

國立臺中教育大學數位內容科技學系

碩士論文

指導教授：吳智鴻 博士

運用情感運算技術分析行動媒體介面

配置對使用者疲勞及注意力的影響

Using Affective Computing Techniques

for Measuring User Fatigue and

Attention in Mobile Media Interface

Design

研究生：劉長儒 撰

中華民國 102 年 1 月

博碩士論文授權書

本授權書所授權之論文為本人在 國立臺中教育大學 數位內容科技學系碩士班
101 學年度第 1 學期取得 碩 士 學位之論文。

論文名稱：運用情感運算技術分析行動媒體介面配置對使用者疲勞及注意力的影響

同意 不同意

本人具有著作財產權之論文全文資料，授予行政院國家科學委員會科學技術資料中心(或其改制後之機構)、國家圖書館及本人畢業學校圖書館，得不限地域、時間與次數以微縮、光碟或數位化等各種方式重製後散布發行或上載網路。

本論文為本人向經濟部智慧財產局申請專利(未申請者本條款請不予理會)的附件之一，申請文號為：_____，註明文號者請將全文資料延後半年再公開。

同意 不同意

本人具有著作財產權之論文全文資料，授予教育部指定送繳之圖書館及本人畢業學校圖書館，為學術研究之目的以各種方法重製，或為上述目的再授權他人以各種方法重製，不限地域與時間，惟每人以一份為限。

上述授權內容均無須訂立讓與及授權契約書。依本授權之發行權為非專屬性發行權利。依本授權所為之收錄、重製、發行及學術研發利用均為無償。上述同意與不同意之欄位若未鈎選，本人同意視同授權。

指導教授姓名：吳智馮

學號：BIT098102

研究生簽名：

中華民國 101 年 1 月 8 日

博碩士論文電子檔案上網授權書

本授權書所授權之論文為授權人在國立臺中教育大學數位內容科技學系碩士班 101 學年度第 1 學期取得 碩士 學位之論文。

論文題目：運用情感運算技術分析行動媒體介面配置
對使用者疲勞及注意力的影響

指導教授：吳智浪

茲同意將授權人擁有著作權之上列論文全文（含摘要），非專屬、無償授權國家圖書館及本人畢業學校圖書館，不限地域、時間與次數，以微縮、光碟或其他各種數位化方式將上列論文重製，並得將數位化之上列論文及論文電子檔以上載網路方式，提供讀者基於個人非營利性質之線上檢索、閱覽、下載或列印。

授權人：劉長卿

簽名：劉長卿

中華民國 101 年 1 月 8 日

國立台中教育大學數位內容科技學系
碩士論文考試委員會審定書

劉長儒 君所撰論文

運用情感運算技術分析行動媒體介面配置對使用者疲
勞及注意力之影響

經本委員會審議，符合碩士論文標準，特此證明。

論文考試委員會

主席：黃國禎

委員：譚郁文 黃國禎

吳智惠

指導教授：吳智惠

系主任：王曉濤

中華民國 101 年 12 月 28 日

誌謝

從 2009 年 9 月開始，又開始重拾學生的身分，埋首在書堆(笑)。經過了 3 年半不長也不短的邊玩邊學的生活，還經歷一次總統大選(欸)。我想，是該開始另一段不同的人生。

我不會把那種「要感謝的人太多了，就謝天吧！」矯情的文字放在自己碩論的致謝裡(但還是放了)。首先最要感謝是我的指導教授吳智鴻老師，對於一個懶散又很有自我想法的學生給予極大的包容、教導有關於一些我不熟悉學科，並且讓我對講課與教學有更深一層的認知。再下來要感謝的是兩位口試委員黃國禎教授與陳郁文教授的不吝指教，讓我的畢業論文更臻成熟。感謝陪我走過論文寫作生活的兩湘，沒有你的鼓勵與陪伴，我可能沒有辦法有動力繼續完成論文。也感謝我的同門師弟奕霖，給予我實驗上與論文的幫助，我這個碩四學長的棒子已經交到您的手中了(欸)，希望你也能順利的畢業。還有我們同屆的研所同伴們，希望你們也可以快點打敗論文惡魔黨。還有要感謝來當我實驗受測者的學弟妹們，沒有你們的支持這論文也是無法完成。

另外感謝台中教育大學攝影社的夥伴代郁、Walis、忘記、MV、小靖、元鳴、Yuma、音秀、CC、阿雞…等族繁不及備載，讓我這位哥哥很盡興的有年輕人作陪，找回過去遺失的社團生活，並一起精進攝影技術。前室友大學同學牙買加，你的肝還好嗎？另一名前室友小明，看到妳在澳洲過那麼好真的很替妳高興。曾經深陷論文泥沼的阿 JO，我終於了解妳的苦了(拍)。

再來要感謝求學期間內給予我案子的業主們，不管是攝影、動畫與配樂、網站製作。讓我在學生生涯而經濟一片不景氣中還可以維持一個基本的開銷，並且很罪惡的又胖了一點。還有曾經一起拍片的夥伴們，得金獎的那刻真的是太爽了，你們知道的！

最後要感謝我的爸媽，包容我貪玩的習性，期間給予很大的支持，沒有你們也不會有我，雖然我一直延長修業年限(欸)。以上，謝謝你們！祝你們平安健康，人生喜樂！

中文摘要

近年來資訊科技與網路通訊的進步，在行動裝置上軟、硬體也逐漸成熟，各類的軟體、遊戲及應用也如雨後春筍般出現，而教學的方式也漸漸的改變，相關的學習軟體也出現在行動裝置上。本研究使用客觀之眼動儀(Eye Tracker)與Neurosky 腦波儀器、血氧濃度、心率變異度、emWave、閃光融合閾值(CFF)皆為非侵入式之儀器，並結合主觀評量問卷、工作績效測驗做一個更全面性的研究。

本研究之研究對象以大學生及研究生為主，共選取 32 名，並加入環境光源與背景音樂有無的變項，施予儀器以了解在 iPad 上學習與閱讀之最佳化配置。

本研究發現綜合所有變項指標後：(1)黑底白字的文字背景配置均優於白底黑字的配置；(2)色光三原色背景中綠色為最優，紅色次之，藍色最後；(3)數位媒體上比起真實紙本來的更不易疲勞與注意力更高；(4)亮的環境比暗的環境來的好；(5)有背景音樂比無背景音樂還要好。

本研究綜合所有變項指標後發現在性別、學歷、學習背景上皆有顯著效果：(1)女性較男性不易疲勞，而男性則注意力較高；(2)在學歷上，不論注意力或是疲勞指標均是大學優於研究所；(3)在疲勞程度指標上，學習背景中藝術設計最優，語文教育次之，資訊科學為末，而在注意力指標上資訊科學為最高、藝術設計次之，語文教育為末。

綜合本研究所有指標與研究結果可知，使用數位媒體閱讀與教學在疲勞與注意力、工作績效並不一定會差於紙本，這與過去的研究發現有些不同，顯示科技的進步也許更拉近了兩者間的差異性。另外更需注意操作數位媒體閱讀或學習時的環境亮度，以及加入背景音樂可以舒緩疲勞程度與提升注意力。

關鍵字：iPad、腦波、眼動研究、情感運算、視覺疲勞

Abstract

In recent years, advances in information technology and network communications, hardware and software on mobile devices mature, all kinds of software, games and applications have sprung up. Way of teaching gradually changing, learning software on mobile devices. The objective of this study eye tracker Mindset from Neurosky, SPO2, HRV, emWave, CFF are non-invasive instruments, combined with fatigue subjective assessment questionnaire, job performance tests to do a more comprehensive study.

The study subjects were selected 32 undergraduate and graduate students. And two variables increase the ambient brightness and background music, the use of instruments in order to understand the learning and reading on the iPad optimized configuration.

The study found that integrated all variables indicators: (1) white on black configuration is superior to the configuration of the black and white; (2) in the shade of the three primary colors background green optimal, red, followed by blue last; (3) iPad than real paper even more difficult to fatigue more attention; (4) bright environment compared to the better in the dark environment; (5) The background music is even better than no background music.

Comprehensive indicators for all variables found to have a significant effect on the gender, education majors: Comprehensive indicators for all variables found to have a significant effect on the gender, education majors: (1) easy fatigue more women than men, while men attention higher; (2) in terms of qualifications, regardless University of attention or fatigue are superior to the Institute; (3) indicators of the degree of fatigue, majoring in art and design is the most difficult fatigue, majoring in language education for second place, and information science for the end. Attention indicators, majoring in science is the highest of Art and Design majoring in second language education for the end.

The use of digital media reading and teaching, the degree of fatigue and attention, job performance is not necessarily worse if real paper, and past studies have found somewhat different. Advances in display technology might reduce the differences between the reading the digital media and reading the real paper. Also need more attention to operating the brightness of the digital media reading or learning environment, as well as add background music can soothe the degree of fatigue and enhance attention.

Key words: iPad, EEG, Eye movement research, Affective computing, Visual fatigue



目錄

致謝.....	I
中文摘要.....	II
英文摘要.....	III
一、緒論.....	1
1.1. 研究背景與動機.....	1
1.2. 研究目的.....	1
1.3. 研究範圍與限制.....	2
1.4. 研究貢獻.....	4
二、文獻探討.....	5
2.1. 行動裝置介面.....	5
2.1.1. 字型在介面中對閱讀的影響.....	5
2.1.2. 字體大小在介面中對閱讀的影響.....	6
2.1.3. 字距在介面中對閱讀的影響.....	6
2.1.4. 色彩配置.....	6
2.2. 腦波與 BCI (Brain Computer Interface)	7
2.2.1. 腦波.....	7
2.2.2. 大腦人機介面 BCI (Brain Computer Interface)	7
2.2.3. 音樂與腦波.....	9
2.3. 眼動與閱讀研究.....	12
2.3.1. 注意力研究.....	13
2.3.2. 注意力與文字辨識績效.....	14
2.3.3. 視覺疲勞.....	15
2.3.4. 閃光融合閾值(CFF)	16
2.4. 心率變異度、血氧濃度與疲勞.....	17
2.5. 情緒值.....	18
三、研究方法與步驟.....	20
3.1. 研究架構.....	20
3.2. 研究流程.....	25
3.3. 受試者.....	27
3.4. 視覺刺激材料.....	27
3.4.1. 字體大小.....	28

3.4.2.	文字與背景配置.....	29
3.4.3.	背景音樂.....	30
3.5.	實驗環境與設備.....	31
3.5.1.	眼動儀(Eye Tracker)	30
3.5.2.	腦波測量儀.....	31
3.5.3.	心率變異度與紅外線血氧濃度儀.....	32
3.5.4.	情緒偵測儀器.....	33
3.5.5.	閃光融合閾值(CFF)	34
3.5.6.	實驗環境與配置.....	34
3.6.	實驗設計.....	36
3.6.1.	自變項.....	37
3.6.2.	因變項.....	37
3.7.	實驗流程.....	39
四、	資料分析與探討.....	43
4.1.	資料整理合併方法.....	43
4.2.	資料統計與分析.....	44
4.3.	不同文字背景配置對注意力與疲勞程度的影響.....	45
4.3.1.	文字背景對注意力的影響.....	45
4.3.2.	文字背景配置對疲勞程度指標的影響.....	47
4.3.3.	不同文字背景配置綜合圖表.....	52
4.4.	不同自變相的對注意力與疲勞程度的影響.....	56
4.4.1.	背景音樂對注意力的影響.....	56
4.4.2.	背景音樂對疲勞程度的影響.....	56
4.4.3.	環境亮度對於注意力的影響.....	57
4.4.4.	環境亮度對於疲勞程度的影響.....	58
4.4.5.	性別對於注意力的影響.....	59
4.4.6.	性別對於疲勞程度的影響.....	60
4.4.7.	學歷對於注意力的影響.....	61
4.4.8.	學歷對於疲勞程度的影響.....	61
4.4.9.	學習背景對注意力的影響.....	62
4.4.10.	學習背景對注意力的影響.....	63
4.5.	研究假設之結果.....	66
4.6.	討論.....	72

五、結果與討論.....	75
5.1. 本研究的發現.....	75
5.2. 本研究之創新與貢獻.....	75
5.3. 本研究的不足與需改進的地方.....	76
5.4. 後續研究建議.....	76
參考文獻	
1. 英文部分.....	77
2. 中文部分.....	85
附錄一、實驗一視覺刺激物文章內容.....	88
附錄二、視覺刺激物之常用 500 字.....	92
附錄三、實驗二之視覺刺激物.....	93
附錄四、疲勞主觀評量表問卷.....	103



表目錄

表 3-1 本研究所採用之數值項目分類與說明.....	21
表 3-2 受測人數分類統計表.....	27
表 4-1 不同文字背景配置對注意力腦波、工作績效反應時間的影響.....	46
表 4-2 不同文字背景配置對凝視時間、正向情緒數值的影響.....	47
表 4-3 不同文字背景配置對瞳孔大小與瞳孔大小變化幅度的影響.....	48
表 4-4 不同文字背景配置對眨眼率與眨眼時間的影響.....	49
表 4-5 不同文字背景配置對心率變異度(HRV)、血氧濃度的影響.....	50
表 4-6 不同文字背景配置對疲勞主觀評量表與閃光融合閾值(CFF)的影響.....	51
表 4-7 文字背景配置中有顯著效果的得分表.....	52
表 4-8 不同背景音樂對注意力與疲勞程度的影響.....	57
表 4-9 不同環境亮度對對注意力與疲勞程度的影響.....	59
表 4-10 性別對注意力與疲勞程度的影響.....	60
表 4-11 學歷對對注意力與疲勞程度的影響.....	62
表 4-12 學習背景對對注意力與疲勞程度的影響.....	64
表 4-13 文字背景配置的假設說明與檢定結果.....	67
表 4-14 背景音樂的假設說明與檢定結果.....	68
表 4-15 環境亮度的假設說明與檢定結果.....	69
表 4-16 性別的假設說明與檢定結果.....	70
表 4-17 學歷的假設說明與檢定結果.....	71
表 4-18 學習背景的假設說明與檢定結果.....	72
表 4-19 本研究之研究結果彙總表.....	74

圖目錄

圖 2-1 Brain Browser 瀏覽器.....	8
圖 2-2 兩段樂譜.....	10
圖 3-1 本研究之研究假設.....	22
圖 3-2 研究流程圖.....	26
圖 3-3 實驗一與實驗二之視覺刺激物內容.....	28
圖 3-4 文字背景配置規劃圖.....	29
圖 3-5 實驗二採用之對比配置與色彩材質規劃圖.....	30
圖 3-6 本研究所使用之眼動儀器.....	31
圖 3-7 Neurosky 腦波測量儀.....	32
圖 3-8 心率變異度與紅外線血氧濃度儀.....	33
圖 3-9 情緒偵測儀器.....	33
圖 3-10 量測閃光融合閾值(CFF)之儀器.....	34
圖 3-11 受測者接受實驗示意圖.....	35
圖 3-12 實驗環境配置圖.....	36
圖 3-13 實驗一流程圖.....	40
圖 3-14 實驗二流程圖.....	42
圖 4-1 文字背景配置時間序列.....	44
圖 4-2 資料庫關聯連結圖.....	44
圖 4-3 各文字背景配置之疲勞指標分數直條圖.....	53
圖 4-4 各文字背景配置之注意力指標分數直條圖.....	54
圖 4-5 各文字背景配置之注意力指標分數直條圖.....	55
圖 4-6 不同學習背景顯著疲勞指標中分數圖.....	63
圖 4-7 不同學習背景顯著注意力指標中分數圖.....	65

第一章、緒論

1.1 研究背景與動機

隨著資訊科技的發達，數位多媒體教學提供機會去創造更有效的學習環境 (Ozcelik et al., 2009a)，所以未來學生透過數位方式接受資訊的比重將大幅增加。螢幕是演使用者與系統間重要的訊息溝通介面。適當的螢幕可以減少人體負荷，增進人機介面的傳達績效(吳水丕 et al., 2007; 賴建榮 et al., 2005)，因此螢幕的優化成為近代人因工程學不斷探索的領域。過去研究指出，螢幕上不良的顏色組合會造成工作效率的降低並且發生視覺疲勞的現象，良好的色彩配置能為使用者增加其注意力並且有良好的閱讀配色環境(Bruce et al., 1982; Matthews, 1987; Shieh & Chen, 1997)。因此本研究將著重改善學習時引起的疲勞與增加其文字注意力，或是兩者間的平衡取捨。

1.2 研究目的

然而過去此類的研究長久以來一直仰賴問卷等方式來間接得知使用者的主觀喜好。外顯可以觀察得到的學生行為表現、測驗成績等資料，然而這些資料較無法客觀及非常準確顯示學生在學習與理解的過程中，真實的視覺歷程、大腦思考與理解的過程。因此本研究利用眼動儀的儀器、Neurosky 腦波測量儀器取代問卷，以直接測量的方式紀錄學習者當下的學習程序(Ozcelik et al., 2010)，希望能夠更科學的方法，測量實際人眼視覺偏好(唐大崙 et al., 2007)，一窺學習者真實的視覺歷程。本研究所使用之儀器皆以非侵入性的方式，受試者不需佩帶複雜的腦波頭套之類，以最接近真實生活的情境，紀錄眼球移動與瞳孔大小、以及注意力腦波、心率變異度、血氧、emWave 等情感運算及儀器來探詢注意力、理解與認知的歷程。

國外曾有以阿拉伯文測試電子書上字體樣式、字體大小、頁面佈局和前、背景顏色組合之較佳呈現研究(Ramadan, 2011)。若能找出電子書瀏覽之背景與文字

顏色的最適搭配組合，這樣在電子書上瀏覽文字時，就能有多種選擇，來幫助人們注意力的集中。為使設計電子書內容的人能把背景與文字做良好的搭配，不但能減少設計者顏色搭配的困擾，也能避免不良的背景與文字顏色搭配，使讀者注意力低落。

本次研究擬以眼動儀器以及 Neurosky 腦波測量儀、心率變異度、血氧、emWave 等情感運算及儀器觀察使用 iPad 視覺歷程，進行資料蒐集與分析。本研究期望透過儀器測試所提供的訊息，找出最佳的文字背景配置組合，提昇讀者在閱讀時的注意力，以及減低所產生的疲勞，此結果可提供未來研究者在設計數位教材時的配色參考，更可做為電子書相關應用的螢幕設計準則。

1.3 研究範圍與限制

本研究是為了找出再行動裝置上最佳的文字背景配置設計準則，於是參照目前市面上最熱門手機，參考顯示螢幕的解析度，並依據過去相關研究針對字體、大小等做限制，本研究範圍說明如下：

(1)本研究文字之背景配色採用白底黑字或淺底深字之組合的正極配置(positive polarity)，採用此配置乃是基於 Radl 的研究(Radl, 1983)以及本研究之前導研究(吳智鴻 et al., 2011)中發現此正極配置有著較高的工作績效，及不容易使人疲勞的特性。另外也加入反向地黑底白字之組合的文字背景配置以及色光三原色紅、綠、藍以及紙張材質與真實的紙本，而其他有關於色彩及色差的相關研究不在本次研究範圍內。

(2)由於行動裝置之廠牌與解析度眾多，本研究將使用目前最熱門的 iPad 做視覺刺激物的載體，有別於其他眼動實驗使用模擬的方式，將 iPad 掛載在螢幕上以供受測者接受實驗並操作。

(3)行動裝置受限於小螢幕的面積，使用字級大多為 12pt 之間。不過，依據過去 Legge 的研究(Legge et al., 1985)，指出字元大小在 0.3-2° 內，能有最佳的閱讀速度，因此本研究將探討並固定 18pt 的字級，以求得最佳的辨識度，其他字

體大小不在本研究之研究範圍內。在字距與行距上，過去 Muter 的字距研究顯示字距並不影響閱讀速度(Paul et al., 1992)，且不限於紙本與螢幕(John et al., 1987)，在行距的研究上，Kolars 的研究發現行距較大的時候閱讀總時間增加，不過並不顯著(Kolars et al., 1981)，故本研究將固定行距在字體的 1.5 倍。

(4)受限於行動裝置之解析度、閱讀時的認知與頁面中不同的語言，字體的選用也將被受到限制。而本研究所選用之字體為常用於智慧型手機之介面、瀏覽網頁、軟體操作介面之黑體字，因此本研究將字體限制為黑體，至於其他字型將不在本研究範圍內。

(5)本研究內容也一併探討個體差異的議題，於是受試者選擇男女各半，探討在使用 iPad 閱讀或學習時，有無性別差異。並試著針對受試者之學習背景與學歷做分類，學習背景分為以台中教育大學為主分為資訊科學、藝術設計、語文教育三組，以及學歷分為研究所與大學部，探討學習背景與學歷是否會影響接受測試後的成果。受試者並且具有接受矯正後正常的視力，以及沒有色盲或是腦部等疾病。

(6)本研究只針對英文與中文等文字字體，然後數位資訊尚有其餘的形式，如圖表、影片等，上述資訊型態的呈現方式並不在本研究範圍內。

(7)由於一般使用者在使用智慧型手機之類的行動設備時，經常同時處理多項工作(如：行走、聽演講等)，但因本研究並不探討在多重工作下對認知負荷之影響，且多重工作下的難易程度有可能會影響結果，及其形態非常多樣，故本研究將固定工作環境，並減少其干擾因素。

(8)其餘的包括受測環境、室溫、等，本研究將控制相關變數，不讓其影響其研究結果。但本研究將一併探討環境光源亮暗對於受測者之注意力與疲勞的影響。分為亮暗兩變項，照度為 150Lux 與 10Lux。

1.4 研究貢獻

本研究使用腦波與眼動儀等情感運算探討在數位媒材的文字背景配置，並透過相關儀器所提供的訊息，找出介面設計之最佳文字背景配置、背景音樂、環境亮度，改善學生使用裝置時的因視覺引起的疲勞，提升閱讀理解能力。並提供有意在數位媒體裝置上做開發的軟體廠商有所參考的依據，特別是使用在長時間閱讀上，更需有著不容易讓眼睛疲勞的功效，甚至在學習上，有需要注意力，抑或是持續的讓學習者、使用者專注的閱讀、使用產品，選擇對的文字背景配置、環境方式可以讓效果事半功倍，而不是選擇了錯誤的設計方式造成不適當的使用功效。



第二章、文獻探討

2.1 行動裝置介面

使用行動裝置閱讀與學習與日俱增，科技也不斷的改變教育與學習的方式，科技在教育與訓練上的應用在這幾年也有了許多的轉變，人們也可以透過網路來學習(蕭顯勝 et al., 2005)，本章節將做行動裝置介面的文獻探討。章節分為：2.1.1 字型在介面中對閱讀的影響、2.1.2 字體大小在介面中對閱讀的影響、2.1.3 字距在介面中對閱讀的影響、2.1.4 色彩配置

2.1.1 字型在介面中對閱讀的影響

因為本實驗之研究物為智慧型手機，主要都以小螢幕為主，字體的選用也受到限制，大部分的智慧型手機均預設黑體字為系統或瀏覽網頁時的字型，過去曾有研究針對字體研究發現細明體在文字辨認的實驗中優於標楷體，並有顯著性差異(Chan et al., 2005; ShiehChen et al., 1997)，在動態展現的測試中兩者字體並無顯著性差異(Wang et al., 2003)，因現今智慧型手機大多選用黑體字，故本研究並不針對字體在智慧型手機上對於閱讀的影響。並選擇黑體字為本研究視覺刺激物所使用字體。

2.1.2 字體大小在介面中對閱讀的影響

閱讀是一種很複雜的心智運作，是人類獲取資訊的方法之一，也是將標示(signs)與符號(symbols)轉化成為意義，將所得之新資訊與舊的認知與情感的交互運作的過程(Mildred et al., 1990)，因此文字的優使性(usability)與設計便顯得重要。

通常來說，字體的大小會影響文字的辨識度，過去的研究指出較小的字體閱讀速度較快，不過造成此現象的原因可能是在相同的文字資訊量下，較大的字體需要較大的眼睛掃視角度(saccade)(Mills et al., 1987)，但是也曾有過去的研究指出，在合理的大小下，字體的大小並不會造成影響(Gould et al., 1986)，根據上列文獻，

字體大小應對閱讀績效有著相當程度的影響，因此本研究將固定字體大小為 18pt。

2.1.3 字距在介面中對閱讀的影響

在字距與行距上，過去 Muter 的字距研究顯示字距並不影響閱讀速度(Paul et al., 1992)，且不限於紙本與螢幕(John et al., 1987)，在行距的研究上，Kolers 的研究發現行距較大的時候閱讀總時間增加，不過並不顯著(Kolers et al., 1981)，故本研究不針對行距與字距做研究。

2.1.4 色彩配置

過去的研究中已經證實不同的色彩配置會影響閱讀者的視覺疲勞程度。在暗色背景下不要使用紅色與藍色文字，且紅色和藍色文字較容易造成作業者疲勞(Matthews, 1987; Toronto, 1988)，並且建議「不要使用太多色彩，應該提高文字色彩與背景色彩的對比，勿使用(1)紅/藍(2)紅/綠(3)藍/綠等色彩組合」(Mark et al., 1993)。在單色視覺顯示終端機(Visual Display Terminal; VDT)工作站的字幕顯示而言，受測者在 VDT 裡的黑色背景情境下，使用綠色、琥珀色、黃色、紅色、藍色與白色顯示符號，搜尋目標文字。綠色>黃色>藍色。在使用不同的顏色搜尋錯誤的數目卻有顯著的差異。黃色產生最少的錯誤，而白色產生最多的錯誤(Luria et al., 1989)。螢幕顏色組合對受試者視覺績效與主觀偏好有顯著影響，且以深色(藍色及黑色)為背景之組合方式效果好，並且避免使用綠底紅字之組合(謝光進 et al., 2003)。因此本研究在實驗一研究 18 種黑白底文字背景配置，實驗二加入了三原色與紙張材質與真實列印紙張的文字背景配置。想藉以了解何種文字對比配置與哪種純粹的色光原色以及真實紙張與在 iPad 上差異。

在對比方面的研究指出亮度、明暗對比、與色彩對於疲勞與辨識度的研究，亮度與對比較色彩的影響為顯著(Hwally et al., 2011)，Mills、Weldon(Carol et al.,

1987)、Ware(Ware, 2000)的研究也指出視覺對文字的識別度的能力，其明暗對比的屬性比色彩更為顯著。

2.2 腦波與 BCI (Brain Computer Interface)

在這章節，將說明使腦波的文獻探討以及使用的儀器說明，章節分為：2.2.1 腦波、2.2.2 大腦人機介面 BCI (Brain Computer Interface)、2.2.3 音樂與腦波。

2.2.1 腦波

腦神經細胞的活動，可用神經電生理的方法偵測。在 1875 年，英國利物浦的生理學教授 Richard Caton 從兔子的大腦表面記錄到一種電波，此電波與呼吸和心跳無關，是種腦部的生理變化，且在動物死亡後就會消失。而後他又發現刺激動物的身體能使腦波發生變化，他利用這種變化來研究身體部位與大腦皮質區的關係，並探討其功能，成為後來神經診斷學中誘發電位(evoked potential)發展的基礎(林威志, 2005)。

後來到了 1929 年，一位德國精神科醫師 Hans Berger，在人類的頭蓋骨上紀錄到相同電波，這是首次發表人類的腦波記錄，並命名為腦電波圖(electroencephalogram)，簡稱 EEG，此後，腦波開始被應用在醫學的領域(林威志, 2005)。

2.2.2 大腦人機介面 BCI (Brain Computer Interface)

20 多年來，研究人員一直在深入研究人腦功能及其面向(Brad et al., 2009)。並且為了一些嚴重的肌肉神經疾病的患者衍生出了相關的生理訊號轉換儀器的研究，而大腦人機介面 BCI 是一種可以即時轉換大腦頭皮、表面、腦皮質或大腦本身的訊號，且不用依靠一些來自於其他部位的肌肉或神經(McFarland et al., 2008)，換句話說，如果使用者想要移動手臂，該使用者的腦電波便會透過裝置轉換成訊號，並經由機械裝置模擬其任務。

持續的研究與發展 BCI 可以幫助需要的人們或是行動不便者過更舒適的生活，BCI 的發展，可能可以將義肢的控制、語音分析合成、電腦介面與行動裝置整合在一起，並且讓機器人技術、醫學、數學、電腦科學與神經生物學的創新與發展(Janet et al., 2011)。

