

以視覺評量法探討數位影像知覺品質之研究

蔡政旻* 管倖生**

*國立雲林科技大學設計學研究所

ansel.tsai@msa.hinet.net

**國立雲林科技大學視覺傳達設計系

ssguan@yuntech.edu.tw

摘 要

液晶電視已然成為家電市場的必要趨勢，其廣泛的應用也吸引數位影像與平面設計等專業工作者，使之成為創作作品的展示平台。因此，隨之衍生的影像顯示品質議題，亦成為影像與顯示科技產業研究者所關切的重點工作。本研究主要目的，在於透過視覺評量實驗法，探討人們對於液晶電視所知覺的影像品質。實驗採用之影像樣本，為日常生活常見之七大類影像。透過三位設計與色彩領域專家進行焦點小組討論，並針對各類別的影像依據：紅、綠、藍、黃，以及無彩色等色系為影像的挑選基礎。挑選後的 35 張影像，則依據影像物理屬性，包含：影像對比度、影像飽和度、影像銳利度等進行實驗刺激材料之準備，並以便利抽樣方式，針對 7 位具有經常操作「影像處理」經驗的受測者，進行影像品質之視覺評量實驗。實驗結果發現，對比度較高的影像，人們所知覺的影像品質相對優於對比度較低的影像；高飽和度的影像，其影像的知覺品質相對優於低飽和度的影像。此外，評量結果發現，影像銳利度參數與影像銳利度知覺品質評量結果，呈「倒 V」的非線性關係，且影像銳利度參數設定於「+6」與「+8」時，其影像品質明顯優於「+0」、「+18」與「+20」的參數。本研究同時以典型相關分析，進一步探討「影像物理屬性」對「影像知覺品質」之影響。就整體而言，模式一的結果顯示，影像物理屬性有 57.94% 可以解釋影像知覺品質；模式二的結果顯示，影像物理屬性有 47.36% 可以解釋影像知覺品質。因此，影像對比度對於影像知覺品質的影響程度，高於影像飽和度與影像銳利度。本研究所探討「影像物理屬性」與「影像知覺品質」之間的關係已獲得具體的成果，該結果可提供影像設計工作者或液晶電視影像顯示驅動晶元設計與相關研究單位之參考。

關鍵詞：數位影像品質、視覺評量、液晶電視

論文引用：蔡政旻、管倖生(2009)。以視覺評量法探討數位影像知覺品質之研究。《設計學報》，14(3)，73-91。

一、緒論

近年來，使用大尺寸液晶電視展示數位影像與平面設計作品，已漸成為主流趨勢。由於，以往電腦用液晶螢幕(LCD, Liquid Crystal Display)之生產技術與研發成果，已有具體基礎，加上大眾化及低價銷售的市場趨勢，使得大尺寸液晶電視(LCD-TV)逐漸成為現今家用電視的主流¹。因此，維護良好的產品品質，儼然成為數位影像設計研究與顯示科技產業所關切的重點工作之一。特別是，影像顯示品質的良窳，對於產品的銷售更是扮演著舉足輕重的角色。依據 2006 年台灣資策會針對北京、上海、廣州、台灣等地，進行液晶電視購買動機調查，影像品質是消費者購買液晶電視的主要考量因素。而且，甚至高達 96% 的消費者購買液晶電視時會考量影像顯示品質的優劣，參見圖 1²。因此，為了使影像顯示品質與顯示色域，能達到傳統陰極射線管(CRT, Cathode-Ray Tube)電視的顯示水準，許多研究紛紛投入相當多的時間與經費，研究該問題的解決方法與途徑。以往，對於顯示器影像品質評量的研究，除了色彩顯示色域的評估(Cressman, 2004)外，大多數皆著重於影像訊號的傳輸與影像壓縮品質等物理評估模式為主，其所探討的議題仍以液晶顯示器整體光學架構、畫面亮度(Lin, 2005)及均勻度、反應時間(Kim, Park, Chung, Kim, & Kim, 2003)、觀看視角(Samei & Wright, 2006)、觀看環境(Sheedy, Smith, & Hayes, 2005)，以及影像品質演算法等物理特性為研究主軸；相對的，以人因認知為研究基礎，透過視覺主觀評量方法來辨別影像顯示品質或是品質評量指標的建立，則較缺乏系統性與因果性的研究。由於，顯示器最終仍需呈現給人們觀看，對於液晶電視的影像呈現品質而言，除了顯示器光電物理特性的量測與評價之外，如能透過人們的視覺機制來評量影像品質的好壞與否，才是視覺評量的主要課題。

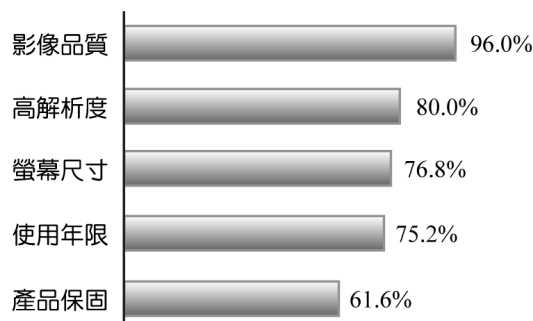


圖 1：消費者購買液晶電視所考量的因素(TFC Info., 2004/3)

有鑑於此，本研究的重點有別於以往影像品質評量之物理量測方法，嘗試以不同的研究取向，以人因工程研究的角度，探討人們主觀知覺的影像品質。主要之研究目的，可分為二：(1)瞭解不同影像物理屬性之參數調整，對人們知覺的影像品質之影響；(2)透過視覺評量方法瞭解不同影像物理屬性，例如：影像對比度、影像飽和度，以及影像銳利度等對人們判定影像品質優劣的影響，以及個別影像物理屬性的影響權重。研究結果，將提供數位影像設計師以及液晶電視色彩驅動晶元之研發單位作為參考，以進一步了解人們對於影像品質的主觀判定標準。

二、文獻探討

Fairchild 等人(2002)指出，影響人們判斷影像品質優劣的因素相當多，其中，包含：影像解析度(resolution)、色彩複製(color reproduction)、雜訊(noise)、影像對比(image contrast)以及影像銳利度(image sharpness)等因素(Fairchild, Hunt, Li, Luo, & Newman, 2002)。Johnson(2005)則認為，影像銳利度

(sharpness)、色彩，以及色調對比度(tone contrast)是較重要的關鍵因素。由於，人們的視覺系統是接收顯示器之影像訊息的最終階段，對於液晶電視的影像呈現品質而言，除了顯示器光電物理特性的量測與評價之外，透過人們的視覺機制來評量影像品質，並藉此探討人眼的視覺評量與物理屬性之間的對應關係，其所得成果應極具參考價值。在文獻探討部份，本研究將分別針對「影像品質研究」與「影像品質之視覺評量」進行討論：

2-1 影像品質研究

以往，生產液晶電視之工業界或研發單位所關切的影像品質之評量方法，主要可分為：「影像物理量測評估」與「影像色彩外貌模式³」兩個面向。前者，主要是將影像所分布的每一個像素之明度、色相、彩度等資料進行物理演算法的計算。近年來，許多研究皆著重於影像品質的物理量測研究，而且，多數皆著重於採用峰值訊雜比(PSNR, Peak Signal to Noise Ratio)演算法(Loia & Sessa, 2005)以及採用根均方差(RMSE, Root Mean Square Error)統計分析工具(Nobuhara, Pedrycz, Sessa, & Hirota, 2006)，進行影像品質評估。由於，「影像物理量測評估」等演算法，著重於計算或評估處理後的影像與原始影像之間的差異與匹配(match)程度，其評估項目皆著重於影像複製的準確性(fidelity)、影像壓縮品質(compress quality)，或影像雜訊(image noise)之處理等議題。對於上述演算法所計算的影像品質結果，可能無法直接推論或應用於人眼所認定的影像品質判定標準。同時，由於影像之物理計量與人們之心理知覺量並非呈線性關係，因此，以 PSNR 與 RMSE 值來描述影像的匹配程度，或是以 CIEL*a*b*、或 CIEXYZ 等數值來描述色彩空間的再現能力，只能應用於數學計量模式之推導，而無法獲得人們對色彩視覺的真實知覺程度。所以，若能以人們的視覺知覺量來描述色彩，則可進一步的預測並了解人們對色彩的知覺感受。

