

資訊呈現方式與前景/背景色彩組合對使用者電腦作業績效 及腦波(EEG)的影響

陳潭^{1*} 徐欣怡² 謝侑成³

東海大學工業工程與經營資訊所（台中市西屯區台中港路三段 181 號）

chant@ie.thu.edu.tw

摘要

本研究以動態資訊呈現方式(包括前導式、快速連續式及閃現式三種)、目標/背景色彩組合及文本困難度為自變數，探討其對使用者作業績效及腦波的影響。本實驗共有 13 位東海大學工業工程與經營資訊學系學生為受試者參與實驗。實驗結果透過 SPSS 統計軟體進行變異數分析、Duncan 多元全距分析進行探討。本研究結果顯示：

1. 動態資訊呈現方式對於完成時間與錯誤次數有顯著影響。在績效的表現上，快速連續式完成時間最快且錯誤次數最少。
2. 目標/背景色彩組合對作業績效有顯著影響，在績效方面，目標/背景色彩組合以呈現黃/黑組合和黑/白組合之作業績效較差；紅/白組合和綠/黑組合之作業績效較佳的情況。
3. 文本困難度對於完成時間與錯誤次數有顯著影響。在績效方面，以低困難度文章之作業績效較佳。
4. 在腦波活動方面，動態資訊呈現方式對腦波活動有影響，尤其在後顛(T6)電極位置上更為顯著。

關鍵字：腦波(EEG)、作業績效、動態資訊、呈現方式、目標/背景色彩組合

1. 緒論

全球資訊網的興起與普及化，人類透過電腦介面擷取資料應用範圍增廣，接觸電腦的頻率和時間也隨之增加，在電腦化程度提高以後，使用者倚重視覺終端顯示器(Visual Display Terminal, VDT)蒐集資訊，與日俱增。因此，如何將 VDT 工作站中的資訊適當、完整、舒適且有效地呈現於使用者，以發揮電腦的功效，亦為重要的課題。

隨著多媒體技術的進步及版面配置有限的情況下，在網際網路上常運用動態方式取代靜態方式的呈現，在動態呈現訊息方面，最常見的動態呈現方式包括：前導式動態資訊(leading)、快速連續式(Rapid Serial Visual Presentaion, R.S.V.P.)、閃現式(flash)等數種型態(王安祥，甘雲峰，2003)。前導式動態資訊型態是指一串文字資訊由右至左連續移動呈現；而快速連續式是指呈現完整或分割句子，由下往上捲動呈現；至於閃現式則是指網頁上常見文句由出現至消失閃爍換行的動態呈現方式，目前該三種型態的動態資訊呈現方式，均被廣泛地使用於網頁中。然而此三種呈現方式在績效表現上之探討並不多見。

在醫學上，腦又稱中樞神經系統，是人體最重要的器官，也是人類負責記憶與認知的重要的器官。腦神經細胞的活動，可用神經電生理的方法偵測而得到腦波，而腦電圖(electroencephalogram, EEG)是記錄腦波的圖譜。對於瞭解腦部執行認知功能時，腦部各部位電位分佈及變化情形幫助很大(Gevins et al., 1997)。Gevins et al. (1998) 研究中透過 EEG 量測在電腦作業上活性記憶的負荷量，並以腦波 EEG 的量測做為的評估指標，然而國內人因領域以腦波 EEG 的量測做為的評估指標，來探討人因績效表現也並不多見。

因此，本研究擬探討三種主要的網頁動態資訊呈現方式(前導式、快速連續式及閃現式)，及其在各種型態的資訊語意狀況下，如目標/背景色彩組合及文本困難度等設計因子對使用者閱讀績效的影響。並輔以國內外人因學者較少探討的

作業人員腦部執行工作記憶與認知功能時，腦部各部位電位分佈及變化特性，並試以透過生理性的 EEG 的量測做為研究的評估指標。藉由本研究將這幾種網頁設計常採用的動態資訊呈現方式，其適用時機及相關設計因子對於使用者視覺績效的影響進行探討，進而提供電腦螢幕和網頁設計者設計人機介面時的重要參考依據。

2. 文獻探討

2.1 動態資訊呈現方式

在單行顯示器下，呈現文字資訊的方式包括前導式(Leading)、快速連續式(RSVP)及閃現式(Flash)三種。所謂前導式，係指文字在顯示裝置中由右到左，逐次位移，因此，新的資訊由右邊或多或少連續出現，而舊的資訊在左邊逐沖消逝(Granaas, Mckay, Laham, Hurt & Juola, 1984)。另一種顯示方式稱為快速連續式，係指在顯示幕的固定位置，以預定的顯示速率，接續地顯示構成一文本的名詞或文字片段(Forster, 1970, Juola, Ward & McNamara, 1982, Masson, 1983)，快速連續式的優點是可減少眼球的移動，因而可能降低認知負荷(Poter, 1984)，進而增加閱讀績效。至於閃現式的呈現方式，則是指動態資訊由出現至消失閃爍換行的動態呈現方式。

Kolers et al. (1981) 研究捲動式與靜態閱讀的易讀性，結果顯示捲動式的易讀性較低；Granaas et al. (1984) 的研究指出前導式的動態資訊閱讀理解力顯著地比標準閱讀狀況下的閱讀理解力低。Juola, Tiritouglu and Pleunis(1995)利用前導式與快速連續式兩種方式，以字母的大小寫與文字的顯示速率為實驗變項，進行文字閱讀精確的研究。他們發現，不論在何種條件下，快速連續式都優於前導式的呈現方式。Juola(1995)比較前導式動態資訊及快速連續式對受試者視覺績效的研究中指出，受試者對於快速連續式動態資訊的閱讀正確率顯著要比前導式動態資訊佳。

在中文的比較研究中，許銘津(1996)分析動態資訊呈現方式的使用頻率中指出在網際網路上，各種動態資訊呈現方式的使用頻率由高至低

依序分別為：前導式動態資訊、捲動式動態資訊以及其它。蕭淑惠(2000)對於中文動態資訊呈現的研究發現，受試者於旅遊網頁上作一個小時的靜態搜尋後，再作一小時的動態瀏覽時，前導式的動態瀏覽績效優於快速連續呈現式。甘雲峰(2002)研究前導式、快速連續式、閃現式三種小區域動態訊息設計因子評估，研究結果顯示閱讀績效以閃現式與快速連續式呈現均優於前導式，受試者主觀偏好評比方面，閃現式評分最高。

