗好友：于婷、政傑、冠棱、佩芬、學弟妹…，忘不了與你們共同熬夜奮鬥睡在研究室的生活，以及課業與生活上協助與關懷，使研究所生活充滿深刻回憶。感謝背後默默支持我的朋友：曉俐、大熊、秀芳、小美等人，在面臨困難與關卡時，給予支持與安慰，謝謝你們。

最後，特別感謝我最敬愛的父母與家人，您們的栽培與付出，是我完成學業最大動力，讓我能夠無負擔的全心投入，僅以此論文獻給所有關心與幫助我的朋友們。

中文摘要

論文題目：基因演算法於塑膠產品色彩與透明度之感知評價研究

研究生：陳惠文

指導教授：蔡宏政

人類因生活環境、經驗與認知不同而對於感知有不同的感受，而產品設計不能完全只偏重於實用性，亦應該要重視消費者對於產品之心理感受。在日常生活當中，大部分資訊接收來自於人類視覺，尤其色彩對於視覺意象佔有相當重要之主導地位。而且近年大量運用透明度之塑膠於產品的外形設計，因此色彩、透明度與意象感覺三者之間關係相當值得研究探討。本研究透過問卷調查進行量化統計，並且建構一套能快速預測色彩語意與色彩、透明度組合的自動化系統，運用多重內插法建立色彩、透明度與意象之關連性續輔以基因演算法進行目標意象之色彩與透明度組合搜尋，本研究採用冷水壺作為目標產品，並以意象實驗測試驗證其成效，研究結果如下：

1. 色相 150° 、 180° 、 210° 在高彩度、高明度時，其「柔和」語意不因透明度之不同而有差異。
2. 明度比彩度在各透明度的「柔和」、「晶瑩」語意影響較為顯著，其語意值分布較廣。
3. 在評價算式，可發現 k 值範圍設定會影響逆向搜尋結果，可適當調整 k 值範圍於 $[-0.5, 1.5]$ ，以活化語意空間之值域，讓搜尋結果符合目標意象的可能性增高。

關鍵詞：基因演算法、透明度、色彩、意象

ABSTRACT

Title of Thesis : Genetic Algorithm Applied on the Image Evaluation for Plastic Product Color and Its Transparency

Name of Student : Hui-Wen Chen

Advisor : Hung-Cheng Tsai

Because of the different living environments, experiences, and cognitions, human has the corresponding perceptions with respect to them, and the product design cannot completely only stress the usability, but should put emphasis on the consumer psychological feeling. In our daily livings, most of information is received by our vision, especially color which predominates on vision image. Recently, the transparent plastic is generally applied to the form design of a product. Accordingly, it's worth to investigate the relation among color, transparency, and its related image. The study carried quantification statistics out by questionnaire survey and built a set of automated system to rapidly predict color image by utilizing the multiple linear interpolation to establish the relationship among color, transparency, and image to search the goal image of the combination of color and transparency that is assisted by genetic algorithms. This study used a kettle to be the goal product, and test the effect by image experiments. The result showed as follows:

1. When Hue of 150° , 180° , and 210° is in higher Chroma and higher Brightness, the image of "soft" is no difference in different transparency.
2. Brightness is more dominant in the effect of each transparency's the meaning of "soft" and "sparkling" than Chroma, the image Brightness is widely distributed.
3. In evaluation program, it showed that the setting of the range of k value would affect the result of reverse search, we can adjust the range of k

value between $[-0.5,1.5]$ to activate the range of value in meaning space and let the possibility raise that the result accord with goal image.

Keywords : Genetic Algorithm, Transparency, Color, Image

目 錄

中文摘要	I
英文摘要	II
目 錄	IV
表目錄	VI
圖目錄	VII
符號說明	X
第一章 緒論	1
1.1 前言	1
1.2 研究動機	2
1.3 研究目的	3
1.4 研究架構	4
第二章 文獻探討	6
2.1 色彩理論	6
2.2 透明度的定義	9
2.3 感性工學	10
第三章 研究方法與步驟	15
3.1 色彩與透明度意象語彙選定	15
3.2 產品造形選取	16
3.3 色彩與透明度選取	19
3.4 實驗設計	19
3.5 實驗樣本製作	20
3.6 色彩與透明度語意評價之運算	21
3.7 基因演算法之應用	25
第四章 實驗結果與分析	28
4.1 評價法則之可靠度驗證	28
4.2 實驗結果	29
第五章 程式介面設計與操作說明	45
5.1 程式架構與說明	45
5.2 程式運算架構說明	45
5.3 程式操作說明	46
第六章 結論與建議	55
6.1 結論	55
6.2 建議	56
參考文獻	57

附錄一	冷水壺產品收集.....	61
附錄二	產品 3D 模型.....	62
附錄三	透明度樣本.....	63
附錄四	色彩樣本.....	63
附錄五	色彩與透明度樣本.....	64
附錄六	透明度 3D 樣本.....	67
附錄七	色彩 3D 樣本.....	67
附錄八	色彩與透明度 3D 樣本.....	69

表 目 錄

表 3.1	色彩與透明度語意問卷結果統計.....	15
表 3.2	造形喜好問卷統計.....	16
表 3.3	造形平均柔和語意數值問卷統計.....	18
表 4.1	驗證結果.....	28

圖目錄

圖 1.1	研究流程圖.....	4
圖 3.1	受測者喜好造形.....	17
圖 3.2	實驗冷水壺造形.....	19
圖 3.3	問卷樣式.....	20
圖 3.4	計算 k 、 k' 值說明圖.....	22
圖 3.5	計算色彩與透明度目標語意值說明圖.....	23
圖 4.1	柔和意象語意趨勢圖 (彩度 100%、明度 100%).....	30
圖 4.2	晶瑩意象語意趨勢圖 (彩度 100%、明度 100%).....	30
圖 4.3	0° 彩度對柔和意象語意趨勢圖 (明度 100%).....	31
圖 4.4	30° 彩度對柔和意象語意趨勢圖 (明度 100%).....	31
圖 4.5	60° 彩度對柔和意象語意趨勢圖 (明度 100%).....	31
圖 4.6	90° 彩度對柔和意象語意趨勢圖 (明度 100%).....	32
圖 4.7	120° 彩度對柔和意象語意趨勢圖 (明度 100%).....	32
圖 4.8	150° 彩度對柔和意象語意趨勢圖 (明度 100%).....	32
圖 4.9	180° 彩度對柔和意象語意趨勢圖 (明度 100%).....	32
圖 4.10	210° 彩度對柔和意象語意趨勢圖 (明度 100%).....	33
圖 4.11	240° 彩度對柔和意象語意趨勢圖 (明度 100%).....	33
圖 4.12	270° 彩度對柔和意象語意趨勢圖 (明度 100%).....	33
圖 4.13	300° 彩度對柔和意象語意趨勢圖 (明度 100%).....	33
圖 4.14	330° 彩度對柔和意象語意趨勢圖 (明度 100%).....	34
圖 4.15	0° 彩度對晶瑩意象語意趨勢圖 (明度 100%).....	34
圖 4.16	30° 彩度對晶瑩意象語意趨勢圖 (明度 100%).....	34
圖 4.17	60° 彩度對晶瑩意象語意趨勢圖 (明度 100%).....	35
圖 4.18	90° 彩度對晶瑩意象語意趨勢圖 (明度 100%).....	35
圖 4.19	120° 彩度對晶瑩意象語意趨勢圖 (明度 100%).....	35
圖 4.20	150° 彩度對晶瑩意象語意趨勢圖 (明度 100%).....	35
圖 4.21	180° 彩度對晶瑩意象語意趨勢圖 (明度 100%).....	36
圖 4.22	210° 彩度對晶瑩意象語意趨勢圖 (明度 100%).....	36
圖 4.23	240° 彩度對晶瑩意象語意趨勢圖 (明度 100%).....	36
圖 4.24	270° 彩度對晶瑩意象語意趨勢圖 (明度 100%).....	36
圖 4.25	300° 彩度對晶瑩意象語意趨勢圖 (明度 100%).....	37
圖 4.26	330° 彩度對晶瑩意象語意趨勢圖 (明度 100%).....	37
圖 4.27	0° 明度對柔和意象語意趨勢圖 (彩度 100%).....	38
圖 4.28	30° 明度對柔和意象語意趨勢圖 (彩度 100%).....	38

圖 4.29	60°明度對柔和意象語意趨勢圖 (彩度 100%)	38
圖 4.30	90°明度對柔和意象語意趨勢圖 (彩度 100%)	38
圖 4.31	120°明度對柔和意象語意趨勢圖 (彩度 100%)	39
圖 4.32	150°明度對柔和意象語意趨勢圖 (彩度 100%)	39
圖 4.33	180°明度對柔和意象語意趨勢圖 (彩度 100%)	39
圖 4.34	210°明度對柔和意象語意趨勢圖 (彩度 100%)	39
圖 4.35	240°明度對柔和意象語意趨勢圖 (彩度 100%)	40
圖 4.36	270°明度對柔和意象語意趨勢圖 (彩度 100%)	40
圖 4.37	300°明度對柔和意象語意趨勢圖 (彩度 100%)	40
圖 4.38	330°明度對柔和意象語意趨勢圖 (彩度 100%)	40
圖 4.39	0°明度對晶瑩意象語意趨勢圖 (彩度 100%)	41
圖 4.40	30°明度對晶瑩意象語意趨勢圖 (彩度 100%)	41
圖 4.41	60°明度對晶瑩意象語意趨勢圖 (彩度 100%)	41
圖 4.42	90°明度對晶瑩意象語意趨勢圖 (彩度 100%)	41
圖 4.43	120°明度對晶瑩意象語意趨勢圖 (彩度 100%)	42
圖 4.44	150°明度對晶瑩意象語意趨勢圖 (彩度 100%)	42
圖 4.45	180°明度對晶瑩意象語意趨勢圖 (彩度 100%)	42
圖 4.46	210°明度對晶瑩意象語意趨勢圖 (彩度 100%)	42
圖 4.47	240°明度對晶瑩意象語意趨勢圖 (彩度 100%)	43
圖 4.48	270°明度對晶瑩意象語意趨勢圖 (彩度 100%)	43
圖 4.49	300°明度對晶瑩意象語意趨勢圖 (彩度 100%)	43
圖 4.50	330°明度對晶瑩意象語意趨勢圖 (彩度 100%)	43
圖 5.1	程式演算流程圖	46
圖 5.2	登入畫面 (評價系統)	47
圖 5.3	Image evaluation 介面	47
圖 5.4	Image evaluation 評價結果	48
圖 5.5	登入畫面 (搜尋系統)	48
圖 5.6	Image search 介面	49
圖 5.7	Image search 搜尋結果	49
圖 5.8	範例一色彩與透明度評價系統介面	50
圖 5.9	範例一色彩與透明度評價結果	50
圖 5.10	範例二色彩與透明度評價系統介面	50
圖 5.11	範例二色彩與透明度評價結果	51
圖 5.12	範例一色彩與透明度目標語意值搜尋介面	51
圖 5.13	範例一色彩與透明度目標語意值搜尋結果	52
圖 5.14	範例一 Genetic algorithm 演進圖	52

圖 5.15	範例二色彩與透明度目標語意值搜尋介面.....	53
圖 5.16	範例二色彩與透明度目標語意值搜尋結果.....	53
圖 5.17	範例二 Genetic algorithm 演進圖.....	53

符號說明

R 、 G 、 B	色光三原色參數紅、綠、藍
$Color_{up}(R_{up}, G_{up}, B_{up})$	色彩上界參數
$Color_{low}(R_{low}, G_{low}, B_{low})$	色彩下界參數
I_{c_up} 、 I_{c_low}	已知上、下界色彩的語意值
I_{c_target}	目標色彩的語意值
T	透明度參數
T_{up} 、 T_{low}	透明度上、下界參數
I_{t_up} 、 I_{t_low}	已知透明度上、下界語意值
I_{t_target}	目標透明度的語意值
$RMSE_{c_up}$ 、 $RMSE_{c_low}$	目標色彩其上、下界的間距
I_{up_total} 、 I_{low_total}	色彩加透明度上、下界語意值
k_{up} 、 k_{low}	色彩與透明度上、下界權重係數
k'	k_{up} 與 k_{low} 之權重係數
$RMSE_{total_up}$ 、 $RMSE_{total_low}$	目標色彩與透明度之上、下界總和
I_{total_target}	目標色彩與透明度語意值
P_1 、 P_2	使用者輸入「柔和」與「晶瑩」之目標語意值
E_1 、 E_2	語意預測程度值
w_1 、 w_2	「柔和」與「晶瑩」語意值權重

第一章 緒論

1.1 前言

在我們週遭環境隨處都可以見到多彩多姿的色彩，例如：綠色的草原、蔚藍的大海、白色的雲朵等，當我們能欣賞到美麗的景色時，最重要的莫過於視覺，這時，你感受是如何呢？其實色彩不單純是色彩，在背後包含了情感的意涵，例如：綠色讓人覺得舒服；因它跟人聯想到大自然、紅色會讓人緊張；因它聯想到血液等（Rudolf Arnheim，1985），由於每個人對色彩認知不同，對色彩需求、解釋、喜好、感受因而不同。在造形原理中，最主要元素有形態、材質、色彩；色彩是構成形態必要的原質（丘永福，1993），對於造形具有莫大影響力，透過觀察週遭所有物體都是形與色世界，但如果只有形沒有色彩，人類的生活會乏味無趣，可見色彩無庸置疑的，在我們生活中佔有非常重要地位。

色彩是購買產品時，大眾所參考選購的元素，生活周圍充斥各式各樣的產品，而它與我們的生活息息相關。由於社會變遷人類慢慢重視生活品質，研發許多便於人類使用的產品，產品可說是人類生活下的產物，在市場上，消費者對於產品不僅重視機能且漸漸趨向於個性化，產品設計傾向少量多樣化，所謂多樣化，色彩大多為其構成變化之重要元素（小林重順，1989），以因應消費者需求，在這購買過程中，消費者對產品產生購買行為，無非就是心理感知做抉擇，產品不再是注重機能型態，更重視消費者與產品之間感覺，而色彩意象如果運用的妥當，對於產品無疑的是一種加分作用，更能提高消費者對於產品最直接視覺刺激。

市面上各式各樣產品中，其中以塑膠產品種類最多，主要成本低，成型容易，為市面上大量使用，塑膠產品除了色彩多變化，也可以營造

出透明感，例如礦泉水瓶，透明感主要表現出內容物清澈感覺、IMAC 電腦外形透明感使得產品顯示出活潑感，進而貼近人類親和力，使塑膠產品更添加另一種風格與變化，根據方怡雯[2003]提出透明塑膠材質本身無色透明，是最容易上色的材料，顯色性也很強，所以加飾關係著產品所呈現給人的印象，引發人們各種情感。因此色彩與透明度關係到底如何？那對人感知有何影響？有關色彩與透明度之間問題值得去探討。

透明度粗分為全透明、半透明、不透明，而透明度感覺跟色彩一樣，主要透過光才產生（鄭柏左，2004），但色彩經由設定參數標準化可以複製，每色彩對人而言具有直接意象，但透明度很難以透明值多寡去判斷意象如何？如果當色彩加上透明度，會有何種意象產生，其之間關聯度又是如何？是相當值得探討的問題。

1.2 研究動機

每個人因環境、經驗與認知不同對於產品感知有所不同，所以人的感知是無法預測，由於日常生活中，大部分資訊接收來自於人類視覺，透過於視覺傳達至腦部，腦部對此訊息進行感覺評斷（Philip G. Zimbardo，1990；Rita L. Atkinson et al.，1990；葉郁菁，2001），感覺是非常抽象，無法明確的說明，觀察生活周遭所有物體都是形與色的世界，而色彩是人類視覺上最主要刺激，它是非常豐富且多變化，應用範圍也非常廣泛，例如：產品色彩、平面海報、媒體等，本研究則以塑膠產品色彩計畫為研究。

有關於色彩研究主題在國內外常常被探討，研究方向大多以人類對色彩感知為主，幾乎飽和程度，但塑膠產品不只只有色彩變化，而材質方面有分為全透明、半透明、不透明，有關透明度研究就非常少數，幾

乎探討透明度與人類間感知問題，但這些研究未深及色彩與透明度探討，因此，這方面研究是非常發展性，對於何種色彩與透明度較適當於塑膠產品，為消費者所偏好？透明度透明感比例配置，可能會差異影響人感知，該透明度多少搭配何種顏色，語意偏好數值多少，設計師與相關業者，如何拿捏透明度與色彩感覺，又如何設計產品進而貼近消費者購買產品感知需求？針對以上問題，本研究針對此問題深入探討消費者對於透明度，傾向何種語彙，將做為量化統計，對於未知色彩與透明度之感知，分析色彩、透明度與意象感覺三者之間之關係，建立一套數學演算式，正確預測消費者語意數值。

1.3 研究目的

本研究的目的，主要建立一套預測色彩與透明度語意值與自動化搜尋接近此色彩與透明度的系統諮詢介面。首先，透過問卷選出適於形容色彩與透明度之語意，另外，設定色彩與透明度參數為樣本進行實驗，數值建立資料庫。本研究利用「基因演算法」、「色彩理論」等理論，建立諮詢程式系統，分析色彩與透明度之間的相關性，使設計師或相關業者快速掌握色彩、透明度應用產品設計，助於進行設計產品前，市場問卷調查結果有方向設計消費者所傾向產品感知，使產品設計更貼近消費者需求，減少產品行銷風險。

本研究擬達成目標如下：

1. 探討消費者對透明度與色彩語彙的通用性。
2. 分析實驗結果，系統性比較色彩對透明度之關聯度。
3. 對於未知色彩與透明度之意象，建立一套數學演算模式，預測消費者的語意評價，進行語意自動化預測，搜尋最佳之語意色彩。

4. 系統量化分析色彩與透明度之間關係，有助於設計師或相關業者迅速進行產品色彩與透明度計畫。

1.4 研究架構

本研究經由主題確認後，進行收集相關國內外文獻，藉由各學者專家研究結果整理與分析，實行實驗規劃與設計，透過問卷調查將結果分析與建立資料庫建立，撰寫諮詢程式，最後進行驗證，達到本研究目的，其研究架構圖與說明如圖 1.1 所示。

