

不同環境因子對於長期電腦使用者視覺疲勞之影響

¹ 鄭博文 ² 陳澤明 ² 洪士涵

^{1,2} 國立雲林科技大學工業工程與管理研究所

640 雲林縣斗六市大學路三段 123 號

E-mail: ²g9421701@yuntech.edu.tw

摘要

本研究主要的目的探討不同環境因子對於長期電腦使用者視覺疲勞的影響因此，本研究應用了實驗設計的方法，選取了燈泡色溫、螢幕解析度、視距此三個因子探討其對長期電腦使用者視覺疲勞之影響。而本研究所使用的閱讀工具是寬螢幕的筆記型電腦。研究結果發現：1.視距為 45 公分與 60 公分在閱讀視覺疲勞上沒有顯著的差異 2.燈泡色溫在 4000°k 時給予受測者較舒適之感受，疲勞程度較低。3.螢幕解析度為 1280×768 時對受測者的閱讀疲勞程度會較低。因此本研究建議：閱讀環境配置為色溫 4000°K 之檯燈，螢幕解析度 1280×768，將可有效降低閱讀之疲勞度。

關鍵字：視覺疲勞、色溫、螢幕解析度

1.前言

眼睛是人類接收外界資訊最主要的感官方式之一，有80%的外界訊息需要靠雙眼的視覺來獲取[2]，而由於網際網路的便利，使用電腦上網收集資訊似乎已經成為一種主流，電腦也成為每個人必備的工具，而長期在電腦前獲取知識也成為一個非常普遍的管道，在這種情形之下，眼睛得需要長時間盯著螢幕，如果再加上不當的外在閱讀環境更會提高眼睛的疲勞度。

過去研究大多探討不同螢幕大小，以及不同電腦背景配置對視覺疲勞的影響，但是過去相關研究以探討VDT(visual display terminal)居多，對於在使用電腦時檯燈色溫的研究較少。照明環境的條件也會影響使用者閱讀的績效及眼睛的疲勞度，因此本研究針對使用電腦時檯燈的色溫進行探討。而根據其他研究也指出，視距也可以做為視覺疲勞的另一個指標，視距變化和工作負荷有重大的關係，從視距的變化可以計算出實際的視覺負荷，所以在本研究中亦將眼睛和螢幕的距離作為實驗的主要因子之一。

因此，本研究應用實驗設計的分析手法來探討三項主要的實驗因子對於人體視覺疲勞度之影響，其分別為檯燈燈泡色溫、螢幕解析度與眼睛跟螢幕的距離，經由實驗求得各因子間的交絡結果，期望可得到一組最佳閱讀環境配置因子。

本研究應用實驗設計探討在不同的主要因子下，受測者的閱讀績效和視覺疲勞度的問題。而本研究的研究對象為年齡介於18歲到26歲之間的大學部與研究所

的學生，每人平均每天使用電腦的時間超過六個小時，目的在找出何種組合的環境因子可以減輕長期使用電腦者的視覺疲勞。

2.文獻探討

2.1 色溫

過去許多研究指出，針對人類在視覺器官的感受方面，明確地指出光源的色溫的確對人體不論是生理還是心理方面都會產生一定的影響，而且光源的色溫還會進一步的影響人體對周圍環境溫度做出錯誤的判斷，江哲銘[1]特別針對局部照明環境色溫做探討，他探討在不同的局部照明色溫（2700°K、4000°K、6500°K）下，對人體的心理感受影響最大。其研究結果顯示在局部照明環境採用PL-F 燈管型式當中，綜合不同心理反應與顏面皮膚溫度的評估，建議以白光色（4000°K）的光源種類作為整體綜合性的考量。

而對於色溫因子的探討還有莊修田[5]研究以不同的色溫和照度，針對受測者與其居住的住宅客廳，進行照明方式的現況調查，並調查居住者對照明環境的滿意度。研究結果發現，根據從事活動的內容不同，所需要的照明色溫也不同，依其研究結果顯示，當人們從事閱讀等行為時，光源照度在300-750 lux 之間，搭配光源色溫在3300-5000°K之間的組合，並配置吸頂式燈具或建築式照明的照明方式，為居住者最滿意的客廳基本照明模式。