近年來，Fairchild(1998)、MacDonald 與 Luo(2002)等人，以人們的視覺知覺量為基礎，模擬色票在不同觀測環境或不同光源下人們知覺色彩改變的程度，以此建立「色彩外貌模式」。換言之，色彩外貌模式主要目的是將影像所分布的每一個像素之明度、色相、彩度等資料，以物理演算法的方式進行演算法的推導，並應用於不同環境之色彩視覺知覺量的預測。色彩外貌模式除了考量明度及環境的相對照度之外，其主要目的是探討色適應(chromatic adaptation)現象。然而，有別於單一色票之色彩知覺模式，對複雜影像之色彩視覺知覺的探討，著名的代表性研究為：2000 年，由 Fairchild 與 Johnson 等人以 CIECAM97⁴以及 CIECAM02⁵模式為基礎，針對人們視覺知覺特性，修正色外貌模式之參數，發表「影像色彩外貌模式(i-CAM, Image Color Appearance Model)」；其主要目的是，為了提供複雜的靜態彩色影像及觀測環境之色彩視覺知覺預測與演算的精確性。由於，透過該模式之計算可以推估、並預測影像複製的品質，因此，i-CAM 模式被應用於影像色彩外貌模式(Image Color Appearance)的預測、影像顯色(image rendering)、影像品質規格(image quality specification)等方面的研究。透過以上影像研究之發展過程，可以得知，以視覺知覺量的角度，進行影像品質之研究已日漸受到相關研究與應用領域的重視，同時，也藉此勾勒出未來影像知覺品質研究的發展趨勢。然而，就人們所知覺的影像品質之研究範疇而言，本研究所定義之「影像知覺品質」為：透過顯示器所顯示的影像，並由人眼知覺後所感受的主觀品質評價。所以，本研究考量影像知覺品質的議題時，將依據人們之評量結果為品質的判斷標準。

2-2 影像品質之視覺評量方法

以往，有關於影像品質評量項目皆以影像之物理屬性為研究基礎，而且，均著重於影像之色彩、階調、銳利度，以及雜訊為主。以上之評量項目，仍以各種影像處理的演算法為基礎，並透過不同影像物理量的改變與操作，進而量測人們觀看時的主觀反應或喜好。Fairchild 與 Johnson(2002)指出，透過心理

物理法來進行實驗評量，將有助於獲取人們主觀的心理感受，尤其是面對複雜的彩色影像時，實驗的操弄與變數的控制，則相對的重要。此外，由於不同的影像具有不同的物理屬性，當人們接受不同的物理屬性刺激之後，觀看者的知覺過程，會依據不同物理屬性的感覺強度，而給予不同的權重(weighted factor)。Lester(1994)指出，以視覺評量影像品質，包含兩個主要概念，分別為：影像喜好(preference)，以及影像匹配(matching)。前者之概念，著重於觀看者的主觀認知進行影像品質判斷；後者，則必須由複製的影像與原稿影像，透過嚴謹的實驗程序來進行視覺配對，當兩張影像之間的視覺感覺差異越小，或是無法分辨差異時，即稱為：複製的影像品質與原稿達成匹配。Janssen 與 Blommaert(2000)指出，執行影像品質視覺評量定量研究，其影像必需具備：「區別性(discriminable)」以及「可定義性(identifiable)」。

不過，人們於影像品質評量過程，如果，直接以物理特徵，例如：色相、飽和度、銳利度等衡量變項來進行影像評量，則可能會增加受測者評量的困難。尤其，對於大多數未受過影像處理或色彩訓練的使用者而言，上述的物理特徵，並不符合一般使用者對於影像的認知與語意的判斷。對於此種議題，許多研究則嘗試以配對比較法(pair-comparison)或二選一(alternatively)的方式，來進行影像品質評量。不過，此兩種方法個別所隱含的問題，除了使得實驗評量的嘗試(trial)次數增加而影響研究效率之外，亦無法同時衡量多構面的影像品質問題。

洪伯松與管倖生(2007)曾對液晶螢幕之影像品質進行視覺評量，以同時採用比對法(comparison method)、閾限追蹤法(threshold tracking method)與視覺等階評量法(visual scaling method)等三種方法，研究成果發現，比對法以及視覺等階評量法所獲得的結果，較閾限追蹤法相對穩定；同時，該研究亦指出，由於，受測者前後兩次的評量結果之間，無明顯的差異，因此，閾限追蹤法並不適用於影像品質之視覺評量研究。由於，顯示器最終仍需呈現給人們觀看；因此，透過適當的影像品質評量方法，即成為影像品質定量研究相當重要的過程之一。以往，配對比較法主要的執行方式是，受測者必須依據實驗任務，在兩張隨機呈現的影像中進行比較，並逐一評量主觀認定的影像品質。雖然，該方法可以減少受測者操作實驗評量的工作負擔，不過也造成了實驗嘗試數的增加與統計分析的複雜度。有鑒於此，本研究擬透過改良式的配對比較法進行實驗規劃。實驗設計中，除了規劃洪伯松與管倖生(2007)所採用之比對法外，並同時整合等階評量法，以改善上述兩種方法個別應用於影像知覺品質評量實驗的便利性。其中，比對法主要方便受測者於影像品質評量任務，易於比較、參照，並作出判斷；透過等階評量法的李克尺度的衡量，使得受測者於影像品質評量時，可以適當的反應其所知覺的影像品質於程度上的差異分布，同時，也增加統計分析的便利性。

三、實驗設計

以下，針對本研究之實驗規劃、實驗環境設置、影像分類與篩選、實驗影像製作方式與呈現，以及受測者來源等加以說明：

3-1 實驗規劃

本研究以準實驗設計(Quasi-Experiment Design)進行實驗規劃。同時，為有效減少實驗嘗試數以提高實驗效率，評量方法採綜合比對與等階評量兩種方法，並以受測者內設計(Within-Subjects Design)進行實驗程序之設計。亦即，受測者於實驗過程中，分別針對液晶電視隨機呈現的兩張影像，各別作出七階等距尺度的影像視覺品質評量。就資料分析方法而言，採用此法同時可搜集受測者評量所有影像的評量分數。並依據評量之原始分數，一併進行平均數、標準差與變異數分析等統計分析。

3-2 實驗環境設置

實驗採用 Sharp 30 吋 LCD-TV 作為呈現測試樣本之顯示器，其物理解析度為：1280(寬)x 768(高)像素。此外，以 GretagMacbeth Eye-One 進行特性化校正與建立色彩描述檔(ICC profile)。本研究所採用之電腦硬體為：intel Core 2 Duo E6300 處理器，記憶體為：2.0GB DDR-RAM，以及 Matrox P650 128MB 高階顯示介面卡，使用作業系統為：微軟 Windows XP。根據 Kurita 與 Saito(2002)研究發現，人們視覺處理有關影像評量的準確度，會因外在環境光源的增加而有降低的趨勢。因此，本實驗在正式測試過程是在暗室進行實驗，所有的環境光源予以消除，只保留螢幕光源以增加實驗的準確度，參見圖 2，並由主試者協助受測者執行實驗嘗試、實驗與操作之相關說明。