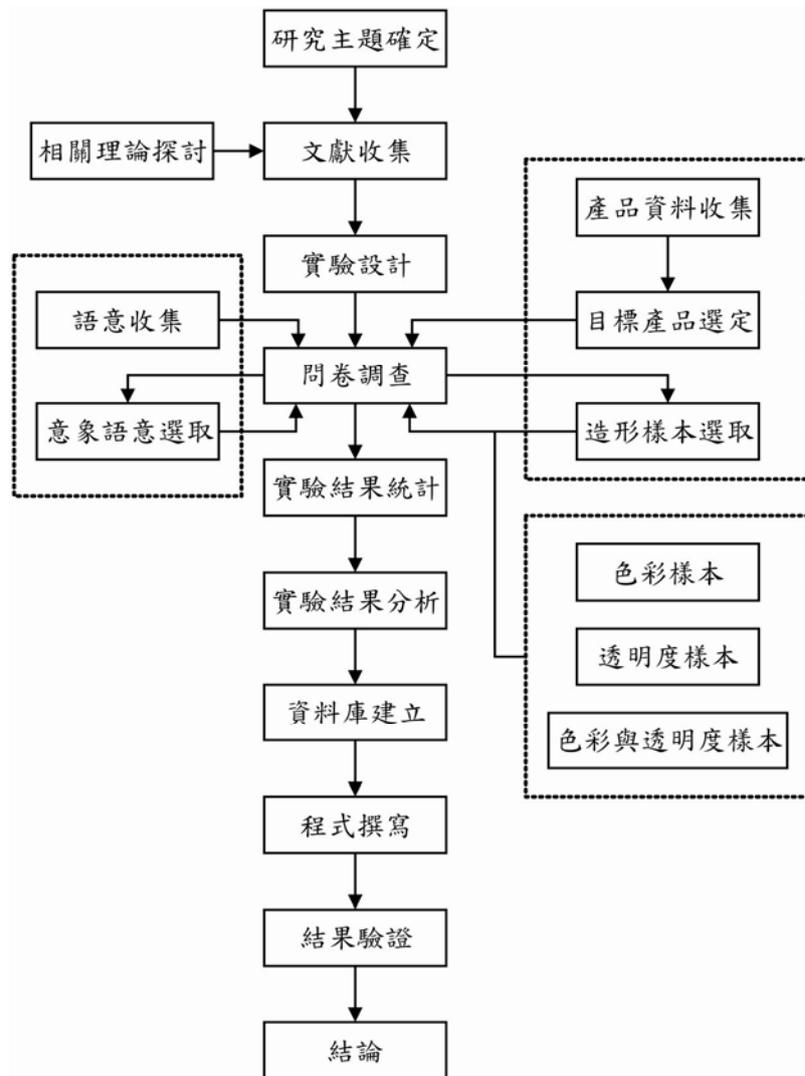


圖 1.1 研究流程圖

研究流程列述如下：

1. 研究主題確認。
2. 相關文獻探討，收集適用於此研究資料。
3. 實驗設計。
4. 選定實驗之目標產品，進行市場上產品收集與整理，選取並建立實驗造形樣本。
5. 語彙萃取方面，收集適當形容於色彩、透明度的語彙；透過問卷調查，選取受測者偏向語意票數最高語彙。
6. 實驗執行與結果統計。
7. 實驗結果分析，色彩、透明度與意象相關性。
8. 以 Visual Basic 軟體程式撰寫並建立一套諮詢系統，進行相關研究結果驗證。
9. 針對本研究實驗結果提出結論與建議，並探討往後研究可能發展方向。

第二章 文獻探討

2.1 色彩理論

色彩是來自光線的刺激，而產生的一種感覺，兩者之間有相當關係，如果沒有光也就會沒有色彩，色彩藉由光波的反射或折射傳導於人類的眼睛，而影像顯示於視網膜上，眼睛可說是視覺接受器。此過程由神經系統傳遞視覺訊號至腦部，產生色彩感覺，相同生理構造的人類對於色彩知覺大多相似，但情感方面因每個人由於生活環境、經驗等原因，對於色彩解釋與需求因個人主觀意識感受不同（賴瓊琦，1997；千千岩 英彰，2002；鄭柏左，2004）。

許多色彩經由三個原色（Primary Colors）等量調色而來，此原色不能為他色調出，色彩分為兩部份「色光三原色-橙赤（Orange Red）、綠（Green）、青紫（Violet Blue）」和「色料三原色-紫赤（Magenta Red）、黃（Hanza Yellow）、綠青（Cyanine Blue）」，色光又稱為加法混合、正混合，經由相等比例混色最終為白色光；色料又稱為減法混合、負混合相等比例混色最終為黑色或深褐色。

色彩辨識方式有三種：1.用色名示之也就是說語言描述，2.用符號表示如：曼賽爾表色系統，3.用測色儀器測色（賴瓊琦，1997），可以精準測出色彩，人類對於色彩辨識以第一種最多，也是最直接。

色彩主要分為三屬性（Color Qualities）：色相（Hue）、明度（Value）、彩度（Chroma）；色相是指色彩種類如：紅橙黃綠藍、等，明度是指色彩明暗程度，彩度色彩鮮濁程度。至今色彩體系最常見的有：Munsell、Ostwald、CIE、P.C.C.S、DIN（Deutsches Institute Normung）等。本研究

以色彩量化進行實驗，則採用 CIE 色彩體系與 HSB 色彩模式，其色彩體系說明如下：

2.1.1 CIE 色彩體系

CIE 屬於色光表色法，基於楊格（Young Helmholtz）的三原色紅、綠、藍為基本，CIE 分為三個基本標準：三原色光標準、完全反射率標準、等能白光比，由光學實驗得來數值，得到 X、Y、Z 三個刺激值，稱為 XYZ 表色系，或以 Yxy 表示，此色彩系統根據 1931 年和 1964 年實驗數據，所有物體色彩可由 X、Y、Z 之間比例表之，國際照明委員會（CIE）制定 RGB 波長標準，分別為、700nm(紅色光)、546.1nm(綠色光)、435.8nm(藍色光)，則可見光譜由 380nm~780nm(林書堯，1995；中井義雄，2000；鄭柏左編著，2004)。

色光三原色 RGB 屬於加法混色，第二次混色為 C(青綠)、M(紫紅)、Y(黃)，將 RGB 三者相等比例混色得到白色光，而 RGB 色彩模式利用視網膜 RGB 感色細胞產生色感覺，所以接近人類視覺系統(鄭柏左編著，2004)，在生活上電腦、電視或視訊媒體都是 RGB 顯示色彩模式。電腦是屬於二進位計算器，RGB 色彩以 256 色彩為計量，由 0~225，0 為黑色，225 為白色，可得到 167 萬多色，而 CIE 色彩體系對於色彩工程或色彩管理是最客觀也最準確。

2.1.2 HSB 色彩體系

HSB 色彩模式中，色相 (Hue) 獨立性特質，色相值以色相環的圓心為中心，參數由 360° 所組成，0° 為純紅、120° 為純綠、240° 為純藍。飽合度 (Saturation) 或稱為彩度，在不同明度時，所包含色彩程度，參數

由 0 至 100%，數值 0 時為無色彩飽和度，數值為 100 時此色彩或同等色彩完全飽和，飽和度為該色彩色相與亮度相對百分比。明度 (Brightness) 指光線照亮程度，參數由 0 至 100%，數值為 0 時接近黑色或無光線，數值為 100 時為完全照明，HSB 色彩模式，與曼塞爾色彩體系非常相似。

根據上述理論收集之文獻，對於色彩研究大致分為：色彩與感知研究、色彩數量化之應用居多，主要以實驗進行結果分析，其國外內相關研究如以下：

1. 色彩與感知相關研究

- (1) 李天任[1997]以實景的物體照片與色票式樣本，在色彩喜好與感覺進行心理實驗比較兩者間感知差異。
- (2) 陳玲鈴[2001]針對前景色塊搭配背景色塊的色彩造形組合，探討主從關係對色彩認知所造成之影響。
- (3) 林彥呈、管倖生[2000]探討手機之色彩、造形與感性語彙三者之相關性。在色彩方面，運用 CIEL.a.b 色彩系統以 SD 法量表進行調查，最後發展一套評量感性、色彩與造形之決策支援系統。

2. 色彩數量化之應用相關研究：

- (1) 郭文貴[2001]以色彩心理物理學設計的意象尺度，採用大小評估法改良新色彩意象空間，將色彩意象更精確的定量化，以及建立色彩意象之快速電腦化預測系統。
- (2) 周遵儒，陳鴻興[2005]提出影像與知覺觀點探討色彩調整理論與技術的研發，以 Munsell 喜好色的導引建立色彩調整模型，設計出最佳化的色彩調整演算法。

- (3) 歐立成[1996]以均勻色彩空間中兩色點的距離，定義色相差、明度差與彩度差的綜合色差，探討色差與色面積因素對色彩調和的影響。
- (4) 蔡宏政等人[2006]以電子鎖為例，建構以 RGB 色彩等距之參數化樣本並進行意象評價。

2.2 透明度的定義

透明度以物理現象來說，是光在物體上照射呈現效果，如果光線直接照射於物體，是直接透過去物體，沒有折射或照射路線改變，可以直接判斷此物體應該為透明物體，透明度分為不透明、半透明、全透明概括來說完全透明來說是指光線可以穿透，半透明是指若有若無感覺，光線只穿透一點點，完全不透明只無法看透（廖敏如，2001）但在不透明度、半透明度、全透明度之間感知方面，未有數據來衡定，這透明度抽象感受主要還是靠人的感覺來決定，也是要經過透明度之間比較，才能有效判斷。

國內之文獻針對於透明度進行實驗，以 DN-B 型白度儀紫外光照射做明度檢定，「不透明度（Opacity）」的界定是透明度 40%，以下者「透明度（Transparency）」界定是透明度 90% 以上，「半透明度（Translucency）」界定透明度 40%-90% 之間」（方怡雯，2003），以上研究只有針對於透明度感知研究，為提及色彩與透明度關係，本研究探討於透明度、意象、色彩之間關聯度探討三者關係，另外，建立有數值量化的資料庫。

光線照射到透明物體會兩種現象，被吸收與透射兩種，所謂透明物體是以人類視覺角度而言才有意義（鄭柏左編著，2004），因此，色彩加透明度感知如何，是人類無法以科學性去判斷，也難以用言語明確

表達，本研究針對色彩計劃探討，且對於透明度配套做客觀則有數據呈現。

有關透明度相關之文獻佔非常少數，研究大致以人對透明度與產品之間感知為方向，其相關研究如以下：

1. 方怡雯[2003]以 i Mac 電腦為例，分析透明產品與使用者互動關係，彙整人對於透明材質的產品感知語彙，並歸納出塑膠產品設計時的基本設計原則，以回歸驗證 i Mac 電腦的設計手法與歸納出的設計原則之相同點。
2. 廖敏如[2001]藉由實驗設計的過程及結果，比較透明塑膠材質對於產品使用者及產品設計師在感知上的差異。

2.3 感性工學

感性工學 (Kansei Engineering)，以消費者為導向的產品開發技術以因應消費者為主市場趨勢，將消費者對產品感覺和情緒轉換成設計元素，透過統計分析建構出符合消費者感覺意象產品，其技術分為三種種類 (Horiguchi Akinori, 1995; Nagamachi M., 1977; Sun-Mo Yang, 1999)：

類型一：產品要素拆解分類，利用樹狀圖將一連串概念展開，分出數個次概念，直到發展出設計細節，如 Nagamachi, Mitsuo 提出 Mazda 公司成功開發 Miyata 汽車為例，將客戶需求以樹狀圖分類，列出各層次所需求的特點，直到發展出設計汽車細節 (Nagamachi M., 1995; Nagamachi M., 2002)。

類型二：應用專家系統，電腦技術建構資料庫透過推理工程，將建構設計要素建立資料庫，連結感覺和設計元素對應關係，電腦系統由四個資料庫構成：感性語彙資料庫、意象語彙資料庫、知識

資料庫 (Knowledge)、設計造形與色彩資料庫 (Nagamachi M., 1995; Nagamachi M., 2002)。如：模糊理論、類神經網路、遺傳基因演算法等，在國內外相關之研究，為了達到研究目的將理論配合輔助應用，如：S. W. Hsiao, H. C. Tsai [2005]應用模糊神經網路與遺傳基因演算法預測意象評價，建立關係在輸入產品外型與意象語彙，透過基因演算法適應值接近最佳設計，迅速搜尋產品造形和對應意象。

類型三：利用數學結構模型，建構一個模式，也意謂一種邏輯，用來表達感性語彙和設計要素關係，這模式以感性語彙為基礎，建立人因技術的感性工學，如：Fukushima et al.[1995] 提出以 SD 尺度構成感性詞彙，並且評價色彩分類色相、明度與彩度，三者分別敘述於三角模糊函數，其結果將歸屬函數值應用於在 CPU 智慧型色彩印刷，產生精緻印刷圖片。

感性 (Kansei) 由日文直接翻譯過來，基本定義為「將消費者對於產品所產生的感覺或意象予以轉化成設計要素之技術」其感性工學主要探討四個方向 (Nagamachi M., 1977)：

1. 收集消費者的感覺和需求，利用人因與心理學角度。
2. 消費者的感性辨識出設計特性。
3. 建構感性工學的模式和人機系統。
4. 隨社會和人們喜好的變遷而機動的調整系統。

2.3.1 基因演算法

基因演算法 (Genetic Algorithm)，簡稱 GA 此基本理論由 Holland 在 1975 年提出，主要基於自然環境生物物競天擇、優勝劣敗的進化法則，

此過程是一種全域性最佳化搜尋，選擇基因較優良母代繁衍更優良的子代，由隨機性交換基因資訊，主要經過複製（Reproduction）、交配（Crossover）、突變（Mutation）這三個主要運算，重複繁衍適應性最佳基因，其過程如圖 2.1（Goldberg, David E.，1953；Randy L. Haupt，1998 及 Mitsuo G.，2000；蘇木春，2004）。

複製（Reproduction）：將母代基因經過篩選決定下一個子代被複製或者淘汰，把最大是適應性基因在下一代子代大量被複製，而適應性程度大小，由適應函數來決定，其複製過程有兩種其說明如下：

1. 輪盤式選擇：每一代過程中，將基因的適應函數值大小，分割輪盤上位置，如果數值比較大所佔輪盤面積比較大，數值小占輪盤比較小，然後在輪盤上隨機取一個點，相對的面積比較大被選取機率亦較大。
2. 競爭式選擇：每一代過程中，隨機取兩個或更多的基因進行競爭式選取，保留精英其他的基因則選到交配階段，進行交配動作。

交配（Crossover）的過程隨機選取兩個母代的字串，進行位元資訊，另外組成兩個新的基因，這過程中累積上一代優良的位元資訊，繁衍更優良子代，而交配方式分為三種，其說明如下：

1. 單點交配：選取兩各字串，隨機取一個點，進行字串交配點之後字串交換，舉例：A=00011、B=11100，交配後為 A'=01100、B'=10011
2. 兩點交配：將所選出的字串，隨機選取兩個點，交換兩個字串交配點位元，舉例：A=00011、B=11100，交配後為 A'=00101、B'=11010。
3. 字罩交配：產生與字串長度一樣的字罩，當作交配位元指標，而字罩隨機由 0 與 1 構成，而字罩裡 1 的位元為兩個字串交換的位

元位置，舉例：設定字罩為：00011 則 A=00011、B=11100，交配後為 A'=01111、B'=10000。

突變 (Mutation) 的過程，隨機取一個字串，然後改變字串裡的資訊，如 0 變 1 或 1 變 0，針對單一個位元，進行突變運算，舉例 A=00011，突變後為 A'=00001。

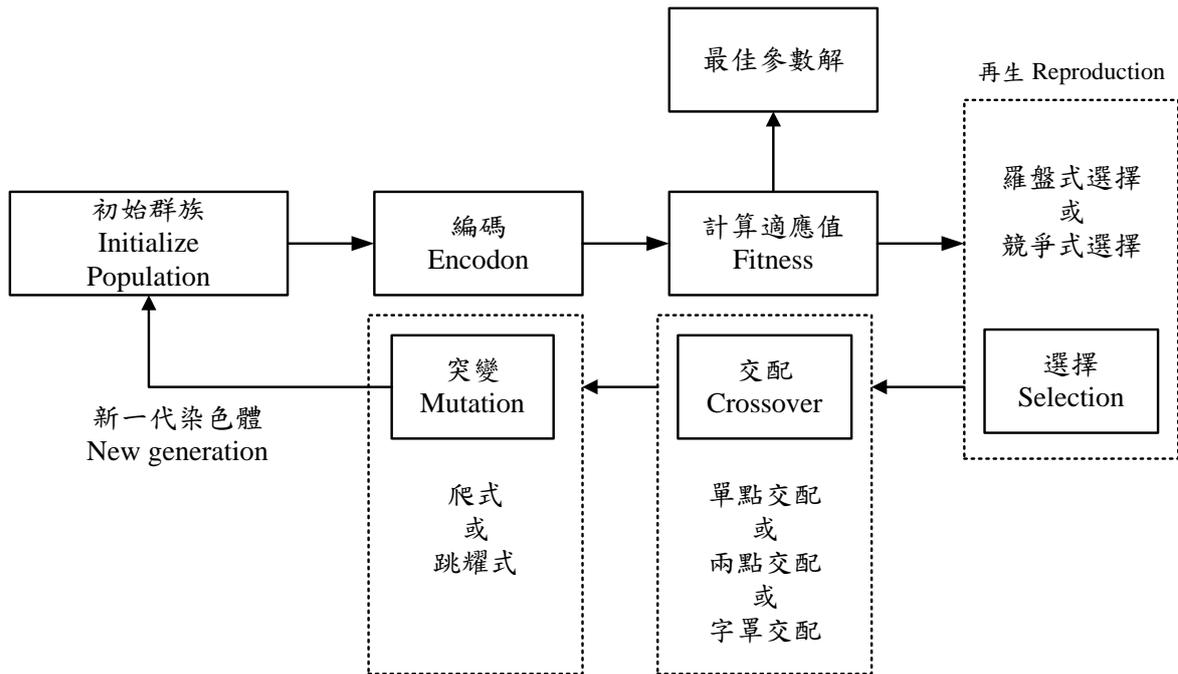


圖 2.1 基因演算法流程圖

資料來源：Mitsuo G, 2000；蘇木春，2004

基因演算法在各種領域研究之應用相對被提出，關於設計上研究，大部分屬於工程方面的問題，此理論主要特性以參數編碼進行演算，避免搜尋空間分析的限制，在搜尋空間是全面性快速獲得整個最佳解，且解決不同類型最佳化問題，尤其是對於工程上龐大的計算問題。以上述理論分析收集之文獻，在設計方面有關基因演算法的運用搜尋最佳化外型及色彩居多，其國外內相關研究如以下：

應用基因演算法於色彩之研究：

1. 蔡淑娟[2003]應用遺傳基因方法，搜尋受測者意象評價最接近產品配色，提供符合個別產品型態配色建議。
2. Tasdizen T.等人[1998]與 Scheunders P.[1997]應用遺傳基因演算法解決色彩意象量化問題以 RGB 色彩為例。

應用基因演算法於產品之研究：

1. F.J. Vico 等人[1999]的研究中結合神經網路與遺傳基因演算法，將電話手機幾何造形經過 100 次運算，獲得最接近手機形狀。
2. 涂育瑋[2002]以電風扇為例，應用類神經網路與基因演算法搜尋最佳化產品特徵之參數水準值的求取。
3. 呂旭弘[2003]應用基因演算法，搜尋所有符合其意象的最佳化造形組合模型，以電腦輔助設計（CAD），展現 3D 產品造形。
4. T. S. Gruca , B. R. Klemz[2003]應用基因演算法搜尋最佳產品定位，並比較現行演算法與基因演算法兩者效率。

第三章 研究方法與步驟

3.1 色彩與透明度意象語彙選定

廣泛收集適於形容色彩及透明度語彙共 140 個，分別製作封閉式問卷，在問卷中要求受測者在 140 個語彙勾選 20 個適當語彙，在經由 50 位設計相關大專院校學生，男女各 25 位進行問卷調查。並分別由 140 個語彙中統計選出得票數最高前 20 個色彩與透明度語彙，其結果如表 3.1 所示。其色彩與透明度得票數最高分別為鮮豔的與晶瑩的，因鮮豔與鮮明此語彙不適當於此研究方向，則在色彩語彙方面，選取語彙為柔和。