上述有關動態資訊的比較研究顯示，就閱讀績效而言，出現很大的差異。究其原因，除了比較的材料文本長短不同外，衡量的依變項也有所差異。Juola et al.(1995)的研究係衡量受試者的回憶精確度；而 Kang and Muter(1989)與沈模衛等人(2002)的研究卻是量測受試者的閱讀理解績效，而此兩項效標要求受試者所使用的閱讀策略亦有所差異。此外，這些研究所使用的前導式顯示法(即每次移動的距離)也有所不同，這些都可能是造成結論不同的原因。因此，何種顯示方式較適用於單行顯示器，至今仍未有一致的定論。由於動態中文資訊以單行顯示的應用廣泛，但在前導式、快速連續式及閃現式的比較仍屬有限，若能進一步研究不同的顯示方式，對動態中文資訊在單行顯示器的效益，將有助於制訂動態中文資訊在單行顯示器顯示的人因設計準則，提高單行顯示方式的適用性，也可以增加其應用範圍。

2.2 腦波

腦波是測量大腦皮質的電流，大腦皮質的電流是發生在細胞外的電流，是細胞群與期胞群之間的電位差形成的。大腦皮質由密集的神經元組成，大腦的大腦皮質每一立方公釐約有一萬個神經元，估計整個大腦有一百多億個神經元。在醫學上，腦又稱中樞神經系統，是人體最重要的器官，腦的不同部位有不同的功用如：

- (1) 額葉：位於腦的前額處，負責運動協調、思考判斷，及解決問題。
- (2) 頂葉：位於頭頂處，負責觸覺的辨識。
- (3) 枕葉：位於後腦處，負責視覺的判斷。
- (4) 顳葉：位於頭的左右兩側，負責聽覺的判斷。

腦波依頻率來分，大致可分為四大類： β 波(beta;12-32Hz)、 α 波(alpha;8-12Hz)、 θ 波(theta;4-8Hz)及 δ 波(0.4-4Hz)。

研究中指出 α 波與 β 波活動強度會隨著活性記憶負荷的增加而被抑制(Berger, 1929, 1969, Gevin et al., 1997, Serman et al., 1994)。Talsma et al.(2001)在記憶歷程研究中指出記憶是發生在後大腦對側後腦部位，表示當刺激目標出現在左方，受測者在確認目標後進行記憶活動，腦波的活動會發生在大腦後側右半部，同理當刺激目標出現在右方，則腦波活動會發生在大腦後左部。

Gevins et al. (1998)研究有關活性記憶的負荷量，透過電腦螢幕量測空間和語文活性記憶負荷，每一種測驗各有三種不同困難度。實驗結果發現隨著作業困難度增加，額部(frontal) θ 波活動強度增加， α 波活動強度被抑制， θ 波隨著工作困難度的增加及練習的增加而遞增，顯示受試者在練習次數增加後，維持了一有效注意力的組合。過去研究結果顯示額部 θ 波會隨著持續的心智負荷或會注意力增加而 θ 波活動強度有增加的情形(Gevins et al., 1997, Gunedl & Wilson, 1992)。

2.3 目標/背景色彩組合

色彩是一個增進訊息吸收和辨識的有效方法，色彩可以使人與電腦螢幕溝通的更快速、更安全且更容易(Pastoor, 1990, Silverstein, 1987)。除了這個客觀優點之外，一般也認為色彩可以使電腦作業變得較為愉悅與容易接受(Pastoor, 1990)。當文字與背景兩者之色彩能適當的配合時，可顯著的提高視覺辨識之績效(朱祖祥、曹立人, 1994)。但是不當的濫用色彩，卻也會造成視覺作業績效不進反退的負面影響，甚至出現視覺疲勞的不利結果(Bruce & Foster, 1982; Luria et al., 1989, Matthews, 1987, Radl, 1982)。前景文字色彩與背景色彩的組合會影響使用者的電腦操作績效，若電腦螢幕設計太多色彩在同一螢幕上、應用不適當色彩組合、或不適當色彩搭配，這些色彩可能會混淆整體螢幕，造成使用者無法理解螢幕所呈現的資訊。由於色彩用於電腦螢幕會造成

相當程度的影響效果，因此應謹慎應用色彩於電腦螢幕介面設計上(陳建雄，1999)。

Sanders and McCormick(1993)對螢幕色彩的使用所作的建議是：不要使用太多色彩；避免使用極端色彩，像是紅色或藍色；避免使用紅藍、紅綠、藍綠等色彩組合；應提高文字/背景色彩的色差。朱祖祥、曹立人(1994)研究目標/背景色彩組合對彩色 CRT 顯示功效的影響，發現彩色 CRT 的背景色有以深色較佳趨勢，目標色有以淺較好的趨勢。目標和背景色彩的適當配合能顯著提高訊息的傳遞績效，當目標/背景組合為黑底白字、黑底黃字、黑底綠字等色彩對比較大的組合效率最佳。劉怡欣(2006)研究極性、目標色彩對平板電腦搜尋績效的影響，結果發現目標物色彩對視覺績效及視覺疲勞皆有顯著影響，當目標色為以紅色時效率最佳。

但是也有研究認為色彩組合的效果並不顯著。Pastoor(1990)研究 VDT 上文字/背景的色彩組合對視覺績效及主觀偏好的影響，在二種固定亮度對比下對 800 種顏色組合作主觀評量。結果發現文字/背景的極性及色相，對主觀評量沒有顯著的影響。Matthews et al. (1989)研究長時間螢幕工作時，顏色組合對視覺績效及主疲勞的影響，結果顯示顏色組合所造成的差異很少，而且不必避免使用紅色或藍色。Shieh et al. (1997)研究 CRT 文字/背景色彩組合的視覺績效與視覺疲勞，發現色彩組合對視績效無顯著影響。Mills and Weldon(1987)綜合了許多研究指出顏色對螢幕的閱讀績效沒有顯著的影響。

3. 研究方法

3.1 實驗設計

本實驗共有三個自變數及四個因變數，其個別變數敘述如下：

- 自變數
- (1) 呈現方式：分別為前導式、閃現式、快速連續式。
- (2) 目標/背景色彩組合：分別為黑/白、白/黑、紅/白、黃/黑、綠/黑。
- (3) 文本困難度：分別為低困難度(白話文)和高

困難度(文言文)。

- 因變項

- (1) 完成時間：受試者進行一次實驗中，所需的作業時間。
- (2) 錯誤次數：受試者進行一次實驗中，點選的錯誤次數。
- (3) 腦波活動：實驗過程利用腦電圖儀(EEG)來記錄受試者腦部 FP1、FP2、FZ、CZ、PZ、O1、O2、T5 及 T6(陳美香，2005)。

3.2 受試者

本實驗之受試人員共 13 位東海大學學生(其中男性 8 位，女性 5 位)，平均年齡 20.4 歲。每位受試者健康狀況良好，皆無手部與眼部的傷害及疾病，且矯正後視力均在 0.8 以上，無色盲。

