

小型螢幕靜態文本最適化設計探究

閻建政

銘傳大學商品設計學系

ccyen@mail.mcu.edu.tw

摘要

隨著智慧型手機的日益普及，透過小型螢幕隨時隨地閱讀資訊的需求也日益提升，因此符合使用者閱讀需求之文本設計便顯得格外重要。本研究以智慧型手機為研究工具，透過田口法以實驗方式針對不同因子水準組合之靜態文本及不同年齡層做測試，旨在從中找出最適化之因子水準組合以及各因子對閱讀及視覺績效之影響度排序，俾能供未來小型螢幕在靜態文本設計上之參考。研究結果顯示，閱讀搜尋績效會隨著年齡之增加而遞減，閱讀疲勞度卻會隨著年齡之增加而遞增，顯示年齡確實是影響閱讀搜尋績效及閱讀疲勞度的一個重要變項；此外，極性、字型、字級、行距、及字距均會對閱讀搜尋績效及閱讀疲勞度產生一定影響，其中，以字級之影響程度最高、字型次之，字距及行距則較低；再者，對整體年齡層言，靜態文本最適化設計之因子水準組合為：陽性極性、中黑體字型、12 pt 字級、1 倍字高行距、0.5 pt 字距。

關鍵詞：智慧型手機、小型螢幕、靜態文本、田口法

論文引用：閻建政（2017）。小型螢幕靜態文本最適化設計探究。*設計學報*，22（4），21-44。

一、前言

隨著資訊科技的日新月異，人們在資訊之蒐集與閱讀上有了多重的選擇，從過去的書籍、報紙、雜誌、期刊等，到現在的使用智慧型手機，隨時可以傳播、蒐集、及閱讀資訊。是故，視覺顯示之設計就顯得格外重要，因為良好的視覺顯示設計有助於使用者迅速且正確的閱讀資訊。

Hojjati 與 Muniandy（2014）指出，有很多因素，包括字級、留白、行距、段落樣式、行長、字長等，會影響在電腦螢幕上閱讀文本的能力。由於小螢幕受到大小範圍的限制，因此設計師在設計介面文字呈現時必須特別注意。視覺顯著性是影響選擇過程的要素，顯著性能夠藉由極性、字型、字級、字距、行距，讓文章可更清楚被看見，但不當的使用卻會造成績效降低，甚至造成視覺疲勞（張柏駿，1996）。

田口方法（Taguchi method）又稱田口品質工程，是由田口玄一（Genichi Taguchi）所提出。此方法利用直交表（orthogonal array）及品質損失函數（quality loss function）來設計品質實驗，最大的特點在於能用較少的實驗組合來取得有用的資訊（吳復強，2002）。

由於各年齡層的使用者透過智慧型手機等電子通訊產品閱讀資訊的需求日漸提升，而這些產品主要

是藉由文字與人溝通，然視覺功能會隨著年齡之增長而退化，致中高齡者在閱讀之視覺疲勞與視覺績效上勢應會與年輕族群者有所差異。

字型、極性（字色及背景之組合方式）、字級、字距、行距等是影響視覺及閱讀效能的主要文本設計因子，現有相關研究雖多有針對上述因子做探究者，然由於如欲同時針對上述諸因子採傳統方式進行探究的話，勢需針對全因子進行實驗，而此乃是相當耗費時間的，故多僅針對其中部份因子進行探究，且無法區辨出各因子對效標變項之影響度排序，再者，現有相關研究多係針對紙本或電腦螢幕進行；此外，現有應用田口法之相關研究雖有之，惟亦僅係針對紙本（周昭宇、王彥華，1996；楊國隆，2005）或電腦螢幕（Bayumi, Shewakh, & Haleem, 2013）進行，卻未見針對小型螢幕進行探究者，在此智慧型手機已全面普及之狀況下，實有針對上述議題就小型螢幕加以探究之必要。

本研究以智慧型手機¹為研究工具，藉由田口法以實驗方式針對不同年齡層就五個設計因子（字型、極性、字級、字距、行距）之不同水準組合之閱讀文本做測試，旨在從中探究靜態文本最適化設計之因子水準組合、以及各因子對於閱讀績效及疲勞度之影響度排序，俾作為未來設計者在小型螢幕文字呈現之設計上的參考依據，進而能規劃設計出更符合使用者閱讀需求之靜態文本。

二、文獻探討

2-1 資訊顯示

2-1.1 極性

極性（polarity）指的是文字與背景顏色之組合方式。文字或影像在顯示器中呈現之極性可分為陽性呈現（陰性對比）與陰性呈現（陽性對比）兩種。顯示器以暗字呈現在亮底上（如白底黑字）稱為陽性呈現（positive presentation）或陰性對比（negative contrast），也可稱為陽性影像（positive image polarity），反之，以亮字呈現在暗底上（如黑底白字）則稱為陰性呈現（negative presentation）或陽性對比（positive contrast），也可稱為陰性影像（negative image polarity; Dillon, 1992）。Snyder（1988）建議在顯示器上不應使用過多的色彩，且應審慎設計其文字與背景顏色。

Bauer 與 Cavonius（1980）之極性對於閱讀績效之影響的研究結果發現，陰性對比（陽性呈現）可降低光線的扭曲，並且增加視覺敏銳度、對比敏感度、調節適應速度和視域深度，故陰性對比之錯誤率低於陽性對比（陰性呈現），且陽性對比呈現高亮度時，會造成閱讀績效最差。而在另一項資料輸入作業績效研究中發現，陽性呈現的顯示方式有較高的作業績效，同時大多數的使用者較偏好陽性呈現（Radl, 1983）。然 Wang 與 Chen（2000）之研究結果則顯示，極性對於主觀偏好與視覺績效並無顯著影響。Cushman（1986）之研究發現，雖然陽性呈現（陰性對比）之閱讀速度有較快之傾向，但在閱讀理解（comprehension）方面陽性呈現與陰性呈現二者間並無顯著差異存在，此外，在視覺疲勞方面則以陽性呈現較差。Saito、Taptagaporn 與 Salvendy（1993）之研究發現，視覺顯示器閱讀起來，以陽性呈現方式之舒適度較佳。但 Mills 與 Weldon（1987）則認為陰性呈現較適合用於一般電腦螢幕，其原因為閱讀者在陰性呈現閱讀時對於螢幕呈現之感覺較不敏銳。

綜上所述，極性對於閱讀績效及閱讀舒適度（即視覺績效）是有所影響的，在閱讀速度上陽性呈現似較陰性呈現佳，然在閱讀理解上二者似無顯著差異；此外，在閱讀舒適度上有研究認為陽性呈現較佳、也有研究認為陰性呈現較佳，故二者究竟孰優似無確切定論。為能對極性之於小型螢幕的影響作具體了解，本研究將針對上述陽性呈現及陰性呈現二種極性進行探究。

2-1.2 字型

中文字型種類眾多，主要包含楷體、明體、仿宋體、黑體、圓體五大類。張銘勳與鄭世宏（1996）在中文筆劃數與字型對於視覺顯示器之閱讀識認性之影響的研究中指出，字型對於識認正確率有顯著之影響，其中，中黑體與細明體有較良好的辨認正確率，而仿宋體及標楷體則較難以辨認，且各種字體隨著筆劃數的增加，其辨識度也隨之下降。王天津與侯東旭（1996）針對中文字型與字體大小對於閱讀與搜尋作業績效之影響之研究結果顯示，粗黑體在閱讀及搜尋作業績效上都顯著優於細明體與斜字體。此外，Chan 與 Lee（2005）之研究顯示，在快速辨認文字之實驗中，細明體明顯優於隸體。蔡登傳（2000）在五種文字體識認度之比較中提到，文字字型變化越大，視覺效果變化之可能性就越多，且各種字型間皆有些許差異，因此在設計文字時，必須在文字吸引閱讀者之效果及精確度上做取捨；而在其所探討的五種字型中以中圓體之識認度最高，其次為中楷體、中明體、中黑體，最後則為隸體；另在吸引閱讀者之效果部份，則發現以明體為最佳，其次為楷體，最差則為隸體。Cai、Chi 與 You（2001）針對三種中文字型及多筆劃之中文字對識認度之影響的研究指出，筆劃與字型皆是影響閱讀之關鍵因素，其中，明體較佳，其次為楷體，最差為隸體。柳閩生（1980）之研究亦指出明體最具閱讀之導向，其次分別為楷體、黑體、仿宋體。

綜上所述，字型對於閱讀是有所影響的，其中，以黑體、細明體與楷體較佳，隸體及仿宋體則較差。由於標楷體、細明體及中黑體係較常用的字型，故本研究選擇此三種字型作為探究對象。

2-1.3 字級

一般而言，文字的理解力會隨著字體大小的增加而增加（Chan & Lee, 2005）。Legge、Pelli、Rubin 與 Schleske（1985）之研究顯示，當字級增加到一定之關鍵值時，能夠達到最大閱讀速度；然當字級超過該關鍵值時，閱讀速度則反下降。Gould 與 Grischkowsky（1986）在中文螢幕閱讀之研究中提到，14 pt 比 10 pt 字級的字句具較高的閱讀理解績效；然而，Chan 與 Lee（2005）之研究卻指出，較小字體之閱讀速度比較大字體快，但也有研究指出，在合理的大小下，字體大小對校對性閱讀，並不會造成影響。王安祥與方家正（2002）在前導式動態資訊的研究中發現，字體大小（14 pt、12 pt、10 pt）對於受測者之閱讀績效無顯著差異影響，然對受測者主觀偏好言，則受測者比較喜歡 14 pt、其次 12 pt，最差的是 10 pt。另，Russell 與 Chaparro（2001）針對快速連續式動態資訊顯示下三種字級（12、20 和 28 pt）對閱讀績效所產生之影響的研究結果卻顯示三種字級並無顯著差異。此外，中文動態文本的相關研究亦說明 12 至 28 pt 字級間在受測者閱讀速度上並無顯著差異（Chen & Chien, 2005a, 2005b）。Tarasov、Sergeev 與 Filimonov（2015）綜整諸多針對英文字級之研究結果彙整出最易讀字級之平均值約在 12 pt 左右。鄭德相、李慈賢、劉宗育、林于文與楊明哲（2004）之研究結果則顯示，在閱讀時間方面，16 pt 字級的閱讀時間顯著的優於 8 pt 及 12 pt；在閱讀錯誤數方面，12 pt 和 16 pt 字級的差異性很小但和 8 pt 則有顯著的差異；在閱讀主觀舒適度評比方面，16 pt 字級的閱讀主觀舒適度評比顯著的高於 8 pt 及 12 pt。

綜上所述，字級對於閱讀是有所影響的，文字的理解力會隨著字體大小的增加而增加且文字識認的正確性及閱讀舒適度也會隨之提升，顯示字級大者似較字級小者佳，惟當字級大到一定程度（約略在 12 pt）時似就對閱讀績效之影響不顯著了，然對閱讀舒適度之影響還是顯著。由於從實用的角度考量，小型螢幕因空間有限字級不宜太大，故本研究選擇 12 pt、10 pt、8 pt 三種字級作為探究對象。

