

高齡者對 PDA 彩色文字之視認度研究

李傳房

國立雲林科技大學工業設計系
e-mail:leecf@yuntech.edu.tw

(收件日期:93年08月27日;接受日期:94年03月16日)

摘要

以 PDA 螢幕為研究載具，探討高齡者對彩色文字之視認度為本研究的目的。本研究針對 65 歲以上的 40 位高齡者 (71 ± 5.5 歲) 與 40 位年輕族群 (24.5 ± 2.8 歲)，進行不同文字色與背景色的色彩組合，與字級大小之文字視認度的實驗。以 HSB 色彩系統為依據，選用的色彩之色相值分別為 0、30、60、90、120、150、180、210、240、270、300、330 (彩度與亮度值皆設定為 100)，與無彩度的黑色、白色，共計 14 種顏色。文字則選擇常用的 6 筆畫的細明體，共 45 字；字級從 8pt 至 16pt 共 9 種，作為實驗用字。從研究結果得知，受測族群與字級大小對文字的視認度具有顯著性的影響。尤其色相為紅色 (H 值 = 0)、綠色 (H 值 = 120)、藍色 (H 值 = 240) 與其相鄰的色彩作為 PDA 彩色文字的視認度趨近於零。另一方面，色相值從 30 至 180 的色彩範圍，其文字與背景的色彩組合的平均視認錯誤率比其他範圍高；同時在此範圍的色彩組合，高齡族群比年輕族群有較明顯的高視認錯誤率。整體而言，文字與其背景的色彩組合之視認度，與其舒適度的主觀評價具有一致性的變化趨勢。從高齡者的觀點，排除紅色、綠色、藍色與其相鄰的色彩組合，當字級為 12pt 之六筆畫的中文細明體字，應可滿足 PDA 彩色文字之通用設計的需求，使全體使用者的平均視認錯誤率降至 10% 以下。

關鍵詞：高齡者、彩色文字、視認度、PDA

一、緒論

目前世界上許多國家都面臨人口結構高齡化的問題[29]，在生活上或在工作上，如何提供無操作障礙的產品給高齡者使用，是各國所面臨的共同問題。若能提供無障礙的產品給高齡者使用，許多高齡者不但可以自立生活，並可以減少醫療與照護的社會成本[14]。同時，隨著微電子科技的進步，設計優良的資訊產品是可以增進高齡者生活上的便利性與社會互動的機會[13]；但高齡者對於一般資訊產品的操作，只會使用其簡單的基本功能[20]。因為隨著年齡的增加，造成生理與心理機能的衰退，使高齡者不易操作產品的介面，其主要問題點可歸納為運動、知覺與認知等三個面向[24]；雖然，每一面向牽涉的因素非常廣泛且複雜，但視知覺能力的衰退為非常重要的原因。吾人隨著年齡的增加，視覺機能將產生很大的變化[1,4,7,17,18,21,25]，例如：高齡者因虹膜內的 melanin 細胞減少與血管阻塞，虹膜的肌肉彈性降低，造成瞳孔對光線的調節能力降低，使得暗適應的時間增加；因水晶體的調節能力降低，近點距離變大，形成遠視；視網膜的錐體細胞與桿體細胞隨著年齡的增加而減少，又高齡者的水晶體因磨

且黃變化，且使光線的透過率降低，與色彩的辨識能力也降低。所以，瞭解高齡者視覺機能的特性，將有助於視覺相關的介面設計。

在資訊產品設計方面，TFT-LCD (thin film transistor-liquid crystal display) 螢幕因其具有體積小、無輻射、不閃爍與無反光等優點，具有比 CRT (cathode ray tube) 螢幕有較高的使用績效與使用者滿意度 [22,28]；所以，TFT-LCD 螢幕目前被運用在許多電子資訊產品設計上，已成為當今產品顯示介面的主流。過去探討 CRT 與視知覺相關的介面設計的研究非常多，例如有文字的種類、字型與字體大小 [10,11,12]，及文字與背景的明暗、色彩的對比 [16,30]、與螢幕的解析度 [12] 等研究主題。因為 CRT 與 TFT-LCD 在色彩顯示有許多相異之處，不能將 CRT 的研究成果直接應用在 TFT-LCD 上。從人因設計的觀點，高解析度的 TFT-LCD 螢幕具有較高的易讀度與使用者滿意度 [19,33]；其文字與背景的明暗對比影響視覺績效，受測者較喜好亮底暗目標的呈現方式，其目標與背景亮度對比愈高，視覺辨識能力愈好 [2,22]。但前述的研究，都是以年輕人為受測對象，目前有關高齡者操作 TFT-LCD 螢幕的研究則非常少 [26]。但 TFT-LCD 螢幕已成為當今資訊產品顯示介面的主流，在面對高齡化社會的來臨，高齡者使用資訊產品也已逐漸增加，所以必須重視高齡者操作 TFT-LCD 螢幕相關的研究。從通用設計 (Universal Design) 的觀點，若適合高齡者使用的 TFT-LCD 螢幕的介面設計，相信該產品也能滿足於其他使用者的操作需求 [15]。

尤其在資訊化的時代裡，許多資訊都是透過視覺化來傳達，而資訊視覺化的主要元素有色彩、文字、圖像等。過去對 TFT-LCD 彩色螢幕的研究，大多只限定於幾種彩色文字與其背景對比的探討 [22,28]，在設計應用上仍有不足之處。尤其高齡者的水晶體因黃變化，造成其對色彩的辨識能力降低 [3,34]。為了使 TFT-LCD 的介面設計能更容易被高齡者所使用，本研究將進一步探討高齡者使用 TFT-LCD 彩色螢幕時，在不同色彩組合、字級大小的彩色文字的視認性。另一方面，小型 TFT-LCD 彩色螢幕被運用在許多產品上，PDA (Personal Digital Assistant, 如圖 1 所示) 即為其中之一產品類別。且，近年 PDA 被應用在工作、娛樂、醫療等範疇上，為一典型的資訊產品，為求實驗結果可應用在類似的產品上，選擇 PDA 作為實驗載具。所以，探討高齡者對 PDA 彩色文字之視認度 (legibility) 為本研究的目的。

