

國立臺東大學資訊管理學系

碩士論文

Department of Information Science and Management Systems

National Taitung University

Master Thesis

電腦疲勞防護系統之使用性評估研究－基於科技

接受模式 TAM3

Usability Evaluation Study of Computer Fatigue

Prevention Systems based on the Technology

Acceptance Model 3

陳冠廷

Kuan-Ting Chen

指導教授：謝明哲 博士

Advisor: Ming-Che Hsieh, Ph.D.

中華民國九十九年七月

July, 2010

NTTU Library



# 博碩士論文授權書

本授權書所授權之論文為本人在 國立臺東大學資訊管理學 系(所) 98 學年度第 二 學期取得 碩 士學位之論文。

論文名稱：電腦疲勞防護系統之使用性評估研究—基於科技接受模式 TAM3

本人具有著作財產權之論文全文資料，授權予下列單位：

| 同意                                  | 不同意                      | 單位                     |
|-------------------------------------|--------------------------|------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 國家圖書館                  |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 本人畢業學校圖書館              |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 與本人畢業學校圖書館簽訂合作協議之資料庫業者 |

得不限地域、時間與次數以微縮、光碟或其他各種數位化方式重製後散布發行或上載網站，藉由網路傳輸，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。

同意 不同意 本人畢業學校圖書館基於學術傳播之目的，在上述範圍內得再授權第三人進行資料重製。

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：\_\_\_\_\_，請將全文資料延後半年再公開。

## 公開時程

| 立即公開 | 一年後公開 | 二年後公開                               | 三年後公開 |
|------|-------|-------------------------------------|-------|
|      |       | <input checked="" type="checkbox"/> |       |

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勾選，本人同意視同授權。

指導教授姓名：謝明哲 (親筆簽名)

研究生簽名：陳冠廷 (親筆正楷)

學 號：9701307 (務必填寫)

日 期：中華民國 99 年 7 月 22 日

# 博碩士論文電子檔案上網授權書

(提供授權人裝訂於紙本論文書名頁之次頁用)

本授權書所授權之論文為授權人在 國立臺東大學 資訊管理學系碩士班 \_\_\_\_\_組 98 學年度第 二 學期取得 碩士 學位之論文。

論文題目：電腦疲勞防護系統之使用性評估研究—基於科技接受模式 TAM3

指導教授：謝明哲 博士

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。

- 讀者基非營利性質之線上檢索、閱覽、下載或列印上列論文，應依著作權法相關規定辦理。

授權人：陳冠廷

簽名：陳冠廷

中華民國 99 年 07 月 20 日

國立台東大學  
學位論文考試委員審定書

系所別：資訊管理學系

本班 陳冠廷 君

所提之論文 電腦疲勞防護系統之使用性評估研究—基於科技接受模式 TAM3

業經本委員會通過合於 碩士學位論文 條件

論文學位考試委員會：



(學位考試委員會主席)



(指導教授)

論文學位考試日期：99年06月21日

國立台東大學

## 誌 謝

首先，我要感謝指導教授謝明哲老師的敦敦教誨，除了學業上的傳授外，老師更灌輸我對人生及處理事物的態度，以及健康促進的觀念給我，使我在日後面對不同的壓力時處之泰然，並成為我日後的精神指標；進而給予我許多的研究方向及細心的指導，在此真的非常感謝老師您不辭辛勞的栽培。另外也要特別感謝中山大學吳仁和院長及台東大學辛信興教授兩位口試委員，給本研究提供了許多十分寶貴的意見、指導及評論，使本文得以更充實與完備，在此僅獻上最誠摯的敬意與謝意。

其次，論文撰寫期間，感謝家人精神與時間的支持，讓我無後顧之憂專心做好研究，在學校學習知識充實自我，雖然只有短短兩年，確讓自己在台東結識許多好朋友。在此感謝身邊包容我、陪伴我，以及熱心參與實驗的朋友、同學及學弟妹們。另外，在這兩年中深得我心的夥伴們，謝謝任勞任怨的聖熙哥、千杯不醉的龍富、愛吃吃的北饅錄哥、永遠18歲的正妹饅頭和千千、塔羅牌之神文翔、同窗於地獄般宿舍的木須、不怕熱和冷的正義使者袖子，還有讓我增廣見聞的學長洸永、宜澤，以及讓我費盡心思的潮男學弟名哲，這些日子在你們的陪伴下，讓我每一天都過得無比精彩，並在這短短的求學日子，在我心中刻上深深的記憶，一切感激盡在不言中，謝謝你們！

最後要感謝國科會經費補助，計畫編號NSC98-2221-E-143-003，使本研究計畫得以順利完成，特申謝意。

陳冠廷 謹誌  
台東大學資管所  
2010年6月21日

# 電腦疲勞防護系統之使用性評估研究－基於科技接受模式TAM3

作者：陳冠廷 指導教授：謝明哲 博士

國立台東大學資訊管理學系碩士班

## 摘要

由於目前市面上與電腦相關的疲勞防護系統未被廣泛接受，為探究其因，本研究乃針對目前市面上三個常見的電腦疲勞防護系統進行使用性評估，以瞭解其使用性的主客觀績效，並探討其使用性問題與未被廣泛接受的關鍵因素。基於TAM3的主客觀使用性構面與路徑關係，本研究納入PSSUQ使用性評估問卷的相關問項，以瞭解電腦使用者在實際操作過電腦疲勞防護系統後的主觀使用性評價；並應用績效率測法，藉由生理回饋量測多重生理參數及實驗任務來驗證電腦疲勞防護系統對生理疲勞的改善程度，以及對電腦工作績效的影響。

針對10位個案進行兩階段對照組實驗後，結果顯示電腦疲勞防護系統在客觀使用性具有顯著的成效。同時，針對該10位個案進行主觀的使用性評估問卷調查後，依據TAM3的路徑關係及交叉比較分析得知，影響電腦疲勞防護系統主觀使用性的主要負面評價來自「輸出品質」、「結果展示度」、及「認知娛樂性」，並間接影響使用者的使用意願。另外，經訪談個案得知，多數有長時間使用電腦的經驗，且於疲勞發生時往往不自覺。最後，本研究綜合上述結果，提出未來改善電腦疲勞防護系統的具體建議。

**關鍵詞：**電腦疲勞防護系統、生理回饋、主客觀評估、科技接受模式、使用性評估

# Usability Evaluation Study of Computer Fatigue Prevention Systems based on the Technology Acceptance Model 3

Author: Kuan-Ting Chen    Advisor: Ming-Che Hsieh, Ph.D.

Department of Information Science and Management Systems

National Taitung University, ROC

## Abstract

Because that the computer fatigue prevention systems have not been widely accepted in the current market, this study focuses on evaluating the objective and subjective usability of three market available computer fatigue prevention systems to explore the key factors that reduce their acceptance and to discuss the usability problems. Based on the objective and subjective usability construct path relation of TAM3, this research integrated the related questions of PSSUQ to evaluate the subjective usability of the computer fatigue prevention systems after the subject uses. Meanwhile, according to the performance measuring methodology, the experimental tasks and the biofeedback measuring of the subjects' multiple physiological parameters were conducted to verify their physiological fatigue and computer working performance.

After two-stage tests of ten subjects participating both control and experimental tasks, the results showed that the three target systems all gained positive objective usability. And by examining the results of the cross-comparis survey questionnaires and the TAM3 paths, we found that the key factors that negate the subjective usability of the target systems are "Out Quality", "Result Quality", and "Perceived Enjoyment", which intermediately reduce their acceptance. Further, after interviewing the subjects, we found that most of them had experienced long-time using computer and ignoring computer fatigue. Finally, this study synthesizes the above results and proposes the improvement concrete proposal for the computer fatigue prevention systems.

**Keywords:** computer fatigue prevention systems, biofeedabck, subjective and objective evaluation, technology accept model, usability evaluation

# 目次

|   |       |     |
|---|-------|-----|
| 誌謝  | ..... |     |
| 摘要  | ..... | i   |
| Abstract  | ..... | ii  |
| 目次  | ..... | iii |
| 圖目次   | ..... | v   |
| 表目次   | ..... | vi  |
| 第一章 緒論  | ..... | 1   |
| 1.1 研究背景與動機                                     | ..... | 1   |
| 1.2 研究問題  | ..... | 2   |
| 1.3 研究目的  | ..... | 2   |
| 1.4 研究範圍及限制                                     | ..... | 3   |
| 1.5 論文架構  | ..... | 4   |
| 第二章 文獻探討  | ..... | 6   |
| 2.1 電腦作業相關的疲勞防護系統                               | ..... | 6   |
| 2.1.1 EyeLoveU 電腦疲勞防護系統                         | ..... | 11  |
| 2.1.2 Workrave 電腦疲勞防護系統                         | ..... | 14  |
| 2.1.3 RSIGuard 電腦疲勞防護系統                         | ..... | 17  |
| 2.2 使用性工程                                       | ..... | 20  |
| 2.2.1 使用性評估的方法                                  | ..... | 21  |
| 2.2.2 績效量測法 (Performance Measures)              | ..... | 23  |
| 2.2.3 問卷調查法 (Questionnaire)                     | ..... | 23  |
| 2.3 科技接受模型                                      | ..... | 24  |
| 2.3.1 慎思行動理論 (Theory of Reasoned Action, TRA)   | ..... | 24  |
| 2.3.2 計劃行為理論 (Theory of Planned Behavior, TPB)  | ..... | 25  |
| 2.3.3 科技接受模型 (Technology Acceptance Model, TAM) | ..... | 26  |
| 2.4 視覺疲勞相關研究                                    | ..... | 34  |
| 2.5 肌肉骨骼問題相關研究                                  | ..... | 35  |
| 2.6 生理回饋技術 (biofeedback technique)              | ..... | 37  |
| 2.6.1 肌電圖 (Electromyography, EMG)               | ..... | 37  |
| 2.6.2 心電圖 (Electromyography, ECG)               | ..... | 39  |
| 第三章 研究方法  | ..... | 41  |
| 3.1 使用性評估應用構面模型                                 | ..... | 42  |
| 3.1.1 應用模型構面之操作型定義                              | ..... | 43  |
| 3.2 問卷設計  | ..... | 45  |
| 3.3 實驗設計  | ..... | 48  |
| 3.4 實驗內容及變項                                     | ..... | 49  |

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 3.4.1 自變項.....            | 50  |
| 3.4.2 依變項.....            | 51  |
| 3.5 實驗對象及場所.....          | 52  |
| 3.5.1 受測者.....            | 52  |
| 3.5.2 實驗環境.....           | 52  |
| 3.6 實驗任務執行工具.....         | 53  |
| 3.7 實驗流程.....             | 54  |
| 3.8 預設實驗結果與推理.....        | 57  |
| 3.9 資料分析方法.....           | 58  |
| 第四章 資料分析與結果.....          | 59  |
| 4.1 信效度分析.....            | 59  |
| 4.2 生理數據結果分析.....         | 60  |
| 4.2.1 表面肌電(sEMG)數據分析..... | 60  |
| 4.2.2 心率變異度(HRV)數據分析..... | 63  |
| 4.2.3 眨眼頻次(BF)數據分析.....   | 64  |
| 4.3 任務數據結果分析.....         | 67  |
| 4.3.1 每分鐘打字率分析.....       | 67  |
| 4.3.2 錯誤率分析.....          | 69  |
| 4.4 問卷調查結果分析.....         | 70  |
| 4.4.1 使用前評估結果分析.....      | 71  |
| 4.4.2 使用後評估結果分析.....      | 76  |
| 4.4.3 主客觀評估結果分析.....      | 92  |
| 第五章 結論與討論.....            | 94  |
| 參考文獻.....                 | 96  |
| 附錄一、電腦疲勞防護系統使用前評估問卷.....  | 102 |
| 附錄二、電腦疲勞防護系統使用後評估問卷.....  | 104 |
| 附錄三、實驗同意書.....            | 107 |
| 附錄四、實驗與問卷數據統計表.....       | 108 |

# 圖目次

|   |    |
|---|----|
| 圖 1-1 論文架構 .....                            | 1  |
| 圖 2-1 小休息圖示 .....                           | 11 |
| 圖 2-2 EyeLoveU 介面功能 .....                   | 12 |
| 圖 2-3 EyeLoveU 靜態休息畫面 .....                 | 13 |
| 圖 2-4 EyeLoveU 立即休息功能 .....                 | 13 |
| 圖 2-5 Workrave 介面提醒顯示 .....                 | 14 |
| 圖 2-6 Workrave 三種計時功能介面 .....               | 15 |
| 圖 2-7 Workrave 暫停功能顯示 .....                 | 15 |
| 圖 2-8 Workrave 動態休息畫面 .....                 | 16 |
| 圖 2-9 Workrave 每日限制功能介面 .....               | 16 |
| 圖 2-10 Workrave 音效功能 .....                  | 17 |
| 圖 2-11 真人模擬互動形式 .....                       | 18 |
| 圖 2-12 RSIGuard 使用者介面 .....                 | 18 |
| 圖 2-13 RSIGuard 記錄使用者鍵盤滑鼠的操作及生理訓練部位圖表 ..... | 19 |
| 圖 2-14 RSIGuard 小休息提示 .....                 | 19 |
| 圖 2-15 慎思行動理論 (TRA) .....                   | 1  |
| 圖 2-16 計劃行為理論 (TPB) .....                   | 1  |
| 圖 2-17 科技接受模型 (TAM) .....                   | 1  |
| 圖 2-18 科技接受模型 2 (TAM2) .....                | 1  |
| 圖 2-19 整合性科技接受與使用理論 (UTAUT) .....           | 1  |
| 圖 2-21 電腦作業伸展運動 .....                       | 36 |
| 圖 3-1 應用構面模型 .....                          | 1  |
| 圖 3-2 實驗架構 .....                            | 50 |
| 圖 3-3 實驗環境示意圖 .....                         | 52 |
| 圖 3-4 Biograph Infiniti Encoder .....       | 53 |
| 圖 3-5 實驗流程 .....                            | 56 |
| 圖 4-1 有無使用電腦疲勞防護系統 sEMG 差異性 .....           | 61 |
| 圖 4-2 有無使用電腦疲勞防護系統 HF & LF 差異性 .....        | 64 |
| 圖 4-3 有無使用電腦疲勞防護系統 BF 差異性 .....             | 65 |
| 圖 4-4 有無使用電腦疲勞防護系統打字率的差異性 .....             | 68 |
| 圖 4-5 有無使用電腦疲勞防護系統錯誤率的差異性 .....             | 69 |
| 圖 4-6 使用前整體問卷評價 .....                       | 72 |
| 圖 4-7 系統 A 電腦疲勞防護系統整體使用性評價 .....            | 79 |
| 圖 4-8 系統 B 電腦疲勞防護系統整體使用性評價 .....            | 84 |
| 圖 4-9 系統 C 電腦疲勞防護系統整體使用性評價 .....            | 89 |

## 表目次

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| 表 2-1 目前與電腦作業相關的疲勞防護系統和軟體實例 .....     | 7  |
| 表 2-2 電腦作業相關的疲勞防護系統之功能性比較分析 .....     | 10 |
| 表 3-1 電腦疲勞防護系統使用性評估問卷問項 .....         | 45 |
| 表 4-1 電腦疲勞防護系統 A 之表面肌電變化 T 檢定 .....   | 62 |
| 表 4-2 電腦疲勞防護系統 B 之表面肌電變化 T 檢定 .....   | 62 |
| 表 4-3 電腦疲勞防護系統 C 之表面肌電變化 T 檢定 .....   | 63 |
| 表 4-4 電腦疲勞防護系統 A 之眨眼頻次 T 檢定 .....     | 65 |
| 表 4-5 電腦疲勞防護系統 B 之眨眼頻次 T 檢定 .....     | 66 |
| 表 4-6 電腦疲勞防護系統 C 之眨眼頻次 T 檢定 .....     | 66 |
| 表 4-7 實驗打字任務之每分鐘淨打字數 T 檢定 .....       | 68 |
| 表 4-8 實驗打字任務之錯誤率 T 檢定 .....           | 70 |
| 表 4-9 TAM3 與 PSSUQ 使用性評估構面關聯性分析 ..... | 71 |
| 表 4-10 使用前評估問卷信度分析表 .....             | 72 |
| 表 4-11 使用者電腦自我效能因子之使用前評估分析 .....      | 72 |
| 表 4-12 使用者認知外部控制因子之使用前評估分析 .....      | 73 |
| 表 4-13 使用者認知電腦焦慮感之使用前評估分析 .....       | 74 |
| 表 4-14 使用者認知電腦玩興之使用前評估分析 .....        | 75 |
| 表 4-15 使用前評估問卷信度分析 .....              | 76 |
| 表 4-16 系統 A 電腦疲勞防護系統使用後評價分析 .....     | 77 |
| 表 4-17 使用者評估系統 A 之負面使用性評估項目 .....     | 79 |
| 表 4-18 系統 B 電腦疲勞防護系統之使用後評價分析 .....    | 81 |
| 表 4-19 使用者評估系統 B 之負向使用性評估項目 .....     | 84 |
| 表 4-20 系統 C 電腦疲勞防護系統之使用後評價分析 .....    | 86 |
| 表 4-21 使用者評估系統 C 之負向使用性評估項目 .....     | 89 |
| 表 4-22 整體負面評價外在影響因素比較 .....           | 91 |
| 表 4-23 各因子對認知有用及易用性之關聯性評估 .....       | 93 |

# 第一章 緒論

## 1.1 研究背景與動機

由於科技的發達使得資訊傳遞更加迅速與廣泛，且醫療保健的觀念日益重要，而當今為資訊時代網路社會，不論工作或娛樂、現代上班族學生以及所有新世代年輕人幾乎每日皆與電腦為伍。而多數疲勞以電腦作業相關因素居多，使得電腦作業疲勞防護方面也逐漸備受重視，容易因長時間重複性動作，以及姿勢不良的久坐，導致其它生理相關部位也有疲勞的現象產生。這些因長期使用電腦所引發的身體不適或疾病，稱為「電腦作業症候群」。

依據過去文獻得知，多數研究是針對電腦作業環境，如：空氣品質、溫度、作業時數、視距、環境照明、螢幕所呈現之文字/背景色彩組合等方面來探討因電腦作業所造成的生理及心理相關層面的疲勞研究。而至今的網路技術已成熟，眾多業者透過了網路來供應與電腦作業相關的疲勞防護系統或軟體，如本研究所評估的 RSIGuard、Workrave、EyeLoveU 等系統。此類相關系統為操作電腦時採取預警影像、聲音或視窗小幫手等方式呈現，用以提醒電腦使用者進行短暫的休息，同時告知使用者須進行各種眼部運動、姿體放鬆和伸展操來預防過度的生理疲勞發生，並監測滑鼠與鍵盤的操作次數來控制電腦使用的時間，以減少長時間操作電腦的問題。然而，電腦疲勞較常發生的問題多為肌肉與視覺疲勞，即電腦使用者經長期和強烈肌肉收縮後的狀態，主觀感覺為能量的耗盡，客觀上則表現於工作績效的降低、肌力收縮下降和速度的減低，以及肌肉鬆弛減緩等疲勞現象產生。

而正所謂「預防勝於治療」，對於現有的電腦疲勞防護系統是否能有效預防及改善生理疲勞之重要性也大幅提升。並有相關研究已針對市面上的電腦疲勞防護系統進行彙整及需求性分析，並發現多數電腦使用者未曾使用過與電腦相關的疲勞防護系統（詹宜澤，2009）。進而，本研究為探討實際操作

電腦疲勞防護系統後對生理上的改善程度及工作績效的影響，並進行電腦疲勞防護系統的使用性評估。藉由實驗與問卷之主客觀評估方式來驗證有無使用電腦疲勞防護系統的差異；並探討造成使用性低之外在影響因素，以解釋其影響系統使用性及接受度的原因。

## 1.2 研究問題

本研究為評估電腦疲勞防護系統的使用性，而探討其有無使用電腦疲勞防護系統對於生理上的改善及預防疲勞的程度？以及是否能維持電腦的工作績效？並探討其使用上是否有哪些不足之處，而影響了電腦使用者予以系統的主觀使用性較低的評價？

## 1.3 研究目的

本研究將依據研究問題，基於 Venkatesh and Bala (2008) 所提出的科技接受模型 3 (Technology Accept Model 3, TAM3) 之外在影響因素於 PSSUQ 使用性評估中，並採主客觀使用性評估的方式來驗證電腦疲勞防護系統對使用者生理上肌肉及視覺疲勞的改善程度，以及使用系統前後的主觀感受。

因此，本研究欲達目的為：

1. 基於 TAM3 的主客觀使用性構面與路徑關係，並納入 PSSUQ 使用性評估問卷的相關問項，以瞭解電腦使用者在實際操作過電腦疲勞防護系統後的主觀使用性評價。
2. 依據 TAM3 的客觀使用性構面，應用績效量測法，藉由生理回饋量測多重生理參數及實驗任務來評估電腦疲勞防護系統對生理疲勞的改善程度，以及對電腦工作績效的影響。

## 1.4 研究範圍及限制

本研究為探討與電腦相關的疲勞防護系統之使用性，並只針對市面上三套電腦疲勞防護系統進行評估、分析及比較，而無評估與電腦不相關的疲勞防護系統。

本研究限制如下所述：

1. 本研究將實驗環境因子設定為固定因子，整個實驗在實驗室中完成，所以無法探討在公共場所、燈光不足環境中等實際有可能影響實驗的環境變數。

2. 本研究將實驗設計因子亦也設定為固定因子，實驗任務設定為英文打字任務，而非採用中文打字的方式，以排除因輸入法之差異而影響實驗結果。因此一律採英文輸入法。並因電腦作業而限制於上肢局部生理部位進行肌電反應、心律變異度及眨眼頻次等生理量測。

3. 本研究無探討電腦字型、字體大小、文字與背景的色彩、照度等影響因子，而探討其電腦使用者有無使用電腦疲勞防護系統之主客觀差異性，以分析影響系統使用性之外在因素。

4. 本研究實驗控制在固定的環境中進行，較無法分析各種操作環境的影響因素，也較無法探討環境因素帶給電腦使用者操作的影響，故建議後續的研究可以針對各種職場環境來探討，使其電腦疲勞防護系統在使用性評估上更為完整。

5. 本研究的有效樣本僅限於學生，使樣本整體上的異質性不高，而無法針對各個年齡層來分群組作一統計評估。然而，不同職業族群對電腦疲勞防護系統的使用性上的主觀見解亦有其差異。因此，本研究建議後續研究可擴增電腦使用者層面，並劃分群組來作一統計分析其系統使用性及接受度的差異程度，以提升研究領域的廣度。

## 1.5 論文架構

本研究將基於TAM3於電腦疲勞防護系統使用性評估研究。首先對與電腦相關及生理疲勞，以及評估方法等相關文獻加以探討，以了解過去電腦作業疲勞的實證研究方向與觀念發展，用以決定研究主題，所採取的評估方式為實驗與問卷分析；經過預試後再收集可信的數據及資料，並將所收集的實驗數據與問卷加以整理進行統計分析，為評估電腦疲勞防護系統之使用性問題，最終提出結論與建議，以作為後續業者的參考依據。

本論文內容在撰寫與編排上，主要可分為六個章節，如圖1-1 所示。

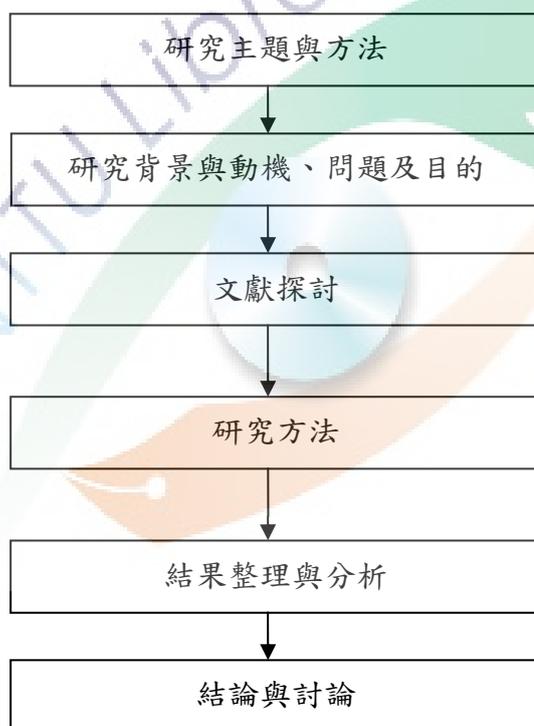


圖 1-1 論文架構

第一章說明研究背景與動機，並列出研究問題及目的。

第二章文獻探討的部分包含如下：(1) 針對現有與電腦相關的疲勞防護系統進行彙整及功能比較來分析其差異性，以找出本研究所需納入評估的電腦

疲勞防護系統，並探討有無使用電腦疲勞防護系統的主客觀差異性；(2) 本研究應用的科技接受模型 3 與 PSSUQ 使用性評估之相關性資料，以及研究中所採取的主客觀使用性評估方法。主觀面採使用性評估之偵測法，即為問卷調查法，並將 PSSUQ 使用性評估問卷構面納入 TAM3 之外在影響因素的關連性構面中，以評估電腦作業相關的疲勞防護系統未被普遍接受及使用的原因。而客觀面採使用性評估之測試法，即為績效量測法，亦透過實驗的方式，透過生理回饋評估儀來量測電腦使用者於操作電腦時所伴隨的肌肉及視覺疲勞程度，同時透過錄影機來記錄眨眼頻次作為視覺疲勞的指標；(3) 探討電腦作業時易發生的重複性動作之肌肉骨骼問題與肌肉疲勞的相關文獻，以及使用電腦時常伴隨的視覺疲勞之相關文獻；(4) 介紹本實驗所採用的多重生理量測工具—生理回饋評估儀中之肌電反應 (EMG) 與心率變異度 (HRV) 等生理參數，以驗證使用者於電腦作業時的肌肉疲勞程度。

第三章說明研究方法，包括：(1) 基於 TAM3 於 PSSUQ 使用性評估中，而提出一使用性評估應用模型；(2) 主觀使用前後評估之問卷設計；(3) 客觀使用性評估之實驗設計、內容及變項；(4) 實驗目的；(5) 實驗對象及場所；(6) 實驗任務執行工具；(7) 實驗流程；(8) 預設實驗結果與推理；(9) 資料分析方法。最後，藉此研究方法來完成本研究之主客觀使用性評估。

第四章為資料分析與結果，根據第三章實驗設計完成之個案實驗測試結果進行統計分析。

第五章為結論與討論，評估三套電腦疲勞防護系統的分析所產生的問題與結果，並建議後續研究發展方向。

## 第二章 文獻探討

### 2.1 電腦作業相關的疲勞防護系統

由於目前市面上與電腦相關的疲勞防護系統未被廣泛接受及使用（詹宜澤，2009）。本研究為探究其因，將探討電腦使用者導致系統低使用性及接受程度的原因。

本研究首先彙整國內外的疲勞防護系統，並針對與電腦相關的疲勞防護系統進行全面性的功能比較。並由文獻中得知，長時間電腦作業與眼睛，以及上肢肌肉骨骼傷害有直接的關聯。而目前較常見之電腦疲勞防護系統，多數屬於應用軟體，例如：WorkRave、RSIGuard、XWrits 及 Stretch Break 等四種為較常見的軟體（Morris et al., 2008），且以較常出現之問題所在為眼部與上肢局部生理部位。由此可見，目前的電腦疲勞防護系統多數具備全面性的功能，以幫助電腦使用者預防過度疲勞的發生，而所採取的改善方法多數是利用圖示及聲音提示的方式讓使用者得到直接或間接的疲勞舒解。

並有研究將電腦疲勞防護系統所呈現的介面可劃分為直接和引導式幫助的形式。而所謂的直接式幫助，即透過小幫手（如：彈出視窗警示）直接告知使用者必須休息或是給予減緩疲勞的教學，此方式屬靜態的圖案或畫面呈現；而引導式幫助則屬動態的方式呈現，並透過真人模擬互動方式來帶動使用者進行放鬆體操教學，以讓使用者較能確切的進行舒展身體的動作，以達到有效舒緩疲勞的效果（詹宜澤，2009）。並瞭解近年國內研究已針對電腦使用者，所予以生理疲勞的改善方法及告知影響疲勞部位的相關訊息（例如：眼睛、頸、肩、肘部、腕部…等生理部位）產生警示（徐立威，2005；吳欣潔，2006）。由此可見，目前研究所針對的疲勞改善層面較為廣泛，此亦與前述對於電腦疲勞防護系統功能所具備之全面性相輔。

因此，本研究將透過網路蒐集相關軟體和系統，並著重於電腦使用常伴

隨的疲勞現象之眼部及上肢局部肌肉部位來蒐集相關的電腦疲勞防護系統。而各套系統皆可透過網際網路安裝此系統，不僅下載簡單，且便利與使用性十足。因此，本研究首先將所蒐集到與電腦作業相關之疲勞防護系統及軟體實例進行彙整與比較，用以找出符合本研究所需的系統，如表 2-1 所示。

表 2-1 目前與電腦作業相關的疲勞防護系統和軟體實例

| 系統軟體名稱          | 發行者   | 年份   | 系統、軟體簡介  |
|-----------------|---|------|--|
| <b>RSIGuard</b> | <a href="http://www.rsiguard.com/">http://www.rsiguard.com/</a>                             | 2000 | <p>RSIGuard 支援多使用者，在多人共用一台電腦的情況下，RSIGuard 可以分別記錄每個使用者的設定、資料等等。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 設定精靈 ( Setup Wizard ) 幫助設定 RSIGuard，以符合需求。</li> <li>2. RSIGuard 主畫面上可以顯示鍵盤、滑鼠的使用情形，適時提醒該休息的時候，可以選擇較小的主畫面，只有在把滑鼠移過去時才會展開，或是乾脆將程式縮小到系統工具列中。</li> <li>3. 多種設定讓調整，如：電腦主要用途 ( 不同的電腦用途有不同的工作量 )、有沒有使用特製的鍵盤，或是軌跡球、搖桿、觸控板等等，還有各種口語化的問題 ( 如：你用鍵盤 / 滑鼠多久之後會不舒服？ )。</li> </ol> |
| <b>EyeLoveU</b> | <a href="http://www.affdesign.com/tw/index.html">http://www.affdesign.com/tw/index.html</a> | 2000 | <p>EyeLoveU 護眼精靈是一套聰明的眼睛保護程式，可在使用電腦一段時間後，提醒電腦使用者讓眼睛休息。並為相關護眼軟體中功能較具完整性，除了一般的定時提醒之外，還提供</p>   |

|                  |   |      |  |
|------------------|---|------|--|
|                  |   |      | <p>了智慧提醒模式，藉由滑鼠與鍵盤的操作動作，來判斷電腦使用者操作電腦的時間。且內建的人工智慧邏輯，還可以處理模糊的操作計時，並依據不同的時段，而有不同的提醒畫面。</p>  |
| <b>ErgoSmart</b> | <a href="http://www.datachemsoftware.com/ergosmrt.htm">http://www.datachemsoftware.com/ergosmrt.htm</a> | 2000 | <p>此系統是用來訓練（員工）電腦使用安全的軟體，簡單易懂、圖文並茂的說明，教導如何在舒適的環境下使用電腦，減少因使用電腦造成的傷害。經由一系列的問答，讓使用者知道電腦工作環境適不適合工作，他的健康情形如何，還有關於電腦使用傷害的小知識。</p>                                    |
| <b>Fit@Work</b>  | <a href="http://www.fitatwork.com/?l=e&amp;p=4">http://www.fitatwork.com/?l=e&amp;p=4</a>               | 2001 | <p>此系統專為整天坐在電腦前的人所設計的一套程式，如同專家的建議 fit@work 會提醒電腦的使用者每隔一段時間（30分到120分，可自行設定）就需離開電腦（改變姿勢），而 fit@work 更讓電腦使用者可以跟著螢幕上的虛擬健身老師來做身體的放鬆及舒展動作，讓使用者稍作休息後再全力的投入接下來的工作。</p> |
| <b>Workrave</b>  | <a href="http://www.workrave.org/welcome/">http://www.workrave.org/welcome/</a>                         | 2003 | <p>這套軟體主要的目的是監控電腦使用時間，透過「時間計劃表」的方式提醒使用者休息，並提供互動式、影像教學，以避免因為久坐、重複動作、緊盯電子螢幕而造成的各種生理疲勞與傷害。除了有影片教導如何做體操之外，還會記錄使用者的鍵盤、滑鼠的使用情形，適度地提醒你該休息了，順便做些小體操，放鬆一下自己。</p>        |

|                       |   |      |  |
|-----------------------|---|------|--|
| <b>Workpace</b>       | <a href="http://www.workpace.com/">http://www.workpace.com/</a>   | 2004 | Workpace 功能上與 RSIGuard 相同，而 Workpace 在使用者介面上較 RSIGuard 細膩，亦為小圖示，讓使用者較能清楚知道自己本身的操作電腦狀況。然而，缺點在於它屬於直接式幫助，亦無互動性。 |
| <b>Eyes Relax</b>     | <a href="http://themech.net/eyesrelax/">http://themech.net/eyesrelax/</a>   | 2008 | 此軟體類似 Windows 小幫手，提醒使用者休息時間，幫助使用者放鬆。並可自訂工作及休息時間。   |
| <b>Reading Blinds</b> | <a href="http://yuiblog.com/blog/2008/09/30/reading-blinds">http://yuiblog.com/blog/2008/09/30/reading-blinds</a> | 2008 | 此軟體是建立一個工具，創建兩個 DIVs 的黑色背景和 85 % 的不透明度，並固定位置的頂部和底部的屏幕，像是窗簾般將一篇文章截露出一部分，使瀏覽者更容易專注，減少視覺疲勞發生。                   |
| <b>Eye Defender</b>   | <a href="http://www.eterlab.com/eyedefender/">http://www.eterlab.com/eyedefender/</a>                             | 2008 | 此軟體是利用事先設定好的程式來強制使用者增加眨眼和運動，從而起到休息鍛煉結合的功效。   |

(本研究整理)

為有助於本研究瞭解電腦疲勞防護系統與使用者所需求的防護功能，以找出使用者的真實需求。而進行各套系統的功能性比較與分析，如表 2-2 所示。並由表中得知，RSIGuard 疲勞防護系統較具全面性，但與其它系統差異不大。因此，本研究擬納入引導式幫助的 Workrave 和 RSIGuard，以及直接式幫助的 EyeLoveU 等三套電腦疲勞防護系統進行評估，並透過主客觀的使用性評估方法來分析系統的使用性。

表 2-2 電腦作業相關的疲勞防護系統之功能性比較分析

| 電腦作業相關的疲勞防護軟體名稱 | 功能性比較   |      |      |      |       |       |        |       |        |       |     |      |
|-----------------|---------|------|------|------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|-----|------|
|                 | 依個人設定調整 | 設定精靈 | 定時設定 | 時間規劃 | 小休息提醒 | 互動性畫面 | 靜態圖片畫面 | 個人紀錄表 | 可供多人使用 | 具備強制性 | 便利性 | 醫學常識 |
| Reading Blinds  | ✓       | ✓    |      |      |       |       |        |       |        |       | ✓   |      |
| Eye Defender    | ✓       | ✓    |      |      | ✓     |       | ✓      |       |        |       | ✓   |      |
| Eyes Relax      | ✓       | ✓    |      |      | ✓     |       | ✓      |       |        |       | ✓   |      |
| EyeLoveU        | ✓       | ✓    | ✓    |      | ✓     |       | ✓      |       | ✓      | ✓     | ✓   |      |
| Workrave        | ✓       | ✓    | ✓    | ✓    | ✓     | ✓     |        |       | ✓      | ✓     | ✓   |      |
| ErgoSmart       | ✓       | ✓    | ✓    | ✓    | ✓     | ✓     |        |       | ✓      |       | ✓   |      |
| Fit@Work        | ✓       | ✓    | ✓    | ✓    | ✓     | ✓     |        |       | ✓      | ✓     | ✓   |      |
| Workpace        | ✓       | ✓    | ✓    | ✓    | ✓     | ✓     |        | ✓     | ✓      | ✓     | ✓   |      |
| RSIGuard        | ✓       | ✓    | ✓    | ✓    | ✓     | ✓     |        | ✓     | ✓      | ✓     | ✓   |      |

