平板電腦的視覺疲勞評估－以iPad為例

指導老師:戴孟宗老師
研究學生:鄭伃珊、洪佩玲
黃子郁

摘要

科技日新月異，平板電腦以及各種電子閱讀載具的推出，使得人們不再局限於使用單一紙本來進行閱讀，有鑒於平板電腦異於紙張的顯示方式，本研究試討論iPad和紙本在不同光源環境下，因閱讀造成的視覺疲勞程度別。

關鍵字：iPad、 視覺疲勞

壹、緒論

一、研究背景與動機

現代人使用電子顯示螢幕的範圍廣泛，網路的普及更使電子顯示螢幕深入日常生活中，像是手機通訊、個人電腦、ATM自動櫃員機和自動購票機器；就算不是科技產品的愛好者，日常生活中的娛樂、消費以及人與人之間的聯繫，都與電子顯示螢幕息息相關。現代人對於網路與電子顯示螢幕越發依賴，笨重的個人電腦不再能夠滿足現代人的使用習慣。此一趨勢使得各家筆記型電腦廠商爭相打入輕量化市場，少去一鍵盤，機動性更佳的平板電腦更是大受歡迎。

平板電腦具有輕、薄、省電、耐衝擊、字體較大易於閱讀等優點（陳銘祥，2008），同樣用來存載資訊，平板電腦較一般筆記型電腦重量輕，且搭配應用程式，在網路連結與資訊顯示的能力也毫不遜色。透過網路，平板電腦的使用者得以與世界交流，無論身在何處，都能隨時進行交換訊息及更新，也提升了遠距教學及數位學習的品質（林淑玲， 2010）。因為上述的這些優點，平板電腦也開始運用在教學上，教育部自98年8月1日起推動「電子書包實驗教學試辦學校暨輔導計畫」，計畫將以電子書包取代紙本圖書，期待能夠促進學童科技使用能以並且減輕書包的重量（教育部，2009）。而在100年6月7日教育部結合了六個試辦單位在國立台灣師範大學啟用了「電子書試辦計畫」，推廣電子書，讓更多人體驗在數位時代下藉由電子書來閱讀，藉此讓電子書更加普及，也改變民眾的閱讀行為（教育部，2011）。

然而，因為電子閱讀器的便利性及娛樂功能，使用者可能因此不自覺地延長使用時間，進而導致視力嚴重受損（張翠芬，2011；黃玉芳，2011）。電子書閱讀的媒材之一平板電腦在Apple公司於2010年五月推出第一代iPad後始風行，故目前對於平板電腦的研究尚未完全，因此，平板電腦使用時間與眼睛疲勞程度值得評估，作為內容設計的參考值，為使用者設計使用時間的適當的內容。

二、研究目的

本研究目的為比較電子閱讀器(以iPad為例)與紙本在閱讀疲勞度的差異。讓受試者隨機閱讀不同載具上的相同內容，收集客觀的實驗數據，討論視覺疲勞程度在不同光源環境及載具間的差異。

受試者在閱讀前先進行一次CFF測量。接著閱讀一段文章後，再一次測量CFF變化量。藉由兩次CFF值的變化量與主觀疲勞量表，評估受試者使用該閱讀載具的疲勞程度。實驗的主要目的包括：