二、研究方法

2-1 實驗設計

本研究的自變數：受測族群、字級與文字與背景的色彩組合。受測族群有高齡者與年輕人兩組。字級大小有 8、9、10、11、12、13、14、15、16pt 等共 9 種。色彩樣本有 14 種 (如表 1 所示)，可分別為背景色或文字色，進行交叉組合，共產生 182 種色彩組合為實驗之用。每位受測者需完成 1632 (= 9 x 182) 個彩色文字視認實驗。研究使用之載具為市售產品 Compaq iPAQ H3850c Pocket PC (如圖 1 所示)，其具有半透反射式液晶顯示器 (TFT-LCD)，解析度為 240*320，65536 色，畫素間距 0.24mm。有關受測族群、字級與色彩組合的詳細說明如以下章節的內容。

2-2 受測族群

本研究的受測族群有 65 歲以上之高齡者，平均年齡為 71±5.5 歲，男性 29 位與女性 11 位，共 40 位為實驗組；另有平均年齡為 24.5±2.8 歲的年輕人，男性 20 位與女性 20 位，共 40 位為對照組。所有的受測者皆具有小學以上的教育程度；且實驗之前，利用色盲表與近視視力量表篩選受測者，本研究之 80 位受測者均無色盲。因近視視力量表為白底黑字的印刷物，上面印有由小到大各級的中文字，讓受測者閱讀，可確保所有受測者皆能閱讀中文字，與其視力正常或校正後視力在 0.8 以上 [11]。

2-3 色彩組合

為探討高齡者對 PDA 彩色字之視認度，本研究選擇以使用者為導向的 HSB 之色光系統作為取樣的依據；將 HSB 色光系統之彩度（S）與亮度（B）值皆設定為 100，因色相（H）的數值範圍為 0-360，以 30 為一間隔，即分別選取 0(H)、100(S)、100(B) (=360、100、100)；30、100、100；60、100、100；90、100、100；120、100、100；150、100、100；180、100、100；210、100、100；240、100、100；270、100、100；300、100、100；330、100、100 共 12 色。在本研究中，各色彩分別以其色相的數值表示之，即分別以 0、30、60、90、120、150、180、210、240、270、300、330 表示其色彩樣本；再加上常用之無彩色的黑色（0、0、0；以 B 表示之）、白色（0、0、100；以 W 表示之）兩色；本研究採用之 14 種色彩樣本，經色度分析儀（Photo Research, PR650）進行測色，分別在 CIE 色彩系統的對應值如表 1 所示。以此 14 個色彩樣本為背景色或字色，進行交互組合，產生 182 種組合為實驗的色彩樣本。

2-4 文字樣本

因中心字的筆畫數越少，其視認度越高[5,12]；為降低字筆畫數對視認度的影響，本研究以筆畫密度為 15% 以下之 6 劃字，作為中心字取樣的依據。將《常用國字標準字體表》[8]與《國小學童常用字詞調查報告書》[9]兩者交集之 6 筆劃字構為二分類之字作為本研究的實驗用字，即「交、仿、伙、伊、林、伏、件、任、份、光、乳、全、其、冰、列、印、吉、吐、各、合、吃、地、好、她、如、奇、守、守、安、尖、忙、托、收、早、朵、次、此、汙、汙、池、百、肌、及、名、仰」，共 45 字。字體則選用視認度高，且電腦常用之內定字型「細明體」[12]。

因在 50cm 視距之下，高齡者能視認清楚字級的視角約為 35.6 弧分（相當於 15pt）。本研究同樣也以高齡者為受測對象，為能測試較大的字級範圍，因此最大的字級樣本設定為 16pt（38.8 弧分）；而最小字級的樣本，則採視窗作業系統常用的 8pt；所以本研究選用的字級樣本分別為 8、9、10、11、12、13、14、15、16pt 等共 9 種，範例如圖 1 之右側圖所示。

2-5 實驗程序

實驗時，模擬一般的作業環境將照度控制在 400-550 lux 之間[1]，並避免螢幕有反射光。受測者眼睛與螢幕中心點呈 10 度俯角，視距為 30cm。受測者下坐靠在固定座上，以控制俯角與視距（如圖 2 所示）。實驗方式為每次隨機呈現一組不同的字色彩與背景色的組合，字級由小而大，從 8pt 至 16pt 逐漸增加（如圖 1 所示），每位受測者需由左至右逐字唸出畫面中每組色彩組合之 9 個不同字級的「交」字字音。本研究採錯誤查記制，當受測者念錯字音時，則記錄該字為視認不佳者。正式實驗之前，先向每位



字交如列次印收汗名

圖 1 實驗載具 (左) 與字顯示範例 (右)



圖 2 實驗情境

受測者說明實驗的目的及操作方式，並讓其操作兩次的測試畫面，以確定受測者理解實驗的操作方式。之後，所有受測者皆需完成 182 組不同的文字色彩與背景色組合的實驗，每有一色彩組合的實驗完成時，受測者需再回答對於該色彩組合之舒適度的主觀評價；舒適度的主觀評價分為 5 階段，即分別為「5-非常舒適」、「4-舒適」、「3-普通」、「2-不舒適」、「1-非常不舒適」。

2-6 實驗數據分析

本研究探討對不同年齡層的受測族群與字級大小對 PDA 彩色文字之視認度的影響，故以視認錯誤率與舒適度的主觀評價來評量其視認度。古人因工程學上有第 5 與第 95 百分位數的觀念；但從通用設計的觀點，為考慮大多數人皆能夠辨識的色彩組合；因為考慮高齡者之間的生理機能個別差異較大，所以，本研究的實驗結果以平均視認錯誤率高於 10% 的色彩組合，即為不符合通用設計的色彩組合（如圖 3 至圖 11，以灰色表示），其餘的色彩組合（如圖 3 至圖 11，以白色表示）為視認度高於 90% 的色彩組合。