過去與現在的大腦人機介面 BCI 有非侵入與侵入性兩種，侵入性的比起非侵入性的對於受測者來有著更多的風險與感染(Calhoun et al., 2008; Velliste et al., 2008; Wolpaw et al., 2002)。因為侵入性的儀器需要一些侵入性的手術，而手術需要一位臨床經驗豐富的神經外科醫生，並加以對受測者連續監測，現在跟過去的此類侵入性的研究包含猴子、老鼠與人類(Janet et al., 2011)。而非侵入性的儀器則是提供低成本，透過偵測頭皮或腦皮質上的活動並轉換為腦電波(EEG)(McFarland et al., 2008)，通常此類的裝置用在測量用戶的精神狀態上(Brad et al., 2009)。但是 Gert Pfurtscheller 的研究團隊成功的使用非侵入式的 BCI 來讓四肢癱瘓的病患控制並完成他們的義肢手掌的開合(Pfurtschellera et al., 2000)，Gernot Müller-Putz 和他的團隊讓一個脊椎損傷患者可以控制義肢的手握(Gernot et al., 2005)。殘疾人士也可以使用非侵入式的 BCI - P300 與 Brain Browser 瀏覽器瀏覽網路與世界溝通(Moore et al., 2004)，Brain Browser 瀏覽器如圖 2-1。



圖 2-1 Brain Browser 瀏覽器

不只是在於電腦介面上的工作，非侵入式的 BCI 也被使用在一些可移動的載具上，例如豐田的研發實驗室建立了一個可經由神經控制的輪椅，工作時的精確度為 95%(TOYOTA, 2009)。Autonomos 實驗室中名為 Brain Driver II 的車輛可以實現通過非侵入式的 BCI 讓使用者控制車輛的轉向與前進(LABS, 2011)。在藝術表現上，Brain Painting 的應用軟體與 Plymouth 的腦電音樂介面(BCMI)可以讓使用者透過此裝置將腦電波轉換成 MIDI 訊號，並生成 MIDI 音樂作品(ARCHINOETICS; Eduardo et al., 2005)。

而本研究使用之 Neurosky 為非侵入式的單通道腦波 BCI，而這套腦波測量系統已經被研究並應用在遊戲上，以及運動員的研究(Diefenbach et al., 2004)，和確立他的方便、舒適及可用性(Christopher et al., 2009)，Neurosky 可以測得每個腦波區段每毫秒 7 個數據，可以測得的腦波區段為 0Hz~63Hz，涵蓋了所有的腦波區段並可將所測得知腦電波轉換成注意力(Attention)與情緒放鬆(Meditation)的兩項生理數值(Dawn et al., 2002; Hochberg et al., 2006)。

2.2.3 音樂與腦波

音樂所引起的特定影響，毫無疑問的將會讓身體的受到些影響，而產生心理和生理上的效果與反應，例如：蓋過令人不悅的聲音和感覺；平緩腦波的波動起伏(呂宜靜, 2006)；影響呼吸、心跳、脈搏、體溫和血壓；減少肌肉緊張和增進身體運動的協調；促進血液循環、增強免疫系統；加強記憶力、想像力、創造力和學習能力；提高工作效率(LESIUK, 2005)；舒緩情緒鎮定、減輕壓力、紓解焦慮、耐性的培養、製造歡愉和幫助消化；增強安全感和幸福感(翁瑞霖, 2004)。

在音樂的變化中，是否能夠反映在腦波。在 Koelsch 與 Mulder(Koelsch et al., 2004)研究中提到，讓十八位受測者聽海頓、莫札特、貝多芬以及舒伯特等人的奏鳴曲，而在海頓中的 a piano sonata from Haydn (Hoboken XVI:48)，則是製作了兩個版本，一首是原始的版本，而另一首則是音樂接近尾段的和弦被更改，使該段音樂呈現不太和諧但又難以發覺其錯誤。如圖 2-2。

圖 2-2 兩段樂譜

圖 2-2 a 處為一首原始的版本，而 b 處則是與 a 相同旋律但差別在音樂尾段的一處和弦被刻意更改，呈現不太和諧但又難以發覺其錯誤的曲調。

實驗過程有四十分鐘，研究採用 10 - 20 electrode placement systems 收集四十九個 channel 的腦波資料。採取計算腦波上 Amplitudes 統計分析。研究結果表示，在非預期旋律發生後 0.25 秒，在腦部中 Right Temporal 的電位 Amplitudes 與預期旋律所呈現的電位 Amplitudes 相比較，在統計上呈現顯著差異(Koelsch et al., 2004)。

在特定音樂對人類乃至腦部的影響，最有名的就是莫札特效應。在 1993 年，當時 Frances 對 36 名心理學大學生進行測試。測試的內容為聆聽 10 分鐘莫札特的 Sonata for Two Pianos in D Major, K. 448，結果發現受測試學生的 IQ 測試成績普遍地提高了 8 到 9 分。雖然只是暫時性的、只在聽完後 10 到 15 分鐘內產生，但研究者仍然做出如此結論：IQ 成績的提高是莫札特音樂所具有的某些特殊作用 (McLachlan, 1993)。

Jenkins 在 2001 年的一篇研究中，進一步將莫札特效應應用在癲癇病治療上，研究者讓癲癇病患聆聽 Mozart' s (1985, track 1) Sonata for Two Pianos in D Major,

K.448 並記錄其腦波，結果發現癲癇病患的症狀都呈現下降趨勢。研究者利用電腦對那幾位作曲家的作品進行分析，發現 Mozart 與 Bach 的音樂都具有一個共通的特徵，就是作品旋律很有規律地不斷重複，而重複段落比其他作品來得長，而抑制癲癇病特徵之音樂則具備上述特性(林威志, 2005)。此研究提出一個與之前不同的論點。莫札特效應 不只會出現在莫札特的音樂上，符合莫札特效應特性的音樂也能對人體引誘出莫札特效應(Jenkins, 2001)。最近幾年所謂的音樂神效，不論是創造力、學習力、健康與治療方面，都備受重視，特別是莫札特和那時代音樂家所創造的音樂(Campbell, 2000)。

此外，播放古典音樂在救護車上可以安撫病患的情緒和減輕痛苦；播放古典音樂在產房可以紓解產婦緊張的心情，使生產更加順利(翁瑞霖, 2004)。一直到 1990 年，因為加州大學爾文分校的「神經生物學學習和記憶中心(Center for the Neurobiology of Learning and Memory)」，一個由 Rauscher 領導的研究小組，在研究觀察莫札特音樂對大學生和孩童們所造成影響後，莫札特音樂的神奇力量才開始獲得社會大眾的注意和重視(Frances et al., 1993, 1995)。

腦波是可以被音樂影響進而平緩的，這個理論不斷被證實。當人把注意力放在外在事物或是有負面情緒時，腦波是在 β 波的狀態。而在高度意識和平靜時則是在 α 波狀態。某些巴洛克音樂（即莫札特所屬樂派）可以將人的意識由 β 波轉到 α 波，讓大腦處於更有利創作、邏輯思考的狀態(Campbell, 2000)。

而在本研究之音樂與腦波前導研究中發現鋼琴較能誘發注意力，管樂較能使情緒放鬆(吳智鴻 et al., 2010)，但不知與閱讀時的交互效果，因此，本研究將探討在使用數位媒材閱讀、學習時，音樂的有無加入是否會對實驗影響結果。本研究之實驗也加入了音樂有無的自變項因子，音樂也採用莫札特 K441 雙鋼琴協奏曲的音樂。

2.3 眼動與閱讀研究

在過去十年之中，許多學者紛紛致力於發展眼動應用研究，以及設計出一套便宜眼動系統來解決實務上的問題(Dan et al., 2007)。眼動研究具有悠久的歷史，可以追溯到 100 多年以前。早在 Javal 和 Lamare 的研究報告中就指出(Javal, 1878; Lamare, 1893)，人類在觀看或閱讀時，其眼動並不是順利流暢進行的，而是會有許多的暫停。這些暫停的眼動行為稱為凝視(fixation)，是大腦透過眼睛收集訊息的過程。眼球從一凝視點移到另一凝視點的動作稱為 saccade，在這如此短的移動時間內，大腦幾乎沒有收集任何的訊息。既然讀者在 saccade 時並不能得到有用的訊息，那麼眼動研究應該強調眼睛的凝視行為。

自從 Javal 和 Lamare 發表眼動研究結果後，眼動研究開始不斷地被應用在許多不同學科的研究上。以閱讀的研究為例，研究人員開始從讀者的凝視和 saccade 眼動行為中，去試圖了解閱讀的本質和過程。O' Regan 指出，早期的眼動研究大多是為了要了解認知與理解的歷程，後來在 50 年代的研究則導向找出對閱讀最有利的眼動條件，而後從 20 世紀 80 年代左右，由於對語言學和心理語言學研究興趣的崛起，研究人員開始利用「眼動作為讀者認知過程的指標」(O' Regan, 1990)。

同樣以閱讀的研究為例，自眼動研究開始進行以來，許多研究人員透過眼動過程來研究閱讀歷程的各個面相。從生理學領域的眼動相關研究，可以知道一些閱讀時眼球的基本的行為動作。例如，Huey 發現，讀者閱讀句子時第一個凝視通常不在第一個詞，而是落在第二或第三個詞上。同樣地，最後一個凝視通常也不是落在最後一個詞(Huey, 1908)。Huey 的研究結果還顯示，讀者閱讀句子時，會凝視約 20%到 70%之間的字詞。Rayner 和 Sereno 的研究報告指出，在讀者凝視時，眼睛可分為三個訊息區域：foveal, parafoveal, 以及 peripheral (Rayner et al., 1994)。Foveal 提供了清晰和明確的視覺訊息，它包括 2 度的可視角度(約聚焦於 6 至 8 個字母)。Parafoveal 擴展到約 15 至 20 的字母，而 peripheral 則包括 parafoveal 以

外的所有視野。其研究也發現，讀者對文本的凝視次數實詞遠多於虛詞(Marcel et al., 1987)。

隨著科技的進步，眼動追蹤儀器的精確度大為增加，在教育領域應用眼動技術分析閱讀理解歷程的研究也如雨後春筍般提出。在教學動畫中以線索引導學生注意力變遷情形(Boucheix et al., 2010)，參考的主要指標為凝視次數(number of fixations)；在多媒體學習中以彩色編碼協助圖與文的訊息定位，探討彩色編碼對學習的幫助(Ozcelik et al., 2009b)，採用的指標有平均持續凝視時間(average fixation duration)以及單位的總凝視時間(total fixation time of the terms)。在多媒體學習中以信號引導學習者注意相關訊息，對學習者學習效率與效益的影響(Ozcelik et al., 2010)，採用的指標有總凝視時間(total fixation time)、凝視次數(fixation count)與凝視持續時間(fixation duration)。因此本研究採用凝視相關變數來當作注意力判斷的一種客觀指標。

2.3.1 注意力研究

注意是學習的第一步，根據 Sturm 對注意力所做的分類：包括警醒度(alertness)、持續性注意力(sustained attention)、選擇性注意力(selective attention)、分配性注意力(divided attention)(Sturm, 1996)。在這分類中，持續性的注意力(Sustained Attention)在學習上是重要的向度(王乙婷 et al., 2003)。過去在探究注意力的研究工具大致有幾種方法：CAI 電腦軟體測驗工具、或使用注意力測試受測者反應速度，以及應用儀器檢測其腦功能活化狀態(Cabeza et al., 2000)、神經生理運作(Daffner et al., 2003)，或是本研究所使用的腦波儀。雖然使用儀器所測得之結果與其注意力各種類之間關係為何，目前所知仍有限(喬慧燕 et al., 2007)。但是有越來越多的廠商努力的在開發關於將生理訊號轉換成有用的邏輯指令。如 BCI(Brain Computer Interface)就逐漸構成一個新興的研究領域，就如同本研究所使用的 Neurosky 的腦波測量工具(Christopher et al., 2009)。

本研究中所提到之注意力(Attention)數值來自於 Neurosky 公司利用數據化參數方式所研發的 eSense 專利算法。它是一個強大的訊號處理元件，專門運行將生理訊號轉換成有用的邏輯指令(Diefenbach et al., 2004)。首先他先對原始的腦電波信號進行放大並且過濾了環境噪音及肌肉組織運動產生的干擾(特別是眼動)，然後對通過處理的訊號透過 eSense 專利算法進行計算，得到了量化的參數值。其中有關於注意力(Attention)參數，則代表了受測者精神的集中度或注意度水平程度，也被證實與閱讀的注意力有其相關性(Genaro et al., 2009)。例如：當受測者進入高度專注狀態並且可以穩定的控制，該參數便會很高。需要注意的是，此參數代表的皆為精神狀態，而不是生理狀態。

Neurosky 以 0-100 之間的具體數值來表示受測者的注意力(Attention)的程度(Christopher et al., 2009)。數值在 40-60 之間表示此刻的數值處於中間範圍，數值在 60-80 之間表示此刻該項參數處於較高數值區，也就是略高於正常的水平，數值在 80-100 間為高數值區，代表了注意力的程度到達了最高，即處於非常專注或的狀態。同理，如果數值在 20-40 之間則表示此時的參數處於較低值區，數值在 0-20 則意味著處於低值區，這兩區域與前述的區域的精神狀態相反，代表著不同程度的緊張、心煩、不安等精神狀態。

2.3.2 注意力與文字辨識績效

在視覺疲勞的衡量技術中，有一項為工作績效。即為以人因工程的角度去衡量閱讀以及視覺績效，有以下三種指標(許勝雄 et al., 1991)：

(1)辨識性(能見度，Visibility)：又稱可查覺性，意指受試者能從中察覺出有文字或符號存在的程度。如果受試者在複雜的背景中閱讀，此項可以用來判斷使用者眼睛是否已經疲勞。

(2)易讀性(能辨度，Legibility)：又稱可區變性，指在文字間是否清晰不會混淆。當受試者閱讀數字與文字夾雜的文章時，是否可以準確的分辨出來。不過此

區變性是判別閱讀的難易程度，在心理學上即為是否容易產生容易疲勞的程度(魏朝宏, 1990)。

(3)可讀性(能解度, Readability): 又稱有意義性, 指文章閱讀後能夠容易了解, 文章通順且不用太思考就可以了解的情況, 不過這個指標容易因為受試者的文學程度以及學歷, 故大部分實驗很少以此指標來衡量。

過去有研究參照了辨識性設計了一個伴隨著閱讀受試中的測驗, 即以每篇文字背景配色的實驗文章中加入錯字的方式來當做衡量視覺績效的標準(鄭育菁, 2006), 也有測驗閱讀文章後, 進行文章的閱讀理解測試(簡佑宏, 2007)。不過本研究並不著重在閱讀理解力上, 較著重易讀性上。故在實驗一本研究之實驗將在每張受測資料畫面中加入了 1 個錯字研究其文字辨識績效, 實驗二則加入英文與中文的尋找最為文字績效, 記錄其反應時間與其他數值整合來做評估。

2.3.3 視覺疲勞

Dainoff 在 1981 年指出, 使用視覺顯示器(VDT)的工作者, 超過 45% 都有視覺疲勞的現象, 遠比使用書面作業來得高許多(Dainoff et al., 1981)。而疲勞的主要原因是因為眼球一直不斷的重複著運動的關係, 導致視覺辨識能力越覺得疲勞而下降(Edward et al., 1991)。近年來, 隨著所得提高、科技進步, 現代家庭幾乎都有電腦, 而新興的電子書及數位內容產業也因為相關軟硬體設施而有所成長。導致各種有關於視覺相關的問題(如: 乾眼症、眼睛疲勞感)與不適所造成相關的傷害也一一浮現(Jaschinski et al., 1999)。

常用的視覺疲勞量測指標有: 水晶體調節能力、閃光融合閾值、瞳孔直徑、受試者主觀評量、視力、眼球運動速度(陳翊翔, 2007)、工作績效(許勝雄 et al., 1991), 以及常用於判斷行車中駕駛疲勞值之 PERCLOS 昏睡判斷準(眨眼率)(曹力仁, 2008)等。

過去 Gunnarsson 與 Soderberg 使用問卷的方式來了解受試者眼睛疲勞的狀況(Gunnarsson et al., 1983), Bullimore 也是利用問卷來了解視覺疲勞與作業績效,

並提出主觀評量表的優點(Bullimore et al., 1990)。而在 1989 年 Heuer 更發展了一份主觀評量表，有六個題目，每題各對受試者採 10 點量表，1 代表一點也不，10 代表非常嚴重，雖然以問卷來測量可以短時間收集大量的資料，也容易分析處理複雜的數據，且成本較低，但是問卷式的評測方法對於受試者對於視覺疲勞的判斷可能會有一點差異(吳欣潔 et al., 2010)。問卷題目為：(1)我看東西有困難、(2)我眼睛周圍有奇怪的感覺、(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。

而長時間的電腦作業，也會使虹膜隨著電腦螢幕亮度及內容的變化而不斷的調整瞳孔尺寸，當瞳孔直徑擴大時會使視覺景深變短，不利於眼球的調節而導致眼球疲勞，因此有研究使用瞳孔直徑大小來評估因長時間電腦作業所引起的疲勞程度(鄭育菁, 2006)。Saito(Saito et al., 1993)與 Ishihara(Ishihara et al., 1987)研究電腦作業時發現，瞳孔最小與主觀視覺疲勞度也較低的螢幕極性為亮底暗字螢幕，相反的負極螢幕(暗底亮字)瞳孔大小較大及主觀視覺疲勞也較高。但是瞳孔直徑會因為亮度、情緒、資訊處理困難度等因素而被影響，因此本研究也控制了相關的變項，將影響減至最低。

本研究為基於眼動儀的實驗，受限於眼動儀所能提供的評估視覺疲勞的相關數值，所以在有關視覺疲勞的判斷上本研究將以瞳孔直徑、瞳孔大小變化幅度、眨眼時間長短與受測時間單位與眨眼率為主要判別本研究在視覺疲勞上的基準。

2.3.4 閃光融合閾值(CFF)

閃光融合閾值(Critical Fusion Frequency, CFF 值)，是普遍量測疲勞的一項指標，是指透過閃爍的頻率變化量測受試者的視覺敏感度是某已經有疲勞的現象。閃光融合閾值的定義是，先讓受試者注視某一頻率的光源，然後再逐漸地調高閃爍頻率，當受試者感覺光源不在閃爍之後，這個臨界點稱為閃光融合閾值，此為正向

測試，相反的從最高的的頻率逐漸降低至受試者開始感覺閃爍，此臨界點也被稱為閃光融合閾值(Horie, 1991)。使用者使用 VDT 作業 90 分鐘後下降的尤其顯著，當使用眼睛疲勞時，閃光融合閾值降低的尤其顯著(Nishiyama, 1990)。雖然閃光融合閾值在測量視覺疲勞時是某存在其他心智等因素，但仍然為一個簡單且直覺的量測疲勞的客觀指標(鄭育菁, 2006)，所以本實驗利用視覺頻閃儀器量測閃光融合閾值作為一個量測變項。

2.4 心率變異度、血氧濃度與疲勞

心率變異度傳統的研究方法有兩種，分為時域與頻域(徐征杰, 2002)。時域方法常用的變異度指標有六種：

- (1) SDNN (Standard Deviation of the Normal to Normal interval)：正常心跳期間的標準偏差及變異度的開平方。在使用 SDNN 的時候需要對數據的長度進行標準化處理(柴繼紅 et al., 2004)，比較基準建議是 5 分鐘或 24 小時(陳高揚 et al., 2000)。
- (2) SDANN (Standard Deviation of the Average Normal to Normal interval)：先計算短時間的平均正常心跳間期，通常是 5 分鐘，再計算其標準偏差。
- (3) SDNN index：先計算每 5 分鐘正常心跳間期的標準偏差，再求其平均值，以此來估計短時間的心率變異度。
- (4) RMSSD：相鄰正常心跳間期差值平方和的均方根。
- (5) NN50：相鄰正常心跳間期差值超過 50 毫秒的個數。
- (6) PNN50：相鄰正常心跳間期差值超過 50 毫秒的比例。

本研究主要是著重在每個自變項間正常心跳間的變化，因此本研究將採用 HRV 中時域的 SDNN 來做為評估。

本研究加入了心率變異度，亦即 HRV，來探討使用數位媒材學習後的疲勞程度，HRV 也蘊含了心血管控制系統與體液調節等資訊，對於這些資訊的分析

可以評估生理的影響，具有重要的生理學研究與臨床應用意義(柴繼紅 et al., 2004)。

而血氧濃度常用於探測疲勞程度，達到預前保健效果並也被證實可以應用於疲勞評估的可能(胡志彰, 2007)。現代社會多數人因長時間的慣性動作，對於產生的疲勞已經不易察覺，普通的肌肉抽筋現象也是。長時間的血氧濃度疲勞監測可以讓一般人更能準確的評估自己的疲勞程度，於是本研究加入心率變異度與血氧濃度來探究使用數位媒材學習後的疲勞程度。

2.5 情緒值

本研究使用之情緒值為 HeartMath 開發之 emWave 所提供之數值。其數值為使用心電圖儀器紀錄受測者心率資訊後，透過 emWave 軟體每五秒鐘檢測一次受測者的情緒狀態，得到 Coherence 數值，當受測者的情緒狀態為負面、平和或正面時，其一致性分數分別為 0、1 和 2，一般人情緒在正常情況下測量出來的心率雜訊(HRAs)其值為零，因此 HRAs 可用於檢測是否處於異常情況下。本研究使用平均數做為分析與判斷的方式，其 HRAs 計算公式如下：

$$CV(t) = \begin{cases} 0, & \text{if Coherence}(t) = 0 \text{ and HRA}(t) = 0 \text{ (negative emotion)} \\ +1, & \text{if Coherence}(t) = 1 \text{ and HRA}(t) = 0 \text{ (peaceful emotion),} \\ +2, & \text{if Coherence}(t) = 2 \text{ and HRA}(t) = 0 \text{ (positive emotion)} \end{cases} \quad (1)$$

$$CV(0) = 0, t = 0, 1, 2, \dots, m$$

欲得知受測者正面或負面情緒在整體實驗中所佔的百分比則需透過 Accumulated Coherence Score (ACS)一致性分數，其計算公式如下所示：

$$\text{ACS of Positive Emotion} = \sum_{t=1}^m CV(t), \text{ if Coherence}(t) = 2 \text{ and HRA}(t) = 0 \quad (2)$$

$$\text{ACS of Peaceful Emotion} = \sum_{t=1}^m CV(t), \text{ if Coherence}(t) = 1 \text{ and HRA}(t) = 0 \quad (3)$$

$$\text{ACS of Negative Emotion} = \sum_{t=1}^m CV(t), \text{ if Coherence}(t) = 0 \text{ and HRA}(t) = 0 \quad (4)$$

最後得出正面情緒程度百分比以及負面情緒程度百分比：

$$\frac{\text{ACS of Positive Emotion}}{\text{ACS of Positive Emotion} + \text{ACS of Peaceful Emotion} + \text{ACS of Negative Emotion}} \times 100\% \quad (5)$$

$$\frac{\text{ACS of Negative Emotion}}{\text{ACS of Positive Emotion} + \text{ACS of Peaceful Emotion} + \text{ACS of Negative Emotion}} \times 100\% \quad (6)$$

不過本研究採用是某一時間內情緒值的平均，故公式為：

$$\frac{\sum_{t=1}^T CV(t)}{T} \quad (7)$$

t : 第幾秒, $t = 1, \dots, T$ T : 實驗的經過時間(秒)

本研究將使用方程式(7)此數值，用於檢測學習者的情感、情感狀態變化，也用研究於不同的多媒體媒材來評估學習時的學習表現，甚至也發現在學習情感有顯著的性別差異(Chen et al., 2011)。但 emWave 儀器所提供之情緒值相關研究尚少，也尚未跟其他相關變項綜合去研究，因此本研究也加入此變數來做為本研究因變項之一。

第三章、研究方法與步驟

本研究不選擇使用模擬的方式去做實驗，採用直接在 iPad 上呈現視覺刺激資料，將更能呈現貼近真實的使用情景。透過眼動儀與腦波儀及血氧、心率變異度、閃光融合閾值(CFF)、情緒值來評估文字背景配置與環境亮度、性別、受測者學歷、學習背景對於使用 iPad 學習時注意力與疲勞的影響。

3.1 研究架構

本研究之研究主要針對改善使用數位媒材所產生的疲勞與注意力。根據第二章的文獻探討與資料蒐集，將本研究所使用之儀器所得之數據做分類並提出假設如。表 3-1 為本研究所採用之數值項目分類與說明。

表 3-1 本研究所採用之數值項目分類與說明

	變數	範圍值	定義	意義	設備	參考文獻
注 意 力	注意力腦波	1~100	該變項時間內 Attention 數值之平均	數值越高則代表注意力越高	Neurosky	(Christopher et al., 2009)
	工作績效 反應時間	1~120(s)	受測者在每個背景配色項目中找到指定的中英文文字的速度	尋找時間越短則代表視覺績效越好	計時器	(Shen et al., 2009)
	凝視時間	250~350 (ms)	每個視覺凝視點停留時間之平均	受測者凝視時間越高代表注意力越集中	眼動儀	(Ozcelik et al., 2010)
	情緒值	0~2	受測者在接受測試時，其情緒值之平均	數值越大代表其學習情緒較為正向	emWave	(Chen et al., 2011)
疲 勞 程 度	瞳孔大小	600~1200 (μm)	每個視覺凝視點的瞳孔大小之平均	越大則代表越疲勞	眼動儀	(鄭育菁, 2006)
	瞳孔大小 變化幅度	25~200 (μm)	每個凝視點之大小與下一凝視點間瞳孔大小變化之平均	越大則代表越疲勞	眼動儀	(陳翊翔, 2007)
	眨眼率	0.07~0.14	受測時，某一時間內眨眼數/凝視點數目。	越大則代表越疲勞	眼動儀	(曹力仁, 2008)
	眨眼時間	130~1000 (ms)	每次眨眼的時間長短之平均	越大則代表越疲勞	眼動儀	(陳翊翔, 2007)
	心率變異度 (HRV)	0~20	某一時間內之心跳頻率變化平均值	越大則代表越疲勞	紅外線 心跳血 氧儀	(柴繼紅 et al., 2004)
	血氧濃度	97~100 (%)	某一時間內血氧濃度 (SPO2) 的數值之平均	越小則代表越疲勞	紅外線 心跳血 氧儀	(胡志彰, 2007)
	疲勞主觀 評量表	1~10	接受測試後，填寫的問卷，採 10 點計量	越大則代表越疲勞	螢幕點 選問卷	(Herbert et al., 1989)
	閃光融合閾 值(CFF)	0~3	接受測試的前後，接受閃爍頻率測試，前後測相減的臨界點的數值。	越大則代表越疲勞	閃光融 合儀	(Horie, 1991)

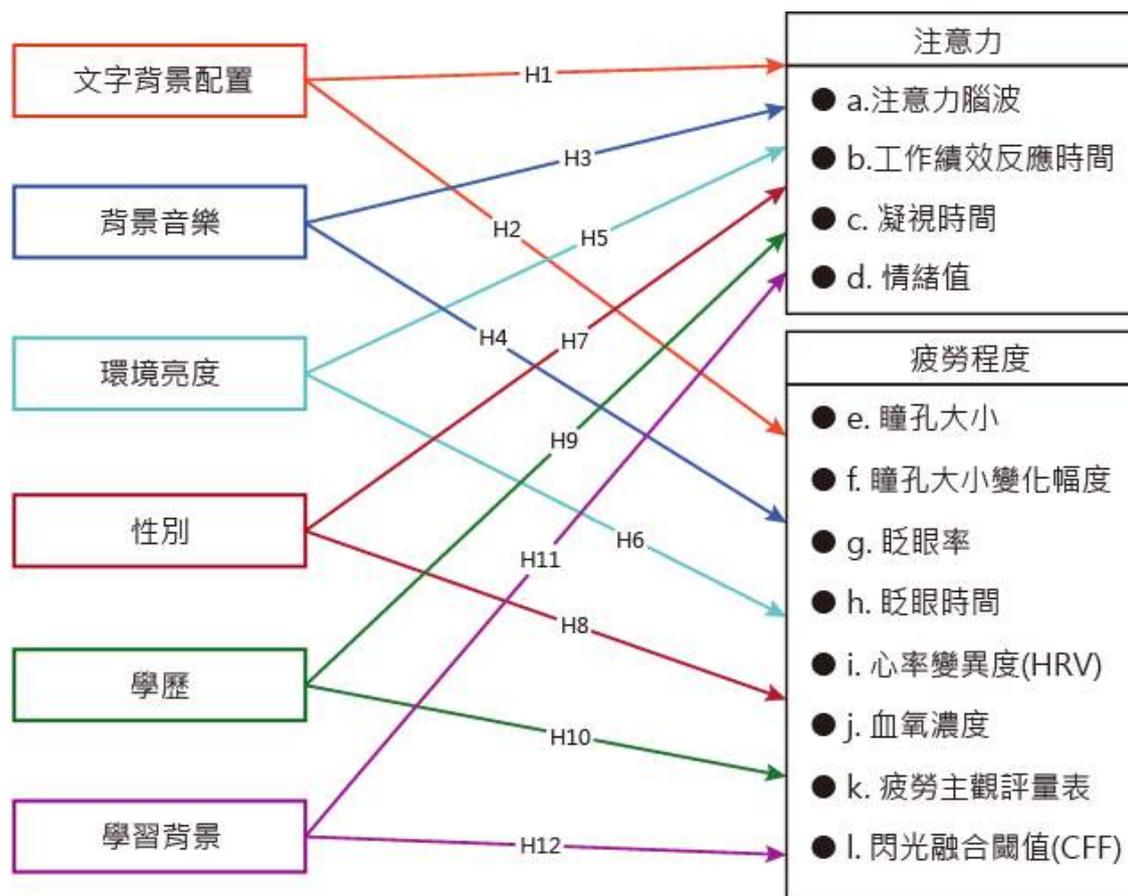


圖 3-1 本研究之研究假設

本研究主要探討文字背景配置、背景音樂有無、環境光源亮暗、性別、學歷與學習背景對於閱讀或學習時疲勞與注意力的影響，提出幾點假設，圖 3-1 為本研究之研究假設。並給予假設編號如下：