3.3 實驗設備

本研究的工具包含問卷、實驗程式及相關電腦設備，茲分述如下。

1. 電腦呈現設備：Acer Travel Mate C100(Pentium® III 900)
2. 視力計 Vision tester/OPTEC 2000。
3. 腦波量測儀器：Neuro-Scan 4.3.1，硬體為美製 NeuroScan Synamps，軟體為同一公司之 Scan4.3.1。電極位置採用國際 10-20 系統之標準。

3.4 實驗作業及實驗程序

實驗主要分為實驗前的準備工作、實驗中及實驗後的後續作業三個階段：

1. 實驗前準備工作
 - (1) 受試者填寫相關基本資料。
 - (2) 量測受試者頭圍 → 黏貼電極 → 校正電極阻值(在 10kΩ 以下)。
 - (3) 蒐集基礎腦波資料：蒐集受試者在自然放鬆的狀態下腦波資料，共蒐集 200 秒基礎腦波。
2. 實驗中
 - (1) 測量受試者實驗前之閃光融合閾值，並紀錄於紀錄表上。
 - (2) 實驗開始前，請受試者先閉上雙眼放鬆心情

休息一分鐘，待受試者腦波頻率較穩定後開始實驗。

(3) 實驗正式開始：

- (a) 實驗正式開始，出現指示語如下：「這是一個動態資訊呈現的實驗，實驗結果僅做為數據分析用途，並無優劣之分。其目的在量測動態呈現方式、目標/背景色彩組合及文本困難度對作業績效的影響。實驗開始螢幕會依受試者所選擇的呈現方式做文章的呈現(如圖 1 所示)，待文章呈現完畢後即開始進入閱讀測驗。進入閱讀測驗畫面後，螢幕會顯示三題與先前閱讀文章有相關的問題，請就閱讀後的程度進行選擇，實驗結束後程式會自動記錄該次實驗之完成時間與錯誤次數。」
- (b) 選擇完三題答案後程式自動停止，並顯示已完成字樣。

3. 實驗後

- (1) 記錄實驗完成時間、錯誤次數。
- (2) 記錄腦波數據 (腦波數據記錄如圖 2: 國際 10-20 制電極位置)。



圖 1：前導式實驗畫面圖

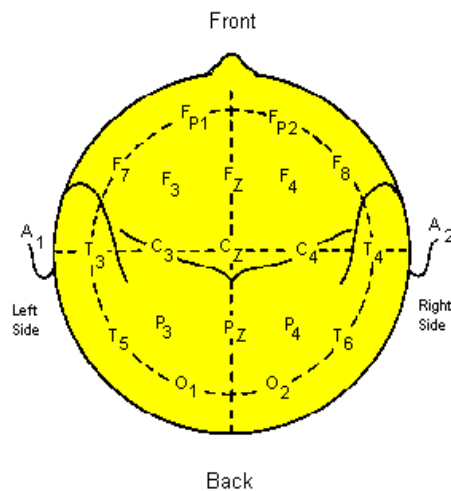


圖 2：國際 10-20 制電極位置

3.5 資料分析方法

本實驗採受試者內實驗設計為主，本研究所得之資料刪除異常值後，應用變異數分析法 (ANOVA) 進行分析，採顯著水準 $\alpha=0.05$ ，分析各研究變項對作業績效、視覺疲勞與腦波活動特性的影響，若變異數分析主效果達顯著水準，則利用多元全距分析 (Duncan) 來進行多重比較分析主效果間之差異。

4. 實驗結果

本研究所得之實驗結果。分以下三小節加以探討，分別為完成時間、錯誤次數、及腦波活動。

4.1 完成時間之分析

本實驗以完成時間作為受試者作業績效的衡量指標之一，分析完成時間的快慢是否受實驗變數之影響。由表 1 可得知，呈現方式 ($F(2, 360)=11.38$); $P<0.001$)、目標/背景色彩組合 ($F(4, 360)=10.12$); $P<0.001$)、文本困難度 ($F(1, 360)=84.54$); $P<0.001$) 及自變項間的交互作用對完成時間的影響均達顯著水準。

進一步透過 Duncan 多元全距分析進行試後多重比較，由表 2 中可歸納出：呈現方式分為二群，快速連續式為第一組，完成時間最短，前導式及閃現式為第二組，完成時間最慢。由此可發現，快速連續式的呈現方式對受試者在進行閱讀

讀測時，完成時間較快；而目標/背景色彩組合分為三群，白底紅字為第一組，完成時間最短，黑底綠字、黑底白字及白底黑字為第二組，完成時間次之，黑底黃字則為第三組，完成時間最慢。

表 1：完成時間之變異數分析表

變異來源	平方和	自由度	均方和	F 值	P 值
呈現方式(A)	3222.96	2	1611.48	11.38	0.0001***
色彩組合(B)	5732.93	4	1433.23	10.12	0.0001***
文本困難度(C)	11963.07	1	11963.07	84.54	0.0001***
(A) * (B)	39763.56	8	4970.44	35.12	0.0001***
(A) * (C)	9497.83	2	4748.91	33.56	0.0001***
(B) * (C)	15505.10	4	3876.27	27.39	0.0001***
(A) * (B) * (C)	13338.14	8	1667.26	11.78	0.0001***
誤差	50940.46	360	141.50		
總數	149964.09	389			

*表 P<0.05 **表 P<0.01 ***P<0.001

表 2：呈現方式與目標/背景色彩組合對作業完成時間之 Duncan 分析

自變數	平均數	標準差	Duncan	
呈現方式	快速連續式	102.75	18.38	A
	前導式	107.95	20.31	B
	閃現式	109.47	19.68	B
目標/背景色彩組合	白底紅字	99.81	22.88	A
	黑底綠字	105.86	16.27	B
	黑底白字	108.21	21.28	B C
	白底黑字	108.67	14.73	B C
	黑底黃字	111.08	20.37	C

由實驗結果得知，發現以前導式*白底紅字(91.58)的完成時間為最佳，以前導式*黑底白字(131.85)為最差。

由表 3 可知，各因子平均值由少至多如下排列：(前導式*白底紅字) > (閃現式*黑底白字) > (快速連續式*白底紅字) > (快速連續式*黑底黃字) > (前導式*黑底綠字) > (快速連續式*黑底白字) > (閃現式*白底黑字) > (前導式*白底黑字) > (快速連續式*黑底綠字) > (閃現式*黑底綠字) > (前導式*黑底黃字) > (閃現式*白底紅字) > (閃現式*黑底黃字) > (快速連續式*白底黑字) > (前導式*黑底白字)。

表 3：呈現方式與目標/背景色彩組合之平均值與標準差

		目標/背景色彩組合					平均值
		黑/白	白/黑	紅/白	黃/黑	綠/黑	
快速	平均值	116.00	99.08	94.27	97.38	107.04	102.75
	變異數	14.64	14.70	16.81	18.59	19.07	18.38
前導式	平均值	105.23	131.85	91.58	112.50	98.58	107.95
	變異數	14.46	14.63	13.20	19.72	12.22	20.31
閃現式	平均值	104.77	93.69	113.58	123.35	111.96	109.47
	變異數	12.69	8.84	29.25	13.80	14.39	19.68
總合	平均值	108.67	108.21	99.81	111.08	105.86	
	變異數	14.73	21.28	22.88	20.37	16.27	