（一）探討不同環境照明下，長時間閱讀造成的疲勞程度。

（二）探討不同閱讀載具，長時間閱讀造成的疲勞程度。

（三）探討上述因素交互作用，對長時間閱讀造成的疲勞程度影響。

三、研究問題

（一）長時間閱讀採用怎麼樣的環境照明較容易造成視覺疲勞。

（二）長時間閱讀採用何種閱讀載具較容易造成視覺疲勞。

四、名詞釋義

(一)電子書

電子書常泛指電子化的書本內容，同時也指模仿書本功能的顯示器。本研究中，將電子書定義為電子化的書本內容，閱讀載具另外以其特定名稱稱呼之。

1. 定義電子書（eBook）

數位時代的e書（E-Books），指的是把傳統書本資訊數位化的一種觀念，而e書的內容以數位的方式

保存，可以在不同設備間傳輸。為了有別於5年前在媒體與股市曾喧騰一時，在市場上卻敵不過盜版的多媒體光碟電子書，媒體對這一波 “電子閱讀器”或“電子書”的通稱是“e書”（e-book，由electronic book簡略而來），國內也有人譯為“電紙書”（蔣嘉寧，2000）。本研究中，將可以顯示數位化的內容之顯示器，稱作電子書，取之電子書頁之義。

2. 平板電腦 (Tablet Personal Computer)

平板電腦在本研究中指以『觸控式螢幕』取代鍵盤的個人電腦，是可以作為電子書的載具。如：Apple iPad、Samsung Galaxy Tab、Asus Transformer等。

目前市面上平板電腦的尺寸，長寬都在A4以下(21cm * 29.7cm) ，厚度則是各家廠商相競的追求的目標，目前多在一公分以下。

3. 視覺疲勞

視覺疲勞是指因用眼活動如閱讀所造成的眼部不適情況；如同運動之於肌肉痠痛，用眼所導致眼睛的不適，稱之為視覺疲勞。

眼睛不適是眼睛能力衰退的表徵，外顯徵狀可能為在專注與調節焦距等自然反應動作上表現不佳。情節輕微者雖不易察覺，但嚴重者則能造成對眼睛永久性的傷害，如近視或散光。

五、研究假設

H0：平板電腦與紙本在閱讀上造成的疲勞程度有差異。

H1：平板電腦與紙本在閱讀上造成的疲勞程度沒有差異。

貳、文獻探討

一、電子書的普及化

由於資訊科技的發達，讓世界各地大量的資訊傳播快速又便利。資訊的形式不再僅侷限在紙本印刷，傳統的書本、報章雜誌等，也以數位資訊的形式流通使用，就是廣義之「電子書」。 徐文杰（2000）認為：電子書是將書的內容以電子訊號組成，電子書必須要有特定的載體才能夠呈現出內容。邱炯友（2000）則認為，因為電子書同時是一種「內容」，即為書籍內容的數位化文件，呈現於不同的載具上；也是另一種「擬書化」的「裝置」。

為了因應時代趨勢，加上政府政策的鼓勵下，國內元太、友達、鴻海、華碩、等資訊硬體及關鍵零組件業者紛紛投入開發電子書閱讀器；出版業如城邦、遠流等，還有電信營運商中華電信、遠傳、台灣大等也積極整合數位出版產業上中下遊業者並且共同合作，投入建置電子書內容交易中心（中央社，2009）。

電子書顯示設備，也就是數位內容的「載體」，因為電腦科技不斷地發展與創新，市面上的電子書顯示設備也越來越多樣化。例如：手機、個人數位助理、電子書專用閱讀器、平板電腦及筆記型電腦等（鄭順文，2005）。

(一)液晶顯示器(Liquid Crystal Display, LCD)

LCD為近年來筆記型電腦與手機等行動裝置最廣泛使用的顯示器。為了增加LCD的可視能力(viewability)，目前所使用的LCD多附有背光源 (徐文杰，2000；李德松，2006) 。背光源穿透過彩色濾色片後，成為紅、藍、綠三色；色彩的明度、亮度與彩度，則利用電壓控制透明薄膜上的液晶膠囊扭轉較度變化，是透過的光線改變，產生不同的影像（羅方禎，1999）。

(二)Apple´s iPad

iPad是Apple在2010年發表的一款平板電腦。採用iPhone OS系統，其螢幕為9.7吋，採用LED背光技術，以及搭配IPS(in-plane switching)的LCD廣視角技術，可以有178度的視角，讓螢幕的可視角變得更廣，一方面有著LED特薄的特性一方面也能有著CRT(Cathode ray tube)的真實色彩感 (AppleLife, 2010)。