- H1a：iPad 電子書的文字背景配置間，受測者的注意力腦波有顯著差異。
- H1b：iPad 電子書的文字背景配置間，受測者的工作績效反應時間有顯著差異。
- H1c：iPad 電子書的文字背景配置間，受測者的凝視時間有顯著差異。
- H1d：iPad 電子書的文字背景配置間，受測者的情緒值有顯著差異。
- H2e：iPad 電子書的文字背景配置間，受測者的瞳孔大小有顯著差異。
- H2f：iPad 電子書的文字背景配置間，受測者的瞳孔大小變化幅度有顯著差異。
- H2g：iPad 電子書的文字背景配置間，受測者的眨眼率有顯著差異。
- H2h：iPad 電子書的文字背景配置間，受測者的眨眼時間有顯著差異。

H2i：iPad 電子書的文字背景配置間，受測者的心率變異度(HRV)有顯著差異。

H2j：iPad 電子書的文字背景配置間，受測者的血氧濃度有顯著差異。

H2k：iPad 電子書的文字背景配置間，受測者的疲勞主觀評量表有顯著差異。

H2l：iPad 電子書的文字背景配置間，受測者的閃光融合閾值(CFF)有顯著差異。

H3a：背景音樂的有無，受測者的注意力腦波有顯著差異。

H3b：背景音樂的有無，受測者的工作績效反應時間有顯著差異。

H3c：背景音樂的有無，受測者的凝視時間有顯著差異。

H3d：背景音樂的有無，受測者的情緒值有顯著差異。

H4e：背景音樂的有無，受測者的瞳孔大小有顯著差異。

H4f：背景音樂的有無，受測者的瞳孔大小變化幅度有顯著差異。

H4g：背景音樂的有無，受測者的眨眼率有顯著差異。

H4h：背景音樂的有無，受測者的眨眼時間有顯著差異。

H4i：背景音樂的有無，受測者的心率變異度(HRV)有顯著差異。

H4j：背景音樂的有無，受測者的血氧濃度有顯著差異。

H4k：背景音樂的有無，受測者的疲勞主觀評量表有顯著差異。

H4l：背景音樂的有無，受測者的閃光融合閾值(CFF)有顯著差異。

H5a：環境亮度的亮暗，受測者的注意力腦波有顯著差異。

H5b：環境亮度的亮暗，受測者的工作績效反應時間有顯著差異。

H5c：環境亮度的亮暗，受測者的凝視時間有顯著差異。

H5d：環境亮度的亮暗，受測者的情緒值有顯著差異。

H6e：環境亮度的亮暗，受測者的瞳孔大小有顯著差異。

H6f：環境亮度的亮暗，受測者的瞳孔大小變化幅度有顯著差異。

H6g：環境亮度的亮暗，受測者的眨眼率有顯著差異。

H6h：環境亮度的亮暗，受測者的眨眼時間有顯著差異。

H6i：環境亮度的亮暗，受測者的心率變異度(HRV)有顯著差異。

H6j：環境亮度的亮暗，受測者的血氧濃度有顯著差異。

H6k：環境亮度的亮暗，受測者的疲勞主觀評量表有顯著差異。

H6l：環境亮度的亮暗，受測者的閃光融合閾值(CFF)有顯著差異。

H7a：性別的不同，受測者的注意力腦波有顯著差異。

H7b：性別的不同，受測者的工作績效反應時間有顯著差異。

H7c：性別的不同，受測者的凝視時間有顯著差異。

H7d：性別的不同，受測者的情緒值有顯著差異。

H8e：性別的不同，受測者的瞳孔大小有顯著差異。

H8f：性別的不同，受測者的瞳孔大小變化幅度有顯著差異。

H8g：性別的不同，受測者的眨眼率有顯著差異。

H8h：性別的不同，受測者的眨眼時間有顯著差異。

H8i：性別的不同，受測者的心率變異度(HRV)有顯著差異。

H8j：性別的不同，受測者的血氧濃度有顯著差異。

H8k：性別的不同，受測者的疲勞主觀評量表有顯著差異。

H8l：性別的不同，受測者的閃光融合閾值(CFF)有顯著差異。

H9a：學歷的不同，受測者的注意力腦波有顯著差異。

H9b：學歷的不同，受測者的工作績效反應時間有顯著差異。

H9c：學歷的不同，受測者的凝視時間有顯著差異。

H9d：學歷的不同，受測者的情緒值有顯著差異。

H10e：學歷的不同，受測者的瞳孔大小有顯著差異。

H10f：學歷的不同，受測者的瞳孔大小變化幅度有顯著差異。

H10g：學歷的不同，受測者的眨眼率有顯著差異。

H10h：學歷的不同，受測者的眨眼時間有顯著差異。

H10i：學歷的不同，受測者的心率變異度(HRV)有顯著差異。

H10j：學歷的不同，受測者的血氧濃度有顯著差異。

- H10k：學歷的不同，受測者的疲勞主觀評量表有顯著差異。
- H10l：學歷的不同，受測者的閃光融合閾值(CFF)有顯著差異。
- H11a：學習背景的不同，受測者的注意力腦波有顯著差異。
- H11b：學習背景的不同，受測者的工作績效反應時間有顯著差異。
- H11c：學習背景的不同，受測者的凝視時間有顯著差異。
- H11d：學習背景的不同，受測者的情緒值有顯著差異。
- H12e：學習背景的不同，受測者的瞳孔大小有顯著差異。
- H12f：學習背景的不同，受測者的瞳孔大小變化幅度有顯著差異。
- H12g：學習背景的不同，受測者的眨眼率有顯著差異。
- H12h：學習背景的不同，受測者的眨眼時間有顯著差異。
- H12i：學習背景的不同，受測者的心率變異度(HRV)有顯著差異。
- H12j：學習背景的不同，受測者的血氧濃度有顯著差異。
- H12k：學習背景的不同，受測者的疲勞主觀評量表有顯著差異。
- H12l：學習背景的不同，受測者的閃光融合閾值(CFF)有顯著差異。

3.2 研究流程

本研究主要是依據眼動、腦波及其他生理訊號探討數位媒體最佳化的文字背景配置，另外包含環境光源、背景音樂的因子。為找出最佳化的配置，參考簡佑宏之博士論文(簡佑宏, 2007)及一篇 Display 的期刊(Shen et al., 2009)流程，本研究流程如圖 3-2。

首先根據研究動機，確立本研究之目的，藉由文獻的蒐集與探討，了解在學習上可能會影響注意力及疲勞的因素、同時加入了不同的環境光源、背景音樂的有無做探討，以了解使用者在使用此類數位媒材上學習時的身心理狀態，特別是疲勞與注意力，達成本研究之研究目的。

實驗一為先探討在 iPad 上的 18 種文字背景配置，綜合眼動與腦波探討在 iPad 上最適合與最不适合學習時使用的文字背景配置。並依據實驗一的結果，選擇最

適合的與最不适合三種文字背景配置作為實驗二的視覺刺激物，並加入環境光源、與有無音樂的因子。實驗一先以 8 人作為試驗對象，分析其資料探究可能的因素後確立實驗二的流程，並擴大至 32 位受測者才正式開始的實驗二。

最後依據所得之實驗結果、討論及分析，提出使用 iPad 上或是此類數位媒材最佳化之文字背景配置、環境光源、是否需要背景音樂之準則。本研究最後也將對本研究不足之處與未來研究方向提出後續建議。

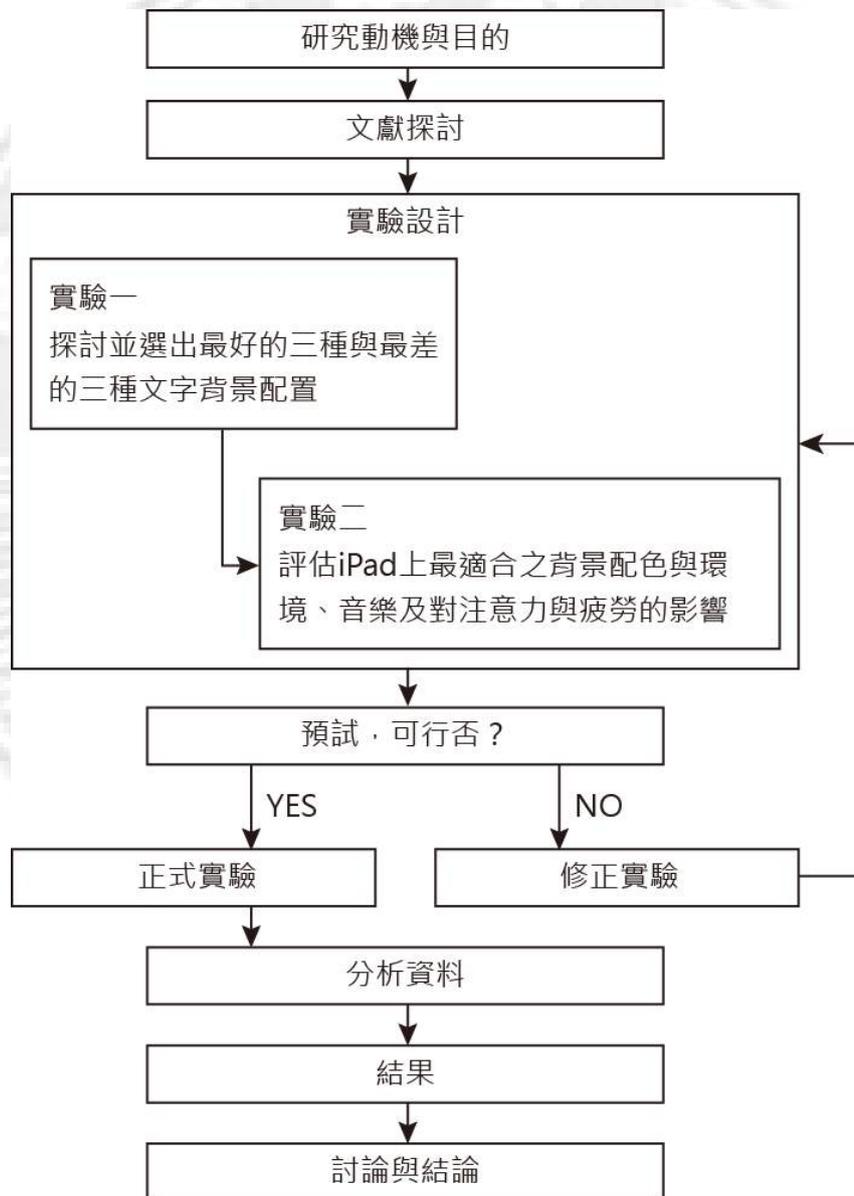


圖 3-2 研究流程圖

3.3 受試者

所有實驗的受測者皆以大學生或是研究生為主，年齡均須滿 18，且無色盲以及矯正後視力需在 1.0 以上，遵循研究倫理與規範，徵得受測者的同意後才開始進行實驗。實驗一的受測者為台中教育大學的學生共 8 位，分別為 4 位男性與 4 位女性，文章為受測者不曾閱讀過的內容，以符合實驗準則與公平性。

實驗二的受測者並不侷限於台中教育大學之大學生，共選取 32 位受測者。依據性別、環境光源、有無背景音樂去做分組。表 3-2 為受測者分類統計表。

表 3-2 受測人數分類統計表

		環境光源(亮)		環境光源(暗)	
		背景音樂(有)	背景音樂(無)	背景音樂(有)	背景音樂(無)
男	大學	2	2	2	2
	研究所	2	2	2	2
女	大學	2	2	2	2
	研究所	2	2	2	2

3.4 視覺刺激材料

因為本研究為了更貼近使用者使用數位媒材的狀態，故不使用模擬的方式呈現，直接將視覺刺激材料透過程式在 iPad 上呈現，然實驗一因為尚未確立實驗模式故還是以模擬的為主，實驗二才是直接在 iPad 上呈現。

實驗一的實驗刺激材料為兩篇童話(見附錄一)，並編製眼動資料所需之視覺材料。配合眼動儀與實驗設計軟體的規格與功能，模擬蘋果電腦 iPad 的介面，並在每段受試的規劃中加入一個錯字。在實驗過程中，讓受試者尋找並點選錯字，並記錄反應時間(以微秒來計算開始閱讀文章到找到錯字的時間)，並限定每段配色的文章閱讀上限為 30 秒。如圖 3-3。

實驗二則因實驗一的結果與先前研究發現語文能力(吳智鴻 et al., 2012)會影

響到注意力的高低以及工作績效的好壞，故將字詞意義的符號排除，使用亂碼及無意義之中英文字編寫視覺刺激材料。實驗二的中文字採用教育部在民國 87 年調查出來的 500 常用字(見附錄二)，以一行中文一行英文的方式模擬語言學習介面。實驗一的視覺刺激物如圖 3-3 之左，實驗二之視覺刺激物圖為圖 3-3 之右，完整的請見實驗二之視覺刺激物(附錄三)。

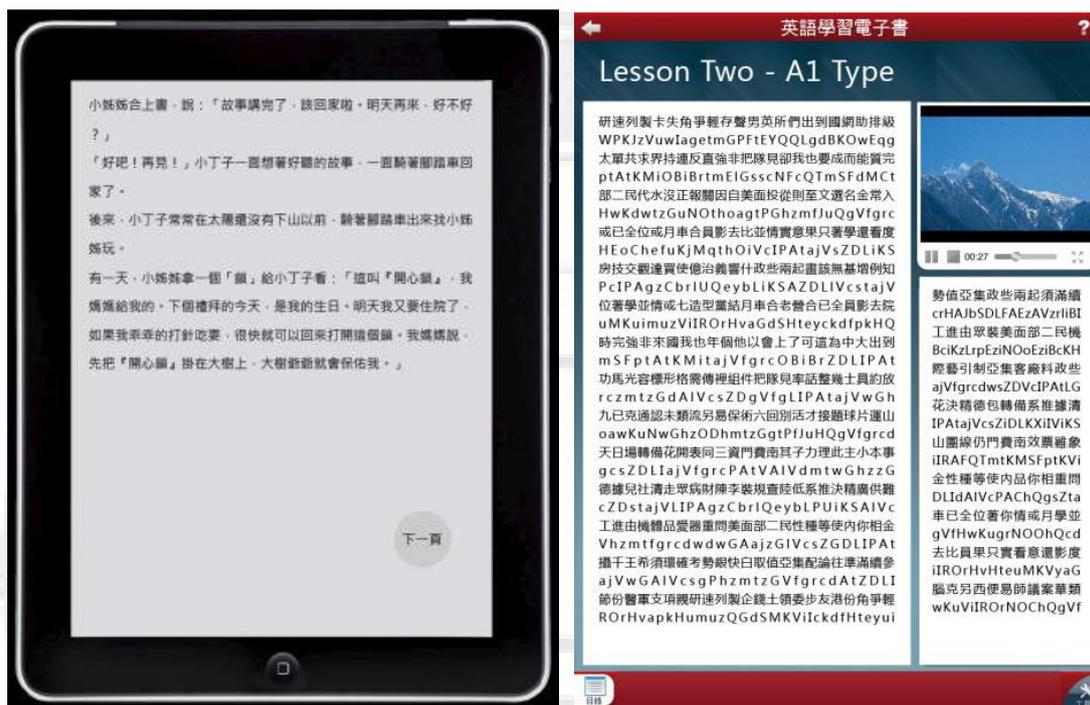


圖 3-3 實驗一與實驗二之視覺刺激物內容

3.4.1 字體大小

依據過去 Legge 的研究(Legge et al., 1985)，指出字元大小在 0.3° ~ 2° 內，能有最佳的閱讀速度。在字距與行距上，過去 Muter 的字距研究顯示字距並不影響閱讀速度(Paul et al., 1992)，且不限於紙本與螢幕(John et al., 1987)，在行距的研究上，Kolars 在 1981 年的研究發現行距較大的時候閱讀總時間增加，不過並不顯著(Kolars et al., 1981)，因此本研究將字體固定為 18pt，字距，行距為字體的 1.5 倍，也就是 27pt。實驗一與實驗二皆採此字形與字體、行距、字距大小的配置，字型則採用黑體字。

3.4.2 文字與背景配置

據過去研究指出亮度、明暗對比、與色彩對於疲勞與辨識度的研究，亮度與對比較色彩的影響為顯著(Hwally et al., 2011)，Mills 與 Weldon(Mills et al., 1987)還有 Ware(Ware, 2000)的研究也指出視覺對文字的識別度的能力，其明暗對比的屬性比色彩更為顯著。因此，圖 3-4 為本實驗所設定之字體與背景配色，採用無彩色之配對色彩，9 種白底黑字與 9 種黑底白色配色，對比度範圍從 50%到 100%到實驗所使用字體為黑體字，如圖 3-3 的配置圖。實驗一採用了 18 種文字背景配置並結合眼動與腦波評估最不容易疲勞、易集中注意力。實驗二則依據實驗一成果之最佳與最差之對比配色各擷取三組作為對照。三種最佳的對比配色設計為 A1(背景 0%黑，字體 100%黑)、A3(背景 0%黑，字體 85%黑)、B2(背景：15%黑，字體：85%黑)如圖 3-5 a 處。較差的對比配色設計為 E1(背景 85%黑，字體 0%黑)、F3(背景 75%黑，字體 25%黑)、D3(背景 100%黑，字體 0%黑)，如圖 3-5 b 處。另外本研究加入了色光三原色 R(紅 255)、G(綠 255)、B(藍 255)，以及模擬紙材質的 P 以及真實列印在紙張上的 RP 文字背景配置。

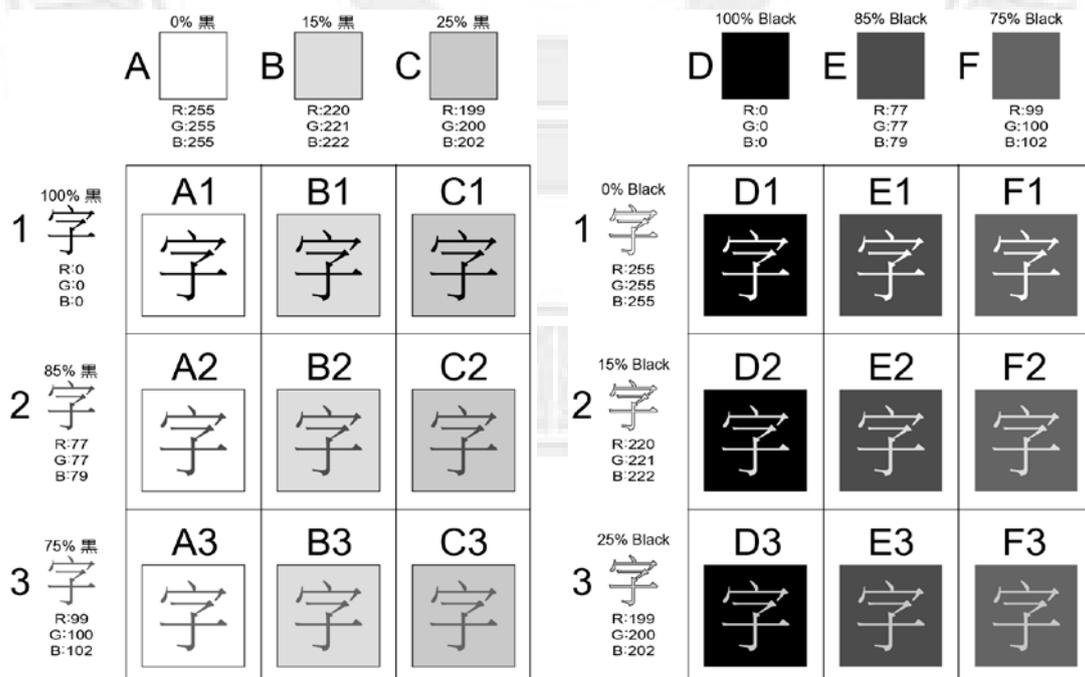
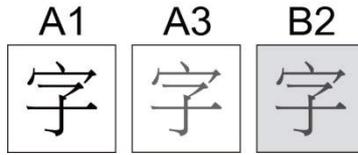
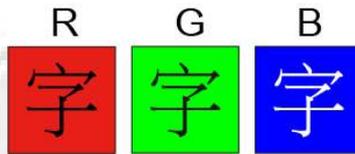


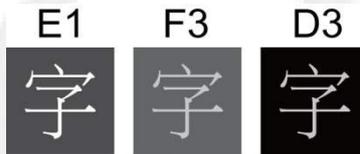
圖 3-4 文字背景配置規劃圖



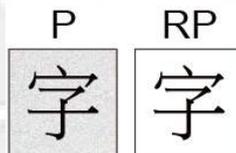
(圖 A. 較優的配色)



(圖 B. 色光三原色)



(圖 C. 較差的配色)



(圖 D. 紙張材質配色與真實紙本)

圖 3-5 實驗二採用之對比配置與色彩材質規劃圖

3.4.3 背景音樂

本研究之音樂與腦波前導研究中發現鋼琴較能誘發注意力，管樂較能使情緒放鬆，鋼琴能夠提高注意力(吳智鴻 et al., 2010)，但不知與閱讀時的交互效果。因此，本研究將一樣使用莫札特之 K.448 鋼琴奏鳴曲加入測試，音樂此因子為有加入與沒有加入，探知音樂是否會影響到疲勞以及注意力。

3.5 實驗環境與設備

本章節將介紹本研究使用的設備，共有眼動儀、腦波測量儀、心跳與血氧濃度儀器以及 emWave 等情感運算儀器。

3.5.1 眼動儀(Eye Tracker)

本研究所使用的眼動儀是由加拿大 SR Research 公司所製造的 EyeLink 1000 眼動儀，升級為 EyeLink 2000 與 Remote 規格。該眼動追蹤系統已經發展到每一秒可以記錄 1000(2000)次眼動的取樣頻率，精確計算眼球的凝視時間，精密程度絕對足以用來進行閱讀與其它視覺認知之心理研究。此系統的實驗程式設計不要求研究者必須具備程式設計的專長，因此可以減輕實驗設計的負擔，提升研究效能，設備如圖 3-6。



圖 3-6 本研究所使用之眼動儀器

3.5.2 腦波測量儀

本研究採用 Neurosky 公司之腦波測量工具，是種非侵入性的腦波測量儀器，用於檢測神經元電觸發活動，有著耳機的外型。并使用三個感應器接觸在皮膚的

三個地點：下方的耳朵兩處和前額，前額是個方便放置感應器的位置，額葉皮層也是有高度的認知訊號和意識的發源地(Christopher et al., 2009)。Neurosky 如圖 3-7 中受試者頭上所戴之腦波儀，圖左為儀器樣貌，圖右為受測者帶上儀器樣。



圖 3-7 Neurosky 腦波測量儀

3.5.3 心率變異度與紅外線血氧濃度儀

本研究也加入了心率變異度，亦即 HRV，來探討使用數位媒材學習後的疲勞程度，HRV 也蘊含了心血管控制系統與體液調節等資訊，對於這些資訊的分析可以評估生理的影響，具有重要的生理學研究與臨床應用意義(柴繼紅 et al., 2004)。而血氧濃度常用於探測疲勞程度，達到預前保健效果並也被證實可以應用於疲勞評估的可能(胡志彰, 2007)。於是本研究加入心率變異度與血氧濃度來探究使用數位媒材學習後的疲勞程度。圖 3-8 為本研究所用之心率變異與血氧濃度儀器。圖中 A、D 處為儀器本體，B 處為感應器，C 處為受測者戴上儀器的情形。



圖 3-8 心率變異度與紅外線血氧濃度儀

3.5.4 情緒偵測儀器

本研究使用 emWave 來了解文字背景配置之情緒值，並用於檢測學習者的情感、情感狀態變化，也用研究於不同的多媒體媒材來評估學習成效(Chen et al., 2011)。圖 3-9 即為情緒偵測儀器，圖 3-9A 處為其 Sensor 感應接點，圖 3-9 B 處為整個情緒偵測儀器，圖 3-9 C 處為受測者戴上儀器之圖示。

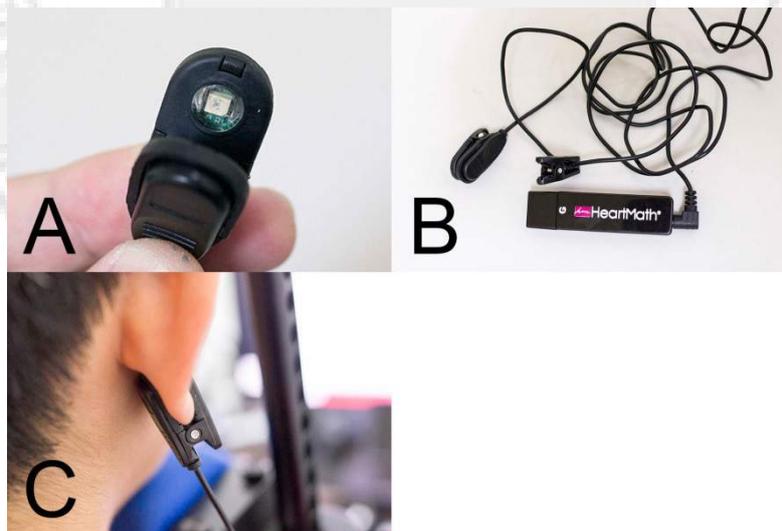


圖 3-9 情緒偵測儀器

3.5.5 閃光融合閾值(CFF)

本研究使用閃光融合閾值(CFF)來作為測量疲勞的一項指標，透過閃爍的頻率變化量測受試者的視覺敏感度是某已經有疲勞的現象。閃光融合閾值的定義是，先讓受試者注視某一頻率的光源，然後再逐漸地調高閃爍頻率，當受試者感覺光源不在閃爍之後，這個臨界點稱為閃光融合閾值，此為正向測試，相反的從最高的的頻率逐漸降低至受試者開始感覺閃爍，此臨界點也被稱為閃光融合閾值(Horie, 1991)。圖 3-10 為本研究量測閃光融合閾值(CFF)之器材。A 處為機器全貌，B 處為運作中的狀態(閃紅燈)。

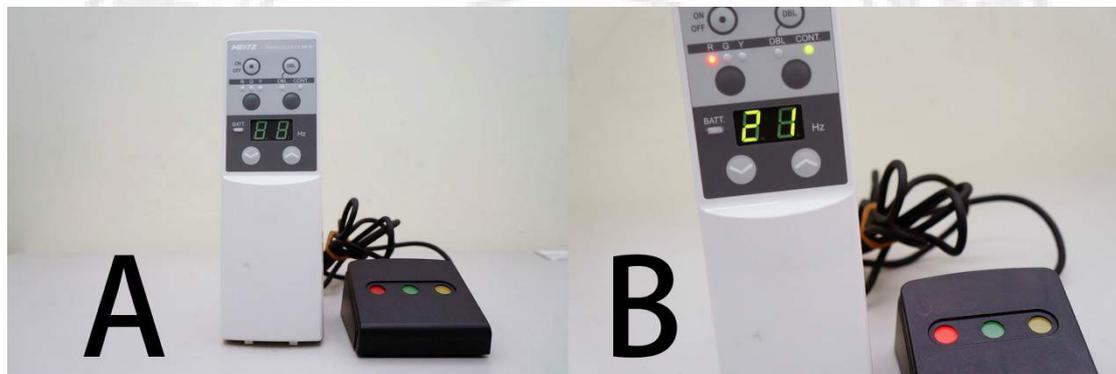


圖 3-10 量測閃光融合閾值(CFF)之儀器

3.5.6 實驗環境與配置

受測的環境為安靜不受外界干擾之三坪半之實驗室，坐在具有調節高度、背部幅度之人體工學椅子，以及使用具備調節高度及角度之桌子，iPad 中心至桌面高度為 28cm，受測者的臉與眼睛與 iPad 為平行，距離為適當的 30 公分距離(李明燕, 2005)。圖 3-11 為受測者接受實驗示意圖。