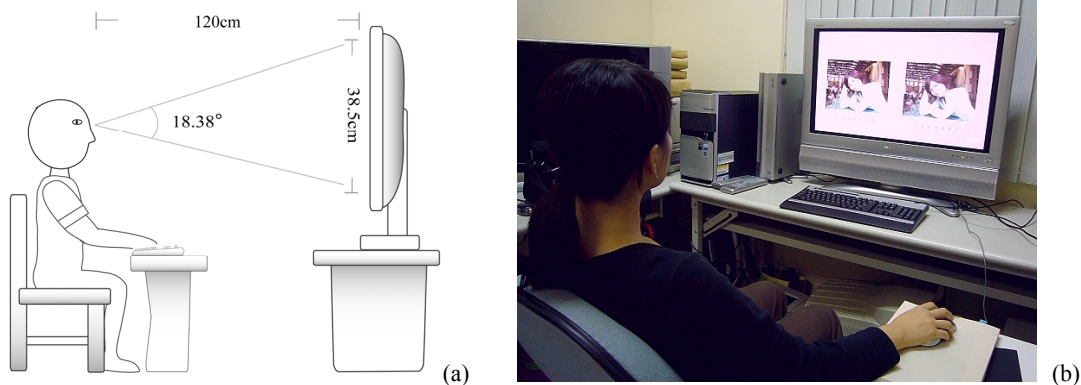


圖 2：實驗環境設置：(a)環境設置側面圖；(b)實驗環境實景圖

3-3 顯示器均勻度測試

顯示器均勻度測試部份：由於，實驗刺激材料分布於螢幕左、右半邊，因此，顯示器亮度呈現是否均勻非常重要，為排除此因素對視覺評量實驗所造成的問題。故本研究同時針對顯示器左、右側於全白畫面之顯示均勻性進行測試；並於左、右兩側各量測五點後，計算平均亮度，參見圖 3。其中，虛線代表面對螢幕的左側，亮度為：458.6 cd/m²；實線代表螢幕右側，同樣量測五次之平均亮度為：453.9 cd/m²。此外，就光源頻譜分布來看，螢幕左、右側在全白畫面之頻譜趨近於一致。因此，該顯示器之左、右側於亮度顯示，應具有均勻性。

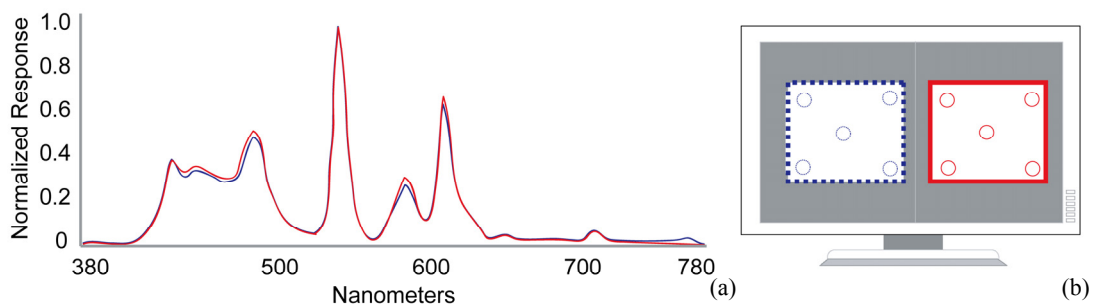


圖 3：顯示器均勻度測試圖：(a) 螢幕光源頻譜分布；(b) 亮度量測區域。

(虛線代表螢幕左側；實線代表右側，量測值 R, G, B= 255, 255, 255)

3-4 影像之分類與篩選

為考量本研究於實驗中所選用之影像類別，能涵蓋日常生活的各種影像類型，本研究依據吳芳儀(2005)所建議之數位影像分類方式，進行影像類別之選用。該研究調查 300 位一般大眾使用數位相機最常拍攝的影像類別，進行排序之所得結果，依序分別是：A.人像類、B.建築類、C.風景類、D.食物類、E.動物類、F.靜物類，以及 G.植物類，共七大類。此外，為符合本研究所關切之影像對比度與色彩飽和度之議題，另外，增加影像主題所分布之主要色系為篩選原則，並依據：紅(R)、綠(G)、藍(B)、黃(Y)等四色系，以及無彩色(W/B)之色彩分類方式進行影像挑選。本研究透過三位設計與色彩領域專家，進行三次焦點小組討論以挑選影像，並依據上述之規則，以七大類別與五種色彩分類方式，決定 35 張影像，參見圖 4。

	R	G	B	Y	W/B
A.人像類	 AR	 AG	 AB	 AY	 AWB
B.建築類	 BR	 BG	 BB	 BY	 BWB
C.風景類	 CR	 CG	 CB	 CY	 CWB
D.食物類	 DR	 DG	 DB	 DY	 DWB
E.動物類	 ER	 EG	 EB	 EY	 EWB
F.靜物類	 FR	 FG	 FB	 FY	 FWB
G.植物類	 GR	 GG	 GB	 GY	 GWB

圖 4：實驗影像(直欄為色彩屬性；橫行為影像類別)

3-5 影像刺激材料製作方式

每一種影像類別依據影像主題，分別有四組主色，即：紅、綠、黃、藍，以及一組相對色彩資訊量較少的影像，每一張影像共有三種不同影像處理方式，即：對比度、飽和度、銳利度，並針對受測者評量結果進行差異分析。其中，「影像對比度」的影像處理部份，本研究分別將 35 張影像(7 類 x 5 張)，透過 Adobe Photoshop CS 軟體，依影像對比度正向與負向各調整 20 個參數單位。由於，每一個參數單位之間的感覺差異量有限，故最後採取每隔兩個參數調整單位為一階。亦即，影像對比度正向、負向各調整十階，參見圖 5，包含原稿共計 21 張影像。然而，就「影像對比度」實驗設計而言，單一實驗嘗試隨機呈現兩張，即螢幕左、右側個別隨機出現一張影像。該兩張影像是同樣的影像內容、但不同對比程度的影像，而且，其對比程度必須具有明顯區別性。因此，左、右側影像的對比參數調整將是一正一負的組合。同時，為考量視覺評量實驗之信度問題，本研究於實驗嘗試分別於螢幕左、右側個別隨機出現

一次未經任何影像處理之影像，即對比度調整參數為 0 的影像，故每一張影像將有 11 次的實驗嘗試。針對對比度實驗嘗試出現順序，本研究舉辦說明，如：表 1 所示。



圖 5：影像對比度調整

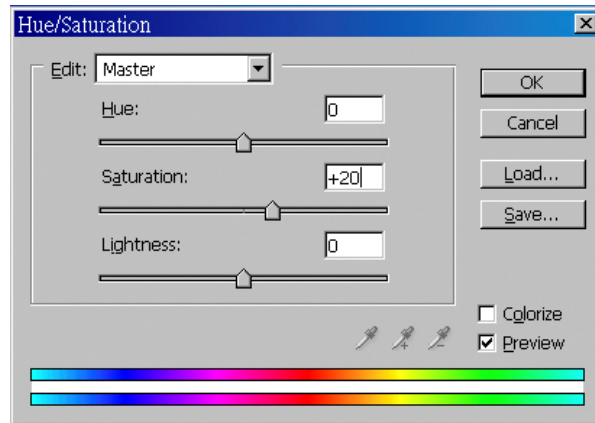


圖 6：影像飽和度調整

表 1：對比度實驗嘗試出現順序舉例說明

實驗嘗試	左側影像	右側影像
1	+2	-8
2	-6	+4
3	+8	-2
4	-4	+18
5	+20	-12
6	-16	+10
7	+12	0
8	-18	+6
9	0	-14
10	-10	+16
11	+14	-20