2-1.4 行距

行距是指兩行或兩列文字之間空白間隔的大小。黃政傑（1995）指出，相鄰的兩行文字對閱讀是一種干擾，適當的行距可降低視覺干擾的強度，有利於閱讀。字距、行距、字型三者交互作用對閱讀效率

有顯著影響，且行距需大於字距（張世錫，1992）。Bouma（1980）指出，對全螢幕寬度之文本而言，讓經過長距離的側向眼睛移動後之閱讀者能正確的定位另一新列的起始是困難的，尤其是在相近的垂直間距時。此說明列長（即列寬）與列間距之間是可能有交互作用的，且諸多研究亦有提出（Neal & Darnell, 1984; Tinker, 1963a, 1963b）。再者，幾乎所有的研究均顯示行距對閱讀速度有影響（Scales, 2011）。

多數閱讀英文字之研究支持電腦螢幕採雙行間距較佳（Kolers, Duchnicky, & Feguson, 1981; Kruk & Muter, 1984; Muter & Maurutto, 1991）。Morrison 與 Inhoff（1981）指出，雙行間距因能減少側向遮蓋（lateral masking）致使眼睛能更正確的做返回掃視（return sweeps）。Kolers 等人（1981）及 Kruk 與 Muter（1984）也指出，雙行間距能減少閱讀時的注視次數以及增加文章之留白面積，並減少側向遮蓋。而針對閱讀紙本印刷之中文字研究結果則顯示，行距為 1/2 及 1 倍字高之閱讀速度沒有差異（Chuang, 1982）。

綜上所述，行距對於閱讀是有所影響的，採雙行間距（即行距為 1 倍字高）似較佳，1/2 倍字高行距亦宜。因此，本研究選擇 0.5 倍、1 倍、1.5 倍字高三種行距作為探究對象。

2-1.5 字距

字距指的是相鄰兩字之間的空隙。Tullis（1986）指出，顯示器上的文字密度越低（也就是字距越大）越易於辨認。曹融（2001）之研究指出，良好的字型、字級、字距及行距並配合閱讀速度可減輕長時間的閱讀疲勞。蘇宗雄（1988）認為，在文本之編排上字距採文字大小的 1/10 較方便閱讀。張世錫（1993）則提出在字距之編排設計上，以 0 字距為最佳，因其閱讀所需時間最短且具最好的易讀性。Hwang、Wang 與 Her（1988）建議中文文字間距為 0.61mm 或 1.21mm 時最恰當。鄭德相、李慈賢、劉宗育、林于文與楊明哲（2004）以測驗紙進行之研究結果顯示，2.7 pt（1 pt=0.35mm）、5.4 pt 及 8.1 pt 字距間在閱讀時間、總錯誤數及主觀舒適度之評比上並沒有顯著的差異。

綜上可知，字距對於閱讀也是有影響的，惟由於相關研究之結果頗不一致，故理想之字距並未有定論，惟當字距大到一定程度時似就對閱讀之影響不顯著了。由於從實用的角度考量，小型螢幕因空間有限字距不宜太大，故本研究選擇 0 pt、0.5 pt、1 pt 三種字距作為探究對象。

2-2 視覺疲勞衡量指標

視覺疲勞衡量指標可分為主觀評量與客觀評量兩類評量。Chi 與 Lin（1998）提出了七種測量視覺疲勞的方法，分別為視覺調節能力、眼睛銳利度、瞳孔直徑、閃光融合閾值、眼球轉動速度、視覺疲勞主觀舒適度、及實驗主觀舒適度。Megaw（1990）則提出視覺疲勞的測量方式可分為以下五項：1. 眼球運動機能的量測：包含調節（accommodation）、聚合（convergence）等。2. 視力測量：包含閃光融合閾值（Critical Fusion Frequency, CFF）變化量、視覺敏感度的變化等。3. 視覺疲勞測量。4. 主觀視覺疲勞衡量。5. 其他視覺相關指標，如視距的變化。

在 Yoshitake（1975）探討受測者主觀疲勞程度與實際疲勞症狀間的相關性之一文中，其將主觀疲勞度以 10 點量表來測量，1 分代表輕鬆適任，10 分代表極度疲勞；實際疲勞症狀則包含 30 個生理反應，例如：頭痛、眼睛痛等症狀；結果顯示主觀疲勞程度與實際疲勞症狀之相關係數高達 0.8 以上。

在主觀視覺疲勞之評量上，可分為評等法（ranking method）、評比法（rating method）、問卷法（questionnaire）、訪談法（interview）及檢核表（checklist）共五種方法（Sinclair, 1990），最普遍的為問卷法。主觀評量之優點為可在實驗室之外進行資料蒐集、可快速處理複雜變數，操作簡單、成本低。

由於主觀視覺疲勞不需藉由儀具即可進行評量，較易施行，因此本研究在閱讀疲勞度之測量上即採取主觀評量方式進行。

2-3 田口方法 (Taguchi method)

田口方法不像全因子法係藉由傳統單因子實驗方式真正找出確切的最佳化位置，但卻可以用少數的實驗就找出最佳化趨勢，可行性遠比全因子法來得高。田口方法有四個要點（吳復強，2002）：1.基於品質損失函數的品質特性。2.實驗因子的定義與選擇。3.信號雜音比 (Signal-to-noise ratio, 簡稱 S/N 比)。4.田口直交表 (Taguchi orthogonal arrays)。

田口直交表為田口方法的最大特色之一，不同的因子數及階層數都可以找到適合的田口直交表來套用，也就是說即使是不同的實驗，只要可變因子及階層相同，還是可以套用同一個田口直交表以縮減實驗數量並同時找出最佳解決方案（李輝煌，2000）。

2-3.1 品質損失

所謂品質損失 (quality loss)，乃是在產品的生命週期內，整個社會為該產品所付出的總代價，包含製造商、消費者、及所有其他人；品質越好，損失相對地變少 (Taguchi, 1986)。為了將品質損失量化，因此田口博士 (Taguchi, 1986) 假設當產品品質特性 y 開始偏離目標值 m 時，品質損失 L 是以二次曲線的速度增加，稱之為望目特性 (the nominal the better; NTB) 損失函數 (如公式 1)。

$$L(y) = k(y-m)^2 \quad (1)$$

其中， k 是一個待定係數，稱之為品質損失係數 (quality loss coefficient)，而當品質損失等於零，即 $y=m$ 時，品質損失為 0， $L(y)=0$ ；而當品質特性之反應值越小越佳時，用 $m=0$ 表目標值趨近於 0，此時二次損失函數如公式 2，稱之為望小特性 (the smaller the better; STB) 損失函數。

$$L(y) = ky^2 \quad (2)$$

反之，當品質特性之反應值越大越佳時，則用 $1/y$ 代替 y ，此時二次損失函數如公式 3，稱之為望大特性 (the larger the better; LTB) 損失函數。

$$L(y) = k/y^2 \quad (3)$$

2-3.2 S/N 比

田口博士 (吳復強，2002) 在「田口品質工程」一書中將 S/N 比 (η) 定義如下：

$$\eta = \log(\text{信號的強度}/\text{雜音的強度}) \text{ db} \quad (4)$$

由公式 4 可以看出，若調整品質特性之平均值達到目標值以上，可使損失減少，並且平均值之調整甚為容易，故將其平均值視為「有用的信號」，而品質特性之變異的增強將使損失變大，故將其平均值視為「有害的信號」，所以田口之 S/N 比也可以下式定義之：

$$\eta = \log(\text{有用的信號}/\text{有害的信號}) \text{ db}$$

由於本研究之效標變項為搜尋正確數、視覺疲勞度及搜尋時間，其中，搜尋正確數是越大越好，視覺疲勞度及搜尋時間則是越小越好，因此本研究使用望大品質特性來計算搜尋正確數之 S/N 比，使用望小品質特性計算視覺疲勞度及搜尋時間之 S/N 比。

對望大品質特性言，S/N 比之計算公式如下：

$$\eta_{LTB} = -10 \cdot \log_{10} \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right) \quad (5)$$

對望小品質特性言，S/N 比之計算公式如下：

$$\eta_{STB} = -10 \cdot \log_{10} \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right) \quad (6)$$

2-3.3 田口直交表

有別於一次只改變一個因子、其餘因子保持固定的單因子實驗的傳統實驗方法，直交表的配置實驗是利用全因子（complete factorial）實驗中的部份因子（fractional factorial）進行實驗因子水準的配置。對各有兩個水準之 7 因子言，若欲進行全因子實驗，需進行 128 (2^7) 次實驗，但如果利用田口直交表，則僅需執行 8 次實驗，因此經由直交表的直交特性所做之實驗有以下兩個優點：

- (1) 由於存在直交性，對任一因子的任一水準而言，其他因子的高低水準都是成對出現，經計算後，其他因子的影響會相互抵銷，可增加實驗的再現性。
- (2) 因應用直交表可使所需做的實驗數減少，故可大量減少時間與成本（鐘清章，1994）。

直交表以 $L_a(b^c)$ 來命名，L 代表直交表（Latin square），共有 a 組實驗，最多可容納 b 個水準的 c 個因子，即代表一個 a 列 c 行的直交表，如表 1 所顯示之 $L_8(2^7)$ 直交表範例。部份直交表可容納兩種具不同水準的因子，此時以 $L_a(b^c \times d^e)$ 表示，代表共有 a 組實驗，最多可容納 b 個水準的因子 c 個及 d 個水準的因子 e 個。以常用的 $L_{18}(2^1 \times 3^7)$ 為例，代表共有 18 組實驗，其中最多可容納 2 個水準的因子 1 個，3 個水準的因子 7 個（而如以全因子進行則需要 $2^1 \times 3^7 = 4,374$ 組實驗）。

表 1. $L_8(2^7)$ 直交表

因子 實驗編號	1	2	3	4	5	6	7
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

表 2. $L_{12}(2^1 \times 3^5)$ 近直交表

因子 實驗編號	1	2	3	4	5	6
1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	2	2	3	3
3	1	2	1	3	2	3
4	1	2	3	1	3	2
5	1	3	3	2	2	1
6	1	3	2	3	1	2
7	2	3	2	1	3	1
8	2	3	1	2	1	3
9	2	2	2	2	2	2
10	2	2	3	3	1	1
11	2	1	3	1	2	3
12	2	1	1	3	3	2

2-3.4 近直交表

近直交表（near orthogonal arrays）共有四個實驗陣列，分別為 $L_{18}(2^1 \times 3^7)$ 、 $L_{36}(2^3 \times 3^{16})$ 、 $L_{12}(2^1 \times 3^5)$ 、 $L_{24}(2^1 \times 3^{11})$ ，其中，前兩個實驗陣列分別依據直交表 L_{18} 及 L_{36} 修正而成，後兩個實驗陣列則為李輝煌（2000）所創。使用近直交表之目的是將實驗數據做更有效的利用，且其資料分析之方法可更迅速簡潔。

本研究由於因子為 $2^1 \times 3^4$ 組合，故採 $L_{12}(2^1 \times 3^5)$ 近直交表(如表 2)進行實驗，惟刪除因子 6 該行。