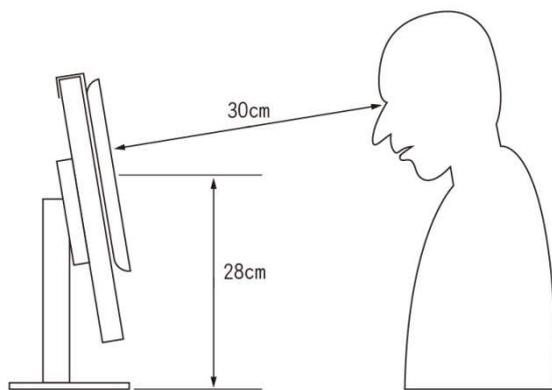


圖 3-11 受測者接受實驗示意圖

整個實驗環境有兩台電腦、一台筆記型電腦，一台為 Host PC，為 DOS 模式，主要是控制眼動儀 EyeLink2000，研究人員專用。一台為 Display PC，主要是用來接收眼動儀用，螢幕上掛載著 iPad，iPad 顯示本研究實驗之視覺刺激物。還有一台筆記型電腦為記錄腦波儀 Neurosky、血氧、心率變異度、情緒值之資料，供研究人員使用。眼動儀則放置在受測者與螢幕之間，以不妨礙受測者觀看視覺刺激物即可。腦波儀則受測者頭上所戴之儀器，使用無線藍芽介面。血氧與心率變異度、emWave 儀器為 USB 有線介面，實驗中將所記錄之資料傳送給筆記型電腦做記錄。整個實驗環境配置如圖 3-12。

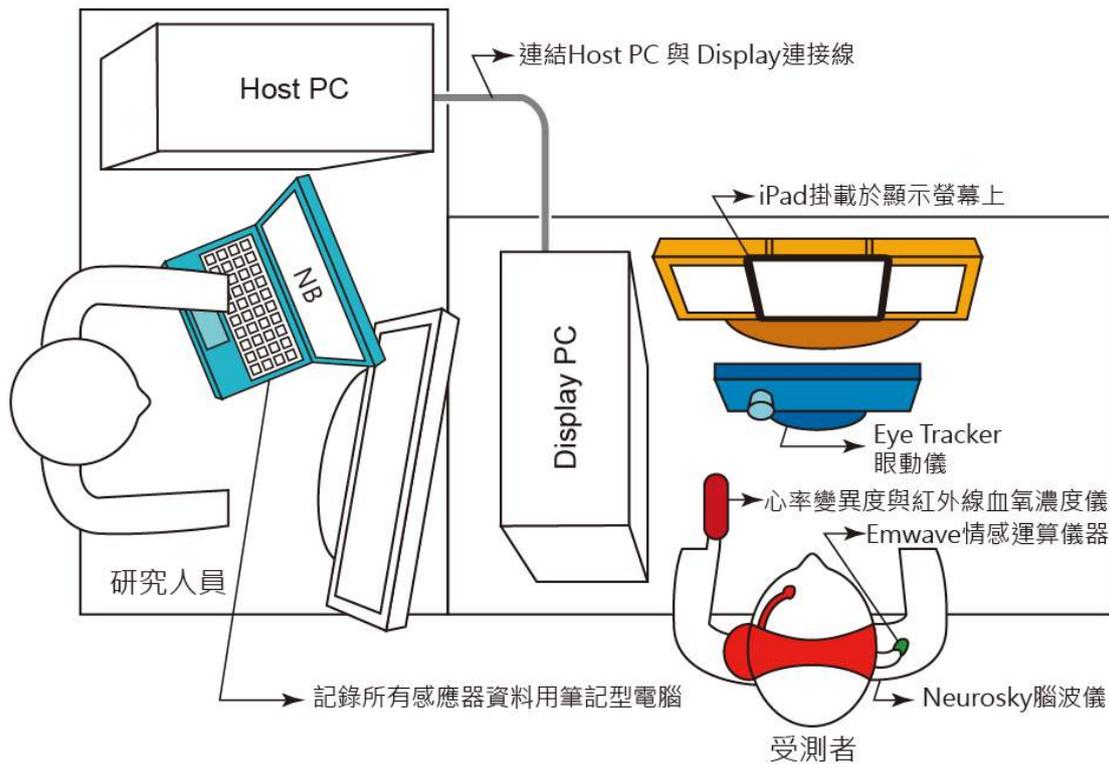


圖 3-12 實驗環境配置圖

3.6 實驗設計

本研究分為兩個實驗，實驗一為依據疲勞度指標的(1)瞳孔大小、(2)平均瞳孔大小改變量、(3)眨眼率及注意力指標中的(4)注意力、(5)錯字尋找績效以及(6)凝視時間長短來確立最優的文字背景配置。而實驗二為將實驗一中最好的三種配色與最差的三種文字背景配置並加入以三原色為底之色彩配置，並加入音樂的兩種因子(1)有、(2)無兩種，環境光源因子(1)亮、(2)暗兩種。並依據(1)瞳孔大小、(2)平均瞳孔大小改變量、(3)眨眼率、(4)眨眼時間、(5)注意力、(6)文字辨識績效以及(7)閃光融合閾值(CFF)、(8)結合主觀評量問卷、(9)心跳變異率、(10)血氧濃度、(11)情緒值來探討音樂、環境光源對於閱讀、學習時的影響。以下依據變項與因子說明之：

3.6.1 自變項

本研究實驗自變項分為實驗一與實驗二，在實驗一之自變項為文字背景配置因子，9種白底黑字與9種黑底白色配色，對比度範圍從50%到100%，實驗所使用字體為黑體字。實驗二之自變項為文字背景配置、環境光源、音樂有無、性別、學歷與學習背景等因子。六項因子的內容包含：

- (1) 文字背景配置：由實驗一的結果而得的較好的 A1(背景 0%黑，字體 100%黑)、A3(背景 0%黑，字體 85%黑)、B2(背景：15%黑，字體：85%黑)與較差的對比配色設計為 E1(背景 85%黑，字體 0%黑)、F3(背景 75%黑，字體 25%黑)、D3(背景 100%黑，字體 0%黑)。與色光三原色 R(紅 255)、G(綠 255)、B(藍 255)，以及模擬紙材質的 P 以及真實列印在紙張上的 RP 文字背景配置。
- (2) 環境光源：為亮、暗兩項，亮為 150Lux、暗為 10Lux。
- (3) 背景音樂：為有音樂與無音樂兩項，音樂採用莫札特 K441 鋼琴協奏曲。
- (4) 性別：為男女兩變項。
- (5) 學歷：為大學與研究所兩變項。
- (6) 學習背景：分為資訊科學、藝術設計、語文教育三科系最為變項分類。

3.6.2 因變項

因變項則有 EyeLink 2000 眼動儀提供的凝視時間、瞳孔大小、瞳孔大小變化幅度、眨眼率、眨眼時間，以及儀器提供的心跳、血氧濃度之生理訊號與情緒值等情感運算。另有疲勞主觀評量表、閃光融合閾值(CFF)和工作績效反應時間，下為每個變項名稱與說明：

- (1) 注意力腦波：受測者接受測試時，該變項時間內之 Attention 數值，該數值為 NeuroSky 裝置提供，範圍為 0-100。
- (2) 工作績效反應時間：本研究在實驗素材中加入了讓受測者尋找兩個特定

的中文字及英文字分別為”無”以及”X”(不分大小寫),並限制每個受測頁面給予 1 分鐘的限時,時間到了會強制跳出,受測者必須要在時間內找尋兩個字並使用手指去點擊 iPad 螢幕,程式會自動記錄反應時間,單位為秒。

- (3) 凝視時間:受測者接受測試時,每個視覺凝視點之停留時間,單位為 ms (微秒,千分之一秒)。
- (4) 情緒值:受測者接受測試時,該變項時間內正向情緒的數值,範圍為 0~2。
- (5) 瞳孔大小:受測者接受測試時,每個視覺凝視點之瞳孔大小,單位為 μm (微米)。
- (6) 瞳孔大小變化幅度:受測者接受測試時,每個凝視點之瞳孔大小與下一個凝視點之大小變化,單位為 μm (微米)。
- (7) 眨眼率:受測者接受測試時,該變項時間內眨眼數目除以凝視點。
- (8) 眨眼時間:受測者接受測試時,每個眨眼的時間長短,單位為 ms (微秒,千分之一秒)。
- (9) 心跳變異率(HRV):受測者接受測試時,該變項時間內之心跳頻率,亦為每分鐘心跳數。
- (10) 血氧濃度:受測者接受測試時,該變項時間內之血氧濃度(SPO2)的數值,單位為百分比,一般正常值約在 100%~97%。
- (11) 疲勞主觀評量表:受測者在接受測試後,填寫的問卷。該問卷是由 Heuer 在 1989 年發展一份視覺疲勞主觀評量表,包含六個題目,每個題目皆採用十點量表,詳情請見附錄四。
- (12) 閃光融合閾值(CFF):受測者在接受測試的前後,接受閃爍頻率的測試,前後測相減的臨界點為本文章參考的數值。

3.7 實驗流程

本研究依據鄭育菁(鄭育菁, 2006)與簡佑宏(簡佑宏, 2007)之研究實驗設計與的之實驗分為兩階段，第一個階段實驗一為 iPad 上最適當的文字背景配置，從 18 種文字背景配置裡選出最適當與最不適當各三種。實驗一開始實驗後，先向使用者說明本實驗中需要使用者配合的事情後與簽下接受實驗同意書，為使用者戴上 Neurosky 腦波測量儀後並作訊號檢查。待訊號穩定後，戴上開始眼動儀校正。進行 9 點校正完畢後，即開始實驗。在每項配置測試的時候，也一併做文字辨識績效的實驗，而每種配置中間有著 30 秒的黑畫面讓使用者眼睛休息的動作。實驗一完成後進行眼動與腦波的資料彙整分析，並依據本研究所探討的六項指標 (1)瞳孔大小、(2)平均瞳孔大小改變量、(3)眨眼率、(4)注意力、(5)文字辨識績效、(6)凝視時間，選擇出在 iPad 上最適當與最不適當各三種的文字背景配置並加入後進行實驗二。實驗一流程圖如圖 3-13。

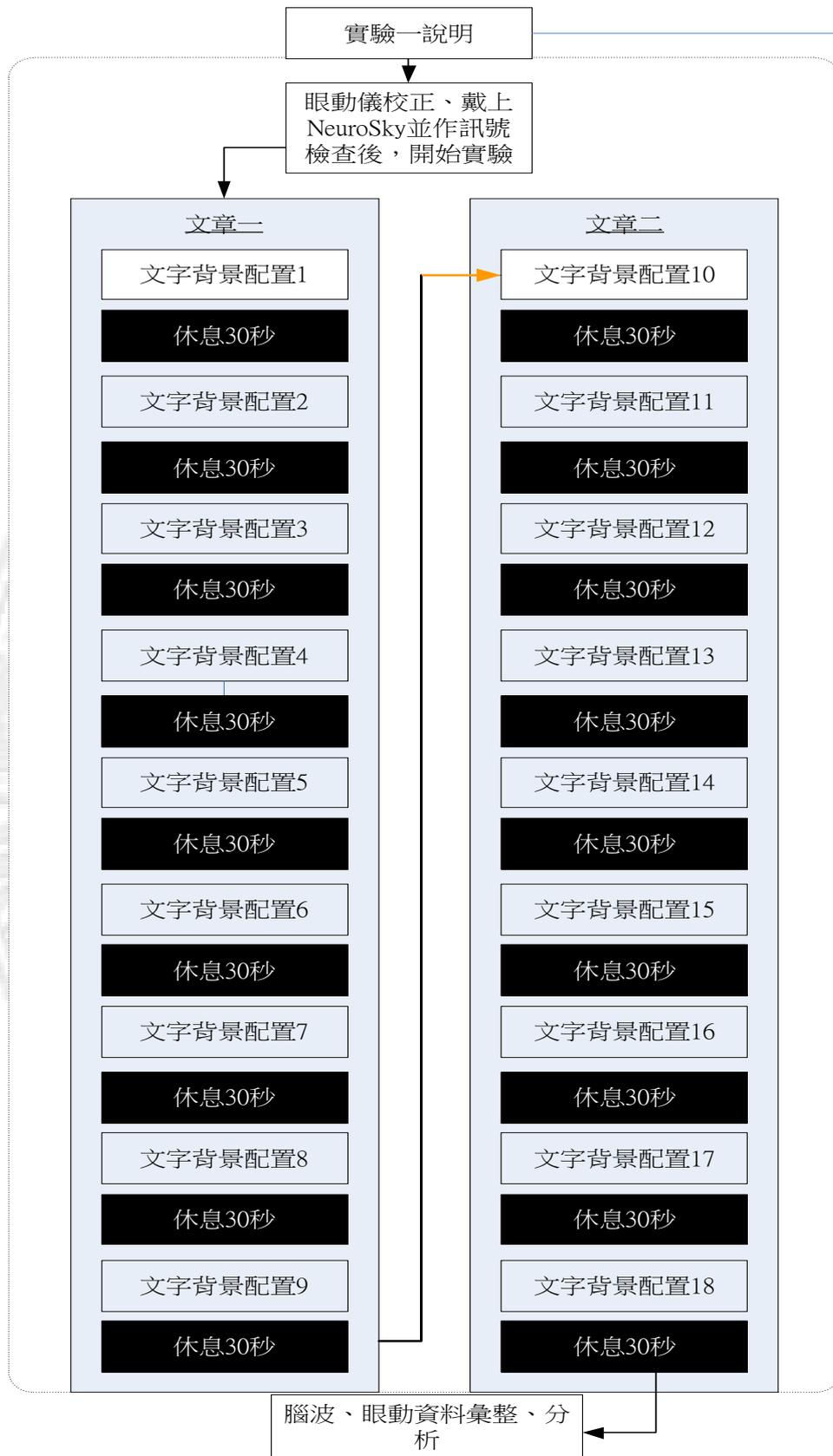


圖 3-13 實驗一流程圖

實驗二開始實驗後，向使用者說明本實驗中需要使用者配合的事情後與簽下接受實驗同意書，為使用者戴上 Neurosky 腦波測量儀、心跳血氧濃度儀與 emWave 後並作訊號檢查，待訊號穩定後，戴上開始眼動儀校正也進行校正。校正完畢後進行實驗二，每個文字背景配置前、後均做閃光融合閾值(CFF)測試，實驗中按照給予的任務後得工作績效反應時間並做疲勞主觀評量表。每個文字背景配置後均有 30 秒休息時間。並依據實驗二所探討之指標：(1)瞳孔大小、(2)瞳孔大小變化幅度、(3)眨眼率、(4)眨眼時間、(5)注意力腦波、(6)心率變異度、(7)血氧濃度、(8)情緒值、(9)疲勞主觀評量表、(10)閃光融合閾值 CFF、(11)工作績效反應時間，實驗結束後，彙整腦波與眼動資料進行數值的分析與比對以供結論的撰寫。實驗二流程如圖 3-14。

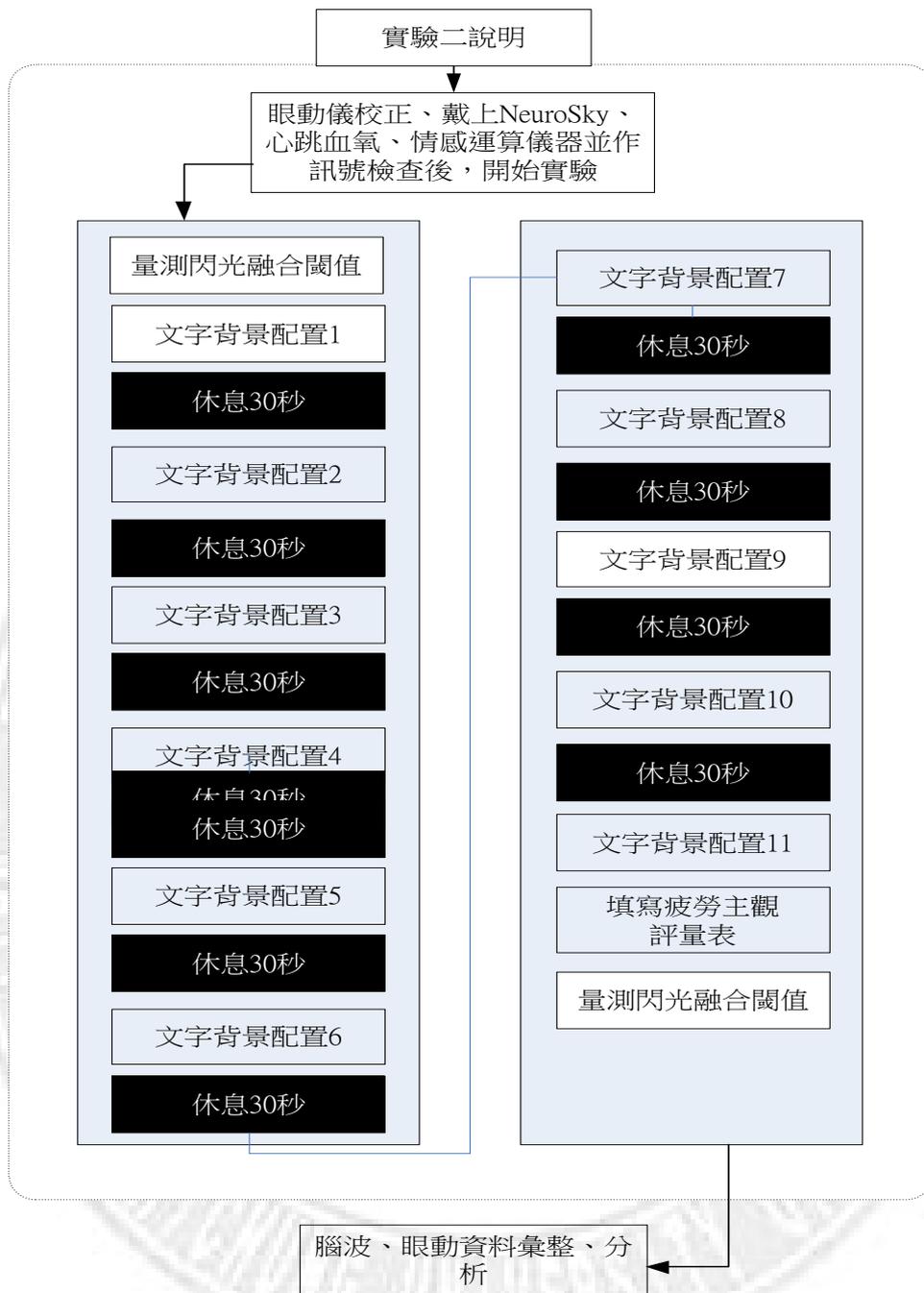


圖 3-14 實驗二流程圖

第四章、資料分析與探討

本研究實驗一所得之結果已發表於聯大學報上(吳智鴻 et al., 2012)，所得之三種最佳的對比配置設計為 A1(背景 0%黑，字體 100%黑)、A3(背景 0%黑，字體 85%黑)、B2(背景：15%黑，字體：85%黑)，較差的對比配色設計為 E1(背景 85%黑，字體 0%黑)、F3(背景 75%黑，字體 25%黑)、D3(背景 100%黑，字體 0%黑)。並加入了色光三原色 R(紅 255)、G(綠 255)、B(藍 255)，以及模擬紙材質的 P 以及真實列印在紙張上的 RP 文字背景配置。

本章節將實驗二過後從儀器所得的眼動、腦波、心率變異度(HRV)、血氧、情緒值數據做分析後探討，並分為五個小章節：4.1 資料整理合併方法、4.2 資料統計與分析、4.3 不同文字背景配置對注意力與疲勞程度的影響、4.4 不同自變項的對注意力與疲勞程度的影響、4.5 研究假設之結果、4.6 討論。其中 4.3 章節分為：4.3.1 文字背景對注意力的影響、4.3.2 文字背景配置對疲勞程度指標的影響、4.3.3 不同文字背景配置綜合圖表三小章節。4.4 章節分為：4.4.1 背景音樂對注意力的影響、4.4.2 背景音樂對疲勞程度的影響、4.4.3 環境亮度對於注意力的影響、4.4.4 環境亮度對於疲勞程度的影響、4.4.5 性別對於注意力的影響、4.4.6 性別對於疲勞程度的影響、4.4.7 學歷對於注意力的影響、4.4.8 學歷對於疲勞程度的影響、4.4.9 學習背景對注意力的影響、4.4.10 學習背景對注意力的影響等十小章節。

4.1 資料整理與合併方法

為了整合各個數值跟受測時間以及算出瞳孔大小變化幅度，本研究使用 Microsoft Access、Excel 當成資料對齊與資料運算轉換的工具，本文章也將資料對齊的方法寫出供後續研究者使用。

因本研究之實驗以時間序列為分界，故需要將每一位受測者何時接受哪種文字背景配置，如圖 4-1 左處的實驗時間序列(time_text)、文字背景配置編號(bg_type)，以及整理好的眨眼數據檔案，如圖 4-1 右處，並開啟 Microsoft Access，開啟一空

白資料庫，匯入整理過後的 Excel 檔，並在資料庫關聯圖中連結兩個資料 Excel 檔案中 time_text 亦即為受測者接受實驗之相對時間，如圖 4-2。連結完成後，開啟查詢精靈選擇檔案表單內需要使用到的資料，例如：瞳孔大小、眨眼時間長短。輸出檔案之後，即可使用分析軟體做分析。本研究也將詳細的操作過程錄製成 e 化教學檔案，並放置在本研究之教學網路(眼動儀資料整理教學網站, 2012)上。

1	time_text	bg_type	bg_type_nm
2	00:00		
3	00:01		
4	00:02		
5	00:03		
6	00:04		
7	00:05		
8	00:06		
9	00:07		
10	00:08		
11	00:09		
12	00:10		
13	00:11		
14	00:12		
15	00:13		
16	00:14	b	7
17	00:15	b	7
18	00:16	b	7

1	BLINK_DURATION	BLINK_END	BLINK_INDEX	BLINK_START	time	time_text	blink
2	140	144	1	6	0.006	00:00	1
3	122	420	2	300	0.3	00:00	1
4	168	812	3	646	0.646	00:01	1
5	178	1154	4	978	0.978	00:01	1
6	5854	7048	5	1196	1.196	00:01	1
7	106	7262	6	7158	7.158	00:07	1
8	214	8386	7	8174	8.174	00:08	1
9	988	10562	8	9576	9.576	00:10	1
10	118	10788	9	10672	10.672	00:11	1
11	130	11290	10	11162	11.162	00:11	1
12	150	11712	11	11564	11.564	00:12	1
13	100	13084	12	12986	12.986	00:13	1
14	260	13582	13	13324	13.324	00:13	1
15	88	17372	15	17286	17.286	00:17	1
16	74	18072	16	18000	18	00:18	1
17	108	18262	17	18156	18.156	00:18	1
18	104	18520	18	18418	18.418	00:18	1

圖 4-1 文字背景配置時間序列

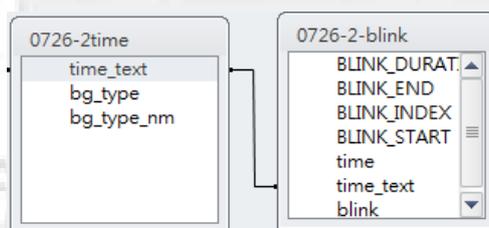


圖 4-2 資料庫關聯連結圖

4.2 資料統計與分析

本研究分析方法採用單因子變異數分析，並採用 LSD 進行事後多重比較檢定，自變項則新加入了性別、學歷與學習背景後共有 11 種背景配色、2 種性別、音樂的有無、環境的明暗、學歷與學習背景。

4.3 不同文字背景配置對注意力與疲勞程度的影響

本研究設定 11 種背景字體配置設定，分別為 A1(字體 100%黑，背景 0%黑)、A2(字體 75%黑，背景 0%黑)、A3(字體 75%黑，背景 15%黑)、B1(字體 0%黑，背景 75%黑)、B2(字體 25%黑，背景 75%黑)、B3(字體 25%黑，背景 100%黑)、R(字體 0%黑，背景 100%紅)、G(字體 100%黑，背景 100%綠)、B(字體 100%黑，背景 100%藍)、P(字體 100%黑，背景為模擬紙張效果)、RP(字體 100%黑，背景為真實紙張)，實驗使用 EyeLink2000 與血氧與心率變異度(HRV)、emWave 儀器獲得的數據，以及疲勞主觀評量表、閃光融合閾值(CFF)和工作績效反應時間。

4.3.1 文字背景對注意力的影響

假設檢定 H1: 不同文字背景配置對注意力的影響

在本研究之注意力指標中，採用四項數值，分別為注意力腦波、工作績效反應時間、凝視時間、情緒值。在表 4-3 中，在注意力腦波方面，為 A1(字體 100%黑，背景 0%黑)最高(50.30)，而 G(字體 100%黑，背景 100%綠)為最低(45.59)，並且有顯著效果($F=12.630, p<0.001$)，一定程度代表使用文字背景配置的不同影響注意力腦波。在注意力腦波的提升方面，A1 配置為佳，G 配置較差。

在不同配色的工作績效反應時間上，A1(字體 100%黑，背景 0%黑)的工作績效是最快的(64.44)，最慢的是 B1(字體 0%黑，背景 75%黑)的配色(89.38)，並有顯著效果 ($F=1.906, p<0.05$)。以上項目數據如表 4-3 所示。

表 4-3 不同文字背景配置對注意力腦波、工作績效反應時間的影響

配色設定	注意力腦波($n = 32$)		工作績效反應時間($n = 32$)	
	平均數	(標準差)	平均數	(標準差)
A1	50.30	(21.36)	64.44	(32.44)
A2	46.72	(19.20)	84.03	(30.13)
A3	46.94	(21.18)	74.78	(27.62)
B1	46.14	(22.73)	89.38	(31.48)
B2	48.52	(21.30)	81.72	(34.30)
B3	48.91	(20.19)	87.97	(28.43)
B	47.10	(22.29)	82.31	(34.03)
R	50.41	(23.80)	74.50	(32.44)
G	45.59	(20.37)	74.28	(33.21)
P	48.13	(18.62)	70.16	(34.15)
RP	45.80	(21.89)	69.59	(30.29)
顯著性(F 值)	12.630***		1.906*	

*表示 $p < 0.05$ ，**表示 $p < 0.01$ ，***表示 $p < 0.001$

在凝視時間上，是採用每個配色設定受測時間內凝視點的平均時間，單位為微秒(ms)。實驗後發現 B3(字體 25%黑，背景 100%黑)平均的凝視時間最短(205.412ms)，P(字體 100%黑，背景為模擬紙張效果)的凝視時間最長(281.90ms)並且有顯著效果($F=18.771, p < 0.001$)，凝視時間通常被使用在評斷學習時注意力的高低(Ozcelik et al., 2010; Ozcelik et al., 2009b)。因此可以知道 P 配置的注意力相對較高，B3 注意力則相對較低。以上項目數據如表 4-4 所示。

情緒值是在情感運算上是由 emWave 裝置所提供的數值，數值範圍為 0~2，數值越大代表受測者在當下的情緒相對的正向。在表 4-4 可以看到 A1(字體 100%黑，背景 0%黑)平均的情緒值數值最高(0.54)，而 P(字體 100%黑，背景為模擬紙張效果)的情緒值數值最低(0.33)，這代表在 A1 的配色讓受測者有較正向的情緒，P 配色則較低，並且有顯著效果($F=17.981, p < 0.001$)。

表 4-4 不同文字背景配置對凝視時間、正向情緒數值的影響

配色設定	凝視時間($n = 32$)		正向情緒數值($n = 32$)	
	平均數	(標準差)	平均數	(標準差)
A1	253.4	(249.38)	0.54	(0.76)
A2	266.59	(204.47)	0.42	(0.70)
A3	266.24	(317.23)	0.48	(0.73)
B1	241.48	(211.14)	0.37	(0.68)
B2	265.86	(293.21)	0.43	(0.70)
B3	237.47	(205.41)	0.37	(0.68)
B	251.22	(222.85)	0.46	(0.73)
R	257.74	(264.18)	0.53	(0.79)
G	262.35	(202.74)	0.46	(0.71)
P	281.9	(279.74)	0.33	(0.65)
RP	264.36	(230.90)	0.37	(0.68)
顯著性(F 值)	18.77***		17.981***	

*表示 $p < 0.05$, **表示 $p < 0.01$, ***表示 $p < 0.001$

4.3.2 文字背景配置對疲勞程度指標的影響

假設檢定 H2: 不同文字背景配置對視覺疲勞的影響

在疲勞程度指標數據上有瞳孔大小、瞳孔大小變化幅度、眨眼率、眨眼時間、心律變異度(HRV)、血氧濃度、疲勞主觀評量表與閃光融合閾值(CFF)，下面將依上述數值順序說明。