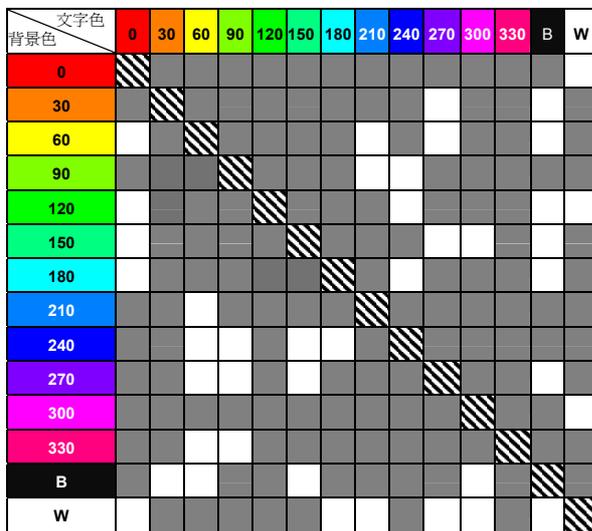


圖 3 高齡族群 8pt 字級之錯誤率分佈

灰色區域表示視認錯誤率高於 10% 的色彩組合；白色區域表示視認錯誤率低於 10%（即視認度高於 90%）的色彩組合，以下各圖說明皆相同。

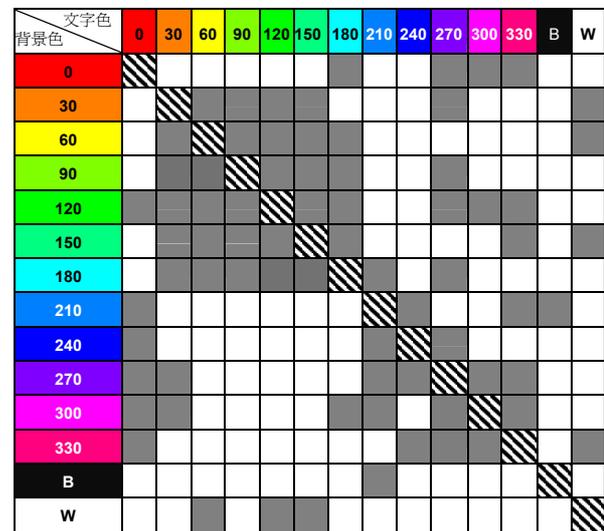


圖 4 高齡族群 9pt 字級之錯誤率分佈

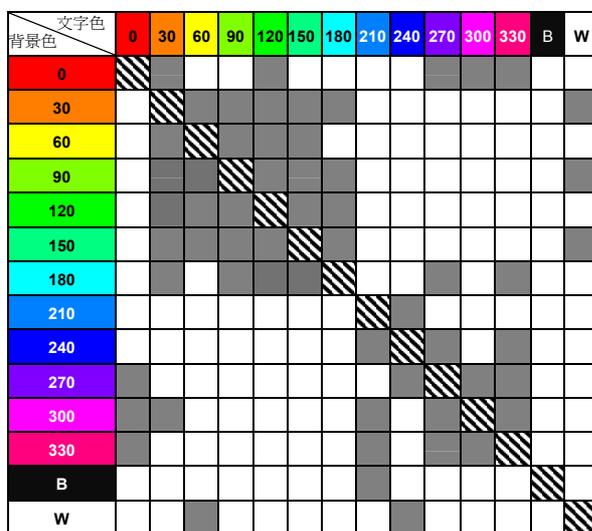


圖 5 高齡族群 10pt 字級之錯誤率分佈

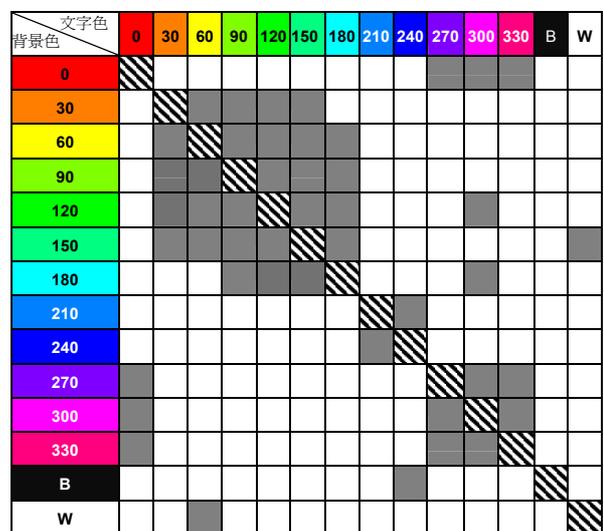


圖 6 高齡族群 11pt 字級之錯誤率分佈

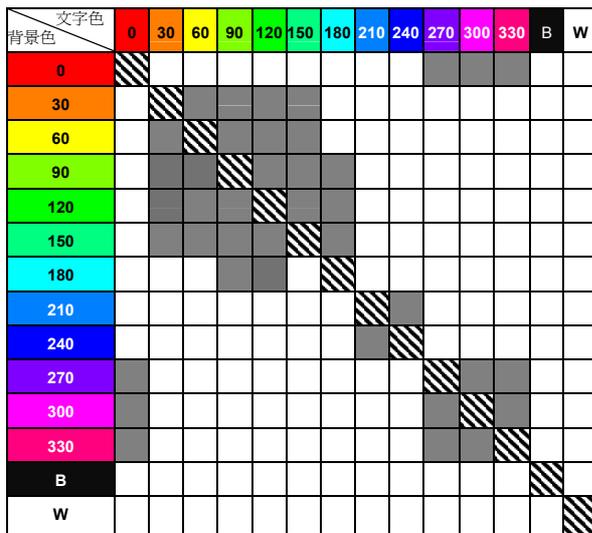


圖 7 高齡族群 12、13pt 字級之錯誤率分佈

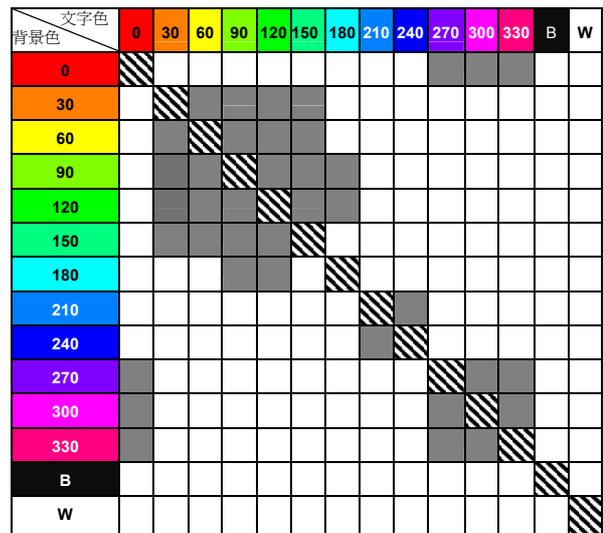


圖 8 高齡族群 14、15、16pt 字級之錯誤率分佈

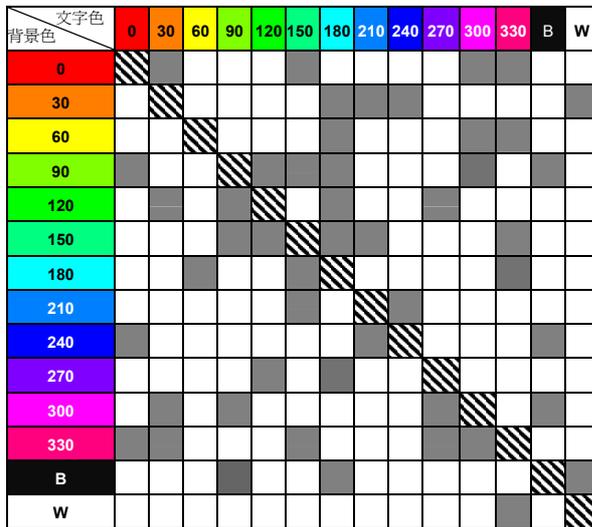


圖 9 年輕族群 8pt 字級之錯誤率分佈

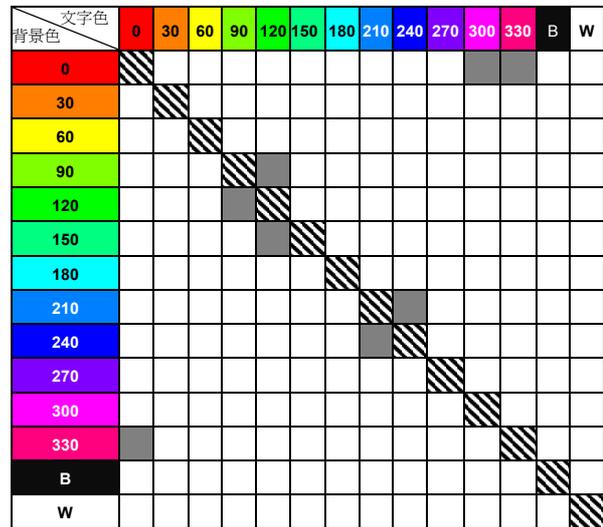


圖 10 年輕族群 9pt 字級之錯誤率分佈

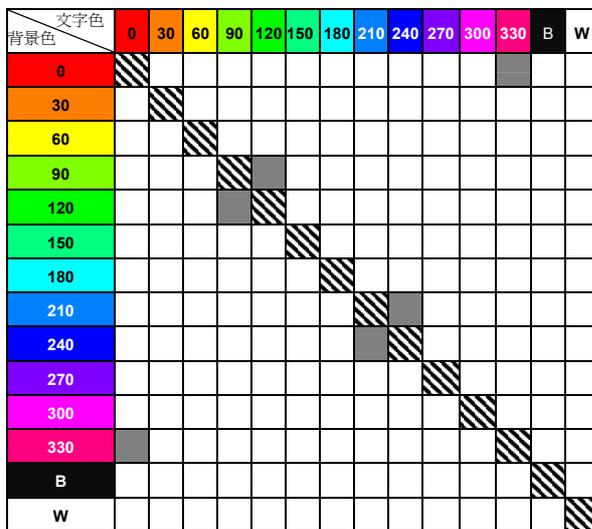


圖 11 年輕族群 12-16pt 字級之錯誤率分佈

表 1 實驗色彩樣本

HSB	CIE 色彩系統			
	L*	a*	b*	C*
0	61.9	44.4	-3.5	44.5
30	83.6	13.5	19.1	23.4
60	86.0	-6.8	23.8	24.8
90	80.4	-25.0	22.5	33.7
120	80.5	-25.5	22.2	33.8
150	86.2	-28.2	1.0	28.2
180	79.7	-25.9	-19.1	32.2
210	58.3	-9.8	-47.1	48.1
240	58.0	-8.5	-47.8	48.6
270	68.7	17.5	-36.8	40.8
300	69.7	35.3	-21.9	41.6
330	62.9	46.2	-4.4	46.4
B	37.8	8.4	-27.7	29.0
W	100.0	0.0	0.0	0.0