研究發現，閱讀過程中呈現方式會受到目標/背景色彩組合的影響而產生績效之變化。而各項因子之間的影響，透過圖 3 可知彼此之間細部的變化。

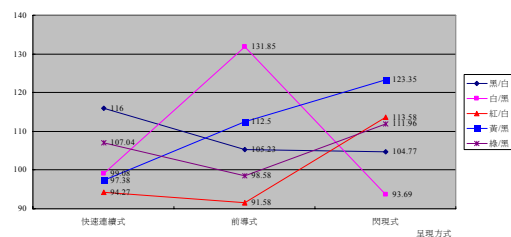


圖 3：呈現方式與目標/背景色彩組合對完成時間之關係圖

由實驗結果得知，以快速連續式*低困難度(95.66)的完成時間為最佳，以閃現式*高困難度(120.12)為最差。

表 4：呈現方式與文本困難度之平均值與標準差

呈現方式		文本困難度		平均值
		低	高	
快速連續式	平均值	95.66	109.85	102.75
	變異數	17.18	16.84	18.38
前導式	平均值	109.08	106.82	107.95
	變異數	18.76	21.84	20.31
閃現式	平均值	98.82	120.12	109.47
	變異數	11.31	20.54	19.68
總合	平均值	101.18	112.26	
	變異數	16.99	20.56	

由表 4 可知，各因子平均值由少到多如下排列：(快速連續式*低困難度) > (閃現式*低困難度) > (前導式*高困難度) > (前導式*低困難度) > (快速連續式*高困難度) > (閃現式*高困難度)。

研究發現，閱讀過程中呈現方式會受到文本困難度的影響而產生績效之變化。而各項因子之間的影響，透過圖 4 可知彼此之間細部的變化。

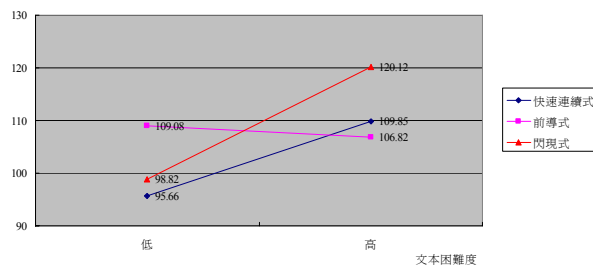


圖 4：呈現方式與文本困難度對完成時間之關係圖

由實驗結果得知，以白底紅字*低困難度(88.77)的完成時間為最佳，以黑底黃字*高困難度(123.31)為最差。

表 5：目標/背景色彩組合與文本困難度之平均值與標準差

文本困難度		目標/背景色彩組合						平均值
		黑/白	白/黑	紅/白	黃/黑	綠/黑		
低	平均值	110.10	110.82	88.77	98.85	97.38	101.18	
	變異數	13.29	21.32	11.53	15.95	9.98	16.99	
高	平均值	107.23	105.59	110.85	123.31	114.33	112.26	
	變異數	16.09	21.19	26.02	16.73	17.01	20.56	
總合	平均值	108.67	108.21	99.81	111.08	105.86		
	變異數	14.73	21.28	22.88	20.37	16.27		

由表 5 可知，各因子平均值由少到多如下排列：(白底紅字*低困難度) > (黑底綠字*低困難度) > (黑底黃字*低困難度) > (黑底白字*高困難度) > (白底黑字*高困難度) > (白底黑字*低困難度) > (黑底白字*低困難度) > (白底紅字*高困難度)

> (黑底綠字*高困難度) > (黑底黃字*高困難度)。

研究發現，閱讀過程中目標/背景色彩組合會受到文本困難度的影響而產生績效之變化。而各項因子之間的影響，透過圖 5 可知彼此之間細部的變化。

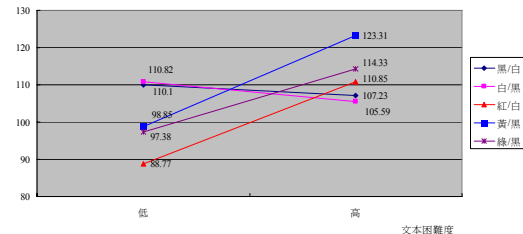


圖 5：目標/背景色彩組合與文本困難度對完成時間之關係圖

4.2 錯誤次數之分析

本實驗在實驗的過程中，除了量測實驗的操作時間外，同時間也量測實驗中發生的錯誤次數。由表 6 可得知，呈現方式(F(2, 360=23.9604); P<0.001)、目標/背景色彩組合(F(4, 360=11.5367); P<0.001)、文本困難度(F(1, 360=200.1701); P<0.001)及自變項間的交互作用對錯誤次數的影響均達顯著水準。

表 6：錯誤次數之變異數分析表

變異來源	平方和	自由度	均方和	F 值	P 值
呈現方式(A)	24.80	2	12.40	23.96	0.0001***
色彩組合(B)	23.88	4	5.97	11.53	0.0001***
文本困難度(C)	103.59	1	103.59	200.17	0.0001***
(A) * (B)	38.14	8	4.76	9.21	0.0001***
(A) * (C)	4.61	2	2.30	4.45	0.0122*
(B) * (C)	9.11	4	2.27	4.40	0.0017**
(A) * (B) * (C)	14.33	8	1.79	3.46	0.0007**
誤差	186.30	360	0.51		
總數	404.79	389			

*表 P<0.05 **表 P<0.01 ***P<0.001

表 7：呈現方式與目標/背景色彩組合對錯誤次數之 Duncan 分析

自變數		平均數	標準差	Duncan
呈現方式	快速連續式	0.81	1.01	A
	閃現式	0.88	0.92	A
	前導式	1.38	1.04	B
目標/背景色彩組合	黑底綠字	0.72	1.04	A
	白底紅字	0.78	0.92	A
	黑底白字	1.01	0.92	B
	黑底黃字	1.29	1.11	C
	白底黑字	1.31	0.97	C

進一步透過 Duncan 多元全距分析進行試後多重比較，由表 7 中可歸納出：呈現方式分為二群，快速連續式及閃現式為第一組，錯誤次數最少，前導式為第二組，錯誤次數較多。由此可知，前導式的呈現方式對受試者在進行閱讀測時，較容易產生閱讀的錯誤；而目標/背景色彩組合分為三群，白底紅字及黑底綠字為第一組，錯誤次數最少，黑底白字為第二組，錯誤次數次之，黑底黃字及白底黑字則為第三組，錯誤次數較多。