在瞳孔大小上，是採用配色設定受測時間內每個凝視點的瞳孔大小，單位為 μm (微米)。實驗後發現 A2(字體 75%黑，背景 0%黑)平均瞳孔大小最小(721.76 μm)，RP(字體 100%黑，背景為真實紙張)最大(1062.61 μm)，並且具有顯著效果 ($F=364.548, p < 0.001$)。在此項的比較上依據之前相關的研究(Ishihara et al., 1987; Saito et al., 1993; 鄭育菁, 2006)，A2 是比較不容易讓人感覺到疲勞的配色，而 RP 真實紙張的文字背景配置可能較易讓人引起視覺性的疲勞。

在瞳孔大小變化幅度上，是在受測時間內每個凝視點跟下一個凝視點相減而得的數值，單位也是 μm (微米)。實驗後發現 P(字體 100%黑，背景為模擬紙張效果)平均變化幅度最小(74.14 μm)，而 RP(字體 100%黑，背景為真實紙張)為最大(111.98 μm)，並有顯著效果($F=22.504, p<0.001$)。在此項的比較上，過去的研究指出瞳孔的運動太大、頻繁是引起疲勞的主因(Edward et al., 1991; 陳翊翔, 2007)，因此 P 配置是 11 種文字背景配置表現最好的，而 B2 則是會讓受測者的瞳孔變化較大，也較容易使受測者疲勞。以上各因變數項目數據如下表 4-5 所示。

表 4-5 不同文字背景配置對瞳孔大小與瞳孔大小變化幅度的影響

配色設定	瞳孔大小 ($n = 32$)		瞳孔大小變化幅度 ($n = 32$)	
	平均數	(標準差)	平均數	(標準差)
A1	736.38	(439.38)	78.21	(173.58)
A2	721.76	(413.88)	76.88	(181.62)
A3	802.83	(463.10)	84.81	(195.96)
B1	893.04	(492.31)	92.69	(231.95)
B2	964.17	(547.35)	108.97	(248.93)
B3	992.61	(554.93)	100.77	(250.77)
B	853.03	(502.81)	82.85	(176.22)
R	794.14	(486.79)	92.36	(232.79)
G	782.90	(499.57)	90.96	(213.37)
P	709.80	(420.92)	74.14	(169.75)
RP	1062.61	(681.76)	111.98	(292.41)
顯著性(F 值)	364.54***		22.50***	

*表示 $p<0.05$ ，**表示 $p<0.01$ ，***表示 $p<0.001$

依據過去的研究中，在閱讀中眨眼的行為與疲勞程度有一定程度的相關，因此本研究納入了眨眼率與眨眼時間長短來測量疲勞的程度。在眨眼率上是受測者接受實驗時，該變項時間內眨眼數目除以凝視點。實驗後發現眨眼率最高的是 A1(字體 100%黑，背景 0%黑)為 24.13，最低的是 P(字體 100%黑，背景為模擬紙

張效果)為 18.47，但是並無顯著效果($F=0.224, p>0.05$)。說明了不同背景配色間，凝視點除以眨眼次數所得之眨眼率並無差別。

在眨眼時間的長短上，是採用配色設定受測時間內眨眼的時間，單位為 ms (微秒，千分之一秒)。實驗後發現 A3(字體 75%黑，背景 15%黑)平均眨眼時間最短(170.764ms)，B1(字體 0%黑，背景 75%黑)平均眨眼時間最長(190.457ms)，且在眨眼時間此變項上有顯著效果($F=1.906, p<0.05$)。由此可知 A3 比較不容易讓使用者有視覺疲勞反應，而 B1 則是相對的較易引起疲勞。以上各因變數項目數據如下表 4-6 所示。

表 4-6 不同文字背景配置對眨眼率與眨眼時間的影響

配色設定	眨眼率($n = 32$)		眨眼時間($n = 32$)	
	平均數	(標準差)	平均數	(標準差)
A1	0.12	(0.11)	177.53	(120.64)
A2	0.11	(0.09)	178.02	(127.24)
A3	0.10	(0.08)	170.76	(136.03)
B1	0.10	(0.10)	198.51	(121.81)
B2	0.10	(0.10)	190.94	(119.44)
B3	0.10	(0.09)	182.05	(113.06)
B	0.10	(0.10)	185.78	(154.83)
R	0.12	(0.10)	190.46	(152.08)
G	0.09	(0.08)	175.53	(131.50)
P	0.10	(0.10)	172.86	(123.40)
RP	0.13	(0.13)	185.72	(142.77)
顯著性(F 值)	0.376		1.906*	

*表示 $p<0.05$ ，**表示 $p<0.01$ ，***表示 $p<0.001$

在心率變異度的數據上，本研究採用心跳血氧儀器提供的數據，包含心率變異度、血氧濃度，下面將依上述數值順序說明。

在心率變異度的數據上，在背景配色的項目中 B(字體 0%黑，背景 100%藍)

的心率變異度平均是最高的(0.72)，G(字體 100%黑，背景 100%綠)為最低(0.61)，並且有顯著效果($F=2.75, p<0.05$)。這一定程度代表受測者接受到 B 配色的實驗素材時心跳變化較大，G 配色則較低。

在血氧濃度的數據上，B(字體 100%黑，背景 100%藍)平均的血氧濃度數據為最高(97.54)，B3(字體 25%黑，背景 100%黑)平均最低(97.25)，並且有顯著效果($F=4.16, p<0.001$)。血氧濃度一定程度代表著疲勞的程度，由此可知 B3 配色則容易讓受測者疲勞而 B 配色較不容易。以上各因變數項目數據如下表 4-7 所示。

表 4-7 不同文字背景配置對心率變異度(HRV)、血氧濃度的影響

配色設定	心率變異度(HRV) (n = 32)		血氧濃度 (n = 32)	
	平均數	(標準差)	平均數	(標準差)
A1	0.7	(1.12)	97.27	(0.95)
A2	0.61	(0.97)	97.36	(0.88)
A3	0.62	(0.98)	97.32	(0.91)
B1	0.63	(1.00)	97.49	(0.92)
B2	0.69	(1.06)	97.36	(0.91)
B3	0.71	(1.14)	97.25	(1.02)
B	0.72	(1.17)	97.54	(0.87)
R	0.7	(0.95)	97.40	(1.04)
G	0.61	(0.98)	97.29	(0.96)
P	0.69	(1.26)	97.33	(0.92)
RP	0.69	(1.14)	97.37	(0.84)
顯著性(F 值)	2.75***		4.16***	

*表示 $p<0.05$ ，**表示 $p<0.01$ ，***表示 $p<0.001$

本研究結合了儀器以及主觀的問卷，本研究採用 Heuer 在 1989 年發展一份視覺疲勞主觀評量表(Herbert et al., 1989)，包含六個題目，每個題目皆採用十點量表。題目包含 1.我看東西有困難、2.我眼睛周圍有奇怪的感覺、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。詳見附錄四。

經過統計分析後發現 A1(字體 100%黑，背景 0%黑)配色在受測者的主觀評量為最低(3.04)，而 R(字體 0%黑，背景 100%紅)為最高(4.39)，這一定程度的代表 A1 在受測者的主觀上感覺讓受測者眼睛比較不疲勞，而 R 配色容易讓眼睛不舒服以及容易疲勞，並且有顯著效果($F=1.90, p<0.05$)。以上項目數據如表 4-8 所示。

本研究也加入了閃光融合閾值(CFF)來輔佐視覺疲勞的探討，分為前測跟後測，接受實驗素材中每個配色設定的測試前先做一次測定，接受完每個配色設定後再做一次測定，相減後的數值如果越大，則代表該配色越容易讓使用者疲勞。

在表 4-8 可以發現閃光融合閾值(CFF)下降幅度最低的是 A1(字體 100%黑，背景 0%黑)為 0.06，最高的是 B(字體 100%黑，背景 100%藍)和 G(字體 100%黑，背景 100%藍)為 0.69，並有顯著效果 ($F=3.17, p<0.05$)。這一定程度的代表 A1 較不易引起疲勞，而 B、G 兩種配色設定較易引起疲勞的反應。

表 4-8 不同文字背景配置對疲勞主觀評量表與閃光融合閾值(CFF)的影響

配色設定	疲勞主觀評量表 (n = 32)		閃光融合閾值(CFF) (n = 32)	
	平均數	(標準差)	平均數	(標準差)
A1	3.04	(1.63)	0.06	(0.91)
A2	3.52	(1.85)	0.22	(0.83)
A3	3.54	(2.01)	0.16	(0.57)
B1	4.04	(2.11)	0.66	(0.78)
B2	3.07	(1.58)	0.66	(0.90)
B3	3.78	(2.22)	0.63	(0.87)
B	4.23	(2.26)	0.69	(0.69)
R	4.39	(2.00)	0.28	(1.08)
G	4.05	(2.49)	0.69	(0.93)
P	3.19	(2.08)	0.19	(0.53)
RP	3.11	(1.82)	0.22	(0.55)
顯著性(F 值)	1.90*		3.17*	

*表示 $p<0.05$ ，**表示 $p<0.01$ ，***表示 $p<0.001$

4.3.3 不同文字背景配置綜合圖表

表 4-9 為 11 種文字背景配置中有顯著效果的排名，以凝視時間、瞳孔大小、瞳孔大小變化幅度、眨眼時間、注意力、HRV、血氧濃度、情緒值、疲勞主觀評量表、閃光融合閾值(CFF)、工作績效反應時間，依據文獻研究其數值高低好壞為其標上分數，將每個變數相對最好的配色標上 11 分，最差的標上 1 分，如有相同的數值，則分數一樣。

表 4-9 文字背景配置中有顯著效果的得分表

配色設定	凝視時間分數	瞳孔大小分數	瞳孔大小變化幅度分數	眨眼時間分數	注意力腦波分數	血氧濃度分數	情緒值分數	主觀分數	CFF 分數	工作績效反應時間分數	HRV 分數
A1	4	9	9	8	2	2	11	11	11	11	4
A2	10	10	10	7	8	6	5	7	7	3	10
A3	9	6	7	11	7	4	9	6	10	6	9
B1	2	4	4	1	9	10	4	4	3	1	8
B2	8	3	2	2	4	7	6	10	4	5	7
B3	1	2	3	6	3	1	2	5	5	2	2
B	3	5	8	4	6	11	8	2	1	4	1
R	5	7	5	3	1	9	10	1	6	7	3
G	6	8	6	9	11	3	7	3	2	8	11
P	11	11	11	10	5	5	1	8	9	9	6
RP	7	1	1	5	10	8	3	9	8	10	5

見圖 4-3 各文字背景配置之注意力指標分數直條圖可以發現，在注意力指標上，發現注意力較高幾乎為正極字體(白底黑字)，而負極字體(黑底白字)則都略遜於正極字體(白底黑字)，而在色光三原色中，綠色(G)優於紅色(R)，紅色(R)優

於藍色(B)，這與過去的研究有些相似(Luria et al., 1989)，只是過去的也是文字顏色研究，而非背景顏色配置研究。此外，在 iPad 上模擬紙材質的背景與真實列印成紙的比較上，本研究發現在真實的紙張比起 iPad 上模擬紙材質的背景的效果，在注意力指標上來的還要好。

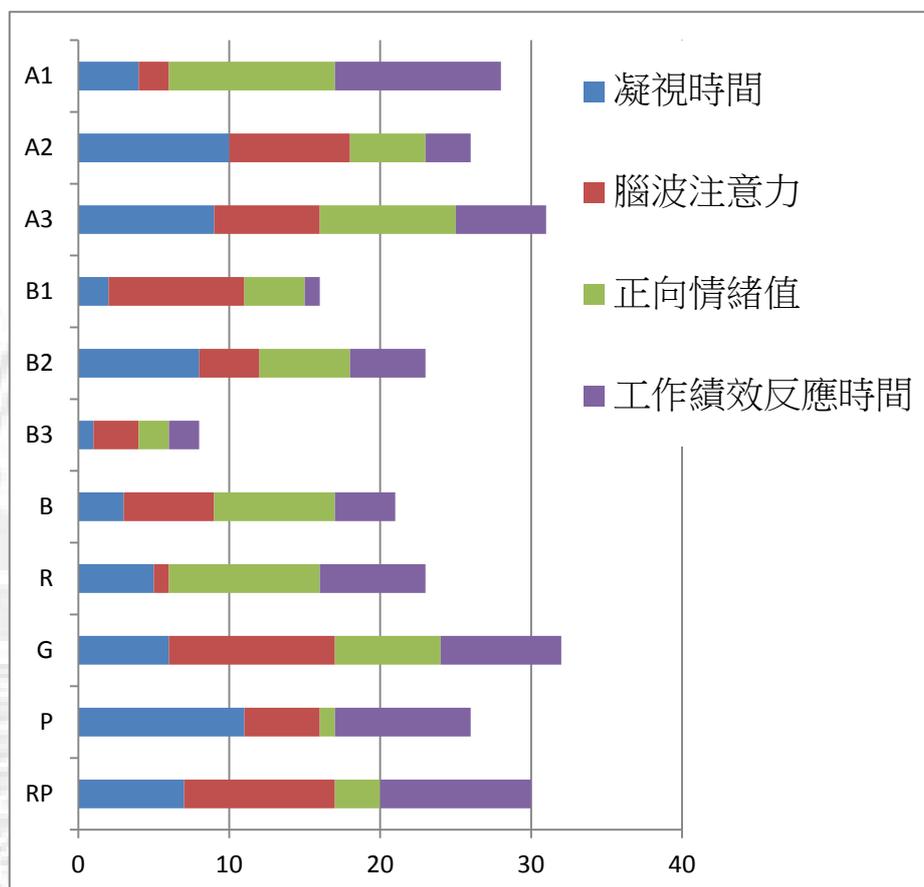


圖 4-3 各文字背景配置之注意力指標分數直條圖

見圖 4-4 各文字背景配置之疲勞指標分數直條圖可以發現，在疲勞指標上，發現較不易引起疲勞的幾乎為正極字體(白底黑字)，而負極字體(黑底白字)則占據了較易引起疲勞的範圍，這也跟過去的研究相似(Bruce et al., 1982; Mahnke et al., 1987; Snyder, 1988)，因此可以確定在 iPad 之類的電子發光媒材上，需要閱讀的教材比較建議使用淺底深字對比的配色去製作。在色光 RGB 三原色的比較上，為綠色(G)優於紅色(R)，紅色(R)優於藍色(B)，這與過去的研究有些相似，雖然過去的研究是著重在字體的顏色上(Matthews, 1987; Toronto, 1988)。由此可知，在數位

教材製作上，也許可以多使用綠色色光(G)來減低閱讀或學習時的疲勞程度。另外在 iPad 上模擬紙材質的背景與真實列印成紙的比較上，本研究發現在 iPad 上模擬紙材質的背景的效果，比起真實的紙張在疲勞程度的指標上來的還要好。

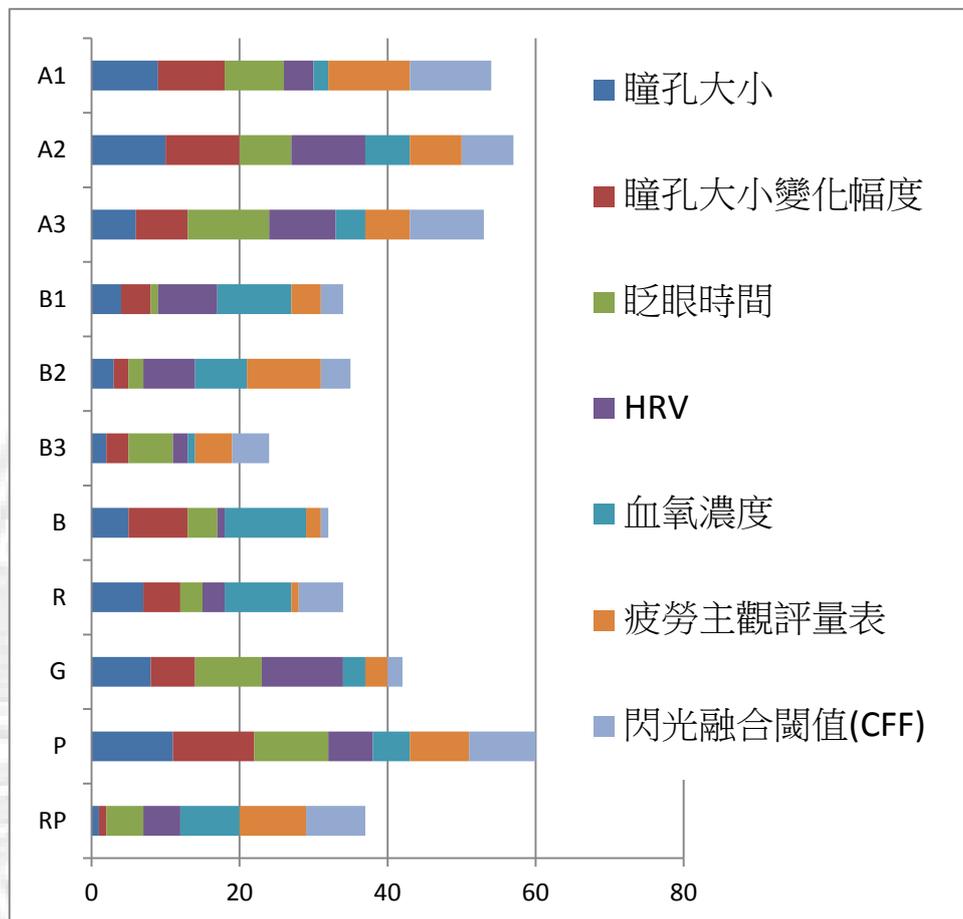


圖 4-4 各文字背景配置之疲勞指標分數直條圖

在本研究所有有顯著效果之因變項指標中，不分是注意力指標或是疲勞指標，所有 11 種的文字背景配置中，最佳的配置是在 iPad 上模擬紙材質的 P(字體 100% 黑，背景為模擬紙張效果)，相對較差的為 B3(字體 25%黑，背景 100%黑)。若以明暗對比度來說，雖然 B3 的明暗對比度(75%)與 A2、B1 一樣，但還是有顯著的差異。唯獨背景只有 B3 為 100%黑。由此可知，在數位媒材的設計上儘量避免全黑的背景設計文字供閱讀。而在色光三原色方面，依舊是綠色(G)優於紅色(R)，紅色(R)優於藍色(B)，由此可知，在教材的設計上，可以多多使用綠色光源方面

的背景組合配置。而在模擬紙張效果與真實紙張列印的比較上為在 iPad 上模擬紙材質的配置，優於真實紙張，連沒有模擬的紙張材質的 A1、A2、A3 也是優於真實紙張的配置，這與過去的紙本與平板電腦研究不太相同(唐硯漁, 2010)。可能跟測驗時間長短或是測驗內容有關，也有可能因科技改進顯示技術、大多數使用者的眼睛已經習慣在數位媒體上工作有關，則待需進一步探討。

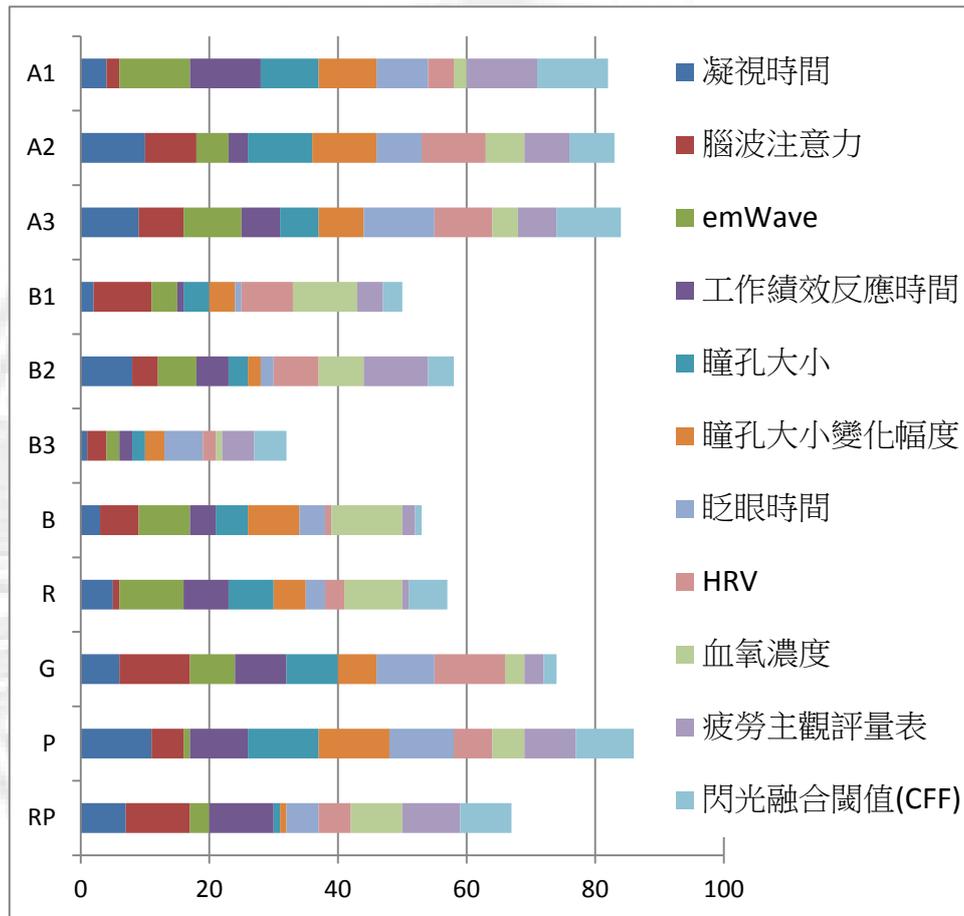


圖 4-5 各文字背景配置之疲勞與注意力指標分數直條圖

4.4 不同自變相的對注意力與疲勞程度的影響

在本研究上設定了環境亮度、背景音樂以及性別、學歷、學習背景等自變項，來探討對疲勞及注意力的影響。在環境亮度上分為開燈跟關燈，亮度分別為10Lux(關燈)、150Lux(開燈)，背景音樂則分為無背景音樂跟採用莫札特 K441 雙鋼琴協奏曲的音樂，性別分為男女二種、學歷分為大學部與研究所、學習背景分為資訊科學、藝術設計、語文教育等三類組。

4.4.1 背景音樂對注意力的影響

假設檢定 H3: 背景音樂有無對注意力的影響

本研究也一併探討學習時的背景音樂對於受測者在接受實驗是否有影響，在背景音樂的選擇上本研究選擇了鋼琴配樂，採用了莫札特 K441 雙鋼琴協奏曲，而另一個則是無背景音樂。在表 4-10 可以發現背景音樂對於注意力指標中的凝視時間與注意力腦波呈現顯著影響。

4.4.2 背景音樂對疲勞程度的影響

假設檢定 H4: 背景音樂有無對視覺疲勞的影響

在背景音樂對於疲勞程度變項上的影響，可以發現不論瞳孔大小、瞳孔大小變化幅度、眨眼時間、心率變異度(HRV)、血氧濃度指標上，有背景音樂皆優於無背景音樂。由此可知，不論在數位教材或是紙本的閱讀或學習上，有背景音樂較可以讓使用者更容易集中注意力以及不意疲勞的特性。不過音樂種類眾多，由本研究以及過去結果顯示鋼琴為主的純演奏曲可能較為適合(吳智鴻 et al., 2010)。有人聲或是其他種音樂是否會對閱讀或是學習時造成影響則待後續研究探討。

表 4-10 不同背景音樂對注意力與疲勞程度的影響

因變數名稱	背景音樂(無)		背景音樂(鋼琴)		顯著性(F 值)
	(n = 16)		(n = 16)		
	平均數	(標準差)	平均數	(標準差)	
注意力					
注意力腦波	48.05	(21.73)	47.20	(20.93)	8.50**
工作績效反應時間	74.08	(31.83)	80.63	(32.36)	3.64
凝視時間	229.69	(253.42)	283.77	(236.30)	935.86***
情緒值	0.43	(0.70)	0.44	(0.72)	0.92
疲勞程度					
瞳孔大小	929.59	(562.21)	773.08	(457.75)	1804.00***
瞳孔大小變化幅度	97.38	(254.36)	84.02	(179.59)	71.81***
眨眼率	0.11	(0.09)	0.10	(0.11)	0.89
眨眼時間	192.5	(144.41)	171.09	(118.18)	34.52***
心率變異度(HRV)	0.79	(1.27)	0.55	(0.85)	248.34***
血氧濃度	97.41	(0.61)	97.17	(1.16)	268.60***
疲勞主觀評量表	3.41	(2.00)	3.82	(2.07)	3.52
閃光融合閾值(CFF)	0.37	(0.75)	0.43	(0.89)	0.51

*表示 $p < 0.05$ ，**表示 $p < 0.01$ ，***表示 $p < 0.001$

4.4.3 環境亮度對於注意力的影響

假設檢定 H5: 環境亮度有無對注意力的影響

本研究也一併探討環境亮度對於受測者在接受實驗是否有影響，變項分為開燈跟關燈，亮度分別為 10Lux(關燈)、150Lux(開燈)。在表 4-11 可以發現環境亮度對於注意力指標中的凝視時間、注意力腦波兩項有顯著影響，且皆為環境亮度為亮的時候注意力較高。

4.4.4 環境亮度對於疲勞程度的影響

假設檢定 H6: 環境亮度有無對疲勞程度的影響

環境亮度對於疲勞程度指標中的瞳孔大小、瞳孔大小變化幅度、眨眼率、、心率變異度與血氧濃度以及閃光融合閾值(CFF)上都呈現顯著影響。

在有顯著效果的因子上由表 4-11 可以發現亮的環境亮度在疲勞指標中的瞳孔大小、瞳孔大小變化幅度、眨眼率、心率變異度(HRV)、血氧濃度、閃光融合閾值(CFF)也是亮的環境亮度優於暗的環境亮度。這與本研究的先前研究不一樣(吳智鴻 et al., 2012)，雖然參照的指標與過去呈現的指標有相同(工作績效反應時間)，但本研究在工作績效反應時間此項上並無顯著效果，二來本研究樣本人數較多，較具公信力。

由此結果可知，不論在數位教材、紙本教材閱讀或學習時，良好的光源與亮度是重要的一項，至於怎樣的閱讀環境該有怎樣的環境亮度，則待後續的研究與探討。

表 4-11 不同環境亮度對對注意力與疲勞程度的影響

因變數名稱	環境亮度(暗)		環境亮度(亮)		顯著性(F 值)
	平均數	(標準差)	平均數	(標準差)	
注意力					
注意力腦波	47.2	(21.73)	48.50	(20.93)	8.50*
工作績效反應時間	77.29	(32.41)	77.77	(32.17)	0.01
凝視時間	247.44	(220.28)	270.56	(271.65)	169.24***
情緒值	0.43	(0.74)	0.42	(0.69)	0.10
疲勞程度					
瞳孔大小	852.83	(497.04)	839.99	(535.69)	11.86*
瞳孔大小變化幅度	134.25	(285.76)	40.65	(66.40)	3689.63***
眨眼率	0.13	(0.12)	0.08	(0.07)	20.51***
眨眼時間	179.36	(136.07)	185.68	(130.04)	3.00
心率變異度(HRV)	0.70	(1.02)	0.65	(1.09)	20.66***
血氧濃度	97.44	(0.85)	97.17	(1.02)	406.89***
疲勞主觀評量表	3.73	(2.09)	3.55	(2.02)	0.70
閃光融合閾值(CFF)	0.52	(0.83)	0.31	(0.82)	5.40*

*表示 $p < 0.05$ ，**表示 $p < 0.01$ ，***表示 $p < 0.001$

4.4.5 性別對於注意力的影響

假設檢定 H7: 性別對注意力的影響

本研究額外探討受測者的性別對接受實驗是否有影響，分為男、女兩個變項。因過去研究指出性別可能會對腦波有影響，本研究的先導研究也發現性別此變項確實會對腦波有影響(吳智鴻 et al., 2012)，所以加入了性別變項的影響。在表 4-12 可以發現性別此變項對於注意力指標中的注意力腦波、凝視時間以及情緒值會有顯著性影響。在有顯著效果的因變項上，注意力指標中的凝視時間、注意力腦波、情緒值，皆為男性優於女性。

4.4.6 性別對於疲勞程度的影響

假設檢定 H8: 性別對疲勞程度的影響

在表 4-12 可以發現性別對於疲勞程度指標的瞳孔大小、瞳孔大小變化幅度、心率變異度(HRV)與血氧濃度皆有顯著效果。在疲勞指標中的眨眼率與眨眼時間上為男性優於女性，另外瞳孔大小、瞳孔大小變化幅度、心率變異度(HRV)、血氧濃度皆為女性優於男性，由此可知，女性在閱讀與學習時較不易產生疲勞的現象。對於指標中沒有呈現同一趨勢可能是男女生理狀況本就不同，則待後續研究探討。