「影像飽和度」實驗設計與影像對比度實驗一致，如：圖 6 所示。此外，在「影像銳利度」之影像處理部份，則分別將 35 張影像透過 Adobe Photoshop CS 軟體，依影像銳利度正向調整 20 個參數單位，由於，每一個參數單位之間的感覺差異量有限，故最後採取每隔兩個參數調整單位為一階。亦即，影像銳利度正向調整十階，參見圖 7，包含原稿共 11 張影像。然而，就「影像銳利度」實驗設計而言，單一實驗嘗試隨機呈現兩張，即螢幕左、右側個別隨機出現一張影像。該兩張影像是同樣的影像內容、但不同銳利程度的影像。同時，為考量視覺評量實驗之信度問題，本研究於實驗嘗試分別於螢幕左、右側個別隨機出現一次未經任何影像處理之影像，即銳利度調整參數為 0 的影像，故，每一張影像將有 6 次的實驗嘗試。

換言之，每位受測者必須完成三個部份的影像評量實驗，分別為：影像對比度、影像飽和度、影像銳利度，每一個部份皆需評量七類影像，每一類共有 140 次實驗嘗試，其中，包含 55 次的影像對比度品質評量，即 5 張圖 x 11 次的隨機實驗嘗試；55 次的影像飽和度品質評量，即(5 張圖 x 11 次的隨機實驗嘗試；30 次的影像銳利度品質評量，即 5 張圖 x 6 次的隨機實驗嘗試；以上，所有影像類別之呈現，皆以區間隨機(block random)的方式呈現，例如：每位受測者於評量影像時，其影像類別出現的順序，皆以隨機方式呈現。同時，受測者於完成單一部份的影像評量，即可休息約 10 分鐘，完成三個部份的實驗總

時間，約需 90 分鐘。受測者評量每張影像皆以 7 階的李克特量表尺度進行評量，其中，1 表示：非常不同意；2 表示：很不同意；3 表示：有點不同意；4 表示：差不多；5 表示：有點同意；6 表示：很同意；7 表示：非常同意。

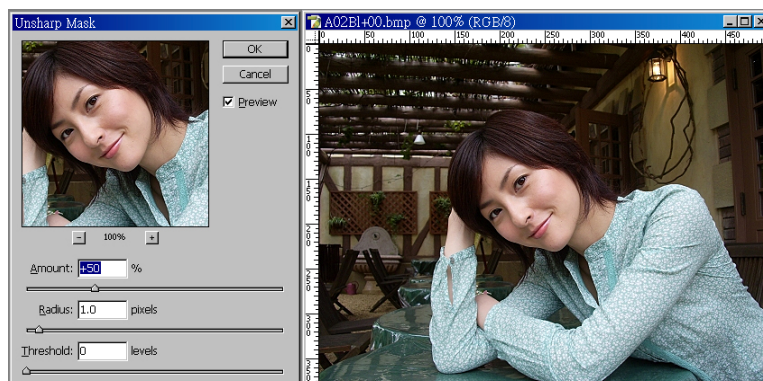


圖 7：影像銳利度調整

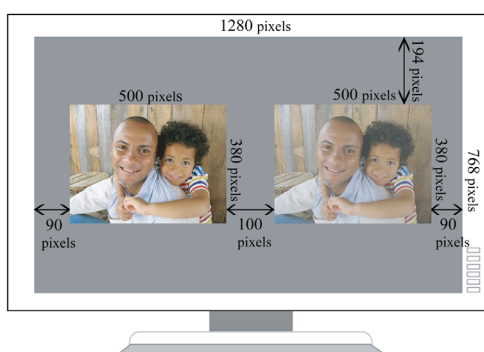


圖 8：實驗視窗

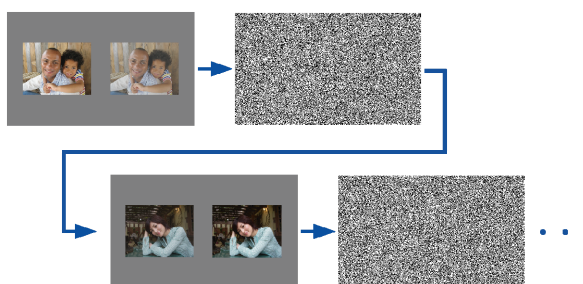


圖 9：實驗嘗試順序

3-6 影像刺激材料呈現設定

實驗視窗規格之設計是透過 Visual Basic 6.0 撰寫實驗程式。螢幕可視區域為：64 x 38.5(公分)，受測者距離螢幕 120 公分的觀看距離，視角設定寬為：30.56 度；高為：18.38 度。解析度設定為：1280 x 768 (像素)以符合螢幕之物理解析度。如：圖 8 所示，單一影像大小設定為：500 x 380 (像素)，視角設定寬為：15.7 度；高為：9.55 度，兩張影像間隔 100 像素(視角 2.4 度)。每個試驗皆隨機呈現兩張影像，其中，背景為中間灰(RGB 值皆設定為 128)。受測者填答影像品質評量之後，螢幕隨即出現由隨機點(random noise)所構成的雜訊畫面，參見圖 9 間隔，避免上一個刺激影像繼續留存在視覺中產生補色殘像(after-image)之效應。

3-7 受測者

受測者以便利選樣方式，針對 7 位具有經常操作「影像處理」相關作業經驗之受測者，以進行本研究之視覺評量。

四、資料分析與結果

本研究探討三種物理屬性，即：影像對比度、影像飽和度、影像銳利度等對影像品質之影響，並以視覺評量實驗，進行影像品質評量。依據實驗所得之評量數據資料進行統計分析，所得結果分別如下：

4-1 影像對比度之影像品質評量分析結果

就影像對比度而言，影像品質評量所得結果，呈顯著差異($F_{(20, 5124)}=106.893, p<.001$)。進一步進行 Tukey HSD 事後檢定，以了解影像對比度每一階的參數變化與影像品質之間的關係。事後檢定結果顯示，對比度調整參數於「+2」至「+20」之間的影像品質，並無明顯差異。而從參數「0」開始到所有的負向參數與參數「+2」至「+20」所反應的影像品質，則有明顯的不同，參見表 2。因此，該結果意味著「正向」的對比度調整參數之間的影像品質，沒有不同，參見表 2 分群 8；但正向參數的影像品質都優於負向參數；相對地，「負向」的對比度調整參數愈低，影像品質則愈低。特別是，參數值在「-20」、「-18」與「-16」的影像品質，明顯低於其它的負向參數，參見第 83 頁圖 10。

表 2：影像對比度之影像品質評量 Tukey HSD 事後檢定

對比度	分群							
調整參數	1	2	3	4	5	6	7	8
-20	3.51							
-18	3.61	3.61						
-16	3.64	3.64						
-14		3.89	3.89					
-12			4.04	4.04				
-10			4.08	4.08				
-8			4.18	4.18	4.18			
-6				4.36	4.36	4.36		
-4					4.44	4.44		
-2						4.52	4.52	
0							4.81	
+2								5.23
+14								5.26
+10								5.26
+8								5.29
+6								5.31
+16								5.32
+18								5.32
+4								5.33
+12								5.38
+20								5.54
顯著性	.999	.289	.239	.079	.365	.988	.208	.114

4-2 影像飽和度之影像品質評量分析結果

就影像飽和度而言，影像品質評量所得結果多數，皆呈顯著差異($F_{(20, 5124)}=94.982, p<.001$)。事後檢定的結果顯示，飽和度調整參數於「+8」至「+20」之間的影像品質，並無明顯差異，但當參數調整為：「+20」時的影像品質，會明顯優於「+6」到「-20」之間的參數，參見表 3 分群 1 至分群 9；另外，參數從「+2」至「+20」的影像品質，會明顯優於參數從「-2」至「-20」的參數。這樣的結果意味著，正向參數的飽和度，會明顯優於負向參數，而在正向參數的飽和度中，參數在「+8」以上的影像品質，是沒有差異的，參見表 3 分群 11。