表 3.1 色彩與透明度語意問卷結果統計

色彩	1.鮮豔的(73 票)	2.鮮明的(71 票)	3.柔和的(69 票)	
	4.明亮的(59 票)	5.協調的(53 票)	6.搶眼的(52 票)	
	7.亮麗的(52 票)	8.炫麗的(49 票)	9.華麗的(58 票)	
	10.粉亮的(45 票)	11.活潑的(44 票)	12.淡雅的(42 票)	
	13.熱情的(39 票)	14.強烈的(38 票)	15.自然的(38 票)	
	16.單調的(37 票)	17.溫暖的(37 票)	18.冰冷的(36 票)	
	19.溫和的(36 票)	20.優雅的(35 票)		
	透明度	1.晶瑩的(42 票)	2.清晰的(36 票)	3.明亮的(34 票)
		4.輕薄的(32 票)	5.輕巧的(27 票)	6.清爽的(27 票)
7.乾淨的(24 票)		8.涼爽的(23 票)	9.光滑的(22 票)	
10.現代的(22 票)		11.細緻的(21 票)	12.淡雅的(20 票)	
13.簡單的(20 票)		14.清新的(19 票)	15.品味的(19 票)	
16.冰冷的(19 票)		17.摩登的(18 票)	18.精細的(18 票)	
19.別緻的(18 票)		20.自然的(18 票)		

3.2 產品造形選取

本研究選用冷水壺為例，首先收集市面上冷水壺造形（請參閱附錄一）因此種類產品樣式眾多，經過產品篩選將類似的產品外形以繪製其中一個為代表，以 CAD 軟體繪製 3D 模型（請參閱附錄二），便於色彩樣本套用利於實驗設計。

產品因造形多樣化，人們對造形喜好不同，此階段進行問卷調查，選用受測者喜愛的產品造形為實驗樣本，因此由 30 位設計相關大專院校學生男女各為 15 位進行問卷調查，年齡為 20~30 歲之間，在 25 種冷水壺勾選 3 個喜好造形，最高票為圖 3.1，其問卷統計結果如表 3.2 所示。

表 3.2-1 造形喜好問卷統計

編號	1	2	3	4	5
樣本					
總計	3	6	4	7	4
編號	6	7	8	9	10
樣本					
總計	9	3	5	8	3
編號	11	12	13	14	15
樣本					
總計	16	4	19	7	6

表 3.2-2 造形喜好問卷統計

編號	16	17	18	19	20
樣本					
總計	2	11	5	1	5
編號	21	22	23	24	25
樣本					
總計	2	3	17	1	6



圖 3.1 受測者喜好造形

在此階段中，對照受測者喜好產品造形與柔和的語彙相衝突，因此為了不影響實驗結果極端性，而以柔和的此語彙製作問卷，將結果進行統計，選定產品數據值為 0.5 左右，在配合受測者喜好產品如表 3.3，選定適合於此實驗產品造形，其最終實驗產品造形為圖 3.2。

表 3.3 造形平均柔和語意數值問卷統計

編號	1	2	3	4	5
樣本					
總計	0.3	0.55	0.44	0.55	0.61
編號	6	7	8	9	10
樣本					
總計	0.49	0.48	0.41	0.56	0.29
編號	11	12	13	14	15
樣本					
總計	0.59	0.54	0.3	0.43	0.57
編號	16	17	18	19	20
樣本					
總計	0.46	0.54	0.59	0.59	0.55
編號	21	22	23	24	25
樣本					
總計	0.42	0.43	0.66	0.53	0.44



圖 3.2 實驗冷水壺造形

3.3 色彩與透明度選取

色彩與透明度樣本選取方面，主要分為三部份，第一部份，透明度從 0% 開始設定以 20% 為一跨距遞增至 80%，為 0%、20%、40%、60%、80% 共 5 階（請參閱附錄三），第二部份，色彩樣本採取 CIE 色彩三原色紅、綠、藍（RGB），設定以 64 為一跨距，以 0~255 單位量間作來回跨距變化，共可得到 125 組標準色彩樣本（請參閱附錄四），第三部分，結合以上色彩樣本 125 組與透明度 5 階，為 625 個樣本（請參閱附錄五）。

3.4 實驗設計

本階段主要進行「塑膠產品色彩與透明度意象評價」，將建構樣本進行實驗，其統計問卷結果建立資料庫，以便之後撰寫預測未知色彩語意系統之程式化介面，以達到研究目的，其研究說明如下：

3.4.1 實驗步驟說明及目的

第一部份，透明度方面 5 階與色彩 125 組 CIE 色彩，分別於 3D 產品模型上彩（請參閱附錄六、附錄七），進行實驗操作，第二部分色彩 125 個與透明度 5 階，125×5 共 625 樣本組合，在 3D 產品模型上彩（請參閱

附錄八)，以上實驗在 LCD 電腦提供受測者填答，根據實驗結果數值建立資料庫，撰寫於程式系統介面，再進行驗證。

3.5 實驗樣本製作

將以上色彩與透明度數據利用 CAD 軟體套入產品造形，樣本背景採用中明度灰階，避免受測者感知誤差，因背景用白色會提高樣本色彩；黑色則降低樣本色彩，樣本如有色調非常相近，為了受測者視覺疲勞問題，將實驗樣本以隨機擺放，將色調相似的樣本錯開，最後顯示於 LCD 電腦，提供受測者填答，選定同樣電腦進行實驗，再由受測者紙筆填答，其語意值設定 0~1 之間，數值 0 表示此反向語彙感覺最大程度；數值 1 此語彙感覺最大程度，填答者依據自己感知在 0~1 之間勾選數值（如圖 3.3）。

每個樣本需要進行二項語彙評價（柔和、晶瑩），受測者為設計相關大專院校學生，男生 17 位、女生為 18 位進行問卷調查共 35 位，年齡 20~30 之間，男女於同時間進行實驗，每個樣本顯示控制在八秒之間，實驗結束後，將每個受測者填答數值進行統計，獲得每個樣本平均語意數值，此平均語意數值建立資料庫，以便之後程式系統撰寫。

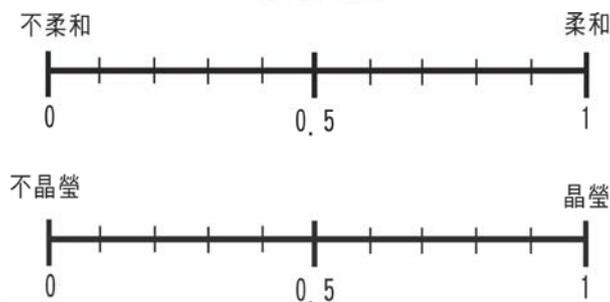


圖 3.3 問卷樣式

3.6 色彩與透明度語意評價之運算

應用已知建立的色彩資料庫，計算推導目標色彩語意值，色彩參數 RGB 的數據範圍為 0~255，透明度參數範圍為 0%~80%，若目標色彩與透明度參數為 R、G、B、T，搜尋此目標色彩與透明度參數的最鄰近標準色彩與透明度樣本，作為此目標色彩的上界色彩 $Color_{up} (R_{up}, G_{up}, B_{up})$ 、下界 $Color_{low} (R_{low}, G_{low}, B_{low})$ 與上界透明度 T_{up} 、下界透明度 T_{low} ，本研究應用均方根誤差 RMSE (Root Mean Square Error) 與多重內插法進行未知色彩語意值預測，其步驟如下：

步驟一：計算此目標色彩與已知上界色彩的 RMSE 值 ($RMSE_{c_up}$)。

$$RMSE_{c_up} = \sqrt{\frac{1}{3}((R - R_{up})^2 + (G - G_{up})^2 + (B - B_{up})^2)} \quad (3.1)$$

步驟二：計算此目標色彩與已知下界色彩的 RMSE 值 ($RMSE_{c_low}$)。

$$RMSE_{c_low} = \sqrt{\frac{1}{3}((R_{low} - R)^2 + (G_{low} - G)^2 + (B_{low} - B)^2)} \quad (3.2)$$

步驟三：若上界色彩語意為 I_{c_up} ，下界色彩語意為 I_{c_low} ，應用內插法求出目標色彩語意值 I_{c_target} ，由上式 (3.1)、(3.2) 之結果，代入以下之內差法公式，即可求出。

$$I_{c_target} = \frac{RMSE_{c_low} \times I_{c_up} + RMSE_{c_up} \times I_{c_low}}{RMSE_{c_up} + RMSE_{c_low}} \quad (3.3)$$

步驟四：若上界透明度語意為 I_{t_up} ，下界透明度語意為 I_{t_low} ，代入內插法公式即求出透明度語意值。

$$I_{t_target} = I_{t_up} \times \frac{|T - T_{low}|}{|T_{up} - T_{low}|} + I_{t_low} \times \frac{|T - T_{up}|}{|T_{up} - T_{low}|} \quad (3.4)$$

步驟五：以上界色彩與透明度為例，由前述內容可知，可搜尋已知上界

色彩、透明度、色彩與透明度之實驗語意值其上界為(I_{t_up} 、 I_{c_up} 、 I_{total_up})，下界為(I_{t_low} 、 I_{c_low} 、 I_{total_low})。因此，可以內插法之概念求得 I_{total_up} 在 I_{t_up} 與 I_{c_up} 值域中之權重係數 k_{up} (圖 3.4)。若 I_{total_up} 之值介於 I_{t_up} 與 I_{c_up} 之間，則 $0 \leq k_{up} \leq 1$ ，若 I_{total_up} 之值超出 I_{t_up} 與 I_{c_up} 之範圍，則 k_{up} 可能大於 1 或小於 0，令其極限值各為 1.5 與 -0.5。同理 k_{low} 值的計算方式亦與相同， k_{up} 與 k_{low} 之計算，如式 (3.5) (3.6) 所示。

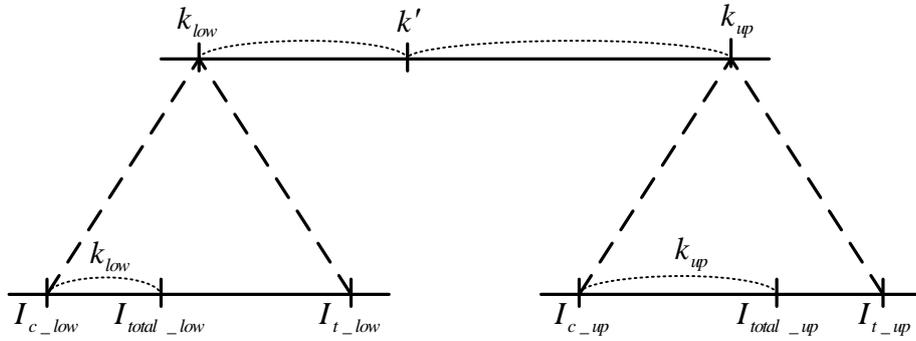


圖 3.4 計算 k 、 k' 值說明圖

$$k_{up} = \frac{I_{total_up} - I_{c_up}}{I_{t_up} - I_{c_up}} \quad (3.5)$$

$$k_{low} = \frac{I_{total_low} - I_{c_low}}{I_{t_low} - I_{c_low}} \quad (3.6)$$

其中 $-0.5 \leq k_{up}$ ， $k_{low} \leq 1.5$ 。

步驟六：計算目標色彩與透明度之上、下界總額 RMSE 值。

($RMSE_{total_up}$ ， $RMSE_{total_low}$)

$$RMSE_{total_up} = \sqrt{\frac{\frac{1}{3}((R - R_{up})^2 + (G - G_{up})^2 + (B - B_{up})^2) + (T - T_{up})^2}{2}} \quad (3.7)$$

$$RMSE_{total_low} = \sqrt{\frac{\frac{1}{3}((R_{low} - R)^2 + (G_{low} - G)^2 + (B_{low} - B)^2) + (T_{low} - T)^2}{2}} \quad (3.8)$$

步驟七：步驟五中僅表示在已知上下界的條件下， k_{up} 與 k_{low} 在色彩與透明度意象中的權重位置，但是 k_{up} 與 k_{low} 兩者的重要性比較，則須要再進一步求出。因此，可依據未知色彩與透明度 (R, G, B, T) 與其上下界色彩與透明度參數 ($R_{up}, G_{up}, B_{up}, T_{up}$ 與 $R_{low}, G_{low}, B_{low}, T_{low}$) 求出兩者間的權重係數 k' ，其概念圖解如 (圖 3.4) 所示，計算公式如下：

$$k' = \frac{RMSE_{total_up} \times k_{low} + RMSE_{total_low} \times k_{up}}{RMSE_{total_up} + RMSE_{total_low}} \quad (3.9)$$

步驟八：設色彩與透明度目標語意值為 I_{total_target} ，由步驟三與步驟四可求出 I_{c_target} 與 I_{t_target} ，藉由步驟七所求出之 k' 值，可得知 I_{total_target} 在 I_{c_target} 與 I_{t_target} 中的之相對應位置 (圖 3.5)，因此， I_{total_target} 即可依下式求得。

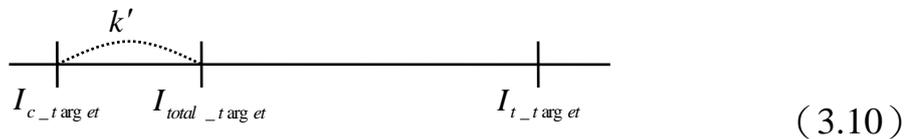


圖 3.5 計算色彩與透明度目標語意值說明圖

【個案實例演算】

設一目標色彩與透明度值為 (R, G, B, T) = (123, 100, 153, 50)，擬預測其「柔和」與「晶瑩」語意值。首先，由實驗建立資料庫挑選最鄰近上界色彩為 (64, 64, 128, 40)，下界色彩為 (128, 128, 192, 60)，相關計算過程說明如下：

步驟一：計算此目標色彩與已知上界、下界色彩的 RMSE 值，代入公式 (3.1)、(3.2)，即計算出。

$$RMSE_{c_up} = \sqrt{\frac{1}{3}((123-64)^2 + (100-64)^2 + (153-128)^2)} = 42.43 \quad (3.11)$$

$$RMSE_{c_low} = \sqrt{\frac{1}{3}((128-123)^2 + (128-100)^2 + (192-153)^2)} = 27.87 \quad (3.12)$$

步驟二：由資料庫搜尋此上界、下界的色彩語意值，由式 (3.11) (3.12)，
應用內差法計算「柔和」與「晶瑩」目標色彩語意值。

$$\text{「柔和」色彩語意值}_{target} = \frac{27.87 \times 0.35 + 42.43 \times 0.59}{27.87 + 42.43} = 0.49 \quad (3.13)$$

$$\text{「晶瑩」色彩語意值}_{target} = \frac{27.87 \times 0.21 + 42.43 \times 0.31}{27.87 + 42.43} = 0.27 \quad (3.14)$$

步驟三：由資料庫搜尋透明度上界、下界的對應語意值，代入公式 (3.4)
即可求出「柔和」與「晶瑩」透明度目標語意值。

$$\text{「柔和」透明度語意值}_{target} = 0.6 \times \frac{|50-60|}{|60-40|} + 0.45 \times \frac{|50-40|}{|60-40|} = 0.53 \quad (3.15)$$

$$\text{「晶瑩」透明度語意值}_{target} = 0.6 \times \frac{|50-60|}{|60-40|} + 0.35 \times \frac{|50-40|}{|60-40|} = 0.48 \quad (3.16)$$

步驟四：由色彩與透明度上下界的語意值，代入公式 (3.5)、(3.6) 即可
求出上下界 k 值權重係數 k_{up} 與 k_{low} 。

$$\text{「柔和」 } k_{up} = \frac{0.48-0.35}{0.6-0.35} = 0.52 \quad (3.17)$$

$$\text{「柔和」 } k_{low} = \frac{0.6-0.59}{0.45-0.59} = -0.07 \quad (3.18)$$

$$\text{「晶瑩」 } k_{up} = \frac{0.49-0.21}{0.6-0.21} = 0.72 \quad (3.19)$$

$$\text{「晶瑩」 } k_{low} = \frac{0.57-0.31}{0.35-0.31} = 6.5 \quad (3.20)$$

$$\text{「晶瑩」 } k_{low} > 1.5, \text{ 則 } k_{up} = 1.5$$

步驟五：計算目標色彩與透明度與其上、下界 RMSE 值，代入公式 (3.7)、
(3.8)，即計算出。

$$RMSE_{total_up} = \sqrt{\frac{\frac{1}{3}((123-64)^2 + (100-64)^2 + (153-128)^2) + (50-40)^2}{2}} = 30.83 \quad (3.21)$$

$$RMSE_{total_up} = \sqrt{\frac{\frac{1}{3}((128-123)^2 + (128-100)^2 + (192-153)^2) + (60-50)^2}{2}} = 20.94 \quad (3.22)$$

步驟六：計算 k_{up} 與 k_{low} 間權重之係數 k' ，由式 (3.21)、(3.22) 之結果與 (3.17)、(3.18)、(3.19)、(3.20) 之結果代入公式 (3.9)，即可算出。

$$\text{「柔和」 } k' = \frac{30.83 \times -0.07 + 20.94 \times 0.52}{30.83 + 20.94} = 0.169 \quad (3.23)$$

$$\text{「晶瑩」 } k' = \frac{30.83 \times 1.5 + 20.94 \times 0.72}{30.83 + 20.94} = 1.185 \quad (3.24)$$

步驟七：計算「柔和」與「晶瑩」之目標語意值 I_{total_target} ，由式 (3.13)、(3.14)、(3.15)、(3.16) 所求出「柔和」與「晶瑩」色彩與透明度語意值，運用式 (3.23)、(3.24) 所得到 k' 值，代入公式 (3.10) 即可求出。

$$\text{「柔和」 } I_{total_target} = 0.49 + 0.169 \times (0.53 - 0.49) = 0.5 \quad (3.25)$$

$$\text{「晶瑩」 } I_{total_target} = 0.27 + 1.185 \times (0.48 - 0.27) = 0.51 \quad (3.26)$$

3.7 基因演算法之應用

基因演算法是以優勝劣敗的進化法則，進行全域性最佳化搜尋，選擇基因較優良母代繁衍出更優良的子代。本研究應用此運算法則逆向搜尋最佳之色彩與透明度組合，運用前述的意象評價方法作為其適存值函數，搜尋接近目標語意值的色彩與透明度，此過程藉由 Visual Basic 程式撰寫，建立搜尋色彩與透明度諮詢介面（此內容將於在第五章詳細介紹），相關的基因運算流程說明如下：

步驟一 **【產生群組】**：設定 R、G、B、T 數值範圍 ($0 \leq R \leq 225$, $0 \leq G \leq 225$, $0 \leq B \leq 225$, $0 \leq T \leq 80$)，隨機產生十組形成色彩與透明度組合(染色亂數)。

步驟二 **【評價】**：定義適存函數 (Fitness) 公式。其中， P_1 、 P_2 為使用者輸入之目標語意值， E_1 、 E_2 代表語意預測程度值。(P_1 為柔和之目標意象值， P_2 為晶瑩之目標意象值， E_1 柔和之評價意象值， E_2 晶瑩之評價意象值)，若柔和與晶瑩語意權重為 w_1 、 w_2 ，因此，可將 Fitness 定義為 Weighted RMSE，Fitness 越小代表該色彩與透明度組合越接近目標意象。Fitness 定義如下：

$$Fitness = \sqrt{\frac{(P_1 - E_1)^2 \times w_1 + (P_2 - E_2)^2 \times w_2}{w_1 + w_2}} \quad (3.27)$$

步驟三 **【選取】**：十組染色體 (色彩與透明度) 經過函數計算，運用競爭式選取法 (Tournament selection) 擇優選擇較佳之染色體 (Fitness 較小者) 進入交配池。