2.2 視距

在林清泉[4]螢幕種類、環境照明、與文字/背景色彩組合對終端機視覺作業影響之研究中，探討了各種不同的因子對視覺作業的影響。在此研究中探討影響長時間閱讀績效、視覺疲勞、與視距的因素，提到了文字與背景色彩組合對視距的影響，發現以綠底紅字所組合的視距為最短，這種組合的主觀偏好評分亦最差。除了文字色彩的視距探討之外，還提到了關於 VDT 視距與視覺疲勞。從其文獻探討結果表示，當視距愈近時，睫狀肌與外眼肌的收縮程度會愈大，會造成較高的視覺疲勞，所以從上述的研究可以推論出視距可當作視覺疲勞的另一個測量指標，而另外他也提到視距和人體視覺的工作負荷有關，從視距的變化可以測出視覺工作的實際負荷。

而關於從事VDT視覺作業時，Hunting et al.[9]認為最佳的視距且為最容易閱讀的視距應該在40~80公分之間，其研究結果顯示，螢幕距離偏好和一開始接受測驗的螢幕距離有關，當受試者自由移動其最舒適之視距時，最舒適的位置為50公分~81公分(平均65公分)，文中還指出這個結果還證實了跟一般人因工程所建議的視距距離結果是相符合的，因此眼睛到螢幕之視距大約為50公分。最後根據綜合的VDT作業討論結果，建議視距距離的範圍應介於35-70公分之間，而且最好是大大於30公分為標準。

2.3 螢幕解析度

在Kingery[10]的研究中，針對不同的水準的因子，例如：字體大小、字體種類、螢幕解析度以及螢幕尺寸大小，在這幾個因子的交絡作用下，對於閱讀電子報頭條的準確度是否有影響做探討，而Kingery選擇了640×480pixels和1024×768pixels這兩種解析度來做為探討的因子。

2.4 視覺疲勞主觀評量法

Bullimore[6]等人的研究中指出利用受試者主觀評量量測人員的視覺疲勞及作業績效時，是一項簡單方便的工具。可以快速的處理複雜的變數，操作非常簡單、且成本低廉。在視覺疲勞主觀評量之研究當中，主觀評量法可以區分為評等法(ranking methods)、評比法(rating methods)、問卷法(questionnaire methods)、訪談法(interviews)以及檢核表(checklist)五種方法[11]，其中又以問卷法使用上最為普遍。

而本文採用之主觀評量法通常使用於針對客觀評量之疲勞量測值，以進行交叉確認之用[7]。問卷疲勞尺度共分為5等份來評分[3,8,12]，由最小之1分至最大之5分，其分別為非常不同意、不同意、普通、同意、非常同意。問卷內容分別如下所示：

1. 我覺得眼睛疲勞
2. 我覺得視力模糊
3. 我的眼皮沉重
4. 我覺得眼睛乾澀
5. 我有頭痛感
6. 我感覺暈眩
7. 我覺得不想動腦

3.研究方法

3.1 受試者

本實驗共有 10 位大學研究生參與，其中 5 位為女性，5 位為男性，年齡介於 18 歲到 26 歲之間，受試者的年齡平均為 24.2 歲，標準差為 1.4 歲，受試者每天平均使用電腦時間超過四小時，且所有受試者均沒有色盲及其他眼疾，矯正後視力皆在 0.8 以上。

3.2 實驗設備

本研究為探討閱讀環境因子對於人體視覺疲勞度之影響，而在本研究所使用的設備檯燈為 PL-13W 日暉桌上型檯燈(S-307)，燈管分別為 PHILIPS PL-S 13W/827(2700°K) 與 PHILIPS PL-S 13W/840(4000°K)。使用的電腦為 14.1 吋寬螢幕筆記型電腦(長寬比為 16:9)，閱讀的文件格式為 PDF 檔且顯示比例均為 100%。