(本研究整理)

然而，本研究將著重於電腦使用傷害，係指因長時間重複使力、而造成身體某一部份疼痛的慢性運動傷害。例如：使用者在電腦前做兩三個小時以上，手一直用鍵盤和滑鼠，以及眼睛一直盯著螢幕，易伴隨著視覺疲勞及壓力的產生，而以上所述都是身體發出的警訊，對電腦使用者而言是不可忽視的。

基本上電腦使用者的動作具有高度重複性，且多集中於鍵盤與滑鼠的操作，以及螢幕與文件之凝視，且對從事資料鍵入與文書處理的使用者而言其傷害尤甚(Fogleman, 2002)。此外，電腦操作係為坐姿的靜態作業，長期久坐易造成局部性肌肉骨骼系統的負擔，例如頸部及手腕、上臂等關節，較易產生疲勞痠痛的現象(Horikawa, 2001)。而本研究由上述的功能分析可知，目前市面上電腦疲勞防護系統多數是針對視覺及肌肉骨骼問題

為主，以減緩及降低疲勞的發生。

並依上述功能性比較分析後，本研究將挑選 EyeLoveU、Workrave、RSIGuard 等三套介面及功能性間有其差異的電腦疲勞防護系統，並含括上述所提之引導與直接式幫助的介面呈現方式。進而，讓電腦使用者實際操作，並藉由實驗與問卷的方式來評估系統的主客觀使用性，以分析外在因素對電腦使用者的主客觀影響性，及探討使用性的問題所在。並於下列小節介紹本研究所納入探討之系統特質。

### 2.1.1 EyeLoveU 電腦疲勞防護系統

此系統為本研究所歸納為靜態式介面呈現，亦即前述所提之直接式幫助的方式。而 EyeLoveU 是一套聰明的眼睛保護程式，可在使用者操作電腦一段時間後，提醒使用者該讓眼睛休息。除了一般的定時提醒之外，還提供了智慧提醒模式，藉由使用者操作滑鼠與鍵盤的動作，來判斷使用者電腦使用的時間。而內建的人工智慧邏輯，還可以處理模糊的操作計時，並且依據不同的時段有不同的提醒畫面。因此，是電腦族個人不可或缺的好用工具，而它的強制休息模式，更是可以讓家長防止小朋友長時間觀看螢幕所造成的近視問題。而 EyeLoveU 疲勞防護系統具備下述七項防護特質：

#### 1. 小休息

主要是用來設定提醒的頻率時間。一般成人建議值為 5 分鐘；兒童則設定為 3 分鐘，如圖 2-1 所示。



圖 2-1 小休息圖示

(資料來源：<http://www.affdesign.com/>)

## 2. 智慧提醒模式

此功能可依據使用者的滑鼠與鍵盤的動作，來精確計算出使用者電腦操作的時間，並不因此而減低了電腦的效能，如圖 3 所示。

## 3. 定時提醒模式

此功能可在使用者設定的時間到時，而顯示出提醒的靜態畫面。若無須此功能亦可取消，如圖 2-2 所示。



圖 2-2 EyeLoveU 介面功能  
(資料來源：<http://www.affdesign.com/>)

## 4. 工作與休息時間

此功能可讓使用者自行設定連續使用電腦多久的時間長度。而建議一般設定為 40 至 50 分鐘。而對象為小朋友時，則建議設定為 20 至 30 分鐘。而使用者可自行決定休息時間的長度，預設的長度為五分鐘。並在下圖的提醒畫面中，使用者可以看到休息時間的計時器，並可根據此計時器來得知還剩餘多少的休息時間，如圖 2-3 所示。



圖 2-3 EyeLoveU 靜態休息畫面  
(資料來源：<http://www.affdesign.com/>)

#### 5. 兒童家長專用

此功能可讓使用者提醒畫面暫時無法被關閉，達到暫停使用電腦的目的。不僅適合兒童來使用，也特別適合於某些一接觸電腦就無法自拔的使用者，即可幫助使用者多多站起來走走，不僅可讓眼睛休息，也可避免日後讓一些現代文明病纏身，如上圖 2-3 所示。

#### 6. 立即休息

如圖 2-4 所示，亦為讓使用者即時的進入休息狀態。



圖 2-4 EyeLoveU 立即休息功能  
(資料來源：<http://www.affdesign.com/>)

#### 7. 密碼保護

保護使用者的設定不會被隨意更改，讓保護兒童的機制更為徹底。

而本研究將針對此系統之靜態畫面模式納入探討，亦即直接式幫助型，並無透過互動性畫面告知使用者該如何進行疲勞防護的姿勢與動作，而是以文字敘述的方式告知使用者。因而納入下述互動性畫面之 Workrave、RSIGuard 疲勞防護系統來比較，並透過實驗與問卷來瞭解使用

者對此三套疲勞防護系統的使用性評價及接受程度。

## 2.1.2 Workrave 電腦疲勞防護系統

此系統為本研究所歸納為動態式介面呈現，亦即前述所提之引導式幫助的方式。這款小軟體系統主要的目的是監控電腦使用時間，透過「時間計劃表」的方式提醒使用者休息，並提供互動式、影像教學，以避免因為久坐、重複動作、緊盯電子螢幕而造成的各種生理疲勞與傷害。除了有影片教導如何做體操之外，還會記錄使用者的鍵盤、滑鼠的使用情形，適度地提醒你該休息了，順便做些小體操，放鬆一下自己。而 Workrave 疲勞防護系統具備下述 5 項防護特質：

### 1. 電腦「操作／休息」的健康計時器

基本上 Workrave 就是個「可以計時的健康鬧鐘」，在主畫面中可以看到三個計時功能，分別監控你電腦操作上「短期間隔的閉目養神」、「長期間隔的活絡筋骨」，以及「每日電腦操作時間限制」，如圖 2-5 及 2-6 所示。

因使用者經常在電腦前長期久坐或持續進行輸入動作都會有損健康，所以應定期的休息與活動，使生理有健康的調節，而幫助使用者規劃「操作／休息」之間的時間與節奏。並依據「實際／連續操作」的時間來計算。此系統為避免「重複性很高、持續時間很長」的電腦操作活動所「累積壓力」而造成的「生理傷害」，所以上述提到的計算方式確實是比較適當的。



圖 2-5 Workrave 介面提醒顯示

(資料來源：<http://www.workrave.org/>)

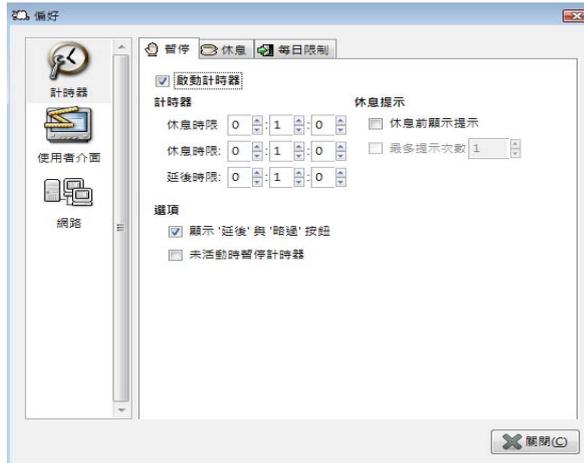


圖 2-6 Workrave 三種計時功能介面

(資料來源：<http://www.workrave.org/>)

## 2. 暫停

即短期間隔的閉目養神，Workrave 的預設為每 3 分鐘會提醒你要暫停電腦工作 30 秒，避免持續性的緊繃操作，讓你的手腕肌肉、眼睛視力受損。此時會先跳出一個有著燈泡圖案的「提醒視窗」來「提示」使用者，如圖 2-7 所示。可暫時選擇略過或延後，並會倒數計時，在快倒數完時還會閃動小視窗再更明顯的提醒使用者，如果還是置之不理，則提示視窗會「想說」使用者應該現在處於繁忙中，進而它自行關閉，過一段時間後再提醒。



圖 2-7 Workrave 暫停功能顯示

(資料來源：<http://www.workrave.org/>)

## 3. 休息

即長期間隔的活絡筋骨，Workrave 所預設「長休息」時間到時，Workrave 會彈出一個「體操」示範畫面，有完全中文的解說，使用者可以跟著做一些簡單的伸展操，並提醒使用者「請先遠離自己的電腦」，如圖 2-8 所示。



圖 2-8 Workrave 動態休息畫面  
(資料來源：<http://www.workrave.org/>)

#### 4. 每日限制：每日電腦總操作時間限制

其實電腦之外有更多值得去做的事情，而容易忘了使用電腦的時間。此時 Workrave 可以讓我們設定每天的電腦操作時間上限，預設是 6 個小時，當「累積」到這個電腦操作量時，Workrave 同樣也會跳出視窗來提醒：您今天已用很多時間於電腦上，或許該找找別的事情來做之類的提示。如圖 2-9 所示。

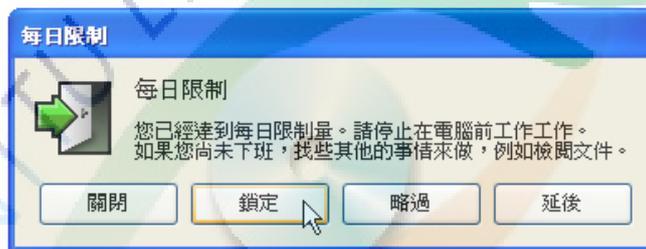


圖 2-9 Workrave 每日限制功能介面  
(資料來源：<http://www.workrave.org/>)

#### 5. 可設定自己的提醒音效

如圖 2-10 所示，此功能為 Workrave 推出的新功能，使用者可以自行調整音效音量、主題，也可以選擇自己專屬的音效檔案。

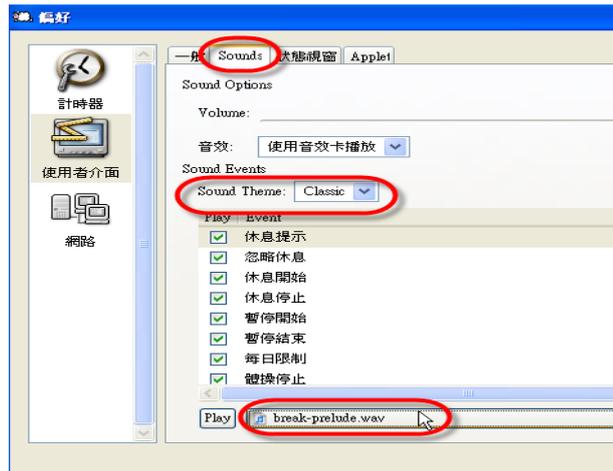


圖 2-10 Workrave 音效功能

(資料來源：<http://www.workrave.org/>)

本研究將此電腦疲勞防護系統設定以互動性方式呈現的模式。並以模擬人的方式告知使用者如何進行疲勞防護的動作，以及藉由文字敘述的方式來陳述給使用者。如此可看出此系統與前述 EyeLoveU 疲勞防護系統之間的差異性。

### 2.1.3 RSIGuard 電腦疲勞防護系統

此系統為本研究所歸納為動態式介面呈現，亦即前述所提之引導式幫助的方式，而此系統與。RSIGuard 疲勞防護系統，亦為幫助電腦使用者預防 RSI 的綜合性工具，且具備下述四項防護特質：

#### 1. BreakTimer (休息)

藉由觀察電腦鍵盤及滑鼠的使用狀況，告知電腦使用者在什麼時候休息，並依據使用者的使用狀況自動調整，更切合使用者的狀況，如圖 2-11 所示。不只是單純地觀察案件、滑鼠活動，或是閒置時間，並會依照各種不同的電腦使用動作，對身體所造成的疲勞 (fatigue) 而有不同的計分，以決定什麼時候該休息。舉例來說，按「Ctrl-X」鍵就比按「X」鍵更「累」，因為手所承受的壓力較大。

為了怕勤奮工作的你會很輕易的「忽略」它的提醒（按個「確定」就繼續工作），RSIGuard 並提供了「意志力」的選項，依據使用者需求，是否只需要提醒，還是須強迫使用者休息而把鍵盤和滑鼠鎖住。



圖 2-11 真人模擬互動形式

(資料來源：<http://www.rsiguard.com>)

## 2. AutoClick (自動點選)

為使用者若覺得一直按滑鼠按鍵會不舒服時所提供之輔助功能，在使用者的滑鼠停止移動時就會自動幫使用者點選，雖然一開始可能需要適應一兩天，但是對滑鼠使用過度的人來說，此功能帶來的益處絕對是值得的，如圖 2-12 所示。



圖 2-12 RSIGuard 使用者介面

(資料來源：<http://www.rsiguard.com>)

## 3. DataLogger (操作紀錄)

為記錄使用者的鍵盤滑鼠的操作記錄，並可供使用者和使用者的醫師參考。DataLogger 分開記錄鍵盤、滑鼠的使用頻率、時間，和打字速度。一天工作幾個小時，休息幾次，甚至是「S」鍵被按了幾次、

花了多久時間找「S」鍵（不曉得你有沒有注意到，在找按鍵時你的手會不自覺的用力）、按了多久（指出你按鍵時有多用力的指標）都會記錄下來，如圖 2-13 所示。

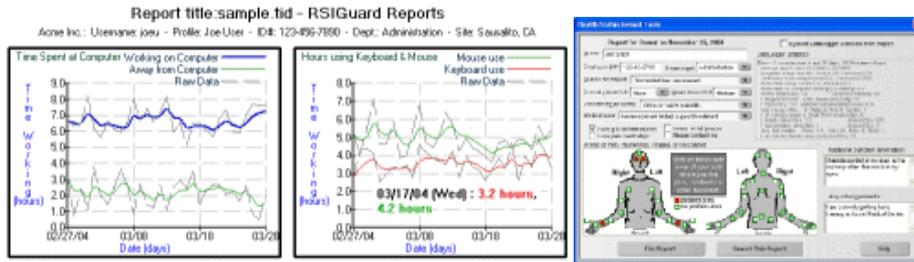


圖 2-13 RSIGuard 記錄使用者鍵盤滑鼠的操作及生理訓練部位圖表  
(資料來源：<http://www.rsiguard.com>)

#### 4. RSIGuard Reports (紀錄報表)

透過圖表的方式看到（印出）剛剛提到的紀錄，以得知使用者電腦操作大致的生理情形，以找出降低使用電腦疲勞的方式。你也可以將資料輸出成試算表格式，讓你作更進一步的分析，如上圖 14 所示。

#### 5. ForgetMeNots (暫停工作提示)

為提供並告知使用者電腦保健的醫學常識，在每天特定的時間提醒使用者該休息一下，若正忙著時，過一段時間它就會自動消失，不會強迫或影響到使用者的工作，如圖 2-14 所示。



圖 2-14 RSIGuard 小休息提示

(資料來源：<http://www.rsiguard.com>)

綜合上述，本研究將採用 EyeLoveU、Workrave、RSIGuard 三套疲勞防護系統，並對此三套系統進行使用性評估，並透過實驗與問卷來驗證與解釋系統間的主客觀差異及關聯性。

## 2.2 使用性工程

自從 90 年代起使用性工程被提出之後，使用性工程就被廣泛的討論與應用，從介面、產品、資訊系統設計等等，都與使用性工程有相當大的關聯。使用性工程於 1998 年被國際標準組織 (ISO, International Organization for Standardization) ISO 9241 定義為一種產品可能被特定使用者在特定使用情境下操作，以達到具體的使用目的，效率和滿意度達到指定的目標。

使用性工程 (Usability Engineering)，即是以使用者為中心導向之方法，在此學術領域中論及如何與使用者溝通、觀察使用者的工作環境、情境分析等，以探討產品使用過程中甚麼是好的或者是使用性的問題，甚至找出產品設計的準則，以提供設計師能設計出良好的產品 (陳昭銘，2001)。

使用性為定義人在使用產品時的效能、效率及滿意度情形 (ISO 9241-11, 1998)。以及學者 Nielsen (1993) 提出使用性並非單一面向的介面特性，而是由學習性、效率、記憶性、錯誤率及滿意度等五種特性彼此間相互關聯所構成，目的為瞭解其產品的操作是否能達到最佳的使用性狀態，有包含著高績效、容易學習、容易記憶、錯誤少、滿意度高等之要求，若對不同的使用者皆感到滿意，即表示其使用性較佳 (吳宏道，2002)。

然而，除了上述 Nielsen 所提出的使用性定義之外，並有多位學者對使用性提出了不同的定義及觀感，Shackel (1991) 認為使用性工程是可透過量測，而更明確的量化數據來提升其使用性品質。；Kromker (1999) 則提出使用性工程是提供給設計師來設計出對使用者較友善的產品；以及 Mary and Whitney (2005) 在研究中提出，使用性會因使用者相關的性質不同所做的工作也有其差異，而使用性所需的評估方法亦有所不同，進而提出一個適合網頁製作的使用性評估方式。而在下一章節，本研究將進一步的瞭解哪些使用性評估方法較可符合本研究所需。

## 2.2.1 使用性評估的方法

在資訊系統發展過程中少了軟體的使用性，而有不好的設計 (Poor Design) 產生，使用者於操作系統時，更需花費較多的時間去滿足其知覺需求 (Cognitive Demands)，甚至可能導致錯誤使用系統的問題發生(Koppel et al., 2005)；因此，欲設計好系統，除了需要較佳的設計方法，更需要在軟體開發流程各個階段中（需求階段、設計階段、雛型階段、測試階段、發展階段）納入有益的使用性評估方法 (Usability Evaluation Methods)，為評估系統的雛型是否能適用各個使用者層面。而在軟體發展過程中，專案小組投入比以往更多的精力與時間於軟體的使用性評估上，對於系統使用性高即表示其系統愈容易使用，亦與使用者效能和其滿意度成正比關係，進而影響系統的接受度，並且提高其使用意圖（林靜惠，2007）。而本研究所評估的系統為已發展完畢的電腦疲勞防護系統，因而將針對各套電腦疲勞防護系統作一使用性的評估，以瞭解電腦使用者於操作系統後所予以系統的使用性評價、見解及建議。

並依據Nielsen 於1993 年提出系統可依據功能性與使用性兩項指標來評估系統的績效。所謂功能性指標即強調此系統功能是否能符合作業的需求，對於本研究即為蒐集現有的疲勞防護系統，並彙整系統的各項功能，以找出功能性較具全面性及非全面性的疲勞防護系統。而所謂的使用性，係指著重在使用者操作該功能時的效能與舒適程度。然而，評估系統或產品的使用性方法有很多，例如由多位人因工程專家依照使用性評估原則於系統或產品中來找出其使用性問題 (Nielsen & Molich, 1990)；或透過使用者實際操作系統時，研究人員從旁觀察，並於測試結束後，以訪談或問卷等方式請使用者對系統或產品之使用性做出評估 (Kuniavsky, 2003)，而本研究將藉此模式來進行主觀的使用性評估。並依據過去文獻得知，Lewis 於1995 年提出的PSSUQ 問卷 (The Post-Study System Usability Questionnaire)，便是用來測量使用者對

於電腦系統之使用性的滿意度。PSSUQ 問卷由系統使用性、資訊品質、介面品質等三個子問卷組成，包含「此系統是容易操作的」、「使用此系統可以讓我有有效的完成任務」、「此系統提供的資訊很容易理解」、「此系統所提供的功能是我所期望的」和「整體而言，對此系統感到滿意」等十九項問題。透過使用電腦系統執行完特定任務後，對主觀使用性評價問卷中之問項的同意度評分（1 至7 分），研究人員便能夠瞭解使用者對於產品使用性的評價。而本研究將採取PSSUQ 使用性評估問卷問項於TAM3問卷中，並以李克特氏(Likert) 五點量表，即選「非常同意」給5 分，選「同意」給4 分，選「普通」給3 分，選「不同意」給2 分，選「非常不同意」給1 分，以作為使用者對電腦疲勞防護系統的使用性評價。

並有研究表示，透過有效率的使用性評估方法較可縮短其新產品的開發週期 (Sears, 2002)。有鑑於此，使用性學者從1993年開始，陸續提出使用性的評估方法及見解，Zhang (2001) 則詳細的定義與歸納出使用性評估方法的三個型態：

1. 測試 (Testing)：擬定工作任務進行使用性測試，並針對特定族群執行特定的作業。即於使用者在操作特定情況下某個系統或網站的使用流程時，研究者同步的記錄下使用者操作的情況或是表達的言語。一般的使用性測試是讓單一或兩個以上的使用者操作一系列的動作，並於測試的過程中搜集任務資料及錯誤紀錄，以及使用後的經驗分享或主觀感受。而主要目的為瞭解使用者在使用上所遇到的問題，並將問題修正之。而使用性測試方法有：績效測量 (Performance Measurement)、問答式口語分析(Question-asking Protocol)、教導法(Teaching Method)…等。

2. 檢視(Inspection)：由特定領域專家人員針對產品的使用過程或觀點進行評估，並提出建議。檢視方法有：啟發式評估(Heuristic Evaluation)、知覺演練法(Cognitive Walkthrough)…等。

3. 偵測(Inquiry)：評估人員透過使用者的需求性觀點，進行產品的調查及訪

問使用者的真實狀況，並將結果記錄下來。偵測方法有：訪談法(Interviews)、田野調查(Proactive Field Study)、問卷調查(Questionnaires)……等。

而由上述得知，在作系統使用性評估時，若採多種評估方式互相搭配，則較能評估出系統本身在使用性上的缺失(Zhang, 2001)。而本研究將採取測試型之「績效率測法」及偵查型之「問卷調查法」來評估系統的主客觀使用性，分別由下一小節描述之。

### 2.2.2 績效率測法 (Performance Measures)

所謂的績效率測 (Performance Measures)，亦是使用性評估方法中的其中一種，屬於實驗式評估法。此量測方法所產生的數據可以進行實際的統計與分析，實驗可以重複的進行。然而，不同族群的使用者可以量測到各族群具特色的部份，透過績效率測可以了解系統在實驗式評估之後系統對於使用者真正的影響。記錄的方式多數將實驗過程錄影記錄之，以便後續的分析。

而本研究實驗將透過生理回饋評估儀之表面肌電圖(sEMG)、心電圖(ECG)及眨眼頻次(BF)來驗證其有無使用電腦疲勞防護後之客觀差異性。

### 2.2.3 問卷調查法 (Questionnaire)

所謂的問卷調查法 (Questionnaires)，亦是提供問卷給使用者填寫，以擷取其電腦使用者於使用過疲勞防護系統後之使用性評價及接受程度。

而本研究問卷設計將採用Lewis 於1995 年所提出的PSSUQ 使用性評估問卷 (The Post-Study System Usability Questionnaire)，依據系統有用性、資訊品質、介面品質等三個問項構面，以瞭解使用者予以電腦疲勞防護系統的使用性評價。並依據主觀問卷見評估系統的使用性及探討其影響電腦疲勞防護系統的使用性因子，並於實驗中訪談受測者本身的自覺疲勞程度，及提出見解與建議。因此，本研究將於下一章節先瞭解TAM3所提出的外在因子，再由TAM3的路徑關係探索系統的使用性問題。

## 2.3 科技接受模型

本研究主要是基於科技接受模型 3 (Technology Acceptance Model 3, TAM3)。而在解釋科技接受模型 3 (TAM3) 之前，本節將分別介紹不同時期的資訊領域學者，並依據學者們對各種人類接受資訊科技的行為過程觀點，以彙整出之相關理論的演進過程。首先是慎思行為理論 (Fishbein and Ajzen, 1975) 及延伸而來的計劃行為理論 (Ajzen, 1985)，最後介紹上述兩種理論如何演變為科技接受模型 (Davis, 1989)，並瞭解科技接受模型近代的演進現況。

### 2.3.1 慎思行動理論 (Theory of Reasoned Action, TRA)

學者 Fishbein 和 Ajzen 於 1975 年所提出的 TRA 主要假設為：人類是理性的，因此會有系統的利用他們所獲得的資訊。且人類會去思考他們的行為行動會有何影響之後，才決定行動與否 (Ajzen and Fishbein, 1980)。而影響意圖的主要因子，分別是行動態度與主觀規範 (Fishbein and Ajzen, 1975)，如圖 2-15 所示。

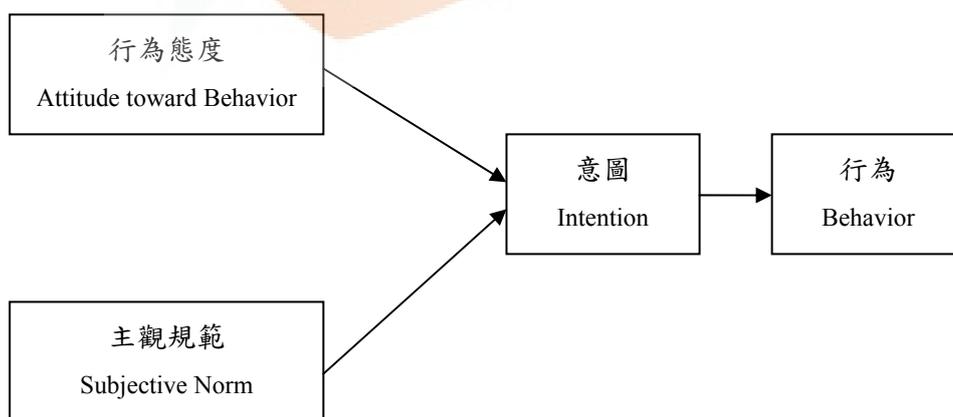


圖 2-15 慎思行動理論 (TRA)

資料來源：(Ajzen and Fishbein, 1980)

行為態度指的是個人對於從事該是項行為先前持有的態度，強調人們會在制訂最終決策之前，考量其決策與相對的可能結果；主觀規範的定義則是「個人的一種信念，對於特定個體或團體認為其是否該行使某種行為，以及是否迎合該特定對象」（Ajzen and Fishbein, 1980）。Ajzen 與 Fishbein 兩位學者的模型常被作為其他研究假設之理論基礎，經修正調整後使用在許多領域中，這也是為何 TRA 在現今學術界與業界同樣廣為採用的原因。

### 2.3.2 計劃行為理論 (Theory of Planned Behavior, TPB)

依據 TRA 理論，我們可以先認定個人的行為是出自於個人的自由意向，亦為 TRA 模型中的「意圖」所驅使，然而在現實生活中，除了自身的意向以外，當下可支配的資源，如金錢、時間、資源及技術等，也成了決定性的因素之一。因此，學者 Ajzen 於 1985 年時，在 TRA 模型中加入了知覺行為控制 (Perceived Behavior Control) 的構面，以補充 TRA 模型的解釋能力，進而將改善後的模型稱之為計劃行為理論 (TPB)，如圖 2-16 所示。

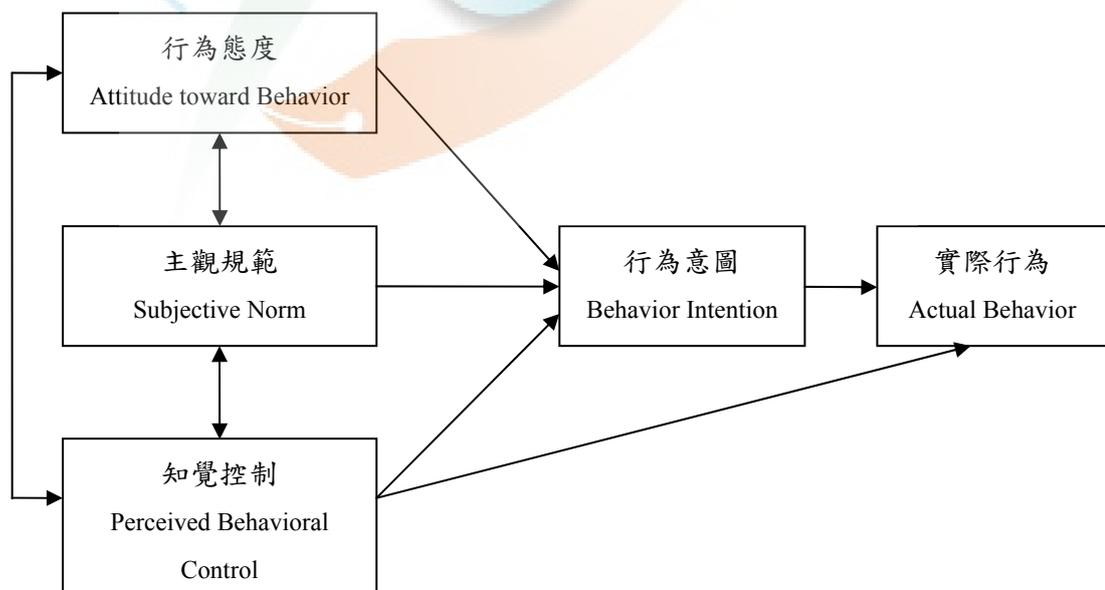


圖 2-16 計劃行為理論 (TPB)

資料來源：(Ajzen, 1991)

Ajzen and Fishbein (1980) 將個人對於行為的態度分為：行為態度 (Attitude toward Behavior) 和結果評價 (Outcome Evaluation)。行為態度指的是個人認為行為所持有的態度。結果評價指的是個人對於人、事、物等的行為所持有的態度。Ajzen (1991) 認為態度是指個人對於表現特定行為的正面或負面評價。所以，當個人對於行為的態度愈正向，則行為意圖愈高。反之，當個人對於行為的態度愈負向，則行為意圖愈低；主觀規範為個人在採取行動時，所感受到的社會壓力，亦為個人的規範信念 (Normative Belief) 和動機 (Motivation to Comply) 的總合，包含著個人從事某行為所預期到來自同儕或團體的社會壓力。當社會傾向於支持某行為，而個人的妥協動機越強，則主觀規範也就越強烈，促使個人產生從事該行為的意向；知覺行為控制是指行為的控制，亦為了行為所需的資源和機會 (resource and opportunity) 或所知覺到的難易程度，對行為意願具有動機，亦為個體表現特定行為時除了考慮理性因素外，還需要其他非理性因素的配合，如環境、背景、機會、資源、技術及社會協助等。這些非理性因素非個人能完全控制，個人能控制且擁有利於表現行為的資源或機會等因素越多，越能促使行為發生 (Ajzen, 1991)；行為意圖為態度、主觀規範及知覺控制行為共同決定，有些時候態度、主觀規範或知覺行為控制三者之一即可決定行為意向，但有時則為三種因素同時影響意向 (Fishbein & Ajzen, 1975)。

### 2.3.3 科技接受模型 (Technology Acceptance Model, TAM)

Davis (1986) 修正慎思行為理論 (TRA) 的構念與因果關係，發展出 TAM 解釋及預測個人接受資訊科技的理論，並用以解釋個人對於資訊科技接受的行為，透過使用者認知、態度、意向與外部變數間之關聯，觀察及解釋使用者運用科技的行為。TAM 的目標是解釋在一般廣泛電腦技術與使用者族群中的使用行為，同時也具有相關理論的支持，認為電腦的使用是取決於行為意

向，也取決於認知有用及認知易用性，如圖 2-17 所示。

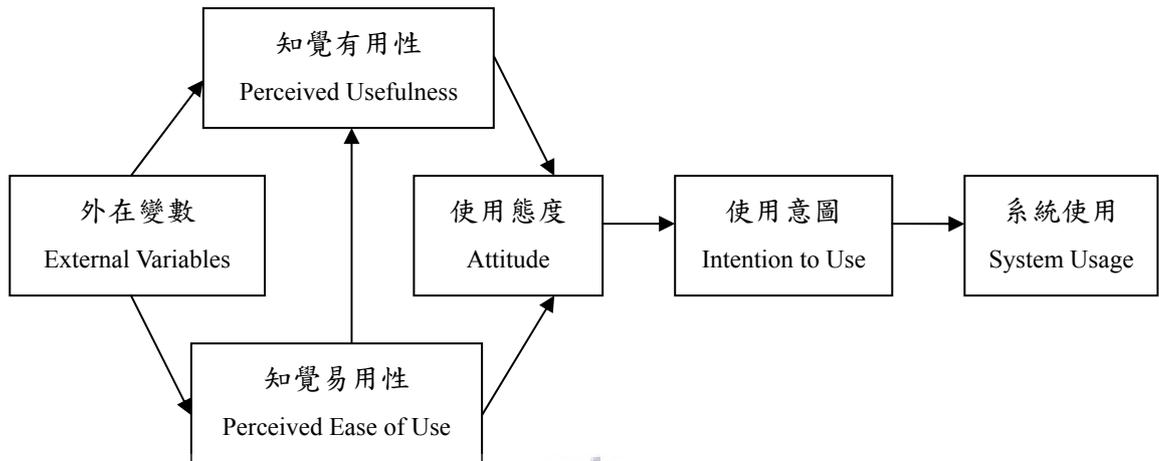


圖 2-17 科技接受模型 (TAM)

資料來源：(Davis, 1989)

Davis (1989) 認為，主觀規範在慎思行為理論中是未能受人理解的構面之一 (Fishbein & Ajzen, 1975)；另一方面，慎思行為理論中尚未能有效衡量主觀規範對於行為之影響，且使用 TRA 時，當面臨全新的環境背景時，就必須重新瞭解特定情境下的信念。而為了免除了每次產生新信念的麻煩，進而希望能透過一組穩定的信念（知覺有用性與知覺易用性）外推到不同的電腦系統與使用者。因此，在理論與衡量的不確定考量下，科技接受模型 (TAM) 中僅保留了「使用態度」構面，其透過「使用意圖」來影響「系統使用」的真實行為，並加入知覺有用性與知覺易用性，這兩項影響使用者採用資訊系統的重要信念。Davis (1989) 將知覺有用性定義為「個人相信特定系統提升其工作績效的程度」；知覺易用性則是指「個人相信特定系統在使用上不需耗費太多力氣的程度」，並在模型中加入外在變數 (External Variable)，會間接對使用者的使用意圖與行為產生影響。另外，Davis (1989) 在研究中也發現態度在影響行為意圖 (Intention to Use) 的過程中，只有少部分中介效用，因此，後續研究的學者們在引用 TAM 時，大部分將態度此構面刪除，以簡化 TAM 模型，而過去 TAM 亦被廣泛採用且證實為高度預測的科技接受模式 (Venkatesh