表3：影像飽和度之影像品質評量Tukey HSD事後檢定

飽和度	分群										
調整參數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
-20	3.90										
-18	4.03	4.03									
-16	4.11	4.11	4.11								
-14		4.31	4.31	4.31							
-12			4.35	4.35	4.35						
-10				4.53	4.53	4.53					
-8				4.58	4.58	4.58					
-4					4.65	4.65	4.65				
-6						4.69	4.69				
-2							4.89	4.89			
0								5.13	5.13		
+2									5.33	5.33	
+4									5.40	5.40	
+6									5.40	5.40	
+8										5.49	5.49
+18										5.50	5.50
+12										5.52	5.52
+10										5.54	5.54
+14										5.55	5.55
+16										5.58	5.58
+20											5.73
顯著性	.731	.114	.376	.209	.064	.973	.376	.346	.188	.243	.334

4-3 影像銳利度之影像品質評量分析結果

就影像銳利度而言，綜合 35 張影像品質評量所得結果，呈顯著差異($F_{(10, 2684)}=6.040, p<.001$)。因此，透過 Tukey HSD 事後檢定，以了解影像銳利度每一階變化與影像品質之間的關係。其中，影像銳利度調整參數於「+2」至「+16」時的影像品質評量結果，並無差異，參見表 4 分群 4；反之，當參數調整為：「+0」、「+18」與「+20」時，影像品質評量結果相對較差。同時，影像銳利度參數與影像銳利度知覺品質評量結果，呈「倒 V」的非線性關係，參見下頁圖 12；而且，影像銳利度參數於「+6」與「+8」時，其影像品質相對優於參數調整為：「+0」、「+18」與「+20」的影像品質。

表4：影像銳利度之影像品質評量Tukey HSD事後檢定

銳利度	分群			
調整參數	1	2	3	4
+20	4.44			
+18	4.51	4.51		
+0	4.57	4.57	4.57	
+16	4.69	4.69	4.69	4.69
+2	4.76	4.76	4.76	4.76
+14	4.76	4.76	4.76	4.76
+12	4.78	4.78	4.78	4.78
+4		4.83	4.83	4.83
+10			4.89	4.89
+8				4.95
+6				5.01
顯著性	.063	.071	.093	.071

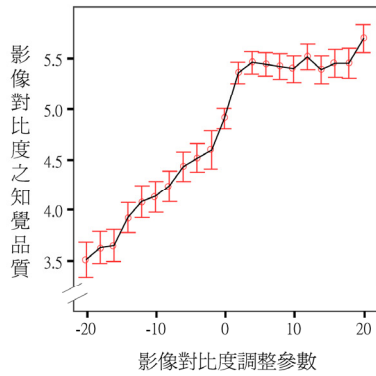


圖 10：影像對比度之知覺品質
評量結果分布圖

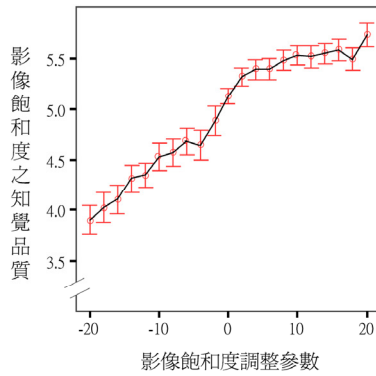


圖 11：影像飽和度之知覺品質
評量結果分布圖

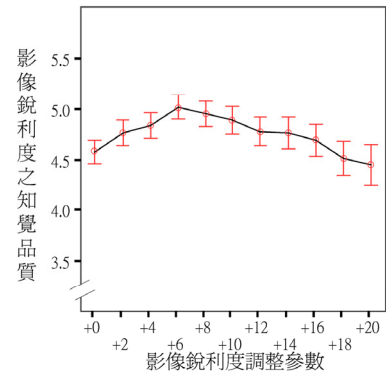


圖 12：影像銳利度之知覺品質
評量結果分布圖

4-4 影像對比度與影像飽和度之「影像知覺品質」相關分析

整體而言，在 35 張影像對比度評量實驗中，有 32 張影像的評量所得結果，皆呈現高對比度的影像品質，優於低對比度的影像品質。於影像飽和度評量實驗，有 33 張影像的評量所得結果，皆呈現高飽和度的影像品質，優於低飽和度的影像品質。透過相關分析結果發現，影像對比度與影像飽和度的視覺影像品質評量結果的平均數，具有相當高的正相關($r=.993$)。亦即，影像對比度的品質評量結果愈高，其影像高飽和度的品質評量結果也就愈高，參見圖 13。此外，若針對各類別影像對比度與影像飽和度知覺品質之相關分析結果發現，不同的影像類別，其影像對比度與影像飽和度之知覺品質，皆具有正向相關性。

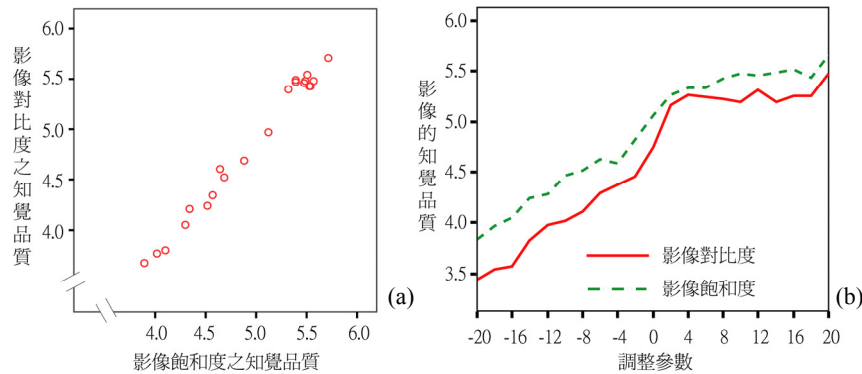


圖 13：影像對比度知覺品質與影像飽和度知覺品質之相關分析($p<.0001$)：

(a) 影像對比度與影像飽和度之相關分析圖； (b) 不同的影像調整參數所對應之影像品質評量結果

4-5 「影像物理屬性」影響「影像知覺品質」之模式建立

為進一步瞭解影像物理屬性對影像知覺品質的影響，以及不同物理屬性對影像知覺品質的對應關係，本研究透過 SAS 9.0 統計軟體，進行典型相關分析與建立相關模式⁶。典型相關分析方法之主要目的，除了可針對多個依變數及自變數進行線性組合的相關性分析，計算各變數所對應的權重(α_i 和 β_i)，且可分析自變數與依變數之間相互解釋的能力(mutual interpretation)。由於，本研究主要是探討影像物理屬性對人們所影像知覺品質的影響，因此，將影像物理屬性個別進行標準化之後，設定為典型相關分析中的自變數，影像知覺品質則設定為依變數。

1. 典型相關分析之適合度檢定(Test of appropriate)：於相關分析矩陣中有 66.66%(超過 50%)的 r 值大於 0.3。相關分析矩陣當中的 p 值皆達顯著(超過 50%)，因此，適合進行典型相關分析(Hair, Black, Babin, Anderson, & Tatham, 2006)。
2. 典型相關分析模式之判定：典型相關分析結果模式一，參見表 5， V_1 有 33.57%的變異量可被 W_1 解釋；模式二， V_2 有 22.43%的變異量可被 W_2 解釋；模式三， V_3 有 0.3%的變異量可以被 W_3 解釋。若依據 Squared Canonical Correlation (R^2)判斷標準，需為大於 10%(Hair *et al.*, 2006)。因此，典型相關模式一($p<.001$)與模式二($p<.001$)的典型相關函數，得以成立。
3. 典型相關分析模式之成立：依據典型相關分析所得結果，參見表 6，影像物理屬性對影像知覺品質成立模式一與模式二的典型相關分析模式。於模式一，影像物理屬性與影像知覺品質有 57.94%的顯著正相關($p<.001$)。於模式二，影像物理屬性與影像知覺品質有 47.36%的顯著正相關($p<.001$)。