在本實驗中所使用的文件格式是設定為 PDF 檔，原因是本研究對象是針對使用電腦閱讀文章的學生，而近來大多數人使用電腦閱讀文章都是使用 PDF 來呈現居多，因此本研究所使用的文件格式選定為 PDF 檔。

3.3 實驗環境

本實驗所使用的電腦為 14.1 吋的寬螢幕的筆記型電腦(長寬比為 16:9)，檯燈位置固定於電腦左上方，桌子與椅子的高度都固定。檯燈與筆記型電腦擺放位置都固定，受測地點為室內以降低天候狀況對實驗的影響。

3.4 實驗設計因子

本實驗主要探討三種因子對於視覺疲勞的影響情形，三種因子分別為燈泡色溫、螢幕解析度、眼睛跟螢幕的距離(視距)，每個因子皆為兩個水準，燈泡色溫分別為 2700°K-黃光與 4000°K-白光，螢幕解析度分別為 800×600 與 1280×768，視距分別為 45 公分與 60 公分。

3.5 實驗過程

本文為探討不同閱讀因子與水準下，對於視覺疲勞度之影響。故在實驗對象方面，採用隨機選取受測者，並接受色盲與視力之檢測，以確定符合研究要求。受測者在實驗前1小時不得從事造成視覺疲勞之活動，每次實驗將閱讀指定刊物30分鐘。並且，在實驗過後，至少需經過30分鐘之視覺休息，才可進行下次之實驗。本研究主要實驗步驟如下

- (1) 填寫實驗前視覺疲勞主觀評量問卷
- (2) 進行不同閱讀環境因子之設施定位
- (3) 根據實驗因子調整閱讀視距與螢幕解析度
- (4) 開始閱讀30分鐘
- (5) 填寫實驗後視覺疲勞主觀評量問卷

4. 實驗結果與資料分析

4.1 實驗結果

經由10位受測者在閱讀實驗後，得到不同的環境因子之下各因子之間閱讀疲勞度的值，然後本研究運用Minitab統計分析軟體分析各因子的變異數分析，以進一步求得各因子的顯著性，不同閱讀環境因子之ANOVA分析表如表1所示。其中，燈泡色溫水準分別為2700°K(Level 1)、4000°K(Level 2)，螢幕解析度水準分別為800×600(Level 1)、1280×768(Level 2)，視距水準分別為45cm(Level 1)、60cm(Level 2)。

表 1 不同閱讀環境因子之 ANOVA 分析表

變異來源	自由度	平方和 (SS)	均方和 (MS)	F 值 (F-Value)	顯著性 (P-Value)
燈泡色溫 (A)	1	11.250	11.250	6.876	0.011*
解析度(B)	1	7.2	7.2	4.401	0.039*
視距(C)	1	0.2	0.2	0.122	0.728
A*B	1	24.2	24.2	14.791	0.0002*
A*C	1	0.8	0.8	0.489	0.487
B*C	1	4.05	4.05	2.475	0.120
A*B*C	1	1.250	1.250	0.764	0.385
誤差(Error)	72	117.80	1.636		
總數(Total)	79	166.75			

(* 表在 $\alpha=0.05$ 下，代表有顯著差異)

由表1可知，在顯著水準 $\alpha=0.05$ 下，螢幕解析度與燈泡色溫對視覺疲勞皆具有顯著影響，而視距的不同對於視覺疲勞則無顯著的差異。而在交互作用方面，發現僅有燈泡色溫與解析度的交互作用具有顯著的影響，其餘因子間的交互作用沒有顯著的影響。經由圖形分析下，也可清楚的分辦各因子下，其不同水準之優劣。