三、研究方法

本研究以智慧型手機為研究工具，藉由田口法以實驗方式探討坐姿閱讀狀況下不同年齡層之使用者在不同極性、字型、字級、行距及字距之閱讀文本設計因子組合狀況下之閱讀績效及疲勞度。

3-1 受測者

共邀請了 60 位不同年齡之受測者進行實驗，並將 60 位受測者分為 19 歲以下 ($M=17.3$, $SD=1.6$)、20 到 39 歲 ($M=29.5$, $SD=5.9$)、40 到 59 歲 ($M=50.2$, $SD=5.9$)、60 歲以上 ($M=64.9$, $SD=2.8$) 4 個年齡層，每個年齡層之受測者均為 15 位，且受測者均有使用智慧型手機經驗、均沒有色盲或其他眼疾、裸視或經由矯正後的視力均達正常值。

3-2 實驗設計

3-2.1 測試文本

以教育部頒佈的前 500 個常用字作為每篇測試文本組建基準。每篇測試文本有 20 列，每列有 15 個字，總計有 300 個沒有標點符號且無文法結構與意義之正體中文字，如圖 1。每篇測試文本中具有 10 個相同字之目標字，隨機出現在測試文本中，但不在開頭與結尾，受測者在坐姿閱讀下進行 12 種實驗組合之尋找目標字的測試，而每種實驗組合又各需閱讀 3 篇測試文本，合計每位受測者需閱讀 36 篇文本。

3-2.2 測試設備

採 HTC Desire2 智慧型手機（螢幕尺寸 4.3 英寸，800 萬畫素），如圖 2 作為本研究之實驗工具，在測試文本檔案之建構上則使用 Adobe Flash CS3 Professional 套裝軟體建構文本呈現的螢幕介面。本研究各項實驗均在一般正常照明狀況（照度約 300 lx）及無噪音之環境下進行。



圖 1. 測試文本例示



圖 2. 本研究所採用之 HTC Desire2 智慧型手機

3-3 實驗內容

本研究針對極性（水準 1：陽性呈現及水準 2：陰性呈現二個水準）、字型（水準 1：標楷體、水準 2：細明體、水準 3：中黑體三個水準）、字級（水準 1：8 pt、水準 2：10 pt、水準 3：12 pt 三個水準）、行距²（水準 1：0.5 倍字高、水準 2：1 倍字高、水準 3：1.5 倍字高三個水準）、及字距（水準 1：0 pt、水準 2：0.5 pt、水準 3：1 pt 三個水準）共 5 個設計因子，以田口近直交表之 $L_{12}2^1 \times 3^5$ 排列方式規劃實驗組合，如表 3，分別請四個不同年齡層之受測者在坐姿閱讀狀況下各進行 12 組閱讀搜尋實驗及主觀視覺疲勞度評量。

在測試文本之呈現設計上，首先運用 Adobe Flash CS3 Professional 軟體建構尺寸和本實驗所用的智慧型手機螢幕大小一樣의 文本，再將此檔案置入本研究測試用的智慧型手機內直接播放進行實驗。

Heuer、Hollendiek、Kroger 與 Romer (1989) 發展出一份採十點評量方式之視覺疲勞主觀評量表，1 代表「一點也不」，10 代表「非常嚴重」，共包含六個問項：1.我看東西有困難；2.我眼睛周圍有種奇怪的感覺；3.我感到眼睛疲勞；4.我感到麻木；5.我感到頭痛；6.我注視螢幕時感到暈眩。由於視覺疲勞主觀評估適合做為閱讀作業疲勞評估指標，故本研究採 Heuer 等人 (1989) 發展的量表，針對受測者的 (閱讀) 視覺疲勞度進行主觀評量。

本研究之效標變項為搜尋正確數 (率)、搜尋時間與閱讀疲勞度。搜尋正確數及搜尋時間為評估閱讀績效的效標，搜尋正確數乃指當受測者閱讀完小型顯示器內之測試文本後受測者回答所看到的目標字次數；搜尋正確數越高且搜尋時間越短，代表閱讀績效越佳。閱讀疲勞度為評估視覺績效的效標，主觀視覺疲勞評量分數越低代表閱讀疲勞度越低、視覺績效越佳。

表 3. 本研究所採近直交表之實驗因子組合

實驗編號	因子 1 (極性)	因子 2 (字型)	因子 3 (字級)	因子 4 (行距)	因子 5 (字距)
1	1 (陽性, 白底黑字)	1 (標楷體)	1 (8 pt)	1 (0.5 倍字高)	1 (0 pt)
2	1 (陽性, 白底黑字)	1 (標楷體)	2 (10 pt)	2 (1 倍字高)	3 (1 pt)
3	1 (陽性, 白底黑字)	2 (細明體)	1 (8 pt)	3 (1.5 倍字高)	2 (0.5 pt)
4	1 (陽性, 白底黑字)	2 (細明體)	3 (12 pt)	1 (0.5 倍字高)	3 (1 pt)
5	1 (陽性, 白底黑字)	3 (中黑體)	3 (12 pt)	2 (1 倍字高)	2 (0.5 pt)
6	1 (陽性, 白底黑字)	3 (中黑體)	2 (10 pt)	3 (1.5 倍字高)	1 (0 pt)
7	2 (陰性, 黑底白字)	3 (中黑體)	2 (10 pt)	1 (0.5 倍字高)	3 (1 pt)
8	2 (陰性, 黑底白字)	3 (中黑體)	1 (8 pt)	2 (1 倍字高)	1 (0 pt)
9	2 (陰性, 黑底白字)	2 (細明體)	2 (10 pt)	2 (1 倍字高)	2 (0.5 pt)
10	2 (陰性, 黑底白字)	2 (細明體)	3 (12 pt)	3 (1.5 倍字高)	1 (0 pt)
11	2 (陰性, 黑底白字)	1 (標楷體)	3 (12 pt)	1 (0.5 倍字高)	2 (0.5 pt)
12	2 (陰性, 黑底白字)	1 (標楷體)	1 (8 pt)	3 (1.5 倍字高)	3 (1 pt)

3-4 實驗流程

首先，請受測者各自調整到能清楚觀看到手機螢幕上所呈現之測試文本之最適坐姿閱讀方式，接著讓受測者練習閱讀 2 篇測試文本，以使受測者藉此熟悉正式實驗之施測方式。待休息片刻後，正式實驗隨即展開，受測者共計閱讀 36 篇測試文本 (共 12 組實驗，每組實驗需閱讀 3 篇)。每篇測試文本皆係隨機選取，且每位受測者之測試文本的閱讀順序皆不同。受測者被要求以由左而右，由上而下的方式，從測試文本左上角至右下角一列一列的快速搜尋目標字，不可以回頭搜尋，找到目標字時則按下計數器記錄之，並全程記錄完成每篇測試文本之閱讀所花時間。此外，在受測者每執行完一實驗後，隨即以紙本呈現方式請其就視覺疲勞程度進行主觀評量。而為避免受測者因視覺疲勞、體力受限而影響實驗，每一實驗結束後休息 2 分鐘再進行下一實驗。

3-5 結果統計與分析

針對各項實驗測試之結果進行描述性統計、差異性檢定、品質特性 S/N 比計算、及變異數分析。描述性統計及差異性檢定係針對各種設計因子水準組合及年齡狀況下之搜尋正確數、搜尋時間、及視覺疲勞度做統計檢定分析，其中，極性部份採 t 檢定進行差異性檢定、其他因子則均採單因子變異數分析進

行差異性檢定並採 LSD 事後檢定；在品質特性 S/N 比計算部份，搜尋正確數以公式 5 之望大 S/N 比進行計算，而搜尋時間與閱讀疲勞度則以公式 6 之望小 S/N 比進行計算，以找出優化的設計因子水準組合；變異數分析則旨在求得各個設計因子對於閱讀績效及疲勞度之影響程度的大小，計算如公式 7~11 所示。

$$\text{總平方和 } SS_T = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^r y_{ij}^2 - n * r * \bar{y} \quad (7)$$

其中，n=實驗組數、r=每組實驗之實驗數據數

y_{ij}^2 = 各量測值之平方、 \bar{y} = 整體數據之平均量測值

$$\text{總自由度 } DOF_T = n * r - 1 \quad (8)$$

$$\text{因子之平方和 } SS_F = \frac{n * r}{L_F} \sum_{k=1}^{L_F} (\bar{y}_{Fk} - \bar{y})^2 \quad (9)$$

其中， L_F =因子之水準數、 \bar{y}_{Fk} = 因子在各水準之平均量測值

$$\text{因子之自由度 } DOF_F = L_F - 1 \quad (10)$$

$$\text{誤差平方和 } SS_e = SS_T - (SS_{FA} + SS_{FB} + \dots) \quad (11)$$

其中， SS_{FA} 是A因子之平方和、 SS_{FB} 是B因子之平方和，依此類推。

四、結果與討論

本研究以智慧型手機為研究工具，透過田口法以實驗方式針對不同年齡層之受測者就不同設計因子水準組合之閱讀文本做測試。共邀請了男女各 30 位合計共 60 位不同年齡層之受測者進行實驗。以下謹就測試及分析結果詳述之。

4-1 整體受測者

坐姿閱讀下，各項測試及各因子水準之平均搜尋績效、疲勞度、及完成搜尋所花時間分如以下表 4 及表 5 所示。由表 4 可看出，各項測試之搜尋正確率有相當程度差異，介於 55%~80%；疲勞度則介於 2.23~5.21，差異相當大；而完成搜尋所花時間之差異也相當大，從最低的約 30 秒到最高的 66 秒相差近二倍。

對整體受測者言，由表 5 可看出，陽性呈現在搜尋正確率、疲勞度及搜尋所花時間上均明顯較陰性呈現佳；中黑體字型在搜尋正確率、疲勞度及搜尋所花時間上均明顯較標楷體及細明體佳；12 pt 字級在搜尋正確率、疲勞度及搜尋所花時間上均明顯較 8 pt 及 10 pt 字級佳；1 倍字高在搜尋正確率、疲勞度及搜尋所花時間上明顯較佳；0.5 pt 字距在搜尋正確率、疲勞度及搜尋所花時間上雖均較 0 pt 及 1 pt 字距佳，惟僅在搜尋所花時間上達顯著。

對各年齡層受測者言，由表 4 可看出，搜尋正確率、疲勞度及搜尋所花時間三者均以 19 歲以下最佳、20 至 39 歲次之、40 至 59 歲再次之、59 歲以上則最差，且年輕族群明顯較年長族群佳。