& Davis, 2000; Venkatesh & Morris, 2000)。

然而，Venkatesh and Davis (2000) 基於四個長期實證性研究之結果，提出科技接受模型 2 (TAM2)，如圖 2-18 所示。

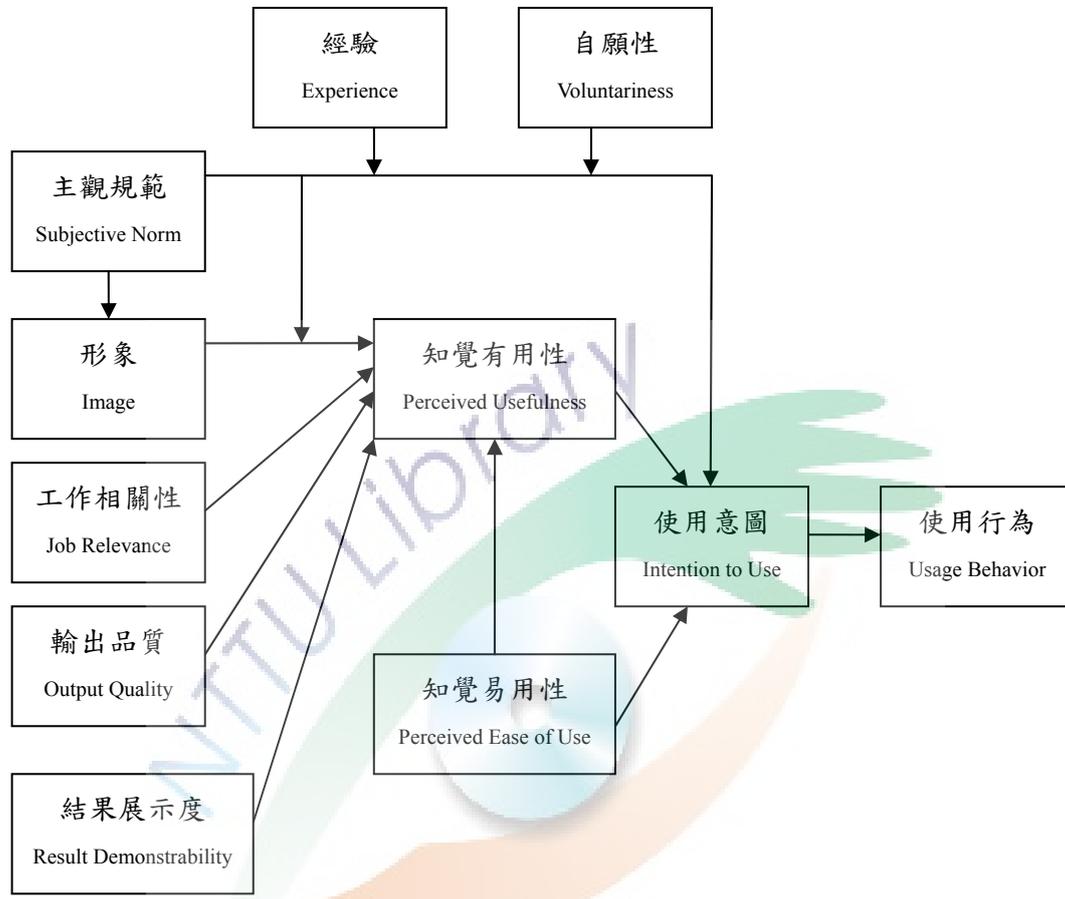


圖 2-18 科技接受模型 2 (TAM2)

資料來源：(Venkatesh & Davis, 2000)

以科技接受模型為理論基礎，加入原模型中捨棄的主觀規範變數，認為其不但直接影響使用意圖，且與同為社會影響過程 (Social Influence Processes) 變數的形象 (Image) 構面，以及工作相關性 (Job Relevance)、輸出品質 (Output Quality)、結果展示度 (Result Demonstrability) 等三項知覺處理過程 (Cognitive Instrument Process) 變數，並透過知覺有用性間接影響使用者的意願。此外，模型中還加入經驗 (Experience) 變數，對於主觀規範與知覺有用性及使用意圖間的關係產生調節作用，自願性 (Voluntariness) 則會干擾主觀

規範與使用意圖間的關係。TAM2 的研究目的是為了延伸 TAM 的知覺有用性及知覺易用性構面額外的主要決定因素，以及了解這些決定因素的改變如何影響目標系統的使用者使用經驗。並有研究顯示，兼具社會影響過程變數（主觀規範、自願性與形象）和知覺輔助過程變數（工作相關性、輸出品質、結果展示度）的 TAM2，能提供評斷知覺有用性的主要因素之詳細陳述，並解釋這項使用意圖重要驅動因子高達 60% 的變異。由於資訊系統使用接受度於工作場合中依舊是一項複雜、難以理解卻又相當重要的現象，TAM2 的發展無疑是這項重要議題上先進的理論與研究 (Venkatrsh & Davis, 2002)。因此，在 2003 年，Venkatesh 等人為了評估個人新資訊科技接受度的相關知識發展狀態，對於八個著名的模型進行回顧探討，包括 TRA、TPB、TAM、C-TAM-TPB (Combined TAM and TPB)、IDT、動機理論 (Motivation Model, MM)、電腦使用理論 (Model of PC Utilization, MPCU) 與社會知覺理論 (Social Cognitive Theory, SCT)，進行模型間異同之比較，提出整合性科技接受與使用理論 (Unified Theory of Acceptance and Use of Technology, UTAUT)，其概念性模型如圖 2-19 所示。

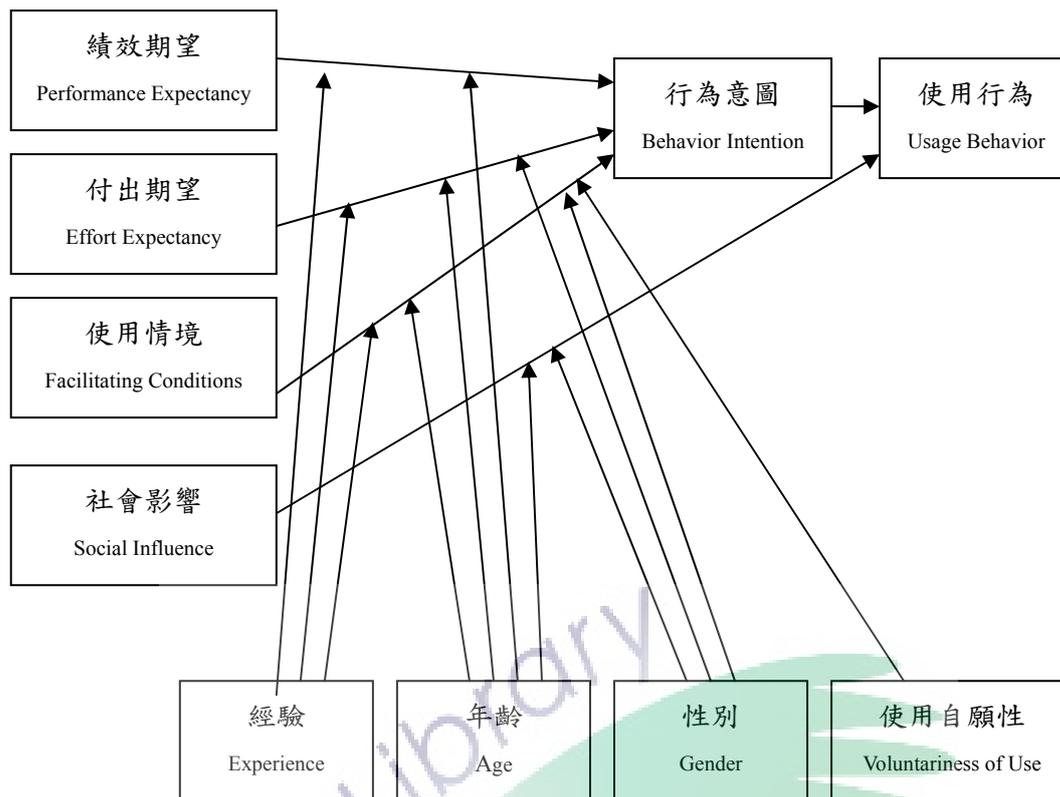


圖 2-19 整合性科技接受與使用理論 (UTAUT)

資料來源：(Venkatesh et al., 2003)

UTAUT 中所涵蓋的構面，包括四項使用者接受與使用行為的直接影響因素，分別為績效期望、付出期望、社會影響與使用情境，皆是由現有模型中的重要構面衍生而來，例如績效期望即等同於 TAM 中的知覺有用性、MM 中的外部動機等。上述因素是透過意圖間接影響使用行為，並整合性別、年齡、經驗與使用自願度四項調節變數於模型中。Venkatesh et al. (2003) 的實證性研究顯示，UTAUT 可作為經理人—相當有用的工具，得以評估新導入科技之成功性，並有助於瞭解使用者接受度的驅力因子，以提高接受度較低的潛在族群之使用意圖。

然而，Venkatesh and Bala (2008) 綜合了 TAM2 與 Venkatesh (2000) 所針對認知易用性變數所做的影響性探討，包含了電腦自我效能 (Computer Self-efficacy)、知覺外部控制 (Perceptions of External Control)、電腦焦慮 (Computer Anxiety)、電腦玩興 (Computer Playfulness)、知覺娛樂性

(Perceived Enjoyment) 、客觀使用性 (Objective Usability) 等六個外部變項加強說明認知易用性，進而提出了科技接受模型3 (TAM3)，如圖 2-20 所示。

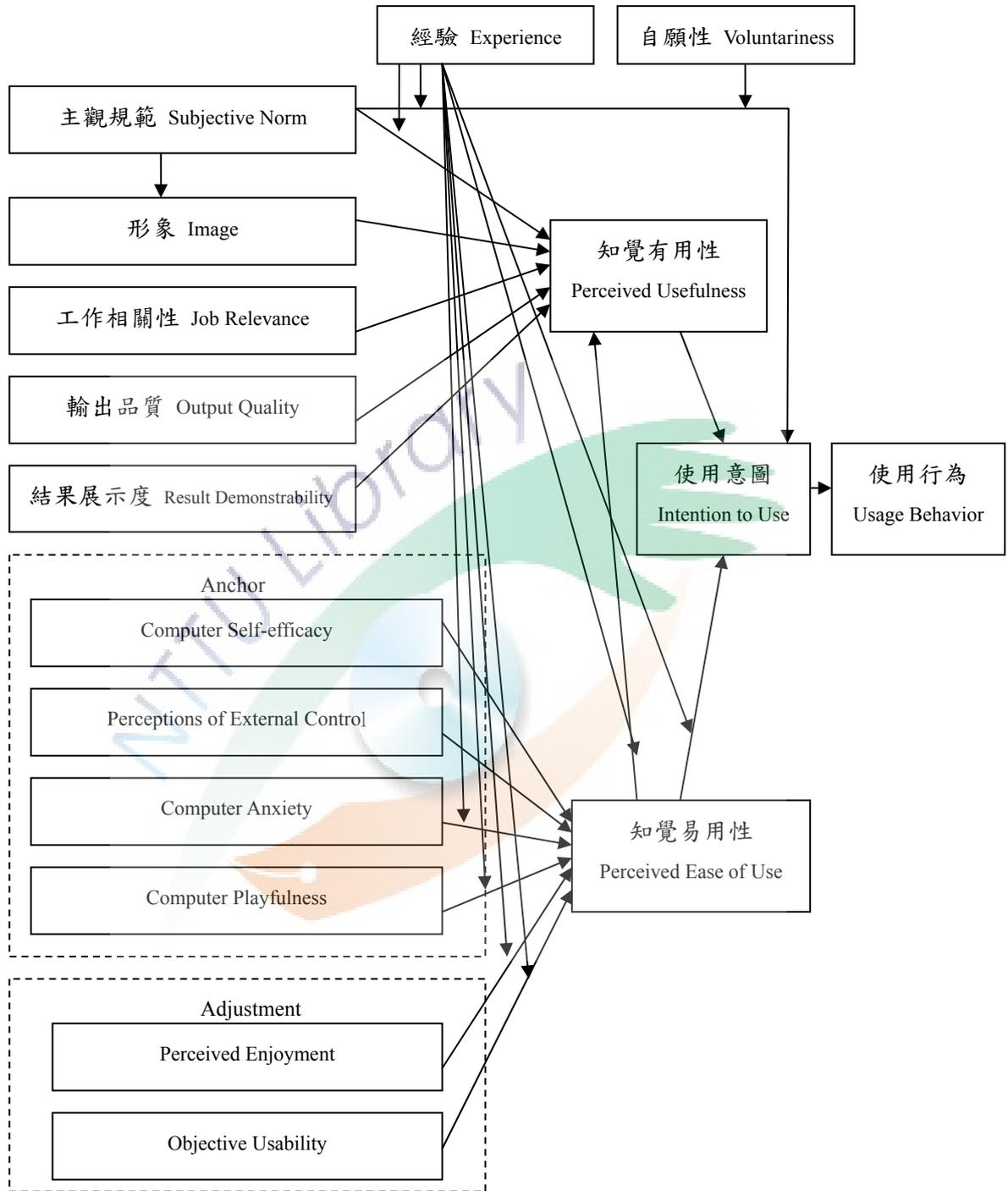


圖 2-20 科技接受模型 3 (TAM3)

資料來源：(Venkatesh & Bala, 2008)

此科技接受模型3 (TAM3) 以預測個人層面對資訊科技應用和採用性為主。亦可從Venkatesh 學者於2000 年所強調的，知覺易用決定於控制（包括電腦自我效能與便利性程度）、內在動機（電腦玩興）與情感（電腦焦慮）等構面有顯著相關。而構面中的電腦自我效能 (Computer self-efficacy)，指的是個人認為可以利用電腦來工作或執行特定任務的能力，而會影響個人對於使用電腦產生結果的期望 (Compeau & Higgins, 1995a, 1995b)。Compeau 和 Higgins 在1995 年以電腦自我效能、電腦焦慮、電腦喜好、工作因素的預期表現、個人因素的預期表現等構面來預測電腦的使用情形，結果顯示電腦自我效能是預測電腦使用情形的最大變項，也是個人決定個人使用資訊科技行為的重要影響因素。在科技接受模式的應用方面，有證據顯示與個人電腦的能力和知識相關，為個人用來判斷一個新的系統是否容易使用的基礎 (Venkatesh, 2000)。

然而，使用者是自願去使用電腦，亦可能是在毫無支援的情況下使用一些電腦相關軟體，而須自行安裝、維護、解決電腦軟體所造成的相關問題，例如：電腦病毒、安裝與維護電腦作業系統等。所以我們必須去瞭解使用者本身是否對此情況感到無助、害怕，如果是的話，就表示他的電腦自我效能可能很低，並產生個人對學習或使用電腦時，所持有的一種不安、懼怕、擔憂或厭惡的情緒反應 (Venkatesh, 2000; Venkatesh and Bala, 2008)，此反應稱之為電腦焦慮 (Computer Anxiety)。而上述兩構面可能會影響使用者對疲勞防護系統的態度上受到影響。因此，本研究將此外在影響因素加入研究模式當中進行探討。

並可由TAM3 所提出的電腦的認知外部控制 (Perceptions of External) 或稱為便利條件，是指個人認為此科技工具具備了方便使用、易於操作的便利條件，進而認為該科技是較容易使用 (Venkatesh, 2000; Venkatesh et al., 2003; Venkatesh and Bala, 2008)，此構面對於本研究所探討的疲勞防護系統的接受度亦有所影響，由於電腦之操控條件，若過於複雜則易造成使用上的焦慮，

進而影響到使用者的接受度。然而，若使用者本身對電腦有興趣的，亦即電腦玩興 (Computer Playfulness)，亦指對個人對電腦的自發性，也就是不論電腦系統的執行績效如何，而不畏懼使用新系統的困難度，並在使用電腦系統時有愉悅且享受，以及有探索性和發現性的感覺，且包含了挑戰性和好奇心，且覺得他們不需花很多時間就可以做好，因而對於新的電腦系統或資訊科技的接受程度也會比較高，這也代表了電腦玩興和知覺易用性之間有正向的關聯存在 (Venkatesh, 2000)。而對於一般使用者與電腦系統的互動時的自發、靈活度、有趣性、富想像的、有創意的特質，此為認知有趣性 (Perceived Enjoyment)。且TAM3 構面中有提出與之前的TAM 與TAM2 不同的見解，為探討使用者親自使用目標系統後，隨著使用時間的增加與經驗的累積，而歸納成客觀使用性 (Objective Usability) 及認知有趣性(Perceived Enjoyment)，。而過去科技接受模式大多是依據使用者的主觀知覺來判斷系統的接受度。但TAM3 所提出的客觀條件亦為客觀使用性，即可藉由實驗的方式來驗證系統是否有用。並透過主客觀分析 (Subjective & Objective Analysis) 的方式來評估系統的接受度。

因此，本研究將應用 TAM3 於疲勞防護系統使用性評估中，以探討外在因素影響電腦使用者對系統的主觀使用性與接受度之差異性評價，以及探討主客觀使用性評估之關聯性。並應用 TAM3 為本研究模型，進而將上述之外在影響因素構面納入本研究使用性評估的範圍中，以改善目前使用性評估所沒考慮到的微觀影響因子。

## 2.4 視覺疲勞相關研究

眼睛是人類接收外界資訊最主要的感官之一，例如閱讀報章雜誌、使用電腦等，有 80% 的外界訊息需要靠雙眼的視覺來獲取(李淑佩等人，1988)。

電腦成為現代人每天不可或缺的使用工具，而如何能正確地使用電腦及維持眼睛健康，亦具備了重要性。且不論是動態或靜態的資訊皆能使用視覺顯示器(visual display unit, VDU)來呈現，其對電腦的使用量也隨之迅速增加。然而，在長期使用視覺顯示設備，如電腦顯示器或電視螢幕等，較易對電腦使用者的健康產生負面的影響，而成為近年逐漸被重視的視覺疲勞問題—電腦視覺症候群(Computer Vision Syndrome, CVS)。

所謂的電腦視覺症候群(CVS)，即為操作電腦時常出現的特徵，如頭痛、視力模糊、眼睛乾澀、難以聚焦及頸部痠痛等多處局部生理部位，進而易使眼睛的負荷量提升(李正隆，1996)。根據國外之統計資料顯示，每天平均使用電腦兩小時以上，多數人會出現電腦視覺症候群，且主要的原因為長時間關注螢幕所致，而導致眨眼頻率下降與眼部肌肉疲勞的症狀發生。並與電腦本身的配置(包含字型、字體、色彩、亮度、解析度等)，以及周圍因素(如環境照度、視距、噪音、溫度等)息息相關，皆會對眼睛有所影響。且全球有視覺疲勞問題的人數也不斷增加(Blehm, 2005)。也因電腦作業主要是透過眼睛自螢幕獲取必要的資訊，再由大腦來判斷以完成工作，進而將原來工作的生理負荷呈現於人類的視覺與心智負荷上，亦也導致許多有關眼睛疲倦、視力調節及生理、心智疲勞等問題產生。

並從文獻中得知，目前電腦疲勞防護系統多數以提醒使用者短暫休息為主，並可設定每幾分鐘提醒電腦使用者眨眼的小圖示，此功能對於眼睛是否能有效改善及預防視覺疲勞的發生，亦為本研究探討的重點項目之一。然而，本研究所採取的簡易量測視覺疲勞程度方法於近年相關的文獻中得知，眨眼頻次(blink frequency, BF)或眼睛平均開合的時間長度(average eye closure

duration, AECD) 兩客觀指標皆可用來評估視覺疲勞的程度 (Divjak & Bischof, 2009)。而眨眼頻次於正常情況下為每分鐘 15 至 30 次，並具備下列優點：(1) 無須使用者協助操作，是一種非侵入性的方式；(2) 無須額外的硬體設備；(3) 眨眼情形為臉部顯著的特徵之一，此亦可透過錄影的方式進行檢測。進而，本研究將採取非侵入的錄影機來記錄受測者眼睛的部位，再透過人工統計的方式記錄與分析。

然而，對於視覺疲勞的問題是已被目前電腦疲勞防護系統所兼具的，而所提供的紓解方法，亦可由勞委會 (1999) 所提供的『電腦作業人員健康危害預防手冊』中所提之簡易眼部保養運動，並包含(1)闔眼休息；(2)眼球轉動；(3)緩和眼睛及(4)肌肉按摩等四項活動有助於減緩或避免電腦使用者的視覺疲勞症狀。因此，在下一章節，本研究將再進一步對使用電腦時除視覺疲勞外，亦常伴隨的肌肉骨骼問題所造成的肌肉疲勞(Muscle Fatigue)現象。

## 2.5 肌肉骨骼問題相關研究

電腦使用者的手腕動作具高度重複性，且大多集中於鍵盤及滑鼠的操作。並根據過去研究得知，長時間使用電腦與上肢肌肉骨骼傷害有直接的關聯。進而，高重複性電腦輸入作業所引發之肌肉骨骼的問題，近年來已受到國內外學者的重視 (Jensen et al., 2002; Fagarasanu and Kumar., 2003; Punnett and Wegman., 2004; Szeto et al., 2005)；且多以問卷及錄影觀察等方式進行調查。然而，所造成的肌肉骨骼傷害危害因子大致分類為以下幾點，過度施力、不良姿勢及長時間重複性操作所致的局部性壓迫。進而，較多電腦使用者有肌肉骨骼不適的問題，而多數是因無休息所致，因此短暫的休息是重要的，即可有效地減緩肌肉骨骼不適的問題發生 (Galinsky, 2000)。

並有學者指出，使用電腦的時間越長，所引發的肌肉骨骼疼痛風險也會有所提升 (Nakazawa et al., 2002)。因此，Bob 等人於2000年針對了電腦使用者所面臨的肌肉骨問題，提出一系列的伸展放鬆運動，該運動包含十二項運

動，時間約為4分鐘。如坐姿伸展運動、站姿伸展運動、站姿伸展運動、肩膀運動、抬腿運動、腰部運動及擺手運動等不同的伸展方式。並可藉由電腦疲勞防護系統來提供給電腦使用者以降低肌肉骨骼的問題發生，如圖2-21所示。並有學者指出電腦使用者若能有短期的運動介入，即可減少肌肉骨骼傷害的發生率(Fenety, 2002)。此亦與本研究所針對的互動型電腦疲勞防護系統有其關聯性存在。

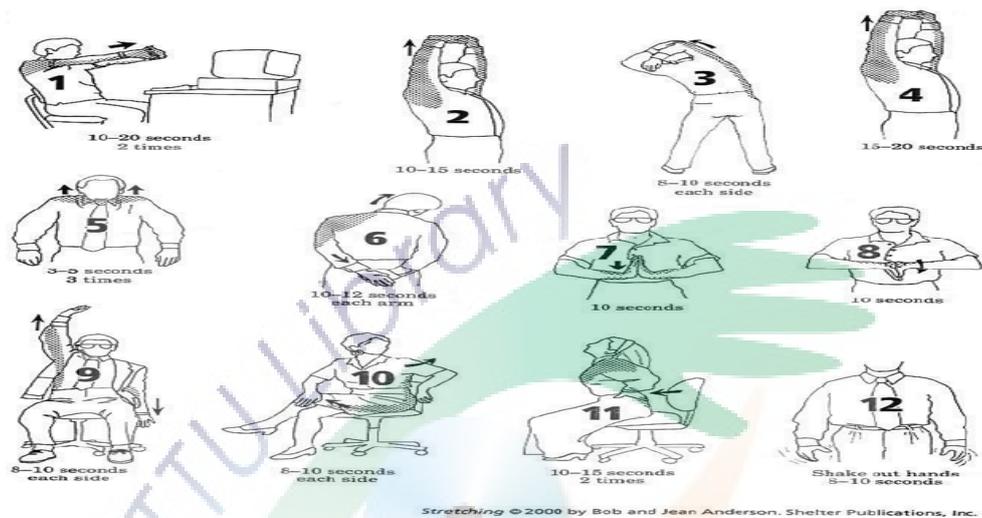


圖 2-21 電腦作業伸展運動

資料來源：(Bob et al., 2000)

然而，若長時間進行重複性動作易導致局部肌肉的疲勞發生，即所謂的肌肉疲勞 (Muscle Fatigue)。而本研究所探討之電腦作業疲勞方面，亦為使用者經常使用鍵盤與滑鼠作業而影響到上肢、下背部及全身等生理部位的肌肉骨骼方面。因此，本研究將納入電腦作業時易因長時間重複性動作而產生肌肉疲勞問題，進而透過生理回饋儀之表面肌電反應(sEMG)，以及當肌肉疲勞發生時易伴隨著自律神經之心律變異度(HRV)的影響，進而透過上述兩生理參數來做為肌肉疲勞之客觀指標。進而，於下一章節將介紹本研究所採用的生理回饋技術，並以表面肌電反應及心律變異度為電腦使用者常伴隨的肌肉疲勞指標。

## 2.6 生理回饋技術 (biofeedback technique)

生理回饋的方式主要是藉由儀器可以自我掌握自身之生理訊息，並透過儀器的回饋來學習生理控制，亦是幫助我們可以看到或聽到身體內部的活動情形，而一般的生理回饋儀器中常會運用到的生理參數包含皮表阻抗、心跳次數、腦波圖、心跳速率、血壓、體表溫度…等。藉由這些生理之具體參數來得到有關身體內部與心理狀態的資料資訊，並將訊息透過一個訊號來傳遞至使用者，此一訊息如聲音或是燈光，透過這類的提示可讓使用者瞭解目前自己生理狀況之變化與緊張程度（陳佑嘉，2002；黃致憲，2005）。以下分別為本研究所採用非侵入式的生理參數客觀指標。

### 2.6.1 肌電圖 (Electromyography, EMG)

肌電圖 (Electromyography，簡稱 EMG) 是由神經發出刺激的電位促使肌肉收縮而產生動作電位，再經由電極片接收後，得以記錄骨骼肌收縮時所產生的動作電位變化量之電位活動，而此變化通常被運用在觀察疲勞的變化。因此，對於電腦工作者長時間維持一個姿勢時，就很容易產生肌肉的疲勞，且肌肉的疲勞亦常常被忽視而不斷累積，可能會對人體造成一定的傷害。

而在現今已有許多學術研究文獻上顯示，肌肉動作上，可利用肌電圖 (EMG) 作為判斷有無肌肉疲勞現象的指標。而一般的肌電圖可分成侵入式與非侵入式，分別為侵入式的針狀電極 (needle electrodes)，即利用探針插入皮膚下的肌肉組織中，用以探測肌肉或運動單為活動時的電極變化，而通常用在醫學診斷和治療方面；非侵入式為表面電極 (surface electrodes)，又稱為表面肌電圖 (surface electromyography, sEMG)，一般大多使用的是表面肌電圖，此種電極是用一種鍍上氯化銀的銀版，覆在皮膚表面，並在銀版與皮膚表面之間塗上一種糊狀物，以測量皮膚下方肌肉的活動。其所產生的肌電訊號是肌肉收縮時不同運動單位 (motor unit, MU) 的動作電位 (action potential)

總和，透過貼在人體肌肉表面的電極所記錄的生物電訊號，由於每一個運動單位的活化受中樞神經一部分的脊髓中的運動神經元所支配，因此肌電訊號反應神經肌肉的興奮性，通常用來評估神經與肌肉的功能狀態。此方法所測得的肌電圖，實際上是許多運動單位的活動電位之總合。然而，本研究將採非侵入式偵測生理訊號，亦為上述之表面肌電圖的方式進行肌電圖的量測。並於近年研究中發現，肌肉骨骼傷害和電腦工作之間有密切的關連性（周太一，2005；劉一凡，2005；黃宏凱，2006；白宜晉，2007），且有研究指出工作傷害的增加，而造成與工作有關的肌肉骨骼傷害多數因長時間使用電腦所致（Shuval et al., 2005），以及整天性的資料輸入作業。根據Carter 和Banister (1994) 在電腦工作肌肉骨骼的不舒適是歸因於靜態負荷和重覆性工作，以及持續性鍵盤上的作業所致。

因此，本研究客觀實驗指標，將納入生理回饋儀之表面肌電圖之均方根值 (Root Mean Square, RMS)，表示肌電訊號振幅(Amplitude)大小的指標，即可評估使用者於電腦作業時身體持續某種動作所引發之上肢局部肌肉疲勞程度。且表面肌電圖黏貼電極部位可分為窄與寬兩種，窄位置 (Narrow placement) 亦即針對特定部位；而寬位置 (Wide placement) 其範圍較廣 (Blaesi, Hinson, & Peper, 2006)。然而，本實驗無針對其上肢各部位的肌電值，並配合電腦打字任務，並以上肢局部肌肉為主，進而採取窄的位置電極紀錄特定上肢前臂肌肉 (forearm extensors)。最終，將所量測之表面肌電圖的平均值來評估電腦疲勞防護系統對於電腦使用者肌肉疲勞的改善程度。

## 2.6.2 心電圖 (Electromyography, ECG)

心電信號是人類最早研究並應用於臨床與醫學的生物電信號之一，心電圖 (Electrocardiogram, ECG) 在臨床診斷中具有重要價值，能為心臟的分析、診斷、治療和監護提供正確、客觀的指標。

本研究將利用心電圖來監控使用疲勞防護系統時的生理狀況，進一步分析出心率變異度 (Heart rate variability, HRV) 來判斷使用者的健康狀況及自主神經活性的平衡性。心率變異率是自律神經系統藉以控制並且維持身體器官功能活動的平衡，而心跳間距的變化是受到交感與副交感神經系統的影響，其變異也就反應了自律神經系統的狀態 (European Heart Journal, 1996)。心律變異度就是一個心跳與下一個心跳間之時間間距，它不是一成不變的，而是隱藏著規律的變化。心律變異度是利用心電訊號進行 R-R 波之分析，因在心電訊號上，以 R 波是較為顯著的波形，且 R-R 波間距能明確的代表心臟的竇性心率 (陳淑如、蔡月霞等人，2005)。在心率變異分析中可分為時域分析 (time domain) 及頻域分析 (frequency domain) 二大部份 (陳高揚、郭正典等人，2000)。而本研究實驗在 HRV 的部份，將採短時間進行量測，並以頻域分析 (frequency domain) 為主。如圖 2-22 所示。

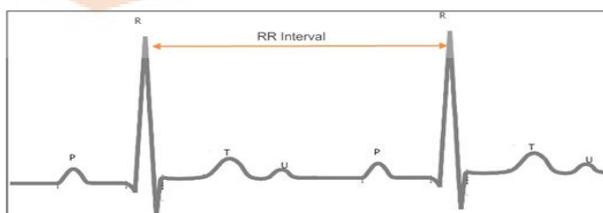


圖 2-22 R-R 波間距圖

資料來源：(Z. Li, K. Jiao et al., 2005)

而自律神經系統主要控制人體各器官功能的平衡，Akselord 等人於1981年已證實，在評估人體自律神經系統時，心率變異度 (HRV) 的分析是一項重要且有用的工具。HRV 在頻域分析上有五項指標性的參數：(1) 高頻 (High Frequency, HF)；(2) 低頻 (Low Frequency, LF)；(3) 極低頻 (Very low

frequency, VLF)；(4) 低高頻比值 (LF/HF)；(5) 總功率 (Total power, TP)。

Pagani 等人在1986 表示，LF/HF 代表交感與副交感神經的活性變化，可用以評估它們之間的平衡。而以下為上述五項指標性參數之定義：

- (1) 總功率 (TP)：截取之頻率為  $\leq 0.4\text{Hz}$ ，指正常心跳間期的變異數。可評估出整體心律變異度。
- (2) 低頻功率 (LF)：截取之頻率為  $0.04\text{-}0.15\text{Hz}$ ，指低頻範圍的正常心跳間期的變異數，代表交感神經活性或交感神經與副交感神經同時調控的指標。
- (3) 高頻功率 (HF)：截取之頻率為  $0.15\text{-}0.4\text{ Hz}$ ，指高頻範圍的正常心跳間期的變異數，代表副交感神經活性的指標。
- (4) 低高頻功率 (LF/HF)：反映自主活神經活性平衡的指標，觀察自主神經反應交感/副交感神經平衡的指標或代表交感神經調控的指標。
- (5) 極低頻 (VLF)： $0\sim 0.04\text{ Hz}$ ，此頻段可當作交感神經活性的指標，但建議使用於24小時長時間分析使用。因此本研究不納入此指標。

而在 1996 年由歐洲心臟學會及北美節律與電生理學會公佈國際標準心律變異度量測與應用，在短時間分析裡可以將頻譜分為極低頻 (VLF)、低頻 (LF)、高頻 (HF) 三個主要部分。且國內研究發現疲勞後，HRV頻域測量指標中的低頻段功率值LF明顯上升，高頻功率值HF明顯下降(Todru et al., 1999)。並根據其上升及下降的速率的不同劃分疲勞等級，而上述之心電圖頻域指標，可針對疲勞程度進行量化的反映和評價。因此，透過上述得知，本研究將表面肌電圖(sEMG)、眨眼頻次，以及心律變異度(HRV)之高頻(HF)與低頻(LF)等生理參數歸納為本實驗生理客觀評估依據。

最後，本研究將以客觀實驗數據來評估電腦使用者有無使用電腦疲勞防護系統的視覺疲勞與肌肉疲勞程度；以及主觀電腦疲勞防護系統使用前後評估問卷來瞭解使用者對系統的使用性評價，並探討造成使用性低的影響因素。

### 第三章 研究方法

本研究為針對三套已發行的電腦疲勞防護系統進行主客觀的使用性評估。並基於TAM3與PSSUQ使用性評估構面問項，以評估電腦使用者予以系統的主觀使用性負面評價的原因。

並結合PSSUQ使用性評估及TAM3之外在影響因子，藉由TAM3的路徑關係來分析主觀使用性的問題。對於過去TAM多數是運用於解釋某系統的行為現象，顯少研究將它應用於其它的領域中來探討。而本研究將採取實驗來評估系統的客觀使用性，經由電腦使用者與電腦疲勞防護系統互動的過程中，藉由生理回饋的方式量測使用者生理數據所反應的sEMG、HRV生理變化，以及錄影機記錄眨眼頻次(BF)來判斷其肌肉與視覺疲勞的程度，以及對電腦工作績效的影響。

進而，藉由使用性評估問卷來分析與解釋其系統的使用性問題與闡述使用者的主觀感受。而本研究模型的部分，將排除原理論架構的經驗、形象及自願性等三個外在影響因子。經驗(experience)亦指使用者本身對系統操作及使用的經驗程度，而研究中評估的電腦疲勞防護系統是本實驗受測者皆無使用過的，因而本研究不予探討此因子；形象(image)原指因使用資訊系統後增強其社會地位的程度，而使用疲勞防護系統難以造成社會地位的提升，而本研究對象為學生，學生之間並未有所謂社會地位關係，因此在本研究中為非必要性，而不予探討；自願性(voluntariness)原指使用資訊系統是否依自己的意願，對於本研究受試者因實驗的要求，必需使用電腦疲勞防護系統，並出於自願來參加本實驗，所以此因子亦不予探討之。

且因心率變異度受晝夜節律的影響而有改變，為減低可控制之干擾因素影響實驗結果，本研究將時間控制在上午 9:00 至下午 4:30 進行。

### 3.1 使用性評估應用構面模型

本研究將根據研究動機、目的及相關文獻之結果，基於TAM3 的外在影響因素於PSSUQ使用性評估中之模型，括弧處為PSSUQ與TAM3類似的構面問項，如圖 3-1 所示。