周暐達（2011）指出，與閱讀器相較，iPad的彩色螢幕、快速反應、多媒體內容呈現、Wi-Fi或3G的連網，都已超過大多數閱讀器的顯示品質。而城邦隨身e冊、義美聯電製作繪本書、天下雜誌等，皆設定以iPad為主要終端載具，並開始銷售自家出版社之電子書（王祿旺，2011）。

以上幾種電子顯示媒介各有各的優缺點，然其精神不脫輕便和可簡單傳輸保存大量的資料的大目標。未來，隨著科技日新月異，必當有後起之秀脫穎而出，提供給使用者更易讀、耐用且無負擔的閱讀載具。

二、數位閱讀

數位閱讀是指使用「電子化閱讀設備或數位閱讀設備」來進行閱讀的行為（林淑玲，2010；李育華，2007）也指出，只要是以數位媒介的形式進行的閱讀活動，都算是數位閱讀。這些設備／媒介包括「可播放圖文的手機／PDA」、「筆記型電腦」和「可播放圖文的電子書閱讀器」（產業情報研究所，2010）。

處在今日網際網路的時代，閱讀的媒體已經逐漸由傳統書本、報章雜誌逐漸發展到電子顯示器上，如電子書、電子報等（柳永青，2001）。新型態的電子閱讀器將語音、視訊、影像、文字等資訊整合在一起，創造出有別於傳統書籍的新價值（林佳秀，2007）。加上網路連線的功能，無空間的束縛、無時間的限制，也更促成現代人的生活習慣（鄭順文，2005）。

根據資策會ACI-IDEA-FIND在2006年發布的調查

顯示，估計台灣約有554萬戶家庭擁有電腦，每戶平均每周有15小時花在上網，而且其中八成以上適用在搜尋資料上(89.2%)，台灣都會區20歲以上有平面閱讀習慣的民眾(62.3%)，每天平均花在閱讀的時間是1.9小時。上網搜尋資料的時間逐漸超過平面閱讀的時間，且可能走向不可逆(irreversible)的改變(李育華，2007)。

Amazon網站在2010年七月時九日的聲明中表示，在Kindle上市後33個月後，Kindle格式的電子書銷售量就超過了已經有15年銷售歷史的精裝書銷量。儘管分析家鑒於Amazon網站精裝書的銷售量佔不到全部銷售量的四分之一，認為此聲明只是為了宣傳，但數位化的內容銷售確實參與了書籍產業的銷售結構。

人對知識的需求隨著科技與社會的改變，急速成長，因而二十一世紀又被稱為資訊爆炸的年代。在印刷術之後，我們又來到了資訊革命的時間點，電子儲存的科技使須彌得納於芥子，克服了保存與傳播的困難，數位閱讀儼然成為現在以及未來的趨勢，但要如何去使用，是現代人需要面對的問題。

三、視覺疲勞的評估

眼睛是生物得以使用視覺的工具，因為有眼睛，我們得以敏銳的感知且更快速的回應週遭世界的種種變化。為能正確的表達受試者在閱讀時產生的視覺問題，必須先說明眼睛的重要機制。

要了解眼睛如何能夠使我們看見世界，就要隨著光線走過的路徑解說：眼球最外面是一層透明的角膜和白色的鞏膜，角膜能把光線折射送進瞳孔，而鞏膜，也就是俗稱眼白的部位有保護眼睛結構的功能。光線經由角膜後，就進入虹膜中央小孔，也就是瞳孔，瞳孔像是相機的光圈一樣，會依光線的強弱調整大小；接著，光線會穿過虹膜正後方的晶狀體和水晶體折射，將光線的聚焦在視網膜上形成影像，