由實驗結果得知，以快速連續式*白底紅字(0.19)的錯誤次數為最佳，以前導式*黑底黃字(1.58)為最差。

表 8：呈現方式與目標/背景色彩組合之平均值與標準差

呈現方式		目標/背景色彩組合					平均值
		黑/白	白/黑	紅/白	黃/黑	綠/黑	
快速連續式	平均值	1.15	1.38	0.19	0.65	0.65	0.81
	變異數	1.08	1.20	0.49	0.94	0.80	1.01
前導式	平均值	1.58	0.92	1.19	2.27	0.92	1.38
	變異數	0.70	0.98	0.98	0.67	1.16	1.04
閃現式	平均值	1.19	0.73	0.96	0.96	0.58	0.88
	變異數	1.06	0.83	0.92	0.96	0.76	0.92
總合	平均值	1.31	1.01	0.78	1.29	0.72	
	變異數	0.97	1.04	0.92	1.11	0.92	

由表 8 可知，各因子平均值由少至多如下排列：(快速連續式*白底紅字) > (閃現式*黑底綠字) > (快速連續式*黑底黃字) = (快速連續式*黑底綠字) > (閃現式*黑底白字) > (前導式*黑底白字) > (前導式*黑底綠字) > (閃現式*白底紅字) > (閃現式*黑底黃字) > (快速連續式*白底黑字) > (閃現式*白底黑字) = (前導式*白底紅字) > (快速連續式*黑底白字) > (前導式*白底黑字) > (前導式*

黑底黃字)。

研究發現，閱讀過程中呈現方式會受到目標/背景色彩組合的影響而產生績效之變化。而各項因子之間的影響，由圖 6 可知彼此間細部的變化。

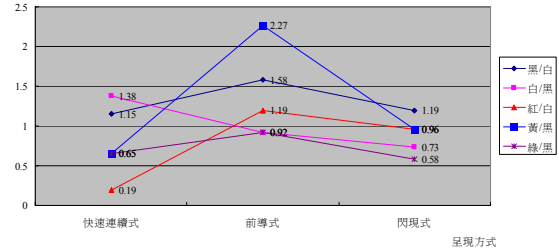


圖 6 呈現方式與目標/背景色彩組合對錯誤次數之關係圖

由實驗結果得知，以快速連續式*低困難度(0.22)的錯誤次數為最佳，以前導式*高困難度(1.74)為最差。

表 9：呈現方式與文本困難度之平均值與標準差

呈現方式		文本困難度		平均值
		低	高	
快速連續式	平均值	0.22	1.40	0.81
	變異數	0.45	1.07	1.01
前導式	平均值	1.02	1.74	1.38
	變異數	0.96	0.99	1.04
閃現式	平均值	0.29	1.48	0.88
	變異數	0.49	0.87	0.92
總合	平均值	0.51	1.54	
	變異數	0.76	0.99	

由表 9 可知，各因子平均值由少到多如下排列：(快速連續式*低困難度) > (閃現式*低困難度) > (前導式*低困難度) > (快速連續式*高困難度) > (閃現式*高困難度) > (前導式*高困難度)。

研究發現，閱讀過程中呈現方式會受到文本困難度的影響而產生績效之變化。而各項因子之間的影響，透過圖 7 可知彼此之間細部的變化。

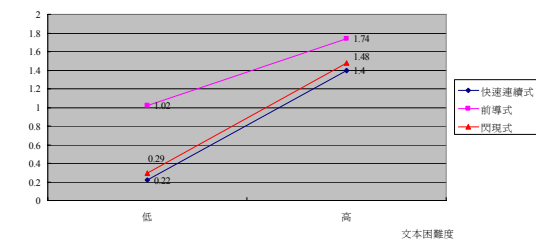


圖 7：呈現方式與文本困難度對錯誤次數之關係

圖

由實驗結果得知，以黑底綠字*低困難度(0.08)的錯誤次數為最佳，以白底黑字*高困難度(1.82)為最差。

表 10：目標/背景色彩組合與文本困難度之平均值與標準差

		目標/背景色彩組合						平均值
		黑/白	白/黑	紅/白	黃/黑	綠/黑	綠/黑	
文本困難度	低	平均值	0.79	0.31	0.51	0.85	0.08	0.51
		變異數	0.77	0.57	0.79	0.96	0.27	0.76
	高	平均值	1.82	1.72	1.05	1.74	1.36	1.54
		變異數	0.88	0.92	0.97	1.07	0.90	0.99
總合	平均值	1.31	1.01	0.78	1.29	0.72		
	變異數	0.97	1.04	0.92	1.11	0.92		

由表 10 可知，各因子平均值由少到多如下排列：(黑底綠字*低困難度) > (黑底白字*低困難度) > (白底紅字*低困難度) > (白底黑字*低困難度) > (黑底黃字*低困難度) > (白底紅字*高困難度) > (黑底綠字*高困難度) > (黑底白字*高困難度) > (黑底黃字*高困難度) > (白底黑字*高困難度)。

研究發現，閱讀過程中目標/背景色彩組合會受到文本困難度影響而產生績效變化。而各項因子之間的影響，透過圖 8 可知彼此間細部的變化。

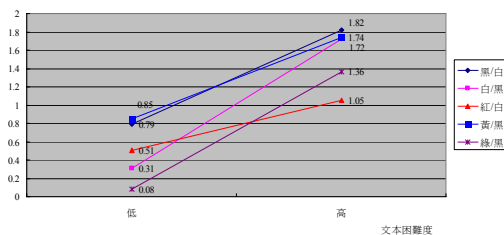


圖 8：目標/背景色彩組合與文本困難度對錯誤次數之關係圖

4.3 腦波活動(EEG)之分析

腦波分析中，針對各電極位置之 θ 波及 α 波進行功率強度的分析及比較。過去關於腦波分析研究結果顯示 θ 波及 α 波的活動特性視為心智負荷、注意力或活性記憶的衡量指標，故在腦波活動特性中只討論受測者在不同實驗組合中其 θ 波及 α 波的變化情形，腦波活動特性的分析指標為腦波變化率。

4.3.1 θ 波功率強度

θ 波為 4~8Hz 頻率的腦波，表 11 為各自變數下各電極位置的 θ 波功率強度變化率之平均值。由表可知，在呈現方式，閃現式的 θ 波功率強度變化率在所有電極位置均大於快速連續式及前導式，且在 T6 電極位置上達到顯著。閃現式的 T6- θ 波功率強度變化率平均值(17.62)大於快速連續式的 T6- θ 波功率強度變化率平均值(-6.85)及前導式的 T6- θ 波功率強度變化率平均值(-7.59)。變異數分析結果顯示，呈現方式對於 T6- θ 波功率強度變化率有顯著的影響($p < 0.05$)。