如前所述，本研究以視認錯誤率與舒適度的主觀評價來評量不同色彩組合文字之視認度。但本研究的文字與其背景的色彩組合共有 182 種組合之多，無法執行其變異數分析，只計算每種色彩組合的平均視認錯誤率，與檢討其值是否大於 10%；如前所述，本研究中所平均視認錯誤率大於 10% 即為不符合通用設計的色彩組合。因本研究的受測族群為受測者間因子，字級為受測者內因子；所以，先針對受測族群作 t 檢定，再分別針對高齡族群與年輕族群的字級作單因子變異數分析與事後比較 (LSD 法)，其檢定結果以 $p < 0.05$ 表示自變數對其依變數有顯著性的影響。因本研究為便利從色相環中選擇色彩樣本，採用 HSB 色系作為色彩取樣的依據，色相 (H) 以 30 為一間隔，選取 12 種色彩，其彩度 (S) 與亮度 (B) 值皆設定為 100；但實際顯示在 PDA 螢幕上的色彩樣本的明度皆有差異 (如表 1 所示)，根據相關文獻 [2, 22, 23, 32]，明度對比會影響對文字的視認度，所以本研究進一步分析各文字與背景的色彩組合之明度差值 (文字色彩的明度值減背景色彩的明度值)；最後，以 Person 法檢定視認錯誤率與舒適度、明度差值之間的相關性。

三、實驗結果

經本研究的統計檢定結果得知，在任何字級條件之下，高齡族群的平均視認錯誤率皆高於年輕族群 ($t(3274) = 265.66, p < 0.001$)。另一方面，字級大小對視認錯誤率也有顯著性的影響 (高齡族群： $F(8, 1629) = 15.22, p < 0.001$ ；年輕族群： $F(8, 1629) = 5.01, p < 0.001$)；經事後比較的結果 (如表 2 所示) 得知，高齡族群在字級 8pt 時的平均錯誤率為最高，其次為字級為 9pt 與 10pt 時的平均錯誤率，以字級為 13pt 至 16pt 時的平均錯誤率為最低；且，高齡族群在字級 8pt 與 9pt 時的平均錯誤率會高於字級在 11pt 與 12pt 時的平均錯誤率。對年輕族群而言，在字級為 8pt 時的平均錯誤率會高於 9pt 到 16pt 所有字級的平均錯誤率。整體而言，隨著字級逐漸增加，視認錯誤率會逐漸降低；尤其高齡族群的平均錯誤率從 30.0% (字級 8pt 時) 大幅降為 18.4% (字級 9pt 時)，再逐漸降低趨近於 10% (字級 13pt 與 14pt 時)、或 10% 以下 (字級 15pt 與 16pt 時)；年輕族群的平均錯誤率從 12.9% (字級 8pt 時) 降為 4.3% (字級 9pt 時)，當字級大於 10pt 時，其平均錯誤率皆小於 4%。