步驟四 **【交配】**：將十組染色體中最佳 (菁英(elite)) 保留，其他九組則隨機行交配，產生新的子代採取單點交配，交配之機制採取 Uniform-blending 方法，隨機產生內插 ($[0, 1]$) 或外插 ($[-0.5, 0)$, $(1, 1.5]$) 以進行各實數參數 (RGBT) 之摻合交配。

步驟五 **【突變】**：隨機對精英之外的所有之變數進行 Creep 突變。若令原數值為 V_{old} 且令 V_{old} 之上下界為 V_{up} 與 V_{low} 則突變後之為：

$$V_{new} = V_{old} + \alpha \times (V_{up} - V_{low}) \quad (3.28)$$

其中令 α 為 $[-0.1, 0.1]$ 之亂數。

步驟六 **【演化】**：重覆上述演算步驟進行 500 代，將求出最接近使用者目標語意值的色彩與透明度組合，當適存值越小，代表此色彩與透明度組合越最接近目標語意，並應用 Visual Basic 軟體將此演算則程式化。

第四章 實驗結果與分析

4.1 評價法則之可靠度驗證

由色彩參數（值域[0, 255]）與透明度參數（值域[0, 80]）隨機產生 40 組色彩樣本，代入第三章所推導之語意評價公式，之後由 30 位受測者進行問卷調查，計算出平均語意值，由表 4.1 可看出「柔和」與「晶瑩」語彙意象之 RMSE 誤差值為 $RMSE(\text{柔和})=0.09$ 、 $RMSE(\text{晶瑩})=0.11$ ，此評價方式之預測能力在可接受範圍內。

表 4.1-1 驗證結果

樣本	R	G	B	透明度 %	預測值		語意實驗	
					柔和	晶瑩	柔和	晶瑩
1	35	134	20	35	0.55	0.43	0.55	0.43
2	14	92	71	3	0.40	0.31	0.35	0.3
3	183	30	204	12	0.47	0.32	0.45	0.33
4	185	75	197	62	0.59	0.55	0.57	0.55
5	93	10	43	2	0.28	0.19	0.28	0.2
6	13	101	55	24	0.45	0.39	0.45	0.4
7	3	214	189	33	0.58	0.55	0.56	0.52
8	5	36	220	29	0.46	0.39	0.46	0.4
9	78	104	110	65	0.47	0.56	0.5	0.56
10	221	194	161	33	0.60	0.49	0.56	0.45
11	212	84	70	42	0.50	0.53	0.5	0.55
12	49	220	25	67	0.59	0.57	0.56	0.56
13	181	155	177	49	0.58	0.50	0.56	0.53
14	101	21	189	72	0.56	0.58	0.53	0.58
15	91	135	99	2	0.43	0.27	0.43	0.25
16	79	40	130	76	0.55	0.63	0.56	0.64
17	152	108	21	33	0.52	0.57	0.5	0.55
18	71	198	33	56	0.56	0.51	0.56	0.5
19	62	88	166	65	0.56	0.60	0.52	0.46
20	123	224	89	56	0.59	0.58	0.6	0.56
21	196	68	17	38	0.47	0.48	0.47	0.48
22	175	26	29	60	0.48	0.59	0.48	0.57
23	165	139	163	69	0.50	0.44	0.5	0.44
24	108	93	194	65	0.58	0.57	0.58	0.57
25	16	28	85	22	0.28	0.35	0.28	0.35
26	159	119	97	45	0.52	0.49	0.5	0.46
27	150	8	192	29	0.46	0.39	0.46	0.36
28	211	144	223	24	0.63	0.40	0.6	0.41

表 4.2-2 驗證結果

樣本	R	G	B	透明度 %	預測值		語意實驗	
					柔和	晶瑩	柔和	晶瑩
29	60	212	152	6	0.54	0.31	0.52	0.33
30	39	170	164	29	0.49	0.36	0.49	0.36
31	208	108	73	38	0.58	0.51	0.58	0.51
32	209	154	105	33	0.52	0.48	0.55	0.48
33	118	89	219	69	0.60	0.72	0.6	0.65
34	37	179	39	47	0.57	0.57	0.57	0.56
35	28	69	172	56	0.55	0.56	0.52	0.56
36	89	205	204	52	0.60	0.51	0.6	0.51
37	162	49	94	9	0.44	0.29	0.42	0.27
38	81	139	144	56	0.46	0.50	0.46	0.4
39	12	162	54	65	0.57	0.55	0.56	0.55
40	73	74	20	36	0.37	0.51	0.37	0.5
RMSE(柔和)=0.09					RMSE(晶瑩)=0.11			

4.2 實驗結果

經由上述驗證，證實此評價系統具備有效性，本研究分為三個項目進行實驗（透明度、色彩、色彩與透明度）為便於將研究成果圖示化，因此，選擇以 HSB 色彩參數繪製折線圖以利觀察與其變動趨勢，利用既有的轉換程式將 HSB 色彩參數轉為 RGB 色彩參數。

HSB 色彩中，色相（Hue）參數可由 360° 之色相環表示，若 0° 為純紅、120° 為純綠、240° 為純藍。彩度（Saturation）參數由 0 至 100%，數值 0 時為白色，數值為 100 時此色彩為完全飽和。明度（Brightness）參數由 0 至 100%，數值為 0 時為黑色，數值為 100 時為白色。HSB 色彩參數設定分為三種，第一色相以每 30° 為間距，總共分為 12 種色彩，固定明度與彩度為 100%，第二分別將每個色相，固定彩度為 100%，明度以每 10% 為間距，分成 10 階段，第三每個色相，固定明度為 100%，彩度以 10% 為間距，分為 10 階段，將以上樣本代入評價程式，可得「柔和」與「晶瑩」之圖示。

4.2.1 色相與透明度之關係（明度、彩度固定）

色相以 30° 為間距，分成 0° 、 30° 、 60° 、 90° 、 120° 、 150° 、 180° 、 210° 、 240° 、 270° 、 300° 、 330° ，共 12 種色彩，固定彩度與明度 100%，其色彩為純色，將各色相與 5 階透明度，「柔和」與「晶瑩」語意變化圖如圖 4.1、圖 4.2。

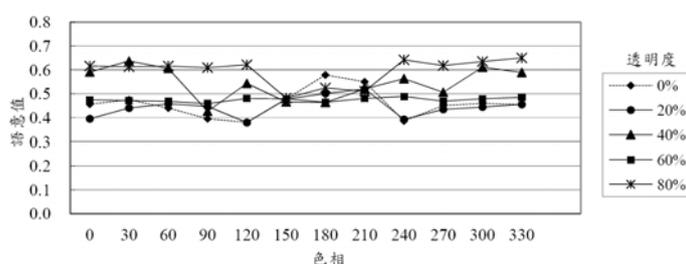


圖 4.1 柔和意象語意趨勢圖（彩度 100%、明度 100%）

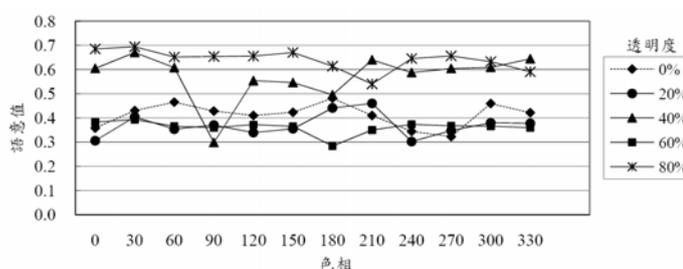


圖 4.2 晶瑩意象語意趨勢圖（彩度 100%、明度 100%）

圖 4.1 可得，色相 150° 、 180° 、 210° 不因透明度之不同而有差異，其他色相則因透明度不同而語意值隨之變化，色相 180° 、 210° 加入透明度語意值反而降低語意值。

圖 4.2 所示，透明度 80% 之曲線為最高，但透明度若為 0~60%，其語意值的差異狀況並不顯著，色相 90° 、 120° 、 150° 、 180° 、 210° 因透明度之不同變化顯注。

由圖 4.1、圖 4.2 所示，「晶瑩」語彙對於色相與透明度之間影響較顯著，「柔和」語意值變化，主要還是以色彩屬性為主導。

4.2.2 彩度與透明度之關係（明度固定）

此階段探討每個色彩的彩度與透明度關係，彩度以 10% 為間距，分為 10%、20%、30%、40%、50%、60%、70%、80%、90%、100%，明度固定為 100%，其各色彩柔和與晶瑩語意變化繪製於圖 4.3 至圖 4.26。

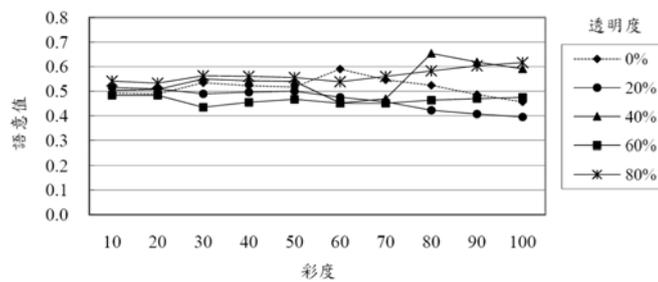


圖 4.3 0°彩度對柔和意象語意趨勢圖（明度 100%）

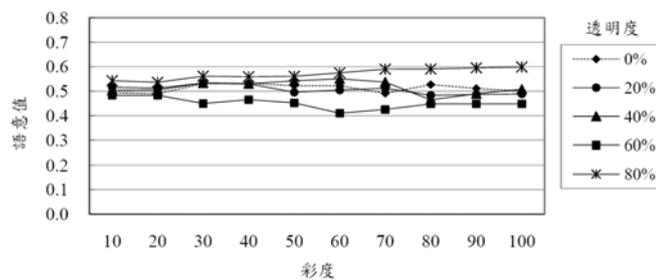


圖 4.4 30°彩度對柔和意象語意趨勢圖（明度 100%）

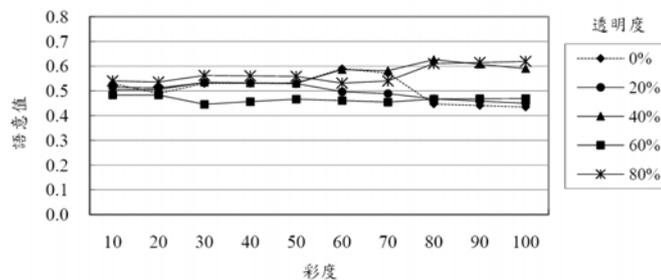


圖 4.5 60°彩度對柔和意象語意趨勢圖（明度 100%）

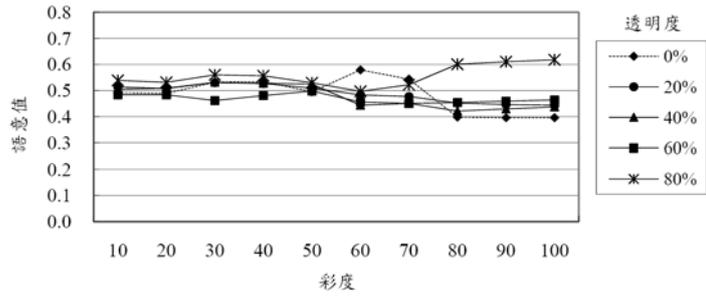


圖 4.6 90°彩度對柔和意象語意趨勢圖 (明度 100%)

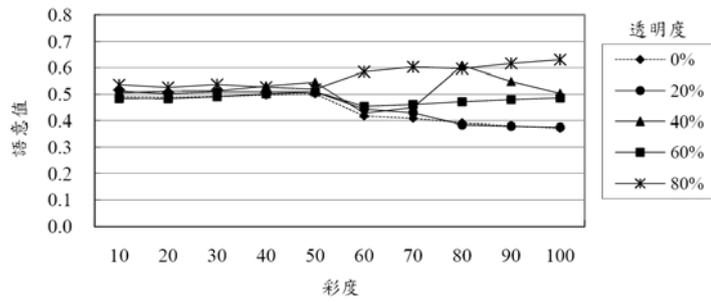


圖 4.7 120°彩度對柔和意象語意趨勢圖 (明度 100%)

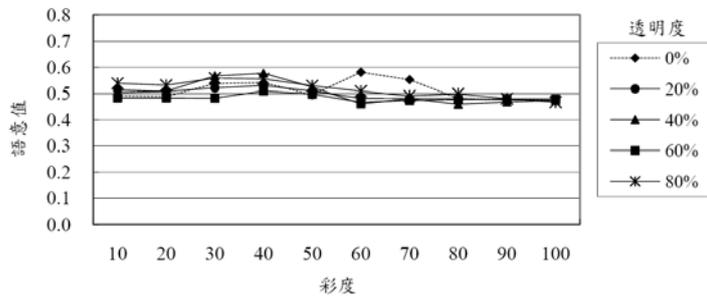


圖 4.8 150°彩度對柔和意象語意趨勢圖 (明度 100%)

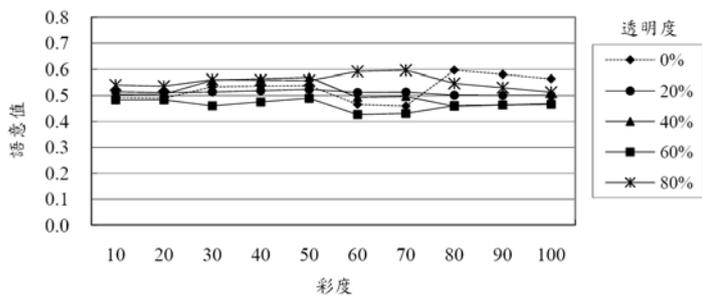


圖 4.9 180°彩度對柔和意象語意趨勢圖 (明度 100%)

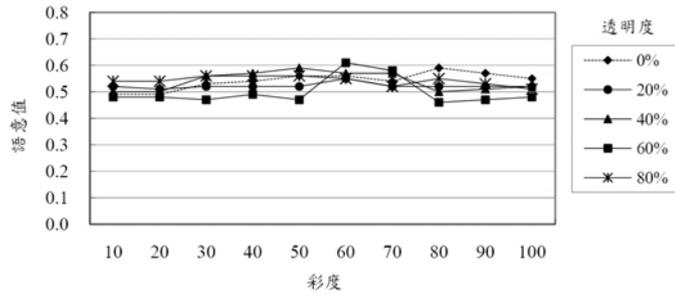


圖 4.10 210°彩度對柔和意象語意趨勢圖 (明度 100%)

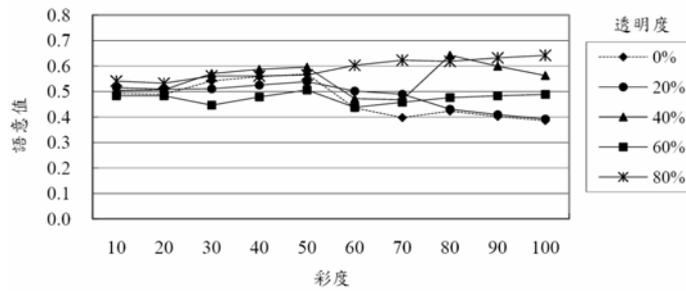


圖 4.11 240°彩度對柔和意象語意趨勢圖 (明度 100%)

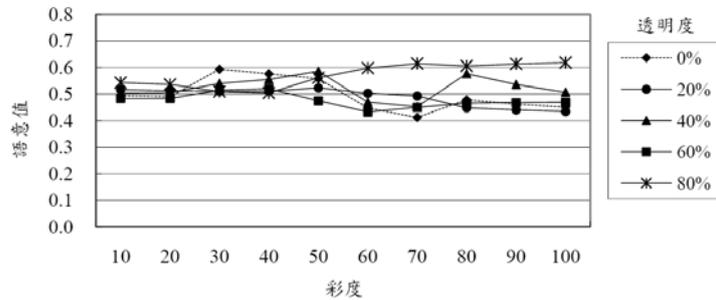


圖 4.12 270°彩度對柔和意象語意趨勢圖 (明度 100%)

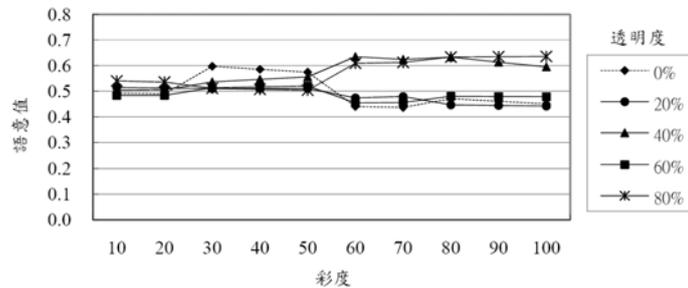


圖 4.13 300°彩度對柔和意象語意趨勢圖 (明度 100%)

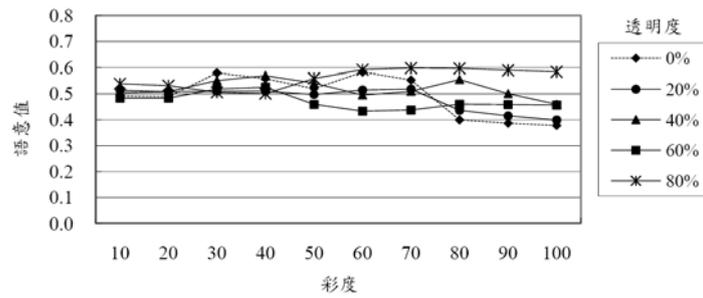


圖 4.14 330°彩度對柔和意象語意趨勢圖（明度 100%）

圖 4.3 至圖 4.14 所示，「柔和」語意值在高彩度明顯較為顯著，若為低彩度時，其語意值不因透明度之不同而有差異，透明度 80% 之曲線其語意值隨彩度值增加而提高，色相 150°、180°、210° 反而降低，尤其色相 150° 不因彩度與透明度之不同而有差異。

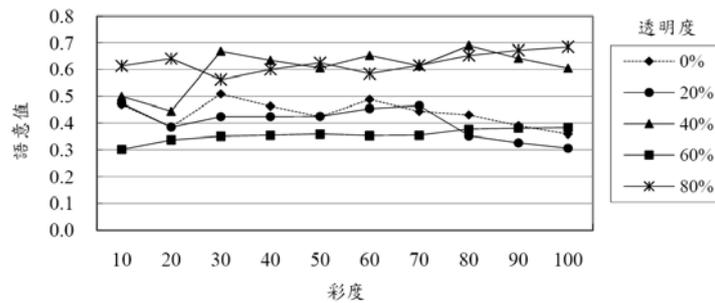


圖 4.15 0°彩度對晶瑩意象語意趨勢圖（明度 100%）

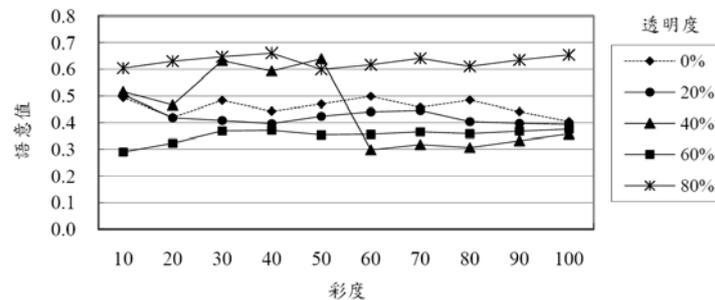


圖 4.16 30°彩度對晶瑩意象語意趨勢圖（明度 100%）

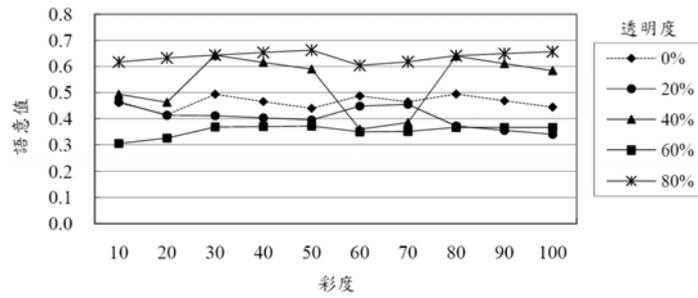


圖 4.17 60°彩度對晶瑩意象語意趨勢圖 (明度 100%)