視網膜的色素層，經由光化學及光電反應，刺激錐狀細胞及桿狀細胞，使光波轉變成電波。視神經再將電波傳到大腦皮層，由大腦來解釋我們看到的影像。

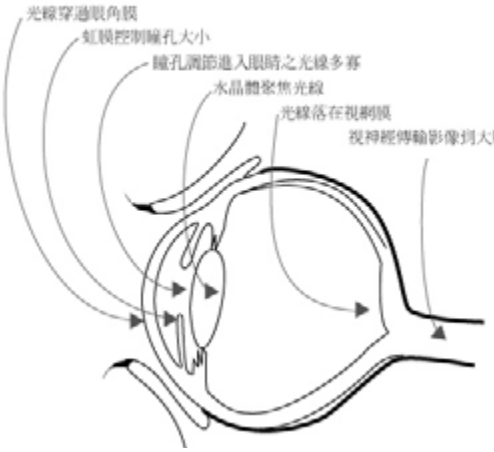

圖2-3 眼睛構造及功能

視覺是人類相當倚重的一樣感官，生活中我們非常需要視覺的資訊，所以一但過多的使用使得視覺能力減弱，將造成生活上大大的不便。Bettina Kinge等人在2000年的研究也顯示，近距離的閱讀時間越長，造成近視的趨勢越顯著。

眼睛看近距離時睫狀肌收縮，使水晶體變胖，叫做調視(Accommodation)，使焦點清楚；當睫狀肌放鬆，就會讓水晶體回復到薄的狀態，遠方的影像就可以聚焦在視網膜上。 但若是長時間注視近距離的物品，如操作電腦或閱讀，使得睫狀肌長時間維持收縮狀，就容易造成水晶體失去彈性，無法再度放鬆聚焦於遠的影像，也就是近視。

根據艾美（2007）報導指出，視覺疲勞是由眼睛本身的原因引起的，如近視、遠視、散光等屈光不正，調節因素，眼肌因素，結膜炎、角膜炎，所戴眼鏡不合適等。同時，用眼環境不好也會導致視覺疲勞，如光照不足或過強，光源分佈不均勻或閃爍不定，注視的目標過小、過細或不穩定等。另外，神經衰弱、身體過度勞累或更年期婦女，也容易出現視覺疲勞。

Bullimore (1990) 等人指出，影響視覺疲勞的因素可以分為三大類：(1) 刺激的特性；(2) 環境的特性以及(3) 人員本身特性。閱讀的環境中，燈光的色溫、亮度、照明品質等，就屬於「環境的特性」；顯示媒介所呈現的背景顏色與文字顏色、大小等因素就屬於「刺激的特性」；最後，使用者的視力、年齡等因素就是「人員本身特性」。本實驗希望固定環境及刺激的特性，了解使用者能夠負荷多長時間的閱讀。

Megaw (1990) 指出對視覺疲勞的量測可分為：(1) 眼球運動機能的量測：包含調節(accommodation)、聚合(convergence)等；(2)視力的量測：包含閃光融合閾值 (critical fusion frequency, CFF)、視力；(3) 視覺績效的量測(如識別速度、檢測錯誤率)；(4) 視覺疲勞徵候的報告。

本研究將利用受試者閃光融合閥值(CFF)以及受試者主觀評量來探討受試者視覺疲勞情況。測量的方式是讓眼睛注視一閃爍光源，逐漸提高閃爍光源的閃爍頻率，直到眼睛感到閃爍光源已經像連續光一樣，不再感測到其閃爍頻率，此種閃爍光到連續光的臨界點，稱為閃光融合閥值(critical fusion frequency, CFF)；CFF值隨眼睛疲勞的程度而有所不同，實驗前後各測量一次CFF，實驗前後的CFF值變動量即是眼睛疲勞的程度。

Iwasaki and Akiya (1991) 研究半小時VDT (Visual Display Terminal, 視覺顯示終端機) 作業對CFF值的影響，研究方式是將數學方程式呈現給一隻眼睛，此眼為負荷眼；另一隻眼為控制眼。結果負荷眼的CFF值下降程度為控制眼的兩倍。因此假設，CFF值可用來評估眼球視網膜衰減程度。