總的來看，搜尋正確率、疲勞度及搜尋所花時間三者之結果相當合理，即閱讀疲勞度較低者，搜尋正確率較高且搜尋所花時間也較短。

表 4. 各項測試之搜尋績效、疲勞度及完成搜尋所花時間

實驗編號	極性	字型	字級 (pt)	行距 (字高)	字距 (pt)	搜尋績效 (N=30)		疲勞度	搜尋時間 (秒)
						正確數	正確率		
1	陽性	標楷體	8	0.5 倍	0	17.58	59%	4.75	65.68
2	陽性	標楷體	10	1 倍	1	19.93	66%	3.78	50.75
3	陽性	細明體	8	1.5 倍	0.5	17.10	57%	5.21	65.13
4	陽性	細明體	12	0.5 倍	1	22.33	74%	3.06	32.58
5	陽性	中黑體	12	1 倍	0.5	23.93	80%	2.23	29.83
6	陽性	中黑體	10	1.5 倍	0	20.85	70%	3.19	34.48
7	陰性	中黑體	10	0.5 倍	1	18.67	62%	4.14	58.62
8	陰性	中黑體	8	1 倍	0	17.95	60%	4.36	59.32
9	陰性	細明體	10	1 倍	0.5	18.13	60%	4.44	36.58
10	陰性	細明體	12	1.5 倍	0	20.50	68%	3.80	42.53
11	陰性	標楷體	12	0.5 倍	0.5	20.62	69%	3.68	39.15
12	陰性	標楷體	8	1.5 倍	1	16.48	55%	5.12	62.40
整體						19.51	65%	3.98	48.09
19 歲以下 (1)						22.66	76%	2.95	40.92
20 至 39 歲 (2)						22.06	74%	3.02	45.76
40 至 59 歲 (3)						18.98	63%	4.84	50.88
59 歲以上 (4)						14.34	48%	5.11	54.80
各年齡層差異性檢定結果						$p<0.001^*$ 1,2>3,4	-	$p<0.001^*$ 1,2<3,4	$p<0.001^*$ 1,2<3,4 1<2

*達顯著

表 5. 各因子水準之搜尋績效、疲勞度及完成搜尋所花時間及差異性檢定結果

因子	水準 (編號)	搜尋績效 (N=30)		疲勞度	p 值	搜尋時間 (秒)	p 值
		搜尋正確數 (正確率)	p 值				
極性	陽性 (1)	20.29 (68%)	<0.001*	3.70	<0.001*	46.41	<0.001*
	陰性 (2)	18.73 (62%)	1>2	4.26	1>2	49.77	1>2
字型	標楷體 (1)	18.65 (62%)	0.003* 3, 2>1	4.33	<0.001* 3<1, 2	54.50	0.004* 2, 3<1
	細明體 (2)	19.52 (65%)		4.13		44.21	
	中黑體 (3)	20.35 (68%)		3.48		45.56	
字級	8 pt (1)	17.28 (58%)	<0.001*	4.86	<0.001*	63.13	<0.001*
	10 pt (2)	19.40 (65%)	3>1, 2	3.89	3<1, 2	45.11	3<1, 2
	12 pt (3)	21.85 (73%)	2>1	3.19	2<1	36.02	2<1
行距	0.5 倍字高 (1)	19.80 (66%)	0.023* 1, 2>3	3.91	0.003* 1, 2<3	49.01	<0.001* 2<1, 3
	1 倍字高 (2)	19.99 (67%)		3.70		44.12	
	1.5 倍字高 (3)	18.73 (62%)		4.33		51.14	
字距	0 pt (1)	19.22 (64%)	0.293	4.03	0.717	50.50	<0.001* 2<1, 3
	0.5 pt (2)	19.95 (67%)		3.89		42.67	
	1 pt (3)	19.35 (64%)		4.03		51.09	

*達顯著

1. 各因子之搜尋正確數 S/N 比及變異數分析

由表 6 及圖 3 所顯示之搜尋正確數之平均 S/N 比及 S/N 比反應圖可看出，坐姿閱讀狀況下具最佳搜尋績效之因子水準組合（即各因子中具最大 S/N 比值之水準的組合）為：陽性極性（水準 1）、中黑體字型（水準 3）、12 pt 字級（水準 3）、1 倍字高行距（水準 2）、0.5 pt 字距（水準 2）；且上述因子水

準組合有出現在本研究所規劃進行的 12 個實驗中。另由表 6 所顯示之變異數分析結果則可看出，各因子重要性依序分別為字級、極性、字型、行距、字距，其中，僅字距之影響度未達顯著，由此可知字級為影響閱讀搜尋成效最重要之因子，而字距則是影響程度最小者。

表 6. 坐姿閱讀下各因子之搜尋正確數之平均 S/N 比及變異數分析結果

因子	S/N ratio					變異數分析					
	水準 1	水準 2	水準 3	差異 (max-min)	差異排序	平方和	自由度	變異量	F	p	影響度排序
極性	24.82	23.80	—	1.02	2	439.92	1	439.92	18.03	<0.001*	2
字型	23.79	24.52	24.61	0.82	3	345.48	2	172.74	7.08	0.001*	3
字級	22.63	24.14	26.15	3.52	1	2507.87	2	1253.94	51.42	<0.001*	1
行距	24.26	24.44	24.22	0.22	5	219.55	2	109.78	4.50	0.011*	4
字距	23.95	24.70	24.26	0.75	4	71.59	2	35.80	1.47	0.231	5
誤差						17313.55	710	24.39			
總體						20897.97	719				

*達顯著

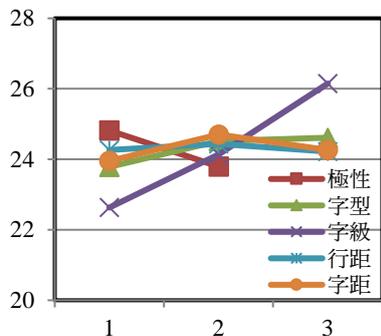


圖 3. 搜尋正確數之 S/N 比反應圖

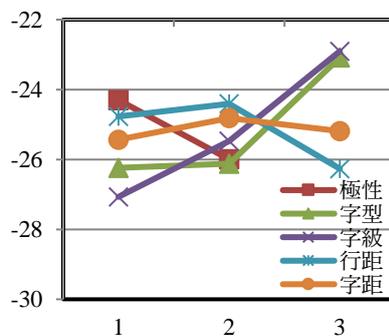


圖 4. 疲勞度之 S/N 比反應圖

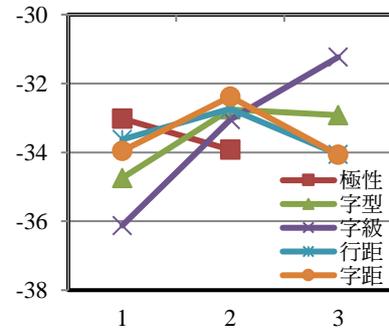


圖 5. 搜尋所花時間之 S/N 比反應圖

2. 各因子之疲勞度 S/N 比及變異數分析

由表 7 及圖 4 所顯示之疲勞度之平均 S/N 比及 S/N 比反應圖可看出，坐姿閱讀狀況下具最低疲勞度之因子水準組合為：陽性極性、中黑體字型、12 pt 字級、1 倍字高行距、0.5 pt 字距；且上述因子水準組合有出現在本研究所規劃進行的 12 個實驗中。另由表 7 所顯示之變異數分析結果則可看出，各因子重要性依序分別為字級、極性、字型、行距、字距，其中，僅字距之影響度未達顯著，由此可看出字級是影響視覺疲勞度最重要之因子，而字距則是影響程度最小者。

表 7. 坐姿閱讀下各因子之疲勞度之平均 S/N 比及變異數分析結果

因子	S/N ratio					變異數分析					
	水準 1	水準 2	水準 3	差異 (max-min)	差異排序	平方和	自由度	變異量	F	p	影響度排序
極性	-27.46	-29.01	—	1.55	3	55.11	1	55.11	14.61	<0.001*	2
字型	-29.09	-28.48	-27.12	1.97	2	95.04	2	47.52	12.60	<0.001*	3
字級	-30.06	-28.30	-26.33	3.73	1	248.39	2	124.20	32.92	<0.001*	1
行距	-28.21	-27.63	-28.85	1.22	4	49.14	2	24.57	6.51	0.002*	4
字距	-28.41	-27.84	-28.45	0.61	5	2.92	2	1.46	0.39	0.680	5
誤差						2678.43	710	3.77			
總體						3129.04	719				

*達顯著

3. 各因子之完成搜尋所花時間 S/N 比及變異數分析

由表 8 及圖 5 所顯示之完成搜尋所花時間之平均 S/N 比及 S/N 比反應圖可看出，坐姿閱讀狀況下具最佳閱讀搜尋時間之因子水準組合為：陽性極性、細明體字型、12 pt 字級、1 倍字高行距、0.5 pt 字距；惟上述因子水準組合沒有出現在本研究所規劃進行的 12 個實驗中。另由表 8 所顯示之變異數分析結果則可看出，各因子重要性依序分別為字級、字型、字距、行距、極性，且影響度均達顯著，由此可看出字級是影響搜尋所花時間最重要之因子，而極性則是影響程度最小者。

表 8. 坐姿閱讀下各因子之完成搜尋所花時間之平均 S/N 比及變異數分析結果

因子	S/N ratio					變異數分析					
	水準 1	水準 2	水準 3	差異 (max-min)	差異 排序	平方和	自由度	變異量	F	p	影響度 排序
極性	-33.02	-33.92	—	0.90	5	2030.11	1	2030.11	22.49	<0.001*	5
字型	-34.74	-32.75	-32.91	1.99	2	15001.32	2	7500.66	83.08	<0.001*	2
字級	-36.12	-33.05	-31.24	4.88	1	91391.20	2	45695.60	506.14	<0.001*	1
行距	-33.62	-32.73	-34.06	1.33	4	6209.93	2	3104.97	34.39	<0.001*	4
字距	-33.96	-32.38	-34.07	1.69	3	10597.07	2	5298.53	58.69	<0.001*	3
誤差						64100.69	710	90.28			
總體						189330.31	719				

*達顯著

4-2 不同年齡層受測者

1. 19 歲以下

由表 9 及圖 6 所顯示之平均 S/N 比、變異數分析結果及 S/N 比反應圖可看出：(1) 具最佳搜尋績效之組合為：陽性極性、中黑體字型、12pt 字級、0.5 倍字高行距、0.5 pt 或 1 pt 字距；各因子重要性依序分別為字級、字型、行距、極性、字距，且其中極性及字距之影響度未達顯著。(2) 具最低疲勞度之組合為：陽性極性、中黑體字型、12 pt 字級、1 倍字高行距、0.5 pt 字距；各因子重要性依序分別為字級、字型、極性、行距、字距，且其中僅字距之影響度未達顯著。(3) 具最低搜尋時間之組合為：陽性極性、細明體字型、12 pt 字級、1 倍字高行距、0.5 pt 字距；各因子重要性依序分別為字級、字型、字距、行距、極性，且其中僅極性之影響度未達顯著。