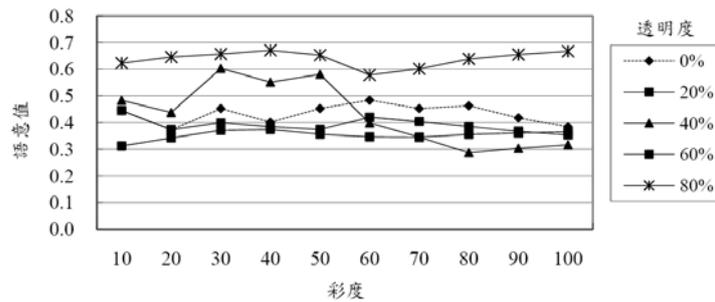


圖 4.18 90°彩度對晶瑩意象語意趨勢圖 (明度 100%)

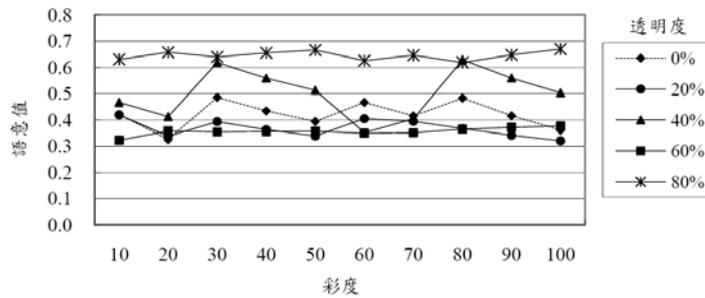


圖 4.19 120°彩度對晶瑩意象語意趨勢圖 (明度 100%)

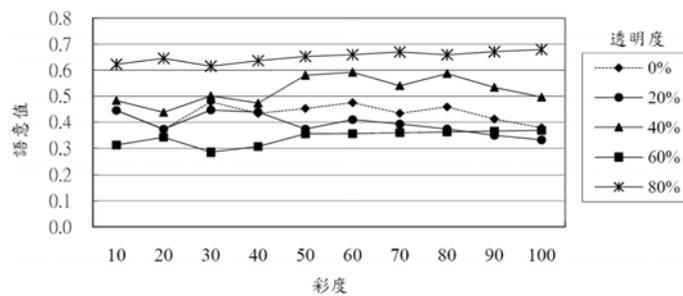


圖 4.20 150°彩度對晶瑩意象語意趨勢圖 (明度 100%)

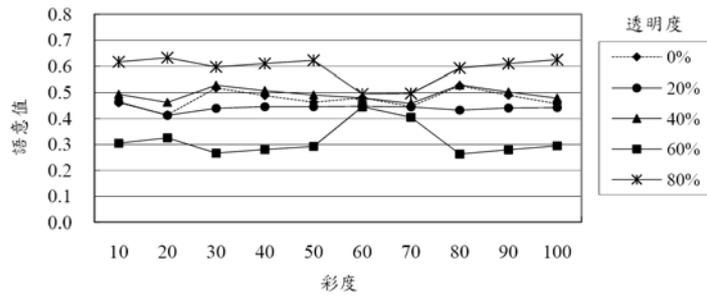


圖 4.21 180°彩度對晶瑩意象語意趨勢圖 (明度 100%)

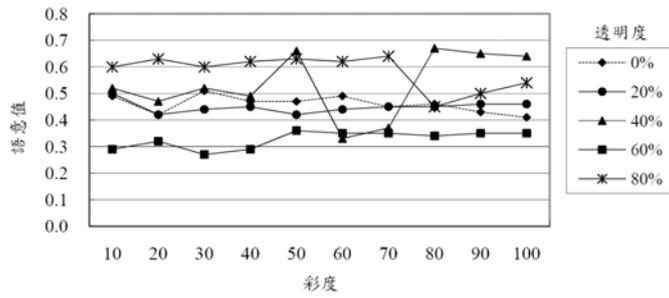


圖 4.22 210°彩度對晶瑩意象語意趨勢圖 (明度 100%)

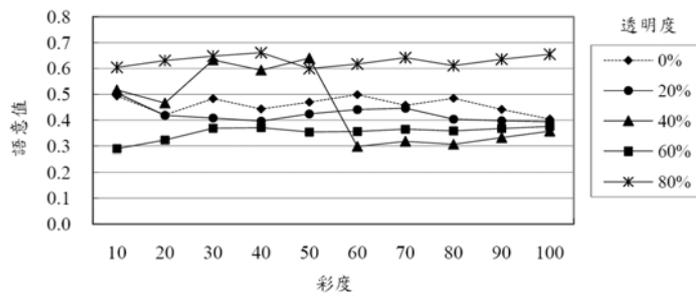


圖 4.23 240°彩度對晶瑩意象語意趨勢圖 (明度 100%)

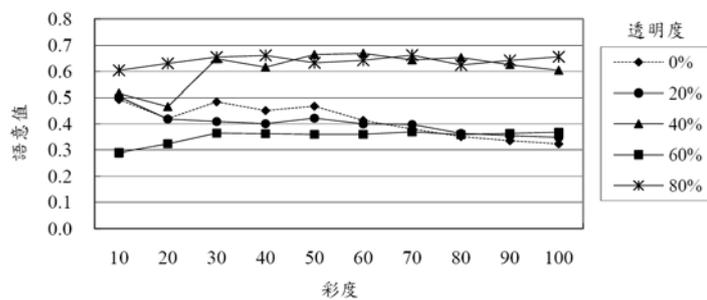


圖 4.24 270°彩度對晶瑩意象語意趨勢圖 (明度 100%)

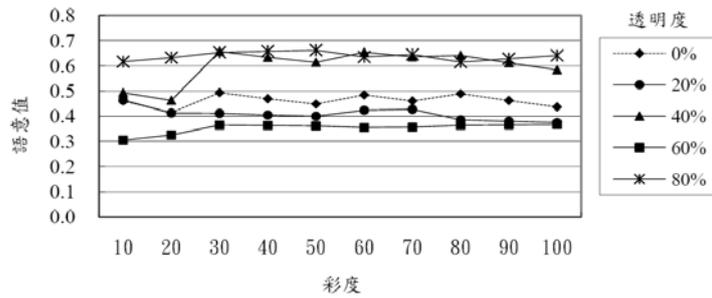


圖 4.25 300°彩度對晶瑩意象語意趨勢圖 (明度 100%)

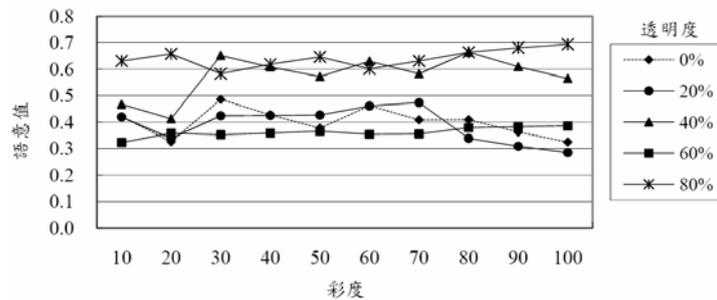


圖 4.26 330°彩度對晶瑩意象語意趨勢圖 (明度 100%)

圖 4.15 至圖 4.26 所示，「晶瑩」語意值曲線變化較顯著，色相 180°、在彩度 60~70% 時，「晶瑩」之語意值受透明度影響較大，尤其色相 180° 不因透明度而語意值有所影響，此色相趨於藍綠色系。

由結果顯示，透明度與彩度之間關連，在「柔和」語意值變化不大，若彩度 50% 以上才明顯變化，「晶瑩」語意值因不同透明度之影響較為顯著且語意值範圍較廣。

4.2.3 明度與透明度之關係 (彩度固定)

此階段探討色彩的明度與透明度關係，明度以 10% 為間距，分為 10%、20%、30%、40%、50%、60%、70%、80%、90%、100%，彩度固定為 100%，其各色彩柔和與晶瑩語意變化繪製於圖 4.27 至圖 4.50。

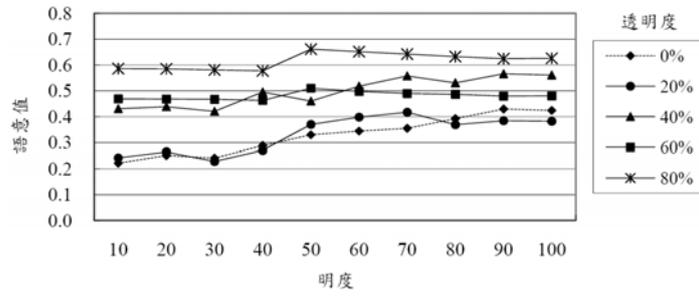


圖 4.27 0°明度對柔和意象語意趨勢圖 (彩度 100%)

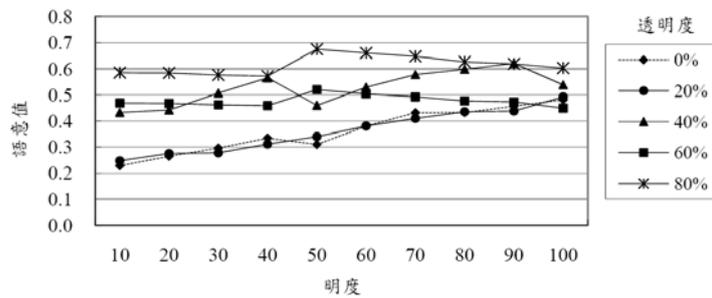


圖 4.28 30°明度對柔和意象語意趨勢圖 (彩度 100%)

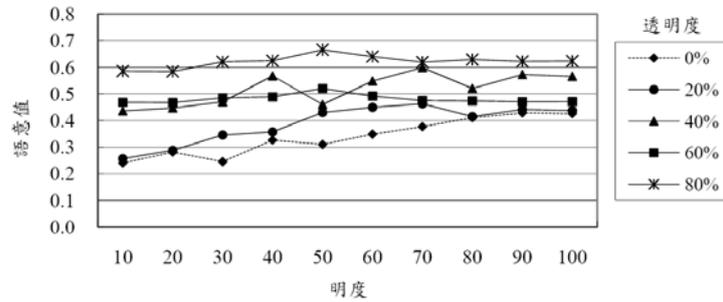


圖 4.29 60°明度對柔和意象語意趨勢圖 (彩度 100%)

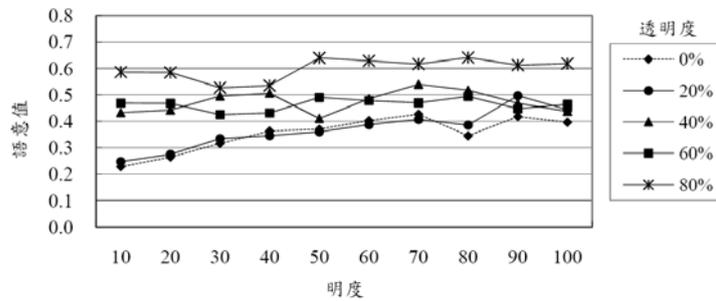


圖 4.30 90°明度對柔和意象語意趨勢圖 (彩度 100%)

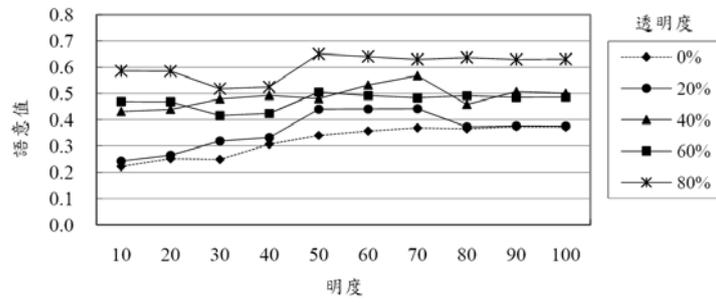


圖 4.31 120° 明度對柔和意象語意趨勢圖 (彩度 100%)

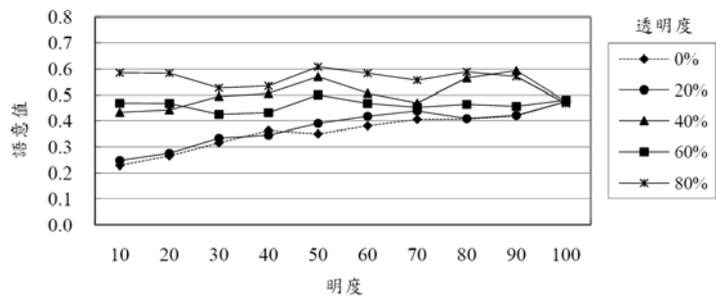


圖 4.32 150° 明度對柔和意象語意趨勢圖 (彩度 100%)

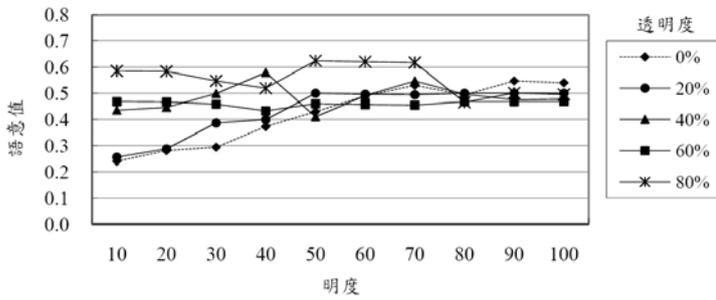


圖 4.33 180° 明度對柔和意象語意趨勢圖 (彩度 100%)

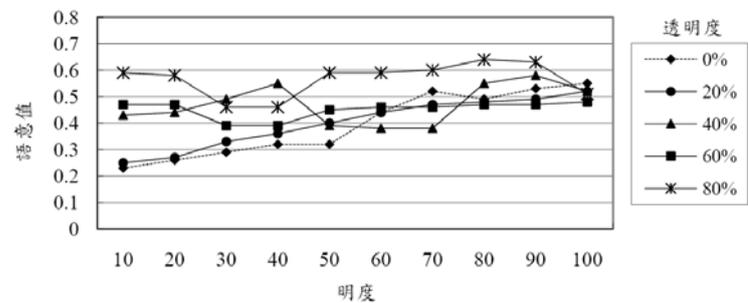


圖 4.34 210° 明度對柔和意象語意趨勢圖 (彩度 100%)

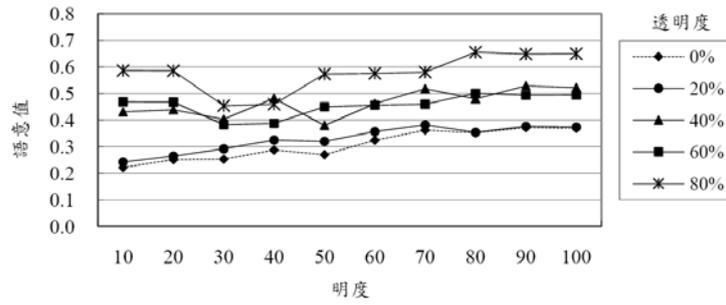


圖 4.35 240° 明度對柔和意象語意趨勢圖 (彩度 100%)

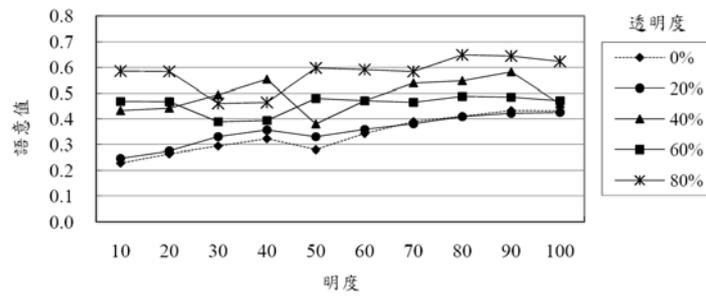


圖 4.36 270° 明度對柔和意象語意趨勢圖 (彩度 100%)

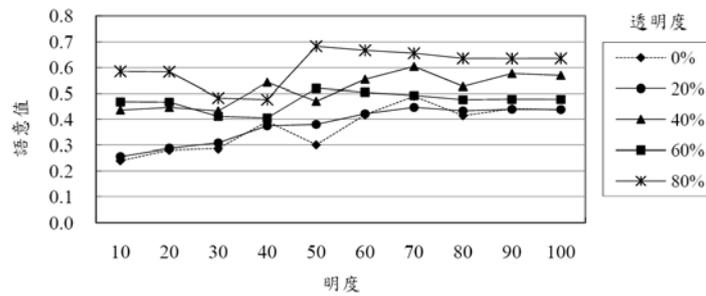


圖 4.37 300° 明度對柔和意象語意趨勢圖 (彩度 100%)

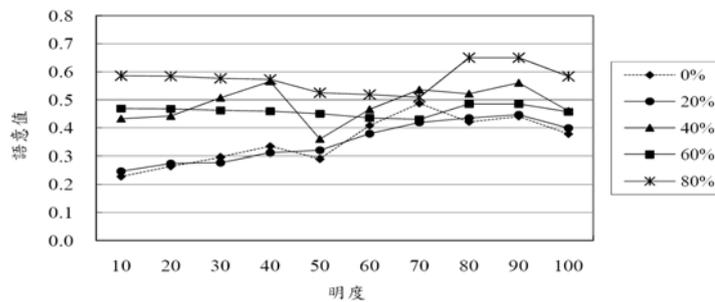


圖 4.38 330° 明度對柔和意象語意趨勢圖 (彩度 100%)

由圖 4.27 至圖 4.38 可得知,「柔和」語意值方面,低明度(10%~40%)時,其不同透明度的語意值呈現顯著差距,若明度增加則語意值逐漸趨

於一致。色相 150° 、 180° 、 210° 在明度 100% 時，語意值並不因透明度之不同而變化，整體圖表看來，在低明度時色彩較易判斷柔和感知程度。

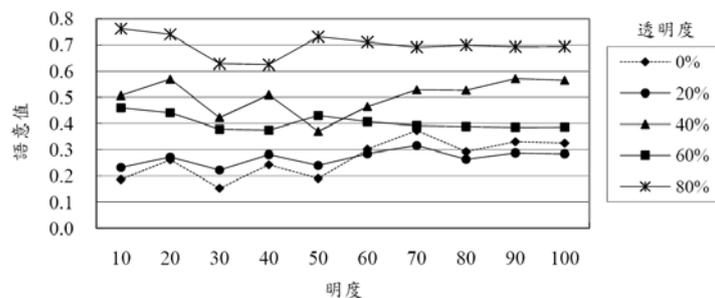


圖 4.39 0° 明度對晶瑩意象語意趨勢圖 (彩度 100%)