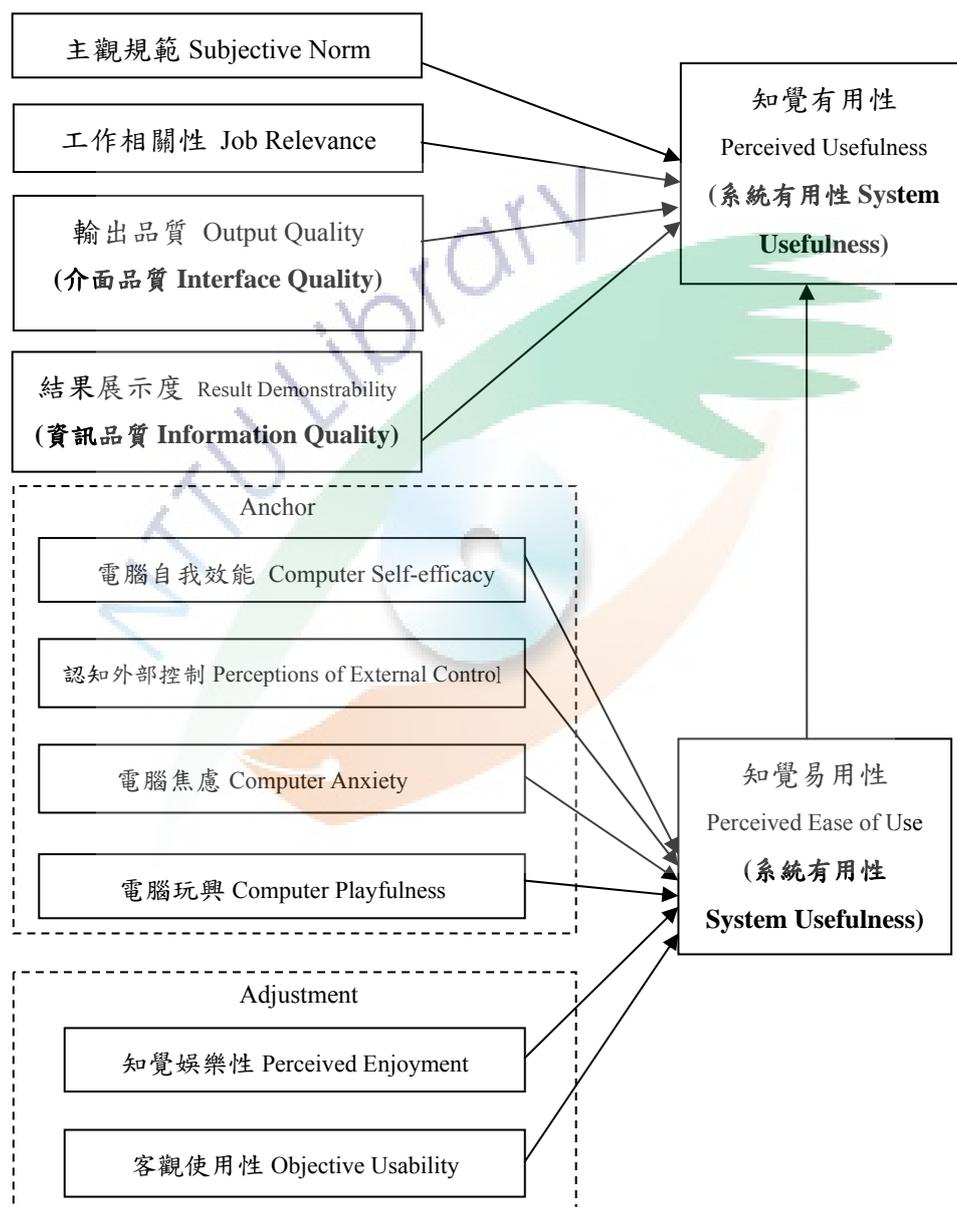


圖 3-1 應用構面模型

本研究將基於 TAM3 之外在影響因素及路徑關係，包含『主觀規範』、『工作關聯性、輸出品質、結果展示度』；『電腦自我效能、知覺外部控制、電腦焦慮及電腦玩興』；『知覺娛樂性與客觀使用性』，以及 TAM 主要的『知覺有用及易用性』構面，並納入 PSSUQ 使用性評估的資訊品質、介面品質及系統有用性等相關問項，而 PSSUQ 之相關問項可強化 TAM3 之相關問項，可增加其問項深度，用以深入瞭解使用性的問題所在。

因此，本研究基於 TAM3 中所含括之使用前構面問項，以及過去科技接受模式所未探究之客觀使用性構面。進而，藉由主客觀的使用性評估方法來分析及解釋其影響電腦疲勞防護系統的使用性問題。

### 3.1.1 應用模型構面之操作型定義

1. 主觀規範( Subject Norm )：電腦使用者認知他所重視的人是否覺得他應該或不應該使用電腦疲勞防護系統。係指對一般電腦使用者而言，若聽到朋友、親戚或長輩告知我操作電腦時，應該使用電腦疲勞防護系統以預防疲勞的發生，此時是否會影響使用者對電腦疲勞防護系統的使用性評價及接受程度。
2. 認知輔助過程：係指電腦使用者對認知有用的判斷，以了解電腦疲勞防護系統是否有足夠的能力達到使用者的需求認知。此主構面包含工作關聯、輸出品質、結果展示度等三個子構面，而工作關聯 (Job Relevance) 係指一般電腦使用者認為電腦疲勞防護系統適用於他工作上使用的程度，也就是指系統對一般電腦使用者於工作相關任務所能支援的程度；輸出品質 (Output Quality) 係指一般電腦使用者對電腦疲勞防護系統所能發揮的功用之程度，並傾向選擇使用較具代表性的系統；結果展示度 (Result Demonstrability) 係指對一般電腦使用者而言，認為使用過電腦疲勞防護系統後的成效是容易被觀察、討論的，進而認為此系統是有效的，且符合使用者的需求。

3. 認知接受過程：係指人們對主觀使用性的判斷，以了解電腦疲勞防護系統的哪部分可被接受並吸引使用者使用。此主構面包含了下述四項因子：電腦自我效能 (Computer Self-efficacy) 係指使用者認為可以利用電腦工作或利用於電腦執行特定任務時，所影響個人對於使用電腦產生的期望結果；認知外部控制 (Perceptions of External) 係指個人認為組織及技術支援的存在可幫助自己使用電腦疲勞防護系統；電腦焦慮 (Computer Anxiety) 係指使用者在使用過電腦的過程中，所面臨適應困難的程度；電腦玩興 (Computer Playfulness) 係指一種特定情境與認知自發的玩興特徵。
4. 知覺娛樂性 (Perceived Enjoyment)：係指對電腦使用者與電腦疲勞防護系統的互動過程中，所感受到的有趣程度。
5. 客觀使用性 (Objective Usability)：係指電腦使用者實際操作電腦疲勞防護系統時，並進行某項具體任務或工作。本研究將此構面採使用性評估之績效量測法，藉由生理回饋之表面肌電圖(sEMG)、心電圖(HRV)及錄影機記錄眨眼頻次(BF)等局部的生理變化，及包含了實驗任務中的多項客觀指標。並透過對照組實驗來分析有無使用電腦疲勞防護系統之客觀的差異性，以及主觀對電腦工作績效的影響。
6. 資訊品質 (Information Quality)：係指電腦疲勞防護系統會提供疲勞相關資訊，以供電腦使用者作為參考，並於發生問題時即時告知使用者問題所在。
7. 介面品質 (Interface Quality)：係指電腦疲勞防護系統所呈現的靜態與動態介面，以及所提供的功能選項是否符合使用者需求，以及是否容易控制與操弄。
8. 系統有用性 (System Usefulness)：係指一般電腦使用者認為使用電腦疲勞防護系統後，操作介面和功能對自己是否容易，以及對目前工作有正向的幫助。此為PSSUQ之構面，如同TAM3之知覺易用及有用性。

## 3.2 問卷設計

基於 Venkatesh & Bala (2008) 所發展之科技接受模式3 (TAM3) 量表為基礎的設計問卷，並納入PSSUQ 使用性評估影響構面的問項。問卷測量尺度採李克特之五點量表。各構面之問項詳見表 3-1 所示。

表3-1 電腦疲勞防護系統使用性評估問卷問項

| 構面                                  | 子構面<br>及納入之 PSSUQ 構面              | 變數命名    | 問項                              |
|-------------------------------------|-----------------------------------|---------|---------------------------------|
| 認知接受<br>過程                          | 電腦自我效能(Computer<br>Self-efficacy) | CSE-1   | 即使過去沒有操作過此疲勞防護系統，我也會使用。         |
|                                     |                                   | CSE-2   | 即使身旁沒有人教我，我也會使用疲勞防護系統。          |
|                                     |                                   | CSE-3   | 須有人示範一次我才會使用疲勞防護系統。             |
|                                     |                                   | CSE-4   | 如果我使用過與疲勞防護相似的系統後，我就會使用其他類似的系統。 |
| 認知外部控制<br>(Perceptions of External) |                                   | PEC-1   | 我已經會使用疲勞防護系統。                   |
|                                     |                                   | PEC-2   | 我應該使用疲勞防護系統來預防生理疲勞的發生。          |
|                                     |                                   | PEC-3   | 若提供我一套疲勞防護系統，我會去使用，且並不覺得耗時。     |
|                                     |                                   | PEC-4   | 疲勞防護系統是無法與其他系統或軟體一起使用的。         |
| 電腦焦慮<br>(Computer Anxiety)          |                                   | CANX-1  | 使用疲勞防護系統時，並不會讓我有壓迫感。            |
|                                     |                                   | CANX-2  | 使用疲勞防護系統容易讓我產生緊張的感受。            |
|                                     |                                   | CANX-3  | 使用疲勞防護系統會讓我有不自在且受約束的感受。         |
|                                     |                                   | CANX-4  | 使用疲勞防護系統會讓我心情有不安的感受。            |
| 電腦玩興<br>(Computer Playfulness)      |                                   | CPLAY-1 | 使用疲勞防護系統的過程是非強制性的。              |
|                                     |                                   | CPLAY-2 | 使用疲勞防護系統過程是令                    |

| 構面   | 子構面<br>及納入之 PSSUQ 構面  | 變數命名                     | 問項                               |
|--|---|--------------------------|----------------------------------|
| 認知輔助<br>過程   |   |                          | 人覺得有創意而引起我的好奇心。                  |
|  |   | CPLAY-3                  | 使用疲勞防護系統的過程是令人愉悅且有趣的。            |
|  |   | CPLAY-4                  | 使用疲勞防護系統的過程是令人覺得有獨特的性質而吸引我。      |
|  | 工作關聯<br>(Job Relevance)   | J-1                      | 對電腦工作而言，使用疲勞防護系統是重要的。            |
|  |   | J-2                      | 使用疲勞防護系統與預防電腦工作上所產生的生理疲勞是有所關聯的。  |
|  |   | O-1                      | 使用疲勞防護系統於電腦工作上沒有問題的。             |
|  |   | O-2                      | 電腦工作時使用疲勞防護系統能有效提升工作品質。          |
|  |   | O-3                      | 疲勞防護系統的介面功能是能夠讓使用者清楚得瞭解。         |
|  |   | O-4                      | 疲勞防護系統有令人愉悅的介面呈現出來。              |
|  |   | O-5                      | 疲勞防護系統的介面我很喜歡。                   |
|  | 輸出品質<br>(Output Quality)<br>及 PSSUQ 介面品質<br>(Interface Quality) | O-6                      | 疲勞防護系統具有的所有的功能，並能夠讓我對它的未來有所期盼。   |
|  |   | O-7                      | 大致上，我對疲勞防護系統是很滿意的。               |
|  |   | R-1                      | 我能夠毫無疑問的告知他人使用疲勞防護系統後能有效的預防疲勞發生。 |
|  |   | R-2                      | 我相信我能夠將我使用過疲勞防護系統後的經驗或感受傳達給其他人。  |
|  |   | R-3                      | 對我而言，使用疲勞防護系統後所能預防的生理疲勞效果是相當明顯的。 |
| 結果展示度<br>(Result Demonstrability)<br>及 PSSUQ 資訊品質<br>(Information Quality) | R-4   | 我能確切說出使用疲勞防護系統所帶來的優缺點。   |                                  |
|  | R-5   | 當我長時間的重複使用電腦時而忘了休息，疲勞防護系 |                                  |

| 構面                                | 子構面<br>及納入之 PSSUQ 構面 | 變數命名  | 問項  |
|-----------------------------------|----------------------|-------|---|
|                                   |                      |       | 統此時會依據我的狀況來判斷，並明確告知我該如何預防生理上的疲勞問題。                                    |
|                                   |                      | R-6   | 當我使用疲勞防護系統發生問題時我可以很快的解決。  |
|                                   |                      | R-7   | 疲勞防護系統所提供的這些資訊（如線上的輔助說明，介面的訊息資訊和其他生理上的相關資料）能清楚的說明使用疲勞防護系統是能有效的預防疲勞發生。 |
|                                   |                      | R-8   | 疲勞防護系統可在我對哪些生理部位所產生的疲勞發生疑問時，是可以很容易的找到我所需要的資訊。                         |
|                                   |                      | R-9   | 疲勞防護系統所提供的資訊是很容易理解的。  |
|                                   |                      | R-10  | 疲勞防護系統所提供的這些資訊能有效地協助我能有效的預防疲勞發生。                                      |
| 主觀規範<br>(Subjective<br>Norm)      |                      | BI-1  | 若老師認為我應該使用疲勞防護系統，我會去使用。   |
|                                   |                      | BI-2  | 若同學認為我應該使用疲勞防護系統，我會去使用。   |
|                                   |                      | BI-3  | 若朋友認為我應該使用疲勞防護系統，我會去使用。   |
|                                   |                      | BI-4  | 若長輩認為我應該使用疲勞防護系統，我會去使用。   |
| 知覺娛樂性<br>(Perceived<br>Enjoyment) |                      | ENJ-1 | 我覺得疲勞防護系統能帶給我愉悅的感受。   |
|                                   |                      | ENJ-2 | 實際使用疲勞防護系統後發現，使用此系統能讓我心情愉快。   |
|                                   |                      | ENJ-3 | 我已經找到使用疲勞防護系統的樂趣。   |

|                                       |                                    |        |                                   |
|---------------------------------------|------------------------------------|--------|-----------------------------------|
| 知覺有用性<br>( Perceived<br>Usefulness )  | PSSUQ 系統有用性<br>(System Usefulness) | PU-1   | 疲勞防護系統能幫助我預防生理疲勞的發生。              |
|                                       |                                    | PU-2   | 疲勞防護系統能幫助我改善疲勞症狀。                 |
|                                       |                                    | PU-3   | 疲勞防護系統能有效預防生理疲勞發生，進而提升工作績效。       |
|                                       |                                    | PU-4   | 整體而言，我覺得疲勞防護系統的實用性很高。             |
| 知覺易用性<br>( Perceived<br>Ease of Use ) | PSSUQ 系統有用性<br>(System Usefulness) | PEOU-1 | 疲勞防護系統是容易操作的。                     |
|                                       |                                    | PEOU-2 | 疲勞防護系統是容易學習的。                     |
|                                       |                                    | PEOU-3 | 學習使用疲勞防護系統是不需花上很多心力的。             |
|                                       |                                    | PEOU-4 | 與疲勞防護系統互動過後，可以明確的知道此系統可預防生理疲勞的發生。 |

(本研究設計)

而本研究兩階段實驗問卷，將依據上述影響因子來設計，並劃分為使用前共同問項與使用後針對每一目標系統個別回答的兩種使用性評估問卷來了解受測者的主觀感受。而使用前構面為認知接受過程，亦即使用者在未使用電腦疲勞防護系統前的主觀認知；而使用後構面為知覺易用性與有用性、主觀規範、客觀使用性、知覺娛樂性及認知輔助過程等，即為受測者於操作過系統後，對所使用過的系統予以主觀的使用性評價。

### 3.3 實驗設計

本實驗將採用實驗室實驗法，並劃分實驗組與控制組兩階段。首先，實驗組為受測者於配置電腦疲勞防護系統的情況下，進行實驗所安排的英文打字任務，而實驗前將先量測受試者的上肢局部生理部位，並以sEMG及HRV等生理訊號為主。在實驗中除了量測生理訊號外，再藉由錄影機來記錄其眨眼頻次。且因納入電腦疲勞防護系統而有實施疲勞防護措施，為時20分鐘的實

驗過程，並在每5分鐘後進行為時2分鐘的防護措施，進而在實驗後再次量測生理訊號，以瞭解其有無使用電腦疲勞防護系統前後之客觀差異性；

而控制組為受測者於無配置電腦疲勞防護系統的情況下進行實驗任務，後續流程與實驗組大似相同，但無提供疲勞防護措施。並於每套電腦疲勞防護系統的實驗任務完成後，填寫各系統的使用性評估問卷。而實驗對象為10名研究生，實驗內容以重複性動作之英文打字任務，予以13篇不同的英文文章來實施疲勞訓練。

因此，實驗目的為下述幾點：

1. 基於 TAM3 所提之外在因子及路徑關係來分析及解釋導致系統使用性低的原因。
2. 採使用性評估之績效量測法，即以實驗的方式針對手腕、手臂等部位進行生理訊號的量測，並以表面肌電訊號 (sEMG) 及心律變異度 (HRV) 為肌肉疲勞客觀指標，以及透過錄影機來記錄眨眼頻次為視覺疲勞程度主要的判斷依據。用以評估有無使用疲勞防護系統之客觀差異性，並藉由對照組所量測出之數據差異性來分析是否有效改善及降低疲勞的程度。
3. 採使用性評估之問卷調查法，即以兩階段使用前後之問卷供受測者填寫，並於實驗前後訪談受測者對系統的見解與建議。進而，依據 TAM3 及 PSSUQ 的構面來設計本實驗問卷，用以瞭解影響電腦疲勞防護系統的使用性問題。

### 3.4 實驗內容及變項

本研究採實驗室實驗法，自變項為評估 A、B、C 三套疲勞防護系統，以及 13 篇英文任務的實驗測試，依變項為皮表肌電反應(sEMG)、心律變異度 (HRV)、眨眼頻次(BF)、錯誤率、每分鐘淨打字數、總擊率，以及本實驗所設計的電腦疲勞防護系統使用性評估問卷，實驗架構如圖 3-2 所示。

自變項

依變項

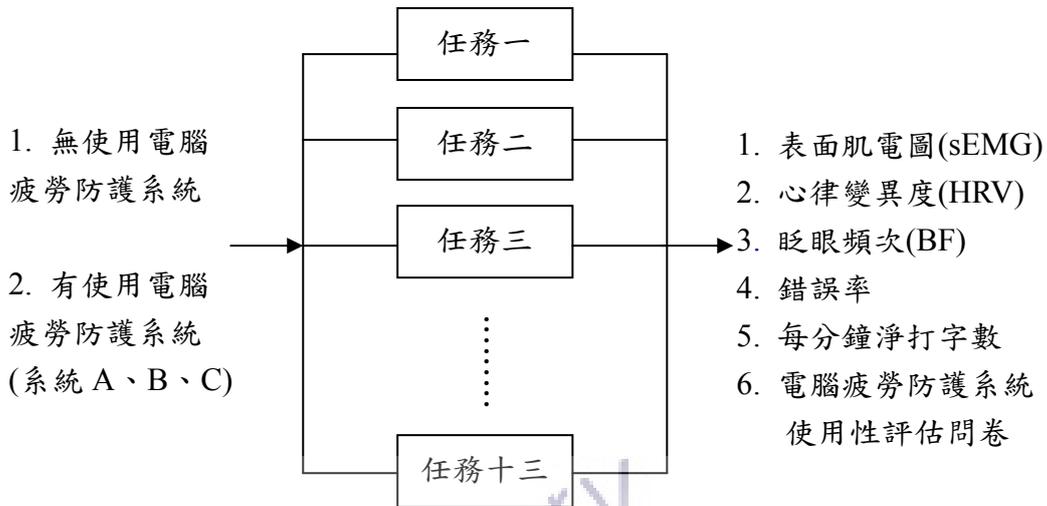


圖 3-2 實驗架構

(資料來源：本研究設計)

### 3.4.1 自變項

本研究將於同一電腦任務及環境中，將受測者分成實驗組—「有使用疲勞防護系統」和對照組—「無使用疲勞防護系統」，以比較兩者之客觀的差異性。因此，共有 3 個自變項。

- (1) 無使用電腦疲勞防護系統。
- (2) 有使用電腦疲勞防護系統(系統A、B、C)，並採抽籤的方式排使用系統的順序，以防止疲勞累積的問題。
- (3) 系統 A、B、C 三套電腦疲勞防護系統。

而英文打字任務為本研究實驗所設計之電腦作業任務，共有 13 篇不同的英文文章，以及實驗中以隨機挑選系統的方式，用以預防學習效應的情形發生。

### 3.4.2 依變項

本實驗採生理回饋的方式，並於使用過任一系統後，再藉由問卷來瞭解受測者使用過電腦疲勞防護系統後的主觀使用性評價及感受，以及實驗前後的生理參數與電腦工作任務指標。因此，共有6個應變項。

- (1) 表面肌電圖(surface electromyography, EMG)：以表皮肌電 (sEMG) 之均方根值(Root Mean Square, RMS), 表示其肌電訊號振幅大小的指標，即可評估肌肉訊號的強度，亦即肌肉疲勞程度。
- (2) 心律變異度 ((Heart rate variability, HRV)：紀錄實驗進行之高頻 (High Frequency, HF)、低頻 (Low Frequency, LF)、極低頻 (Very low frequency, VLF)、低高頻比值 (LF/HF)、總功率 (Total power, TP)等心電訊號。
- (3) 眨眼頻次(blink frequency, BF)：記錄方式為透過錄影機擷取操作者之眼部，事後再透過人工計算來分析統計。
- (4) 錯誤率： $(\text{錯誤字數} \times 5) / \text{總打擊數} \times 100\%$ 。
- (5) 每分鐘淨打字數： $(\text{總擊數} - \text{錯誤數} \times 5) / (5 \times \text{時間})$ 。
- (6) 本實驗所設計的電腦疲勞防護系統使用性評估問卷，並以李克特五分量表 (5-point scale) 的方式回答，1 代表「很同意」、2 代表「同意」、3 代表「尚可」、4 代表「不同意」5 代表「很不同意」等使用性評價。分數高於3代表使用性評價較差；反之，低於3代表使用性評價較佳。

## 3.5 實驗對象及場所

### 3.5.1 受測者

本研究實驗的樣本將隨機挑選10名台東大學研究生為受測者，選擇條件包括：

- (1) 年齡界於23歲至26歲之間。
- (2) 意識清楚、無知覺障礙者。
- (3) 需具備電腦基礎操作能力。
- (4) 有意願參與本研究之受試者，取得受試者實驗同意書。
- (5) 受限晝夜對心率變異率之影響，受試者需排除會造成身體不自主抖動之疾患，及可配合約三小時的實驗程序。

### 3.5.2 實驗環境

本研究實驗地點乃室內具有整潔與安靜之獨立空間，約4坪大小。室內溫度控制在攝氏24°C，實驗空間兩側使用窗簾隔離室外光線，實驗進行時光線控制在58 lux，受試者做於電腦前之軟墊的舒適椅子上。同一時段控制僅有一人參與，受試者不受彼此影響，以排除人為之干擾因素，如圖3-3所示。

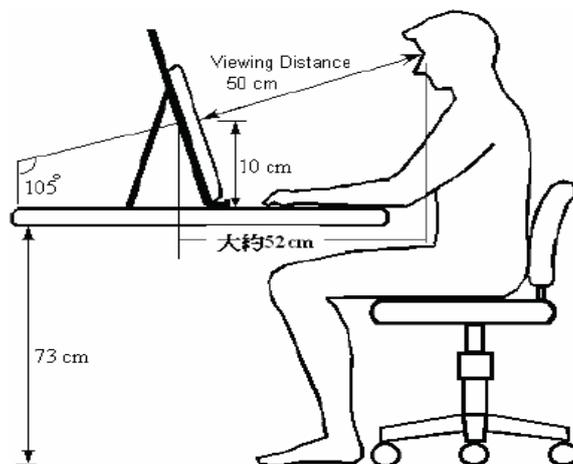


圖 3-3 實驗環境示意圖

### 3.6 實驗任務執行工具

本實驗主要包含硬體及軟體設備，茲分述如下：

#### 1. 硬體設備：

##### (1) 生理回饋評估儀 (biofeedback technique)

本實驗使用 Thought Technology 公司所研發的生理回饋評估儀，產品名稱為 BioGraph Infiniti，包含了軟體系統和硬體設備，軟體部分可以藉由擷取到的訊號轉成波形或數據，並依圖形的方式回饋給使用者，讓使用者可以瞭解自身的生理狀況。

硬體部分包含一台 8 通道的 Encoder (編碼器)、TT-USB 介面、光纖傳輸線以及 Sensor (生理訊號感測器)，Encoder 可同時容許連結八個 Sensor，而 Sensor 依其量測的對象分為 EEG (腦波圖)、ECG (心電圖)、EMG (肌電圖)、SC (皮表電阻)、R (呼吸)、BVP (脈搏) 等七種 Sensor，並使用光纖傳輸線提高傳輸速率和降低雜訊干擾，以及作同步回饋顯示或 Compact Flash (CF) 作預先儲存 Data。如圖 3-4 所示。



圖 3-4 Biograph Infiniti Encoder

##### (2) 溫度計(temperature meter)。

##### (3) 17 吋電腦液晶螢幕、桌上型電腦、14吋華碩筆記型電腦。

##### (4) 錄影機。

#### 2. 軟體設備：

##### (1) 易教易學英打電腦輔助軟體(英打螢幕檢定)。

##### (2) EyeLoveU、Workrave、RSIGuard 電腦疲勞防護系統。

### 3.7 實驗流程

在正式實驗之前，有二至三位受試者先作預試實驗，以確定實驗之可行性。確定試驗程序沒有問題之後，再決定進行試驗。為使受測者皆能熟悉試驗程序，在每次試驗前會提供書面的文字並輔以口頭說明，使其清楚瞭解試驗進行的程序與所需收集數據的意義及重要性。並於實驗的過程中提出問題來訪談受測者，以及讓受測者提出自己對系統的見解與建議。本實驗將於相同實驗環境下進行兩階段實驗，用以探討有無使用電腦疲勞防護系統的主客觀差異性，而分為實驗組及控制組作一相互對照比較，並依據多重生理參數評估生理疲勞的改善程度，以及每分鐘淨打字數、錯誤率等方式來評估電腦疲勞系統對電腦工作績效的影響。控制組為進行實驗所設計的 20 分鐘英文打字任務時，無予以受測者任何電腦疲勞防護系統使用；實驗組則分別予以受測者三套電腦疲勞防護系統供受測者使用。

首先，先讓受測者填寫實驗同意書，並於實驗前量測 3 分鐘量測受測者的肌電、心律及眨眼頻次，用以瞭解受試者一般正常的生理狀況，亦於尚未進行疲勞訓練前的生理變化；且實驗中記錄受測者的生理訊號，並於實驗後再次量測。而實驗組在使用過每套電腦疲勞防護系統後，須填寫本研究所設計的電腦疲勞防護系統使用性評估問卷；最終，將實驗與問卷數據透過統計分析其影響系統的使用性問題，以及有無使用電腦疲勞防護系統的客觀差異性。本實驗步驟如下所示：

步驟一 告知受測者實驗流程與內容，並簽實驗同意書。

步驟二 實驗儀器及進行受測者貼片配置。

步驟三 實驗共分為兩階段進行，分別為實驗組與控制組，並於同一電腦任務與環境中進行，以多重生理訊號量測與眨眼頻次，以及每分鐘的淨打字數、錯誤率等客觀指標。

步驟四 實驗前先量測 3 分鐘的生理變化，此時為受測者於無受刺激的

放鬆狀態下進行。

步驟五 第一階段為控制組，提供英文打字任務，而為排除輸入法的問題，並一律以英文輸入法進行為時 20 分鐘的疲勞訓練，同時記錄多重生理參數，以及透過軟體記錄錯誤率與每分鐘的淨打字數。

步驟六 第一階段完成後，再次量測 3 分鐘的生理變化，並填寫使用前評估問卷及提出見解，同時提出問題來訪談受測者後，再進行 10 分鐘的休息，以為下一階段實驗做準備。

步驟七 第二階段實驗前再次量測 3 分鐘的生理變化，此時亦為受測者於無受刺激的放鬆狀態下進行。

步驟八 隨機挑選一套電腦疲勞防護系統，所提供的任務及收集的數據與控制組相同。然而，須於 20 分鐘的實驗過程中進行每 5 分鐘進行疲勞防護 2 分鐘，並依據各系統的指示進行各種防護的措施。因此，第二階段實驗將針對三套系統進行三次 20 分鐘的實驗，並於實驗中記錄眨眼頻次；每套系統的實驗完成後，再次量測 3 分鐘的生理變化，同時填寫各系統的使用性評估問卷，並提出見解與建議後，再進行 10 分鐘的休息，以為下一實驗做準備。

步驟九 最後，於兩階段實驗完成後，將所蒐集之生理、任務數據及問卷進行統計分析，如圖 3-5 為本實驗整體的流程架構所示。

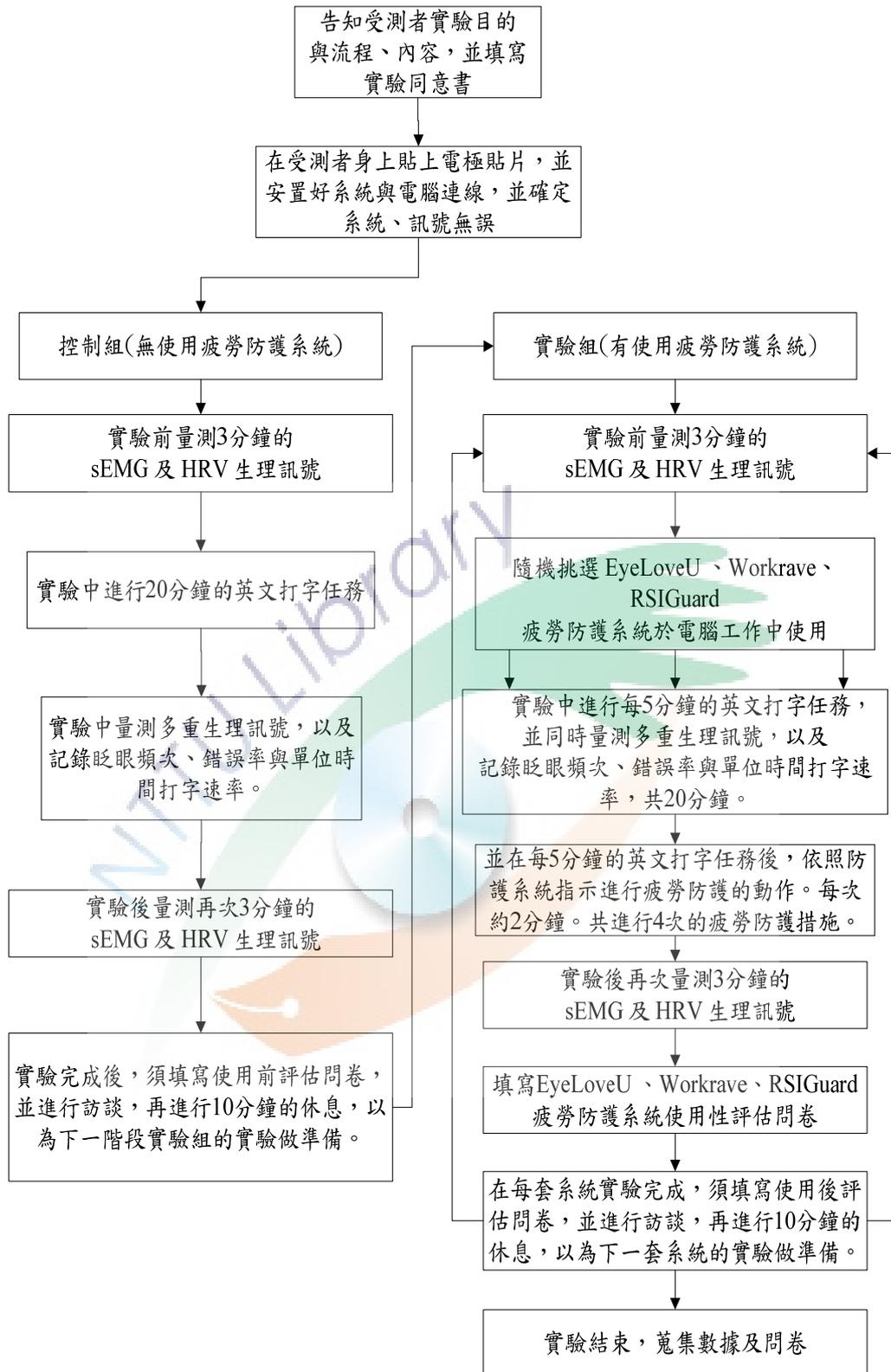


圖 3-5 實驗流程  
(資料來源：本研究設計)

### 3.8 預設實驗結果與推理

本研究將於正式實驗前提出下列預設結果與推理。並於實驗完成後進行統計分析來驗證之。

#### 1. 預設結果分別為：

- (1) 對照組在 sEMG 與 HRV 之 HF、LF 等各項指標，以及眨眼頻次的前後生理參數有顯著差異。且 sEMG、HRV 之高頻(HF)與控制組相比較後有明顯下降；且 HRV 之低頻(LF)、眨眼頻次明顯上升。此時亦驗證使用電腦疲勞防護系統可有效降低肌肉疲勞及視覺疲勞的發生。
- (2) 電腦使用者加入電腦疲勞防護系統後，打字錯誤率有明顯降低，且每分鐘淨打字數會有所提升。以驗證使用電腦疲勞防護系統能維持電腦工作的績效。
- (3) 對照組結果相比下所呈現出的數據有顯著差異。同時亦驗證了有無使用電腦疲勞防護系統之客觀有顯著差異。
- (4) 透過本研究所設計的電腦疲勞防護系統使用前後的評估問卷，探究其使用性問題並提出建議之。

#### 2. 預設推理分別為：

- (1) 透過 TAM3 所提出的影響構面中之『電腦自我效能』、『認知外部控制』、『電腦焦慮感』、『電腦的玩興』等構面來瞭解電腦使用者在未使用疲勞防護系統前的主觀感受，藉此針對對系統較感興趣的使用者來評估，以提升其使用性評估的可信度及有效性。進而，透過其它構面分析使用者實際操作過系統後，對系統使用性的正負評價。
- (2) 由 TAM3 之『知覺娛樂性』構面發現，電腦疲勞防護系統所呈現出的畫面是無法吸引電腦使用者的。

### 3.9 資料分析方法

本研究將實驗與問卷數據加以量化及標準化，並儲存成Microsoft Excel的格式，再利用統計分析軟體 SPSS 進行實驗數據與問卷構面分析。所使用的統計方法如下：

1. 信度分析 (Reliability Analysis)：採用內部信度的指標Cronbach' s Alpha值來檢測問卷內容的信度，Cronbach' s Alpha值越高代表問卷信度越高，這也表示量表越穩定；將用以評估本研究所設計的使用前後電腦疲勞防護系統使用性評估問卷之可信程度。
2. 敘述性統計 (Descriptive Statistics)：藉由此分析法中之長條圖以比較有無使用疲勞防護系統的主客觀差異性，即透過 sEMG、HRV (HF、LF) 與BF等生理參數及錯誤率、每分鐘淨打字數等客觀指標作一比較後，再透過圖表的方式呈現對照組之差異性；以及受測者填寫之問卷整體評價統計。
3. 獨立樣本T檢定 (Independent-Sample T Test)：用此檢定對照組的平均數差異是否達到顯著水準。用以驗證有無使用電腦疲勞防護系統的情況下之生理疲勞程度及任務之客觀差異性。
4. 平均數分析 (Mean Analysis)：藉此分析TAM3與PSSUQ重疊構面之關聯強度，並用以評估使用者給予系統的使用性評價，用以找出分數高於3的負面影響因子，以及分數低於3的正面影響因子，並透過TAM3的路徑關係分析及解釋其系統的使用性問題。

## 第四章 資料分析與結果

本章實驗與問卷方面，將依據第三章研究設計所提出的各種評估方法及檢測工具，針對收集後的樣本進行統計分析，逐一提出研究分析及探討使用性問題。並共分五節加以說明，第一節為信效度分析；第二節為生理數據分析；第三節為實驗任務數據分析；第四節為問卷調查結果分析；第五節為主客觀評估結果分析。

本研究主觀問卷方面將納入訪談，用以瞭解使用者主觀認知上的見解及建議，並應用TAM3提出之「知覺輔助過程」、「知覺接受過程」、「知覺娛樂性」、「客觀使用性」等外在影響因子，以及路徑關係來評估系統的使用性。並將訪談及問卷數據進行統計分析，用以分析其主觀使用性評價與感受；客觀實驗方面，將應用績數量測法，藉由生理回饋量測多重生理參數及實驗任務來驗證電腦疲勞防護系統對生理疲勞的改善程度，以及對電腦工作績效的影響。