表 2 高齡族群與年輕族群之字級的變異數分析結果 (表內數值為視認錯誤率的平均值，單位：%)

字級	8pt	9pt	10pt	11pt	12pt	13pt	14pt	15pt	16pt	p 值	事後比較
高齡族群 平均視認 錯誤率	30.0	18.4	16.4	12.8	12.1	10.2	10.0	8.7	9.1	$p < 0.001$	8pt > 9pt, 10pt > 13pt - 16pt 8pt, 9pt > 11pt, 12pt
年輕族群	12.9	4.3	3.6	3.7	3.5	3.6	3.6	3.4	3.5	$p < 0.001$	8pt > 9pt - 16pt

從表 3 的結果得知，隨著字級逐漸增加，平均視認錯誤率高於 10% 的色彩組合數量會逐漸降低。尤其高齡族群的錯誤率高於 10% 的色彩組合數量由 140 組 (字級 8pt 時) 大幅降為 73 組 (字級 9pt 時)，再逐漸的降低為 40 組以下 (字級 12-16pt 時)。參考圖 7 與圖 8，當字級大於 12pt 時，高齡族群不容易辨識的色彩組合大多分佈在黃色系與綠色系、紅色系與紫色系、藍色系之間的組合。

表 3 各字級之視認錯誤率超過 10% 的色彩組合數量 (單位：組)

字級大小	8pt	9pt	10pt	11pt	12pt	13pt	14pt	15pt	16pt
視認錯誤率超 過 10% 的色彩 組合數量	高齡族群 140	73	58	46	39	39	38	38	38
	年輕族群 49	8	6	7	6	6	6	6	6

參考圖 9、10、11 與表 3，隨著字級逐漸增加，年輕族群的錯誤率高於 10% 的色彩組合數量由 49 組（字級 8pt 時）降為 8 組（字級 9pt 時），再逐漸降為 6 組（字級 12-16pt 時）。整體而言，年輕人的高視認錯誤率的色彩組合分佈於綠色、藍色與紫色的組合（如圖 11 所示），其實際的色彩組合分別為 330/0（表示文字/背景的色彩組合、以下皆同）、0/330、120/90、90/120、240/210、210/240；這 6 組的實際視認錯誤率為（或接近）100%，合計佔整體平均視認錯誤率的 3.3%（ $=6/182 * 100\%$ ）。

表 4 為各色彩組合間之明度差值，其表內的數字加粗線者表示文字與其背景色之間的明度差值較小者（絕對值小於 10），其分佈位置大致與高齡者之高視認錯誤率（如圖 7、圖 8）的分佈近似。根據 Person 法做相關性的檢定結果，平均視認錯誤率與明度差值之間具有顯著的負相關性（ $p < 0.001, n=182$ ）；其相關係數在高齡者為 -0.57 ，顯示兩者之間有中等程度的負相關性，也就是說高齡者明度差值小的色彩組合，其文字視認容易發生錯誤；但在年輕族群的相關係數為 -0.26 ，顯示兩者之間只有弱的負相關性。

表 5 呈現兩受測族群各色彩組合之舒適度的主觀評價值。整體而言，兩族群舒適度的評價上，其趨勢大致相同。又，表 5 內的數字加粗線者表示受測者的舒適度評價為「1-非常不舒適」或「2-不舒適」的程度，即舒適度評價較低的色彩組合分佈在黃色系與綠色系、紅色系與紫色系等色彩組合內。明度差值與舒適度之間具有顯著的正相關性（ $p < 0.001, n=182$ ），其相關係數在高齡者為 0.75、在年輕族群為 0.76；所以，明度差值與舒適度之間具有非常高的相關性。

四、討論

本研究從高齡使用者的觀點，以 HSB 之色光系統作為實驗調查的依據，探討 PDA 彩色文字之視認度。在何種實驗條件之下，高齡族群的平均視認錯誤率皆高於年輕族群。但隨著字級逐漸的增加，兩受測族群的平均錯誤率的降幅趨勢不同。如表 2 所示，高齡族群的平均視認錯誤率從 30.0%（字級 8pt 時）大幅降為 18.4%（字級 9pt 時），再逐漸的降低為 12.1%（字級 12pt 時）、10% 以下（字級 15-16pt 時）。若扣除六組不可視認的色彩組合（參考下段的說明）的平均視認錯誤率（3.3%），當字級為 11pt 時，高齡族群的平均視認錯誤率可降至 10% 以下。再參考表 2，當字級 8pt 時，年輕族群的平均視認錯誤率為 12.9%；當字級大於 10pt 時，其平均錯誤率皆小於 4%。如前所述，若扣除六組不可視認的色彩組合之平均視認錯誤率（3.3%），當字級為 10pt 時，年輕族群的平均視認錯誤率可降至 1% 以下。因高齡族群文字級為 11pt 時，其視認錯誤率超過 10% 的色彩組合的數量較多且分散（參考表 3 與圖 6）；當字級大於 12pt 以上時，其高視認錯誤率的色彩組合較為集中（參考圖 7）。所以，排除上述的六組不可視認的色彩組合，當字級為 12pt 之六筆畫的中心細明體字，應可滿足高齡者使用 PDA 彩色文字的需求，相同的設計當然也能滿足年輕族群的使用需求；換言之，可滿足 PDA 彩色文字之通用設計的需求，使全體使用者的平均視認錯誤率降至 10% 以下。