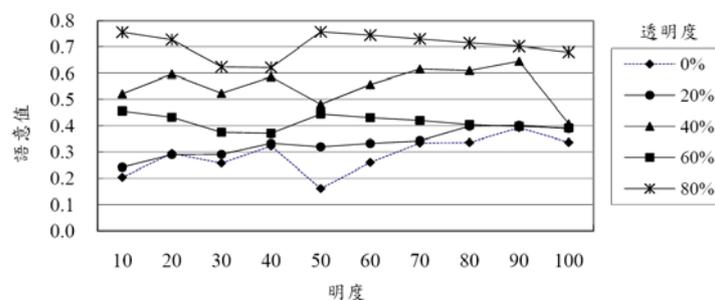


圖 4.40 30° 明度對晶瑩意象語意趨勢圖 (彩度 100%)

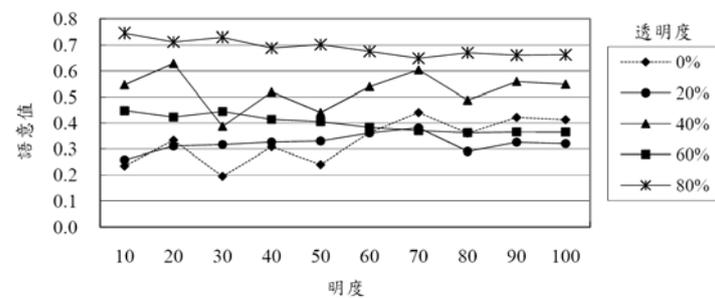


圖 4.41 60° 明度對晶瑩意象語意趨勢圖 (彩度 100%)

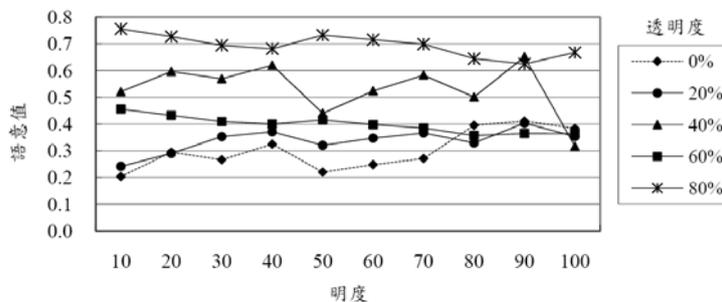


圖 4.42 90° 明度對晶瑩意象語意趨勢圖 (彩度 100%)

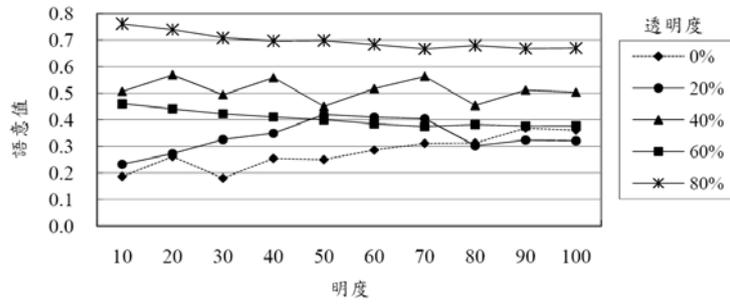


圖 4.43 120° 明度對晶瑩意象語意趨勢圖 (彩度 100%)

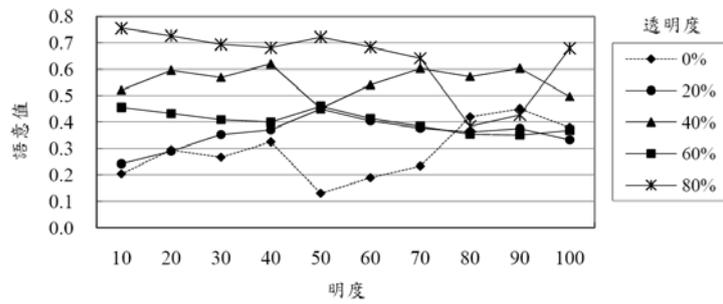


圖 4.44 150° 明度對晶瑩意象語意趨勢圖 (彩度 100%)

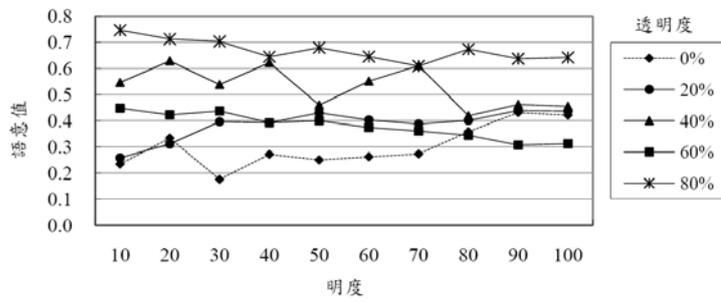


圖 4.45 180° 明度對晶瑩意象語意趨勢圖 (彩度 100%)

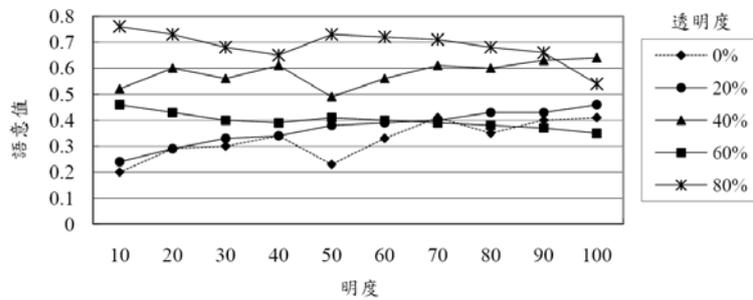


圖 4.46 210° 明度對晶瑩意象語意趨勢圖 (彩度 100%)

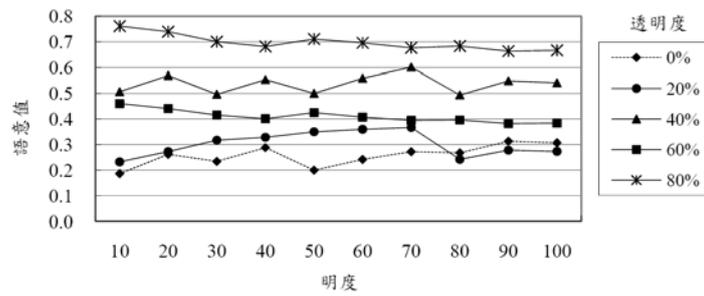


圖 4.47 240° 明度對晶瑩意象語意趨勢圖 (彩度 100%)

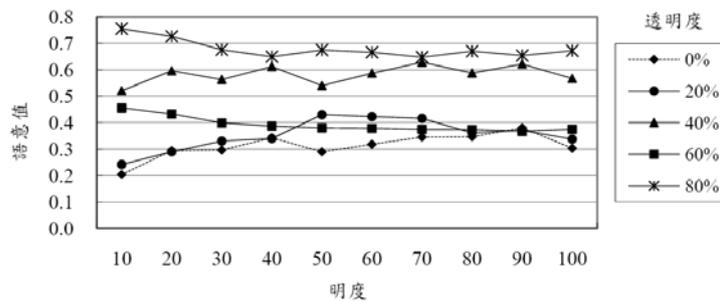


圖 4.48 270° 明度對晶瑩意象語意趨勢圖 (彩度 100%)

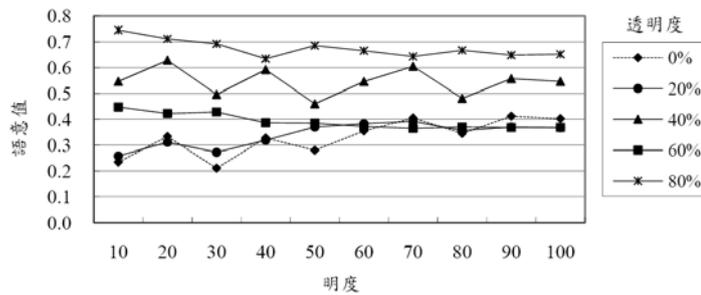


圖 4.49 300° 明度對晶瑩意象語意趨勢圖 (彩度 100%)

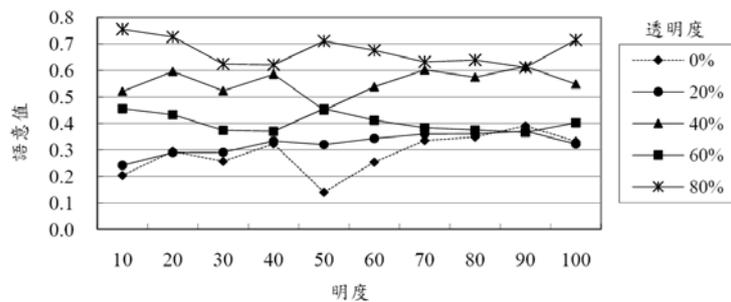


圖 4.50 330° 明度對晶瑩意象語意趨勢圖 (彩度 100%)

由圖 4.39 至圖 4.50 所示，「晶瑩」語意值在低明度，其不同之透明度的語意值則較為顯著，色相 150°「晶瑩」語意值曲線變化較大。明度

為 80%~90% 時色相 150° 在透明度 80%，語意值反而降低，且曲線變化較其他色相顯著。整體圖表看來，或許可推理低明度色彩較易判斷晶瑩意象程度。以上結果可大致推論，透明度與明度之間關連，「柔和」與「晶瑩」語意值在低明度時，語意值變化因不同透明度多寡成正比，隨著明度增加不同透明度變化較顯著。

比較色相、彩度、明度與透明度和語意值之間的關係，由以上結果彙整如下：

色相 150°、180°、210° 因不同透明度之語意值變化較其他色相之不同，色彩都偏於藍綠色系。在高彩度、高明度時，「柔和」語意值無顯著的變化。色相 150° 之「晶瑩」語意值則受明度與透明度之影響相當大，而色相 180°、210° 之「晶瑩」語意值受彩度之影響較其他色相顯著。

在中高彩度時，對於「柔和」語意值之影響較為顯著；在低彩度時，「柔和」語意值不因透明度而有所變化。明度對「柔和」語意值影響，隨明度值增加而不同之透明度的語意值趨於一致，此為「柔和」語意值在彩度與明度差異地方。彩度方面，「柔和」語意值大致落在 0.5~0.6 之間，且分佈較為集中；明度方面，語意值落於 0.3~0.7 之間且分佈較廣，由以上顯示「柔和」語意值變化在明度較為顯著。

「晶瑩」語意值受明度之影響較為顯著，且不同透明度之語意值分佈較廣，彩度對於「晶瑩」語意值之影響，在不同透明度語意值大致分佈於 0.3~0.7 之間；明度對於「晶瑩」語意數值分佈大約於 0.2~0.8 之間，因此，「晶瑩」語意值變化在明度較為顯著。

第五章 程式介面設計與操作說明

5.1 程式架構與說明

本研究主要建構色彩與透明度評價系統，讓使用者藉由此系統快速且便於預測「柔和」與「晶瑩」語彙意象感覺，利用 Visual Basic 軟體將第三章提及運算過程撰寫成程式介面，以便相關人員藉由此介面，以達到準確拿捏語意意象之色彩計畫。

程式內容主要分為正向與逆向兩個機制，其說明如下：

正向：使用者由正向介面輸入欲查詢 R、G、B、T 參數，而 Visual Basic 軟體利用先前問卷調查，所建立語意資料庫，應用第三章運算公式，運算出所求得柔和、晶瑩語彙數值。

逆向：逆向部份，使用者輸入所希望「柔和」與「晶瑩」語彙的目標意象，其程式藉由正向部份評價與基因演算法搜尋，將求得使用者目標需求之色彩與透明度組合。

根據上述兩大機制的功能說明，整合成為一個色彩與透明度諮詢系統，此系統為色彩與透明度之評價系統「Color and Transparency Evaluation System」。

5.2 程式運算架構說明

所建立的色彩與透明度諮詢系統，其流程如圖 5.1 所示。

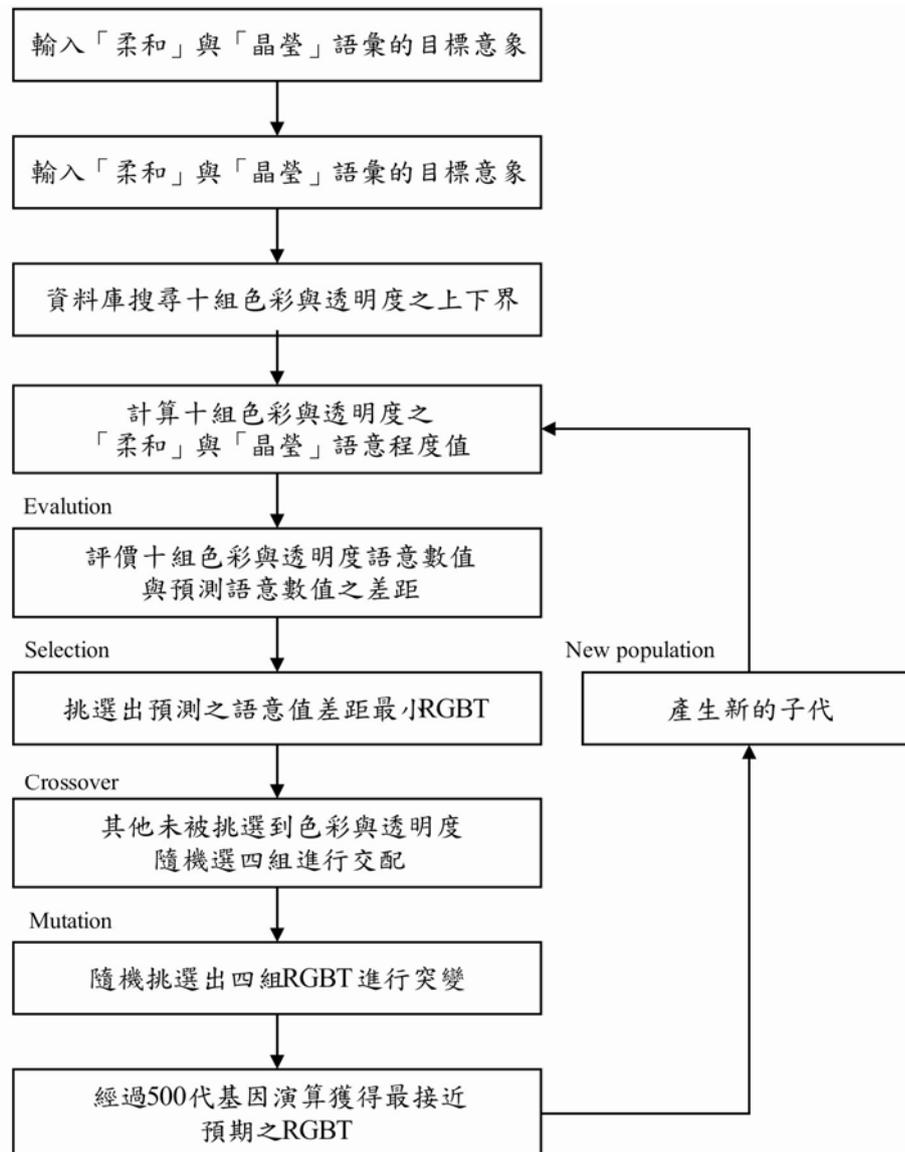


圖 5.1 程式演算流程圖

5.3 程式操作說明

5.3.1 評價操作步驟：

步驟一：使用者首先開啟程式登入畫面（如圖 5.2），選取評價系統此子系統命名為色彩與透明度評價系統（Color and Transparency Evaluation System），登入畫面系統有分為兩個選取功能，意象值評價系統（Image evaluation）與目標語意搜尋系統（Goal image

search) ，使用者選擇需求系統點選進入，如結束此程式則按下離開 (Exit) 鍵。

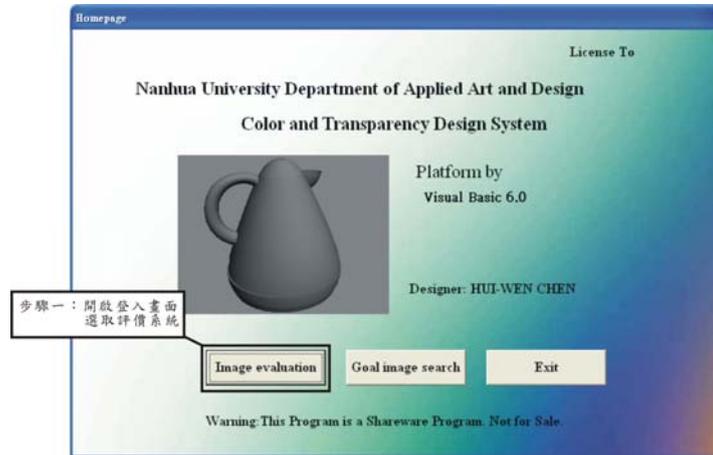


圖 5.2 登入畫面 (評價系統)

步驟二：意象評價介面開啟，將進入 Image evaluation 介面後 (圖 5.3) ，使用者可拖曳所要評價色彩參數紅 (R) 、綠 (G) 、藍 (B) 與透明度 (T) 參數，則在拖曳 (HScrollBar) 鍵旁顯示所拖曳參數值，Color sample 顯示使用者要評價的色彩樣本，選取所要評價色彩。

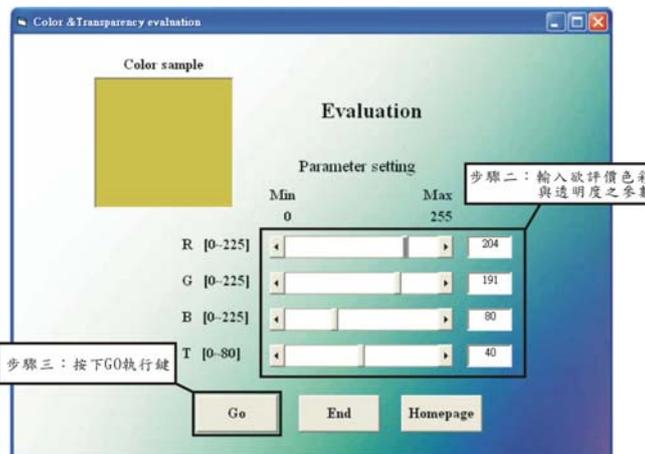


圖 5.3 Image evaluation 介面

步驟三：按下 Go 執行鍵 (圖 5.3) ，則語意值預測結果會在另視窗顯示結果。圖 5.4 顯示色彩與透明度評價柔和意象 (Soft image) 與晶瑩語意值 (Translucent image) 的結果與語意數值。如回到評

價系統按下 Back 鍵，或者回到登入畫面按下 Homepage 鍵，進行語意搜尋則按下 Image search 鍵進入 Image search 系統。

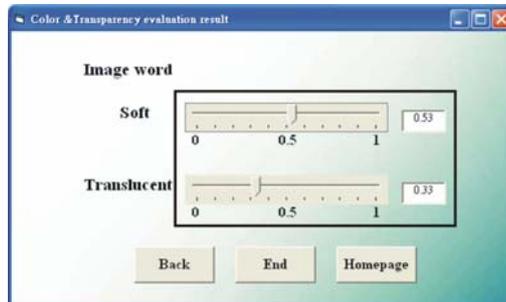


圖 5.4 Image evaluation 評價結果

5.3.2 搜尋操作步驟

步驟一：使用者選取 Image search 鍵首先，使用者選取 Goal Image search 鍵（圖 5.5）進入 Image search 介面。

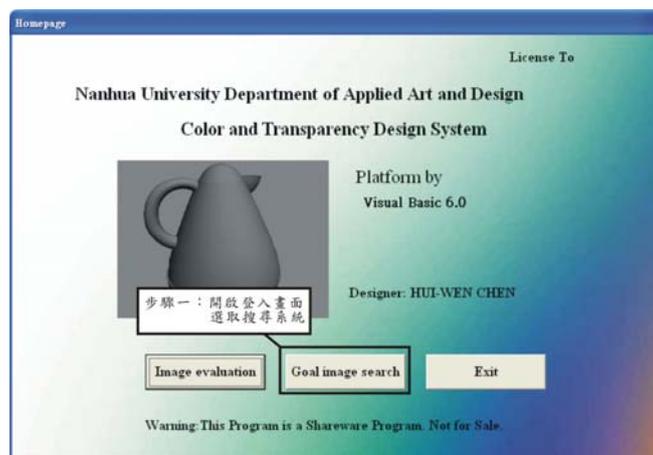


圖 5.5 登入畫面（搜尋系統）

步驟二：使用者可拖曳設定擬搜尋柔和、晶瑩目標語意值，與柔和語意值、晶瑩語意值各別所佔權重值（圖 5.6）。

步驟三：按下 Go 鍵（圖 5.6），蒐尋結果顯示視窗（圖 5.7），其結果為搜尋最接近目標語意值的色彩與其對應的語意值。目標語意值與搜尋色彩與透明度的語意值 Fitness，當 Fitness 越接近 0 則此搜尋色彩是最接近使用者目標語意值的色彩。如欲回到評價系