### 4.1 信效度分析

本研究信度方面，將針對本研究所設計的電腦疲勞防護系統使用前與使用後的兩份問卷進行可用性分析。而效度方面是依據過去文獻的支持，分別為 Lewis (1995) 所提出的PSSUQ 使用性評估問卷，以及 Venkatesh and Bala (2008) 所提出的科技接受模式3 (TAM3) 問卷的構面問項，而並無修改原始模型，亦將本研究所需的外在影響因素構面納入使用性評估中，以設計兩階段之使用前後的電腦疲勞防護系統使用性評估問卷。進而，透過統計軟體來評估兩份問卷的信度，而於後續章節中分析之。

## 4.2 生理數據結果分析

本實驗所針對的對象為 6 位男性及 4 位女性，共 10 位研究生進行實驗。受測時間為 99 年 5 月 1 日至 99 年 5 月 12 日的上午 9 點至下午 5 點，並針對三套功能性不同的電腦疲勞防護系統進行主客觀使用性評估。而本研究在此節主要採取實驗來評估系統的客觀使用性，亦給予每位受測者同一項電腦打字任務，亦即所謂的疲勞訓練；並透過生理回饋儀器量測之多重生理參數，以及錄影機所記錄的眨眼次數，以代表本研究之客觀生理指標；進而，將打字任務中之錯誤率與每分鐘淨打字數納入實驗評估中，以評估電腦使用者的工作績效。最終，將所蒐集的數據進行統計分析與解釋，以下歸納研究參數分析結果用圖表加以表示。

### 4.2.1 表面肌電(sEMG)數據分析

本實驗先針對肌肉疲勞所量測之 sEMG 之均方根值(Root Mean Square, RMS)作一統計，如圖 4-1 所示；控制組在無使用電腦疲勞防護系統進行短暫的休息的情況下所量測之 sEMG 後測平均值有增高的趨勢，實驗前統計值為 34.6069 mean(uV)，而實驗後為 62.4391 mean(uV)，差距值約為 28 mean(uV)。藉此驗證了實驗所提供的 20 分鐘疲勞訓練於表面肌電變化上有明顯的影響。

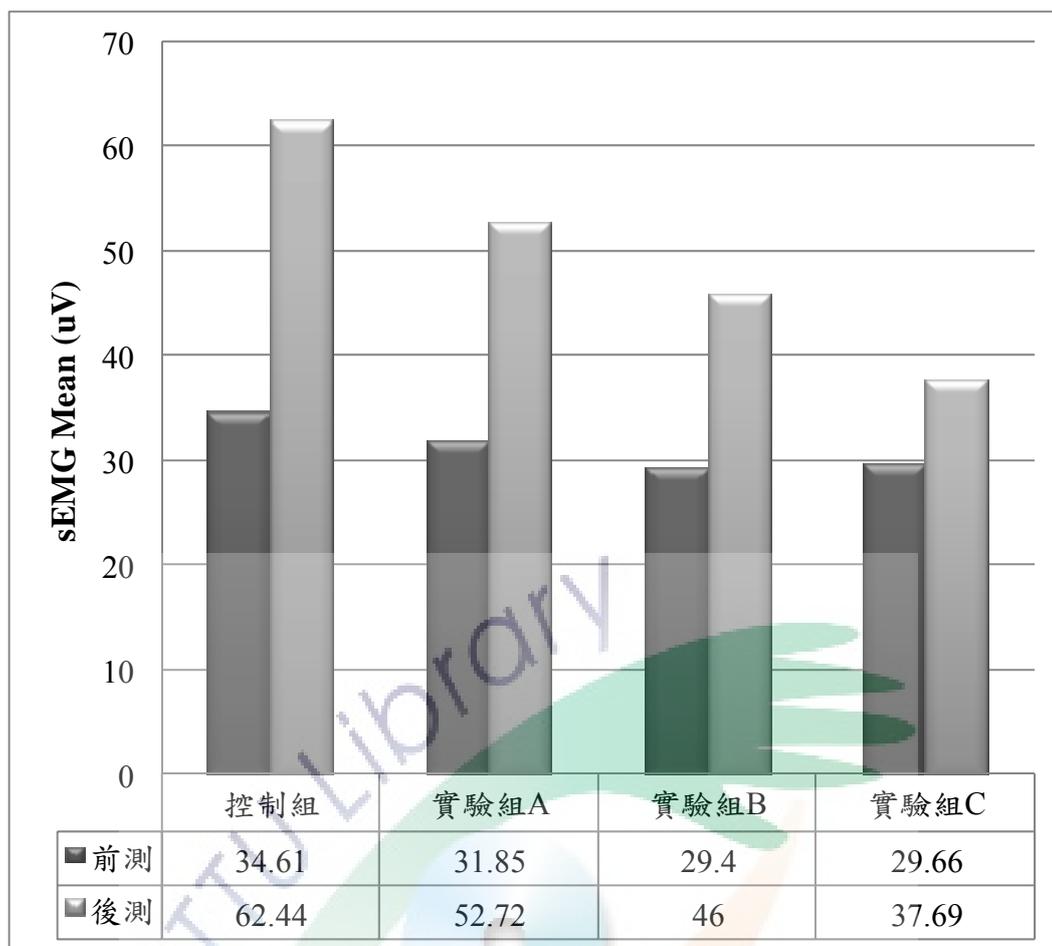


圖 4-1 有無使用電腦疲勞防護系統 sEMG 差異性

然而，實驗組在有使用電腦疲勞防護系統進行短暫休息時，以下分別概述其系統 A、B、C 的數值，並與控制組做一比較分析(詳見附錄3.1所示)：

首先實驗組A，在有使用電腦疲勞防護系統進行短暫休息的狀況下所呈現的sEMG後測統計值為52.718 mean(uV)，而實驗前統計值為31.8479 mean(uV)，其差距約為21 mean(uV)，而此系統為靜態式介面呈現；實驗組B所呈現的sEMG後測統計值，仍有增高的趨勢，而統計值為45.9968 mean(uV)，而實驗前統計值為29.4033 mean(uV)，其差距約為17 mean(uV)，而此系統為動態式介面呈現；實驗組C所呈現的sEMG後測平均值，仍有增高的趨勢，而統計值為37.6898 mean(uV)，而實驗前統計值為29.6635 mean(uV)，其差距約為8 mean(uV)。，而此系統為動態式介面呈現。進而，本研究將針對各套系統分別採取T檢定分析，用以評估其有無使用電腦疲勞防護系統的肌電變化之差異

性，首先將針對系統A，如表4-1所示。

表 4-1 電腦疲勞防護系統 A 之表面肌電變化 T 檢定

| 對照組 | Leven's Test for Equality Of Variances |      | t-test for Equality of Means |        |                |
|-----|--|------|------------------------------|--------|----------------|
|     | F                                      | Sig. | t                            | df     | Sig. (2-taild) |
| 前測  | .363                                   | .555 | .625                         | 18     | .540           |
|     |  |      | .625                         | 15.857 | .541           |
| 後測  | .685                                   | .419 | .952                         | 18     | .354           |
|     |  |      | .952                         | 16.726 | .355           |

(本研究整理)

透過表4-1分析結果得知，控制組與實驗組A前測  $t=.625$ ， $P=0.540 > 0.05$  為無顯著差異，即已恢復實驗前的生理狀態；而後測  $t=.952$ ， $P=0.354 > 0.05$  也無顯著差異，此結果顯示電腦疲勞防護系統A 在降低及改善肌肉疲勞的成效較不明顯。進而本研究再針對系統B進行檢定分析，如表4-2所示。

表 4-2 電腦疲勞防護系統 B 之表面肌電變化 T 檢定

| 對照組 | Leven's Test for Equality Of Variances |      | t-test for Equality of Means |        |                |
|-----|--|------|------------------------------|--------|----------------|
|     | F                                      | Sig. | t                            | df     | Sig. (2-taild) |
| 前測  | 2.363                                  | .142 | 1.098                        | 18     | .287           |
|     |  |      | 1.098                        | 14.956 | .290           |
| 後測  | .298                                   | .592 | 1.555                        | 18     | .137           |
|     |  |      | 1.555                        | 17.374 | .138           |

(本研究整理)

透過表4-2分析結果得知，控制組與實驗組B前測  $t=1.098$ ， $P=0.287 > 0.05$  為無顯著差異，即已恢復實驗前的生理狀態；而後測  $t=1.555$ ， $P=0.137 > 0.05$  也無顯著差異，此結果顯示電腦疲勞防護系統B 在降低及改善肌肉疲勞的成效較不明顯。進而本研究再針對系統C進行檢定分析，如表4-3所示。

表 4-3 電腦疲勞防護系統 C 之表面肌電變化 T 檢定

| 對照組 | Leven's Test for Equality Of Variances |      | t-test for Equality of Means |        |                 |
|-----|--|------|------------------------------|--------|-----------------|
|     | F                                      | Sig. | t                            | df     | Sig. (2-tailed) |
| 前測  | .067                                   | .798 | 1.333                        | 18     | .199            |
|     |  |      | 1.333                        | 17.807 | .199            |
| 後測  | 1.362                                  | .258 | 2.511                        | 18     | .022            |
|     |  |      | 2.511                        | 15.835 | .023            |

(本研究整理)

透過表4-3分析結果得知，控制組與實驗組C前測  $t=1.333$ ， $P=0.199 > 0.05$  為無顯著差異，即已恢復實驗前的生理狀態；而後測  $t=1.555$ ， $P=0.022 < 0.05$  則有顯著差異，此結果顯示電腦疲勞防護系統C 較能改善肌肉疲勞的成效。

因此，本實驗透過上述之實驗組與控制組作一比較分析結果得知，實驗中所納入的三套電腦疲勞防護系統已具備改善肌肉疲勞的成效，且分析出電腦疲勞防護系統C在降低肌肉疲勞程度其效果較佳，而整體差異性如附錄4-1-1所示。進而可知，互動式在改善肌肉疲勞方面的成效優於靜態式防護。

#### 4.2.2 心率變異度(HRV)數據分析

有研究證實於疲勞發生時，HRV 之低頻(LF)會逐漸增加，反之高頻(HF)則逐漸減少。由圖 4-2 顯示，受測者在進行疲勞訓練前後所呈現的數據 HF 平均值均有提升的趨勢，而 LF 平均值亦有降低的趨勢。此亦顯示出肌肉疲勞發生時，對 HRV 有其影響。而為評估其影響程度，進而將其對照組差距分別如下所述：控制組 HF 差距平均值約為 22，而 LF 差距平均值約為+7；實驗組 A 差距平均約為 23，而 LF 差距平均值約為-2；實驗組 B 差距平均值 HF 約為 14，而 LF 差距平均值約為+5；實驗組 C 差距平均值 HF 約為 11，而 LF 差距平均值約為+2.3。透過上述平均值統計得知，其 HRV 與肌肉疲勞是有其關聯性，如圖 4-2 所示；但此分析方式卻未能評估兩對照組的差異性。

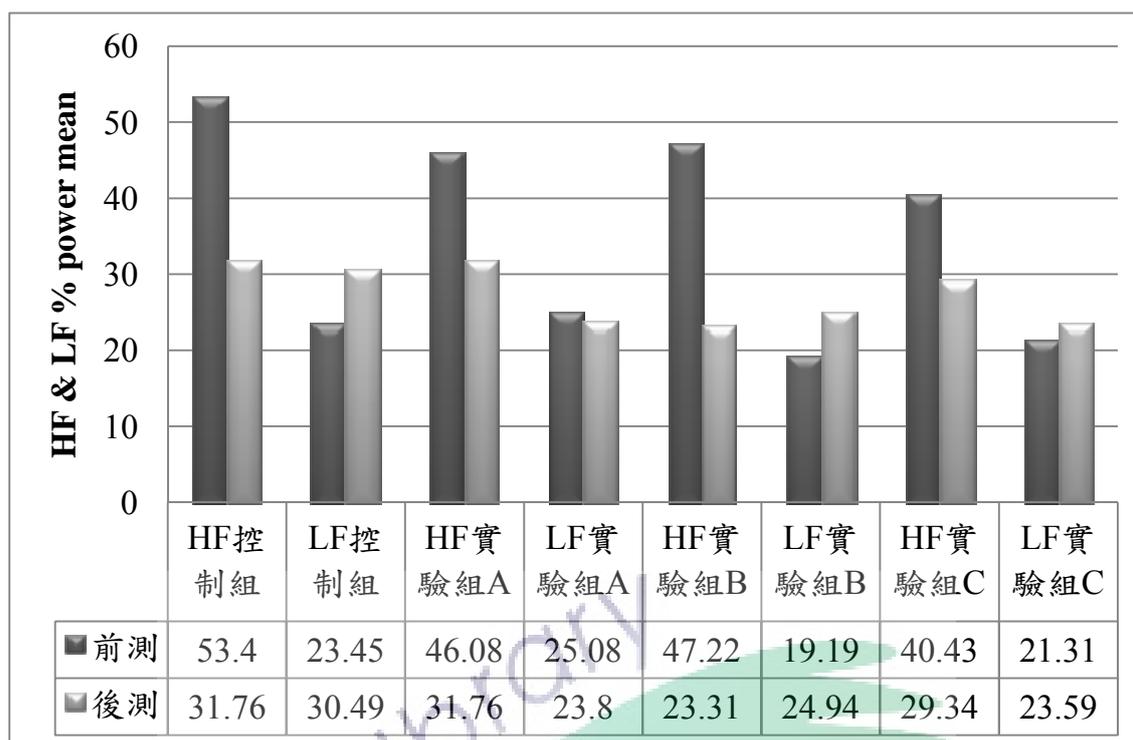


圖 4-2 有無使用電腦疲勞防護系統 HF & LF 差異性

進而，本研究將針對各套系統分別採取T檢定分析，用以評估其有無使用電腦疲勞防護系統的心率變化之差異性，如附錄4-2-1所示；實驗結果發現，其HF 與 LF 兩對照組生理變化上均無顯著的差異。因此，透過圖30統計分析得知，sEMG與HRV有其關聯性，亦當疲勞發生時，HF有降低的趨勢；而LF有增高的趨勢，此亦顯示sEMG對於HRV有其影響性，但心率變異度在評估有無使用電腦疲勞防護系統的生理變化上較無顯著差異。

### 4.2.3 眨眼頻次(BF)數據分析

在視覺疲勞方面，本實驗將眨眼頻次(BF)標準設定每分鐘15至30為一般狀況下的次數(Divjak & Bischof, 2009)，並於實驗中錄影。而由表3分析得知，電腦使用者在無使用電腦疲勞防護系統前，BF平均值有下降的趨勢；而有使用電腦疲勞防護系統時，BF平均值有增加的趨勢。亦因防護系統有提醒使用者眨眼，以降低眼睛乾澀的情況發生，並降低視覺疲勞的程度，如圖4-3所示。

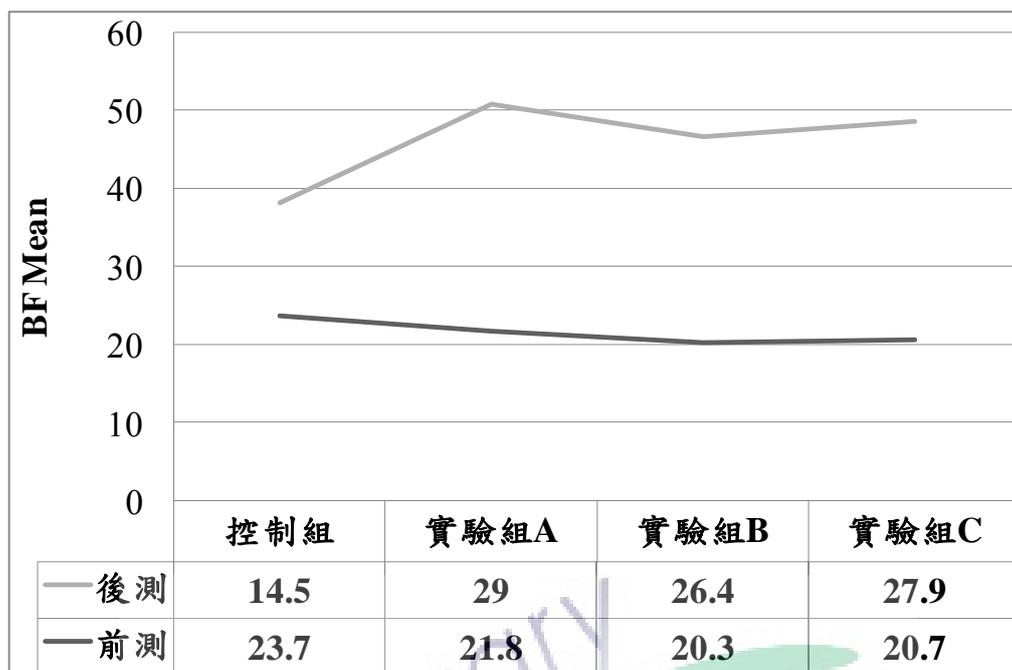


圖 4-3 有無使用電腦疲勞防護系統 BF 差異性

進而，本研究將針對各套系統分別採取T檢定，以評估有無使用電腦疲勞防護系統的BF變化之客觀差異性，首先將針對系統A，如表4-4所示。

表 4-4 電腦疲勞防護系統 A 之眨眼頻次 T 檢定

| 對照組 | Leven's Test for Equality Of Variances |      | t-test for Equality of Means |        |                |
|-----|--|------|------------------------------|--------|----------------|
|     | F                                      | Sig. | t                            | df     | Sig. (2-taild) |
| 前測  | .553                                   | .475 | 1.063                        | 18     | .302           |
|     |  |      | 1.063                        | 17.773 | .302           |
| 後測  | .278                                   | .604 | -8.797                       | 18     | .000           |
|     |  |      | -8.797                       | 17.687 | .000           |

(本研究整理)

透過表4-4分析結果得知，控制組與實驗組A前測  $t=1.063$ ， $P=0.302 > 0.05$  無顯著差異，即實驗前的生理狀態均維持在每分鐘15至30次的標準中；而後測  $t = -8.797$ ， $P=0.000 < 0.05$  達顯著差異，此結果顯示電腦疲勞防護系統A 在改善眨眼頻次有明顯的成效。進而本研究再針對系統B進行檢定分析，如表4-5

所示。

表 4-5 電腦疲勞防護系統 B 之眨眼頻次 T 檢定

| 對照組 | Leven's Test for Equality Of Variances |      | t-test for Equality of Means |        |                 |
|-----|--|------|------------------------------|--------|-----------------|
|     | F                                      | Sig. | t                            | df     | Sig. (2-tailed) |
| 前測  | .219                                   | .645 | 1.887                        | 18     | .075            |
|     |  |      | 1.887                        | 17.836 | .076            |
| 後測  | 1.132                                  | .301 | -7.811                       | 18     | .000            |
|     |  |      | -7.811                       | 16.271 | .000            |

(本研究整理)

透過表4-5分析結果得知，控制組與實驗組B前測  $t=1.887$ ， $P=0.075 > 0.05$  無顯著差異，即實驗前的生理狀態均維持在每分鐘15至40次的標準中；而後測  $t=-7.811$ ， $P=0.000 < 0.05$  達顯著差異，此結果顯示電腦疲勞防護系統B 在改善眨眼頻次有明顯的成效。進而本研究再針對系統C進行檢定分析，如表4-6 所示。

表 4-6 電腦疲勞防護系統 C 之眨眼頻次 T 檢定

| 對照組 | Leven's Test for Equality Of Variances |      | t-test for Equality of Means |        |                 |
|-----|--|------|------------------------------|--------|-----------------|
|     | F                                      | Sig. | t                            | df     | Sig. (2-tailed) |
| 前測  | .112                                   | .742 | 1.606                        | 18     | .126            |
|     |  |      | 1.606                        | 17.993 | .126            |
| 後測  | .021                                   | .886 | -7.447                       | 18     | .000            |
|     |  |      | -7.447                       | 17.956 | .000            |

(本研究整理)

透過表4-6分析結果得知，控制組與實驗組C前測  $t=1.606$ ， $P=0.126 > 0.05$  無顯著差異，即實驗前的生理狀態均維持在每分鐘15至40次的標準中；而後測  $t=-7.447$ ， $P=0.000 < 0.05$  達顯著差異，此結果顯示電腦疲勞防護系統C 在改善眨眼頻次有明顯的成效。

由上可知，本實驗評估有無使用電腦疲勞防護系統後，在眨眼頻次方面，均有顯著的差異，亦顯示其防護系統在改善視覺疲勞程度之成效。並依據 sEMG 及HRV 之高頻(HF) 兩對照組相較後發現，sEMG有明顯下降，且HRV

之高頻(HF) 亦也有下降的趨勢，但較無顯著；而HRV之低頻(LF)、眨眼頻次，BF有明顯的上升，且HRV之低頻(LF)亦有所上升，但較無顯著。此亦印證本研究所預設的結果，使用電腦疲勞防護系統可有效降低肌肉疲勞及視覺疲勞的程度。

雖然心率變異度方面之差異較不明顯，但結果得知 sEMG 與 HRV 間有其關聯性，亦驗證了學者所提出之相關性。而本實驗所量測之HRV對照組則較無明顯的差異；亦即有可能受限於實驗的時間長短，而導致HRV的變化量無法有明顯的差異呈現。進而，本研究綜合上述的實驗分析結果，亦驗證有無使用電腦疲勞防護系統在生理疲勞變化上的差異，且分析出系統C在降低肌肉疲勞程度有其較佳的效果，而各系統在BF方面均有顯著的提升其眨眼次數，並與控制組有顯著的差異呈現。

### 4.3 任務數據結果分析

本實驗任務為疲勞訓練，給予電腦使用者多篇英文文章進行對照組打字測驗，用以防止學習效應的問題發生。文章分別為H1至H13，H1為控制組在無使用電腦疲勞防護系統的情況下進行20分鐘的英文打字文章；而後續的文章分別為有使用電腦疲勞防護系統A、B、C，並於每五分鐘更換一篇文章，使其每套系統進行實驗時，須準備4篇文章。

#### 4.3.1 每分鐘打字率分析

首先本實驗先評估電腦使用者每分鐘的淨打字數及錯誤率，用以瞭解若加入電腦疲勞防護系統於工作中是否能維持其工作績效。而此打字軟體是依據國際英打標準所設計的螢幕檢定軟體，並提供錯誤率、總擊數、每分鐘淨打字數等標準公式來檢定英打程度。而本實驗由對照組評估的結果統計分析如圖4-4所示。

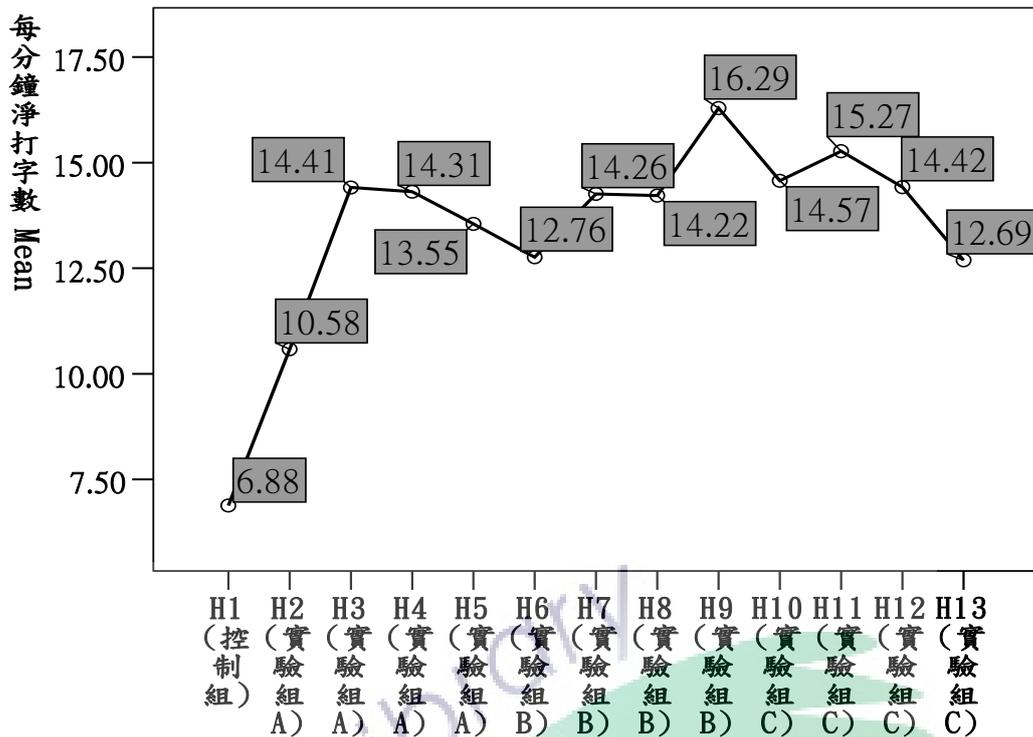


圖 4-4 有無使用電腦疲勞防護系統打字率的差異性

透過圖 4-4 得知，當電腦使用者在無使用電腦疲勞防護系統前，每分鐘淨打字數為 6.88 約為 7 個字，而在加入電腦疲勞防護系統後所進行的每五分鐘休息兩分鐘的情形下仍可維持 7 個字以上的打字率，此顯示電腦工作績效仍可維持一定水準之上。進而，對此數據本研究將依據以下公式分析出：每分鐘淨打字數： $(\text{總擊數} - \text{錯誤數} * 50) / (5 * \text{時間})$ 。

針對各套系統分別採取 T 檢定分析，用以評估有無使用電腦疲勞防護系統的每分鐘淨打字數差異性，如表 4-7 所示。

表 4-7 實驗打字任務之每分鐘淨打字數 T 檢定

| 對照組  | Leven's Test for Equality Of Variances |      | t-test for Equality of Means |        |                |
|------|--|------|------------------------------|--------|----------------|
|      | F                                      | Sig. | t                            | df     | Sig. (2-taild) |
| 實驗組A | .001                                   | .973 | -2.619                       | 18     | .017           |
|      |  |      | -2.619                       | 17.694 | .018           |
| 實驗組B | .011                                   | .916 | -3.054                       | 18     | .007           |
|      |  |      | -3.054                       | 17.559 | .007           |
| 實驗組C | .110                                   | .745 | -2.874                       | 18     | .010           |
|      |  |      | -2.874                       | 17.130 | .010           |

(本研究整理)

透過表 4-7 分析結果得知，對照組每分鐘淨打字數之差異分別為：系統 A 之  $t = -2.619$ ， $P = 0.017 < 0.05$ ；系統 B 之  $t = -3.054$ ， $P = 0.007 < 0.05$ ；系統 C 之  $t = -2.874$ ， $P = 0.010 < 0.05$  等三套系統均達顯著差異，此結果亦顯示使用電腦疲勞防護系統於電腦工作上，可維持而不降低其工作績效。

然而，在評估每分鐘打字率時，因實驗中進行長達 20 分鐘的打字，此時易造成專注力下降而發生錯誤。因此，本研究亦納入錯誤率來探討，下一小節將進行本實驗任務的打字錯誤率分析。

### 4.3.2 錯誤率分析

當電腦使用者在無使用電腦疲勞防護系統前，錯誤率為 18.8 約為 19 個錯字。然而，再加入電腦疲勞防護系統進行每五分鐘休息兩分鐘後所統計出的數值有逐漸降低的趨勢，系統 A 四次加總統計值為 11 個錯字；系統 B 統計值為 7 個錯字；系統 C 統計值為 9 個錯字，然而此數據是依據以下公式分析出：  
 $((\text{錯誤字數} * 5) / \text{總打擊數}) * 100\%$ ，如圖 4-5 所示。

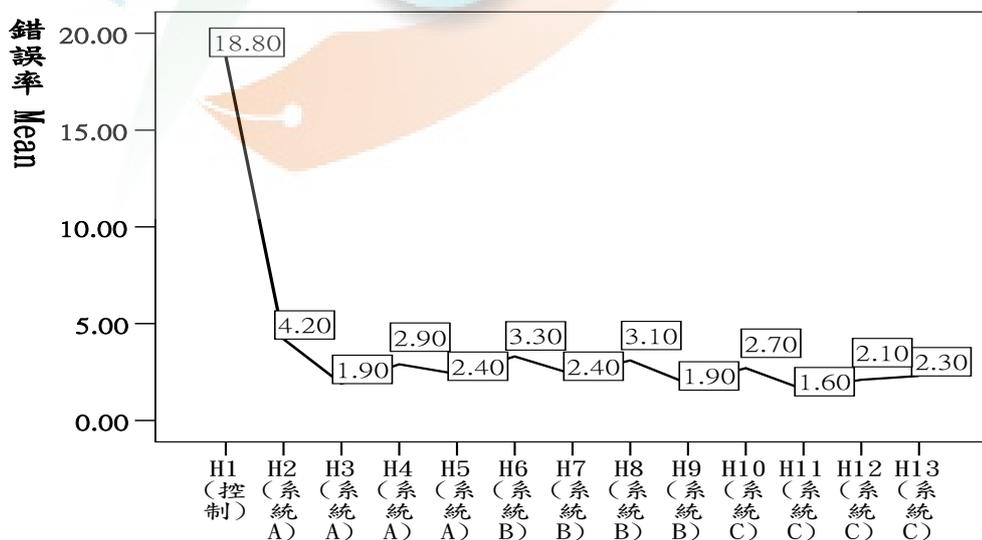


圖 4-5 有無使用電腦疲勞防護系統錯誤率的差異性

進而，本研究將針對各套系統分別採取 T 檢定分析，用以評估有無使用電腦疲勞防護系統的打字錯誤率差異性，如表 4-8 所示。

表 4-8 實驗打字任務之錯誤率 T 檢定

| 對照組  | Leven's Test for Equality<br>Of Variances |      | t-test for Equality of Means |       |                 |
|------|---|------|------------------------------|-------|-----------------|
|      | F   | Sig. | t                            | df    | Sig. (2-tailed) |
| 實驗組A | 14.007                                    | .001 | 2.492                        | 18    | .023            |
|      |   |      | 2.492                        | 9.573 | .033            |
| 實驗組B | 13.917                                    | .002 | 2.596                        | 18    | .018            |
|      |   |      | 2.596                        | 9.620 | .027            |
| 實驗組C | 14.305                                    | .001 | 2.904                        | 18    | .009            |
|      |   |      | 2.904                        | 9.630 | .016            |

(本研究整理)

透過表 4-8 分析結果得知，對照組打字錯誤率之差異分別為：系統 A 之  $t=2.492$ ， $P=0.023 < 0.05$ ；系統 B 之  $t=2.596$ ， $P=0.018 < 0.05$ ；系統 C 之  $t=2.904$ ， $P=0.009 < 0.05$  等三套系統均達顯著差異，此結果亦顯示使用電腦疲勞防護系統於電腦工作上，亦能有所改善其準確率。

進而，彙整上述多項客觀指標，整體評估都較對照組有顯著改善效果。而與本研究所預設的結果相符，使用電腦疲勞防護系統可降低及改善生理疲勞的程度，且提升打字績效而降低錯誤率，使其維持電腦的工作績效。

#### 4.4 問卷調查結果分析

本研究在第三章研究方法的部分，將 TAM3 與 PSSUQ 的構面整合後所提出之研究模型，即發現 TAM3 已包含 PSSUQ 之系統有用性、資訊品質及介面品質等三構面。進而，將 PSSUQ 之資訊品質及介面品質問項納入 TAM3 之輸出品質及結果展示性構面問項中，用以深討影響使用性的問題。因此，本研究首先將分析其 PSSUQ 與 TAM3 構面之關聯性，並透過平均數分析來驗證其關聯強度，並達正相關的水準，如表 4-9 所示。

表 4-9 TAM3 與 PSSUQ 使用性評估構面關聯性分析

| TAM3 & PSSUQ | 構面1               | 關聯強度   | 構面2                | 關聯強度   |
|--------------|-------------------|--------|--------------------|--------|
|              | 輸出品質(O)<br>& 介面品質 | 0.3355 | 結果展示度(R)<br>& 資訊品質 | 0.3518 |

(本研究整理)

且本實驗所填之問卷分為使用前與使用後的系統評估問卷，先探討使用前的主觀認知程度，而經統計分析後發現電腦疲勞防護系統是被接受的，如表13所示。而評價部份是依據李克特五分量表，1 代表「很同意」、2 代表「同意」、3 代表「尚可」、4 代表「不同意」、5 代表「很不同意」。進而，總平均分數越低代表對系統的使用性越高，反之亦然。而結果顯示本實驗所針對的特定對象為較常使用電腦的學生，且皆為有電腦經驗者。進而，對於使用前評估問卷之目的，主要是用以探討其使用者在未使用系統前所給予的使用性評價，以瞭解對象是否有意願或興趣來使用系統，依據主觀認知來評估系統的使用性。

#### 4.4.1 使用前評估結果分析

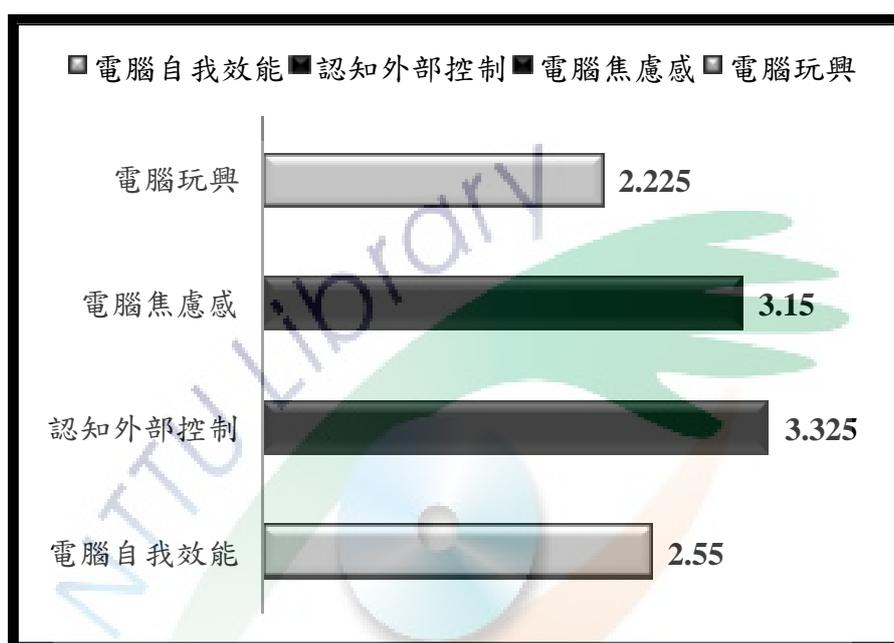
使用前評估構面分別為『電腦自我效能』、『認知外部控制』、『電腦焦慮感』、『電腦玩興』等四項外在影響因素。然而，本研究除將使用者受測前填的使用性評估問卷做敘述性統計外，亦將其數據先進行信度分析確認問卷的可信度，再實施平均數分析。且透過TAM3構面之路徑關係，探詢受測者所給予各個問題的正、負使用性評價與知覺易用性之相關性。並採五量表來計算，平均值為3以上即為負面而低於3則為正面評價；進而，用以探討使用者於使用系統前所給予的負面評價，並加以解釋其使用性問題所在。

並將問卷中的16 個問題項目進行信度分析，並經學者Bagozzi 等人建議信度應達0.5以上，而由表4-10所示 Cronbach's Alpha 係數=0.595 屬可信賴的區間值（吳宗正、吳育東，2000），用以驗證此份問卷為可信的評估問卷。