過去對螢幕的彩色文字研究，大多只限定於幾種彩色文字與其背景對比的探討[5, 22, 23, 27, 28]，其結果仍不能滿足設計上的需求。本研究選取 14 種色彩（含黑色與白色）為樣本，進行背景色或文字色的交互組合，共計 182 種之實驗的色彩樣本。參考圖 3 至圖 11，330/0、0/330、120/90、90/120、240/210、210/240 之色彩組合的實際視認錯誤率為（或接近）100%；這六組色彩組合的色相為紅色（H 值=0）、綠色（H 值=120）、藍色（H 值=240）與其相鄰色相值分別為 330、90、210 的色彩，這說明分別以紅色、綠色、藍色與其相鄰的色彩作為文字或其背景的色彩組合，對本研究的所有字級的「字」之視認度趨近於零，為不可視認的色彩組合。這結果可對照 Lee et al.[21]的研究成果：在電腦螢幕上，受測者（含高齡族群）在紅色、綠色、藍色與其鄰近色彩之間的辨色能力較弱（需較大的色差才能辨識）。參考此研究結果，在設計上，即不建議以同色調的紅色系、綠色系或藍色系分別作為文字與其背景的色彩組合。但對於其他色彩樣本，只要提高文字的「字級」，尤其年輕族群仍可辨識相鄰色彩組合的文字（如圖 11 所示）。

表 4 各色彩組合間之明度差異值

(表內加粗線者，其數值的絕對值≤10)

背景色 \ 文字色	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	B	W
0		-21.7	-24.2	-18.5	-18.6	-24.3	-17.8	3.6	3.9	-6.8	-7.9	-1.0	24.1	-38.1
30	21.7		-2.4	3.2	3.1	2.6	4.0	25.4	25.6	14.9	13.9	20.7	45.8	-16.4
60	24.2	2.4		5.7	5.5	-0.1	6.4	27.8	28.1	17.3	16.3	23.2	48.2	-14.0
90	18.5	-3.2	-5.7		-0.1	-5.8	0.7	22.1	22.4	11.7	10.6	17.5	42.6	-19.6
120	18.6	-3.1	-5.5	0.1		-5.7	0.9	22.3	22.6	11.8	10.8	17.6	42.7	-19.5
150	24.3	2.6	0.1	5.8	5.7		6.5	27.9	28.2	17.5	16.5	23.3	48.4	13.8
180	17.8	-4.0	-6.4	-0.7	-0.9	-6.5		21.4	21.7	11.0	9.9	16.8	41.9	-20.3
210	-3.6	-25.4	-27.8	-22.1	-22.3	-27.9	-21.4		0.3	-10.5	-11.5	-4.6	20.5	-41.7
240	-3.9	-25.6	-2.8	-22.4	-22.6	-28.2	-21.7	-0.3		-10.7	-11.8	-4.9	20.2	-42.0
270	6.8	-14.9	-17.3	-11.7	-11.8	-17.5	-11.0	10.5	10.7		-1.0	5.8	30.9	-31.3
300	7.9	-13.9	-16.3	-10.6	-10.8	-16.5	-9.9	11.5	11.8	1.0		6.8	31.9	-30.3
330	1.0	-20.7	-23.2	-17.5	-17.6	-23.3	-16.8	4.6	4.9	-5.8	-6.8		25.1	-37.1
B	-24.1	-45.8	-48.2	-42.6	-42.7	-48.4	-41.9	-20.5	-20.2	-30.9	-31.9	-25.1		-62.2
W	38.1	16.4	14.0	19.6	19.5	13.8	20.3	41.7	42.0	31.3	30.3	37.1	62.2	

表 5 兩族群對各色彩組合之舒適度平均值

(表內加粗線者，其數值≤2)

背景色 \ 文字色	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	B	W
0		3.4	3.6	3.5	3.4	3.4	3.0	2.9	2.8	1.8	1.6	1.0	3.4	4.3
30	高齡													
30	年輕	3.0	3.6	3.3	3.1	3.1	2.5	2.3	2.5	1.6	1.4	1.1	3.2	3.7
60	高齡	3.4		1.5	2.0	2.0	2.0	2.6	3.8	3.7	3.2	3.2	3.6	4.0
60	年輕	3.5		1.2	2.1	2.0	1.8	2.3	3.2	3.2	2.7	3.1	3.4	3.6
90	高齡	3.6	1.6		2.0	2.0	1.7	3.0	4.1	3.7	3.2	3.1	3.4	4.0
90	年輕	3.2	1.6		1.5	1.8	1.4	2.6	3.6	3.4	2.7	2.6	3.4	4.0
120	高齡	3.3	2.1	2.0		1.0	1.5	1.8	3.9	3.9	3.2	2.8	3.3	3.6
120	年輕	3.1	1.9	1.8		1.1	1.5	1.6	3.6	3.5	2.4	2.4	3.2	3.6
150	高齡	3.6	2.2	2.0	1.0		1.6	1.9	3.9	3.9	3.1	2.9	3.2	3.9
150	年輕	3.2	1.8	1.6	1.1		1.4	1.6	3.6	3.6	2.8	2.4	2.8	3.7
180	高齡	3.6	1.9	1.7	1.6	1.6		2.3	3.8	3.8	3.4	3.3	3.6	4.1
180	年輕	3.2	1.8	1.4	1.5	1.4		2.1	3.6	3.6	2.9	2.8	2.9	3.6
210	高齡	3.2	3.0	2.8	2.0	2.0	2.4		3.8	3.9	3.1	2.8	3.6	3.8
210	年輕	3.1	2.4	2.5	1.8	1.8	2.2		3.4	3.8	3.0	2.9	3.2	3.7
240	高齡	3.1	4.0	4.0	3.8	4.0	4.1	3.8		1.0	3.2	3.6	3.4	3.1
240	年輕	2.6	3.8	3.6	3.6	3.7	3.7	3.6		1.1	3.1	3.4	3.3	3.2
270	高齡	3.0	4.0	4.0	3.8	3.8	4.1	3.7	1.0		3.2	3.4	3.3	4.3
270	年輕	2.6	3.8	3.8	3.5	3.5	3.8	3.6	1.2		3.0	3.2	3.2	3.9
300	高齡	1.9	3.2	3.4	3.2	3.0	3.6	3.2	3.0	2.9		1.9	2.2	3.6
300	年輕	2.0	2.9	3.2	2.6	2.9	3.1	2.9	3.0	2.9		2.0	2.6	3.6
330	高齡	1.6	3.2	3.2	3.0	3.1	3.3	2.8	3.2	3.2	1.8		2.1	3.6
330	年輕	1.4	2.9	2.8	2.4	2.6	3.0	2.5	3.0	3.1	1.7		2.0	3.4
B	高齡	1.0	3.6	3.8	3.4	3.4	3.4	3.4	4.1	3.1	3.1	1.9		1.7
B	年輕	1.2	3.1	3.3	3.0	2.8	2.8	2.7	4.0	2.7	2.8	2.0		1.6
W	高齡	3.7	4.2	4.0	3.9	4.2	3.8	2.8	3.2	3.8	3.9	4.0	4.4	
W	年輕	3.4	3.9	3.9	3.8	3.7	3.6	2.8	3.2	3.7	3.9	3.8	4.2	3.4
	高齡	3.9	2.5	2.4	2.8	2.8	2.6	3.3	4.2	4.0	4.0	3.6	3.9	4.4
	年輕	3.8	2.5	2.2	2.8	2.5	2.2	2.9	3.9	3.7	3.6	3.4	3.6	4.0