在目標/背景色彩組合方面，白底黑字和黑底白字有較高的 θ 波功率強度變化率，且白底黑字在額極(FP1、FP2)和額中央(FZ)所產生的 θ 波功率強度變化率大於其他目標/背景色彩組合。而白底紅字和黑底黃字除了在額極(FP1、FP2)外，其他電極位置均呈現較低的變化功率，但均未達顯著。而在文本困難度方面，低困難度之 θ 波功率強度變化率在所有電極位置均大於高困難度的 θ 波功率強度變化率，但也均未達顯著。

表 11： 各自變數下各電極位置的 θ 波功率強度變化率(%)之平均值

1	呈現方式		目標/背景色彩組合						文本困難度	
	快速	前導	閃現	黑/白	白/黑	紅/白	黃/黑	綠/黑	低	高
FP1	39.79	36.67	56.56	48.24	43.86	44.35	45.87	39.37	53.86	34.82
FP2	23.44	25.26	39.17	33.31	28.72	28.78	30.5	25.14	37.93	20.65
FZ	-5.64	-2.02	5.02	0.91	-0.4	-0.28	-0.89	-3.72	0.23	-1.98
CZ	-10.88	-9.33	-0.33	-6.45	0.09	-9	-9.39	-9.48	-5.73	-7.96
PZ	-10.3	-8.99	-2.39	-8.72	-0.56	-11.76	-7.54	-7.56	-6.92	-7.53
T5	0.26	-2.25	17.27	5.91	7.98	0.77	0.6	10.22	6.16	4.03
T6	-6.85	-7.59	17.62	0.67	6.31	-2.67	-2.09	3.07	2.41	-0.3
O1	-1.53	-2.56	20.66	4.05	14.24	-1.41	2.87	7.87	7.8	3.25
O2	-6.06	-5.6	7.01	-3.63	2.15	-7.11	-1.35	2.18	0.18	-3.28
總平均	2.47	2.62	17.84	8.25	11.38	4.63	6.51	7.45	10.66	4.63
右半腦	3.51	4.02	21.27	10.12	12.39	6.33	9.02	10.13	13.51	5.69
左半腦	12.84	10.62	31.50	19.40	22.03	14.57	16.45	19.15	22.61	14.03

此外，由表 11 可發現，三個自變數的左半腦之 θ 波功率強度變化率均大於右半腦的 θ 波功率強度變化率，即可能因為此實驗為閱讀文章，而左半腦是負責理解、思考及判斷的原因，故產生較大的 θ 波功率強度變化率。

表 12： T6- θ 波功率強度變化率變異數分析表

變異來源	平方和	自由度	均方和	F 值	P 值
呈現方式(A)	5.35	2	2.67	3.25	0.0398*
目標/背景色彩組合(B)	0.43	4	0.10	0.13	0.9707
文本困難度(C)	0.07	1	0.07	0.08	0.7682
(A) * (B)	2.26	8	0.28	0.34	0.9479
(A) * (C)	0.05	2	0.02	0.03	0.9683
(B) * (C)	0.65	4	0.16	0.19	0.9383
(A) * (B) * (C)	0.41	8	0.05	0.06	0.9999
誤差	296.08	360	0.82		
總數	305.33	389			

*表 P<0.05 **表 P<0.01 ***P<0.001

進一步透過 2D 腦波圖進行分析比較，由圖 9 可看出，三種動態資訊呈現類在額極(FP1、FP2)所產生的 θ 波功率強度變化相對高於其他電極位置，而快速連續式和前導式在後顛(T5、T6)和枕葉(O1、O2)則有較低的 θ 波功率強度變化，顯示動態資訊的呈現方式造成前額的 θ 波產生較高的功率強度變化。整體而言，閃現式的 θ 波功率強度變化為最大。

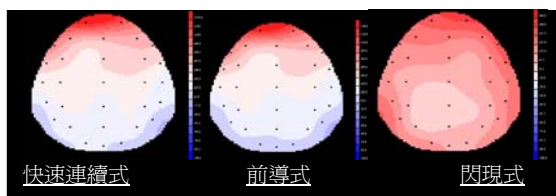


圖 9： 各呈現方式下 θ 波功率強度變化率(%)之 2D 腦波圖

圖 10 為各目標/背景色彩組合下 θ 波功率強度變化率之 2D。由圖可看出，五種目標/背景色彩組合在額極(FP1、FP2)所產生的 θ 波功率強度變化高於其他電極位置；而白底紅字、黑底黃字和黑底綠字在腦部中線(FZ、CZ、PZ)則呈現出較低的 θ 波功率變化，顯示色彩組合與前額有較高的相關性，而與腦中線則較無直接的影響。

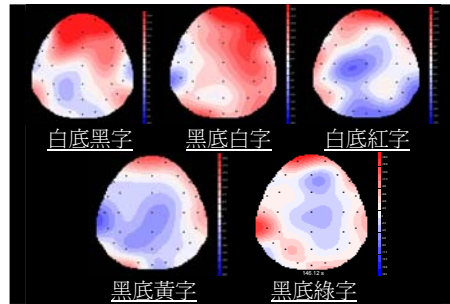


圖 10： 各目標/背景色彩組合下 θ 波功率強度變化率(%)之 2D 腦波圖

圖 11 為不同文本困難度下 θ 波功率強度變化率之 2D 腦波圖。由圖可看出，低困難度的 θ 波功率強度變化大於高困難度，且在額極(FP1、FP2)、右後顛(T6)和右枕葉(O2)呈現較明顯的差異。而以腦的部位來區分，則可發現兩種困難度在額極(FP1、FP2)所產生的 θ 波功率強度變化為所有電極中最高。

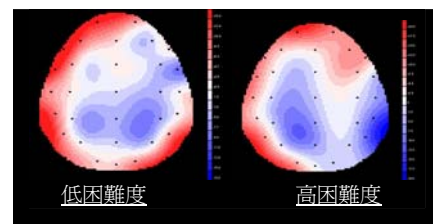


圖 11： 不同文本困難度下 θ 波功率強度變化率(%)之 2D 腦波圖

4.3.2 α 波功率強度

α 波為 8~12Hz 頻率腦波，表 13 為各自變數下各電極位置的 α 波功率強度變化率之平均值。由表中可得知，在呈現方式方面，閃現式的 α 波功率強度變化率在所有電極位置均大於快速連續式及前導式，變異數分析結果顯示，呈現方式對於 T6- α 波功率強度變化率有顯著的影響 ($p < 0.05$)。三種呈現方式 α 波在 T6 電極位置上達到顯著(如圖 12 所示)。閃現式的 T6- α 波功率強度變化率平均值(9.54)大於快速連續式的 T6- α 波功率強度變化率平均值(-23.42)及前導式的 T6- α 波功率強度變化率平均值(-17.03)。