表 4-12 性別對注意力與疲勞程度的影響

因變數名稱	性別(男) (<i>n</i> = 16)		性別(女) (<i>n</i> = 16)		顯著性(F 值)
	平均數	(標準差)	平均數	(標準差)	
注意力					
注意力腦波	45.71	(22.01)	49.60	(20.36)	183.92***
工作績效反應時間	74.95	(31.76)	80.16	(32.58)	2.30
凝視時間	284.79	(262.25)	30.61	(224.09)	942.04***
情緒值	0.45	(0.73)	0.41	(0.70)	14.94***
疲勞程度					
瞳孔大小	857.38	(590.55)	835.74	(422.97)	33.82***
瞳孔大小變化幅度	100.73	(251.77)	79.43	(175.57)	183.28***
眨眼率	0.09	(0.11)	0.12	(0.08)	10.02**
眨眼時間	174.41	(122.75)	187.58	(139.17)	12.41***
心率變異度(HRV)	0.73	(1.00)	0.60	(0.70)	67.20***
血氧濃度	96.87	(1.22)	97.70	(0.86)	4232.59***
疲勞主觀評量表	3.49	(1.82)	3.77	(2.25)	1.65
閃光融合閾值(CFF)	0.43	(0.81)	0.38	(0.85)	0.26

*表示 $p < 0.05$ ，**表示 $p < 0.01$ ，***表示 $p < 0.001$

4.4.7 學歷對於注意力的影響

假設檢定 H9: 學歷對注意力的影響

本研究也額外探討受測者的學歷對接受實驗是否有影響，分為大學部與研究所兩個變項。在表 4-13 可以發現學歷變項對於注意力指標的工作績效反應時間、凝視時間有顯著性影響，且皆為大學學歷優於研究所學歷的受測者。

4.4.8 學歷對於疲勞程度的影響

假設檢定 H10: 學歷對疲勞程度的影響

在表 4-13 可以發現瞳孔大小、瞳孔大小變化幅度、眨眼時間與疲勞主觀評量表皆有顯著效果。在具有顯著效果的變項上，在疲勞指標中瞳孔大小、瞳孔大小變化幅度、疲勞主觀評量表中皆為大學學歷優於研究所的使用者，僅有眨眼時間為研究所優於大學學歷者。

表 4-13 學歷對對注意力與疲勞程度的影響

因變數名稱	學歷(大學)		學歷(研究所)		顯著性(F 值)
	平均數	(標準差)	平均數	(標準差)	
注意力					
注意力腦波	46.51	(20.38)	49.07	(22.20)	1.44
工作績效反應時間	72.55	(33.25)	84	(29.77)	11.24**
凝視時間	266.42	(273.29)	251.19	(219.11)	73.34***
情緒值	0.43	(0.70)	0.44	(0.73)	0.43
疲勞程度					
瞳孔大小	709.49	(373.43)	966.94	(587.76)	5079.46***
瞳孔大小變化幅度	81.14	(179.66)	98.34	(246.63)	119.04***
眨眼率	0.10	(0.08)	0.12	(0.12)	3.31
眨眼時間	187.91	(139.92)	175.02	(123.00)	12.21***
心率變異度(HRV)	0.67	(1.12)	0.64	(0.99)	0.02
血氧濃度	97.35	(0.95)	97.19	(0.97)	1.67
疲勞主觀評量表	3.25	(2.03)	4.12	(1.98)	16.26***
閃光融合閾值(CFF)	0.39	(0.81)	0.42	(0.85)	0.13

*表示 $p < 0.05$ ，**表示 $p < 0.01$ ，***表示 $p < 0.001$

4.4.9 學習背景對注意力的影響

假設檢定 H11: 學習背景對注意力的影響

參照過去研究本研究也加入了學習背景探討受測者的學習背景對接受實驗是否有影響，過去研究僅分為設計類科系與科技類科系(唐硯漁, 2010)。不過因學校與系所不同，本研究將學習背景分為資訊科學學系所、藝術設計學系所、語文教育學系所與三個變項。在表 4-14 可以發現學習背景對於注意力指標的注意力腦波、凝視時間與情緒值有顯著性影響。

圖 4-6 為不同學習背景中注意力指標中有顯著效果的因變項的分數，依據過

去本研究文獻探討研究後將最優的學習背景變項給予 3 分，最低的給予 1 分。由圖 4-6 可見資訊科學的學習背景較其他藝術設計與語文教育在接受本研究之視覺刺激物注意力為高，藝術設計背景為次，語文教育為最後。本研究結果雖與過去研究類似，然而過去研究顯示紙本測試為科技科系優於設計類科系，電子媒材(平板電腦)則相反(唐硯漁, 2010)，這倒是與本研究不太相同，測試項目也不同。

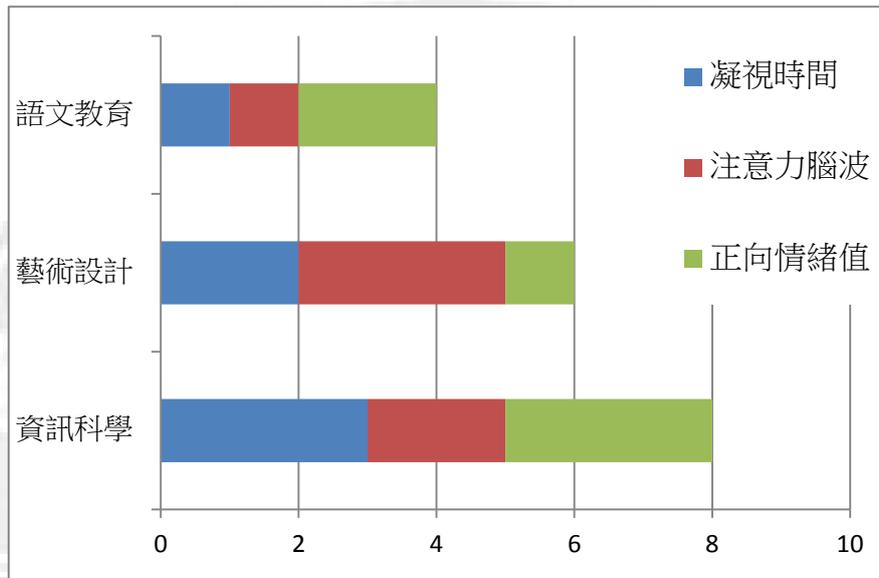


圖 4-6 不同學習背景顯著注意力指標中分數圖

4.4.10 學習背景對注意力的影響

假設檢定 H12: 學習背景對疲勞程度的影響

在表 4-14 可以發現學習背景對於疲勞程度的瞳孔大小、瞳孔大小變化幅度、眨眼率、心率變異度(HRV)與血氧濃度以及疲勞主觀評量表有顯著性影響。

表 4-14 學習背景對對注意力與疲勞程度的影響

因變數 名稱	資訊科學 (n = 6)		藝術設計 (n = 13)		語文教育 (n = 13)		顯著性 (F 值)
	平均數	(標準 差)	平均數	(標準差)	平均數	(標準差)	
注意力							
注意力腦波	47.83	(23.74)	48.4	(20.10)	46.82	(21.33)	12.47***
工作績效	82.82	(27.35)	79.53	(33.16)	73.16	(33.02)	2.49
反應時間							
凝視時間	306.97	(291.83)	272.72	(216.66)	260.06	(242.09)	11.28***
情緒值	0.46	(0.78)	0.40	(0.68)	0.45	(0.71)	11.60***
疲勞程度							
瞳孔大小	1329.38	(735.43)	681.71	(342.29)	743.07	(371.11)	75.79***
瞳孔大小 變化幅度	63.37	(347.40)	31.54	(48.31)	40.63	(206.80)	52.09***
眨眼率	0.16	(0.17)	0.073	(0.49)	0.12	(0.91)	20.09***
眨眼時間	146.16	(122.64)	179.93	(119.96)	193.04	(142.73)	33.71***
心率變異度 (HRV)	1.20	(1.64)	0.54	(0.81)	0.63	(0.90)	400.24***
血氧濃度	97.22	(0.85)	97.00	(1.03)	97.54	(0.87)	661.99***
疲勞主觀 評量表	4.55	(1.92)	3.45	(1.89)	3.39	(2.15)	8.49***
閃光融合閾 值(CFF)	0.33	(0.77)	0.42	(0.82)	0.42	(0.86)	0.28

*表示 $p < 0.05$ ，**表示 $p < 0.01$ ，***表示 $p < 0.001$

圖 4-7 為不同學習背景中疲勞指標中有顯著效果的因變項的分數，依據過去文獻探討後將最優的學習背景變項給予 3 分，最低的給予 1 分。由圖 4-6 可見藝術設計的學習背景較其他語文教育與資訊科學在接受本研究之視覺刺激物不易引起疲勞，語文教育背景為次，資訊科學為最後。

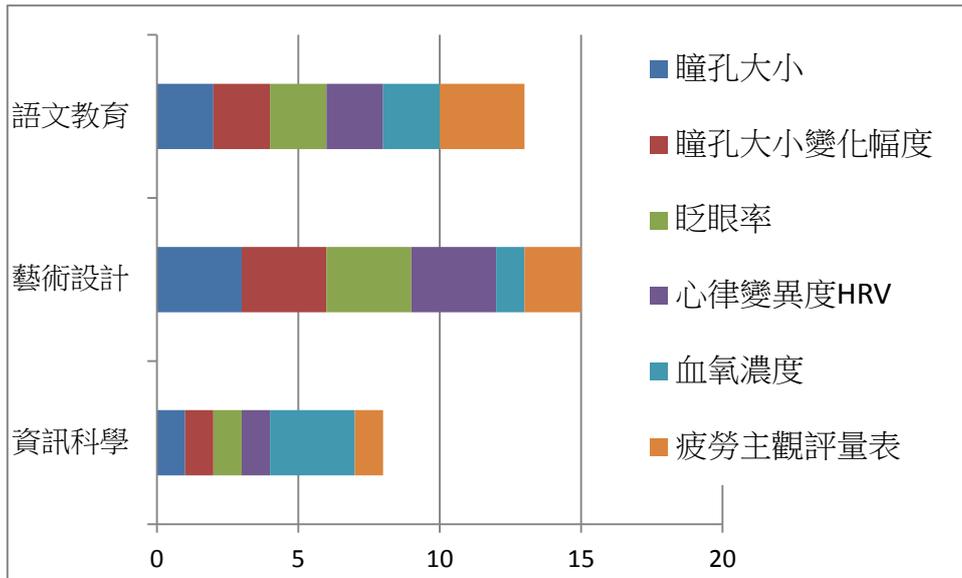


圖 4-7 不同學習背景顯著疲勞指標中分數圖



4.5 研究假設之結果

本研究在 3.1 章節有作共 156 項研究假設，分為文字背景配置、環境亮度與背景音樂、性別、學歷、學習背景六大項。表 4-15 為文字背景配置的假設說明與檢定結果。由表 4-15 可以發現除了編號 H2g 之文字背景配置間對於眨眼率無顯著外，其餘之變項均符合本研究之研究假設呈現顯著效果。

在探討的文字背景配置項目中，所得之白底黑字比起黑底白字在瞳孔大小上跟過去 Saito(Saito et al., 1993)與 Ishihara(Ishihara et al., 1987)的研究相同，疲勞主觀評量表也較低。

在色光三原色的配置上，顏色對於疲勞程度也與過去研究一樣，皆不建議使用紅與藍(Matthews, 1987; Toronto, 1988)，過去的研究為文字，本研究之結論為背景最好也勿使用。在過去研究的文字搜尋工作績效中也是以綠色為佳(Luria et al., 1989)，雖然本研究是以背景顏色之研究為主，但也一定程度的與過去的研究相應和。

在使用數位媒體與真實紙本的比較上，倒是與過去不甚相同。在工作績效上與過去的研究相比(Shen et al., 2009)有稍微不同，搜尋時間雖然已經不是最快。疲勞度的相關指標上都與過去紙本與數位媒體的比較有所不同(唐硯漁, 2010)，本研究之結果為使用數位媒體反而比紙本測試還要比較不疲勞。

表 4-15 文字背景配置的假設說明與檢定結果

假設 編號	假設說明	檢定 結果
H1a	iPad 電子書的文字背景配置間，受測者的注意力腦波有顯著差異。	成立
H1b	iPad 電子書的文字背景配置間，受測者的工作績效反應時間有顯著差異。	成立
H1c	iPad 電子書的文字背景配置間，受測者的凝視時間有顯著差異。	成立
H1d	iPad 電子書的文字背景配置間，受測者的情緒值有顯著差異。	成立
H2e	iPad 電子書的文字背景配置間，受測者的瞳孔大小有顯著差異。	成立
H2f	iPad 電子書的文字背景配置間，受測者的瞳孔大小變化幅度有顯著差異。	成立
H2g	iPad 電子書的文字背景配置間，受測者的眨眼率有顯著差異。	不成立
H2h	iPad 電子書的文字背景配置間，受測者的眨眼時間有顯著差異。	成立
H2i	iPad 電子書的文字背景配置間，受測者的心率變異度(HRV)有顯著差異。	成立
H2j	iPad 電子書的文字背景配置間，受測者的血氧濃度有顯著差異。	成立
H2k	iPad 電子書的文字背景配置間，受測者的疲勞主觀評量表有顯著差異。	成立
H2l	iPad 電子書的文字背景配置間，受測者的閃光融合閾值(CFF)有顯著差異。	成立

而由表 4-16 可以發現，在背景音樂的假設中，編號 H3b 之背景音樂對於工作績效反應時間、H3d 的情緒值、H4g 的眨眼率、H4k 的疲勞主觀評量表、H4l 的閃光融合閾值(CFF)呈現不顯著外，其他的項目均符合本研究之研究假設。

這代表本研究與先前的研究相符，音樂不只單純聆聽有此效果(吳智鴻 et al., 2010)，在學習或閱讀時也是一樣，並減緩了疲勞(翁瑞霖, 2004)，穩定了情緒

(LESIUK, 2005)，心率變異度(HRV)即是最好的一個範例。

表 4-16 背景音樂的假設說明與檢定結果

假設 編號	假設說明	檢定 結果
H3a	背景音樂的有無，受測者的注意力腦波有顯著差異。	成立
H3b	背景音樂的有無，受測者的工作績效反應時間有顯著差異。	不成立
H3c	背景音樂的有無，受測者的凝視時間有顯著差異。	成立
H3d	背景音樂的有無，受測者的情緒值有顯著差異。	不成立
H4e	背景音樂的有無，受測者的瞳孔大小有顯著差異。	成立
H4f	背景音樂的有無，受測者的瞳孔大小變化幅度有顯著差異。	成立
H4g	背景音樂的有無，受測者的眨眼率有顯著差異。	不成立
H4h	背景音樂的有無，受測者的眨眼時間有顯著差異。	成立
H4i	背景音樂的有無，受測者的心率變異度(HRV)有顯著差異。	成立
H4j	背景音樂的有無，受測者的血氧濃度有顯著差異。	成立
H4k	背景音樂的有無，受測者的疲勞主觀評量表有顯著差異。	不成立
H4l	背景音樂的有無，受測者的閃光融合閾值(CFF)有顯著差異。	不成立

在表 4-17 中，環境亮度對於編號 H5b 的工作績效反應時間、H5d 的情緒值、H6h 的眨眼時間、H6k 的疲勞主觀評量表均呈現不顯著外，其餘均符合本研究對於環境亮度此變項的假設。

在過去環境光源的亮暗對於工作績效反應時間有顯著效果，且為亮比暗好 (Shen et al., 2009)，但是在本研究中呈現無顯著效果。在疲勞主觀評量表上，過去的研究是高照度(亮)優於低照度(暗)(鍾文哲, 2011)，但在本研究雖也呈現同一趨勢，但是卻呈現無顯著效果。但是在其他疲勞的變項上等均符合研究假設呈現顯著效果。

表 4-17 環境亮度的假設說明與檢定結果

假設 編號	假設說明	檢定 結果
H5a	環境亮度的亮暗，受測者的注意力腦波有顯著差異。	成立
H5b	環境亮度的亮暗，受測者的工作績效反應時間有顯著差異。	不成立
H5c	環境亮度的亮暗，受測者的凝視時間有顯著差異。	成立
H5d	環境亮度的亮暗，受測者的情緒值有顯著差異。	不成立
H6e	環境亮度的亮暗，受測者的瞳孔大小有顯著差異。	成立
H6f	環境亮度的亮暗，受測者的瞳孔大小變化幅度有顯著差異。	成立
H6g	環境亮度的亮暗，受測者的眨眼率有顯著差異。	成立
H6h	環境亮度的亮暗，受測者的眨眼時間有顯著差異。	不成立
H6i	環境亮度的亮暗，受測者的心率變異度(HRV)有顯著差異。	成立
H6j	環境亮度的亮暗，受測者的血氧濃度有顯著差異。	成立
H6k	環境亮度的亮暗，受測者的疲勞主觀評量表有顯著差異。	不成立
H6l	環境亮度的亮暗，受測者的閃光融合閾值(CFF)有顯著差異。	成立

在表 4-18 中，本研究對於性別的假設上注意力腦波、凝視時間、情緒值、瞳孔大小、瞳孔大小變化、眨眼率、眨眼時間、心率變異度(HRV)、血氧濃度均為成立本研究之假設。在注意力腦波方面，本研究的先導研究也發現性別此變項確實會對腦波有影響(吳智鴻 et al., 2012)。在疲勞程度的研究(張晏蓉 et al., 2007)，曾有對受雇者的研究，為女性疲勞於男性，但身分不同且不是針對視覺疲勞的量測。

表 4-18 性別的假設說明與檢定結果

假設 編號	假設說明	檢定 結果
H7a	性別的不同，受測者的注意力腦波有顯著差異。	成立
H7b	性別的不同，受測者的工作績效反應時間有顯著差異。	不成立
H7c	性別的不同，受測者的凝視時間有顯著差異。	成立
H7d	性別的不同，受測者的情緒值有顯著差異。	成立
H8e	性別的不同，受測者的瞳孔大小有顯著差異。	成立
H8f	性別的不同，受測者的瞳孔大小變化幅度有顯著差異。	成立
H8g	性別的不同，受測者的眨眼率有顯著差異。	成立
H8h	性別的不同，受測者的眨眼時間有顯著差異。	成立
H8i	性別的不同，受測者的心率變異度(HRV)有顯著差異。	成立
H8j	性別的不同，受測者的血氧濃度有顯著差異。	成立
H8k	性別的不同，受測者的疲勞主觀評量表有顯著差異。	不成立
H8l	性別的不同，受測者的閃光融合閾值(CFF)有顯著差異。	不成立

在表 4-19 中，本研究對於學歷的假設上工作績效反應時間、凝視時間、瞳孔大小、瞳孔大小變化幅度、眨眼時間、疲勞主觀評量表均為成立本研究之假設。過去並無針對大學與研究所學歷與本研究相同變項之研究。僅有受雇者疲勞程度的問卷研究，高學歷者的疲勞指數優於低學歷者(張晏蓉 et al., 2007)。但自變項目不同，且僅採用問卷方式，而疲勞量表與本研究採用之視覺量表不同。

表 4-19 學歷的假設說明與檢定結果

假設 編號	假設說明	檢定 結果
H9a	學歷的不同，受測者的注意力腦波有顯著差異。	不成立
H9b	學歷的不同，受測者的工作績效反應時間有顯著差異。	成立
H9c	學歷的不同，受測者的凝視時間有顯著差異。	成立
H9d	學歷的不同，受測者的情緒值有顯著差異。	不成立
H10e	學歷的不同，受測者的瞳孔大小有顯著差異。	成立
H10f	學歷的不同，受測者的瞳孔大小變化幅度有顯著差異。	成立
H10g	學歷的不同，受測者的眨眼率有顯著差異。	不成立
H10h	學歷的不同，受測者的眨眼時間有顯著差異。	成立
H10i	學歷的不同，受測者的心率變異度(HRV)有顯著差異。	不成立
H10j	學歷的不同，受測者的血氧濃度有顯著差異。	不成立
H10k	學歷的不同，受測者的疲勞主觀評量表有顯著差異。	成立
H10l	學歷的不同，受測者的閃光融合閾值(CFF)有顯著差異。	不成立

在表 4-20 中，本研究對於學習背景的假設上注意力腦波、凝視時間、情緒值、瞳孔大小、瞳孔大小變化幅度、眨眼率、眨眼時間、心率變異度(HRV)、血氧濃度均為成立本研究之假設。過去不同學習背景分類研究為研究其視覺空間能力及視覺空間短期記憶的影響(唐硯漁, 2010)，而非針對本研究相同變項去探討。

表 4-20 學習背景的假設說明與檢定結果

假設 編號	假設說明	檢定 結果
H11a	學習背景的不同，受測者的注意力腦波有顯著差異。	成立
H11b	學習背景的不同，受測者的工作績效反應時間有顯著差異。	不成立
H11c	學習背景的不同，受測者的凝視時間有顯著差異。	成立
H11d	學習背景的不同，受測者的情緒值有顯著差異。	成立
H12e	學習背景的不同，受測者的瞳孔大小有顯著差異。	成立
H12f	學習背景的不同，受測者的瞳孔大小變化幅度有顯著差異。	成立
H12g	學習背景的不同，受測者的眨眼率有顯著差異。	成立
H12h	學習背景的不同，受測者的眨眼時間有顯著差異。	成立
H12i	學習背景的不同，受測者的心率變異度(HRV)有顯著差異。	成立
H12j	學習背景的不同，受測者的血氧濃度有顯著差異。	成立
H12k	學習背景的不同，受測者的疲勞主觀評量表有顯著差異。	不成立
H12l	學習背景的不同，受測者的閃光融合閾值(CFF)有顯著差異。	不成立

4.6 討論

表 4-21 為本研究之所有基於所有注意力與疲勞指標變項中最好的自變項目(注意力較高或疲勞度較低)。在文字背景配置在疲勞程度上的影響，本研究之結果為白底黑字比起黑底白字來的還要好，這也跟過去的研究相似(Bruce et al., 1982; Mahnke et al., 1987; Snyder, 1988)。在色彩背景方面的研究，雖然過去文字研究，但是結果發現與之相同(Luria et al., 1989)。但是在真實紙本與數位媒體方面的疲勞方面比較則與過去不同(唐硯漁, 2010)，本研究發現數位媒體不一定會較紙本疲勞，不過可能是因為非長時間使用的關係或是科技的進步改進了顯示的技術，也有可能是大多數使用者的眼睛已經習慣在數位媒體上閱讀。

在環境亮度的影響上，本研究之結果為亮的環境亮度不論在注意力或是疲勞程度指標均優於暗的環境亮度。在注意力方面與過去本研究之先前研究不同(吳智鴻 et al., 2012)，雖然參照的指標與過去呈現的指標有相同(工作績效反應時間)，但本研究在工作績效反應時間此項上並無顯著效果，二來本研究樣本人數較多，較具公信力。環境亮度對疲勞程度上的影響則與過去相關的研究相同(吳智鴻 et al., 2012; 鄭育菁, 2006)。

在背景音樂的影響上，本研究之結果是有背景音樂的對於注意力與疲勞程度的指標上均優於無音樂的狀態，這與過去研究相同(Campbell, 2000; 吳智鴻 et al., 2010; 林威志, 2005)。學習或閱讀狀態下聆聽鋼琴背景音樂，可以增進注意力與改善疲勞。

在性別的影響上，本研究的結果與本研究之先前研究相同，注意力方面唯女性優於男性(吳智鴻 et al., 2012)。在性別對於疲勞程度的研究中，過去曾有對受雇者的研究(張晏蓉 et al., 2007)，為女性疲勞於男性，與本研究之結果不同。可能是因為身分不同且不是針對視覺疲勞的量測。另外在注意力及疲勞程度方面男女的似乎有些矛盾，可能是因為男女本身身體構造之不同，則待後續詳細研究。

在學歷的影響上，過去並無針對大學與研究所之研究，僅有受雇者疲勞程度的問卷研究，高學歷者的疲勞指數優於低學歷者(張晏蓉 et al., 2007)，這與本研究之結果相同。但是自變項目不同，且僅採用問卷方式，而疲勞量表與本研究採用之視覺量表不同。會在學歷變項上有所差異可能是因為本科所受訓練不同，思考與判斷也不甚相同，抑或是年齡的關係也不無可能，年齡變項則待後續研究。

在學習背景的影響上，過去並無相類似的研究。僅有依不同學習背景分類研究為研究其視覺空間能力及視覺空間短期記憶的影響(唐硯漁, 2010)，而非針對本研究相同變項去探討。資訊科學學系注意力較高或藝術設計學習較不易疲勞可能與本科訓練有關，一個著重在資訊搜尋方面是強項，而藝術設計學系應是長時間使用數位媒體之習慣，相關學系分類則待後續研究。

表 4-21 本研究之研究結果彙總表

因變數名稱	文字背景		背景音樂		環境光源		性別		學歷		學習背景		
	配色編號	實際圖例	有	無	亮	暗	男	女	大學	研究所	資訊科學	藝術設計	語文教育
注意力													
注意力腦波	A1	字		○	○				○	○			○
工作績效	A1	字								○			
反應時間													
凝視時間	RP	字	○		○		○					○	
情緒值	A1	字						○				○	
疲勞程度													
瞳孔大小	A2	字		○	○				○	○			○
瞳孔大小變化幅度	RP	字		○	○				○	○			○
眨眼率					○			○					○
眨眼時間	A3	字		○				○		○		○	
心率變異度 (HRV)	G	字		○	○				○				○
血氧濃度	B	字	○		○				○				○
疲勞主觀評量表	A1	字								○			○
閃光融合閾值(CFF)	A1	字			○								

○ 表示在該項目上表現較佳(注意力較高或疲勞度較低)且有顯著差異。

空白表示在該項目尚無顯著差異

第五章、結果與建議

面對更快的科技發展以及資訊網路的流通，因視覺而產生的疲勞卻是隨之而來的課題，本研究使用眼動儀(Eye Tracker)與腦波儀及血氧、紅外線心跳血氧、emWave 等生理儀器去探討最佳的字體背景配色，以及各自變項對於疲勞跟注意力的影響。下列章節將說明本研究的創新貢獻、發現與不足，以及後續探討方向。

5.1 本研究的發現

本研究總和所有顯著效果的因變項發現：(1)黑底白字的文字背景配置不論在注意力指標與疲勞程度指標均優於白底黑字的配置；(2)色光三原色背景中，不論在注意力指標與疲勞程度指標上綠色(G)均為最優，紅色(R)次之，藍色(B)最後；(3)數位媒體上比起真實紙本來的不易疲勞與注意力更高，這與過去研究結果均不一樣；(4)在閱讀與學習環境裡，不論在注意力指標與疲勞程度指標，亮的環境比暗的環境來的好；(5)有背景音樂比無背景音樂還要好。

另外也發現了在性別、學歷、學習背景上某些變項有顯著效果：(1)在性別上，女性較男性不易疲勞，而男性則注意力較高，雖然在工作績效上並無顯著效果；(2)在學歷上，不論注意力或是疲勞指標均是大學優於研究所；(3)在疲勞程度指標上，學習背景中藝術設計最優，語文教育次之，資訊科學為末，而在注意力指標上資訊科學為最高、藝術設計次之，語文教育為末。

5.2 本研究之創新與貢獻

本研究有別於過去單一研究題材，結合眼動儀、Neurosky 腦波儀、以及心跳血氧儀器、emWave 等情感運算儀器所提供之客觀的凝視時間、瞳孔大小、瞳孔大小變化幅度、眨眼率、眨眼時間，以及心率變異度(HRV)、血氧濃度之生理訊號與情緒值。另有主觀的疲勞主觀評量表、閃光融合閾值(CFF)與工作績效反應時間。

另外本研究也使用真實的數位媒體(iPad)掛載於電腦螢幕上呈現視覺刺激物給予受測者，而非使用模擬的方式來擷取眼動等相關數據，畢竟使用真實的視覺刺激物載體才能更接近使用者的操作模式。

此外，在真實的紙本與數位媒體上的比較上，本研究發現數位媒體比起真實紙本來的更好，不論是在注意力指標或是疲勞程度指標上。雖然還有使用時間長短等因素的不確定性，也許有一部分是因為顯示科技的發展讓兩者的差異性更為接近。

5.3 管理上的意涵

在教學的應用上，經過本研究的結果後，建議在設計教材的時候，使用白底黑字的部分作為教材中英文字的文字背景配置，可以減低視覺疲勞已經增進學習時的注意力。另外再彩色背景的選擇上，可以選擇綠色色系的配置，抑或是在場景或是裝飾的顏色也可以多多使用綠色作為主色系。