表 4-10 使用前評估問卷信度分析表

| Cronbach's Alpha | N of Items |
|------------------|------------|
| .595             | 16         |

本研究將使用者予以的評價數據進行敘述性及平均數分析，分析的項目共計有16個問題，以下將列出使用前各外在影響因子的統計數據，分別為電腦自我效能、認知外部控制、電腦焦慮感、電腦玩興，如圖4-6所示：



(本研究整理)

圖 4-6 使用前整體問卷評價

### 1. 電腦自我效能

本次平均數分析其受測者本身電腦自我效能為因子，分析問卷中4個問題的評價，而本研究對象使用電腦經驗皆為十年以上。

表 4-11 使用者電腦自我效能因子之使用前評估分析

| 外在影響因子                             | 問題                       | 評價  |
|------------------------------------|--------------------------|-----|
| 電腦自我效能<br>(Computer Self-efficacy) | 即使過去沒有操作過電腦疲勞防護系統，我也會使用。 | 2.2 |
|                                    | 即使身邊沒人教我，我也會使用電腦疲勞防護系統。  | 2.3 |
|                                    | 須有人示範一次我才會使用電腦疲勞防護系統。    | 3.8 |

|  |                                     |     |
|--|-------------------------------------|-----|
|  | 如果我使用過與電腦疲勞防護系統相似的系統後，我就會使用其它類似的系統。 | 1.9 |
|  | 整體評價為 2.55，屬正面影響因子                  |     |

(本研究整理)

由表4-11分析結果得知，受測者認為電腦疲勞防護系統在操作上是容易且易學的，只須依照系統所提供之功能進行防護措施即可，顯示有使用電腦經驗者本身在系統認知操作能力上有一定的程度。

## 2. 認知外部控制

本次平均數分析針對受測者本身認知外部控制為因子，分析問卷中4個問題的評價，而本研究對象使用電腦經驗皆為十年以上。

表 4-12 使用者認知外部控制因子之使用前評估分析

| 外在影響因子                             | 問題                           | 評價  |
|------------------------------------|------------------------------|-----|
| 認知外部控制<br>(Perception of External) | 我已經會使用電腦疲勞防護系統。              | 3.6 |
|                                    | 我應該使用電腦疲勞防護系統來預防生理疲勞的發生。     | 2.8 |
|                                    | 若提供我一套電腦疲勞防護系統，我會去使用且不會覺得耗時。 | 2.6 |
|                                    | 電腦疲勞防護系統使無法與其他系統或軟體一起使用的。    | 4.3 |
|                                    | 整體評價為 3.325，屬負面影響因子          |     |

(本研究整理)

由表4-12分析結果得知，受測者本身在日常生活中常與電腦常時間的接觸，而經常有生理上的疲勞發生。且依據實驗後訪問使用者平常較常發生的生理疲勞，大多數為眼睛及肩膀等部位，並希望能藉由電腦疲勞防護系統來預防及降低疲勞而提升其意願，而不覺得耗時。此顯示受測者即為本實驗將評估電腦疲勞防護系統使用性問題之對象。

然而，『我已經會使用電腦疲勞防護系統』的問項中發現，此問題多數不認同，而未達正向水準；即因無操作過類似系統的情況下，並未有實際操作過的經驗。進而，藉此來判斷目標對象是否有使用過

類似相關系統的經驗，以防止有使用過的受測者予以差異性的評價而影響實驗結果。而另一項影響因子為『電腦疲勞防護系統是無法與其它系統或軟體一起使用的』，此問題多數也不認同，而未達正向水準；此顯示受測者對於電腦系統間之相容性問題有正確的觀念，即系統是可與其它系統一起使用，而不會影響電腦的效能。

### 3. 電腦焦慮感

本次平均數分析針對受測者本身電腦焦慮感為因子，分析問卷中4個問題的評價，而本研究對象使用電腦經驗皆為十年以上。

表 4-13 使用者認知電腦焦慮感之使用前評估分析

| 外在影響因子                      | 問題                        | 評價  |
|-----------------------------|---------------------------|-----|
| 電腦焦慮感<br>(Computer Anxiety) | 使用電腦疲勞防護系統並不會讓我有壓迫感。      | 3.1 |
|                             | 使用電腦疲勞防護系統容易讓我產生緊張的感受。    | 3.3 |
|                             | 使用電腦疲勞防護系統會讓我有不自在且受約束的感受。 | 3.2 |
|                             | 使用電腦疲勞防護系統會讓我心情有不安的感受。    | 3   |
| 整體評價為 3.15，屬負面影響因子          |                           |     |

(本研究整理)

由表4-13分析結果得知，受測者不認為使用電腦疲勞防護系統會伴隨著心理層面上的壓力與緊張感，以及備受約束之感。本研究判斷受測者可能因未使用過系統而無法確切瞭解其系統特性及感受。此顯示其受測者本身不畏懼操作電腦系統，並與電腦自我效能有其關聯性。

### 4. 電腦玩興

本次平均數分析針對受測者本身電腦玩興為因子，分析問卷中4個問題的評價，而本研究對象使用電腦經驗皆為十年以上。

表 4-14 使用者認知電腦玩興之使用前評估分析

| 外在影響因子                            | 問題                             | 評價  |
|-----------------------------------|--------------------------------|-----|
| 電腦玩興<br>(Computer<br>Playfulness) | 使用電腦疲勞防護系統的過程是非強制性的。           | 2.3 |
|                                   | 使用電腦疲勞防護系統的過程是令人覺得有創意而引起我的好奇心。 | 2.2 |
|                                   | 使用電腦疲勞防護系統的過程是令人愉悅且有趣的。        | 2.3 |
|                                   | 使用電腦疲勞防護系統的過程是令人覺得有獨特的性質而吸引我。  | 2.1 |
|                                   | 整體評價為 2.225，屬正面影響因子            |     |

(本研究整理)

由表4-14分析結果得知，受測者在未使用過類似系統的情況下，而提升使用者實際去操作的動機。然而，『使用電腦疲勞防護系統的過程是非強制性的』的問項發現，此問題多數認同；而實際上，電腦疲勞防護系統是可依據使用者個人的習慣及需求來控制其強制性功能，亦屬非強制性。此反應其受測者本身所具備的電腦認知程度，且有控制及操作系統的能力。

綜合上述分析結果顯示，受測者在主觀思維上有去嘗試及使用，而增加參與後續實際操作及使用系統的動機；進而使其電腦疲勞防護系統在後續將進行的使用性評估可信度及有效性有所提升。藉此得知，系統在做使用性評估時，對象的電腦經驗有其影響性，亦對於較常使用電腦的使用者而言，較具其吸引力。反之，對於無電腦經驗或不常使用電腦的使用者而言可能有反效果，而影響後續實際使用系統的可信度及有效性。藉此得知 TAM3 所包括的使用前影響因子，可供業者在評估某特定對象時，用以確切瞭解使用者對電腦相關系統的認知程度、操作能力及感受。而本研究歸納結果顯示，整體使用前影響因子對知覺易用性有正向的影響；

進而，在受測者進行下一階段實際使用電腦疲勞防護系統前，先訪談其受測者平時電腦使用的過程，而是否能明確闡述長時間操作電腦對生理上所造成的影響及引發的疾病有哪些？而本身有無因使用電腦所產生的疲勞感受？

綜合上述問題，本研究彙整每位受測者所提出的見解後得知，多數無法確切說出長時間使用電腦會造成哪些生理上的負擔，以及引發的相關疾病。並經常在使用電腦一段時間後，自己明知有些許疲勞的感受，但卻往往忽略或忽視；而較常發生的部位包括頸肩、手腕、上肢痠痛及眼睛有乾澀感等問題，此顯示受測者本身對疲勞的相關資訊及自覺疲勞程度較低。

#### 4.4.2 使用後評估結果分析

此階段為實驗組，在電腦工作中加入電腦疲勞防護系統實際操作後，彙整使用者予以的評價進行統計分析；分別為系統A、B、C 三套不同的系統，並於操作過各套系統後填寫問卷，同時告知受測者可提供自己在使用過系統後的見解與建議，而施測者並從旁記錄之。進而，本研究將透過受測者對各系統予以的使用性評價結果，依據TAM3的路徑關係探討影響系統使用性的正負面因子來評估、解釋及分析使用性問題，並提出建議以作為後續相關系統改版的依據。

本研究先將各套系統的使用後評估問卷中的34 個問題項目統合後進行信度分析，以確認問卷整體信度數值在可信以上的區間，如表4-15所示之 Cronbach's Alpha 係數=0.800 屬可信賴的區間值，亦驗證此問卷是可信的評估問卷。

表 4-15 使用前評估問卷信度分析

| Cronbach's Alpha | N of Items |
|------------------|------------|
| .800             | 34         |

進而，分別評估其靜態型的疲勞防護系統A，以及動態型的疲勞防護系統B與C，並依分數評價分佈為，一分為評價非常好、二分為評價佳、三分為評價普通或沒意見、四分為評價稍差、五分為評價非常差。透過上述分數作平均數統計，用以評估其系統A的優缺點，並依據系統介面、資訊及功能性加以解釋及分析其使用性問題，如表4-16及圖4-7所示。

表 4-16 系統 A 電腦疲勞防護系統使用後評價分析

| 外在影響構面             |       | 問題                                 | 評價         |
|--------------------|-------|------------------------------------|------------|
| 工作關聯性              | J-1   | 對電腦工作而言，使用此電腦疲勞防護系統是重要的。           | <b>2.6</b> |
|                    | J-2   | 使用此電腦疲勞防護系統與預防電腦工作上所產生的生理疲勞是有所關聯的。 | <b>2.8</b> |
| 整體評價               |       | 2.7，屬正面影響因子                        |            |
| 知覺娛樂性              | ENJ-1 | 我覺得此電腦疲勞防護系統能帶給我愉快的感受。             | <b>2.7</b> |
|                    | ENJ-2 | 實際使用此電腦疲勞防護系統後發現，使用此系統能讓我心情愉快。     | <b>2.5</b> |
|                    | ENJ-3 | 我已經找使用此電腦疲勞防護系統的樂趣。                | <b>2.7</b> |
| 整體評價               |       | 2.63，屬正面影響因子                       |            |
| 主觀規範               | BI-1  | 若老師認為我應該使用疲勞防護系統，我會去使用。            | <b>2.4</b> |
|                    | BI-2  | 若同學認為我應該使用疲勞防護系統，我會去使用。            | <b>2.5</b> |
|                    | BI-3  | 若朋友認為我應該使用疲勞防護系統，我會去使用。            | <b>2.6</b> |
|                    | BI-4  | 若長輩認為我應該使用疲勞防護系統，我會去使用。            | <b>2.7</b> |
| 整體評價               |       | 2.55，屬正面影響因子                       |            |
| 知覺有用性及 PSSUQ 系統有用性 | PU-1  | 電腦疲勞防護系統能幫助我預防生理疲勞的發生。             | <b>3.2</b> |
|                    | PU-2  | 電腦疲勞防護系統能幫助我改善疲勞症狀。                | <b>3.2</b> |
|                    | PU-3  | 此電腦疲勞防護系統能有效預防生理疲勞發生，進而維持工作績效。     | <b>3.1</b> |
|                    | PU-4  | 整體而言，我覺得此電腦疲勞防護系統的實用性很高。           | <b>2.9</b> |
| 整體評價               |       | 3.1，屬負向影響因子                        |            |

|                    |        |  |            |
|--------------------|--------|--|------------|
| 知覺易用性及 PSSUQ 系統有用性 | PEOU-1 | 此電腦疲勞防護系統是容易操作的。   | <b>1.8</b> |
|                    | PEOU-2 | 此電腦疲勞防護系統是容易學習的。   | <b>2</b>   |
|                    | PEOU-3 | 學習使用此電腦疲勞防護系統是不需花上很多心力的。                                       | <b>1.8</b> |
|                    | PEOU-4 | 與此電腦疲勞防護系統互動過後，可以明確的知道此系統可預防生理疲勞的發生。                           | <b>2.6</b> |
| 整體評價               |        | 2.05，屬正面影響因子   |            |
| 結果展示度及 PSSUQ 資訊品質  | R-1    | 我能夠毫無疑問的告知他人使用此電腦疲勞防護系統後能有效的預防疲勞發生。                            | <b>2.6</b> |
|                    | R-2    | 我相信我能夠將我所使用過此電腦疲勞防護系統後的經驗或感受傳達給其他人。                            | <b>2.5</b> |
|                    | R-3    | 對我而言，使用此電腦疲勞防護系統後所能預防的生理疲勞效果是相當明顯的。                            | <b>4</b>   |
|                    | R-4    | 我能確切說出使用此電腦疲勞防護系統所帶來的優缺點。                                      | <b>2.4</b> |
|                    | R-5    | 當我長時間的重複使用電腦時而忘了休息，此電腦疲勞防護系統此時會依據我的狀況來判斷，並明確告知我該如何預防生理上的疲勞問題。  | <b>3.9</b> |
|                    | R-6    | 當我使用此電腦疲勞防護系統發生問題時我可以很快的解決。                                    | <b>2.2</b> |
|                    | R-7    | 此電腦疲勞防護系統所提供的資訊(如線上的輔助說明，生理上的醫學相關資料)能清楚的說明使用疲勞防護系統是能有效的預防疲勞發生。 | <b>3.9</b> |
|                    | R-8    | 此電腦疲勞防護系統可在我對哪些生理部位所產生的疲勞發生疑問時，是可以很容易的找到我所需要的資訊。               | <b>4.1</b> |
|                    | R-9    | 此電腦疲勞防護系統所提供的資訊是很容易理解的。  | <b>2</b>   |
|                    | R-10   | 此電腦疲勞防護系統所提供的資訊能有效地協助我能有效的預防疲勞發生。                              | <b>3.8</b> |
| 整體評價               |        | 3.14，屬負面影響因子   |            |
| 輸出品質及 PSSUQ 介面品質   | O-1    | 使用此電腦疲勞防護系統於電腦工作上沒有問題的。  | <b>2.5</b> |
|                    | O-2    | 在電腦工作時加入此電腦疲勞防護系統能有效提升工作品質。                                    | <b>3.2</b> |
|                    | O-3    | 此電腦疲勞防護系統的介面功能能夠讓  | <b>2</b>   |

|      |     |                              |     |
|------|-----|------------------------------|-----|
|      |     | 使用者清楚得瞭解。                    |     |
|      | O-4 | 此電腦疲勞防護系統有令人愉悅的介面呈現出來。       | 2.8 |
|      | O-5 | 此電腦疲勞防護系統的介面我很喜歡。            | 3.3 |
|      | O-6 | 此電腦疲勞防護系統所具備的功能，讓我對它的未來有所期盼。 | 4.2 |
|      | O-7 | 大致上，我對此電腦疲勞防護系統是很滿意的。        | 3.8 |
| 整體評價 |     | 3.11，屬負面影響因子                 |     |

(本研究整理)



(本研究整理)

圖 4-7 系統 A 電腦疲勞防護系統整體使用性評價

由以上受測者評價中可看出幾個項目的分數偏高。而本研究將歸納出下列幾項受測者對系統A的主觀認知上較為不足的使用性問題，如表4-17 所示。

表 4-17 使用者評估系統 A 之負面使用性評估項目

|   |
|---|
| 知覺有用性及PSSUQ系統有用性                        |
| 【16】 電腦疲勞防護系統能幫助我預防生理疲勞的發生。             |
| 【17】 電腦疲勞防護系統能幫助我改善疲勞症狀                 |
| 【18】 此電腦疲勞防護系統能有效預防生理疲勞發生，進而維持工作績效。     |
| 結果展示度及PSSUQ資訊品質                         |
| 【7】 對我而言，使用此電腦疲勞防護系統後所能預防的生理疲勞效果是相當明顯的。 |
| 【24】 當我長時間的重複使用電腦時而忘了休息，此電腦疲勞防護系統此時     |

會依據我的狀況來判斷，並明確告知我該如何預防生理上的疲勞問題。

【26】此電腦疲勞防護系統所提供的資訊（如線上的輔助說明，生理上的醫學相關資料）能清楚的說明使用疲勞防護系統能預防哪些生理疲勞的發生。

【27】此電腦疲勞防護系統可在我對哪些生理部位所產生的疲勞發生疑問時，是可以很容易的找到我所需要的資訊。

【29】此電腦疲勞防護系統所提供的資訊能有效地協助我能有效的預防疲勞發生。

#### 輸出品質及 PSSUQ 介面品質

【4】在電腦工作時加入此電腦疲勞防護系統能有效提升工作品質。

【32】此電腦疲勞防護系統的介面我很喜歡。

【33】此電腦疲勞防護系統所具備的功能，讓我對它的未來有所期盼。

【34】大致上，我對此電腦疲勞防護系統很滿意。

(本研究整理)

根據表4-17 之受測者認為系統A的使用性問題，以下將依序列出並逐一探討說明之。

- (1) 知覺有用性及 PSSUQ 系統有用性方面，受測者感受此系統 A 無法預防，以及改善生理疲勞症狀的發生，對此問題本研究將依據系統所呈現的畫面來分析其原因：

此系統為靜態型呈現，透過敘述性文字告知使用者該休息，並無提供減輕疲勞的動作，而降低其改善疲勞的效果。

- (2) 結果展示度及 PSSUQ 資訊品質方面，受測者感受此系統 A 所能預防的生理疲勞效果上較不明顯，且無法依據生理狀況來判斷其疲勞問題，以及疲勞相關資訊說明其疲勞防護系統能改善及預防哪些疲勞發生。且無法透過此系統找到所需的相關醫學資訊，進而認為系統所提供的資訊能無法有效的預防疲勞的發生。對以上問題，本研究將根據功能性來分析其原因：

此系統為視覺疲勞防護系統，所提供的資訊皆與眼睛為主。但在電腦使用上，每個人所產生的疲勞部位卻不盡相同，而導致此系統無法滿足使用者所需。此顯示在疲勞防護的需求上是趨向於全面性的功

能，如：電腦作業較常發生於上肢生理部位的肩頸、手腕、手臂等部位的相關防護措施。進而，在安裝此系統的同時，無提供有關生理問卷調查使用者本身平常生理狀況上有哪些部位較常發生疲勞的問題，用以針對使用者所需的疲勞部位進行多次的防護措施。且無提供醫學資訊查詢，造成使用者無法從中獲得相關疲勞所伴隨的問題。

- (3) 輸出品質及PSSUQ介面品質方面，多數受測者對此系統不滿意；本研究將依據上述解析得知其畫面中所呈現的資訊不足。而建議加入預防其他生理部位疲勞的方法，並可透過簡易的圖示讓使用者瞭解，但其因系統所提供的功能性上有多項不足之處，而導致其使用性低的問題發生。

然而，此系統在功能性上雖無法滿足使用者，但可從表4-16得知其它主觀使用性上的優勢，而下述為受測者於實驗中對系統所提出的見解：

受測者感受此系統A在小休息的功能較佳，易使心情感到愉悅。對此本研究經使用過各套電腦疲勞防護系統的經驗中得知，多數系統的小休息功能為文字敘述或靜態圖片為主。然而，此系統小休息是動態呈現出眨眼的動作，用以增加眨眼次數以降低眼睛乾澀等問題。而本研究將進一步分析動態型的防護系統，並對系統B作平均數統計，用以分析及解釋其優缺點，如表4-18 及圖4-8 所示。

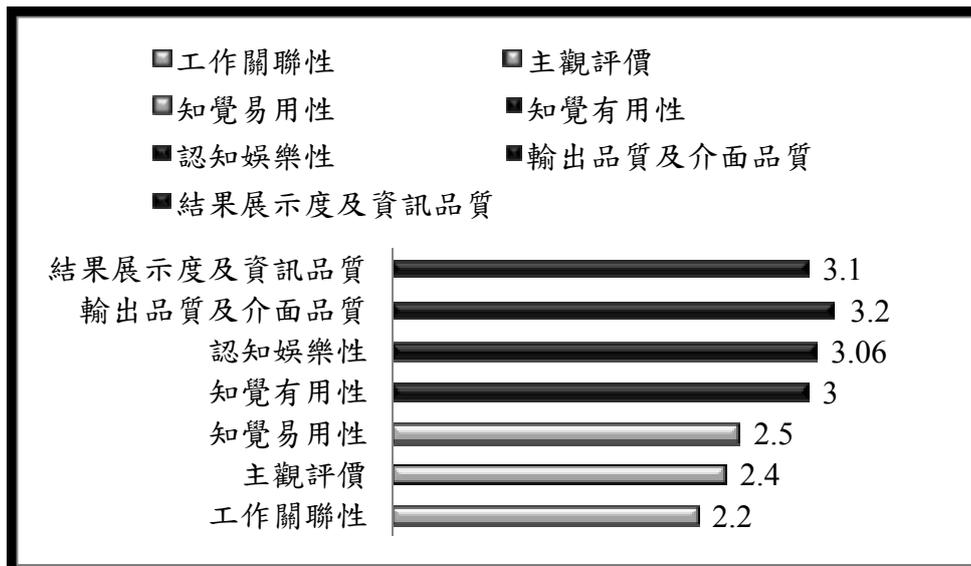
表 4-18 系統 B 電腦疲勞防護系統之使用後評價分析

| 外在影響構面 |       | 問項                                 | 評價  |
|--------|-------|------------------------------------|-----|
| 工作關聯性  | J-1   | 對電腦工作而言，使用此電腦疲勞防護系統是重要的。           | 2.1 |
|        | J-2   | 使用此電腦疲勞防護系統與預防電腦工作上所產生的生理疲勞是有所關聯的。 | 2.3 |
| 整體評價   |       | 2.2，屬正向影響因子                        |     |
| 知覺娛樂性  | ENJ-1 | 我覺得此電腦疲勞防護系統能帶給我愉快的感受。             | 3.4 |
|        | ENJ-2 | 實際使用此電腦疲勞防護系統後發現，使                 | 3.2 |

|                    |        |                                      |            |
|--------------------|--------|--------------------------------------|------------|
|                    |        | 用此系統能讓我心情愉快。                         |            |
|                    | ENJ-3  | 我已經找使用此電腦疲勞防護系統的樂趣。                  | <b>2.6</b> |
| 整體評價               |        | 3.06，屬負向影響因子                         |            |
| 主觀規範               | BI-1   | 若老師認為我應該使用疲勞防護系統，我會去使用。              | <b>2.3</b> |
|                    | BI-2   | 若同學認為我應該使用疲勞防護系統，我會去使用。              | <b>2.4</b> |
|                    | BI-3   | 若朋友認為我應該使用疲勞防護系統，我會去使用。              | <b>2.5</b> |
|                    | BI-4   | 若長輩認為我應該使用疲勞防護系統，我會去使用。              | <b>2.4</b> |
| 整體評價               |        | 2.4，屬正向影響因子                          |            |
| 知覺有用性及 PSSUQ 系統有用性 | PU-1   | 電腦疲勞防護系統能幫助我預防生理疲勞的發生。               | <b>2.6</b> |
|                    | PU-2   | 電腦疲勞防護系統能幫助我改善疲勞症狀。                  | <b>2.8</b> |
|                    | PU-3   | 此電腦疲勞防護系統能有效預防生理疲勞發生，進而維持工作績效。       | <b>3.2</b> |
|                    | PU-4   | 整體而言，我覺得此電腦疲勞防護系統的實用性很高。             | <b>3.3</b> |
| 整體評價               |        | 3.1，屬負向影響因子                          |            |
| 知覺易用性及 PSSUQ 系統有用性 | PEOU-1 | 此電腦疲勞防護系統是容易操作的。                     | <b>2.4</b> |
|                    | PEOU-2 | 此電腦疲勞防護系統是容易學習的。                     | <b>2</b>   |
|                    | PEOU-3 | 學習使用此電腦疲勞防護系統是不需花上很多心力的。             | <b>2.7</b> |
|                    | PEOU-4 | 與此電腦疲勞防護系統互動過後，可以明確的知道此系統可預防生理疲勞的發生。 | <b>2.9</b> |
| 整體評價               |        | 2.5，屬正向影響因子                          |            |
| 結果展示度及 PSSUQ 資訊品質  | R-1    | 我能夠毫無疑問的告知他人使用此電腦疲勞防護系統後能有效的預防疲勞發生。  | <b>3.1</b> |
|                    | R-2    | 我相信我能夠將我所使用過此電腦疲勞防護系統後的經驗或感受傳達給其他人。  | <b>3.3</b> |
|                    | R-3    | 對我而言，使用此疲勞防護系統後所能預防的生理疲勞效果是相當明顯的。    | <b>2.5</b> |
|                    | R-4    | 我能確切說出使用此電腦疲勞防護系統所帶來的優缺點。            | <b>2.4</b> |
|                    | R-5    | 當我長時間的重複使用電腦時而忘了休                    | <b>2.7</b> |

|                  |      |   |     |
|------------------|------|---|-----|
|                  |      | 息，此電腦疲勞防護系統此時會依據我的狀況來判斷，並明確告知我該如何預防生理上的疲勞問題。                    |     |
|                  | R-6  | 當我使用此電腦疲勞防護系統發生問題時我可以很快的解決。                                     | 2.6 |
|                  | R-7  | 此電腦疲勞防護系統所提供的資訊（如線上的輔助說明，生理上的醫學相關資料）能清楚的說明使用疲勞防護系統能預防哪些生理疲勞的發生。 | 3.9 |
|                  | R-8  | 此電腦疲勞防護系統可在我對哪些生理部位所產生的疲勞發生疑問時，是可以很容易的找到我所需要的資訊。                | 3.8 |
|                  | R9   | 此電腦疲勞防護系統所提供的資訊是很容易理解的。   | 2.9 |
|                  | R-10 | 此電腦疲勞防護系統所提供的資訊能有效地協助我能有效的預防疲勞發生。                               | 2.9 |
| 整體評價             |      | 3.01，屬負面影響因子  |     |
| 輸出品質及 PSSUQ 介面品質 | O-1  | 使用此電腦疲勞防護系統於電腦工作上是有沒有問題的。                                       | 3.3 |
|                  | O-2  | 在電腦工作時加入此電腦疲勞防護系統能有效提升工作品質與績效。                                  | 3.2 |
|                  | O-3  | 此電腦疲勞防護系統的介面功能是能夠讓使用者清楚得瞭解。                                     | 2.9 |
|                  | O-4  | 此電腦疲勞防護系統有令人愉悅的介面呈現出來。  | 3   |
|                  | O-5  | 此電腦疲勞防護系統的介面我很喜歡。   | 3.9 |
|                  | O-6  | 此電腦疲勞防護系統所具備的功能，讓我對它的未來有所期盼。                                    | 2.9 |
|                  | O-7  | 大致上，我對此電腦疲勞防護系統很滿意。   | 3.2 |
| 整體評價             |      | 3.2，屬負面影響因子   |     |

(本研究整理)



(本研究整理)

圖 4-8 系統 B 電腦疲勞防護系統整體使用性評價

並經受測者評分後，本研究歸納出下列幾項受測者對系統 B 的主觀認知上較為不足的使用性問題，如表 4-19 所示。

表 4-19 使用者評估系統 B 之負向使用性評估項目

|   |
|---|
| 知覺娛樂性   |
| <b>【9】</b> 我覺得此電腦疲勞防護系統能帶給我愉快的感受。   |
| <b>【10】</b> 實際使用此電腦疲勞防護系統後發現，使用此系統能讓我心情愉快。                                  |
| 知覺有用性及 PSSUQ 系統有用性  |
| <b>【18】</b> 此電腦疲勞防護系統能有效預防生理疲勞發生，進而維持工作績效。                                  |
| <b>【19】</b> 整體而言，我覺得此電腦疲勞防護系統的實用性很高。  |
| 結果展示度及 PSSUQ 資訊品質   |
| <b>【5】</b> 我能夠毫無疑問的告知他人使用此電腦疲勞防護系統後能有效的預防疲勞發生。                              |
| <b>【6】</b> 我相信我能夠將我所使用過此電腦疲勞防護系統後的經驗或感受傳達給其他人。                              |
| <b>【26】</b> 此電腦疲勞防護系統所提供的資訊（如線上的輔助說明，生理上的醫學相關資料）能清楚的說明使用疲勞防護系統能預防哪些生理疲勞的發生。 |
| <b>【27】</b> 此電腦疲勞防護系統可在我對哪些生理部位所產生的疲勞發生疑問時，是可以很容易的找到我所需要的資訊。                |
| 輸出品質及 PSSUQ 介面品質  |
| <b>【3】</b> 使用此電腦疲勞防護系統於電腦工作上是有問題的。  |

---

**【4】** 在電腦工作時加入此電腦疲勞防護系統能有效提升工作品質。

---

**【31】** 此電腦疲勞防護系統有令人愉悅的介面呈現出來。

---

**【32】** 此電腦疲勞防護系統的介面我很喜歡。

---

**【34】** 大致上，我對此電腦疲勞防護系統是很滿意的。

---

(本研究整理)

依據表 4-19 之受測者認為系統 B 的使用性問題，以下將依序列出並逐一探討說明之。

- (1) 認知娛樂性方面，受測者感受此系統 B 無法帶來愉快的感受，對此問題，本研究將依據系統所呈現的畫面來分析其原因：

此系統為動態的畫面呈現，可與使用者互動並提供有關生理部位該如何減輕疲勞的動作與方法。然而，此系統所呈現的模擬人動作與真人有明顯的差異，並藉由箭頭的方式指示，而造成姿體有不協調的問題發生，而動作所搭配的時間過長，進而影響了使用性評價。

- (2) 知覺有用性及 PSSUQ 系統有用性方面，受測者感受此系統 B 無法有效預防生理疲勞發生及維持工作績效，且覺得系統整體上實用性很低，對此問題本研究將納入上述畫面及功能性來分析其原因：

此系統在前述提出之模擬畫面無法呈現出正常人般的協調性，以及防護措施在時間掌控上的問題。而在功能性方面，受測者認為此系統小提示容易影響使用電腦時的工作績效；為此本研究將依據小休息出現處來評估，並得知其提示的出現處經常顯示於使用者的電腦螢幕中央，且得耗費一段時間來取消其功能，且此功能設定為滑鼠點選時消失而出現於他處，此模式形成受測者在執行電腦作業上的干擾，以及產生其不便性的感受，進而降低其工作績效，並予以整體實用性低的評價。

- (3) 結果展示度及 PSSUQ 資訊品質方面，受測者認為此系統 B 無法明確的告知他人使用此電腦疲勞防護系統後能有效的預防疲勞發生，以及提供經驗或感受給其他人，並對此系統所提供的資訊（如線上的輔助說

明，生理上的醫學相關資料）無法清楚的說明使用疲勞防護系統能預防哪些生理疲勞的發生，所提供的資訊無有效地協助使用者有效的預防疲勞發生。以上問題，本研究將納入後續輸出品質及 PSSUQ 介面品質評價分析其原因：

此系統為全面性的疲勞防護系統，亦包含其眼睛、上肢等部位。然而，在受測者實際使用時，所提供的模擬人物呈現出姿體伸展的時間過長，而讓使用者在主觀感受上有偏差的現象產生。且疲勞伸展是透過箭頭的方式告知，此時在伸展細節上有明顯不足，而呈現出不明確的心態。進而，在系統安裝時，也無提供任何有關生理問卷調查其使用者本身平常生理狀況上有哪些部位較易發生疲勞，且無法有效針對所需部位進行多次的防護措施；並於醫學資訊查詢方面也無提供，導致其使用者無法透過此系統獲得相關疲勞所伴隨的問題解惑。進而，間接影響使用者在後續輸出品質與介面品質的評價，使用者認為此系統用於電腦工作上是有問題的，且無法有效提升其工作品質；且無令人愉悅的介面呈現，而予以此系統負面評價，亦即無法讓使用者滿意。

然而，此系統功能上雖依然無法滿足使用者的需求，但可從表 4-18 得知其它主觀使用性上的優勢，下述為受測者於實驗中對系統所提出的見解：

受測者感受防護措施已具備全面性，並認為互動式畫面呈現較可明確瞭解疲勞防護的用處。而本研究再進一步分析其動態介面的疲勞防護，並對系統 C 作一平均數統計，用以分析及解釋其系統 C 的優缺點，如表 4-20 及圖 4-9 所示。