表 13：各呈現類型下各電極位置的 α 波功率強度變化率(%)之平均值

電極位置\呈現方式	快速連續式	前導式	閃現式
FP1	-20.61	-25.97	-10.5
FP2	-26.31	-31.09	-17.32
FZ	-39.06	-37.44	-29.65
CZ	-34.27	-30.71	-21.06
PZ	-28.95	-23.65	-15.29
T5	-35.44	-31.56	-18.37
T6	-23.42	-17.03	9.54
O1	-23.79	-17.83	5.36
O2	-23.69	-16.66	-5.5
總平均	-28.39	-25.77	-11.42
右半腦	-24.47	-21.59	-4.43
左半腦	-26.61	-25.12	-7.84

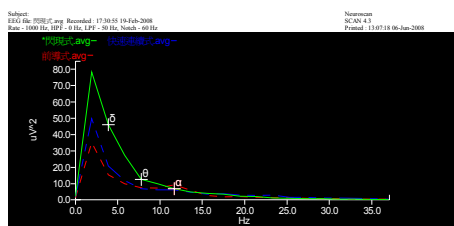


圖 12：各呈現方式在 T6 電極位置 α 功率變化趨勢圖

5. 結論與建議

5.1 呈現方式

研究中發現呈現方式對完成時間和錯誤次數有顯著影響。在受試者閱讀作業績效的結果顯示，快速連續式優於閃現式和前導式；此實驗結

果與 Juola et al. (1995)比較前導式與快速連續式的結論相同，快速連續式的閱讀績效明顯優於前導式動態資訊呈現方式；推論其原因可能為前導式的呈現方式，其文字是以字為單位由右至左逐字展現，而快速連續式與閃現式的呈現方式，無論文字由下往上或閃爍更換呈現，其文字皆以文句式逐句展現，使受試者能在同一時間內閱讀完整的語意。

在腦波活動方面，發現不同呈現方式下 θ 波和 α 波均在 T6 電極位置上達到顯著。閃現式的功率強度變化率大於快速連續式和前導式；而快速連續式的功率強度變化率為所有呈現方式中最低，亦表示在快速連續式的呈現方式下，受試者不需花費太多的資訊處理注意力，此結果與行為指標(完成時間、錯誤次數)有相同的結論。整體而言，三種呈現方式均在額極產生較高的功率強度變化率。

5.2 目標/背景色彩組合

本研究發現目標/背景色彩組合對作業績效有顯著影響，此研究結果與劉怡欣(2006)研究極性、目標色彩對平板電腦搜尋績效的影響，結果發現目標物色彩對視覺績效及視覺疲勞皆有顯著影響相符。而在績效方面，呈現黃/黑和黑/白之作業績效及視覺疲勞皆較差；紅/白和綠/黑之作業績效及視覺疲勞皆較好的情況。

在目標/背景色彩上，Sanders and McCormick (1993) 對螢幕色彩的使用所作的建議是：不要使用太多色彩；避免使用極端色彩，像是紅色或藍色；避免使用紅藍、紅綠、藍綠等色彩組合；應提高文字/背景色彩的色差。朱祖祥、曹立人(1994)研究目標/背景色彩組合對彩色 CRT 顯示功效的影響，發現彩色 CRT 的背景色有以深色較佳的趨勢，目標色有以淺色較好的趨勢。目標和背景色彩的適當配合能顯著提高訊息的傳遞績效，當目標/背景色彩組合為白/黑、黃/黑與綠/黑等色彩對比較大的組合效率最佳。本研究結果與過去文獻不盡相符，推測可能原因為過去有關目標/背景色彩組合的研究都是以靜態呈現為主，與本研究以動態呈現有所差異，故產生不盡相同的結果。

在腦波活動方面，發現目標/背景色彩組合對 θ 波及 α 波的功率強度均未達顯著影響。雖然差異未達顯著，但卻可發現白底紅字和黑底綠字均產生較低的腦波功率，顯示在這兩個目標/背景色彩組合的呈現下，受試者不需花費太多的資訊處理注意力，此結果與行為指標(完成時間、錯誤次數)有相同的結論。整體而言，五種目標/背景色彩組合在額極有較高的 θ 波功率強度變化；而在枕葉有較高的 α 波功率強度變化。顯示額極和枕葉在此實驗過程中屬於較重要的部位。

5.3 文本困難度

研究中發現文本困難度對完成時間和錯誤次數均有顯著影響，此與林煜超(2005)研究動態中文文本在單行顯示之閱讀績效結果相似。受試者在低困難度文章閱讀效率，高於高困難度文章。在高困難度文章中，本實驗採用文言文的文章，其議題、主題、用詞和語法結構，對受試者而言，可能較不熟悉。先前的研究已指出，不常用的詞和概念、新且困難的語言結構和重要概念，可能更讓讀者耗費更多的處理資源。並且，當讀者在閱讀文言文時，讀者必須從文中的一個字開始漸漸拓展至幾個字的組合，以推論其語意和語法特徵來形成概念。因此，閱讀高困難度文章時速度會低於低困難度文章，並且，文章內容對閱讀理解，也可能扮演重要角色。

在腦波活動上發現文本困難度對 θ 波及 α 波的功率強度均未達顯著影響。此外，研究中發現低困難度文章的功率強度變化率高於高困難度文章，顯示低困難度的文章反而造成受試者有較高的腦波變化產生，此研究結果與 Gevins et al. (1997)結論並不一致。推測可能因為低困難的文章為白話文，而白話文與我們日常生活的語言較為接近，所以比較容易引起受試者的閱讀興趣和注意力，故造成比較高的腦波變化出現。整體而言，兩種困難度文章在額極有較高的 θ 波功率強度變化；而在枕葉有較高的 α 波功率強度變化。