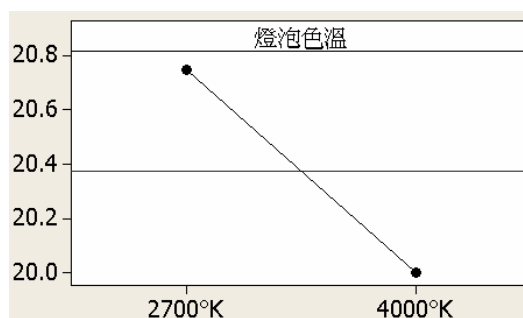


圖 1 燈泡色溫之視覺疲勞度值圖

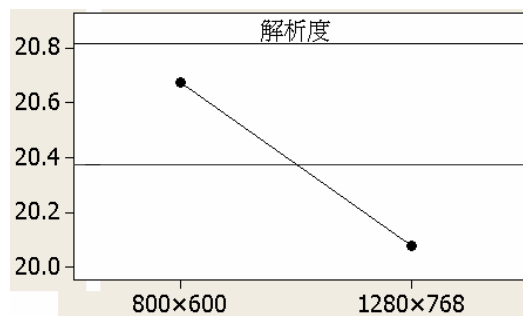


圖 2 解析度之視覺疲勞度值圖

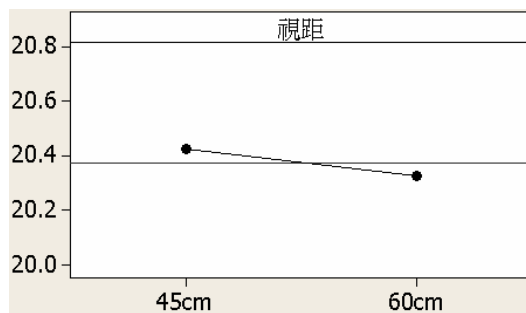


圖 3 視距之視覺疲勞度值圖

(1) 燈泡色溫對視覺疲勞的影響

經由圖1可看出對於不同的燈泡色溫水準2700°K、4000°K，在 $\alpha=0.05$ 之下，燈泡色溫為4000°K會比2700°K對閱讀者所造成的視覺疲勞程度要來得低。

(2) 螢幕解析度對視覺疲勞的影響

經由圖2可看出對於不同的螢幕解析度水準800×600與1280×768，在 $\alpha=0.05$ 之下，螢幕解析度為1280×768會比800×600對閱讀者所造成的視覺疲勞程度要來得低。