表5：影像物理屬性對影像知覺品質之典型相關分析表

典型相關模式	典型相關係數	R^2	F-Statistic	p -value
一	0.5794	0.3357*	375.91	<.0001**
二	0.4736	0.2243*	303.01	<.0001**
三	0.0561	0.0032	13.98	0.0002**

* : Canonical R^2 值大於 0.1, ** : $p < .05$

表6：典型相關分析模式一之典型相關分析函數表

典型相關函數	典型相關分析變數	Canonical Cross Loading	Squared Multiple Correlations
影像物理屬性(W_1)	對比度調整參數(Co_{phy})	0.5297*	28.06%
	飽和度調整參數(Sa_{phy})	0.2586	6.69%
	銳利度調整參數(Sh_{phy})	-0.0589	0.55%
影像知覺品質(V_1)	對比度知覺品質(Co_{psy})	0.5369*	28.83%
	飽和度知覺品質(Sa_{psy})	0.2729	7.45%
	銳利度知覺品質(Sh_{psy})	-0.1472	2.17%

* : Cross Loading 係數值大於 0.3

表7：典型相關分析模式二之典型相關分析函數表

典型相關函數	典型相關分析變數	Canonical Cross Loading	Squared Multiple Correlations
影像物理屬性(W_2)	對比度調整參數(Co_{phy})	-0.1901	31.67%
	飽和度調整參數(Sa_{phy})	0.4195*	24.29%
	銳利度調整參數(Sh_{phy})	-0.0452	0.35%
影像知覺品質(V_2)	對比度知覺品質(Co_{psy})	-0.1671	31.62%
	飽和度知覺品質(Sa_{psy})	0.4178*	24.90%
	銳利度知覺品質(Sh_{psy})	0.0620	2.55%

* : Cross Loading 係數值大於 0.3

4. 典型相關分析函數權重(Canonical Function Weight)：依據典型相關分析結果得知，已分別成立 V_1 與 V_2 的典型相關分析模式，其模式的函數權重值，分別如下：

$$V_1 = 0.6905 Co_{psy} + 0.3216 Sa_{psy} - 0.087 Sh_{psy} \quad \text{式1}$$

$$W_1 = 0.0731 Co_{phy} + 0.0307 Sa_{phy} - 0.0115 Sh_{phy} \quad \text{式2}$$

$$V_2 = -0.3533 Co_{psy} + 0.74716 Sa_{psy} - 0.0803 Sh_{psy} \quad \text{式3}$$

$$W_2 = -0.0379 Co_{phy} + 0.07958 Sa_{phy} + 0.0072 Sh_{phy} \quad \text{式4}$$

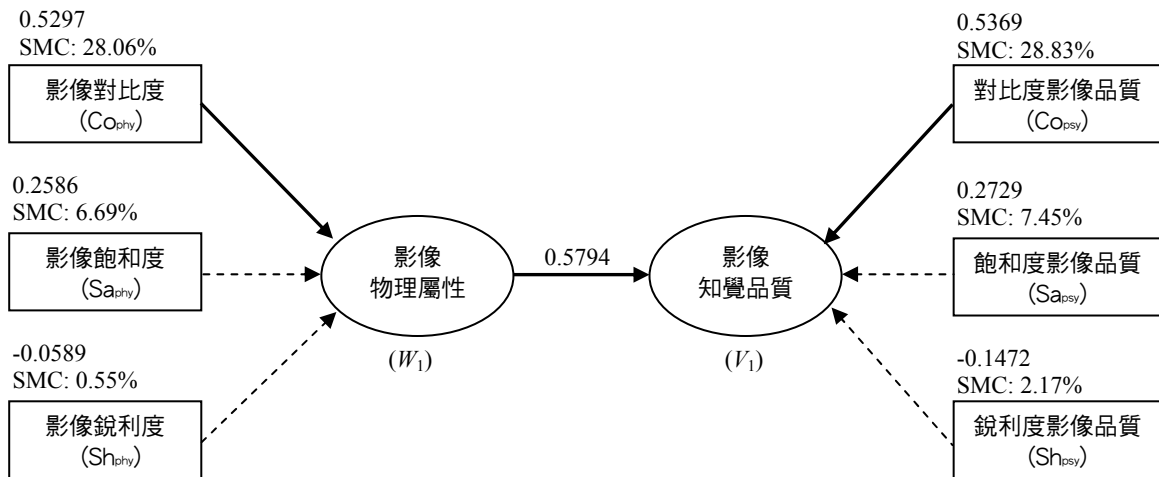


圖 14：典型相關分析模式一：影像物理屬性對影像知覺品質之典型相關模式圖

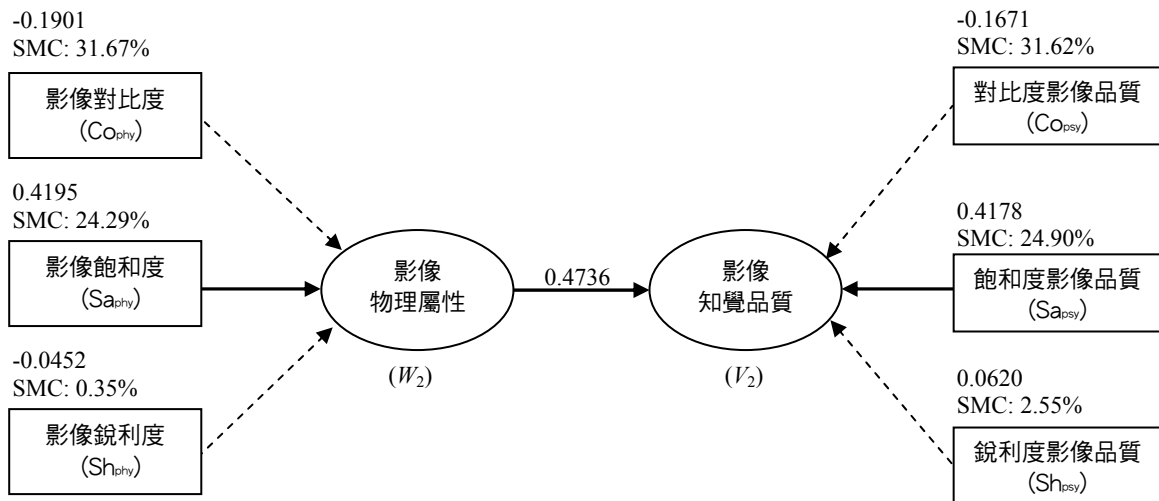


圖 15：典型相關分析模式二：影像物理屬性對影像知覺品質之典型相關模式圖

本研究針對影像物理屬性與影像知覺品質，進行典型相關模式之建立。本研究透過典型相關分析之後，建立兩個典型相關模式，分別為：模式一與模式二。於典型相關分析模式一，參見圖 14，影像物理屬性中的影像對比度，對人們所知覺的影像品質分析結果顯示，影像對比度有 52.97% 可以被影像物理屬性解釋；相對的，人們於評量影像對比度實驗有 53.69% 可以對應於所知覺的影像品質。同時，就人們於對比度影像品質評量實驗，所知覺的影像品質有 28.83% 的變異量可以被影像的物理屬性所解釋。整體而言，本研究所建立的典型相關分析模式一，如：式 5 所示。