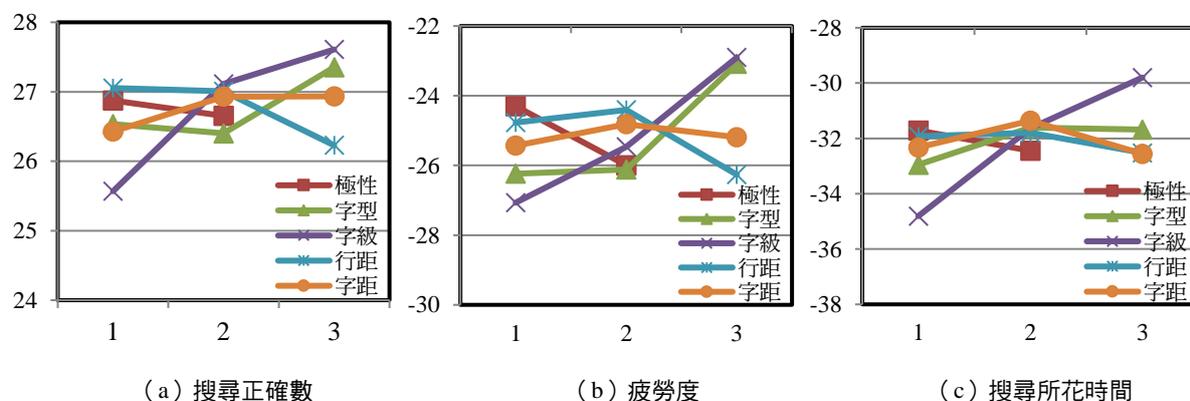


圖 6. 搜尋正確數、疲勞度及搜尋所花時間之 S/N 比反應圖

表 9. 19 歲以下年齡層各因子之搜尋正確數、疲勞度及搜尋時間之平均 S/N 比及變異數分析結果

搜尋正確數											
因子	S/N ratio					變異數分析					
	水準 1	水準 2	水準 3	差異 (max-min)	差異排序	平方和	自由度	均方和	F	p	影響度排序
極性	26.87	26.65	—	0.22	5	21.32	1	21.32	2.37	0.126	4
字型	26.53	26.40	27.35	0.95	2	172.40	2	86.20	9.57	<0.001*	2
字級	25.57	27.11	27.61	2.04	1	563.93	2	281.96	31.31	<0.001*	1
行距	27.05	27.01	26.23	0.82	3	131.71	2	65.86	7.31	0.001*	3
字距	26.43	26.93	26.93	0.50	4	41.98	2	20.99	2.33	0.100	5
誤差						1531.05	170	9.01			
總體						2462.39	179				

疲勞度											
因子	S/N ratio					變異數分析					
	水準 1	水準 2	水準 3	差異 (max-min)	差異排序	平方和	自由度	均方和	F	p	影響度排序
極性	-24.30	-25.99	—	1.69	4	9.25	1	9.25	7.02	0.009*	3
字型	-26.24	26.12	-23.08	3.16	2	35.63	2	17.81	13.53	<0.001*	2
字級	-27.07	-25.47	-22.90	4.17	1	43.32	2	21.66	16.45	<0.001*	1
行距	-24.77	-24.41	-26.26	1.85	3	10.03	2	5.02	3.81	0.024*	4
字距	-25.43	-24.82	-25.19	0.61	5	0.52	2	0.26	0.20	0.822	5
誤差						223.88	170	1.32			
總體						322.62	179				

搜尋時間											
因子	S/N ratio					變異數分析					
	水準 1	水準 2	水準 3	差異 (max-min)	差異排序	平方和	自由度	均方和	F	p	影響度排序
極性	-31.71	-32.44	—	0.73	4	213.21	1	213.21	2.93	0.089	5
字型	-32.95	-31.61	-31.68	1.34	2	1327.51	2	663.75	9.12	<0.001*	2
字級	-34.81	-31.63	-29.80	5.01	1	17264.55	2	8632.27	118.63	<0.001*	1
行距	-31.92	-31.80	-32.53	0.73	4	490.09	2	245.05	3.37	0.037*	4
字距	-32.32	-31.36	-32.56	1.20	3	808.34	2	404.17	5.55	0.005*	3
誤差						12369.95	170	72.76			
總體						32473.65	179				

*達顯著

2. 20 至 39 歲

由表 10 及圖 7 所顯示之搜尋正確數之平均 S/N 比、變異數分析結果及 S/N 比反應圖可看出：(1) 具最佳搜尋績效之組合為：陽性極性、中黑體字型、12pt 字級、1 倍字高行距、0 pt 字距；各因子重要性依序分別為字級、極性、行距、字型、字距，且其中行距、字型及字距之影響度未達顯著。(2) 具最低疲勞度之組合為：陽性極性、中黑體字型、12 pt 字級、1 倍字高行距、0.5 pt 字距；各因子重要性依序分別為字級、行距、字型、極性、字距，且其中字距及極性之影響度未達顯著。

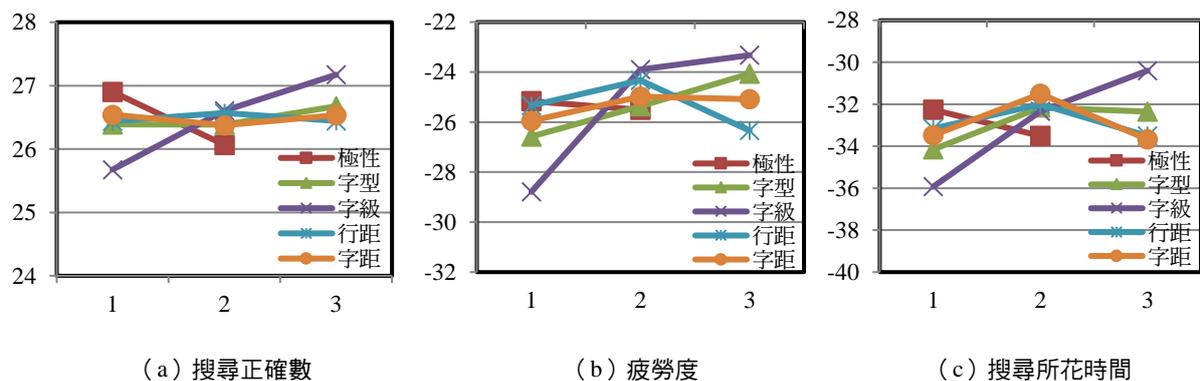


圖 7. 搜尋正確數、疲勞度及搜尋所花時間之 S/N 比反應圖

(3) 具最低搜尋時間之組合為：陽性極性、細明體字型、12 pt 字級、1 倍字高行距、0.5 pt 字距；各因子重要性依序分別為字級、字距、字型、極性、行距，且影響度皆達顯著。

表 10. 20 至 39 歲年齡層各因子之搜尋正確數、疲勞度及搜尋時間之平均 S/N 比及變異數分析結果

搜尋正確數											
因子	S/N ratio					變異數分析					影響度 排序
	水準 1	水準 2	水準 3	差異 (max-min)	差異 排序	平方和	自由度	均方和	F	P	
極性	26.90	26.07	—	0.83	2	142.05	1	142.05	12.30	0.001*	2
字型	26.39	26.39	26.67	0.28	3	16.11	2	8.05	0.70	0.499	4
字級	25.68	26.60	27.17	1.49	1	421.34	2	210.67	18.24	<0.001*	1
行距	26.44	26.57	26.44	0.13	5	21.61	2	10.80	0.94	0.394	3
字距	26.54	26.38	26.53	0.16	4	3.16	2	1.58	0.14	0.872	5
誤差						1963.88	170	11.55			
總體						2568.15	179				
疲勞度											
極性	-25.16	-25.51	—	0.35	5	1.10	1	1.10	0.85	0.357	5
字型	-26.58	-25.37	-24.07	2.51	2	21.25	2	10.63	8.25	<0.001*	3
字級	-28.79	-23.90	-23.33	5.46	1	152.87	2	76.44	59.38	<0.001*	1
行距	-25.34	-24.33	-26.34	2.01	3	26.03	2	13.02	10.11	<0.001*	2
字距	-25.95	-24.98	-25.08	0.97	4	5.71	2	2.85	2.22	0.112	4
誤差						218.84	170	1.29			
總體						425.80	179				
搜尋時間											
極性	-32.27	-33.51	—	1.24	5	1124.25	1	1124.25	21.02	<0.001*	4
字型	-34.15	-32.16	-32.36	1.99	3	3206.40	2	1603.2	29.98	<0.001*	3
字級	-35.93	-32.34	-30.40	5.53	1	26298.60	2	13149.3	245.89	<0.001*	1
行距	-33.15	-32.00	-33.51	1.51	4	1721.64	2	860.82	16.10	<0.001*	5
字距	-33.49	-31.51	-33.68	2.17	2	3698.20	2	1849.1	34.58	<0.001*	2
誤差						9090.94	170	53.4761			
總體						45140.03	179				

*達顯著

3. 40 至 59 歲

由表 11 及圖 8 所顯示之搜尋正確數之平均 S/N 比、變異數分析結果及 S/N 比反應圖可看出：(1) 具最佳搜尋績效之組合為：陽性極性、中黑體字型、12 pt 字級、0.5 倍字高行距、0 pt 字距；各因子重要性依序分別為字級、行距、極性、字型、字距，且其中僅字距之影響度未達顯著。(2) 具最低疲勞度之組合為：陽性極性、中黑體字型、12 pt 字級、1 倍字高行距、0.5 pt 字距；各因子重要性依序分別為字級、極性、行距、字型、字距，且其中行距、字型及字距之影響度未達顯著。(3) 具最低搜尋時間之組合為：陽性極性、細明體字型、12 pt 字級、1 倍字高行距、0.5 pt 字距；各因子重要性依序分別為字級、字型、字距、行距、極性，且影響度皆達顯著。

表 11.40 至 59 歲年齡層各因子之搜尋正確數、疲勞度及搜尋時間之平均 S/N 比及變異數分析結果

搜尋正確數											
因子	S/N ratio					變異數分析					影響度 排序
	水準 1	水準 2	水準 3	差異 (max-min)	差異 排序	平方和	自由度	均方和	F	p	
極性	25.26	24.46	—	0.80	4	69.57	1	69.57	4.54	0.035*	3
字型	24.54	24.83	25.20	0.66	5	118.35	2	59.17	3.86	0.023*	4
字級	24.18	24.13	26.27	2.14	1	539.81	2	269.91	17.61	<0.001*	1
行距	25.28	25.20	24.09	1.19	2	192.99	2	96.49	6.30	0.002*	2
字距	25.34	24.89	24.35	0.99	3	60.95	2	30.48	1.99	0.140	5
誤差						2605.06	170	15.32			
總體						3586.73	179				

疲勞度											
因子	S/N ratio					變異數分析					影響度 排序
	水準 1	水準 2	水準 3	差異 (max-min)	差異 排序	平方和	自由度	均方和	F	p	
極性	-28.50	-30.65	—	2.15	2	43.22	1	43.22	12.10	0.001*	2
字型	-30.34	-29.72	-28.66	1.68	3	16.35	2	8.17	2.29	0.105	4
字級	-31.17	-29.92	-27.64	3.53	1	103.17	2	51.58	14.44	<0.001*	1
行距	-29.52	-28.88	-30.33	1.45	4	21.07	2	10.53	2.95	0.055	3
字距	-29.61	-29.07	-30.05	0.98	5	5.01	2	2.50	0.70	0.498	5
誤差						607.25	170	3.57			
總體						796.06	179				