統按下 Back 鍵，或者回到登入畫面按下 Homepage 鍵，如欲重新進行語意搜尋則按下 Image search 鍵進入 Image search 系統。

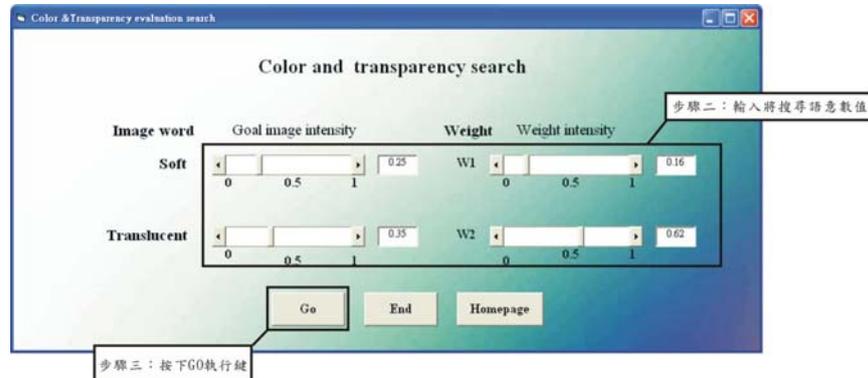


圖 5.6 Image search 介面

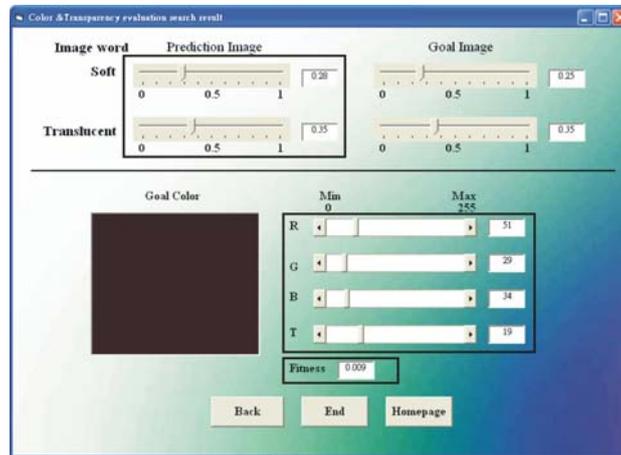


圖 5.7 Image search 搜尋結果

個案說明（評價系統）

範例一：假定設計者欲求 R=149、G=202、B=39、T=44 的柔和與晶瑩語意評價。

1. 首先進入 Image evaluation 評價系統，在介面上（圖 5.8）輸入 R=149、G=202、B=39、T=44 參數值，按下 Go 執行鍵。
2. 因此可得到柔和語意值=0.43、晶瑩語意值=0.3（圖 5.9）

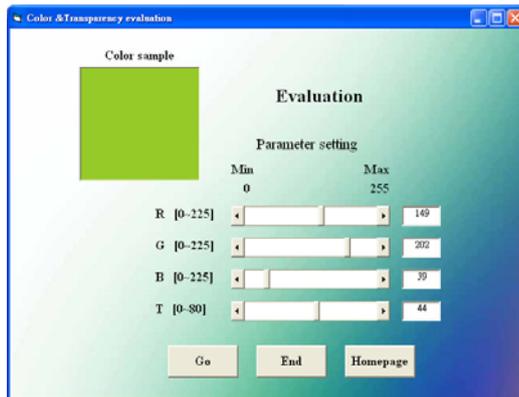


圖 5.8 範例一色彩與透明度評價系統介面

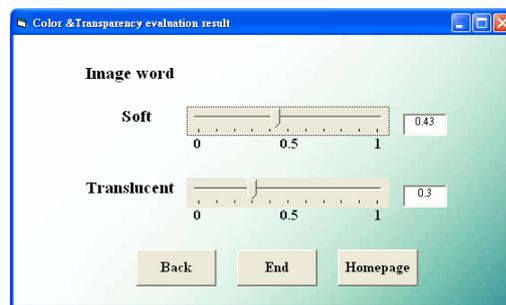


圖 5.9 範例一色彩與透明度評價結果

範例二：若設計者欲求 R=57、G=223、B=200、T=37 的柔和與晶瑩語意值評價。

1. 如上述範例步驟，進入 Image evaluation 評價系統，於介面上（圖 5.10）輸入 R=57、G=223、B=200、T=37 參數值，按下 Go 執行鍵。
2. 因此可得到柔和語意值=0.55、晶瑩語意值=0.57（圖 5.11）。

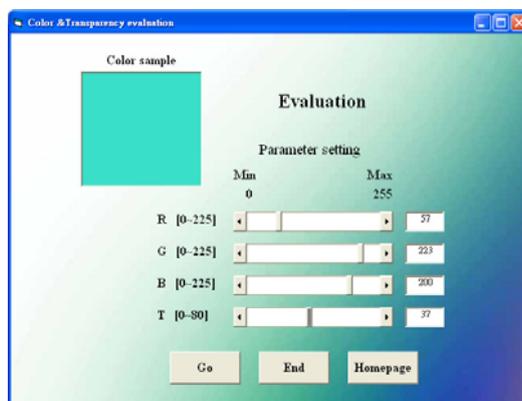


圖 5.10 範例二色彩與透明度評價系統介面

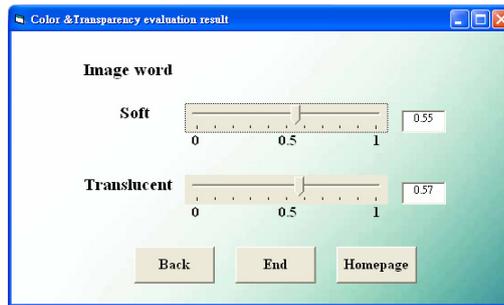


圖 5.11 範例二色彩與透明度評價結果

個案說明（目標語意值搜尋）

範例一：假定設計者欲搜尋符合柔和語意值=0.55、權重=0.4 與晶瑩語意值=0.4、權重=0.66 之色彩與透明度最佳組合。

1. 首先進入 Goal image search 搜尋系統，在介面上（圖 5.12）輸入柔和語意值=0.55、權重=0.4 與晶瑩語意值=0.4、權重=0.66，按下 Go 執行鍵。
2. 視窗結果顯示接近目標語意值的色彩與透明度為 R=253、G=163、B=171、T=57，此色彩預測柔和語意值=0.55、柔和語意值=0.4，另外，其適存值為 0.001（圖 5.13）。

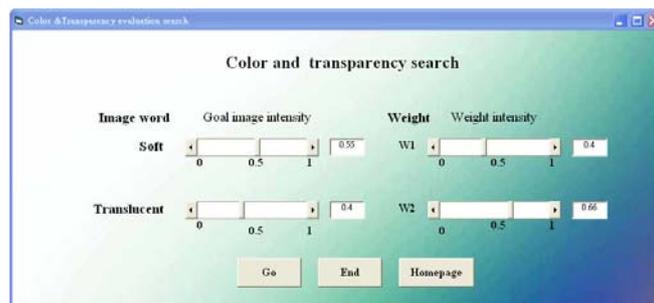


圖 5.12 範例一色彩與透明度目標語意值搜尋介面

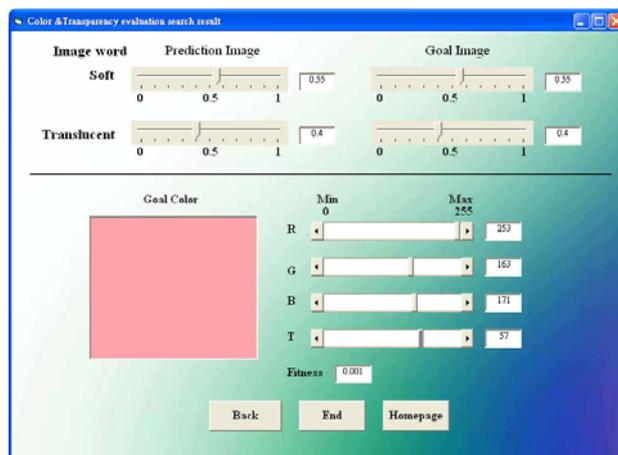


圖 5.13 範例一色彩與透明度目標語意值搜尋結果

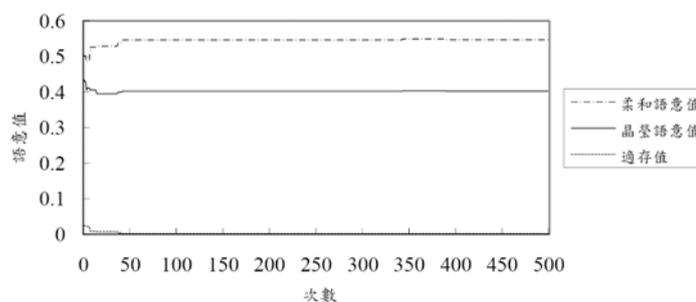


圖 5.14 範例一 Genetic algorithm 演進圖

範例二：假定設計者欲搜尋符合柔和語意值=0.8、權重=0.2 與晶瑩語意值=0.8、權重=0.6 之色彩與透明度最佳組合。

1. 首先進入 Goal image search 搜尋系統，在介面上（圖 5.15）輸入柔和語意值=0.8、權重=0.2 與晶瑩語意值=0.8、權重=0.6，按下 Go 執行鍵。
2. 視窗結果顯示接近目標語意值的色彩與透明度為 R=129、G=71、B=0、T=80，此色彩預測柔和語意值=0.67、柔和語意值=0.75，另外，其適存值為 0.048（圖 5.16）。

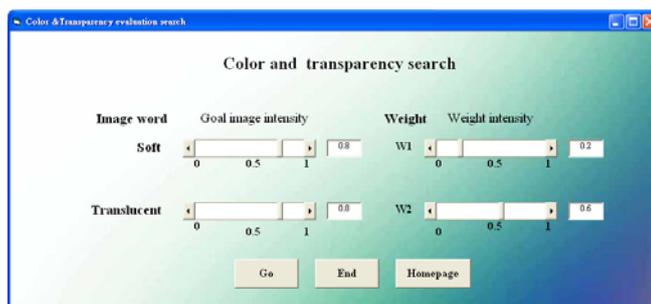


圖 5.15 範例二色彩與透明度目標語意值搜尋介面

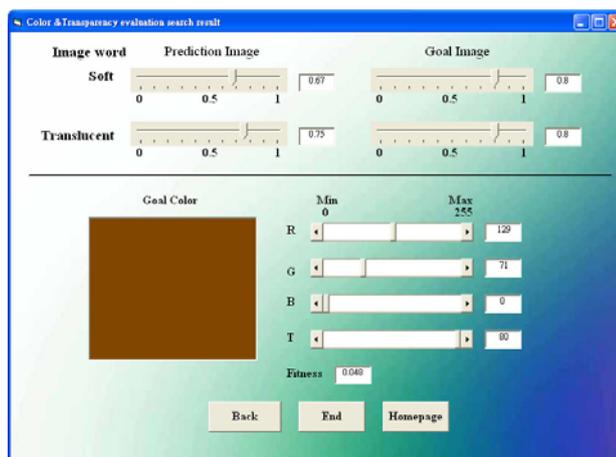


圖 5.16 範例二色彩與透明度目標語意值搜尋結果

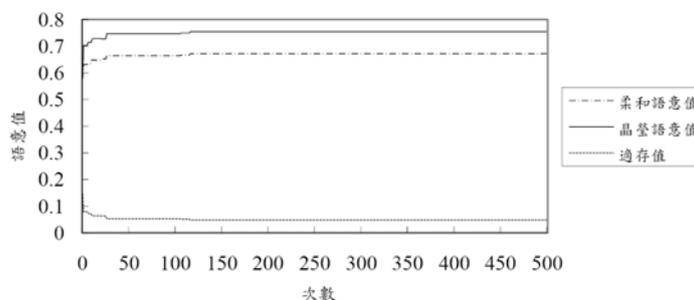


圖 5.17 範例二 Genetic algorithm 演進圖

由圖 5.14、圖 5.17 所示，Genetic algorithm 演進圖折線可得知，在演進約第 20 次後曲線變化較平穩，且接近目標語意值，關於 fitness 演化趨勢。由兩個範例各別來看目標語意值與預測語意值，範例一目標語意值為柔和=0.55、晶瑩=0.4，預測語意值為柔和=0.55、晶瑩=0.4，範例二目標語意值為柔和=0.8 晶瑩=0.8，預測語意值為柔和=0.67、晶瑩=0.75，這兩個範例中可看出，範例二目標語意值與預測語意值結果差距比範例

一的還大，由此推論可能在問卷調查所建立資料庫裡，柔和與晶瑩語意值大多數據，最大值只在於 0.6~0.7 之間，只要目標語意值只要超過於 0.8 以上，在搜尋過程中最接近數值大多只落於 0.6~0.7 之間無法在更接近，因此資料庫數據之準確度將會影響搜尋成果。

第六章 結論與建議

6.1 結論

6.1.1 色彩實驗結果探討

在色彩實驗方面，為便於將研究成果圖示化，因此選擇以 HSB 色彩系統以利觀察語意值之變動趨勢，其中可發現幾個較值得注意的結果：

1. 由第四章色彩實驗統計圖表，顯示透明度 80% 之曲線其相對應的晶瑩語意值為最高，但是透明度若為 0~60%，其「晶瑩」語意值的差異狀況並不顯著。由此可知，透明度 60% 以下之語意，主要還是以色彩屬性為主導。
2. 比較色相、彩度、明度、透明度和語意值之間關係，根據實驗結果顯示下列之各項趨勢：
 - (1) 色相 150°、180°、210° 在高彩度、高明度時，其「柔和」語意不因透明度之不同而有差異。色相 150° 之「晶瑩」語意值，則受明度與透明度之影響相當大；但是色相 180°、210° 在彩度 60~70% 時，其「晶瑩」之語意值受透明度之影響較大。
 - (2) 彩度方面，「柔和」語意值以中高彩度較為顯著，低彩度時，透明度 0%、20%、40%、60%、80% 語意差距非常小，而語意數值大致落於 0.5~0.6 之間且較為集中，整體圖示來看，語意感知明度比彩度較為顯著。彩度對於「晶瑩」語意值的影響，在透明度 0%、20%、40%、60%、80% 語意值大致上分布 0.3~0.7 之間，比明度對於「晶瑩」語意值折線分佈區間還小。

(3) 明度方面，「柔和」語意值隨明度值增加，其不同透明度與語意值逐漸趨於一致，此為「柔和」語意值彩度與明度相異的地方，語意數值則落於 0.3~0.7 之間且分布比較廣泛。在「晶瑩」語意值方面，明度對於「晶瑩」語意值則分布 0.2~0.8 之間，在整體方面明度比彩度對於各透明度影響較為顯著，則語意分布較廣，由以上結果可知明度在「柔和」、「晶瑩」語意方面產生較顯著的影響。

6.2.2 正向語意評價與逆向搜尋之探討

由 3.6 節之評價算式，可發現 k 值範圍設定會影響逆向搜尋結果，尤其是在搜尋語意值 0.8 以上之意象時，逆向搜尋結果之極值大約在 0.7~0.75 之間，幾乎無法大於 0.8 多小於 0.7，主要原因乃色彩問卷調查結果，所建立資料庫的語意值多小於 0.7，因此較難搜尋 0.8 以上語意值，因此，可適當調整 k 值範圍於[-0.5,1.5]，以活化語意空間之值域，讓搜尋結果符合目標意象的可能性增高。

6.2 建議

依據本研究之成果作成以下幾點：

1. 本研究明度因素影響語意變化極大，可考慮以其他語彙進行色彩與透明度樣本測試，觀察明度因素是否也具有類似之影響性。
2. 設計師設計具透明感外觀產品時，如以電腦模擬產品上彩之影像，需注意影像背景欲不可太灰暗，以免影響透明度之感覺。
3. 多色彩配色的語意評價與目標意象之配色搜尋。

參考文獻

一、中文部份

1. Philip G. Zimbardo, 1990, 《心理學》, 游恆山譯, 二版, 五南圖書出版有限公司。
2. Rita L. Atkinson et al., 1990, 《心理學》, 鄭伯璦、洪光遠、張東峰等編譯, 桂冠圖書股份有限公司。
3. Rudolf Arnheim, 1985, 《藝術與視覺心理學》, 李長俊譯, 四版, 雄獅圖書公司。
4. 千千岩 英彰著, 2002, 《不可思議的心理與色彩》, 新潮社文化事業有限公司。
5. 小林重順著, 1989, 《色彩行銷戰略》, 楊萬里譯, 前程企業管理公司。
6. 中井義雄、川崎秀昭, 2000, 《現代色彩學》, 林昆範, 柯凱仁編譯, 全華科技圖書出版。
7. 方怡雯, 2003, 透明度塑膠材料之產品應用研究以 imac 電腦設計, 國立台北科技大學, 碩士論文。
8. 丘永福編著, 1993, 《造形原理》, 二版, 藝風堂出版社。
9. 呂旭弘, 2003, 應用感性工學與基因遺傳演算法於產品造形設計, 國立成功大學, 碩士論文。
10. 李天任, 1997, “運用色票與實景在色彩心理反應研究之差異”, 行政院科學委員會專題研究計畫, NSC89-2411-H-034-005。
11. 周遵儒、陳鴻興, 2005, “以喜好色為基礎之最佳化色彩調整技術研究”, 行政院科學委員會專題研究計畫, NSC94-2215-E-003-002。

12. 林彥呈、管倖生，2000，“產品色彩與造型搭配相關性之研究”，工業設計，第 28 卷第二期。
13. 林書堯，1995，《色彩認識論》，三民書局出版。
14. 涂育璋，2002，應用類神經網路模式與基因演算法則於品質設計之研究，國立成功大學，碩士論文。
15. 郭文貴，2001，“應用新色彩意象空間建立色彩意象電腦化預測系統之研究”，行政院科學委員會專題研究計畫，NSC90-2411-H-034-008。
16. 陳玲鈴，2001，“色彩與配色意象認知的分析與視覺化”，行政院科學委員會專題研究計畫，NSC 90-2218-E-011-020。
17. 葉郁菁主編，2001，《心理學》，麗文文化事業股份有限公司。
18. 廖敏如，2001，塑膠材質透明度在產品感知設計應用之探討，私立大葉大學，碩士論文。
19. 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。
20. 蔡淑娟，2003，類神經基因演算法應用於產品配色系統之建立研究，國立成功大學，碩士論文。
21. 鄭柏左編著，2004，《色彩理論與數位影像》，新文京開發出版股份有限公司。
22. 賴瓊琦，1997，《設計的色彩心理：色彩的意象與色彩文化》，視傳文化事業有限公司。
23. 蘇木春、張孝德編著，2004，《機器學習：類神經網路、模糊系統以及基因演算法則》，三版，全華科技圖書股份有限公司。