參考文獻

1. 王安祥，甘雲峰，2003，動態訊息呈現方式及訊息呈現特性對於使用者閱讀績效的影響，*工業工程學刊*，Vol. 20(4)，pp. 389-397。
2. 甘雲峰(2002)。前導式、快速連續式、閃現式三種小區域動態訊息設計因子評估研究。碩士論文，大葉大學工業工程所。
3. 朱祖祥、曹立人(1994)，目標—背景色的配合對彩色 CRT 顯示工效的影響，*心理學報*，2，頁 128-134。
4. 沈模衛、符德江、張光強和陳新(2002)，自控速度的平滑滾動引導式和 RSVP 的文本閱讀，*心理學報*，34，頁 43-49。
5. 林煜超(2005)，動態中文文本在單行顯示之閱讀績效研究。博士論文，台灣科技大學工業管理系。
6. 許銘津(1996)，多媒體 CAI 之文字與效應研究，國科會八十五年度科學教育專題研究計劃成果研討會，頁 91-98。
7. 陳建雄(1999)，色彩辨識度與應用在使用者介面設計上的探討。*工業設計*，27(2)，頁 58-63。
8. 陳美香(2005)，呈現介面與亮度對比對記憶與概念形成績效之影響與腦波反應。博士論文，台灣科技大學工業管理系。
9. 劉怡欣(2006)，目標物個數、輸入裝置、螢幕背景特性對平板電腦及 PDA 作業績效影響。碩士論文，東海大學工業工程與經營資訊系。
10. 蕭淑惠(2000)，小區域動態訊息顯示於旅遊網頁上之設計因子評估研究。碩士論文，東海大學統計學研究所。
11. Berger, H. (1969), Hans Berger on the electroencephalogram of man(P. Gloor, Trans), *Electroencephalograph and Clinical Neuropsychology* (Suppl. 28). (Original work published 1929).
12. Bruce, M. and Foster, J. J. (1982), The visibility of colored characters on colored background on videotape displays. *Visible Language*, 32, pp.382-390.
13. Forster, K. L.(1970), On the interaction of perception and memory in reading. In D. LaBerge & S. J. Samuels (Eds.) *Basic procedures in reading: perception and comprehension*, pp.1-25. NJ: Erlbaum: Hillsdale.
14. Gevins, A. S., Smith, M.E., McEvoy, L., & Yu, D. (1997). High-resolution EEG mapping of cortical activation related to working memory: Effects of task difficulty, type of processing, and practice. *Cerebral Cortex*, 7, pp.374-385.
15. Gevins, A., Smith, M.E. Leong, H., McEvoy, L., Whitfield, S., Du, R. and Rush, G. (1998), Monitoring working memory load during computer-based task with EEG pattern recognition methods, *Human Factors*, 40,

- pp.79-97.
16. Granaas, M. M., McKay, T. D., Laham, R. D., Hurt L. D. and Juola, J. F. (1984), Reading moving text on a CRT screen, *Human Factors*, 26, pp.97-104.
 17. Gundel, A., & Wilson, G. F. (1992), Topographical changes in the ongoing EEG related to the difficulty of mental tasks. *Brain Topography*, 5, pp.17-25.
 18. Juola, J. F., Tiritoglu, A., & Pleunis, J. (1995), Reading text presented on a small display. *Applied Ergonomics*, 26, pp.227-229.
 19. Juola, J. F., Ward, N. J., & McNamara, T. (1982), Visual search and reading of rapid serial presentation of letter strings, word, and text. *Journal of Experimental Psychology: General*, 111, pp.208-227.
 20. Kang, T. J. & Muter, P. (1989), Reading dynamically display text. *Behaviour and Information Technology*, 8, pp.33-42.
 21. Koler, P. A., Duchnicdy, R. I., And Ferguson, D. C. (1981), Eye movement measurement of readability of CRT displays. *Human Factors*, 23, pp.517-527.
 22. Luria, S. M., Neri, D. F., & Schlichting, C. (1989), Performance and preference with various VDT phosphors. *Applied Ergonomics*, 20(1), pp.33-38.
 23. Masson, M. E. J. (1983), Conceptual processing of text during skimming and rapid sequential reading. *Memory and Cognition*, 11, pp.262-274.
 24. Matthews, M. L. (1987), The influence of color on CRT reading performance and subjective comfort under operational conditions. *Applied Ergonomics*, 18(4), pp.323-328.
 25. Matthews, M. L., Lovasik, J. V. and Mertins, K. (1989), Visual performance and subjective discomfort in prolonged viewing of chromatic displays. *Human Factors*, 31(3), pp.259-271.
 26. Mills, C. B. and Weldon, L. J. (1987), Reading text from computer screens. *ACM Computing Surveys*, 19, pp.329-358.
 27. Pastoor, S. (1990), Legibility and subjective preference for color combinations in text. *Human Factors*, 32(2), pp.157-171.
 28. Poter, M. C. (1984), Rapid Serial Visual Presentation(RSVP): a method for studying language processing. In D. E. Kieras & M. A. Just (Eds.), *New Methods in Reading Comprehension Research* pp.91-118. N.J: Erlbaum Hillsdale.
 29. Radl, G. W. (1982), Experimental investigations for optimal presentation mode and colours of symbols on the CRT-screen. In: Grandjean, E. and Vigliani, E. (Eds.), *Ergonomics Aspects of Video Display Terminals*, Taylor and Francis, London.
 30. Sanders, M. S. and McCormick E. J. (1993), *Human Factors in Engineering and Design*. McGraw-Hill, Singapore.
 31. Shieh, K. K., M. T. Chen and J. H. Chuang. (1997), of color combination and typography on identification of characters briefly presented on VDTs. *International Journal of Human Computer Interaction*, 9, pp.169-181.
 32. Silverstein, L. D. (1987), Human factors for color CRT display systems: Concepts, methods and research IN: Durrett, H. J.(Ed), *Color and the Computer*, Academic, Orlando.
 33. Smith, M. J., Cohen B. G. F. and Stammerjohn, L. W. (1981), An investigation of health complaints and job stress in video display operators. *Human Factors*, 23(4), pp.387-400.
 34. Serman, M. B., Kaiser, D. A., Mann, C. A., Suyenobu, B. Y., Beyma, D. C., and Francis, J. R. (1994), Application of quantitative EEG analysis to workload assessment in an advanced aircraft simulator, *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society*, 1, pp. 118-121.
 35. Talsma, D., Wijers, A., Klaver, P., and Mulder, G. (2001), Working memory processes show different degrees of lateralization: Evidence from event-related potentials, *Psychophysiology*, 38, pp.425-439.

Effects of Information Display Method and Text/Background Color Combination on Operation Performance and EEG Response

Tam Chan^{1*}, Hsin-Yi Hsu², Yu-Cheng Hsieh³

Department of Industrial Engineering and Enterprise Information, Tunghai University

chant@ie.thu.edu.tw

Abstract

This investigation mainly attempts to study the effects of leading and flash displays on operator memory of operation performance and EEG response. The independent variables were dynamic information display method, text/background color combination and memory complexity, and the dependent ones were operator performance and EEG response. Thirteen college students in Tunghai University were participated in the experiment. The statistics was analyzed as Analysis of Variance and Duncan's Multiple Range test by SPSS, the results indicated that:

1. The display method of dynamic information significantly affected the finish time and error number. The finish time and error number were shortest and least in the R.S.V.P. task.
2. The background factors significantly affected the operation performance. The worse performance appeared while the color combination of text/background was yellow/black and black/white. The best performance appeared while the color combination of text/background was red/white and green/black.
3. The difficulty of task complexity significantly affected the finish time and error number. Subjects performed better in the easy task than in the difficult one.
4. Referring to EEG, there were significant effects of polarity, sex, and the display method of dynamic information on EEG response. The effect was stronger at T6 than other electrodes.

Key words: EEG, Operation performance, Dynamic information, Display method, Text/background color combination