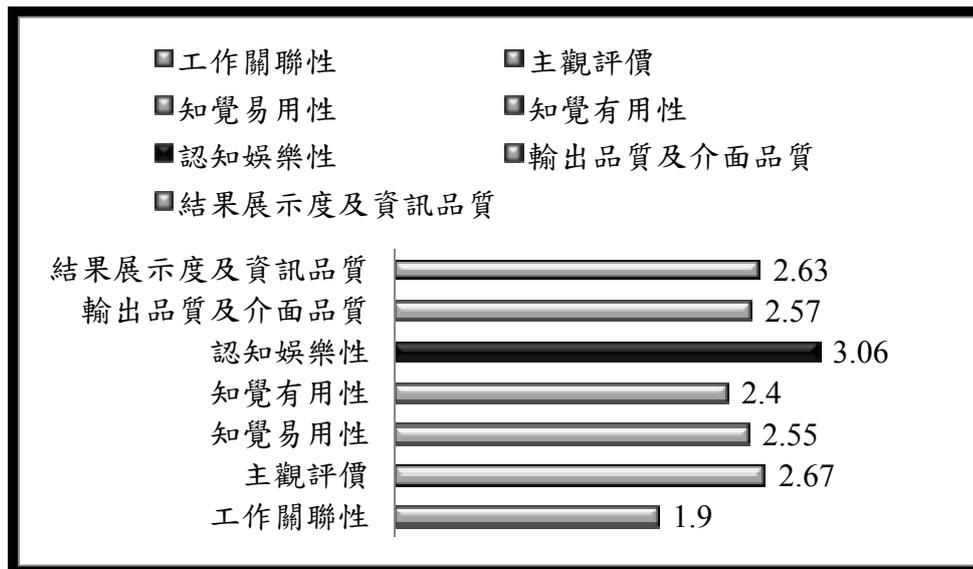
表 4-20 系統 C 電腦疲勞防護系統之使用後評價分析

| 影響構面  |     | 問項                                 | 評價  |
|-------|-----|------------------------------------|-----|
| 工作關聯性 | J-1 | 對電腦工作而言，使用此電腦疲勞防護系統是重要的。           | 2   |
|       | J-2 | 使用此電腦疲勞防護系統與預防電腦工作上所產生的生理疲勞是有所關聯的。 | 1.8 |

|                    |        |                                      |     |
|--------------------|--------|--------------------------------------|-----|
| 整體評價               |        | 1.9，屬正面影響因子                          |     |
| 知覺娛樂性              | ENJ-1  | 我覺得此電腦疲勞防護系統能帶給我愉快的感受。               | 3   |
|                    | ENJ-2  | 實際使用此電腦疲勞防護系統後發現，使用此系統能讓我心情愉快。       | 3   |
|                    | ENJ-3  | 我已經找使用此電腦疲勞防護系統的樂趣。                  | 3.2 |
| 整體評價               |        | 3.06，屬負面影響因子                         |     |
| 主觀規範               | BI-1   | 若老師認為我應該使用疲勞防護系統，我會去使用。              | 1.9 |
|                    | BI-2   | 若同學認為我應該使用疲勞防護系統，我會去使用。              | 2.4 |
|                    | BI-3   | 若朋友認為我應該使用疲勞防護系統，我會去使用。              | 2.5 |
|                    | BI-4   | 若長輩認為我應該使用疲勞防護系統，我會去使用。              | 2.7 |
| 整體評價               |        | 2.67，屬正面影響因子                         |     |
| 知覺有用性及 PSSUQ 系統有用性 | PU-1   | 電腦疲勞防護系統能幫助我預防生理疲勞的發生。               | 2.2 |
|                    | PU-2   | 電腦疲勞防護系統能幫助我改善疲勞症狀。                  | 2.3 |
|                    | PU-3   | 此電腦疲勞防護系統能有效預防生理疲勞發生，進而維持工作績效。       | 2.4 |
|                    | PU-4   | 整體而言，我覺得此電腦疲勞防護系統的實用性很高。             | 2.8 |
| 整體評價               |        | 2.4，屬正面影響因子                          |     |
| 知覺易用性及 PSSUQ 系統有用性 | PEOU-1 | 此電腦疲勞防護系統是容易操作的。                     | 2.7 |
|                    | PEOU-2 | 此電腦疲勞防護系統是容易學習的。                     | 2.5 |
|                    | PEOU-3 | 學習使用此電腦疲勞防護系統是不需花上很多心力的。             | 2.6 |
|                    | PEOU-4 | 與此電腦疲勞防護系統互動過後，可以明確的知道此系統可預防生理疲勞的發生。 | 2.4 |
| 整體評價               |        | 2.55，屬正面影響因子                         |     |
| 結果展示度及 PSSUQ 資訊品質  | R-1    | 我能夠毫無疑問的告知他人使用此電腦疲勞防護系統後能有效的預防疲勞發生。  | 2   |
|                    | R-2    | 我相信我能夠將我所使用過此電腦疲勞防護系統後的經驗或感受傳達給其他人。  | 2   |
|                    | R-3    | 對我而言，使用此疲勞防護系統後所能預                   | 1.9 |

|                  |      |  |     |
|------------------|------|--|-----|
|                  |      | 防的生理疲勞效果是相當明顯的。  |     |
|                  | R-4  | 我能確切說出使用此電腦疲勞防護系統所帶來的優缺點。                                      | 2.1 |
|                  | R-5  | 當我長時間的重複使用電腦時而忘了休息，此電腦疲勞防護系統此時會依據我的狀況來判斷，並明確告知我該如何預防生理上的疲勞問題。  | 1.7 |
|                  | R-6  | 當我使用此電腦疲勞防護系統發生問題時我可以很快的解決。                                    | 2.4 |
|                  | R-7  | 此電腦疲勞防護系統所提供的資訊（如線上的輔助說明，生理上的醫學相關資料）能清楚的說明使用疲勞防護系統是能有效的預防疲勞發生。 | 3.6 |
|                  | R-8  | 此電腦疲勞防護系統可在我對哪些生理部位所產生的疲勞發生疑問時，是可以很容易的找到我所需要的資訊。               | 4.1 |
|                  | R-9  | 此電腦疲勞防護系統所提供的資訊是很容易理解的。  | 3.6 |
|                  | R-10 | 此電腦疲勞防護系統所提供的資訊能有效地協助我能有效的預防疲勞發生。                              | 2.9 |
| 整體評價             |      | 2.63，屬正面影響因子   |     |
| 輸出品質及 PSSUQ 介面品質 | O-1  | 使用此電腦疲勞防護系統於電腦工作上是有沒有問題的。                                      | 2.3 |
|                  | O-2  | 在電腦工作時加入此電腦疲勞防護系統能有效提升工作品質。                                    | 2.4 |
|                  | O-3  | 此電腦疲勞防護系統的介面功能是能夠讓使用者清楚得瞭解。                                    | 2.1 |
|                  | O-4  | 此電腦疲勞防護系統有令人愉悅的介面呈現出來。   | 3.5 |
|                  | O-5  | 此電腦疲勞防護系統的介面我很喜歡。  | 3.4 |
|                  | O-6  | 此電腦疲勞防護系統所具備的功能，讓我對它的未來有所期盼。                                   | 2.3 |
|                  | O-7  | 大致上，我對此電腦疲勞防護系統是很滿意的。  | 2   |
| 整體評價             |      | 2.57，屬正面影響因子   |     |

(本研究整理)



(本研究整理)

圖 4-9 系統 C 電腦疲勞防護系統整體使用性評價

並經受測者評分後，本研究歸納出下列幾項受測者對系統 C 的主觀認知上較為不足的使用性問題，如表 4-21 所示。

表 4-21 使用者評估系統 C 之負向使用性評估項目

|   |
|---|
| 知覺娛樂性   |
| 【9】我覺得此電腦疲勞防護系統能帶給我愉快的感受。   |
| 【10】實際使用此電腦疲勞防護系統後發現，使用此系統能讓我心情愉快。  |
| 【11】我已經找使用此電腦疲勞防護系統的樂趣。   |
| 結果展示度及 PSSUQ 資訊品質   |
| 【26】此電腦疲勞防護系統所提供的資訊（如線上的輔助說明，介面的訊息資訊和其他生理上的相關資料）清楚的說明使用疲勞防護系統是能有效的預防疲勞發生。 |
| 【27】此電腦疲勞防護系統可在我對哪些生理部位所產生的疲勞發生疑問時，是可以很容易的找到我所需要的資訊。                      |
| 【28】此電腦疲勞防護系統所提供的資訊是很容易理解的。   |
| 輸出品質及 PSSUQ 介面品質  |
| 【31】此電腦疲勞防護系統有令人愉悅的介面呈現出來。  |
| 【32】此電腦疲勞防護系統的介面我很喜歡。   |

(本研究整理)

依據表 4-21 之受測者認為系統 C 的使用性問題，以下將依序列出並逐一探討說明之。

- (1) 知覺娛樂性方面，受測者感受此系統 C 無法帶來愉快的感受，以上問題將依據系統畫面及受測者見解來分析其因：

此系統為全面性且由真人的方式呈現。受測者認為此系統雖可較明確的實施防護措施的動作，但所展示的人物依然無法吸引受測者；

- (2) 結果展示度及 PSSUQ 資訊品質，以及輸出品質及 PSSUQ 介面品質方面，受測者感受此系統 C 無提供與疲勞的相關資訊（如線上的輔助說明，生理上的醫學相關資料），對生理部位所產生的疲勞發生疑慮時，無法從中獲得所需的資訊。對此問題可透過前述系統 A、B 分析結果得知其因。然而，差異在於系統所提供的資訊無法讓使用者容易理解，此與介面語言為英語有關，進而間接影響其使用性上的認知。

然而，此系統畫面雖無法滿足使用者需求，但可從表 4-20 得知其它主觀使用性上的優勢，而下述為受測者於實驗中對此系統所提出的見解：

受測者認為此系統 C 所提供的真人實境畫面在姿體伸展上較符合人性，並與前兩套系統間有明顯的差異性，且所呈現的動作時間也較適切；且此系統時提供了生理狀態調查問項，用以瞭解其使用者本身的生理狀況，並針對使用者所需予以幫助。進而，本研究針對使用者給予認同的構面進行分析及解釋：

1. 工作關聯性：由於實驗所針對特定對象為學生，每日使用電腦時間多數長達 7 至 8 小時，而多數受測者認同其電腦疲勞防護系統是與本身的工作上有其關聯性。因此，若針對不同層面的使用者較能突顯其差異性，用以瞭解已開發的系統或軟體較適合哪些族群，而加以推廣之。
2. 主觀規範：使用者在實際使用過後，認同電腦疲勞防護系統是有用的，而以老師的認同度較高，此與本實驗對象為學生有其相關。
3. 知覺易用性及 PSSUQ 系統有用性：此因子本研究將透過使用性評估所提

出的五項指標分析如下所述：

- (1) 易學性(Learnability)：受測者認同電腦疲勞防護系統所呈現的介面是容易上手操作，並且可以很快的利用此系統完成任務操作。
- (2) 操作效率(Efficiency)：由於系統大多以單一流程套用在不同的選單功能中，讓受測者在操作中不需重覆使用同一功能即可習慣本系統的操作，加速使用者的學習，而減少了學習時間。
- (3) 可記憶性(Memorability)：受測者認同電腦疲勞防護系統的介面是可以容易記住大略的操作方式或是操作流程，而讓不經常使用介面的使用者也能輕易上手不需在學習。
- (4) 錯誤率(Errors)：受測者認同電腦疲勞防護系統不會讓使用者誤會操作介面表達意思而操作到錯誤選項，且安裝系統並不會影響電腦效能，進而較少有系統因為使用者操作不當而發生嚴重錯誤，例如：系統當機的現象發生。
- (5) 滿意度(Satisfaction)：受測者對於系統主觀認知的愉悅程度也表示使用者對系統的喜好程度。

綜合上述，系統 C 相較於系統 A 與 B 較易滿足使用者，但系統所呈現的畫面仍無法吸引使用者，而本研究將於後續章節提出建議之。然而，本研究為瞭解影響系統使用性之影響程度，而彙整受測者予以三套系統負面使用性影響構面進行比較，如表 4-22 所示。

表 4-22 整體負面評價外在影響因素比較

| 影響構面              | 系統 A | 系統 B | 系統 C | 平均   |
|-------------------|------|------|------|------|
| 輸出品質及 PSSUQ 介面品質  | 3.11 | 3.2  | 2.57 | 2.96 |
| 結果展示度及 PSSUQ 資訊品質 | 3.14 | 3.1  | 2.63 | 2.96 |
| 知覺娛樂性             | 2.63 | 3.06 | 3.06 | 2.92 |

(本研究整理)

由表 4-22 得知，造成主觀使用性低，『知覺有用性』的主要影響因素為『輸出品質』與『結果展示度』等兩構面；以及『知覺易用性』的主要影響因素為『知覺娛樂性』。進而，本研究實施完各套電腦疲勞防護系統進行使用性評估後，再依據使用者於實際操作系統的過程中所提出的見解得知系統本身的缺失及優越處。並藉由受測者對各系統的功能及介面、資訊等多方面的評比，以及客觀實驗數據之主客觀的方式作評估，而提出其改善之處並給予建議，以供後續業者在開發相關系統時的參考依據。

### 4.4.3 主客觀評估結果分析

本研究彙整前述客主觀分析結果得知，主觀面得知系統 C 所具備的功能性較具完善；而客觀面系統 C 在降低及改善疲勞程度上也有較佳的成效。而另一套系統 A 屬靜態型畫面呈現，因此本實驗的施測者在使用者操作此系統時，會告知受測者可依據本身的放鬆姿勢進行休息，而所量測之生理疲勞程度上是有所改善。此亦與文獻中 Galinsky 學者所提出之，電腦使用者在操作電腦一段時間後，若進行短暫的休息，即可有效減緩疲勞的發生，而多數是因無休息所致的論點相輔。而與互動型系統 B、C 相較之下，在改善疲勞的成效也較不佳，此與文獻中 Fenety 學者所指出，短期運動介入可以減少肌肉骨骼症狀的論點相輔。

然而，本實驗所評估的電腦疲勞防護系統本質為輔助軟體，主要為提醒使用者休息，此雖非必要性；但經本研究訪談結果發現，由於多數電腦使用者本身自覺疲勞程度較低，而容易忽略疲勞的發生，此亦提升了電腦疲勞防護系統的重要性。因此，藉由上述主客觀系統分析後，本研究將依據 TAM3 的路徑關係來評估影響系統使用性的正負面因子，並探討與認知有用性及易用性之關聯性，如表 4-23 所示。

表 4-23 各因子對認知有用及易用性之關聯性評估

| 使用前各因子之關聯性                            | 使用者            |      |      |
|---------------------------------------|----------------|------|------|
| 電腦自我效能、認知外部控制、電腦焦慮、電腦玩興等使用前影響因子→知覺易用性 | 整體平均為正向影響認知易用性 |      |      |
| 使用後各因子之關聯性                            | 系統 A           | 系統 B | 系統 C |
| 主觀規範→知覺有用性                            | +              | +    | +    |
| 工作關聯性→知覺有用性                           | +              | +    | +    |
| 輸出品質及 PSSUQ 介面品質→知覺有用性                | -              | -    | +    |
| 結果展示度及 PSSUQ 資訊品質→知覺有用性               | -              | -    | +    |
| 知覺有用性                                 | -              | -    | +    |
| 知覺娛樂性→知覺易用性                           | +              | -    | -    |
| 客觀使用性→知覺易用性                           | +              | +    | +    |
| 知覺易用性                                 | +              | +    | +    |

(本研究整理)

依據表 4-23 各影響因子之關聯性分析結果得知，影響電腦疲勞防護系統的有用性主要因子為輸出品質、結果展示度，其次為工作關聯性對於知覺有用性有其負向影響，而主觀規範較無明顯差異，多數認為老師告知我，我就會去使用，此對於本實驗對象為學生亦有所影響，而對系統有用性有其正面的評價；並藉由資訊品質方面，多數使用者無法確切瞭解長時間操作電腦會產生哪些疾病，而突顯系統所提供的資訊有較不足之處；而影響系統的易用性主要因子為知覺娛樂性，其次為認知外部控制對於認知易用性有其負向影響。

綜合看來，系統的實際功能及使用者本身在自覺疲勞的程度為影響系統使用性低的主因。

## 第五章 結論與討論

本研究主要目的乃基於 TAM3 之外在影響因素於 PSSUQ 使用性評估中來探討影響電腦疲勞防護系統的使用性問題，並藉由客觀實驗，採取生理回饋的方式來評估有無使用電腦疲勞防護系統的生理疲勞程度；進而透過問卷來瞭解其系統的相關缺失所提出的見解。並整理出以下幾項研究結果與貢獻：

1. 知覺有用性的負面影響力較大的為『輸出品質』及『結果展示度』；並顯示對電腦疲勞防護系統的使用者而言，只要認為系統輸出及展示度為低品質且有問題時，則會影響系統有用性的認知，而多數使用者予以負面的評價。而知覺易用性的影響力較大的為知覺娛樂性，顯示電腦疲勞防護系統所提供的降低及預防疲勞的動態及靜態畫面，若能增加其系統使用的趣味性，針對特定對象提供吸引使用者目光的人物或畫面，即可提升對知覺的易用性的認知。
2. 經由 TAM3 的路徑關係評估電腦疲勞防護系統得知，三套系統在知覺有用性部分趨向於負面的主觀使用性影響評價，主要的影響因素為『輸出品質』及『結果展示度』兩個因子；然而，知覺易用性部分則多為趨向正面的使用性影響評價，主要的影響因素為『客觀使用性』及『電腦自我效能』、『電腦玩興』等三個因子，亦有其負面的影響因子存在，而其影響性較低，而經評估各套電腦疲勞防護系統得知，較具顯著的負面影響因子為『知覺娛樂性』；以及根據訪談之主觀見解發現，多數電腦使用者本身的自覺疲勞程度較低。進而瞭解造成電腦疲勞防護系統低使用性之成因，即為系統所提供的功能、資訊及介面上並無法滿足電腦使用者所需，進而間接影響了系統的使用性評價。
3. 藉由多重生理及任務指標之客觀使用性分析顯示，電腦工作時若加入電腦疲勞防護系統進行多種防護措施，在肌肉及視覺疲勞程度上有一定的改善及預防的效果，並可維持電腦工作績效。反之，在無使用電

腦疲勞防護系統的情況下，肌肉及視覺疲勞的程度有上升的趨勢，並降低了電腦工作績效。而系統不同的呈現方式，本研究依據多重生理數據及問卷得知，引導式介面比直接式介面在降低生理疲勞程度上有其較佳的效果，且主觀使用性也予以較佳的評價。

4. 每套電腦疲勞防護系統所呈現出的操作介面，多數採取單一向度的選擇，較能達到易用性目的，以減少操作時需記憶先前操作的經驗；以及系統是否完整或全面性，則會影響知覺有用及易用性。
5. 小提示功能在提示電腦使用者短暫閉眼及休息的功用上有相當的程度，唯仍須在顯示處與呈現畫面上作一改進，對於顯示與不顯示上方可給電腦使用者主控權，以維持其電腦的工作績效。

然而，根據電腦使用者對於電腦疲勞防護系統所呈現出的畫面及功能性方面所提出之見解得知，電腦疲勞防護系統在介面品質方面，動態輔助畫面在降低及預防疲勞上有相當程度的幫助，唯仍加強人物及動畫方面，並增加系統使用上的娛樂性，以提升各階年齡層去使用的動機。為此，本研究建議系統可提供些較能吸引電腦使用者的人物畫面、動畫或遊戲等介面呈現，以增進其系統的娛樂性，促使介面更能融入使用者的生活之中。而資訊品質方面，電腦疲勞防護系統亦可提供與電腦作業相關的生理疲勞症狀資訊給使用者，讓電腦使用者更瞭解疲勞防護的重要性；進而，可提供『生理狀況調查問卷』來評估電腦使用者的生理狀態，以準確得知使用者所缺乏的防護措施。然而，經本研究所納入的客觀指標評估得知，電腦使用者在實際操作過電腦疲勞防護系統後對生理疲勞有一定的改善程度，也可維持電腦的工作績效。進而，本研究建議將生理數據的分析結果提供給電腦使用者作一參考，以瞭解電腦疲勞防護系統對於改善及降低生理疲勞的成效。

因此，本研究所採取的主客觀使用性評估，即透過 TAM3 的構面及路徑關係來探討電腦疲勞防護系統的使用性問題。綜合上述建議及評估方法，本研究將提供給未來已開發業者在後續改版及評估的參考依據。

## 參考文獻

### 中文部份

白宜晉 (2007)。精密作業肌肉骨骼傷害風險評估及人因介入效應:以深圳某光電廠為例，碩士論文，華梵大學工業工程與經營資訊學系碩士班。

行政院勞委會勞工安全衛生研究所 (1999)。電腦作業人員健康危害預防手冊。URL: <http://www.iosh.gov.tw/netbook/workstat/workstatm0.htm>

行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所 (2001)。人因工程肌肉骨骼傷害預防指引，IOSH90-T042。

吳宗正、吳育東 (2000)。LISREL 模式應用於行動電話消費者滿意度之研究，碩士論文，國立成功大學統計研究所。

吳宏道 (2002)。以虛實概念探討消費性電子產品介面之研究，碩士論文，國立雲林科技大學工業設計研究所。

吳欣潔、林志禹、陳協慶、王家濠 (2006)。電腦作業的人因風險因子與肌肉骨骼不適症狀的相關性。中華民國人因工程學會年會暨研討會 13 屆。

李正隆 (1996)。電腦工作站之健康危害及預防對策探討，勞工安全衛生簡訊，19 期。

李淑佩、張英二、陳政友、楊智良、林隆光 (1988)。學生視力保健實驗研究，衛生教育論文集刊，2，49-82。

周太一 (2005)。和弦鍵盤字母配置與編碼之研究與設計，碩士論文，大同大學工業設計研究所。

林靜惠、陳榮銘 (2006)。生物資訊工具介面設計研究—以NCBI 網站為例，中華民國設計學會第十一屆全國學術研討會論文，G-16-1-G-16-6 頁。

徐立威 (2006)。光源、照度、字體大小及行間距對電子紙顯示器的視覺績效與視覺疲勞之影響，碩士論文，國立台灣科技大學工業管理系碩士班。

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。臺灣公共衛生雜誌，26 (1)，13。

陳佑嘉 (2002)。多重生理參數量測式新型生物回饋系統，碩士論文，國立成功大學電機研究所。

陳昭銘 (2001)。網際網路於使用性工程模式 (UEM) 之應用研究，碩士論

文，國立成功大學工業設計研究所。

陳高揚、郭正典、駱惠銘（2000）。心律變異度：原理與應用。《中華民國急救加護醫學會雜誌》，第 11 卷 2 期，第 47-58 頁。

陳淑如、蔡月霞、羅映琪、蔡宜珊、鄭錡（2005）。心律變易度的簡介及護理上的應用，《新台北護理期刊》，第 7 卷 1 期，第 1-11 頁。

黃宏凱（2006）。立姿電腦工作站之偏好設定及上肢之姿勢與肌肉負荷的評估，碩士論文，中國醫藥大學職業安全衛生學系碩士班。

黃致憲（2005）。基於射箭選手情緒監控之生物回饋系統—以呼吸、體溫與心跳次數交互關係為指標，碩士論文，國立成功大學電機研究所。

葉瑞霞（2007）。不同型式電腦工作站作業人員之肌肉骨骼不適與風險因子之研究，碩士論文，華梵大學工業工程與經營資訊學系碩士班。

詹宜澤（2009）。疲勞防護系統使用意圖的影響因素與需求之研究，碩士論文，國立台東大學資訊管理學系碩士班。

劉一凡（2005）。平板電腦結合和弦鍵盤整合設計，碩士論文，國立成功大學工業設計學系碩士班。

## 英文部分

Akserlrod, S., Gordon, D., Ubel, F.A., Shannon, D.C., Barger, A. C., & Cohen, R.J. (1981). Power spectrum analysis of heart rate fluctuation: a quantitative probe of beat-to-beat cardiovascular control. *Science* 213:220-222.

Ajzen, I. (1985). "From Intentions to Actions: A Theory of Planned Behavior," in *Action Control: From Cognition to Behavior*, eds. J. Kuhl and J. Beckmann, New York: Springer Verlag, 11-39.

Ajzen, I. (1991). The Theory of Planned Behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50: 179-211.

Ajzen, I., & Fishbein, M. (1980). "Understanding Attitudes and Predicting Social Behavior", Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

Agarwal, R., & Karahanna, E. (2000). Time flies when you're having fun: Cognitive absorption and beliefs about information technology usage. *MIS Quarterly*, 24, 665-694.

Bagozzi, R.P., and Yi Y. (1988). "On the evaluation of structural equation models", *Academy of Marketing Science*, 16(4), pp.74-94.

- Bob, A., Christy, T. and Jean, A. (2000). *Stretching: 20th Anniversary Edition*, Shelter Publications, Inc.
- Blehm, C. (2005). “Computer Vision Syndrome: A Review” , Survey of phththalmology, Elsevier Inc., vol. 50, no. 3.
- Blaesi, S., Hinson, B. R. & Peper, E. (2006). The optimal narrow vs. wide electrode placement to detect tension during both relaxation and activity. Presented at the 37<sup>th</sup> Annual Meeting of the Association for Applied Psychophysiology and Biofeedback.
- Carter, J. B. and Banister, E. W. ( 1994 ). Musculoskeletal problems in VDT work: a review, *Ergonomics*, Vol. 37, pp. 10, 1623-1648.
- Compeau, D. R., & Higgins, C. A. ( 1995a ). Application of social cognitive theory to training for computer skills. *Information Systems Research*, 6, 118–143.
- Compeau, D. R., & Higgins, C. A. ( 1995b ). Computer self-efficacy: Development of a measure and initial test. *MIS Quarterly*, Vol.19, pp.189–211.
- David , G., Woods,V., Li,G. & Buckle P. ( 2008 ). “ The development of the Quick Exposure Check ( QEC ) for assessing exposure to risk factors for work-related musculoskeletal disorders ” , *Applied Ergonomics*, 39, 57-69.
- Davis, F. D. (1986). A Technology Acceptance Model for Empirically Testing New End-User Information Systems: Theory and Results, Doctoral, Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology.
- Davis, D. ( 1989 ). “ Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology”, *MIS Quarterly*, pp. 319-340.
- Dan Morris, A.J. Bernheim Brush, & Brian, R., Meyers. (2008). SuperBreak: Using Interactivity to Enhance Ergonomic Typing Breaks, Microsoft Research.
- Divjak, M., & Bischof H. (2009). “Eye blink based fatigue detection for prevention of Computer Vision Syndrome”, IAPR Conference on Machine Vision Applications, May 20-22, Yokohama, JAPAN.
- European Society of Cardiology Task. F., North American Society and Electrophysiology. P. (1996). Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use, *Circulation*, vol. 93, pp. 1043-1065.
- EyeLoveU. (2010). <http://www.affdesign.com/>
- Fishbein, M., & Ajzen, I. (1975). “Belief, Attitude, Intentions and Behavior: An

- Introduction to Theory and Research”, Addison-Wesley, Reading, MA. Hunting,
- Fenety, A. and Walker, J.M. (2002). Short-term effects of workstation exercises on musculoskeletal discomfort and postal changes in seated video display unit workers. *Physical Therapy*. 82(6): p. 578-89.
- Fagarasanu, M., Kumar, S. (2003). Carpal tunnel syndrome due to keyboarding and mouse tasks: a review. *Int J Ind Ergon*, 31, 119-136.
- Fogleman, M. and Lewis, R. J. (2002). “Factors associated with self-reported musculoskeletal discomfort in video display terminal (VDT) users” , *International Journal of Industrial Ergonomics*, Vol.29, pp. 311-318.
- Galinsky TL, Swanson NG, Sauter SL, et al. (2000). A field study of supplementary rest breaks for data-entry operators. *Ergonomics*, 43: 622–638.
- Gang Pan, Lin Sun, Zhaohui Wu, Shihong Lao. (2007). "Eyeblink-based Anti-Spoofing in Face Recognition from a Generic Webcam", *iccv*, pp.1-8, IEEE 11th International Conference on Computer Vision.
- Horikawa, M. (2001). “Effect of visual display terminal height on the trapezius muscle hardness: quantitative evaluation by a newly developed muscle hardness meter” , *Applied Ergonomics*, Vol. 32, pp. 473-478.
- ISO (1998). ISO 9241 Ergonomics requirements for office work with visual display terminals part 11-guidance on Usability.
- Jensen, C., Finsen, L., Søgaaard, K., Christensen, H. (2002). Musculoskeletal symptoms and duration of computer and mouse use. *Int J Ind Ergon*, 30, 265-275.
- Kromker, M., Weber, F., & Steinlechner, V. (1998). “A Reference Model and Software Support for Bid Preparation in Supply Chains in the Construction Industry”, *Proceedings Ninth International Workshop on Database and Expert Systems Applications*, pp.1009-1014.
- Kuniavsky, M. (2003). *Observing the User Experience: A Practitioner’s Guide to User Research*, Morgan Kaufmann, San Francisco, pp. 9-15.
- Koppel R., Metlay J.P., Cohen A., Abaluck B., Localio A.R., Kimmel S.E. (2005). *Role of Computerized Physician Order Entry Systems in Facilitating Medication Errors*, *JAMA*, 293(10), 197-203.
- Kristensen, T. S., Borritz, M., Villadsen, E., & Christensen, K. B. (2005). The Copenhagen Burnout Inventory: A new tool for the assessment of burnout. *Work &*

*Stress*, 19, 192-207.

Lewis, J. R. (1995). IBM computer usability satisfaction questionnaires: Psychometric evaluation and instructions for use, *International Journal of Human-Computer Interaction*, 7(1), pp. 57-78.

Madeleine, P., Jorgensen, L.V., Sogaard, K., Arendt-Nielsen, L., & Sjogaard G. (2002). Development of muscle fatigue as assessed by electromyography and mechanomyography during continuous and intermittent low-force contractions: effects of the feedback mode. *European Journal of Applied Physiology*, 87(1), 28-37.

Nielsen, J. & Molich, R. (1990). Heuristic Evaluation of User Interfaces, Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems: Empowering people, pp. 249-256 (Seattle, Washington, United States).

Nielsen, J. (1993). "Usability Engineering," Academic Press Ltd, New York, pp26-27, pp224.

Pagani M, Lombardi F, Guzzetti S, Rimoldi O, Furlan R, Pizzinelli P, Sandrone G, Malfatto G, Dell'Orto S, Piccaluga E, Turiel M, Baselli G, Cerutti S, Malliani A (1986). Power spectral analysis of heart rate and arterial pressure variabilities as a marker of sympatho-vagal interaction in man and in conscious dog. *Circ Res* 59:178-193.

Punnett, L., Wegman, D.H. (2004). Work-related musculoskeletal disorders: the epidemiologic evidence and the debate. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 14, 13-23.

RSIGuard Stretch. (2010). <http://rsiguard.com/>

Shackel, B. (1993). "Human Factors for Informatics Usability," Cambridge University Press. New York.

Sears, A. (2002). Testing and Evaluation, In: Jacko, J., Sears, A. (Eds.), *The Human-computer Interaction Associates*, Inc., Mahwah, NJ, 1091-1092.

Szeto, G.P.Y., Straker, L.M., O'Sullivan, P.B. (2005). The effect of typing speed and force on motor control in symptomatic and asymptomatic office workers. *Int J Ind Ergon*, 35, 779-795.

Shuval, K., Donchin, M. ( 2005 ). Prevalence of upper extremity musculoskeletal symptoms and ergonomic risk factors at a Hi-Tech company in Israel, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 35, 569-581.

Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. (1996). "Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation and clinical use", *European Heart Journal*, 17, pp.354-381.

Todru K, Nobuaki M, Yukikiko U, Monhiko O. (1999). Evaluation of Fatigue Using Heart Rate Variability and Myoelectric Signals During Sking. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering* ; 585.

Tarata, M.T. (2003). Mechanomyography versus Electromyography, in monitoring the muscular fatigue. *BioMedical Engineering OnLine*, 2(1), 3.

Venkatesh, V., & Fred D. Davis. (1996). A model of the Antecedents of Perceived Ease of Use: Development and Test, *Decision Sciences*, Vol. 27, No.3, pp. 451-482.

Venkatesh, V., & Davis, F. D. (2000). A theoretical extension of the technology acceptance model: Four longitudinal field studies. *Management Science*, 46, 186–204.

Venkatesh, V., & Morris, M. G. (2000). Why don't men ever stop to ask for directions? Gender, social influence, and their role in technology acceptance and usage behavior. *MIS Quarterly*, 24, 115–139.

Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., & Davis, F. D. ( 2003 ). User acceptance of information technology: Toward a unified view. *MIS Quarterly*, 27, 425– 478.

Venkatesh, V., & Bala, H. (2008). Technology Acceptance Model 3 and a Research Agenda on Interventions, *Decision Sciences*, Vol. 39, No.2.

Workrave. (2010). <http://www.workrave.org/>.

Zhang, Z. (2001). *Overview of Usability Evaluation Methods*. Retrieved March 27, 2009, Available from: < <http://www.usabilityhome.com/> >

Z. Li, K. Jiao, M. Chen, and C. Wang. (2005), "Synthetic effect analysis of heart rate variability and blood pressure variability on driving mental fatigue", 343-346.

## 附錄一、電腦疲勞防護系統使用前評估問卷

各位先生、小姐您好：

本研究主要是針對三套電腦疲勞防護系統進行使用性評估，而主要對象以學生為主，研究目的為瞭解使用者在實際操作過此疲勞防護系統後的主觀感受。

您所提供資料將完全被保密並僅做為本研究分析使用。謝謝您的協助與指導。

敬祝 闔家平安

主持人：謝明哲 副教授

研究生：陳冠廷

國立臺東大學資訊管理學系

中華民國99年

日期：\_\_\_\_\_年\_\_\_\_\_月\_\_\_\_\_日

編碼：\_\_\_\_\_

性 別： 男 女

疲勞防護系統廣義來說，為解決人們發生疲勞現象之系統或軟體，而在此是針對與電腦相關的疲勞防護系統。本研究為瞭解其電腦使用者在未使用過疲勞防護系統前對它的主觀認知及感受。

1. 即使過去沒有操作過電腦疲勞防護系統，我也會操作。.....很同意 同意 尚可 不同意 很不同意
2. 即使身旁沒有人教我，我也會使用電腦疲勞防護系統。.....很同意 同意 尚可 不同意 很不同意
3. 須有人示範一次我才會使用電腦疲勞防護系統。.....很同意 同意 尚可 不同意 很不同意
4. 如果我使用過與相似的電腦疲勞防護系統後，我就會使用其它類似的系統。.....很同意 同意 尚可 不同意 很不同意
5. 我已經會使用電腦疲勞防護系統了。...很同意 同意 尚可 不同意 很不同意
6. 我應該使用電腦疲勞防護系統來預防生理疲勞的發生。.....很同意 同意 尚可 不同意 很不同意
7. 若提供我一套電腦疲勞防護系統，我會去使用且並不覺得耗時。..... 很同意 同意 尚可 不同意 很不同意
8. 電腦疲勞防護系統是無法與其他系統或軟體一起使用的。..... 很同意 同意 尚可 不同意 很不同意

9. 使用電腦疲勞防護系統時，並不會讓我有壓迫感。.....很同意 同意 尚可 不同意 很不同意
10. 使用電腦疲勞防護系統時，容易讓我產生緊張的感受。.....很同意 同意 尚可 不同意 很不同意
11. 使用電腦疲勞防護系統時會讓我有不自在且受約束的感受。.....很同意 同意 尚可 不同意 很不同意
12. 使用疲勞防護系統時，會讓我心情有不安的感受。.....很同意 同意 尚可 不同意 很不同意
13. 使用電腦疲勞防護系統的過程是非強制性的。.....很同意 同意 尚可 不同意 很不同意
14. 使用電腦疲勞防護系統的過程是令人覺得有創意而引起我的好奇心。..... 很同意 同意 尚可 不同意 很不同意
15. 使用電腦疲勞防護系統的過程是令人愉悅且有趣的。..... 很同意 同意 尚可 不同意 很不同意
16. 使用電腦疲勞防護系統的過程是令人覺得有獨特的性質而吸引我。.... 很同意 同意 尚可 不同意 很不同意
- 

~問卷結束，謝謝您耐心的填答~

## 附錄二、電腦疲勞防護系統使用後評估問卷

各位先生、小姐您好：

本研究主要是針對三套電腦疲勞防護系統進行使用性評估，而主要對象以學生為主，研究目的為瞭解使用者在實際操作過此疲勞防護系統後的主觀感受。

您所提供資料將完全被保密並僅做為本研究分析使用。謝謝您的協助與指導。

敬祝 闔家平安

主持人：謝明哲 副教授

研究生：陳冠廷

國立臺東大學資訊管理學系

中華民國99年

日期：\_\_\_\_\_年\_\_\_\_\_月\_\_\_\_\_日

編碼：\_\_\_\_\_

性 別： 男 女

日後若在您使用電腦的過程中加入此疲勞防護系統，此系統對您在電腦工作上有無幫助，以及是否扮演重要角色。

1. 對電腦工作而言，使用此電腦疲勞防護系統是重要的。.....很同意  
同意 尚可 不同意 很不同意
2. 使用此電腦疲勞防護系統與電腦工作上所產生的生理疲勞是有所關聯的。.....很同意 同意 尚可 不同意 很不同意
3. 使用此疲勞防護系統於電腦工作上是有問題的。.....很同意 同意 尚可 不同意 很不同意
4. 在電腦工作時加入此電腦疲勞防護系統能有效提升工作品質與績效。.....很同意 同意 尚可 不同意 很不同意
5. 我能夠毫無疑問的告知他人使用此電腦疲勞防護系統能有效的預防疲勞發生。.....很同意 同意 尚可 不同意 很不同意
6. 我相信我能夠將我所使用過此電腦疲勞防護系統後的經驗或感受傳達給其他人。.....很同意 同意 尚可 不同意 很不同意
7. 對我而言，使用此電腦疲勞防護系統後所能預防的生理疲勞效果是相當明顯的。.....很同意 同意 尚可 不同意 很不同意
8. 我能確切說出使用此電腦疲勞防護系統所帶來的優缺點。.....很同意 同意 尚可 不同意 很不同意

在您實際使用過此電腦疲勞防護系統一段時間後，對此系統的主觀感受。

9. 我覺得此電腦疲勞防護系統能帶給我愉悅的感受。.....很同意 同意  
尚可 不同意 很不同意
10. 實際使用此電腦疲勞防護系統後發現，使用此系統能讓我心情愉快。.....  
很同意 同意 尚可 不同意 很不同意
11. 我已經找到使用此電腦疲勞防護系統的樂趣。.....很同意  
同意 尚可 不同意 很不同意
12. 若老師認為我應該使用此電腦疲勞防護系統，我會去使用。 .....  
很同意 同意 尚可 不同意 很不同意
13. 若同學認為我應該使用此電腦疲勞防護系統，我會去使用。.....很同意  
同意 尚可 不同意 很不同意
14. 若朋友認為我應該使用此電腦疲勞防護系統，我會去使用。.....很同意  
同意 尚可 不同意 很不同意
15. 若長輩認為我應該使用此電腦疲勞防護系統，我會去使用。.....很同意  
同意 尚可 不同意 很不同意