關於視覺疲勞之評量，除了客觀評量外，也可

以讓採用受試者的視覺疲勞主觀量表。Weber et al. (1975) 研究客觀評量和主觀評量間的相關性，發現利用CFF測量的客觀評量和主觀評量表之間具有高度相關。

Heuer et al. (1989) 發展了一份視覺疲勞主觀量表，為多篇視覺疲勞相關的論文所採用（李德松，2006; 鄭博文、陳澤明、洪士涵，2006）。Heuer et al. (1989)的量表包含下面六個題目：

1. I have difficulties in seeing(我看東西有困難);
2. I have a strange feeling around the eyes(我感得眼睛周圍有奇怪的感覺);
3. my eyes feel tired(我的眼睛感到疲憊);
4. I feel numb(我感到麻木);
5. I feel dizzy looking at the screen(看著螢幕讓我感覺暈眩);
6. I have a headache (我感到頭痛)

每個題目採十點量表(10-point scale)評量，1代表『一點也不(not at all)』，10代表『非常嚴重(very much)』。

四、環境因素

環境對於閱讀造成的影響是直接且明顯的，在暗中我們無法閱讀，在頻繁搖晃的環境如車輛，也增加閱讀的困難，可見人眼對閱讀的環境不只有偏好，且有一定的需求。

我國勞工衛生安全研究所就針對工作安全提出了照明需求的研究(勞工安全衛生研究所 ，2008)。研究結果顯示，對於不同的工作環境應有不同的光線水準，以確保工作安全。北美照明工程協會(IES, Illuminating Engineering Society, North American)也對工作內容提出了建議的照度範圍，供工作場合之建置作為參考的標準。

表2-1 IES照明工程協會 Lighting Handbook 8th Edition照明水準建議表活動類型

照明類別	照度範圍(lux)
週遭黑暗的公共區域	20-50
對短暫造訪的簡單方位辨認	50-100
偶爾需要視覺作業的工作場所	100-200
執行高對比或大尺寸的視覺作業	200-500
執行中度對比或小尺寸的視覺作業	500-1000
執行對比低且非常小的視覺作業	1000-2000
長期執行對比低又非常小的視覺作業	2000-5000
執行非常長時間且精確的視覺作業	5000-10000
執行非常特殊且極端低對比和細小的視覺作業	10000-20000

參、研究方法

本實驗探討不同環境照明、閱讀載具與顯示內容對使用者視覺績效與疲勞的影響。透過實際的實驗，找出不同光源之下閱讀不同材料造成疲勞的時間點。

一、受試者

針對教育部將採用電子書包，有必要注意到在學齡使用者對於電子閱讀器的疲勞程度，本次受試者共有22人，男性10人，女性12人；7歲到12歲4人，12歲到18歲4人，18歲到25歲10人，25歲到64歲4人。

二、實驗設備

1. 顯示媒介：紙本、iPad
2. 照度計：用來檢定實驗環境燈光照度是否符合設定之標準。
3. 閃光融合閥值(critical fusion frequency, CFF)測計：本實驗採用CFF測計測量受試者在從事實驗前，與結束後的CFF值。
4. 計時器：用來計量閱讀的時間。
5. 資料分析以SPSS軟體進行。

三、實驗環境配置

設置一間小型教室，配置的燈具調整為四種不同水準照度；安置同款式桌椅四組，分別讓四位受試者使用。桌椅間的相對距離可由受試者自由調整至最適距離。

四、實驗內容

視覺疲勞實驗每回分為四個階段，每個階段採用一種光源，分別閱讀在紙張及iPad上的相似內容，每個閱讀載具各閱讀30分鐘，戴上眼罩休息5分鐘後，再進行下一個顯示媒體的閱讀。閱讀的內容選擇通俗星座繪本。通俗星座繪本在紙張和iPad上的長寬相同。