根據本研究的結果，年輕族群與高齡族群在黃色系與綠色系、紅色系與紫色系、藍色系等條件下的色彩字，其平均視認錯誤率皆大於 10%（參考圖 3 至圖 11）。尤其，色相值從 30 至 180（約為黃色系與綠色系）的色彩組合，高齡族群比年輕族群有較高的視認錯誤率。其可能的原因之一：隨著年齡的增加，造成高齡受測者視覺能力的衰退[1,7,17]，所以造成高齡族群比年輕族群有較高的視認錯誤率。原因之二：高齡者的水晶體因產生黃變化，使得物體看起來偏黃[3,34]；V 色相值從 30 至 180 的範圍包含黃色系，更增加高齡受測者對此區域的色彩字之視認困難度。所以，此原因可能解釋高齡者在此色相範圍的色彩組合有較高的視認錯誤率，即高齡族群（如圖 8 所示）比年輕族群（如圖 11 所示）之視認錯誤的色彩組合範圍較廣且分散。原因之三：此範圍的字色彩與其背景色彩之間的明度差異值較小（如表 4 所示），其明度差異值較小的分佈位置大致與高視認錯誤率的分佈相符；尤其高齡者的視認錯誤率與明度差異值之間具有顯著的負相關性（ $r=-0.57$; $p < 0.001$, $n=182$ ），但在年輕族群則只有弱相關，因此明度差異小也是高齡者視認錯誤率高的原因之一；Mills & Weldon[23]與 Ware[32]的報告也指出視覺對字的視認能力，其明暗屬性比色相屬性更重要；高齡族群的明暗辨識能力衰退[1]，使得高齡者在此範圍的色彩字的辨識能力降低。所以，整體而言，視覺機能（視力、黃變化）的退化與明度差異小是造成色相值從 30 至 180 的範圍，其字與背景的色彩組合，高齡族群比年輕族群有較高的視認錯誤率。

另一方面，兩族群之間在舒適度的評價上，其趨勢大致相同（如表 5 所示）。V，明度差異與舒適度之間具有顯著的正相關性（高齡族群 $r=0.75$ 、年輕族群 $r=0.76$; $p < 0.001$, $n=182$ ），即明度差異比較大的色彩組合，其舒適度的主觀評價值比較高；反之亦然。表 5 內的數字加粗線者表示受測者的舒適度評價為「1-非常不舒適」或「2-不舒適」的程度，其分佈的範圍大致與高視認錯誤率的分佈相對應；尤其高齡者的視認錯誤率與舒適度值之間具有顯著的負相關性（ $r=-0.86$; $p < 0.001$, $n=182$ ），即舒適度評價較低的色彩組合對應於視認錯誤率較高的組合（如黃色系與綠色系、紅色系與紫系系的色彩組合）。

本研究依 HSB 色光系統探討高齡者在彩度與亮度值皆設定為 100，且字型為六筆畫的中央細明體字，其不同年齡層的受測族群與字級大小會影響 PDA 彩色字的視認度；但彩度、亮度與字型、筆畫數也可能影響對彩色字的視認度，所以未來應可再進一步探討不同的彩度、亮度與字型、筆畫數對高齡者視認度的影響，將有助於高齡者相關的資訊產品開發。

五、結論

從本研究的結果得知，受測族群與字級大小對 PDA 彩色字的視認度具有顯著性的影響。尤其在色相為紅色（H 值=0）、綠色（H 值=120）、藍色（H 值=240）與其相鄰的色彩作為字或其背景的色彩組合，其 PDA 彩色字的視認度趨近於零。另一方面，因高齡受測者的視覺機能衰退與色彩之間的明度差異較小，使色相值從 30 至 180（約為黃色系與綠色系）的範圍，其字與其背景的色彩組合，造成此範圍的色彩組合之平均視認錯誤率比其他範圍高；同時在此範圍的色彩組合，高齡族群比年輕族群有較高的視認錯誤率。整體而言，字與其背景的色彩組合之字的視認度，與其舒適度的主觀評價值具有一致性的變化趨勢。從高齡者的觀點，排除紅色、綠色、藍色與其相鄰的色彩組合，當字級為 12pt 之六筆畫的中央細明體字，應可滿足 PDA 彩色字之通用設計的需求，使全體使用者的平均視認錯誤率降至 10%以下。