對此疲勞防護系統所提供的防護措施來預防或降低電腦作業疲勞的發生。請勾選出您對以下所敘述的使用性滿意度。

16. 此電腦疲勞防護系統能幫助我預防生理疲勞的發生。.....很同意  
同意 尚可 不同意 很不同意
17. 此電腦疲勞防護系統能幫助我改善疲勞症狀。.....很同意 同意  
尚可 不同意 很不同意
18. 此電腦疲勞防護系統能有效預防生理疲勞發生，進而提升工作績效。...  
很同意 同意 尚可 不同意 很不同意
19. 整體而言，我覺得此電腦疲勞防護系統的實用性很高。...很同意 同意  
尚可 不同意 很不同意
20. 此電腦疲勞防護系統是容易操作的。...很同意 同意 尚可 不同意  
很不同意
21. 此電腦疲勞防護系統是容易學習的。...很同意 同意 尚可 不同意  
很不同意
22. 學習使用此電腦疲勞防護系統是不需花上很多心力的。.....很同意  
同意 尚可 不同意 很不同意
23. 與此電腦疲勞防護系統互動過後，可以明確的知道此系統可預防生理疲勞的發生。.....很同意 同意 尚可 不同意 很不同意
24. 當我長時間的重複使用電腦時而忘了休息，電腦疲勞防護系統此時會依據我的狀況來判斷，並明確告知我該如何預防生理上的疲勞問題。.....很同意  
同意 尚可 不同意 很不同意
25. 當我使用此電腦疲勞防護系統發生問題時我可以很快的解決。.....很同意  
同意 尚可 不同意 很不同意
26. 此電腦疲勞防護系統所提供的資訊（如線上的輔助說明，生理上的醫學

- 相關資料)能清楚的說明使用疲勞防護系統是能有效的預防疲勞發生。.....  
很同意 同意 尚可 不同意 很不同意
27. 此電腦疲勞防護系統可在我對哪些生理部位所產生的疲勞發生疑問時，  
是可以很容易的找到我所需要的資訊。.....很同意 同意 尚可 不  
同意 很不同意
28. 此電腦疲勞防護系統所提供的資訊是很容易理解的。.....很  
同意 同意 尚可 不同意 很不同意
29. 此電腦疲勞防護系統所提供的資訊能有效地協助我能有效的預防疲勞發  
生。.....很同意 同意 尚可 不同意 很不同意
30. 此電腦疲勞防護系統的介面功能是能夠讓使用者清楚得瞭解。.....  
很同意 同意 尚可 不同意 很不同意
31. 此電腦疲勞防護系統有令人愉悅的介面呈現出來。.....很  
同意 同意 尚可 不同意 很不同意
32. 此電腦疲勞防護系統的介面我很喜歡。.....很  
同意 同意 尚可 不同意 很不同意
33. 此電腦疲勞防護系統具有的所有的功能，並能夠讓我對它的未來有所期  
盼。...很同意 同意 尚可 不同意 很不同意
34. 大致上，我對此電腦疲勞防護系統是很滿意的。.....很同意  
同意 尚可 不同意 很不同意
- 

~問卷結束，謝謝您耐心的填答~

### 附錄三、實驗同意書

茲將本實驗的流程及注意事項說明如下：

1. 在正式實驗開始之前，受試者必須先完成一些前置作業，包括透過投影片介紹本研究問題、目的及實驗流程，並將儀器配置於受測者身上。
  2. 本實驗為探討有無使用電腦疲勞防護系統的差異性，因此納入三套疲勞防護系統，分別探討受試者於電腦操作時，使用不同的電腦疲勞防護系統下其肌電訊號的變化情形、心律變異度的變化情形，以及眨眼頻率。每套疲勞防護系統的受測時間為20 分鐘，並給予共同的工作任務來執行實驗，每套系統測試之間的休息時間為10 分鐘。並進行兩階段實驗，分別為實驗組與控制組兩對照組互相比較之。
  3. 用酒精棉花擦拭預貼電極片的肌肉及心律，而將電極片貼於手臂、手腕等局部上肢，並透過錄影機來記錄眨眼的次數。
  4. 每套電腦疲勞防護系統的使用測試結束後，要求受試者填寫各套電腦疲勞防護系統的使用性評估問卷。
  5. 實驗中將納入訪談，為瞭解受測者平時使用電腦易伴隨的疲勞問題，以及對生理疲勞造成哪些影響。並於實施各套疲勞防護措施後，告知受測者提供自我對電腦疲勞防護系統的見解，以作為後續本研究主觀分析的依據。
  6. 受試者必須有充足的睡眠，如有熬夜或睡眠不足的情形發生，則放棄該次的實驗，並禁止在實驗前從事劇烈的體能運動。
- 我已了解本實驗的流程及注意事項，並且同意參與由陳冠廷先生所主持的研究計畫「電腦使用者有無使用電腦疲勞防護系統的主客觀分析」。

受試者簽名：\_\_\_\_\_

日期：\_\_\_年\_\_\_月\_\_\_日

## 附錄四、實驗與問卷數據統計表

### 4.1 對照組 sEMG 數據統計分析

| 對照組                | N  | Minimum | Maximum | Mean    | Std. Deviation |
|--------------------|----|---------|---------|---------|----------------|
| 控制組前測              | 10 | 25.25   | 52.28   | 34.6069 | 7.85136        |
| 控制組後測              | 10 | 35.45   | 115.84  | 62.4391 | 25.79673       |
| 實驗組A前測             | 10 | 13.28   | 58.13   | 31.8479 | 11.54624       |
| 實驗組A後測             | 10 | 31.12   | 87.92   | 52.7180 | 19.43205       |
| 實驗組B前測             | 10 | 12.40   | 53.34   | 29.4033 | 12.76612       |
| 實驗組B後測             | 10 | 23.82   | 83.16   | 45.9968 | 21.28824       |
| 實驗組C前測             | 10 | 20.51   | 49.36   | 29.6635 | 8.71683        |
| 實驗組C後測             | 10 | 10.42   | 69.94   | 37.6898 | 17.49926       |
| Valid N (listwise) | 10 |         |         |         |                |

(本研究整理)

#### 4.1.1 對照組sEMG獨立樣本T檢定

| 對照組       | Levene's Test for Equality of Variances |       | t-test for Equality of Means |        |                 |                 |                       |   |          |
|-----------|---|-------|------------------------------|--------|-----------------|-----------------|-----------------------|---|----------|
|           | F                                       | Sig.  | t                            | df     | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | 95% Confidence Interval of the Difference |          |
|           | Lower                                   | Upper | Lower                        | Upper  | Lower           | Upper           | Lower                 | Lower                                     | Upper    |
| (實驗組A) 前測 | .363                                    | .555  | .625                         | 18     | .540            | 2.75900         | 4.41542               | -6.51746                                  | 12.03546 |
|           |   |       | .625                         | 15.857 | .541            | 2.75900         | 4.41542               | -6.60815                                  | 12.12615 |
| (實驗組A) 後測 | .685                                    | .419  | .952                         | 18     | .354            | 9.72110         | 10.21311              | -11.73585                                 | 31.17805 |
|           |   |       | .952                         | 16.726 | .355            | 9.72110         | 10.21311              | -11.85359                                 | 31.29579 |
| (實驗組B) 前測 | 2.363                                   | .142  | 1.098                        | 18     | .287            | 5.20360         | 4.73939               | -4.75348                                  | 15.16068 |
|           |   |       | 1.098                        | 14.956 | .290            | 5.20360         | 4.73939               | -4.90074                                  | 15.30794 |
| (實驗組B) 後測 | .298                                    | .592  | 1.555                        | 18     | .137            | 16.44230        | 10.57668              | -5.77847                                  | 38.66307 |
|           |   |       | 1.555                        | 17.374 | .138            | 16.44230        | 10.57668              | -5.83597                                  | 38.72057 |
| (實驗組C) 前測 | .0627                                   | .798  | 1.333                        | 18     | .199            | 4.94340         | 3.70981               | -2.85062                                  | 12.73742 |
|           |   |       | 1.333                        | 17.807 | .199            | 4.94340         | 3.70981               | -2.85669                                  | 12.74349 |
| (實驗組C) 後測 | 1.362                                   | .258  | 2.511                        | 18     | .022            | 24.74930        | 9.85746               | 4.03954                                   | 45.45906 |
|           |   |       | 2.511                        | 15.835 | .023            | 24.74930        | 9.85746               | 3.83476                                   | 45.66384 |

## 4.2 對照組HF & LF數據統計分析

| 對照組                | N  | Minimum | Maximum | Mean    | Std. Deviation |
|--------------------|----|---------|---------|---------|----------------|
| HF控制組前測            | 10 | 50.33   | 61.08   | 53.4192 | 3.32058        |
| HF控制組後測            | 10 | 7.75    | 51.34   | 31.6430 | 15.74709       |
| HF實驗組A前測           | 10 | 24.88   | 58.65   | 47.2160 | 9.69442        |
| HF實驗組A後測           | 10 | 2.52    | 47.83   | 23.3120 | 14.95159       |
| HF實驗組B前測           | 10 | 25.41   | 63.35   | 46.0769 | 12.71275       |
| HF實驗組B後測           | 10 | 2.11    | 72.59   | 31.7609 | 23.22571       |
| HF實驗組C前測           | 10 | 5.57    | 57.53   | 40.4261 | 18.52225       |
| HF實驗組C後測           | 10 | 7.90    | 58.99   | 29.3416 | 17.84930       |
| LF控制組前測            | 10 | 16.38   | 33.33   | 23.4549 | 5.81420        |
| LF控制組後測            | 10 | 20.74   | 43.70   | 30.4867 | 8.07619        |
| LF實驗組A前測           | 10 | 9.87    | 35.31   | 19.1937 | 7.66623        |
| LF實驗組A後測           | 10 | 6.14    | 48.55   | 24.9394 | 13.10923       |
| LF實驗組B前測           | 10 | 15.62   | 44.04   | 25.0800 | 9.67766        |
| LF實驗組B後測           | 10 | 13.92   | 36.62   | 23.7971 | 9.28011        |
| LF實驗組C前測           | 10 | .32     | 34.15   | 21.3218 | 10.44303       |
| LF實驗組C後測           | 10 | 12.40   | 36.77   | 23.5886 | 7.90150        |
| Valid N (listwise) | 10 |         |         |         |                |

(本研究整理)

### 4.2.1 電腦疲勞防護系統之HF & LF獨立樣本T檢定

| 對照組         | Leven's Test for Equality<br>Of Variances |      | t-test for Equality of Means |        |                |
|-------------|---|------|------------------------------|--------|----------------|
|             | F   | Sig. | t                            | df     | Sig. (2-taild) |
| HF (實驗組A前測) | 4.906                                     | .040 | 1.914                        | 18     | .072           |
|             |   |      | 1.914                        | 11.083 | .082           |
| HF (實驗組A後測) | .271                                      | .609 | 1.213                        | 18     | .241           |
|             |   |      | 1.213                        | 17.952 | .241           |
| HF (實驗組B前測) | 9.067                                     | .008 | 1.767                        | 18     | .094           |
|             |   |      | 1.767                        | 10.222 | .107           |
| HF (實驗組B後測) | .472                                      | .501 | -.013                        | 18     | .990           |
|             |   |      | -.013                        | 15.831 | .990           |
| HF (實驗組C前測) | 16.545                                    | .001 | 2.183                        | 18     | .042           |
|             |   |      | 2.183                        | 9.578  | .055           |
| HF (實驗組C後測) | .006                                      | .940 | .306                         | 18     | .763           |

|             |       |      |       |        |      |
|-------------|-------|------|-------|--------|------|
|             |       |      | .306  | 17.725 | .763 |
| LF (實驗組A前測) | .392  | .539 | 1.400 | 18     | .178 |
|             |       |      | 1.400 | 16.780 | .180 |
| LF (實驗組A後測) | 1.723 | .206 | 1.139 | 18     | .270 |
|             |       |      | 1.139 | 14.972 | .272 |
| LF (實驗組B前測) | 1.220 | .284 | -.455 | 18     | .654 |
|             |       |      | -.455 | 14.748 | .656 |
| LF (實驗組B後測) | 1.510 | .235 | 1.720 | 18     | .103 |
|             |       |      | 1.720 | 17.663 | .103 |
| LF (實驗組C前測) | 3.412 | .081 | .564  | 18     | .579 |
|             |       |      | .564  | 14.090 | .581 |
| LF (實驗組C後測) | .007  | .936 | 1.931 | 18     | .069 |
|             |       |      | 1.931 | 17.991 | .069 |

(本研究整理)

### 4.3 對照組BF數據統計分析

|                    | N  | Minimum | Maximum | Mean    | Std. Deviation |
|--------------------|----|---------|---------|---------|----------------|
| 控制組前測              | 10 | 24.00   | 39.00   | 30.2000 | 5.39135        |
| 控制組後側              | 10 | 11.00   | 22.00   | 17.1000 | 3.66515        |
| 疲勞防護系統A            | 10 | 23.00   | 34.00   | 29.7000 | 3.71334        |
| 疲勞防護系統A            | 10 | 29.00   | 49.00   | 40.6000 | 6.51835        |
| 疲勞防護系統B            | 10 | 24.00   | 34.00   | 28.0000 | 3.68179        |
| 疲勞防護系統B            | 10 | 27.00   | 42.00   | 32.8000 | 5.63323        |
| 疲勞防護系統C            | 10 | 20.00   | 29.00   | 25.0000 | 3.23179        |
| 疲勞防護系統C            | 10 | 27.00   | 35.00   | 30.1000 | 2.51440        |
| Valid N (listwise) | 10 |         |         |         |                |

(本研究整理)

#### 4.4 對照組每分鐘淨打字數數據統計分析

| 電腦工作任務             | N  | Minimum | Maximum | Mean    | Std. Deviation |
|--------------------|----|---------|---------|---------|----------------|
| H1(打字任務)           | 10 | 1.20    | 17.42   | 6.8820  | 5.03783        |
| H2(打字任務)           | 10 | 2.40    | 21.50   | 10.5820 | 5.55147        |
| H3(打字任務)           | 10 | 7.90    | 27.40   | 14.4120 | 6.34505        |
| H4(打字任務)           | 10 | 9.40    | 32.40   | 14.3120 | 6.62045        |
| H5(打字任務)           | 10 | 7.90    | 28.00   | 13.5500 | 6.00819        |
| H6(打字任務)           | 10 | 7.20    | 23.00   | 12.7600 | 4.78103        |
| H7(打字任務)           | 10 | 6.90    | 30.40   | 14.2600 | 6.39361        |
| H8(打字任務)           | 10 | 5.70    | 29.70   | 14.2200 | 8.03656        |
| H9(打字任務)           | 10 | 8.30    | 28.00   | 16.2900 | 6.23992        |
| H10(打字任務)          | 10 | 3.60    | 30.00   | 14.5700 | 7.56689        |
| H11(打字任務)          | 10 | 6.50    | 30.00   | 15.2700 | 6.22130        |
| H12(打字任務)          | 10 | 6.80    | 27.00   | 14.4200 | 6.37683        |
| H13(打字任務)          | 10 | 5.90    | 27.00   | 12.6900 | 6.22351        |
| Valid N (listwise) | 10 |         |         |         |                |

(本研究整理)

#### 4.5 對照組錯誤率數據統計分析

| 電腦工作任務             | N  | Minimum | Maximum | Mean    | Std. Deviation |
|--------------------|----|---------|---------|---------|----------------|
| H1 (英文打字)          | 10 | 6.00    | 32.00   | 18.8000 | 8.71525        |
| H2 (英文打字)          | 10 | 1.00    | 8.00    | 4.2000  | 1.75119        |
| H3 (英文打字)          | 10 | .00     | 3.00    | 1.9000  | .87560         |
| H4 (英文打字)          | 10 | 1.00    | 5.00    | 2.9000  | 1.52388        |
| H5 (英文打字)          | 10 | .00     | 5.00    | 2.4000  | 1.83787        |
| H6 (英文打字)          | 10 | 2.00    | 6.00    | 3.3000  | 1.41814        |
| H7 (英文打字)          | 10 | 1.00    | 5.00    | 2.4000  | 1.64655        |
| H8 (英文打字)          | 10 | 1.00    | 7.00    | 3.1000  | 2.02485        |
| H9 (英文打字)          | 10 | .00     | 4.00    | 1.9000  | 1.37032        |
| H10 (英文打字)         | 10 | 1.00    | 5.00    | 2.7000  | 1.49443        |
| H11 (英文打字)         | 10 | .00     | 5.00    | 1.6000  | 1.42984        |
| H12 (英文打字)         | 10 | .00     | 4.00    | 2.1000  | .99443         |
| H13 (英文打字)         | 10 | .00     | 6.00    | 2.3000  | 1.76698        |
| Valid N (listwise) | 10 |         |         |         |                |

(本研究整理)

#### 4.6 控制組使用前問卷數據統計

| user | sex | CSE-1 | CSE-2 | CSE-3 | CSE-4 | PEC-1 | PEC-2 | PEC-3 | PEC-4 |
|------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1    | 1   | 2     | 3     | 4     | 2     | 4     | 3     | 4     | 4     |
| 2    | 1   | 1     | 2     | 5     | 1     | 3     | 3     | 2     | 5     |
| 3    | 1   | 2     | 1     | 3     | 1     | 5     | 3     | 2     | 4     |
| 4    | 1   | 4     | 3     | 4     | 3     | 4     | 3     | 2     | 4     |
| 5    | 1   | 1     | 1     | 4     | 3     | 3     | 2     | 3     | 5     |
| 6    | 1   | 2     | 3     | 3     | 2     | 3     | 2     | 1     | 4     |
| 7    | 2   | 2     | 3     | 4     | 2     | 5     | 3     | 4     | 5     |
| 8    | 2   | 3     | 2     | 5     | 2     | 3     | 4     | 3     | 4     |
| 9    | 2   | 2     | 3     | 4     | 2     | 4     | 3     | 2     | 3     |
| 10   | 2   | 3     | 2     | 2     | 1     | 2     | 2     | 3     | 5     |

| user | sex | CANX-1 | CANX-2 | CANX-3 | CANX-4 | CPLAY-1 | CPLAY-2 | CPLAY-3 | CPLAY-4 |
|------|-----|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 1    | 1   | 5      | 4      | 4      | 3      | 2       | 2       | 2       | 3       |
| 2    | 1   | 3      | 2      | 2      | 1      | 3       | 1       | 2       | 2       |
| 3    | 1   | 3      | 3      | 4      | 3      | 2       | 3       | 2       | 2       |
| 4    | 1   | 4      | 2      | 5      | 2      | 2       | 2       | 1       | 2       |
| 5    | 1   | 1      | 4      | 5      | 4      | 2       | 1       | 2       | 1       |
| 6    | 1   | 2      | 3      | 3      | 4      | 2       | 2       | 1       | 1       |
| 7    | 2   | 2      | 4      | 3      | 1      | 3       | 3       | 4       | 3       |
| 8    | 2   | 4      | 5      | 4      | 5      | 1       | 3       | 4       | 4       |
| 9    | 2   | 5      | 1      | 1      | 5      | 3       | 2       | 3       | 2       |
| 10   | 2   | 2      | 5      | 1      | 2      | 3       | 3       | 2       | 1       |

(本研究整理)

#### 4.7 實驗組系統A使用後問卷數據統計

| user | sex | J-1   | J-2   | O-1   | O-2  | R-1  | R-2  | R-3  | R-4  |
|------|-----|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|
| 1    | 1   | 1     | 2     | 2     | 3    | 3    | 2    | 3    | 2    |
| 2    | 1   | 2     | 1     | 2     | 3    | 2    | 3    | 3    | 2    |
| 3    | 1   | 4     | 3     | 3     | 4    | 1    | 2    | 3    | 2    |
| 4    | 1   | 2     | 2     | 2     | 2    | 1    | 2    | 5    | 3    |
| 5    | 1   | 1     | 2     | 2     | 3    | 2    | 3    | 3    | 2    |
| 6    | 1   | 2     | 3     | 2     | 3    | 3    | 3    | 4    | 3    |
| 7    | 2   | 5     | 5     | 3     | 4    | 5    | 2    | 4    | 2    |
| 8    | 2   | 1     | 2     | 3     | 3    | 2    | 3    | 5    | 3    |
| 9    | 2   | 5     | 4     | 3     | 3    | 4    | 2    | 5    | 3    |
| 10   | 2   | 3     | 4     | 3     | 4    | 3    | 3    | 5    | 2    |
| user | sex | ENJ-1 | ENJ-2 | ENJ-3 | BI-1 | BI-2 | BI-3 | BI-4 | PU-1 |
| 1    | 1   | 3     | 2     | 1     | 2    | 2    | 2    | 2    | 1    |
| 2    | 1   | 3     | 3     | 2     | 3    | 2    | 2    | 2    | 3    |
| 3    | 1   | 3     | 2     | 1     | 2    | 3    | 3    | 3    | 4    |
| 4    | 1   | 2     | 4     | 5     | 2    | 2    | 2    | 3    | 3    |
| 5    | 1   | 3     | 3     | 3     | 3    | 3    | 3    | 2    | 3    |
| 6    | 1   | 2     | 3     | 2     | 2    | 3    | 3    | 3    | 4    |
| 7    | 2   | 2     | 1     | 3     | 3    | 2    | 2    | 3    | 3    |
| 8    | 2   | 3     | 2     | 4     | 2    | 2    | 3    | 3    | 5    |
| 9    | 2   | 4     | 3     | 3     | 3    | 3    | 3    | 3    | 4    |
| 10   | 2   | 2     | 2     | 3     | 2    | 3    | 3    | 3    | 2    |

| user | sex | PU-2 | PU-3 | PU-4 | PEOU-1 | PEOU-2 | PEOU-3 | PEOU-4 | R-5 |
|------|-----|------|------|------|--------|--------|--------|--------|-----|
| 1    | 1   | 2    | 3    | 2    | 2      | 2      | 2      | 1      | 3   |
| 2    | 1   | 2    | 2    | 2    | 1      | 2      | 1      | 2      | 3   |
| 3    | 1   | 3    | 2    | 3    | 2      | 1      | 2      | 3      | 3   |
| 4    | 1   | 3    | 3    | 3    | 2      | 2      | 2      | 2      | 4   |
| 5    | 1   | 4    | 3    | 2    | 1      | 1      | 2      | 3      | 5   |
| 6    | 1   | 5    | 4    | 4    | 1      | 2      | 3      | 4      | 4   |
| 7    | 2   | 3    | 3    | 3    | 2      | 2      | 1      | 1      | 3   |
| 8    | 2   | 4    | 5    | 5    | 2      | 3      | 2      | 4      | 4   |
| 9    | 2   | 3    | 4    | 2    | 2      | 2      | 2      | 3      | 5   |
| 10   | 2   | 3    | 4    | 3    | 3      | 3      | 1      | 3      | 5   |
| user | sex | R-6  | R-7  | R-8  | R-9    | R-10   | O-3    | O-4    | O-5 |
| 1    | 1   | 2    | 5    | 4    | 2      | 5      | 2      | 3      | 3   |
| 2    | 1   | 2    | 5    | 4    | 1      | 4      | 2      | 1      | 2   |
| 3    | 1   | 2    | 5    | 5    | 2      | 3      | 1      | 2      | 3   |
| 4    | 1   | 3    | 4    | 5    | 2      | 3      | 2      | 4      | 4   |
| 5    | 1   | 2    | 3    | 3    | 1      | 3      | 1      | 2      | 3   |
| 6    | 1   | 2    | 3    | 4    | 2      | 4      | 2      | 3      | 3   |
| 7    | 2   | 2    | 3    | 5    | 2      | 3      | 2      | 3      | 5   |
| 8    | 2   | 2    | 3    | 4    | 2      | 3      | 3      | 4      | 3   |
| 9    | 2   | 3    | 4    | 4    | 3      | 5      | 2      | 2      | 4   |
| 10   | 2   | 2    | 4    | 3    | 3      | 5      | 3      | 4      | 3   |
| user | sex | O-6  | O-7  |      |        |        |        |        |     |
| 1    | 1   | 5    | 4    |      |        |        |        |        |     |
| 2    | 1   | 3    | 4    |      |        |        |        |        |     |
| 3    | 1   | 4    | 3    |      |        |        |        |        |     |
| 4    | 1   | 5    | 3    |      |        |        |        |        |     |
| 5    | 1   | 4    | 3    |      |        |        |        |        |     |
| 6    | 1   | 4    | 3    |      |        |        |        |        |     |
| 7    | 2   | 5    | 4    |      |        |        |        |        |     |
| 8    | 2   | 4    | 4    |      |        |        |        |        |     |
| 9    | 2   | 4    | 5    |      |        |        |        |        |     |
| 10   | 2   | 4    | 5    |      |        |        |        |        |     |

(本研究整理)

#### 4.7.1 實驗組系統B使用後問卷數據統計

| user | sex | J-1 | J-2 | O-1 | O-2 | R-1 | R-2 | R-3 | R-4 |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1    | 1   | 2   | 3   | 5   | 5   | 4   | 3   | 2   | 3   |
| 2    | 1   | 2   | 1   | 4   | 3   | 5   | 4   | 3   | 2   |
| 3    | 1   | 3   | 3   | 3   | 4   | 3   | 4   | 3   | 2   |
| 4    | 1   | 2   | 2   | 3   | 3   | 2   | 3   | 3   | 1   |
| 5    | 1   | 2   | 3   | 2   | 1   | 1   | 2   | 1   | 2   |
| 6    | 1   | 1   | 2   | 1   | 2   | 3   | 4   | 3   | 4   |
| 7    | 2   | 2   | 2   | 4   | 4   | 4   | 3   | 2   | 3   |
| 8    | 2   | 2   | 2   | 4   | 3   | 4   | 5   | 4   | 3   |
| 9    | 2   | 2   | 3   | 3   | 4   | 3   | 3   | 2   | 2   |
| 10   | 2   | 3   | 2   | 4   | 3   | 2   | 2   | 2   | 2   |

|      |     |       |       |       |        |        |        |        |      |
|------|-----|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|------|
| user | sex | ENJ-1 | ENJ-2 | ENJ-3 | BI-1   | BI-2   | BI-3   | BI-4   | PU-1 |
| 1    | 1   | 3     | 2     | 2     | 2      | 2      | 2      | 2      | 2    |
| 2    | 1   | 3     | 2     | 1     | 2      | 3      | 2      | 3      | 1    |
| 3    | 1   | 3     | 3     | 2     | 3      | 2      | 2      | 2      | 2    |
| 4    | 1   | 2     | 1     | 2     | 2      | 2      | 2      | 2      | 4    |
| 5    | 1   | 2     | 4     | 3     | 3      | 3      | 3      | 3      | 2    |
| 6    | 1   | 4     | 3     | 3     | 3      | 2      | 3      | 2      | 3    |
| 7    | 2   | 5     | 5     | 4     | 2      | 3      | 2      | 3      | 2    |
| 8    | 2   | 5     | 5     | 4     | 2      | 2      | 2      | 2      | 5    |
| 9    | 2   | 3     | 4     | 3     | 3      | 3      | 3      | 3      | 3    |
| 10   | 2   | 4     | 3     | 2     | 3      | 2      | 2      | 2      | 2    |
| user | sex | PU-2  | PU-3  | PU-4  | PEOU-1 | PEOU-2 | PEOU-3 | PEOU-4 | R-5  |
| 1    | 1   | 3     | 3     | 2     | 1      | 2      | 3      | 3      | 2    |
| 2    | 1   | 2     | 2     | 3     | 2      | 1      | 2      | 2      | 3    |
| 3    | 1   | 3     | 1     | 3     | 2      | 2      | 3      | 2      | 2    |
| 4    | 1   | 2     | 3     | 4     | 2      | 2      | 3      | 4      | 3    |
| 5    | 1   | 3     | 3     | 3     | 3      | 2      | 2      | 3      | 4    |
| 6    | 1   | 4     | 5     | 3     | 2      | 2      | 3      | 4      | 3    |
| 7    | 2   | 2     | 3     | 3     | 2      | 1      | 2      | 3      | 2    |
| 8    | 2   | 5     | 4     | 5     | 4      | 3      | 4      | 5      | 3    |
| 9    | 2   | 3     | 5     | 4     | 4      | 3      | 3      | 4      | 3    |
| 10   | 2   | 1     | 3     | 3     | 2      | 2      | 2      | 1      | 2    |
| user | sex | R-6   | R-7   | R-8   | R-9    | R-10   | O-3    | O-4    | O-5  |
| 1    | 1   | 2     | 3     | 4     | 3      | 2      | 3      | 3      | 4    |
| 2    | 1   | 3     | 3     | 4     | 2      | 2      | 2      | 2      | 3    |
| 3    | 1   | 1     | 2     | 2     | 2      | 3      | 3      | 2      | 4    |
| 4    | 1   | 2     | 4     | 4     | 2      | 3      | 2      | 3      | 4    |
| 5    | 1   | 4     | 5     | 5     | 4      | 4      | 4      | 5      | 5    |
| 6    | 1   | 3     | 4     | 3     | 2      | 3      | 2      | 2      | 3    |
| 7    | 2   | 1     | 4     | 3     | 2      | 3      | 2      | 3      | 4    |
| 8    | 2   | 4     | 5     | 4     | 4      | 3      | 4      | 4      | 3    |
| 9    | 2   | 3     | 5     | 4     | 3      | 4      | 5      | 4      | 5    |
| 10   | 2   | 3     | 4     | 5     | 5      | 2      | 3      | 2      | 4    |
| user | sex | O-6   | O-7   |       |        |        |        |        |      |
| 1    | 1   | 2     | 3     |       |        |        |        |        |      |
| 2    | 1   | 2     | 3     |       |        |        |        |        |      |
| 3    | 1   | 3     | 3     |       |        |        |        |        |      |
| 4    | 1   | 2     | 4     |       |        |        |        |        |      |
| 5    | 1   | 3     | 3     |       |        |        |        |        |      |
| 6    | 1   | 2     | 2     |       |        |        |        |        |      |
| 7    | 2   | 4     | 3     |       |        |        |        |        |      |
| 8    | 2   | 3     | 4     |       |        |        |        |        |      |
| 9    | 2   | 5     | 5     |       |        |        |        |        |      |
| 10   | 2   | 3     | 2     |       |        |        |        |        |      |

(本研究整理)

## 4.7.2 實驗組系統C使用後問卷數據統計

|      |     |       |       |       |        |        |        |        |      |
|------|-----|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|------|
| user | sex | J-1   | J-2   | O-1   | O-2    | R-1    | R-2    | R-3    | R-4  |
| 1    | 1   | 2     | 1     | 3     | 4      | 3      | 2      | 2      | 3    |
| 2    | 1   | 2     | 3     | 2     | 3      | 2      | 2      | 3      | 3    |
| 3    | 1   | 3     | 2     | 3     | 2      | 1      | 3      | 2      | 3    |
| 2    | 1   | 2     | 2     | 3     | 2      | 2      | 2      | 2      | 1    |
| 3    | 1   | 2     | 3     | 2     | 2      | 3      | 1      | 2      | 2    |
| 6    | 1   | 1     | 2     | 1     | 3      | 1      | 2      | 2      | 2    |
| 7    | 2   | 2     | 1     | 3     | 2      | 2      | 1      | 2      | 1    |
| 8    | 2   | 1     | 1     | 2     | 3      | 2      | 2      | 1      | 2    |
| 9    | 2   | 2     | 1     | 3     | 2      | 2      | 2      | 2      | 3    |
| 10   | 2   | 3     | 2     | 1     | 1      | 2      | 3      | 1      | 1    |
| user | sex | ENJ-1 | ENJ-2 | ENJ-3 | BI-1   | BI-2   | BI-3   | BI-4   | PU-1 |
| 1    | 1   | 4     | 5     | 4     | 2      | 2      | 3      | 2      | 1    |
| 2    | 1   | 3     | 2     | 3     | 2      | 3      | 2      | 3      | 2    |
| 3    | 1   | 4     | 3     | 4     | 2      | 2      | 3      | 3      | 2    |
| 2    | 1   | 2     | 1     | 2     | 3      | 3      | 2      | 2      | 1    |
| 3    | 1   | 3     | 4     | 3     | 2      | 2      | 3      | 2      | 3    |
| 6    | 1   | 3     | 3     | 4     | 2      | 2      | 2      | 3      | 3    |
| 7    | 2   | 2     | 3     | 3     | 2      | 3      | 2      | 3      | 4    |
| 8    | 2   | 2     | 3     | 3     | 1      | 2      | 3      | 3      | 2    |
| 9    | 2   | 4     | 4     | 5     | 2      | 3      | 3      | 3      | 2    |
| 10   | 2   | 3     | 2     | 1     | 1      | 2      | 2      | 3      | 2    |
| user | sex | PU-2  | PU-3  | PU-4  | PEOU-1 | PEOU-2 | PEOU-3 | PEOU-4 | R-5  |
| 1    | 1   | 2     | 4     | 3     | 3      | 2      | 2      | 3      | 2    |
| 2    | 1   | 3     | 2     | 2     | 4      | 3      | 3      | 2      | 2    |
| 3    | 1   | 3     | 2     | 2     | 2      | 2      | 3      | 2      | 1    |
| 2    | 1   | 2     | 1     | 3     | 4      | 3      | 3      | 2      | 1    |
| 3    | 1   | 4     | 3     | 4     | 3      | 4      | 3      | 2      | 1    |
| 6    | 1   | 2     | 3     | 2     | 1      | 1      | 1      | 2      | 1    |
| 7    | 2   | 2     | 3     | 4     | 3      | 2      | 3      | 2      | 2    |
| 8    | 2   | 1     | 2     | 3     | 2      | 3      | 1      | 3      | 2    |
| 9    | 2   | 3     | 2     | 2     | 3      | 2      | 3      | 3      | 2    |
| 10   | 2   | 1     | 2     | 3     | 2      | 3      | 4      | 3      | 3    |
| user | sex | R-6   | R-7   | R-8   | R-9    | R-10   | O-3    | O-4    | O-5  |
| 1    | 1   | 2     | 5     | 5     | 4      | 3      | 2      | 3      | 3    |
| 2    | 1   | 2     | 3     | 4     | 3      | 3      | 2      | 3      | 4    |
| 3    | 1   | 2     | 2     | 3     | 3      | 4      | 3      | 4      | 3    |
| 2    | 1   | 3     | 4     | 4     | 5      | 3      | 2      | 2      | 4    |
| 3    | 1   | 3     | 3     | 4     | 3      | 3      | 2      | 3      | 2    |
| 6    | 1   | 3     | 5     | 5     | 3      | 2      | 1      | 4      | 4    |
| 7    | 2   | 2     | 3     | 4     | 3      | 2      | 1      | 3      | 2    |
| 8    | 2   | 2     | 4     | 3     | 4      | 3      | 2      | 3      | 4    |
| 9    | 2   | 3     | 3     | 4     | 3      | 2      | 3      | 5      | 3    |
| 10   | 2   | 2     | 4     | 5     | 5      | 4      | 3      | 5      | 5    |

| user | sex | O-6 | O-7 |
|------|-----|-----|-----|
| 1    | 1   | 2   | 1   |
| 2    | 1   | 3   | 2   |
| 3    | 1   | 2   | 2   |
| 2    | 1   | 1   | 2   |
| 3    | 1   | 1   | 1   |
| 6    | 1   | 3   | 2   |
| 7    | 2   | 2   | 2   |
| 8    | 2   | 3   | 3   |
| 9    | 2   | 2   | 1   |
| 10   | 2   | 4   | 4   |

(本研究整理)