閱讀前後分別施測一次CFF值，閱讀前後的CFF變化量即為該顯示媒體的閱讀疲勞程度。

五、實驗設計

(一)自變項

本研究實驗進行的自變項有環境照明、內容與顯示媒介：

1. 四種環境照明水準：較亮環境900-1200lux (類似有日照的室外)、正常亮度環境，750lux(類似辦公室、教室)、較暗環境300lux(類似咖啡館、地下捷運車廂)；LED光源。容許誤差 ±10 lux。

2. 兩種顯示媒材：iPad、紙本。

(二)因變項

本實驗有88人次(22人*4次)，總實驗時間約264人小時(22人*4次*3小時／次)。實驗過程中要蒐集的因變項為：視覺疲勞主觀評量、CFF變化量。

1. 視覺疲勞主觀評量

實驗結束後讓受試者進行自我視覺疲勞主觀評量。量表採用Heuer et al. 1989發表的視覺疲勞主觀量表。

每個題目採十點量表評量，1代表『一點也不』，10代表『非常嚴重』。其計算視覺疲勞主觀變化總合為實驗結束後所填寫的的各7題題目量表值，減去實驗中所填寫的各7題題目量表值。

(三)控制變項

為了降低實驗時的其他干擾因子，所以對可能造成研究結果偏差的因子加以控制。本研究中統一受試者的閱讀內容，使內容對受試者的視覺及心裡影響相同。

六、實驗程序

在正式實驗前，有兩位受試者先進行預試實驗，以確定此實驗之可行性與程序的流暢性。為了使受試者都能夠熟悉實驗的進行程序，在每次實驗前接提供書面的說明輔以口頭解釋，使受試者明白實驗進行的程序與所需收集數據的意義與重要性。

(一)實驗程序

1. 受試者填寫基本資料及同意書
2. 調整實驗環境：
   (1) 依照該次照明水準，調整實驗區域的環境照明亮度。
   (2) 作為實驗的顯示載具內容載入，調整字型大小等控制變項。
   (3) 依照該次照明水準，調整實驗區域的環境照明亮度。
3. 說明作答方式
4. 第一次收集資料：受試者的閃光融合閥值。
5. 要求受試者開始觀看閱讀載具上的內容，計時30分鐘。
6. 第二次收集資料：受試者的閃光融合閥值和閱讀績效測驗以及視覺疲勞主觀量表。
7. 請受試者戴上眼罩休息5分鐘。
8. 重複步驟4~7，使用第二種載具閱讀。
9. 重複步驟4~7，使用第三種載具閱讀。
10. 重複步驟4~7，使用第四種載具閱讀。
11. 請受試者填寫視覺疲勞主觀量表。
12. 實驗結束。

圖3-1實驗流程圖

(二)分析與檢討：

本實驗中，每個受試者實驗時間超過8小時，對於受試者體力與時間安排之負擔都不輕，預試後發現，一日執行兩種燈源，兩日可完成全部實驗對受試者最容易達成。

七、資料統計分析

(一)視覺疲勞主觀量表

討論受試者主觀觀感與客觀儀器是否如文獻所示呈現正相關。

(二) CFF變化量

1. 比較相同光源下，不同閱讀載具對閱讀的疲勞程度。
2. 比較不同光源下，相同閱讀載具對閱讀的疲勞程度。
3. 比較不同光源下，不同閱讀載具對閱讀的疲勞程度。

肆、結果與分析

一、CFF前後相減平均值描述性統計

CFF值相減的意義為閱讀前CFF值減閱讀後CFF值，若得出來的值為正數，意即閱讀後的CFF值降低了，也就是眼睛的能力變差了，代表眼睛已出現疲勞的現象。反之，若相減之值為負數，意即閱讀後的CFF值升高了，也就是眼睛的能力沒有變差，代表眼睛並沒有疲勞的現象。