(3) 視距對視覺疲勞的影響

經由圖3可看出對於兩種不同的視距：45公分、60公分，在 $\alpha=0.05$ 之下，其閱讀視覺疲勞並無顯著的差異。

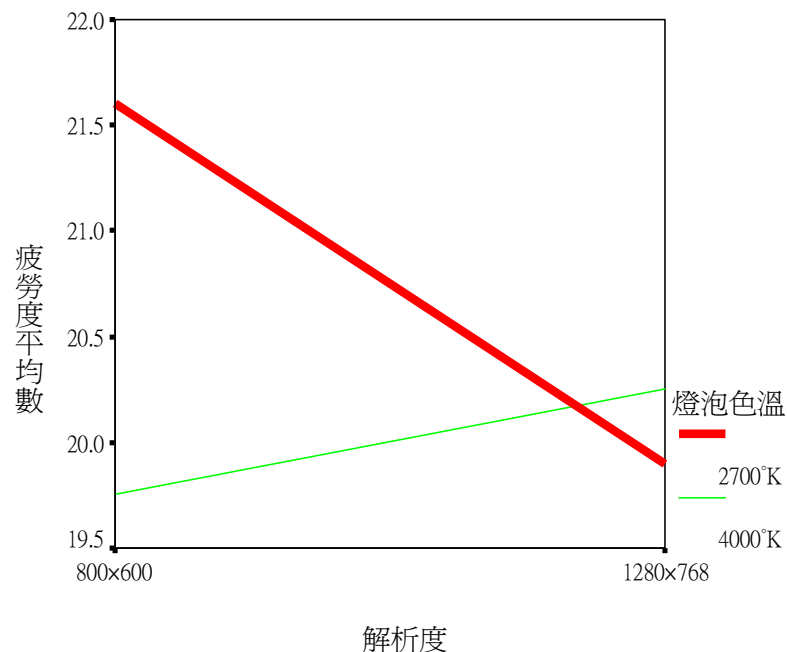


圖 4 解析度與燈泡色溫交互作用圖

從變異數分析表可以看出僅有燈泡色溫和螢幕解析度的交互作用有顯著的影響，所以本研究只探討燈泡色溫和螢幕解析度的交互作用，而經由Minitab統計軟體分析所得到的圖形如圖4所示，從圖4可以看出當螢幕解析度為800×600時，搭配使用燈泡色溫為2700°K(黃光)對閱讀者會有較低的視覺疲勞度；而當螢幕解析度為1280×768時，搭配使用燈泡色溫為4000°K(白光)對閱讀者會有較低的視覺疲勞度。

5. 結論與建議

本研究之目的為探討不同閱讀環境因子對於視覺疲勞度的影響，螢幕解析度、檯燈燈泡色溫與視距對受試者視覺疲勞之影響，經由實驗與統計分析後，針對使用14.1吋寬螢幕筆記型電腦的使用者，本研究得到下列幾點結論。

- (1) 視距為45公分與60公分在閱讀視覺疲勞上沒有顯著的差異
- (2) 檯燈的色溫對於視覺疲勞有顯著的差異，色溫在4000°K時給予受測者較舒適之感受，疲勞程度也較低。
- (3) 螢幕解析度對於視覺疲勞有顯著的差異，螢幕解析度為1280×768時對受測者的閱讀疲勞程度會較低。

綜合上述的幾項實驗結果，本研究所探討出來的具體建議為：在長期使用電腦閱讀的情況下建議採用電腦螢幕解析度為1280×768以及檯燈燈泡色溫為4000°K，在這樣的閱讀環境之下，所造成的閱讀疲勞程度會較低。另外從本研究發現視距對閱讀的視覺疲勞沒有顯著的影響，而針對視距這個因子，可以再執行更進一步的實驗來釐清其對視覺疲勞的影響，但是為了避免眼睛負荷太重，建議採用適當的視距，進而改善視力不良的情形。另外也建議可將本研究的實驗中所使用的寬螢

幕筆記型電腦(長寬比為16:9)與傳統非寬螢幕筆記型電腦(長寬比為4:3)來做更進一步的比較。

誌謝

本篇研究得以順利完成承蒙指導教授鄭博文博士的細心教導與勉勵。並且無論是專業知識上或人生旅途上都傳授寶貴的知識與經驗，在此學生們由衷的感激萬分。也承蒙鄭博文教授所提供的精闢見解並惠賜許多論文研究上許多之寶貴意見與指正，讓學生們在研究上有獲益良多的感受。

陳澤明 洪士涵 謹誌於

國立雲林科技大學 工業工程與管理研究所

2006.08

參考文獻

- [1] 江哲銘，「局部照明環境下色溫度與室溫變化之研究—顏面皮膚溫與心理反應之實驗分析」，國立成功大學建築研究所碩士論文 (2002.6)。
- [2] 李叔佩、張英二、陳政友、楊智良、賴香如、林隆光，「學生視力保健實驗研究」，衛生教育論文集刊，2，49-82 (1988)
- [3] 李宜融，「工作環境與工作特性對手眼協調能力及視覺疲勞影響之相關研究」，東海大學工業工程學系(2001)
- [4] 林清泉，「螢幕種類、環境照明、與文字背景色彩組合對終端機視覺作業影響之研究」，台灣科技大學工業管理所碩士論文，(2001)。
- [5] 莊修田，「人工光源之照度及色溫對視覺感知影響與照明方式調查研究—以住宅客廳為例」，中原大學室內設計學系碩士學位論文，(2002)。
- [6] Bullimore, M. A., Fulton, E. J. & Hoarth, P. A., Assessment of visual performance, “ In Wilson, J. R. & Corlett, E. N. (Eds) Evaluation of Human Work“649-681 (1990).
- [7] Chia-Fen Chi and Fang-Tsan Lin., “A comparison of Seven Visual Fatigue Assessment Techniques In Three Data-Acquisition VDT Tasks, Human Factors, “40, 4, 577 (1998).
- [8] Heuer, H., G. Hollendiek, H. Kroger and T. Romer., “Dieruhelage der augen und ihr einflu ß auf beobachtungsabatand und visuelle ermudung bei bildschirmarbeit,” Zeitschrift Fur Experimentelle und Angewandte Psychologie, 36, 538-566 (1989).
- [9] Hünting, W., Laübli, Th. and Grandjean, E.. “Postural and visual loads at VDT workplaces- I: constrained postures,” Ergonomics, 24(12), 917-931 (1981).
- [10] Kingery, David; Furuta, Richard, “Skimming electronic newspaper headlines: a study of typeface, point size, screen resolution, and monitor size,” Information Processing & Management Volume: 33, Issue: 5, September, , 685-696 (1997).