參考文獻

1. 人間生活工學研究中心，1999，視覺機能計測結果報告書《日之》，人間生活工學研究中心（編），東京，pp.4-69。
2. 王安祥、陳明德，2001，LCD 螢幕極性及目標/背景亮度對比對使用者辨識力及主觀偏好的影響，中國工業工程學刊，第 18 卷，第 2 期，pp.95-101。
3. 吉田，1994，高齡者的建築環境《日之》，日本建築學會（編），彰國社，東京，pp.96-106。
4. 寺傳房、林志明、林睿琳、林龍吟，1998，探討不同年齡層對 muller-lyer 錯視圖形之錯視量的影響，第三屆設計學會學術研究成果論文集（上冊），pp.75-78。
5. 林清泉、謝光進，2001，文字色彩與文字筆劃數對中文單字視認績效的影響，人因工程，第 3 卷，第 1 期，pp.33-39。
6. 岡田明，1993，工業設計《日之》，森典彦（編），朝倉書店，東京，p.26。
7. 宮田紀元，1994，高齡者的建築環境《日之》，日本建築學會（編），彰國社，東京，pp.87-95。
8. 常用國字標準字體表，1982，正中書局，台北。
9. 教育部國語推行委員會編輯，2000，八十七年常用語詞調查報告書，教育部，台北。
10. 游萬來、蔡資傳、陳文誌，1997，中文點陣字形要素對字形閱讀視認性的影響研究，科技學刊，第 6 卷，第 1 期，pp.17-26。
11. 蔡資傳，1998，文字種類與顯示方向對閱讀視認度的影響，科技學刊，第 7 卷，第 4 期，pp.401-410。
12. 蔡資傳等五人，1999，螢幕型式與螢幕解析度對中文視認度之影響，1999 中日設計教育研討會論文集，pp.75-82。
13. Alm, N., Gregor, P., Newell, A.F., 2002, Older people and information technology are ideal partners, International Conference for UD in Japan 2002, [2078].
14. Czaja, S.J., 1997, Using technologies to aid the performance of home tasks, In Fisk, A.D., and Rogers, W.A. (Eds.), Handbook of human factors and the older adult, Academic Press, U.S.A. pp.311-334.
15. Fisk, A.D., Rogers, W.A., Charness, N., Czaja, S.J., and Sharit J., 2004, Designing for older adults: principles and creative human factors approaches, CRC Press, U.S.A. pp.143-149.
16. Fukuzumi, S., Yamazaki, T., Kamijo, K., and Hayashi, Y., 1998, Physiological and psychological evaluation for visual display color readability: a visual evoked potential study and a subjective evaluation study. Ergonomics, Vol. 41, No. 1, pp.89-108.
17. Haigh, R., 1993, The aging process: a challenge for Design, Applied Ergonomics, Vol.24, No.1, pp.9-14.
18. Hawthorn R., 2000, Possible implications of aging for interface designers, Interaction with Computers, Vol.12, pp.507-528.
19. Ido, K., Hayashi, H., and Miyagi, H., 2002, Ergonomic evaluation of readability of high-resolution TFT-LCDs. Toshiba Review, Vol. 57, No. 6, pp.50-53.
20. Lee, C.F., and Kuo, C.C., 2001, A Pilot Study of Ergonomic Design for Elderly Taiwanese People, Proceedings of the 5th Asian Design Conference-International Symposium on Design Science, Seoul, Korea, TW-030.
21. Lee, C.F., and Cheng, Y.H., 2001, A study of the color discrimination properties of elderly people, Proceedings of the 6th Pan Pacific Conference on Occupational Ergonomics, Beijing, China, pp.83-86.
22. Lin, C.C., 2003, Effects of contrast ratio and text color on visual performance with TFT-LCD. International Journal of Industrial Ergonomics 31, pp.65-72.

23. Mills, C.B., and Weldon, L. J., 1987, Reading text from computer screens. *ACM Computer Surveys*, 19, pp.329-358.
24. Okada, A., 1997, Ergonomics approach in universal design (in Japanese), Special issue of *JSSD*, Vol.4, No.4, pp.40-45.
25. Okajima, K., Tsuchiya, N., and Yamashita, K., 2002a, Age-related changes in color appearance depend on unique-hue components. *Proceedings of SPIE Vol. 4421*, pp.259-262.
26. Okajima, K., Yamashita K., Yasumasa Takamura Y., Watanabe K., and Tsuchiya, N., 2002b, Color perception of the elderly: experiments and simulations. *International Conference for Universal Design in Japan 2002*, [1050].
27. Shieh, K.K., Chen, M.T., and Chuang, J.H., 1997, Effects of color combination and typography on identification of characters briefly presented on VDTs. *International Journal of Human-Computer Interaction* 9(2), pp.169-181.
28. Shieh, K.K., and Lin, C.C., 2000, Effects of screen type, ambient illumination, and color combination on VDT visual performance and subjective preference. *International Journal of Industrial Ergonomics* 26, pp.527-536.
29. Tuljapurkar, S., Li, N., and Boe, C., 2000, A universal pattern of mortality decline in the G7 countries. *Nature* 405(6788), pp.789-792.
30. Wang, A.H., and Chen, M.T., 2000, Effects of polarity and luminance contrast on visual performance and VDT display quality. *International Journal of Industrial Ergonomics* 25, pp.415-421.
31. Wang, A.H., and Chen, C.H., 2003, Effects of screen type, Chinese typography, text/background color combination, speed, and jump length for VDT leading display on users' reading performance. *International Journal of Industrial Ergonomics* 31, pp.249-261.
32. Ware, 2000, *Information visualization: perception for design*, Morgan Kaufmann publishers, U.S.A. pp.122-123.
33. Wright, S.L., 1999, Resolution and legibility: a comparison of TFT-LCDs and CRTs. *Journal of the SID* 7/4, pp.253-256.
34. Yoshida, A., 1998, Deterioration of sight among the elderly caused by lowered ability to distinguish colors, *Universal Design*, Vol.1, pp.56-59.

誌謝

本研究由時馥如協助實驗之執行與資料整理，特此致謝。

Legibility of Text-Color Combinations of PDA for the Elderly

Chang-Franw Lee

Department of Industrial Design, National Yunlin University of Science & Technology
e-mail:leecf@yuntech.edu.tw

(Date Received : August 27, 2004 ; Date Accepted : March 16, 2005)

Abstract

This study aimed to investigate the legibility of text-color combinations of a personal digital assistant (PDA) for the elderly. Forty elderly people (71 ± 5.5 years) participated as subjects and forty young people (24.5 ± 2.8 years) were enrolled as the control group. All participants had to read texts of different colors and sizes on the PDA. Fourteen colors, including white and black, were used as text or background colors. Font sizes used ranged from 8 to 16 points. The number of texts misread by the subjects was recorded.

Our experimental results reveal that texts in red, green or blue with similar shaded adjacent colors as backgrounds were hardly legible to subjects of both age groups. Using hues ranging from 30 to 180 of the HSB color system results in higher error rates than texts in hues of other ranges (210-330) as well as more misread texts for the elderly than the young controls. There was a significant positive relationship between the legibility of text-color combinations and the comfort value of subjective estimation. For a universal PDA design that can cater for both the elderly and the young, red, green or blue with similar shaded color as backgrounds should be avoided, while Chinese characters in Thin Ming style of six strokes and font size 12 should be used, thus keeping the average misread errors to under 10%.

Keywords: Elderly people, Text color, Legibility, PD