表4-1 CFF前後相減平均值比較(按平均數降冪)

光源／閱讀載具	最小值	最大值	平均數
LED光源／iPad	-1	6	1.16
暗光源／紙本	-2	6	.97
正常光源／iPad	-4	5	.92
暗光源／iPad	-5	9	.62
較亮光源／iPad	-3	4	.13
正常光源／紙本	-5	6	.10
LED光源／紙本	-5	4	-.02
較亮光源／紙本	-6	2	-.10

（一）相同光源下，不同閱讀載具造成的疲勞程度

1. 正常光源：閱讀前後CFF值相減的平均值最大之閱讀載具為iPad，紙本較小。
2. 暗光源：閱讀前後CFF值相減的平均值最大之閱讀載具為紙本，iPad較小。
3. 較亮光源：閱讀前後CFF值相減的平均值最大之閱讀載具為iPad，紙本較小。
4. LED光源：閱讀前後CFF值相減的平均值最大之閱讀載具為iPad，紙本較小。

（二）不同光源下，相同閱讀載具造成的疲勞程度

1. iPad：閱讀前後CFF值相減的平均值最大為LED光源下，第二為正常光源，第三為暗光源，最小為較亮光源。
2. 紙本：閱讀前後CFF值相減的平均值最大為暗光源下，第二為正常光源，第三為LED光源，最小為較亮光源。

（三）不同光源下，不同閱讀載具造成的疲勞程度

平均值最大的為LED光源下iPad閱讀前後之CFF值相減，平均值為1.16。而最小為較亮光源下紙本閱讀前後CFF值相減，平均值為-.10，其次為LED光源下紙本閱讀前後CFF值相減，平均值為-.02。

二、CFF值差與疲勞主觀量表ANOVA分析

CFF值差與疲勞主觀量表ANOVA分析結果顯示，與文獻結果相同，疲勞主觀量表與CFF儀器所檢測數值成正相關。

以ANOVA單因子分析，因子為各項實驗環境之CFF值前後差，因變項為疲勞主觀量表各題目，統計結果皆達顯著，顯示儀器檢測結果與主觀感覺有正相關。

伍、結論與建議

一、結論

實驗結果經統計分析後顯示，全部光源中，在LED光源下閱讀，相較於一般日光燈，較容易造成閱讀上的疲勞。

較亮光源下，使用iPad閱讀最不容易感到疲勞。一般光源下兩種閱讀載具造成的疲勞程度，在本次實驗中並不明顯。在較暗光源下，使用自發光iPad較不容易造成閱讀疲勞。

以閱讀載具而言，紙本在正常、較亮與LED光源下，為較適合的閱讀媒材；iPad 在較亮光源下閱讀，比使用紙本容易造成疲勞，在較暗光源下，較紙本不容易造成疲勞。

本研究在所有光源與閱讀載具的相關下，雖效果均不顯著，分布亦無顯著正或負向相關，即四種光源與兩種閱讀載具無特別顯著的交互作用。根據Bettina Kinge等人在2000年的研究：近距離的閱讀時間越長，造成近視的趨勢確實越顯著。相較於本研究的實驗期間，Bettina Kinge 等人針對大學生所做的實驗時間長達三年，可以推論與人類視力影響的研究需要更長時間的追蹤，且視力的變異若是難以感測，更容易造成使用者忽視眼睛能力退化的徵兆。

本研究雖在實驗期間證實假測預期，但實驗架構可提供往後實驗者繼續使用。

二、建議

本研究結果建議，應當對近距離工作與休息時間的安排更加謹慎；不應因為短時間內不見病變而忽視長時間的影響，造成不可逆的生理反應如近視、提早老花等退化徵狀。

本研究因為受限於人力、財力、時間等資源有限，實驗者人數及實驗時數尚有改進的空間，且針對平板電腦的使用，還有很多的議題可待後續研究者繼續探討。

後續研究者可以延長實驗中的閱讀時間，增加研究對象或人數，以及選擇更新的視力測定儀器，增進了解使用平板電腦對人體可能影響，以提供商業目的及教育運用更有效率，更安全的使用方針。