$$V_1 = 0.5794W_1 \tag{式5}$$

於典型相關分析模式二，參見圖 15，影像物理屬性中的影像飽和度對人們所知覺的影像品質分析結果顯示，影像飽和度有 41.95% 可以被影像物理屬性解釋；相對的，人們於評量影像飽和度實驗有 41.78% 可以對應於所知覺的影像品質。同時，就人們於飽和度影像品質評量實驗所知覺的影像品質有 24.90% 的變異量，可被影像的物理屬性所解釋。整體而言，本研究所建立的典型相關分析模式二，如：式 6 所示。

$$V_2 = 0.4736W_2 \tag{式6}$$

4-6 研究結果

本研究透過影像對比度、影像飽和度與影像銳利度三部份的視覺評量實驗，結果發現，不同類別影像於不同影像對比度、影像飽和度與影像銳利度，皆有不同的評量結果。整體而言，不同物理因子條件下，其所反應的影像品質皆有所差異。不過，在影像對比度與影像飽和度的視覺評量實驗發現，高對比度或高飽和度的影像，其影像品質皆優於低對比度或低飽和度的影像。在影像銳利度的實驗所得結果，呈「倒 V」曲線，亦即較低或較高的銳利度，皆會影響人們所知覺的影像品質。影像銳利度參數設定於「+6」與「+8」時，其人們所知覺的影像品質將有優於其他的銳利度參數的趨勢。綜合整體的研究結果，在 35 張影像對比度評量實驗，共有 32 張影像的評量所得結果，皆呈現高對比度的影像品質優於低對比度的影像品質。於影像飽和度評量實驗，有 33 張影像的評量所得結果，皆呈現高飽和度的影像品質優於低飽和度的影像品質。同時，就影像對比度與影像飽和度的視覺影像品質評量結果，具有相當高的正相關。此外，透過典型相關分析，以進一步探討影像物理屬性對影像知覺品質之影響。結果發現，就模式一而言，影像物理屬性有 57.94% 可以解釋影像知覺品質；模式二的結果顯示，影像物理屬性有 47.36% 可以解釋影像知覺品質。就此部份的結果顯示，影像對比度對於影像知覺品質的影響程度，高於影像飽和度與影像銳利度。

五、結論與討論

影像品質之心理因素的探討至今，尚無明確的定論，對於影像之物理屬性與人們所認知的影像品質之間的關係，仍處於探索性研究的階段，從人們複雜的視覺系統與認知處理獲取穩定的反應數據與集中趨勢，確實必須經過嚴謹的視覺評量實驗與資料分析方法。本研究主要重點是針對影像之物理屬性與人們所知覺的影像品質之間的關係進行探討，而且，已獲得具體的成果。

5-1 調整「影像物理屬性」參數對「影像知覺品質」之影響

綜合本研究實驗所得結果發現，整體而言，對比度或飽和度較高的影像，其影像知覺品質相對較高。換言之，人們對於調高對比度或調高飽和度之後的影像，其所知覺的影像品質結果，呈顯著的正相關。不過，若原始影像之內容物的色彩飽和度相對偏高或偏低，則有相反的影像品質評量結果。此外，在影像銳利度評量部份，影像銳利度的參數調整與知覺的影像品質評量間，呈「倒 V」字形的關係，且影像銳利度參數設定於「+6」時，為最佳的影像品質。該結果與 Lin 和 Gai 以及 Kassim(2007)研究影像銳利度與視覺影像品質評量結果，有部份的相似點。特別是，影像銳利度的參數調整與視覺影像品質評量結果間，可明顯獲得峰值(倒 V 字形的端點)，而且該端點(影像品質最佳時)並非是原稿影像。不過，整體而言，在本研究的 35 張影像，有超過三分之二的影像之評量結果顯示，不同影像銳利度調整參數之間所反應的影像品質結果，未達顯著差異。本研究推論主要原因之一：人們較不易於以銳利度的概念進行評量，因此，使得評量結果產生較大的變異量。同時，相較於 Lin 等人(2007)的研究設定的 6 階的影像銳利度的參數調整，即可獲得明顯的顯著差異；本研究採用 10 階的調整階數，仍有三分之二的影像，未能呈顯著差異。因此，主要原因之二：可能是透過不同銳利度調整函數，以及每一階的銳利度調整變量的不同，而有不同的結果。

5-2 影像物理屬性之權重

有別於以往影像品質評量研究，多數仍著重於探討單一物理屬性對於影像知覺品質的影響；本研究進一步釐清對比度、飽和度與銳利度等三項物理屬性，個別對於影像知覺品質之解釋能力，亦即個別用

於解釋影像知覺品質之貢獻程度。透過典型相關分析所得結果發現，經過對比度與飽和度調整後的影像，對於影像知覺品質評量結果的影響，遠高於影像銳利度的調整。依據典型相關分析所建立的影像物理屬性影響影像知覺品質模式雛形；模式一，表示本研究所探討的三項影像物理屬性有將近六成(57.94%)可以解釋影像知覺品質，而且，影像對比度可以代表 52.97%的影像物理屬性；模式二則是表示，本研究所探討的三項影像物理屬性有 47.36%可以解釋影像知覺品質，而且，影像飽和度可以代表 41.95%的影像物理屬性。整體而言，影響人們知覺影像品質的影像物理屬性，仍以影像對比度調整參數，為主要的影響因子。而且，相對於影像對比度與影像飽和度的參數調整，影像銳利度對影像知覺品質的解釋能力較低。換言之，影像對比度、飽和度與銳利度等三項物理屬性，影響人們判斷影像知覺品質評量的程度，分別為：對比度>飽和度>銳利度。

以往，有關於影像品質之視覺評量研究，皆選用較少的影像樣本，對於實驗結果的外部效度，仍有待考驗。因此，本研究特別在影像類別，選用人們於日常生活常見之七大類影像，並針對各類別的影像，依據紅、綠、藍、黃，以及彩色量較少的影像為本研究的影像樣本分布，以增進實驗結果之外部效度與實務應用之廣度。此外，相較於 Fedorovskaya 和 Ridder 以及 Blommaert (1996)的研究，以 $CIEa^*b^*$ 進行影像彩度與對比度的調整，本研究採用影像處理軟體 Photoshop 內建的功能參數調整方法，除了可直接提供影像處理工程師於調整影像對比度、飽和度與銳利度之參考，對於數位影像設計與創作的應用層面，仍然具有相當程度的實質助益。同時，透過本研究所得之具體成果，可提供視覺傳達設計、數位影像設計工作者，以及液晶電視研發單位與色彩驅動晶片的工程師，進一步了解人們對於影像品質的判定標準。

致謝

本研究特別感謝行政院國家科學委員會專題計畫經費補助(NSC 97-2410-H-224-018)以及中華民國台灣薄膜電晶體液晶顯示器產業協會(TTLA)張凱傑經理、王聖博先生、賴岳益先生提供寶貴建議與技術支援，使本研究得以順利完成。