在背景音樂上也可以多多使用在一般工作環境抑或是教學環境、自我學習過程中，音樂確實改善了視覺疲勞的程度。

在性別上，主管可能要让男性多多的休息，因為男生較女生容易疲勞。學歷為研究所以上的，在工作中可能也是要多讓他休息一點。在學習背景方面，資訊科學類較容易疲勞，但注意力指標卻是最高。藝術設計在使用數位媒體上較不易疲勞，語文教育可能不甚習慣使用數位媒體工作或是學習，所以在需要使用數位媒體工作上的安排與休息時間之間可以依據科系做一個平衡。

5.4 本研究的不足與需改進的地方

本研究之不足為：(1)環境亮度的變相數目過少，以致無法探究真實適合數位媒體上閱讀與學習時的亮度；(2)背景音樂的變項數目過少，且使用為純鋼琴配樂，無法接近一般使用者使用背景音樂的習慣；(3)背景顏色配置變項數目過少，無法去更細緻的探究何種教材設計上，使用彩色背景的配置為最適合學習以及減低疲

勞程度。(4)學歷只侷限在大學與研究所，無法探究真實使用者學歷的狀況，抑或是年齡在使用數位媒體上的影響。

5.5 後續研究建議

在後續研究方面期望可以：(1)增加觀看閱讀文本的實驗時間，以研究文字背景配置或配色引起之疲勞程度與時間的相關性；(2)使用類神經運算或是其相關之人工智慧演算法製作視覺疲勞的模型，找出真正影響疲勞的因子；(3)增加環境亮度的數目，以找出適合閱讀或學習時的亮度；(4)增加背景音樂的類型，甚至是有聲的流行音樂等，研究外在的背景音樂是否會干擾使用者的心智負荷以及使用數位媒體學習；(5)增加背景顏色的配置，更細緻的探究何種色彩背景配置最為適合使用者，更可延長使用數位媒體的時間。並期許研究後續在有關於在數位化的閱讀設備上達到更多元設計的準則。

參考文獻

1.英文部分

- ARCHINOETICS. Brain Painting. from <http://archinoetics.com/brainpainting.php>
- Boucheix, J., & Lowe, R. (2010). An eye tracking comparison of external pointing cues and internal continuous cues in learning with complex animations. *Learning and Instruction, 20*, 12. doi: 10.1016/j.learninstruc.2009.02.015
- Brad, S. M., & Michael, S. F. (2009). Neuroscience and the future of human-computer interaction. *Interactions, 16*, 70-75.
- Bruce, M., & Foster, J. J. (1982). The visibility of colored characters on colored background on view data displays. *Visible Language, 32*, 382-390.
- Bullimore, M. A., Fulton, E. J., & Hoarth, P. A. (1990). Assessment of visual performance. *Evaluation of Human work, 649-681*.
- Cabeza, R., & Nyberg, L. (2000). Imaging Cognition II: An Empirical Review of 275 PET and fMRI Studies. *Journal of Cognitive Neuroscience, 12*, 1-47.
- Calhoun, V. D., & Adali, T. (2008). Feature-based Function of Medical Imaging Data. *Transactions on Information Technology in Biomedicine, 1-10*.
- Campbell, D. (2000). *莫札特效應－音樂身心靈療法* (林珍如 & 夏荷立, Trans.). 台北: 先覺出版社.
- Carol, B. M., & Linda, J. W. (1987). Reading text from computer screens. *ACM Computer Surveys, 19*, 329-358.
- Chan, A., & Lee, P. (2005). Effect of display factors on Chinese reading times, comprehension scores and preference. *Behaviour and Information Technology, 24*(2), 81-91.
- Chen, C.-M., & Wang, H.-P. (2011). Using emotion recognition technology to assess the effects of different multimedia materials on learning emotion and performance. *Library & Information Science Research, 33*. doi: 10.1016/j.lisr.2010.09.010

- Christopher, P., Stylianos, A., & Genaro, R.-M. (2009). MODELLING USER ATTENTION FOR HUMAN-AGENT INTERACTION. *Image Analysis for Multimedia Interactive Services, 2009. WIAMIS '09. 10th Workshop*, (6-8 May 2009), 266 - 269.
- Daffner, K. R., Scinto, L. F. M., Weitzman, A. M., Faust, R., Rentz, D. M., Budson, A. E., & Holcomb, P. J. (2003). Frontal and Parietal Components of a Cerebral Network Mediating Voluntary Attention to Novel Events. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 15, 294-313.
- Dainoff, M. J., Happ, A., & Crane, P. (1981). Visual fatigue and occupational stress in VDU operators. *Human Factors*, 23.
- Dan, W. H., & Riad, I. H. (2007). An improved likelihood model for eye tracking. *Computer Vision and Image Understanding*, 106(2-3), 220-230.
- Dawn, M. T., Stephen, I. H. T., & Andrew, B. S. (2002). Direct Cortical Control of 3D Neuroprosthetic Devices. *Science*, 296, 1829-1832.
- Diefenbach, P., Bhatt, H., Gupta, A., Lorenz, J., Lyon, P., Stevenson, C., & Stratton, P. (2004). Maxwell's Demon: A Study in Brain-Computer Interface Game Development.
- Eduardo, R. M., Andrew, B., Bram, B., & Hilary, M. (2005). *Plymouth brain-computer music interface project: Intelligent assistive technology for music-making*. Paper presented at the International Computer Music Conference, BARCELONA, Spain.
- Edward, C. G., John, S. H., & John, T. G. (1991). Visual stress symptoms, Computers & visual stress: Staying healthy. *Abacus, U.S.A.*, 19-20.
- Frances, H. R., Gordon, L. S., & Catherine, N. K. (1993). Music and spatial task performance. *Nature*, 365(6447), 611.
- Frances, H. R., Gordon, L. S., & Catherine, N. K. (1995). Listening to Mozart enhances spatial-temporal reasoning: Towards a neurophysiological basis. *Neuroscience Letters*, 185(1), 44-47.

- Genaro, R.-m., Ian, D., Erika, A. M.-m., Dolores, V.-c., Sara, D. F., Fotis, L., & Alma, R. G.-g. (2009). *Assessing NeuroSky's Usability to Detect Attention Levels in an Assessment Exercise*.
- Gernot, R. M.-P., Reinhold, S., Gert, P., & Rüdiger, R. (2005). EEG-Based Neuroprosthesis Control: A Step towards Clinical Practice. *Neuroscience Letters*, 382(1-2), 169-174.
- Gould, J. D., & Grischkowsky, N. (1986). Does visual angle of a line of characters affect reading speed? *Human Factors*, 28(2), 165-173.
- Gunnarsson, E., & Soderberg, I. (1983). Eye strain resulting from VDT work at the Swedish Telecommunications Administration. *Applied Ergonomics*, 14, 61-69.
- Herbert, H., & Owens, D. A. (1989). Vertical gaze direction and the resting posture of the eyes. *Perception & Psychophysics*, 18(3), 363-377.
- Hochberg, L. R., Serruya, M. D., & Friehs, G. M. (2006, July 13, 2006). Neuronal Ensemble Control of Prosthetic Devices by a Human with Tetraplegia. *Nature*, 442, 164-171.
- Horie, Y. (1991). A study on the evaluation of sample workload by a thermal video system. *Towards human work: solutions to problems in occupational health and safety*, 2.
- Huey, E. B. (1908). *The psychology and pedagogy of reading*. Cambridge, MA: MIT University Press.
- Hwally, L., & Whang, K.-W. (2011). A quantitative measurement of LCD and PDP TVs for human visual preference and fatigue. *Displays*, 33, 1-6.
- Ishihara, S., Miyao, M., Tamura, H., Iguchi, H., & Furukawa, K. (1987). Effects of CRT display on pupil area, Proceedings of the third symposium on human computer interface. *Osaka*, 194-203.
- Janet, F. R., & Sabri, T. (2011). *An Overview of Brain-Computer Interface Technology Applications in Robotics*. Paper presented at the Florida Conference on Recent Advances in Robotics, Gainesville, FL.

- Jaschinski, W., Heuer, H., & Kylian, H. (1999). A procedure to determine the position of visual display relative to the eyes. *Ergonomics*, 42(4), 535-549.
- Javal, E. (1878). Essai sur la physiologie de la lecture. *Ann. Oculist*, 79(97-117), 240-274.
- Jenkins, J. (2001). The Mozart effect. *J R Soc Med*, 94(4), 170-172.
- John, D. G., Lizette, A., Vincent, B., Rich, F., Nancy, G., & Angela, M. (1987). Reading is slower from CRT display than from paper: Attempts to isolate a single variable explanation. *Human Factors*, 29(3), 269-299.
- Koelsch, S., & Mulder, J. (2004). Electric brain responses to inappropriate harmonies during listening to expressive music. *Clin Neurophysiol*, 113, 862-869.
- Kolers, P. A., Duchnick, R. L., & Ferguson, D. C. (1981). Eye movement measurement of readability of CRT display. *Human Factors*, 23(5), 517-527.
- LABS, A. (2011). Brain Driver. from <http://www.autonomos.inf.fu-berlin.de/subprojects/braindriver>
- Lamare, M. (1893). Des mouvements des yeux pendant la lecture. *C. R. Soc. Franç. Ophthalmol*, 354-364.
- Legge, G., Pelli, D., Rubin, G., & Schleske, M. (1985). Psychophysics of reading--I. Normal vision. *Vision Res*, 25(2), 239-252.
- LESIUK, T. (2005). The effect of music listening on work performance. *Psychology of Music*, 33(2), 173-191.
- Luria, S. M., Neri, D. F., & Schlichting, C. (1989). Performance and preference with various VDT phosphors. *Applied Ergonomics*, 20(1), 33-38.
- Mahnke, F. H., & Mahnke, R. H. (1987). *Color and light in man-made environments*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Marcel, A. J., & Patricia, A. C. (1987). *The psychology of reading and language Psychology* (Vol. 7).
- Mark, S. S., & Ernest, J. M. (1993). *Human factors in engineering and design*.

Singapore:McGraw-Hill.

- Matthews, M. L. (1987). The influence of colour on CRT reading performance and subjective comfort under operational conditions. *Applied Ergonomics*, 18(4), 323-328.
- McFarland, D. J., & Wolpaw, J. R. (2008). Brain-Computer Interface Operation of Robotic and Prosthetic Devices. *Computer*, 41(10), 52-56.
- McLachlan, J. (1993). Music and spatial task performance. *Nature*, 366(6455), 520.
- Mildred, C. R., & Randall, R. W. (1990). *The Psychology of Reading: An Interdisciplinary Approach (2nd Ed.)*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates Inc; 2nd Revised edition edition.
- Mills, C. B., & Weldon, L. J. (1987). Reading text from computer screens. *ACM Computing Surveys*, 19(4), 329-358.
- Moore, M., Tomori, O., & Yadav, A. (2004). *The BrainBrowser, a brain-computer interface for internet navigation*. Paper presented at the Society for Neuroscience, San Diego.
- Nishiyama, K. (1990). Ergonomics aspects of the health and safety of VDT work in Japan : a review. *Ergonomics*, 33(6), 26.
- O' Regan, J. K. (1990). Eye movements and reading. In In E. Kowler (Ed.) (Ed.), *Eye movements and their role in visual and cognitive processes* (pp. 395-453). Amsterdam, The Netherlands: Elsevier.
- Ozcelik, E., Arslan-Ari, I., & Cagiltay, K. (2010). Why does signaling enhance multimedia learning? Evidence from eye movements. *Computers in Human Behavior*, 26(1), 110-117. doi: 10.1016/j.chb.2009.09.001
- Ozcelik, E., Karakus, T., Kursun, E., & Cagiltay, K. (2009a). An eye-tracking study of how color coding affects multimedia learning. *Computers & Education*, 53(2), 445-453. doi: 10.1016/j.compedu.2009.03.002
- Ozcelik, E., Karakus, T., Kursun, E., & Cagiltay, K. (2009b). An eye-tracking study of

- how color coding affects multimedia learning. *Computers & Education*, 53, 8. doi: 10.1016/j.compedu.2009.03.002
- Paul, M., Susane, A. L., William, C. T., & Paul, B. (1992). Extended reading of continuous text on television screen. *Human Factors*, 24(5), 501-508.
- Pfurtschellera, G., Gugera, C., Müllerb, G., Krausza, G., & Neuperb, C. (2000). Brain Oscillations Control Hand Orthosis in a Tetraplegic. *Neuroscience Letters*, 292(3), 211-214.
- Radl, G. W. (1983). *Experimental investigations for optimal presentation mode and colours of symbols on the CRT screen*. Paper presented at the Ergonomics Aspects of Visual Display Terminals, London: Taylor & Francis.
- Ramadan, M. Z. (2011). Evaluating college students' performance of Arabic typeface style, font size, page layout and foreground/background color combinations of e-book materials. *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*, 23(2), 89-100. doi: 10.1016/j.jksues.2011.03.005
- Rayner, K., & Sereno, S. C. (1994). Eye movements in reading: Psycholinguistic studies. In M. A. Gernsbacher (Ed.) (Ed.), *Handbook of psycholinguistics* (pp. 57-81). San Diego, CA: Academic Press. .
- Saito, S., Taptagaporn, S., & Salvendy, G. (1993). Visual comfort in using different VDT screens,. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 5(4), 313-323.
- Shen, I.-H., Shieh, K.-K., Chao, C.-Y., & Lee, D.-S. (2009). Lighting, font style, and polarity on visual performance and visual fatigue with electronic paper displays. *Displays*, 30, 5. doi: 10.1016/j.displa.2008.12.001
- Shieh, K.-K., & Chen, M.-T. (1997). Effects of screen color combination, work-break schedule, and workspace on VDT viewing distance. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 20, 11-18.
- Shieh, K.-K., Chen, M.-T., & 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), 169-181.

- Snyder, H. L. (1988). *Image quality*. In: Helander, M. (Ed.), *Handbook of human-computer interaction*. Amsterdam: Elsevier science publishers.
- Sturm, W. (1996). Evaluation in therapeutical contexts: attentional and neglect disorders. *Eur Rev Appl Psychol*, 46.
- Toronto, W. A. S. B. U. o. (1988). *American National Standard for Human Factors Engineering of visual display terminal workstations*. Santa Monica, California: Morgan Kaufmann Publishers Inc.
- TOYOTA. (2009). Real-time control of wheelchairs with brain waves—a new signal processing technology for brain machine interface (BMI) application. *Toyota Central R&D Labs*.
- Velliste, M., Perel, S., Spalding, M. C., Whitford, A. S., & Schwartz, A. B. (2008). Cortical control of a prosthetic arm for self-feeding. *Nature*, 453(7198), 1098-1101.
- Wang, A.-H., & Cheng, F. C. (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(4), 249-261.
- Ware. (2000). Information visualization: perception for design. *Morgan Kaufmann publishers, U.S.A.*, 122-123.
- Wolpaw, J., Birbaumer, N., McFarland, D., Pfurtscheller, G., & Vaughan, T. (2002). Brain-computer interfaces for communication and control. *Electroenceph Clin Neurophysiol*, 113(6), 767-791.

2.中文部分

- 王乙婷, & 何美慧. (2003). 自我教導策略增進 ADHD 兒童持續性注意力效果之研究. *國立彰化師範大學特殊教育學系 特殊教育學報*, 18, 21-54.
- 吳水丕, 許芳榮, 蔡武晃, & 張書瑀. (2007). LCD 螢幕高低調整策略及作業類型對於 VDT 使用者之效應. *Journal of Ergonomic Study*, 9(2), 23-33.
- 吳欣潔, & 羅羽辰. (2010). 視距與顯示器種類對視覺績效與疲勞之影響. *朝陽科技大學工業工程與管理學系*.
- 吳智鴻, 曾奕霖, 劉長儒, & 徐日薇. (2012). 結合眼動與腦波之注意力指標建構 iPad 電子書最佳色彩配置. *聯大學報*, 9(1), 16.
- 吳智鴻, & 劉長儒. (2011). 結合眼動追蹤與腦波分析於兒童電子書最佳色彩配置之研究.
- 吳智鴻, 劉長儒, 黎世彬, 吳嘉祥, & 林韋廷. (2010, 2010-10-27). 樂器聲音波形對腦波特徵的影響. Paper presented at the TANET 2010 臺灣網際網路研討會大會, 台南, 台灣.
- 呂宜靜. (2006). 音樂介入創造性舞蹈教學方案對國小學童語文與圖形創造力影響之研究. (碩士), 國立台南大學.
- 李明燕. (2005). 閱卷者之眼球運動與評分穩定度之研究：以地理科電腦螢幕閱卷為例. *教育研究與發展*, 1(3), 213-239.
- 林威志. (2005). 音樂刺激下的腦波信號. 臺北醫學大學醫學資訊研究所, 台北.
- 胡志彰. (2007). 以血氧濃度為基礎的肌肉疲勞評估系統初探.
- 唐大崙, & 張文瑜. (2007). 利用眼球追蹤法探索傳播研究. *中華傳播學刊*, 12(5), 165-211.
- 唐硯漁. (2010). 顯示介面在閱讀績效、空間作業能力與視覺疲勞之評估研究. (博士), 國立清華大學.
- 徐征杰. (2002). 心率變異的複雜度分析 *復旦大學著政學者論文集*.

- 柴繼紅, 吳水才, 白燕萍, & 常曉年. (2004). 心率變異性分析方法的現況與展望. *生物醫學工程與臨床*, 8(1).
- 翁瑞霖. (2004). 數學與音樂的對話：探討莫札特音樂的數學應用及其效應. *師大
學報：人文與社會類*, 49(2), 85-100.
- 張晏蓉, 葉婉榆, 陳春萬, 陳秋蓉, 石東生, & 鄭雅文. (2007). 台灣受僱者疲勞的
分布狀況與相關因素. *台灣衛誌*, 26(1), 75-87.
- 曹力仁. (2008). 不均勻照度環境的駕駛昏睡偵測與警示. *國立中央大學資訊工程
研究所*.
- 眼動儀資料整理教學網站. (2012). from <http://tinyurl.com/aywu9xb>
- 許勝雄, 彭游, & 吳水丕. (1991). *人因工程學*. 台北: 揚智文化.
- 陳高揚, 郭正典, & 駱惠銘. (2000). 心率變異度：原理與應用. *中華民國急救加護
醫學會雜誌*, 11(2), 11.
- 陳翊翔. (2007). 顯示器色彩之視覺疲勞研究. *國立中央大學光電科學研究所*.
- 喬慧燕, 薛漪平, 古佳苓, 陳蕙君, & 謝清麟. (2007). 常用於中風研究的五種注
意力測驗之心理計量特性比較. *台灣復健醫誌*, 35(2), 65-72.
- 鄭育菁. (2006). 數位投影機使用者在不同環境下的視覺疲勞與辨識績效評估. *朝
陽科技大學工業工程與管理系*.
- 蕭顯勝, 蔡福興, & 游光昭. (2005). 在行動學習環境中實施科技教育教學活動之
初探. *生活科技教育月刊*, 38(6), 13.
- 賴建榮, & 黃柏晴. (2005). 螢幕尺寸對閱讀續教與視覺擺攤之影響. *Journal of
Ergonomic Study*, 7(1), 73-80.
- 謝光進, 柯亞先, & 張振卿. (2003). 亮度對比、極性和色彩組合對 VDT 績效之影
響. *中華民國人因工程學會十週年慶暨研討會論文集*.
- 鍾文哲. (2011). *不同環境照度下工程車 LED 可變標誌視覺人因評估研究*. (碩士),
大同大學.

簡佑宏. (2007). *小螢幕之動態中文文本閱讀*. (博士), 台灣科技大學, 台北.

魏朝宏. (1990). *文字造型*. 眾文圖書股份有限公司.



附錄一、實驗一視覺刺激物文章內容

閱讀文本之一 爺爺一定有辦法（1200字）分段與色彩規畫

當約瑟還是娃娃的時候，爺爺為他縫了一條奇妙的毯子……

……毯子又舒服、又保暖，還可以把惡夢通通趕跑。不過，約瑟漸漸長大了，奇妙的毯子也變得老舊了。

有一天，媽媽對他說：「約瑟，看看你的毯子，又破又舊，好難看，真該把它丟了。」 使用 E1 色彩規畫

約瑟說：「爺爺一定有辦法。」

爺爺拿起了毯子，翻過來，又翻過去。

「嗯……」爺爺拿起剪刀開始喀吱、喀吱的剪，再用針飛快的縫進、縫出、縫進、縫出。爺爺說：「這塊料子還夠做……」

……一件奇妙的外套。 使用 F2 色彩規畫

約瑟穿上這件奇妙的外套，開心的跑出去玩了。不過，約瑟漸漸長大，奇妙的外套也變得老舊了。

有一天，媽媽對他說：「約瑟，看看你的外套，縮水了、變小了，一點兒也不合身，真該把它丟了。」

約瑟說：「爺爺一定有辦法。」

爺爺拿起了外套，翻過來，又翻過去。

「嗯……」爺爺拿起剪刀開始喀吱、喀吱的剪，再用針飛快的縫進、縫出、縫進、縫出。爺爺說：「這塊料子還夠做……」

……一件奇妙的背心。 使用 D2 色彩規畫

第二天，約瑟穿著這件奇妙的背心去上學。不過，約瑟漸漸長大了，奇妙的背心也變得老舊了。

有一天，媽媽對他說：「約瑟，看看你的背心！上面沾了膠，又黏著顏料，真該把它丟了！」

約瑟說：「爺爺一定有辦法。」

爺爺拿起了背心，翻過來，又翻過去。

「嗯……」爺爺拿起剪刀開始喀吱、喀吱的剪，再用針飛快的縫進、縫出、縫進、縫出。爺爺說：「這塊料子還夠做……」

……一條奇妙的領帶。 使用 E3 色彩規畫

每個星期五，約瑟都戴著這條奇妙的領帶去爺爺奶奶家。不過，約瑟漸漸長大了，奇妙的領帶也變得老舊了。

有一天，媽媽對他說：「約瑟，看看你的領帶！沾到湯，髒了一大塊，弄得它都變形了，真該把它丟了！」

約瑟說：「爺爺一定有辦法。」使用 C2 色彩規畫

爺爺拿起了領帶，翻過來，又翻過去。

「嗯……」爺爺拿起剪刀開始喀吱、喀吱的剪，再用針飛快的縫進、縫出、縫進、縫出。爺爺說：「這塊料子還夠做……」

……一條奇妙的手帕。

約瑟收集小石頭，就用這條奇妙的手帕包得好好的。不過，約瑟漸漸長大了，奇妙的手帕也變得老舊了。使用 B2 色彩規畫

有一天，媽媽對他說：「約瑟，看看你的手帕！已經用得破破爛爛、斑斑點點的，真該把它丟了！」

約瑟說：「爺爺一定有辦法。」

爺爺拿起了手帕，翻過來，又翻過去。

「嗯……」爺爺拿起剪刀開始喀吱、喀吱的剪，再用針飛快的縫進、縫出、縫進、縫出。爺爺說：「這塊料子還夠做……」

……一顆奇妙的鈕釦。 使用 C1 色彩規畫

約瑟把這顆奇妙的鈕釦裝在他的吊帶上，這樣褲子就不會滑下來了。

有一天，媽媽對他說：「約瑟，你的鈕釦呢？」約瑟一看，鈕釦不見了！

他找遍了所有的地方，就是找不到鈕釦。約瑟跑到爺爺家。使用 A2 色彩規畫

約瑟嚷著：「我的鈕釦！我的奇妙鈕釦不見了！」他的媽媽跟著跑來，說：「約瑟！聽我說。」

「那顆鈕釦沒有了、不在了、消失了。即使是爺爺也沒辦法無中生有啊！」

爺爺難過的搖搖頭，說：「約瑟啊，你媽媽說的沒錯。」

第二天，約瑟去上學。

「嗯……」約瑟拿起筆來，在紙上刷刷刷的寫著，他說：「這些材料還夠……」

……寫成一個奇妙的故事。使用 B3 色彩規畫

閱讀文本之二 祝你生日快樂（1500 字）分段與顏色規畫

太陽還沒有下山，小丁子騎著腳踏車出去玩。他看見遠遠的大樹下，有一個戴著帽子的小孩。一陣風吹來，小孩的帽子飛走了……

小丁子立刻去追帽子……他把帽子還給那個小女孩，說：「你是男生還是女生？你怎麼沒有頭髮？」

「我是女生。我有『癌』症，常常打針、吃藥，所以頭髮掉光了。謝謝你替我撿帽子。你叫什麼名字？」

「我叫小丁子，你呢？」

「我比你大，你要叫我小姊姊。」 使用 D1 色彩規畫

小丁子在小姊姊旁邊坐下來：「什麼叫『疔』症？會不會死啊？」

「就是身體裡面有很多壞細菌嘛。我媽媽說『疔』症又叫『捱』症，只要我不怕，『捱』得過去，就沒事了。我也不知道會不會死。我媽媽教我『數花瓣』，我已經數了好幾朵，再數一朵給你看。」 使用 E2 色彩規畫

小姊姊摘了一朵七瓣的小白花，一面撕花瓣，一面念著：「不會……會……不會……會……不會……會……不會……會……不會……會……不會。」

小姊姊笑了：「最後一瓣是『不會』，意思就是我不會死。」

小丁子也摘了一朵小白花。他念著：「會……不會……會……不會……會……不會……會……不會……會……會。」

最後一瓣是「會」，意思就是「會死」？

奇怪，小丁子的答案怎麼不一樣呢？ 使用 F3 色彩規畫

「怕呀！但是我媽媽說，小朋友死了，都會變成小天使，到時候，我的頭髮就會長出來了。」

「哇！那樣你就可以綁辮子了！」

小姊姊摀著嘴笑：「是啊！也可以戴髮箍。」

「對了，還可以綁蝴蝶結。」 使用 F1 色彩規畫

他們越說越高興。小丁子看看旁邊的大樹，說：「我們來刻一個長頭髮的小天使作紀念吧。」

「不要！」小姊姊馬上用手一揮，她腿上的書掉了下來。小丁子問：「這是什麼書？說給我聽。」於是，小姊姊說了一個「烏龜撒種子」的故事……

在河邊，有一棵百年大樹。許多動物來看大樹的時候，都在樹幹上刻「自己的臉」做紀念。只有小烏龜慢吞吞的在大樹下撒種子。大家都說他是一隻「笨龜」。

第二年春天，小熊和兔子們又來看大樹的時候，他們都嚇了一跳……

哇！大樹下開滿了紫色、黃色、藍色、粉紅色的小花！

蝴蝶高興的飛來飛去，說：「哇！烏龜種的花，好漂亮啊！」
大家終於知道，小烏龜留下的才是最好的紀念呢！ 使用 D3 色彩規畫

小姊姊合上書，說：「故事講完了，該回家啦。明天再來，好不好？」
「好吧！再見！」小丁子一面想著好聽的故事，一面騎著腳踏車回家了。
後來，小丁子常常在太陽還沒有下山以前，騎著腳踏車出來找小姊姊玩。
有一天，小姊姊拿一個「鎖」給小丁子看：「這叫『開心鎖』，我媽媽給我的。下
個禮拜的今天，是我的生日。明天我又要住院了，如果我乖乖的打針吃藥，很快
就可以回來打開這個鎖。我媽媽說，先把『開心鎖』掛在大樹上，大樹爺爺就會
保佑我。」 使用 B1 色彩規畫

小丁子立刻爬上大樹，替小姊姊把「開心鎖」掛在樹枝上。他閉上眼睛，合起雙
手拜了一拜。小姊姊把鑰匙放進口袋哩，兩個人都安心的笑了。
小丁子說：「你生日，我要送你一個蛋糕。」
「哈哈！你怎麼會有錢？」
「不用錢哪！我媽媽教我用『手』做的，不能吃，但是可以許願，也可以吹蠟燭
的呵！」
小姊姊眼睛一亮：「好哇！生日那天，我們來這裡許願。」
小丁子說：「對！還要打開這個『開心鎖』。」
「好！勾勾手指頭。」 使用 A3 色彩規畫

第二天，第三天，第四天，第五天……小丁子一直在等待小姊姊的生日。
這一天終於到了。但是——小姊姊沒有來。天都黑了，小丁子該回家了。他摘了
一朵小花，嘴裡念著：「會……不會……會……不會……會……不會……會。」
哈哈！最後一瓣是「會」，意思就是小姊姊會回來！也許，明天就回來了！
使用 C3 色彩規畫

但是，「今天」是小姊姊生日，怎麼慶祝呢？
小丁子伸出雙手，把手指頭撐開，圍成一個圓圓的「蛋糕」，手指頭當做是蠟燭……
這時候，正好有幾隻螢火蟲飛過來，停在他的手指頭上……小丁子為小姊姊許了
一個願，然後，用力一吹：「呼——」
螢火蟲飛起來了……小丁子輕輕的說：「小姊姊，生～日～快～樂。」
小姊姊到底會不會回來打開「開心鎖」呢？
對了！我們也來數一數花瓣吧…… 使用 A1 色彩規畫

←
?