- [11] Sinclair, M.A., Subjective assessment. In : J.R., Wilson and E.N. Corlett (Eds.) ,
Evaluation of human work, Taylor & Francis, London (1990).
- [12] Yoshitake, H., “Relation between the symptoms and the feeling of fatigue,” In
Methodology in Human Fatigue Assessment (1975).

Studies On The Effect of Environmental Factors Upon The Long-term Computer Users’ Visual Fatigue

Bor-Wen Cheng¹、Tze-Ming Chen²、Shih-Han Hong²

^{1,2}Institute of Industrial Engineering and Management National Yunlin University
of Science & Technology 123 University Road, Section 3, Touliu,
Yunlin, Taiwan 640, R.O.C.
E-mail: ²g9421701@yunteh.edu.tw

ABSTRACT

The purpose of this study is investigating the effect of environmental factors upon the long-term computer users’ visual fatigue. In this study, we use experimental design method to implement this research. We chose three factors to research in this study. This three factors are the color temperature of light bulbs, resolution of screen, viewing distance. The reading tool which we used in this study is notebook with wide monitor. According to the result of this study, we obtained three conclusions. The first conclusion is that the viewing distance made no noticeable differences on visual fatigue. The second one is that the users would be less fatigued when the color temperature of light bulbs is 4000°K. The third one is that the users would be less fatigued when the resolution of screen is 1280×768.

Keywords: visual fatigue, color temperature, resolution of screen

不同環境因子對於長期電腦使用者視覺疲勞之影響

鄭博文¹、陳澤明²、洪士涵²

^{1,2} 國立雲林科技大學工業工程與管理研究所

640 雲林縣斗六市大學路三段 123 號

E-mail: ²g9421701@yuntech.edu.tw

摘要

本研究主要的目的探討不同環境因子對於長期電腦使用者視覺疲勞的影響因此，本研究應用了實驗設計的方法，選取了燈泡色溫、螢幕解析度、視距此三個因子探討其對長期電腦使用者視覺疲勞之影響。而本研究所使用的閱讀工具是寬螢幕的筆記型電腦。研究結果發現：1.視距為 45 公分與 60 公分在閱讀視覺疲勞上沒有顯著的差異 2.燈泡色溫在 4000°k 時給予受測者較舒適之感受，疲勞程度較低。3.螢幕解析度為 1280×768 時對受測者的閱讀疲勞程度會較低。因此本研究建議：閱讀環境配置為色溫 4000°K 之檯燈，螢幕解析度 1280×768，將可有效降低閱讀之疲勞度。

關鍵字：視覺疲勞、色溫、螢幕解析度

作者簡介：

²姓名：陳澤明

出生日期： 72年1月26日

學歷：國立雲林科技大學工業管理系學士班

國立雲林科技大學工業工程與管理系碩士班
通訊地址：雲林縣斗六市龍潭路14-3號302室

²姓名：洪士涵

出生日期： 72年6月25日

學歷：中華大學應用數學系學士班

國立雲林科技大學工業工程與管理系碩士班
通訊地址：雲林縣斗六市同心街21號

論文聯絡人：陳澤明

TEL：0919125038

E-mail：g9421701@yuntech.edu.tw