二、外文部份

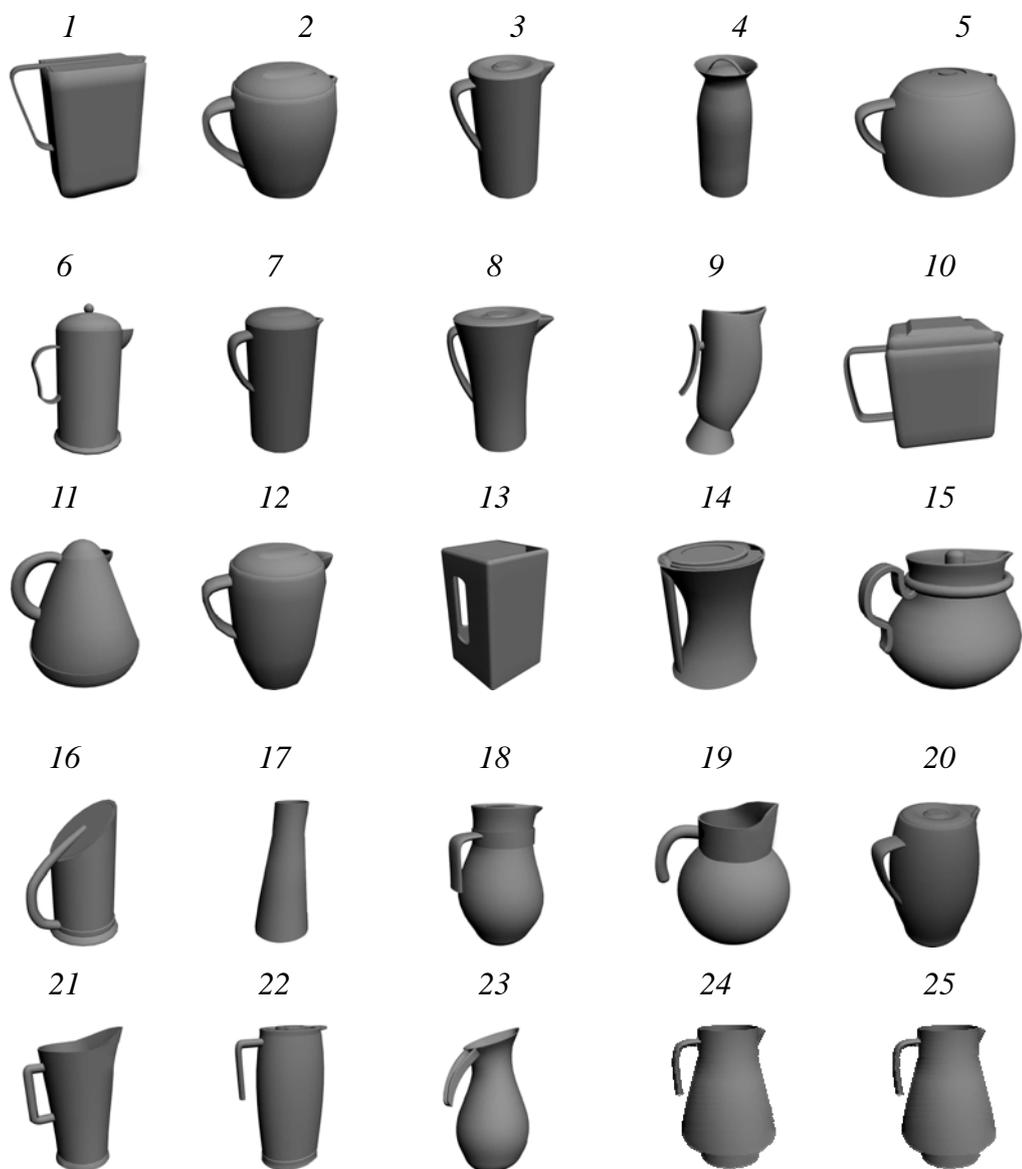
24. F.J. Vico , F.J. Veredas , J.M. Bravo, J. Almaraz , 1999 ,“Automatic design synthesis with artificial intelligence techniques ” , Artificial Intelligence in Engineering, 13, 251–256.
25. Fukushima K. et al. ,1995, “Human sensory perception oriented image processing in color copy system”, International Journal of Production Economics, 15(1), 63-74.
26. Goldberg David Edward, 1989, Genetic Algorithm in Search Optimization ,and Machine Learning, Addison-Wesley.
27. Gruca Thomas S., Klemz Bruce R., 2003, “Optimal new product positioning: A genetic algorithm approach”, European Journal of Operational Research, 146(3), 621-633.
28. Tanoue Chitoshi, Ishizaka Kenji, Nagamachi Mitsuo, 1997, “Kansei Engineering- A study on perception of vehicle interior image”, International Journal of Industrial Ergonomics, 19(2), 115-128.
29. Hung-Cheng Tsai, Shih-Wen Hsiao , Fei-Kung Hung , 2006, “An image evaluation approach for parameter-based product form and color design”. Computer-Aided Design, 38, 157-171.
30. Matsubara Y., Nagamachi M.,1997, “Hybrid Kansei Engineering system and design support”, International Journal of Industrial Ergonomics, 19, 81-92.
31. Mitsuo Gen, Runwei Cheng, 2000, Genetic Algorithm & Engineering Optimization, Wiley-interscience.
32. Nagamachi, M., 1977, “Kansei Engineering and Comfort”, International Journal of Industrial Ergonomics, 19(2), 79-80.

33. Nagamachi M., 2002, “Kansei engineering as a powerful consumer-oriented technology for product development” Applied Ergonomics, 33(3), 289-294.
34. Nagamachi M., 1995, “Kansei Engineering: A new ergonomic consumer-oriented technology for product development”, International Journal of Industrial Ergonomics, 15(1), 3-11.
35. Randy L. Haupt, PhD. Sue Ellen Haupt, Phd. , 1998, Practical Genetic Algorithm Second Edition , A Wiley-interscience Publication.
36. Scheunders P., 1997, “A genetic c-means clustering algorithm applied to color image quantization”, Elsevier Science Ltd., 30(6), 859-866.
37. Shih-Wen Hsiao, Hung-Cheng Tsai, 2005, “Applying a hybrid approach based on fuzzy neural network and genetic algorithm to product form design”, International Journal of Industrial Ergonomics , 35, 411–428.
38. Sun-Mo Yang, Nagamachi Mitsuo, Soon-Yo Lee, 1999,“Rule-Based Inference Model for the Kansei Engineering System,” International Journal of Production Economics, 24, 459-471.
39. Tolga Tasdizen, Lale Akarun, Cen Ersoy, 1998, “Color quantization with genetic algorithms”, Image Communication, 12(1), 49-57.

附錄一 冷水壺產品蒐集



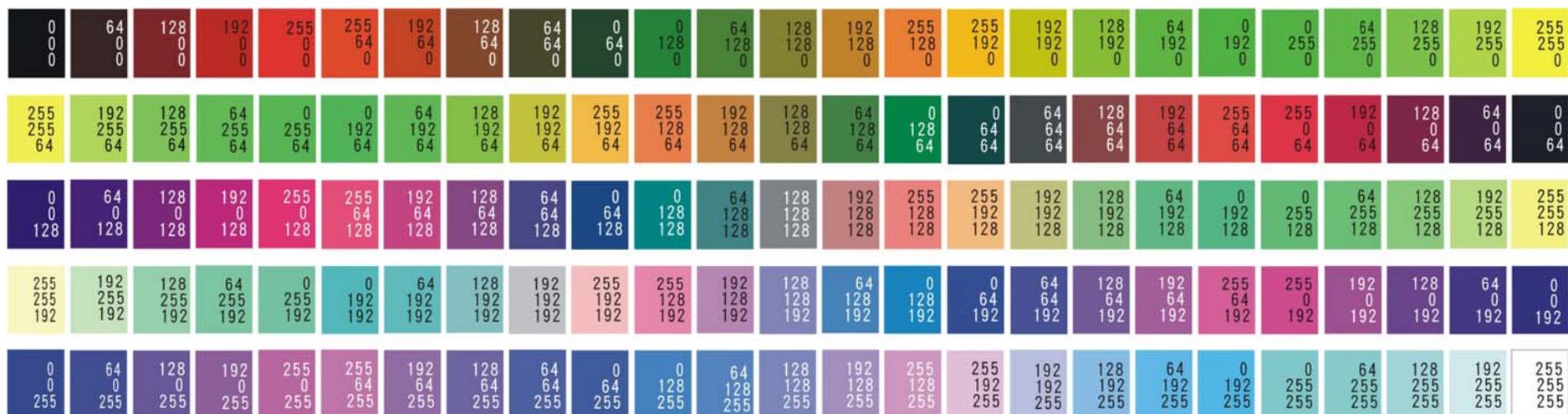
附錄二 產品 3D 模型



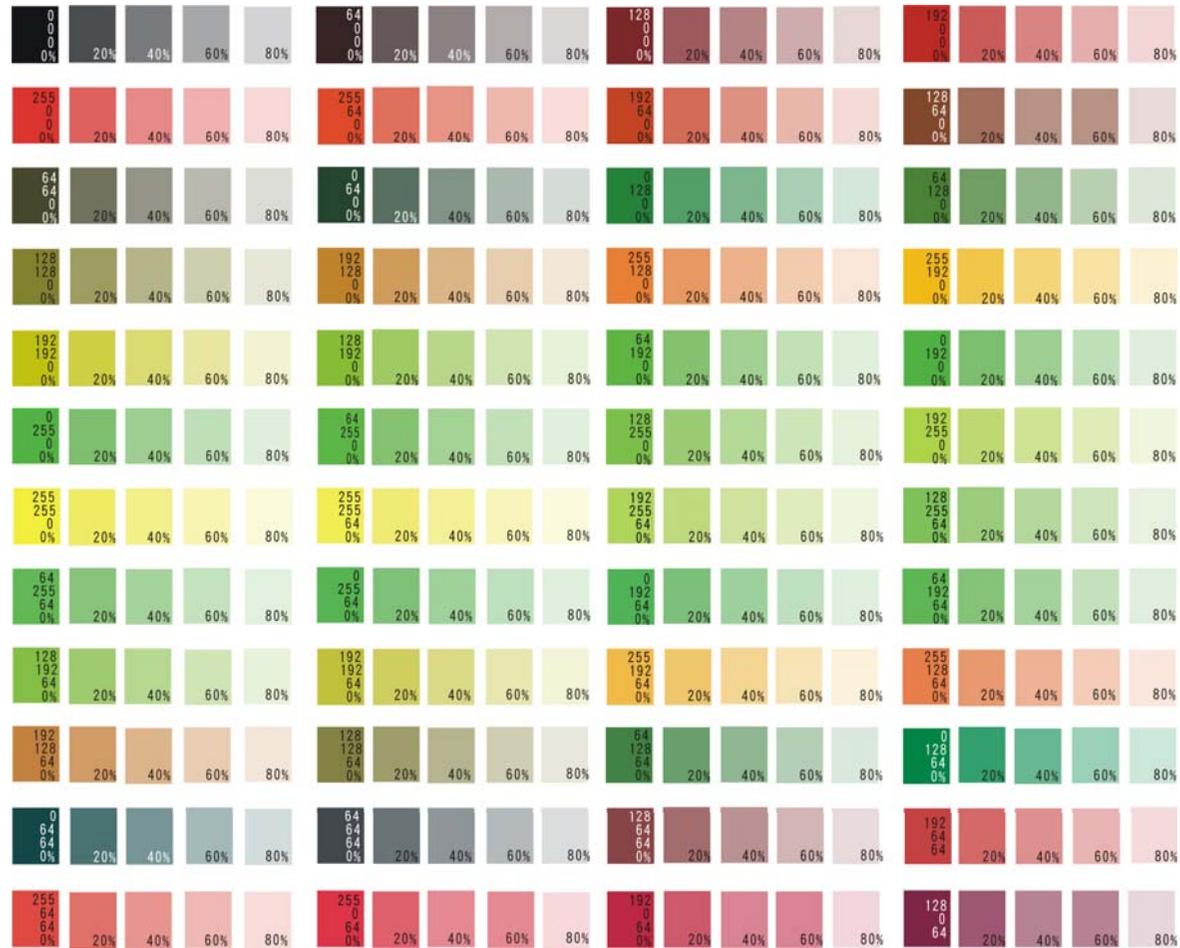
附錄三 透明度樣本

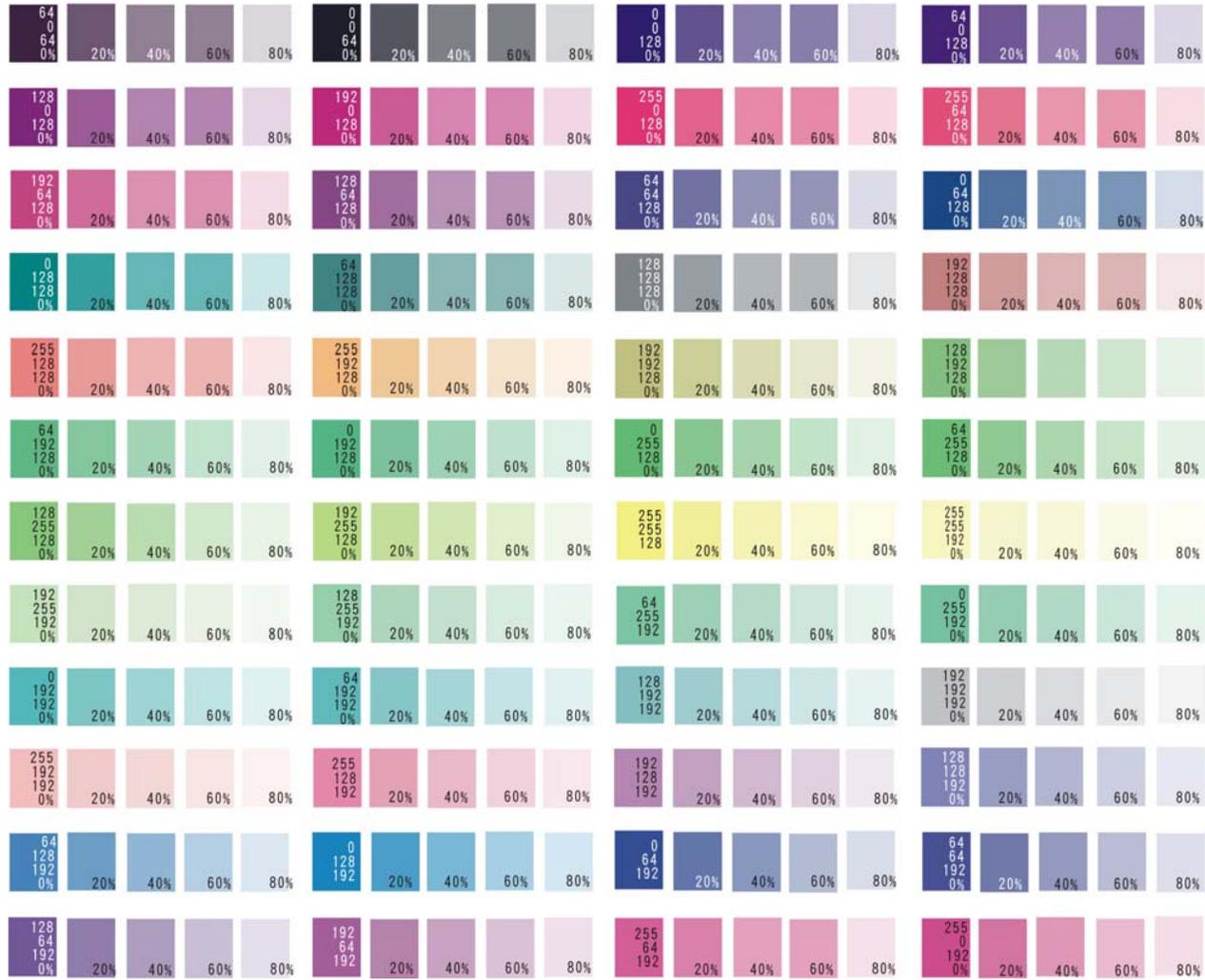


附錄四 色彩樣本

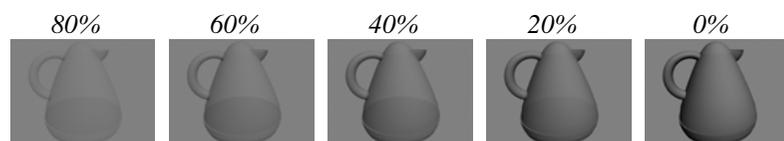


附錄五 色彩與透明度樣本

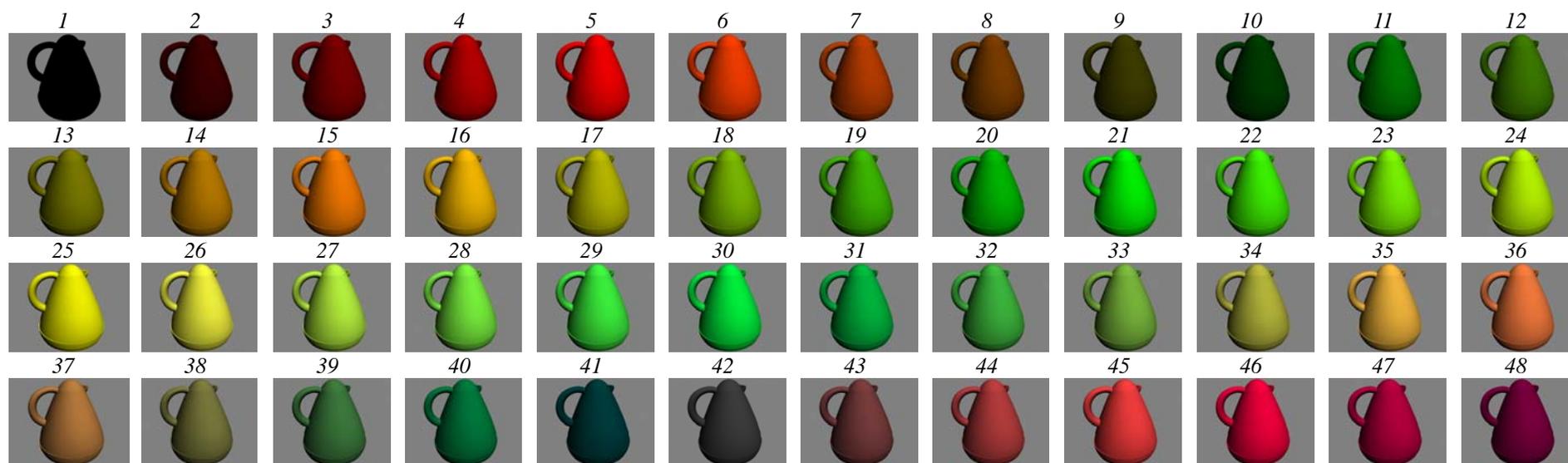




附錄六 透明度 3D 樣本



附錄七 色彩 3D 樣本





附錄八 色彩與透明度 3D 樣本