搜尋時間											
因子	S/N ratio					變異數分析					影響度 排序
	水準 1	水準 2	水準 3	差異 (max-min)	差異 排序	平方和	自由度	均方和	F	p	
極性	-33.47	-34.21	—	0.74	5	355.75	1	355.75	6.31	0.013*	5
字型	-35.05	-33.26	-33.20	1.85	3	4142.66	2	2071.33	36.77	<0.001*	2
字級	-36.44	-33.67	-31.41	5.03	1	25301.85	2	12650.93	224.56	<0.001*	1
行距	-33.88	-32.96	-34.68	1.72	4	3149.85	2	1574.93	27.96	<0.001*	4
字距	-34.25	-32.62	-34.65	2.03	2	3906.20	2	1953.10	34.67	<0.001*	3
誤差						9577.31	170	56.34			
總體						46433.61	179				

* 達顯著

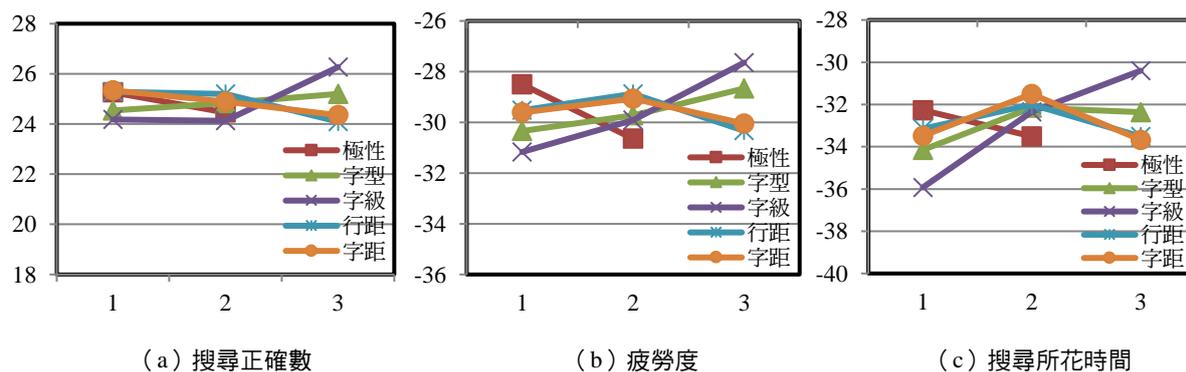


圖 8. 搜尋正確數、疲勞度及搜尋所花時間之 S/N 比反應圖

4. 60 歲以上

由表 12 及圖 9 所顯示之搜尋正確數之平均 S/N 比、變異數分析結果及 S/N 比反應圖可看出：(1) 具最佳搜尋績效之組合為：陽性極性、細明體字型、12 pt 字級、1.5 倍字高行距、0.5 pt 字距；各因子重要性依序分別為字級、極性、字型、字距、行距，且其中僅行距之影響度未達顯著。(2) 具最低疲勞度之組合為：陽性極性、中黑體字型、12 pt 字級、1 倍字高行距、0.5 pt 字距；各因子重要性依序分別為字級、極性、字型、行距、字距，且其中行距及字距之影響度未達顯著。(3) 具最低搜尋時間之組合為：

陽性極性、細明體字型、12 pt 字級、1 倍字高行距、0.5 pt 字距；各因子重要性依序分別為字級、字型、字距、行距、極性，且影響度皆達顯著。

表 12. 60 歲以上年齡層各因子之搜尋正確數、疲勞度及搜尋時間之平均 S/N 比及變異數分析結果

搜尋正確數											
因子	S/N ratio					變異數分析					影響度 排序
	水準1	水準2	水準3	差異 (max-min)	差異 排序	平方和	自由度	均方和	F	P	
極性	22.48	20.89	—	1.59	2	291.47	1	291.5	20.25	<0.001*	2
字型	20.79	22.17	22.10	1.38	4	170.68	2	85.4	5.93	0.003*	3
字級	19.20	21.43	24.43	5.23	1	1350.94	2	675.5	46.94	<0.001*	1
行距	21.42	21.73	21.91	0.49	5	8.81	2	4.41	0.31	0.737	5
字距	20.95	22.39	21.72	1.44	3	108.06	2	54.0	3.76	0.025*	4
誤差						39461.04	170	232.1			
總體						41391.00	179				
疲勞度											
極性	-29.44	-30.88	—	1.44	3	31.13	1	31.13	7.43	0.007*	2
字型	-30.93	-30.32	-29.23	1.70	2	29.45	2	14.73	3.52	0.032*	3
字級	-31.54	-30.43	-28.50	3.04	1	84.42	2	42.21	10.08	<0.001*	1
行距	-30.27	-29.78	-30.43	0.65	5	6.62	2	3.31	0.79	0.455	4
字距	-30.30	-29.71	-30.47	0.76	4	5.80	2	2.90	0.69	0.502	5
誤差						711.83	170	4.19			
總體						869.25	179				
搜尋時間											
極性	-34.16	-34.99	—	0.83	5	530.45	1	530.45	10.41	0.002*	5
字型	-36.12	-33.63	-33.96	2.49	2	7847.31	2	3923.66	77.01	<0.001*	2
字級	-36.98	-34.07	-32.67	4.31	1	23359.48	2	11679.74	229.25	<0.001*	1
行距	-34.91	-33.78	-35.02	1.24	4	1901.65	2	950.82	18.66	<0.001*	4
字距	-35.21	-33.53	-34.97	1.68	3	3268.49	2	1634.24	32.08	<0.001*	3
誤差						8661.06	170	50.95			
總體						45568.44	179				

*達顯著

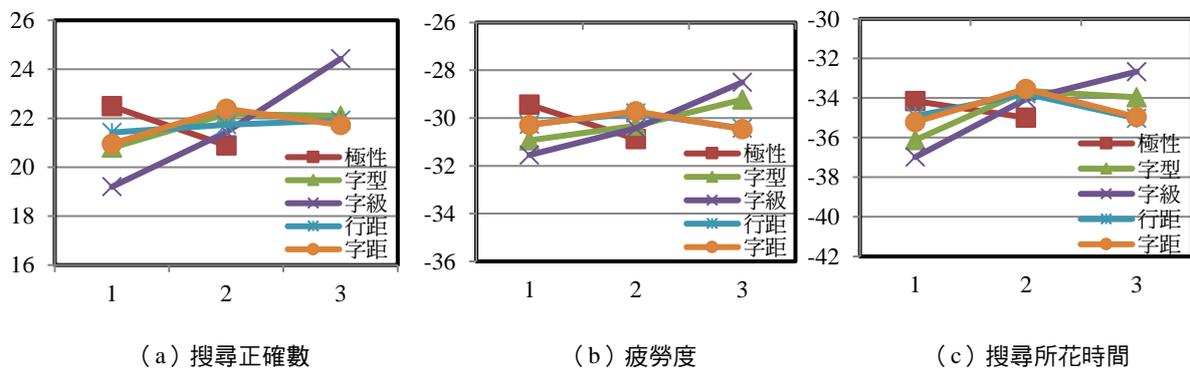


圖 9. 搜尋正確數、疲勞度及搜尋所花時間之 S/N 比反應圖

4-3 討論

由前述文獻探討可知，極性對於閱讀績效及疲勞度是有所影響的，在閱讀速度上陽性呈現似較陰性呈現佳，然在閱讀理解上二者似無顯著差異；此外，在閱讀疲勞度上有研究認為陽性呈現較佳、也有研

究認為陰性呈現較佳。而本研究之結果則顯示，陽性呈現在搜尋正確率、疲勞度及搜尋所花時間上均顯著較陰性呈現佳；顯示對小型螢幕言陽性呈現是較宜的且本研究之結果與前述部分文獻研究結果一致。

此外，由前述文獻探討可知，字型對於閱讀是有所影響的，其中，以黑體、細明體與楷體較佳，隸體及仿宋體則較差。而本研究之結果則顯示，以中黑體字型之答題正確數較佳，細明體次之，標楷體則為最差；顯示本研究之結果與前述文獻研究結果相同。

再者，由前述文獻探討可知，字級對於閱讀是有所影響的，文字的理解力會隨著字體大小的增加而增加且文字識認的正確性及閱讀舒適度會隨之提升，顯示字級大者似較字級小者佳，惟當字級大到一定程度（約略在 12 pt）時似就對閱讀績效之影響不顯著了，然對閱讀舒適度之影響還是顯著。本研究之結果則顯示，12 pt 字級在搜尋正確率、疲勞度及搜尋所花時間上均顯著較 8 pt 及 10 pt 佳、且 8 pt 字級明顯最差，顯示字級大小明顯會影響閱讀績效及舒適度，且較大字級較佳；此結果與前述文獻研究結果相一致。

Bouma (1980) 指出，對全螢幕寬度之文本言，讓經過長距離的側向眼睛移動後之閱讀者能正確的定位另一新列的起始是困難的，尤其是在相近的垂直間距時。此說明列長（即列寬）與列間距之間是可能有交互作用的，且諸多之研究亦提出相同的看法（Neal & Darnell, 1984; Tinker, 1963a, 1963b），由此可看出行距在閱讀上之重要。此外，由前述文獻探討可知，行距對於閱讀是有所影響的，採雙行間距（即行距為 1 倍字高）似較佳，1/2 倍字高行距亦宜。本研究之結果則顯示，行距為 1 倍字高者在搜尋正確率、疲勞度及搜尋所花時間上明顯較佳，此意謂著行距對於閱讀是有影響的，且此結果與前述諸研究結果相同；再者，由本研究之結果亦可看出，行距並非較大者便較佳，適當的行距才是重要的。

由前述文獻探討亦可知，字距對於閱讀是有影響的，惟由於相關研究之結果頗不一致，故理想之字距並未有定論，惟當字距大到一定程度時似就對閱讀之影響不顯著了。本研究之結果顯示，0.5 pt 字距在搜尋正確率、疲勞度及搜尋所花時間上均較 0 pt 及 1 pt 字距佳，惟僅在搜尋所花時間上達顯著，此意謂著字距對於閱讀是有影響的，惟並非字距越大越佳；此結果與前述部份文獻研究結果相一致。

一般應用田口式實驗法進行測試實驗最後會再針對最佳因子之組合進行驗證實驗 (confirmation test)，由於本研究在各設計因子水準組合實驗條件下均進行了 60 人次的測試，數量可謂相當多（相關研究所進行之實驗測試一般多在 5 次以下，由於不具統計檢定力，故須再做驗證實驗），已具備足夠統計檢定力與信度，且本研究亦藉由統計分析軟體對各因子之各水準間之差異進行了差異性檢定分析，再者，經由本研究所推導出之具最佳因子水準之組合有些即已然出現在本研究所規劃進行的 12 個實驗中，此外，由於本研究之效標變項計有閱讀搜尋績效、疲勞度及搜尋時間三個效標，並非僅單一效標，且需綜合考量此三效標後再整合出一最適化（非最佳化）之因子水準組合，故未再針對最佳因子之組合進行驗證實驗。