英語學習電子書

Lesson One - A1 Type

的一是不有在人以為中大會上了可這時來年個他出到
uYQQlgdwIagetmGPFtEBKOWeqgWPKJzV
我也要成而能就地對後於之多用生台行和過所們作業
FcQTmSFptAtKMiOBiBrtsCndMctmElGs
因自美面部二民工進由機體品性種等使內重問你相金
oagtPfJuHwKuNOLhQgVfgrcdwGhzmtzG
位著已全學並情或月車合員影去比果只實意還看度
KjMqtHEoChefuhOivcsZDLIPAtajViKS
政些兩起氣基近調明頭管八許務記變解畫該知交觀達
QeybLPcZDLIPAgzCbrlUiKSAIVcstajV
老七造型黨結營東海除即平先打又世安風戰局教且院
dSHteyuMKViIROrHvaGckdfpkHuimuzQ
必口告斯空音真林信視質太單共求界持連反直卻完強
mSFptAtKMiZDLIPAtajVfgrcOBiBrt
把隊見率裡組件幾我具約話整功馬光容標形放格需傳
gVfgrcdAIVcsZDLIPAtajVwGhzmtzG
張收服它覺專給西便腦師議案華克另易類流山團線
oagtPfJuHwKuNODhmtzGQgVfgrcdwGhz
門費南效票雖象府無帶言際客廠料藝引制顯書包轉備
gVAIVcsZDLIPAtajVfgrcdwGhzmtzG
系推決精德據清走眾裝規查陸低廣供難病財陳李兒社
QeybLPcZDLIPAgzCbrlUiKSAIVcstajV
預權訊增例房技買使億治義響什眼舉神食遊消獲愛器
VfgrcdwGhzmtzGAIvcsZDLIPAtajzG
銀快白取攝干王希配論往準須勢值亞集滿續參環確考
gVfgrcdwGAIvcsZDLIPAtajVhzmtzG
領委步友港節份醫軍支項親企錢土配角爭輕研速列製
dSHteyuMKViIROrHvaGckdfpkHuimuzQ



00:27

西便腦師議案華克另易類
VzrIDLFAEziBAJbSAI
山團線仍門費南效票雖象
NOoEziBciKzLziXcLH
辦帶言際客廠料藝引制顯
VcsZDLIPAtajVfgrwG
包轉備花系推決精德據清
iVcsZDLKViIIPAtaKS
眾裝美面部二民工進由機
FcQTmSFptKVAtKMi
品性種等使內重問你相金
dAIVcChQgsZDLIPAta
值已全位著學並情或月車
HwKuNOChQgVfgrcd
員影去比果只實意還看度
HteyuMKViIROrHvaG
政些兩起須勢值亞集滿續
wKuViIROrNOGhQgVf

目錄
工具列

Lesson One - A2 Type

可這時來不有在人以為中大會個他年的一是出到國
 uYQQLgdwIagetmGPFtEBKOwEqgWPKJzV
 基近調明和過能就地對後於之多用使內重生台行公
 FcQTmSFptAtKMiOBiBrtsCndMctmElGs
 美問你權訊增例房技買使億治義響什眼我也要品性
 oagtPfJuHwKuNOLhQgVfgrcdwGhzmtzG
 月車合還看員影去比果只東已全位著學並情或實意
 KjMqtHEoChefuhOivcsZDLIPAtajViKS
 政些兩起所們作業氣頭管八許務記變解畫該知交觀
 QeybLPcZDLIPAgzCbrlUiKSAIVcstajV
 老七造型黨結營東海除先打又師議案華克另易類流
 dSHteyuMKViIROrHvaGckdfpkHuimuzQ
 必口告斯空音真林持連反直卻信視質太單共求界完強
 mSFptAtKMiZDLIPAtajVfgrcOBiBr
 把隊見率裡組話整功馬光容標形放格件幾勢具約需傳
 DLIPAtajVwGhzmgVfgrcdAIVcsZtzG
 議案華克另易類流望覺專給西便腦山團線張收服它師
 oagtPfJumtzGQgVfgrcdwHwKuNXDhGhz
 門府辦帶言際客廠料藝引制費南效票雖象顯書包轉備
 gVAIVcjVfgrcdwGhzmsZDLIPAtatzG
 系推決精德查陸低廣供難病財陳李據清走眾裝規兒社
 QeybLPcIUiKSAIVcstZDLIPAgzCbrajV
 預權訊增例房響什眼舉神食遊消獲技買使億治義愛器
 tdwGAIVcsZDLYPAtVfgrcdwGhzmajzG
 銀快白往準須精值亞集滿續參環取攝千王希配論確考
 gVfZDLIPAtajVhzmgrcdwGAIVcstzG
 領委親企錢土輕角爭輕研速步友港節份醫軍支項列製
 dSHtrHvaGckdfpkHueyuMKViIROimuzQ



腦師議案易西便類華克另
 ABAJrIDbSEziAVzLFI
 團線仍門雖月效票象費南
 NOiKzLziBcLoEziBcH
 藝引制辦帶言顯際客廠料
 rwDLIPAtGZVcsgajVf
 推決精德據轉備清包花系
 VcsVDLKPAtaiiIIZKS
 由美面部裝二民機眾工進
 AVFcQTmStKFptKMi
 相品性種等內重問金使你
 dsZDLIPAIvCChQgAta
 已全無月並情或車種著學
 gVfgrcuNODHwKhQ
 去比果只實影看山還員度
 rHeyuMKViIvaGHtRO
 勢值些兩滿亞集續政起須
 iIOGhQROrNwKuVgVf



Lesson One - A3 Type

會個他年的一是出到國可這時來不有在人以為中大
 PFtEBKOWEqgdwIagetmgWPKJzVuYQQLG
 於之多用使內調明和重生台行公基能就地對後近過
 FptAtKMiOBiBrtsCNdMctmFcQTmSEIGs
 增例房技買使億治義響什眼我美問你權訊也要品性
 oagtPfJuHwKuNOLhQgVfgrcdwGhzmtzoagtPG
 已全位著學並情看員影去或比果只實意月合還東車
 KjMqtHEoChefuhOiVcsZDLIPAtajViKS
 政些兩起所們作業氣員管八許務記變解畫該知交觀
 QeybLPcZDLIPAgzCbrlUiKSAIVcstajV
 老七造型黨結營東海除先打又師議案華克另易類流
 dSHteyuMKViIROrHvaGckdfpkHuimuzQ
 把隊見率裡組話整功馬光容標形放格件幾勢具約需傳
 DLIPAtajVwGhzmgVfgrcdAIVcsZtzG
 張收無它師議案華克另易類流望覺專給西便腦山團線
 oagtPfJumtzGQgVfgrcdwHwKuNODhGhz
 門府辦帶言際客廠料藝引制費南效票雖象顯書包轉備
 gVAIVcjVfgrcdwGhzmsZDLIPAtatzG
 德查陸低廣供難病財陳李據清走眾裝規兒系推決精社
 QeybLPclUiKSAIVcstZDLIPAgzCbrajV
 預權訊增例房響什眼舉神食遊消獲技買使億治義愛器
 tdwGAIvcsZDLEPAAtVfgrcdwGhzmajzG
 銀快白頭往準須值亞集滿續參環取攝千王希配論確考
 gVfZDLIPAtajVhzmgrcdwGAIvcszG
 領委親企錢土往角爭輕研速步友港節份醫軍支項列製
 dSHtrHvaGckdfpkHueyuMKViIROimuzQ
 存聲男英網助排級貨興否半銷照局教且院改必口告斯
 oagtPfJuHwKuNODhQgVfgrcdwGhzmtzG



00:27

師議案易西便華克另腦類
 VzLFABAJrIDbSEziAI
 效票團線仍門山費南雖象
 NOiKzLziBcLoEziXcH
 際客廠料藝引制辦帶言顯
 VcsZajVfgrwDLIPAtG
 包花系推決精德據轉備清
 DLKVitaiVcsZKSIIPA
 眾裝二民工進由美面部機
 FptKAVFcQTmStKMi
 由著學已全位月並情或車
 HwKhQgVfgrcuNOd
 去比果只實影看民還員度
 MKViIvaGHtROHeyur
 值些兩滿亞集續政起須勢
 OGhQROrNgwKuViIVf
 環確考星領委步友港節份
 GhzmtdwGAIvcsZSFptL



目錄



工具列

Lesson One - B1 Type

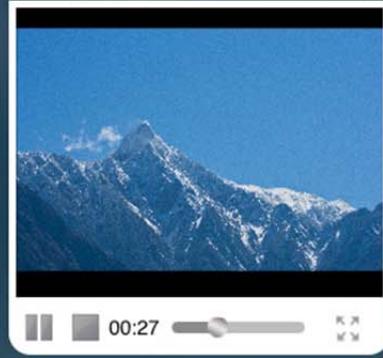
失角爭輕研速列製卡存聲男英網助排級所們出到國
 uYQQLgdwIagetmGPftEBKOWeqgWPKJzV
 我也要成而能質太單共求界持連反直卻完強非把隊見
 FcQTmSFptAtKMiOBiBrtsCndMctmElGs
 因自美面部二民代水沒正常入報關投從則至文選名金
 oagtPfJuHwKuNOthQgVfgrcdwGhzmtzG
 或已全位著學並情或月車合員影去比果只實意還看度
 KjmqtHEoChefuhOivcsZDLIPxtajViKS
 政些兩起氣基增例房技買使億治義響什畫該知交觀達
 QeybLPcZDLIPAgzCbrlUiKSAIVcstajV
 老七造型黨結營合已全位著學並情或月車合員影去院
 dSHteyuMKViIROrHvaGckdfpkHuimuzQ
 以為中大會上可這時來年個他出到國我也完強非
 mSFptAtKMiZDLIPAtajVfgrcOBiBrt
 把隊見率裡組件幾士具約話整功馬光容標形放格需傳
 gVfgrcdAIVcsZDLIPAtajVwGhzmtzG
 活才接題九已克另易保術六回別球片運通認未類流山
 oagtPfJuHwKuNODhmtzGQgVfgrcdwGhz
 門費南其子力天日場開表同三資理此主小本事轉備花
 gVAIVcsZDLIPAtajVfgrcdwGhzmtzG
 系推決精德據清走眾裝規查陸低廣供難病財陳李兒社
 QeybLPcZDLIPAgzCbrlUiKSAIVcstajV
 美面部二民工進由機體品性種等使內重問你相金愛器
 VfgrcdwGhzmtzGAIvcsZDLIPAtajzG
 銀快白取攝干王希配論往準須勢值亞集滿續參環確考
 gVfgrcdAtajVwGAIVcsZDLIPhzmtzG
 領委步友港節份醫軍支項親企錢土份角爭輕研速列製
 dSHteyuMKViIROrHvaGckdfpkHuimuzQ



腦師議案華克另西便易類
 VzrIDLFAEziBcrHAJbSAI
 山團線仍門費南效票雖象
 NOoEziBciKzLrpEziBcKH
 際客廠料藝引制亞集政些
 VcIPAtajVfgrcdwsZDLG
 花系推決精德包轉備據清
 iDLKViIIPAtajVcsZViKS
 面部二民工進由眾裝美機
 SFptKViIRAFQTmtKMi
 品你相金性種等使內重問
 ChQgsZDLIdAIVcPAta
 相情或月車已全位無學並
 NOOhQgVfHwKugrcd
 意還影去比員果只實看度
 uMKViIROrHvHteyaG
 勢值亞集政些兩起須滿續
 wKuViIROrNOChQgVf

Lesson One - B2 Type

研速列製卡失角爭輕存聲男英所們出到國網助排級
 WPKJzVuwIagetmGPFtEYQQLgdBKOWEqg
 太單共求界持連反直強非把隊見卻我也要成而能質完
 ptAtKMiOBiBrtmEIGsscNFcQTmSFdMct
 部二民代水沒正報關因自美面投從則至文選名金常入
 HwKdwtzGuNOthoagtPGhzmJfJuQgVfgc
 或已全位或月車合員影去比並情實意果只著學還看度
 HEOChEfuKjMqthOivcIPAtajVsZDLiKS
 房技交觀違買使億治義響什政些兩起畫該氣基增例知
 PcIPAgzCbriUQeybLiKSAZDLIVcstajV
 位著學並情或七造型黨結月車合老營合已全員影去院
 uMKuimuzViIROrHvaGdSHteyckdfpkHQ
 時完強非來國我也年個他以會上可這為中大出到
 mSFptAtKMitajVfgcOBiBrZDLIPAt
 功馬光容標形格需傳裡組件把隊見率話整幾士具約放
 rczmtzGdAlVcsZDgVfgLIPAtajVwGh
 九已克通認未類流另易保術六回別活才接題球片運山
 oawKuNwGhzODhmtzGgtPfJuHQgVfgc
 天日場轉備花開表同三資門費南其子力理此主小本事
 gcsZDLIajVfgcPAtVAIVdmtwGhzzG
 德據兒社清走眾病財陳李裝規查陸低系推決精廣供難
 cZDStajVLIPAgzCbriQeybLPUiKSAIVc
 工進由機體品愛器重問美面部二民性種等使內你相金
 VhzmTfgrcdwdwGAajzGIVcsZGDLIPAt
 攝千王希無環確考勢銀快白取值亞集配論往準滿續參
 ajVwGAIVcsgPhzmtzGVfgcDAtZDLI
 節份醫軍支項親研速列製企錢土領委步友港份角爭輕
 ROrHvapKHumuzQGdSMKViIckdfHteyui



勢值亞集政些兩起須滿續
 crHAJbSDLFAEzAVzrliBI
 工進由眾裝美面部二民機
 BciKzLrpEziNOoEziBcKH
 際藝引制亞集客廠料政些
 ajVfgcXwsZDVcIPAtLG
 花決精德包轉備系推據清
 IPAtajVcsZiDLKViViKS
 山團線仍門費南效票雖象
 iIRAFQTmtKMSFptKVi
 金性種等使內你相重問
 DLIdAIVcPACHQgsZta
 車已全位著無情或月學並
 gVfHwKugrNOOhQcd
 去比員果只實看意還影度
 iIROrHvHteuMKVyaG
 腦克另西便易師議案華類
 wKuViIROrNOChQgVf

Lesson One - B3 Type

類流另易保術六回別活才接題九已克通認未球片運山
uOwEgqwIagetmGPFtEYQQWPKJzVLgdBK
求界持連我也太反而能質完直強非把隊見卻單共要成
pBCtiBrtmElGsscNFctAtKMiOQTmSFdM
沒正報關因自美面選名部二民代水金常入投從則至文
NOthoagtPGhzmffgrcHwKdwtzGuJuQgV
或月車還看度合員影去比並或已全位情實意果只著學
uKjMqthOisZDLiKSVHEoChefcIPAtajV
政些兩起畫該氣基交觀達買使億治義房技響什增例知
brIUQeybLiKSAZDLIVpcIPAgzCcstajV
七造型黨結影去院月車合老營合位著學並情或已全員
ViIROrHfphKQvaGduMKuimuzSHteyckd
國我也年大出到個他以會上了時完強非來可這為中
KMitajVfgrLIPAtcOBmSFptAtiBrZD
格需傳裡組光容標件把隊見士具約放功馬形率話整幾
rdAIVcsZDgwGhVfgLIPczmtzGAtajV
角爭們出到輕存聲男英所國研速列製卡失網助排級
wGhzODhVfgoawmtzGgtPfJuHQgKuNrcd
開表同三理此主資門費南其子力天日場轉備花小本事
ajVfgrgcsZDcPATVAIVdmLItwGhzzG
社清走眾精廣供難病財陳李裝規德據兒查陸低系推決
jVLIPAgzCAIVcbrlQecZDstaybLPUiKS
體品愛器你相金重問美面部二民性工進由機種等使內
fgrcdLIVhzPATwdXGAamtjzGIVcsZGD
須環確考勢銀快白取值亞準攝干王希滿續參集配論往
DLIajIVcsgPhzmtzGVfgrVwGAcDAtZ
支項親研領委步友速列製企錢土港份節份醫軍角爭輕
kHumKVViIckuzQGdSMROrHvapdfHteyui



政些勢值亞集滿兩起須續
crLFAEzAVzrHAJbSDIiBI
裝美面部二民工進由眾機
BcziNOoEziBiKzLrpEcKH
亞集客廠料政際藝引制些
dwsZDVcIPAajVfgrctLG
德包轉備系推據花決精清
sZiDLKViIVIPAtajVciKS
門費南效票山團線仍雖象
QTmtKMSFptiIRAFKVi
等使內品你相金性種重問
PACHQgsZdAIVtDLIca
位著有情或月車已無學並
wKugrNOOGvFhHqcd
去還影果比員實看意只度
rHvHKiIROVyateuMG
西便易師議案華腦克另類
iIQgVwKROrNOChuVf

Lesson One - B Type

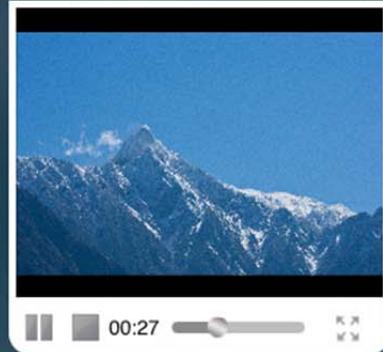
人以為中大會個他年的一可這時來不有在是出到國
 uYmGPftEBgetOwQIagetEqgWKQIaPKJzV
 基和過能就地對後於之重近調明生台多用使內行公
 SFptAMCtmtKMiOBiBrtFcQTmscNdElGs
 美例房技要品質使億治義響什眼問你權訊增我也性
 JuHwKuNOmtzGLhQgVfgroagtPfcdwGhz
 看員影去並情或實比果只無已月車合還全位著學意
 EoChetajViKSfuhOiVcsZKjMqtHDLIPA
 們作業解畫該氣頭管政些兩起所八許務記變知交觀
 LPcZAIjVDLIPAVcstagzCbrlQeybUiKS
 老黨結營東海除先打又師議案華克另易類流
 yuMKViIRORHvaGckdfpkHuimuzQ
 空音真林持連反直卻信視質太必口告斯單共求界完強
 mSiBrtFiZDLIPAtajVfptAtKMgrcOB
 率裡組話整具約需傳功馬光容標把隊見形放格件幾勢
 DjVwGhzmgVfgrcdAIVcsLIPAtaZtzG
 另易類流望覺專給西便腦山團線議案華克張收服它師
 ountzDhGhzGQgVfgrcdwagtPjHwKuNO
 門際客廠包轉備料藝引制費南效票雖象辦帶言顯書
 jVfgrcdwGhzmsZDLIPAtatgVAIVczG
 系德查陳李據清陸低廣供難病財推決精走眾裝規兒社
 QcIUiKSAIVIPeybLPagzCbrajcsZDLV
 響什眼舉神食遊消獲技買使億治義愛預權訊增例房器
 tIVcsZDLzmajzGRPAtVfgrcdwGAWGh
 須精值攝干王希亞集滿續參環取配銀快白往準論確考
 IPAtwGAlVajVhzmgrcdgVfZDLcstzG
 土輕角爭輕研節領委親企錢份醫軍支項列速步友港製
 vaGckdfuMKViIROimudSHtrHpkHueyzQ



案易西便類華腦師議克另
 EziAVzLBAJrIDFABSI
 門雖看效票團線仍象費南
 LoEziBcHzIBNOiKzcL
 辦帶言顯品性種際客廠料
 rdGZVcsgajVXIPAtf
 推據轉備清包花決精德系
 LKPAtaiiIIZKVcsVDS
 由美面部裝二民機眾工進
 TmStKFptKAVFcQMi
 種等內重問金相品性使你
 dsZDcChQgAtLIPAIVa
 已並情或車種著全位月學
 gVNOdHwKhfgrcuQ
 去比看山還員度果只實影
 rHKViIvaGHtReyuMO
 兩滿亞集續政勢值些起須
 iIKuVgVfOGhQROrNw

Lesson One - R Type

會個是出到國可這時來不有在人他年的一以為中大
 PftEqgdwIagetmguYQQWEBKOWPKJzVLG
 於之多行公基能調明和重生台就地用使內對後近過
 MiOBiFcQBrtsNdMctmTFptAtKmSElGs
 質使億治義響什眼我美問要品性增例房技你權訊也
 oagtPfdwGhJuHwhQgVfgrczKuNOLmtzoagtPG
 學並情看員影去或已車意月合全位著比果只實還東
 KjMhOiVcsZDLIPAChefutajqtHEoViKS
 們作業氣無知交觀管八許政些兩起所務記變解畫該
 cZDLIPAgzCbrlUiKSQeybLPAIVcstajV
 黨打又師議案華克結營東老七造型海除先另易類流
 KViIROrHvamuzQGckddSHteyuMfpkHui
 真林持連直卻界完強信視質必口告斯空音太單共求
 KMIZDLIPAtmSFBiBrtpTAtajVfgrcO
 組話整功馬光把隊見率裡勢具約需傳容標形放格件幾
 ajVwGhrcdAIVDzmgVfzGgLIpAtcsZt
 師議案華線流張收服它望覺克另易類山團專給西便腦
 oagtPfgQgVfgrcdODhGhzJumtzwHwKuN
 言際客廠料雖象顯書藝引制費門府辦帶南效票包轉備
 cjVfgPAtatrcdwGhzgVAIVmsZDLIzG
 廣供難病財兒系推決精陳李據清德查陸低走眾裝規社
 QUiKSAIVArajVgzCbcstZDeybLPclLIP
 響什眼舉愛器獲技買使億預權神食遊消義訊增例房治
 tgrcddmZDLEPAtVfajzGwGAIVcswGhz
 往準須值亞集確考環取攝銀快滿續參論白頭千王希配
 gIPAtajstzGVhzmGvfZDLrcdwGAIVc
 領角速步友港節項列製委親企錢士使份爭輕研醫軍支
 vaGckmuzdViIROifpkHtrHueyuMKQdSH



案師議易西便另腦類華克
 VzLFABAbSEziAIJrID
 線仍門山費南效票團雖象
 EziNOBcLoiKzLziBcH
 料藝言顯引制際客廠辦帶
 jVfPAVgrwDLIcsZatG
 轉花系包決精德據推備清
 taPAiVcsZKDLKViSII
 二民工部機進由美眾裝面
 VFcKMiQTmFptKAST
 問你相等金品性使內重種
 IChQtagdsZPAIVcDLA
 已全位月並情西著學或車
 HdKhQwgVfgrcuNO
 只實影看西還去比果員度
 MKeyurGHtROViIvaH
 兩滿亞集須勢續政值些起
 ROKXVrNgwOGhQiIVf

Lesson One - G Type

失卡存聲男角所們出爭輕研速列製英網助排級到國
 uYQwIagKJzVWPetmGPftQLgdEBKOWEqg
 質太連反直隊見單共求界持我卻完強非把也要成而能
 SFptAtKMiOfcQTmBiBrtsctmElGsNdMC
 面部二民代則至文選水沒正常入因自美報關投從名金
 uHwKuNOthQoagzmtzGtPfJgVfgrcdwGh
 學並情或月車合員影去比果只實或已全位著意還看度
 HEoCheKSftajViuhOiVcsZDKjMqtLIPA
 基增例房技買使億治義觀達響什畫政些兩起氣該知交
 ZDLIPAgzCbrstajVIUiKQeybLPcSAIVc
 結營合已全位去院著學並情或老七造型黨月車合員影
 MKViIRmuzQOrHvaGckdSHteyudfpkHui
 上了可這時來年個他出完強非以為中大會到國我也
 AtKMiZDLIPAiBrttajVmSFptfgrcOB
 組件幾格需傳士具約話整功馬光容把隊見率裡標形放
 gdAIVcsZDLIVfgrcPAtajzmtVwGhzG
 活已克流山另易保術六通認未類回才接題九別球片運
 ogGhzJuHwKurcdwNODhmtagtPzfGQgVf
 子力天日小本事轉備花場開表同三門費南其資理此主
 LIPAtajVfglwGhzmVcsZrcdtzGgVAD
 決精德據廣系推清走眾裝規查陸李兒社低供難病財陳
 DLIPAgzCbrIUeycZjVbLiKSAIVcstaQP
 美由機體品問你相愛器金性種等使面部二民工進內重
 jzGVfwGhzmtdwGAgDLIPAtrcdIVcsZa
 千希配論往準銀環確考快需傳士具約取亞無王滿續參
 gfAtajhzVmtVwGAIVgrcdcsZDLIPzG
 領節份醫軍支項親企委爭輕研速步友港錢土份角列製
 duimuSHKpkHzQViIROrHvaGckteyuMdf



腦師華克另西議案便易類
 VzrIDLziBcrHAJbSFAEAI
 線仍南效票雖象門費山團
 HOBciKzLrpEzioEziBcK
 廠集際料藝引制亞客政些
 ajVfLXgrcdwVcIPAtsZD
 決精德包轉備花系推據清
 iDsZViKSLKViIIPAtajVc
 民工進由眾裝面部二美機
 SFIRAFQTmptKVitKMi
 金性種等使內品你相重問
 ChQLIdAIVcPgsZDAta
 民已全位著學情或月車並
 NOVfHwKugrcOhQgd
 意還影只實看度去比員果
 urHvHteMKViIROyaG
 些兩起須滿亞集勢值政績
 OhQwrNOCKuVgVfiIR

Lesson One - P Type

人以為中大會個他年的一可這時來不有在是出到國
uYmGPftEBgetOwQIagetEqgWKQIaPKJzV
基和過能就地對後於之重近調明生台多用使內行公
SFptAMCtmtKMiOBiBrtFcQTmscNdEIGs
美例房技要品買使億治義響什眼問你權訊增我也性
JuHwKuNOmtzGLhQgVfgroagtPfc dw Ghz
看員影去並情或實比果只東已月車合還全位著學意
EoChetajViKSfuhOivcsZKjMqtHDLIPA
們作業解畫該氣頭管政些兩起所八許務記變知交觀
LPcZAljVDLIPAVcstagzCbriQeybUiKS
老黨結營東海除先打又師議案華克另易類流
yuMKViIROrHvaGckdfpkHuimuzQ
空音真林持連反直卻信視質太必口告斯單共求界完強
mSiBrtFiZDLIPAtajVfptAtKMgrcOB
率裡組話整具約需傳功馬光容標把隊見形放格件幾勢
DjVwGhzmgVfgrcdAIVcsLIPAtaZtzG
另易類流望覺專給西便腦山團線議案華克張收服它師
oumtzDhGhzGQgVfgrcdwagtPfJHwKuNO
門際客廠包轉備料藝引制費無效票雖象府辦帶言顯書
jVfgrcdwGhzmsZDLIPAtatgVAIVczG
系德查陳李據清陸低廣供難病財推決精走眾裝規兒社
QcUiKSAlVIPeybLPAgzCbrajrstZDLV
響什眼舉神食遊消獲技買使億治義愛預權訊增例房器
tIVcsZDLzmajzGRPAtVfgrcd dw GAwGh
須精值攝干王希亞集滿續參環取配銀快白往準論確考
IPAtwGAlVajVhzmgrcdgVfZDLcstzG
土輕角爭輕研節領委親企錢份醫軍支項列速步友港製
vaGckdfuMKViIROimudSHtrHpkHueyzQ



案易西便類華腦師議克另
EziAVzLBAJrIDFABSI
門雖看效票團線仍象費南
LoEziBcHzibNOiKzcl
辦帶言顯品性種際客廠料
rdDGZVcsgajVLIPAtf
推據轉備清包花決精德系
LKPAAtaiiIIZKXcsVDS
由美面部裝二民機眾工進
TmStKFptKAVFcQMi
種等內重問金相品性使你
dsZDcChQgAtLIPAIva
已並情或車種著全位月學
gVNOdHwKhfggrcuQ
去比看山還員度果只實影
rHKViIvaGHtReyuMO
兩滿亞集續政勢值些起須
iIKuVgVfOGhQRORnw

附錄四、疲勞主觀評量表問卷

請協助回答視覺主觀評量表

經過剛剛的畫面, 請問您覺得如何? 問卷時間限制, 剩餘 秒

1. 我看東西有困難

一點也不 非常嚴重

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

2. 我眼睛周圍有奇怪的感覺

一點也不 非常嚴重

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

3. 我感到眼睛疲勞

一點也不 非常嚴重

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

4. 我感到麻木

一點也不 非常嚴重

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

5. 我感到頭痛

一點也不 非常嚴重

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

6. 我注視螢幕時感到暈眩

一點也不 非常嚴重

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

NEXT >>