註釋

- ¹ 依據(DisplayResearch, 2008)統計,2007 年全年全球大尺寸(10 吋以上)的 TFT LCD 面板出貨達 3 億 9,700 萬片,相較於 2006 年度的 2 億 8,400 萬片出貨量,大幅成長 40%(DisplayResearch, 2008)。
- ² 參考自美國 TFC info.公司,於 2004 年 3 月調查液晶電視購買因素報告(<http://www.tfcinfo.com/>)
- ³ RIT Munsell 色彩科學實驗室 Johnson(2005)對色外貌模式作了廣義的定義:色外貌模式(Color Appearance Model)是用人們的視覺知覺量(例如:brightness, lightness, colorfulness, chroma 以及 saturation)來描述色彩數值(例如:luminance 以及 tristimulus values of a stimulus)的一種方法。
- ⁴ CIE 於 1997 年所發表的 CIECAM97s (CIE TC1-34),是經由多組受測者的訓練測試資料(Training Data Set)的評量後,而產生的色彩視覺知覺量預測模式,該模式之預測能力被認為是當時最為準確者,而且,也廣受運用於不同的色彩領域與學術研究的引用(MacDonald, 1999)。
- ⁵ CIE2002 年所提出之 CIECAM02(TC9-01)主要是為了修正 CIECAM97 的色適應矩陣係數問題(Fairchild et al., 2002),其與 CIECAM97s 之間最大的差異,是 CIECAM02 可以大幅提升彩度方面的預測能力,同時,CIECAM02 亦考量人們視覺知覺特性,將色彩物理量與人們的視覺知覺量修正為線性方程式,使得模式之演算可反向推導,並進行驗證。Johnson (2005)指出,在跨越不同的觀測環境下,CIECAM02

應該可以精確的預測出對於同一個相同影像的色彩資訊之轉換結果。

⁶ 為進行典型相關分析，本研究將影像對比度、飽和度與銳利度三項影像物理屬性個別進行標準化處理。亦即將原為等階尺度的參數調整值，轉換為比例尺度之參數調整量的百分比，進行典型相關分析之統計分析。

參考文獻

1. Cressman, W. S. (2004). *Calibrated colour mapping between LCD and CRT displays: A case study*. Vancouver: University of Simon Fraser.
2. Display Research. (2008). Quarterly global TV - LCD and plasma TV panel shipments. *Display Research*. Retrieved November 14, 2008, from <http://www.displaysearch.com/>
3. Fairchild, M. D. (1998). *Color appearance models*. MA: Addison-Wesley.
4. Fairchild, M. D., Hunt, R. W. G., Li, C. J., Luo, M. R., & Newman, T. (2002). The CIECAM02 color appearance model. In *Proceeding of the 10th IS&T/SID Color Imaging Conferences* (pp. 23-27). Scottsdale: Society for Imaging Sciences and Technology.
5. Fairchild, M. D., & Johnson, G. M. (2000). Sharpness rules. In *Proceeding of the 8th IS&T/SID Color Imaging Conferences* (pp. 24-30). Scottsdale: Society for Imaging Sciences and Technology.
6. Fairchild, M. D., & Johnson, G. M. (2002). Meet iCAM: A next-generation color appearance model. In *Proceeding of the 8th IS&T/SID Color Imaging Conferences* (pp. 33-38). Scottsdale: Society for Imaging Sciences and Technology.
7. Fedorovskaya, E. A., Ridder, H., & Blommaert, F. J. (1996). Chroma variants and perceived quality of color images of natural scenes. *Color Research and application*, 22(2), 96-110.
8. Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., Anderson, R. E., & Tatham, R. L. (2006). *Multivariate data analysis* (6th ed.). NJ: Englewood Cliffs, Prentice Hall.
9. Janssen, T. J. W. M., & Blommaert, F. J. J. (2000). *A computational approach to image quality*. *Displays*, 21, 129-142.
10. Johnson, G. M. (2005). The quality of appearance. In *Proceeding of 10th Congress of the International Colour Association* (pp. 303-308). Granada: International Colour Association.
11. Kim, T.-C., Park, S.-J., Chung, B.-Y., Kim, C., & Kim, S.-W. (2003). Design of a response time accelerator for an LCD panel. *Journal of the Korean Physical Society*, 43(5), 858-862.
12. Kurita, T., & Saito, A. (2002). A characteristic of the temporal integrator in the eye-tracing integration model of the visual system on the perception of displayed moving images. In *Proceeding of the IDW'02 conference VHF2-1* (pp. 1279-1282). Hiroshima: International Display Workshops.
13. Lester, A. A. (1994). *Color reproduction of CRT displayed image as projected transparencies*. New York: Institute of Technology Rochester.
14. Lin, C. C. (2005). Effects of screen luminance combination and text color on visual performance with TFT-LCD. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 35(3), 229-235.
15. Lin, W. S., Gai, Y. L., & Kassim, A. A. (2007). Perceptual impact of edge sharpness in images. *IEE Proc.-Vis. Image Signal Process*, 153(2), 215-223.
16. Loia, V., & Sessa, S. (2005). Fuzzy relation equations for coding processes of images and videos. *Information Sciences*, 171(1-3), 145-172.

17. MacDonald, L. (1999). Framework for image sharpness management system. In *Proceeding of the 7th IS&T/SID Color Imaging Conferences* (pp. 75-79). Scottsdale: Society for Imaging Sciences and Technology.
18. MacDonald, L., & Luo, M. R. (2002). *Colour image science-exploiting digital media*. New York: John Wiley & Sons.
19. Nobuhara, H., Pedrycz, W., Sessa, S., & Hirota, K. (2006). A motion compression / reconstruction method based on max t-norm composite fuzzy relational equations. *Information Sciences*, 176(17), 2526-2552.
20. Samei, E., & Wright, S. L. (2006). Viewing angle performance of medical liquid crystal displays. *Medical Physics*, 33(3), 645-654.
21. Sheedy, J. E., Smith, R., & Hayes, J. (2005). Visual effects of the luminance surrounding a computer display. *Ergonomics*, 48(9), 1114-1128.
22. 吳芳儀 (2005)。心理因素影響影像色彩喜好之研究。未出版之碩士論文，國立雲林科技大學視覺傳達設計研究所，雲林縣。
23. 洪伯松、管倖生 (2007)。液晶顯示器呈現動態影像品質之視覺評量法研究。《科技學刊》，16 (2) ，153-164。

A Study on Perceptual Digital Image Quality by Visual Assessment Method

Cheng-Min Tsai* Shing-Sheng Guan**

* Graduate School of Design, National Yunlin University of Science & Technology
ansel.tsai@msa.hinet.net

** Department of Visual Communication Design, National Yunlin University of Science & Technology
ssguan@yuntech.edu.tw

Abstract

Not only has the LCD-TV become more popular in our life, but it also has been used to display digital image and graphic design by artists and designers. Thus, researchers of the image and display technology industry regard the image quality as an important issue in recent years. Therefore, this study focuses on the perceptual image quality of LCD-TV by visual assessment method. Seven types of image samples were set for the experiment, each of which included four images of primary color (red, green, blue and yellow) and one image of less saturation. Finally, 35 images were used in the experiment of image quality judgment. Each of these images had been systematically controlled in contrast, saturation and sharpness effects by using 'Adobe Photoshop' software. For example, in terms of contrast effect, images ranged from original image (zero) to positive twenty levels and from original image to minus twenty levels each of which differs in 2 levels. Seven subjects' data of visual judgment were collected for further analysis. Results of the ANOVA showed a significant main effect of 'visual judgment' without respect to contrast and saturation of image. When the image contrast is higher, the image quality is better than others, and when the saturation is higher, the image quality is better than others. In addition, the correlation between sharpness of image and image quality is 'Nonlinear' as like as an 'invert-V'. The quality of image samples from the positive sharpness levels 6 and 8 are significantly better than levels 0, 18, and 20. Results of the Canonical Correlation Analysis showed that physical attribute could explain 57.94% of the perceived image quality in model 1, and 47.36% in model 2. So, the effect of contrast or saturation of image is higher than that of sharpness of image in the influence of perceived image quality. In conclusion, this study explored the relationships between physical attribute (e.g., contrast and saturation of image) and perceived image quality. It is expected that the results obtained from the study can provide

engineers and designers of the LCD-TV color chips with a better understanding of humans' subjective perceptions on image quality.

Keywords: Image quality assessment, Visual assessment, LCD-TV.