五、結論與建議

綜觀前述測試實驗與主觀評量結果可知，閱讀績效會隨著年齡之增加而遞減，閱讀疲勞度卻會隨著年齡之增加而遞增，顯示年齡確是影響閱讀績效及疲勞度的一個重要變項；此外，極性、字型、字級、行距、及字距均會對閱讀績效及疲勞度產生影響。以下謹將重要結果彙整歸納成下述結論與建議，期能為未來小型螢幕顯示器在訊息呈現上提供重要之設計參考依據。

5-1 結論

1. 具最佳閱讀（搜尋）績效之因子水準組合

表 13 彙整了在坐姿閱讀狀況下整體及各年齡層具最佳閱讀績效之因子水準組合。由表 13 可看出，對整體年齡層言，因子組合為陽性極性、中黑體字型、12 pt 字級、1 倍字高行距、0.5 pt 字距；19 歲以下年齡層為陽性極性、中黑體字型、12pt 字級、0.5 倍字高行距、0.5 pt 或 1 pt 字距；20 至 39 歲年齡層為陽性極性、中黑體字型、12 pt 字級、1 倍字高行距、0 pt 字距；40 至 59 歲年齡層為陽性極性、中黑體字型、12 pt 字級、0.5 倍字高行距、0 pt 字距；60 歲以上年齡層為陽性極性、細明體字型、12 pt 字級、1.5 倍字高行距、0.5 pt 字距。

表 13. 具最佳閱讀績效之因子水準組合

年齡層	因 子				
	極性	字型	字級	行距	字距
整 體	陽性	中黑體	12 pt	1 倍字高	0.5 pt
19 歲以下	陽性	中黑體	12 pt	0.5 倍字高	0.5 pt 或 1 pt
20 至 39 歲	陽性	中黑體	12 pt	1 倍字高	0 pt
40 至 59 歲	陽性	中黑體	12 pt	0.5 倍字高	0 pt
60 歲以上	陽性	細明體	12 pt	1.5 倍字高	0.5 pt

2. 各因子對閱讀（搜尋）績效之影響程度

由表 14 可知，對整體年齡層言，字級對閱讀搜尋績效之影響程度最高，極性次之，字距則最低；對 19 歲以下、20 至 39 歲及 40 至 59 歲年齡層言，影響程度最高的亦均為字級，最低的則均是字距；對 60 歲以上年齡層影響程度最高的是字級，最低的則是行距。綜觀之，對閱讀搜尋績效影響程度最大的是字級，其次是極性，再其次是字型及行距，字距則最低。

表 14. 各因子對閱讀績效之影響程度

年齡層	影響程度高至低排序				
	1	2	3	4	5
整體	字級*	極性*	字型*	行距*	字距
19 歲以下	字級*	字型*	行距	極性	字距
20 至 39 歲	字級*	極性*	行距	字型	字距
40 至 59 歲	字級*	行距*	極性*	字型*	字距
60 歲以上	字級*	極性*	字型*	字距*	行距

*達顯著

表 15. 具最佳視覺績效之因子水準組合

年齡層	因 子				
	極性	字型	字級	行距	字距
整體	陽性	中黑體	12 pt	1 倍字高	0.5 pt
19 歲以下	陽性	中黑體	12 pt	1 倍字高	0.5 pt
20 至 39 歲	陽性	中黑體	12 pt	1 倍字高	1 pt
40 至 59 歲	陽性	中黑體	12 pt	1 倍字高	0.5 pt
60 歲以上	陽性	中黑體	12 pt	1 倍字高	0.5 pt

3. 具最佳視覺績效之因子水準組合

表 15 彙整了在坐姿閱讀狀況下整體及各年齡層之最佳視覺績效之因子組合。此處所謂的視覺績效指的是閱讀疲勞度，閱讀疲勞度越低表示視覺績效越高。由表 15 可知，對整體年齡層、19 歲以下、40 至 59 歲及 60 歲以上年齡層言，具最佳視覺績效之因子組合均為陽性極性、中黑體字型、12 pt 字級、1 倍字高行距、0.5 pt 字距；20 至 39 歲年齡層則除字距為 1pt 與其他年齡層不同外，餘均相同。

4. 各因子對視覺績效之影響

表 16 彙整了各因子對視覺績效之影響情形。由表 16 可知，對整體年齡層及各年齡層言，影響視覺績效程度最高的均是字級，最低的則均是字距。綜觀之，對視覺績效影響程度最大的是字級，其次是極性，再其次分別是字型、行距，字距則最低。

表 16. 各因子對視覺績效之影響程度

年齡層	影響程度高至低排序				
	1	2	3	4	5
整體	字級*	極性*	字型*	行距*	字距
19 歲以下	字級*	字型*	極性*	行距	字距
20 至 39 歲	字級*	行距*	字型*	極性	字距
40 至 59 歲	字級*	極性*	行距	字型	字距
60 歲以上	字級*	極性*	字型*	行距	字距

*達顯著

表 17. 具最佳閱讀速度之因子水準組合

年齡層	因子				
	極性	字型	字級	行距	字距
整體	陽性	細明體	12 pt	1 倍字高	0.5 pt
19 歲以下	陽性	細明體	12 pt	1 倍字高	0.5 pt
20 至 39 歲	陽性	細明體	12 pt	1 倍字高	0.5 pt
40 至 59 歲	陽性	細明體	12 pt	1 倍字高	0.5 pt
60 歲以上	陽性	細明體	12 pt	1 倍字高	0.5 pt

5. 具最佳閱讀速度之因子水準組合

表 17 彙整了在坐姿閱讀狀況下整體及各年齡層之最佳閱讀速度之因子組合。此處所謂的閱讀速度指的是完成搜尋任務所花的時間，搜尋時間越短表示閱讀速度越快。由表 17 之結果顯示，對各年齡層言，具最佳閱讀速度之因子組合均為陽性極性、細明體字型、12 pt 字級、1 倍字高行距、0.5pt 字距。

6. 各因子對閱讀速度之影響程度

表 18 彙整了各因子對閱讀速度之影響情形。由表 18 可知，對各年齡層之閱讀速度影響程度最高的均是字級，次最低及最低的則分別均是行距及極性。綜觀之，以字級之影響程度為最高，字型次之，接下來依序分別是字距、行距及極性。

表 18. 各因子對閱讀速度之影響程度

年齡層	影響程度高至低排序				
	1	2	3	4	5
整體	字級*	字型*	字距*	行距*	極性*
19 歲以下	字級*	字型*	字距*	行距*	極性*
20 至 39 歲	字級*	字距*	字型*	行距*	極性*
40 至 59 歲	字級*	字型*	字距*	行距*	極性*
60 歲以上	字級*	字型*	字距*	行距*	極性*

*達顯著

7. 總結

將前述各項結果做綜合交叉比對後可彙整出以下重要結論：

- (1) 在兼顧閱讀績效、視覺績效與閱讀速度之綜合考量下，對整體年齡層言，靜態文本最適化設計之因子組合為：陽性極性、中黑體字型、12 pt 字級、1 倍字高行距、0.5 pt 字距；對 19 歲以下、20-39 歲及 40-59 歲年齡層言，靜態文本最適化設計之因子組合為：陽性極性、中黑體字型、12 pt 字級、1 倍字高行距、0.5 pt 字距；然對 60 歲以上年齡層言，靜態文本最適化設計因子組合則為：陽性極性、細明體字型、12 pt 字級、1 倍字高行距、0.5 pt 字距。
- (2) 總的來說，對整體年齡層言，以字級對閱讀之影響程度最高，字型及極性次之，字距及行距則較低。細部來說，對閱讀搜尋績效影響程度最大的是字級，其次是極性，字距及行距則影響程度較小；對視覺績效影響程度最大的是字級，其次是字型，字距及行距則影響程度較小；對閱讀速度影響程度最高的是字級，字型次之，行距及極性則較低。

5-2 建議

本研究藉由田口法之特點雖已針對極性、字型、字級、行距及字距之最適化組合以及其對閱讀之影響程度進行了探究，並獲得了之前相關研究未達致之相當具有應用價值的研究結果，惟本研究各實驗測

試乃在無干擾之狀況下進行，而真實情境下會有很多干擾因素，如：環境照明、環境噪音、螢幕亮度等，皆會對使用者產生閱讀及視覺上的影響，後續值得針對在真實情境下之閱讀加以探究。此外，本研究僅針對坐姿閱讀狀況進行測試，然現今於站立下使用手機閱讀之情況相當普遍，甚或行進間亦多有使用者，此亦是未來可加以探究的部份。

誌謝

本研究承審查委員提供非常寶貴之意見，以及鄧翔心小姐在測試及資料之彙集上的協助，特此致謝。

註釋

¹ 由於智慧型手機之螢幕較一般電腦及平板電腦均小，故本研究將之稱為小型螢幕。

² 本研究所使用之行距是指兩行文字間實際空白間隔的大小並以字體大小為行高計算基準。

參考文獻

1. Bauer, D., & Cavonius, C. R. (1980). Improving the legibility of visual display units through contrast reversal. In E. Grandjean & E. Vigliani (Eds.), *The ergonomic aspects of visual display terminals* (pp. 137-142). London, England: Taylor & Francis.
2. Bayumi, A., Shewakh, W. M., & Haleem, A. (2013). Design optimal VDU parameters for readability task to alleviate posture discomfort and mental stressors. *International Journal of Industrial Engineering & Technology*, 3(2), 53-66.
3. Bouma, H. (1980). Visual reading processes and the quality of text displays. In E. Grandjean & E. Vigliani (Eds.), *Ergonomic aspects of visual display terminals* (pp. 101-114). London, England: Taylor and Francis.
4. Chan, A. H. S., & Lee, P. S. K. (2005). Effect of display factors on Chinese reading times, comprehension scores and preference. *Behaviour and Information Technology*, 24(2), 81-91.
5. Cai, D. C., Chi, C. F., & You, M. L. (2001). The legibility threshold of Chinese characters in three-type styles. *Industrial Ergonomics*, 27(1), 9-17.
6. Chen, C. H., & Chien, Y. H. (2005a). Effect of dynamic display and speed of display movement on reading Chinese text presented on a small screen. *Perceptual and Motor Skills*, 100(3), 865-873.
7. Chen, C. H., & Chien, Y. H. (2005b). Reading Chinese text on a small screen with RSVP. *Displays*, 26(3), 103-108.
8. Chi, C. F., & Lin, F. T. (1998). A comparison of seven visual fatigue assessment techniques in three data-acquisition VDT tasks. *Human Factors*, 40(4), 557-590.
9. Chuang, C. R. (1982). The effects of Chinese text layouts on reading speed. In H. S. R. Kao & C. Cheng (Eds.), *Psychological aspects of Chinese language* (pp. 219-226). Taipei: Crane Publishing Company.
10. Cushman, W. H. (1986). Reading from microfiche, a VDT, and the printed page: Subjective fatigue and performance. *Human Factors*, 28(1), 63-73.

11. Dillon, A. (1992). Reading from paper versus screens: A critical review of the empirical literature. *Ergonomics*, 35(10), 1297-1326.
12. Gould, J. D., & Grischkowsky, N. (1986). Does visual angle of a line of characters affect reading speed. *Human Factors*, 28(2), 165-173.
13. Heuer, H., Hollendiek, G., Kroger, H., & Romer, T. (1989). Die Ruhelage der Augen und ihr EinuB auf Beobachtungsabatand und visuelle Ermudung bei Bildschirmarbeit. *Zeitschrift fur Experimentelle und Angewandte Psychologie*, 36(4), 538-566.
14. Hojjati, N., & Muniandy, B. (2014). The effects of font type and spacing of text for online readability and performance. *Contemporary Education Technology*, 5(2), 161-174.
15. Hwang, S. L., Wang, M. Y., & Her, C. C. (1988). An experimental study of Chinese information displays on VDTs. *Human Factors*, 30(4), 461-471.
16. Kolers, P. A., Duchnicky, R. L., & Feguson, D. C. (1981). Eye movement measurement of readability of CRT displays. *Human Factors*, 23(5), 517-527.
17. Kruk, R. S., & Muter, P. (1984). Reading of continuous text on video screens. *Human Factors*, 26(3), 339-345.
18. Legge, G. E., Pelli, D. G., Rubin, G. S., & Schleske, M. M. (1985). Psychophysics of reading--I. normal vision. *Vision Research*, 25(2), 239-252.
19. Megaw, T. (1990). The definition and measurement of visual fatigue. In J. R. Wilson & E. N. Corlett (Eds.), *Evaluation of human work* (pp. 683-702). London, England: Taylor & Francis.
20. Mills, C. B., & Weldon, L. J. (1987). Reading text from computer screens. *ACM Computing Surveys*, 19(4), 329-357.
21. Morrison, R. E., & Inhoff, A. W. (1981). Visual factors and eye movements in reading. *Visible Language*, 15(2), 129-146.
22. Muter, P., & Maurutto, P. (1991). Reading and skimming from computer screens and books: The paperless office revisited? *Behaviour and Information Technology*, 10(4), 257-266.
23. Neal, A. S., & Darnell, M. J. (1984). Text-editing performance with partial-line, partial-page and full-page displays. *Human Factors*, 26(4), 431-441.
24. Radl, G. W. (1983). Experimental investigations for optimal presentation mode and colours of symbols on the CRT screen. In E. Grandjean & E. Vigliani (Eds.), *Ergonomics aspects of visual display terminals* (pp. 127-136). London, England: Taylor & Francis.
25. Russell, M. C., & Chaparro, B. S. (2001). Exploring effects of speed and font size with RSVP. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 45th Annual Meeting* (pp. 640-644). Minneapolis, MN: Sage.
26. Saito, S., Taptagaporn, S., & Salvendy, G. (1993). Visual comfort in using different VDT screens. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 5(4), 313-323.
27. Scales, A. Y. (2011). *Improving instructional materials by improving document formatting*. Paper presented at ASEE southeast section conference, North Carolina. Retrieved from <http://se.asee.org/proceedings/ASEE2002/P2002060INSTRSCA.PDF>
28. Sinclair, M. A. (1990). Subjective assessment. In J. R. Wilson & E. N. Corlett (Eds.), *Evaluation of human work* (pp. 58-88). London, England: Taylor & Francis.

29. Snyder, H. L. (1988). Image quality. In M. Helander (Ed.), *Handbook of human-computer interaction* (pp. 437-474). Amsterdam: Elsevier Science Publishers.
30. Taguchi, G. (1986). *Introduction to quality engineering: Designing quality into products and processes*. Tokyo: The Organization.
31. Tarasov, D. A., Sergeev, A. P., & Filimonov, V. V. (2015). Legibility of textbooks: A literature review. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 174, 1300-1308.
32. Tinker, M. A. (1963a). *Legibility of print*. Ames, IA: The Iowa State University Press.
33. Tinker, M. A. (1963b). Influence of simultaneous variation in size of type, width of line and leading for newspaper type. *Journal of Applied Psychology*, 47(6), 380-382.
34. Tullis, T. S. (1986). *Display analysis program* (4th ed.). Lawrence, KS: The Report Store.
35. Wang, A. H., & Chen, M. T. (2000). Effects of polarity and luminance contrast on visual performance and VDT display quality. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 25(4), 415-421.
36. Yoshitake, H. (1975). Relation between the symptoms and the feelings of fatigue. In K. Hashimoto, K. Kogi & E. Grandjean (Eds.), *Methodology in human fatigue assessment* (pp. 175-186). London, England: Taylor & Francis.
37. 王天津、侯東旭 (1996)。中文字型與字體大小對閱讀與搜尋作業績效影響之研究。 *高雄工學院學報*, 3, 1-15。
Wang, T. C., & Hou, T. H. (1996). A study of effects of Chinese fonts of type and character size on reading and searching performance. *Journal of Kaohsiung Polytechnic Institute*, 3, 1-15. [in Chinese, semantic translation]
38. 王安祥、方家正 (2002)。前導式動態資訊之配速、文字跳動距離、外框長度及字體大小設計對 TFT-LCD 螢幕使用者閱讀視覺績效之影響。摘自 *中國人因工程學會 2002 年年會暨學術研討會論文集* (頁 157-161)。台北市：中國人因工程學會。
Wang, A. H., & Fun, C. C. (2002). Effects of the design of speed, word jump length, border length, and font size of leading dynamic displays on TFT-LCD users' reading visual performance. In *Proceeding of 2002 Annual Meeting and Academic Conference of Ergonomics Society of China* (pp. 157-161). Taipei: Ergonomics Society of China. [in Chinese, semantic translation]
39. 吳復強 (2002)。 *田口品質工程*。台北市：全威圖書。
Wu, F. C. (2002). *Taguchi quality engineering*. Taipei: Chuan Wei Book Co. [in Chinese, semantic translation]
40. 李輝煌 (2000)。 *田口方法-品質設計的原理與實務*。新北市：高立圖書。
Lee, H. W. (2000). *Taguchi methods: Principles and practices of quality design*. New Taipei City: Gau Lih Book Co. [in Chinese, semantic translation]
41. 周昭宇、王彥華 (1996)。應用田口參數設計於論文之排版格式。 *國立雲林技術學院學報*, 5 (2), 13-18。
Chou, C. Y., & Wang, Y. W. (1996). Applying Taguchi parameter design on the thesis composing form. *Journal of National Yun Lin Institute of Technology*, 5(2), 13-18. [in Chinese, semantic translation]
42. 柳閩生 (1980)。 *雜誌的編輯設計*。台北市：天工書局。
Liou, M. S. (1980). *Editorial design for magazine*. Taipei: Tien Gong Bookstore. [in Chinese, semantic translation]

43. 張世錫(1992)。國小高年級教科書直排之字體、大小、字距及行距設計之研究(未出版碩士論文)。中國文化大學,台北市。
Zhang, S. C. (1992). *A study on the design of font, character size, character spacing and line spacing of vertical printing for the senior class of primary school* (Unpublished master's thesis). Chinese Culture University, Taipei, Taiwan. [in Chinese, semantic translation]
44. 張柏駿(1996)。螢幕文字/背景亮度與色彩對視覺績效與主觀偏好影響之研究(未出版碩士論文)。台灣工業技術學院,台北市。
Chang, P. C. (1996). *Effects of screen text/background luminance and color on visual performance and subjective preference* (Unpublished master's thesis). National Taiwan Institute of Technology, Taipei, Taiwan. [in Chinese, semantic translation]
45. 張銘勳、鄭世宏(1996)。中文筆畫數及字形於 VDT 顯示幕之閱讀識認性研究。《工業設計》,25(2), 23-30。
Chang, M. S., & Chen, S. H. (1996). A study on the reading identification and recognition of Chinese character's stroke number and font on VDT. *Industrial Design*, 25(2), 23-30. [in Chinese, semantic translation]
46. 曹融(2000)。版面編排之意象評估與視覺設計研究。台北市:五南。
Tsao, R. (2000). *A study on the image evaluation and visual design of the layout*. Taipei: Wu Nan. [in Chinese, semantic translation]
47. 黃政傑(1995)。國民中小學教科用書印製規格之研究。台北市:國立台灣師範大學教育研究中心專題研究成果報告(報告編號:0102)。
Hwang, C. C. (1995). *A study on the printing specification of primary and junior high school textbooks*. Taipei: Specific research report of Education Research Center, National Taiwan Normal University (Report No. 0102). [in Chinese, semantic translation]
48. 楊國隆(2005)。應用田口方法制定最適論文排版格式。《黃埔學報》,48, 51-56。
Yang, G. L. (2005). Using the Taguchi method to make the optimal thesis composing form. *Whampoa - An Interdisciplinary Journal*, 48, 51-56. [in Chinese, semantic translation]
49. 蔡登傳(2000)。五種中文字體視認度的比較研究。《工業設計》,28(1), 14-20。
Cai, D. C. (2000). A study of the comparison of legibility of Chinese characters in five-type styles. *Industrial Design*, 28(1), 14-20. [in Chinese, semantic translation]
50. 鄭德相、李慈賢、劉宗育、林于文、楊明哲(2004)。中文文字呈現方式對閱讀績效之探討。《遠東學報》,21(1), 37-45。
Cheng, T. S., Lee, T. H., Liu, T. Y., Lin, Y. W., & Yang, M. C. (2004). Effects of Chinese characteristics on reading performance. *Journal of Far East*, 21(1), 37-45. [in Chinese, semantic translation]
51. 蘇宗雄(1988)。文字造型與文字編排。台北市:檸檬黃出版社。
Su, T. H. (1988). *Character form and character layout*. Taipei: Lemon Yellow Press. [in Chinese, semantic translation]
52. 鐘清章(1994)。品質工程(田口方法)。台北市:中華民國品質學會。
Chung, C. C. (1994). *Quality engineering (Taguchi method)*. Taipei: Chinese Society for Quality. [in Chinese, semantic translation]

A Study of the Optimal Design of Static Text for Small Screens

Chien-Cheng Yen

Department of Product Design, Ming Chuan University
ccyen@mail.mcu.edu.tw

Abstract

With smart phones getting more popular, the need for reading information through small screens at any time and any place is also increasing more and more. Thus the text design meeting the reading needs of users becomes especially important. This study used smart phones as a research tool to carry out tests on static texts with different combinations of factor levels and different age groups by Taguchi method, in order to find the optimal combination of factor levels and the ranking of the factors affecting reading and vision performance, and thus provide a reference for the future static text design of small screens. The results revealed that search performance in reading decreased with increasing age; however, reading fatigue level increased with increasing age. It demonstrated that age is really an important factor affecting search performance in reading and reading fatigue level. In addition, polarity, font, character size, line spacing and character spacing (kerning) all had influence on search performance in reading and reading fatigue level, and among them character size had the most influence; font was the second; and character spacing and line spacing had less influence. Furthermore, for the whole age group, the combination of factor levels of the optimal design of static texts was: positive polarity, medium bold font, 12 pt character size, 1 character height line spacing, 0.5 pt character spacing.

Keywords: Smart Phones, Small Screens, Static Text, Taguchi Method.