參考文獻

1. 中央社（2009年12月29日）。電子書產業發展 經濟部領航推動。取自http://n.yam.com/can/garden/200912/20091229494096.html
2. 王祿旺（2011）。2010年臺灣出版產業總覽。行政院新聞局2011出版年鑑，13。
3. 艾美（2007年7月22日）。視覺疲勞困擾上班族。聯合早報。取自http://health.zaobao.com/pages7/healthy070722.html
4. 李育華（2007）。探討影響消費者採用數位閱讀服務關鍵因素之研究。未出版碩士，華梵大學資訊管理學系碩士班，台北縣。
5. 李德松（2006）。電子紙顯示器使用者的視距螢幕角度、視覺績效與疲勞。 國立台灣科技大學工業管理系，台北。
6. 周暐達（2011）。2010年臺灣數位出版業市場概況。行政院新聞局2011出版年鑑，22-25。
7. 林佳秀（2007）。 電子書探討與行動學習之研究。國立高雄應用科技大學電機工程系，高雄。
8. 林淑玲（2010）。行動閱讀設備（電子書）之發展及使用。生活科技教育，43，4，13-19。
9. 邱炯友（2000）。電子出版的歷史與未來。佛教圖書館館訊，23，6-17。
10. 柳永青（2001）。數位螢幕與平面文件閱讀行為之差異性研究。2001年人因工程年會暨研討會。台北。
11. 孫駿庭（2007）。數位閱讀較適呈現模式—以15至29 歲為例。碩士論文，大同大學資訊經營研究所，台北。
12. 徐文杰（2000）。電子書發展的近況。工業材料，167， 77-83。
13. 張永松、林立宜、劉瑞文、林其春、柳永青（2001）。數位螢幕與平面文件閱讀行為之差異性研究。2001年人因工程年會研討會論文集，235-238。
14. 張翠芬（2011）。一機在手目不轉睛 近視度數激增。中國時報。
15. 教育部（2009年10月13日）。教育部「電子書包實驗教學試辦學校暨輔導計畫」開跑【新聞群組】。取自http://www.edu.tw/news.aspx?news_sn=2813#
16. 教育部（2011年6月7日）。電子書試辦計畫聯合啟用典禮【新聞群組】。取自http://www.edu.tw/news.aspx?news_sn=4563
17. 產業情報研究所（2010年5月2日）。行動閱讀消費者偏好分析。財團法人資訊工業策進會產業情報研究所(MIC)。取自http://netreading.files.wordpress.com/2009/12/e8a18ce58b95e996b1e8ae80e6b688e8b2bbe88085e5818fe5a5bde58886e69e90.pdf
18. 陳銘祥（2009）。具漸層式結構OLED元件之研製。未出版碩士，南榮技術學院工程科技研究所碩士在職專班，台南縣。
19. 黃玉芳（2011）。 玩平板電腦、玩手機 近視一年增200度。聯合晚報。
20. 蔣嘉寧（2000）。閱讀新科技 〔e書〕。新書資訊月刊，2000年8月號。取自http://isbnfax.ncl.edu.tw/isbn/frmContent.asp?Id=219&callerpage=/isbn/frmIndex.asp&Yeer=89&Month=8
21. 鄭博文、陳澤明、洪士涵，2006，不同環境因子對於長期電腦使用者閱讀績效與視覺疲勞之影響，中國工業工程學會95年度年會暨學術研討會
22. 鄭順文（2005）。電子書呈現設備的人因工程評估。未出版碩士，朝陽科技大學工業工程與管理系碩士班，台中縣。
23. 羅方禎（1999）。TFT的設計與生產。液晶電子研討會。崑山技術學院，台南。
24. ABI Research. (2011). Apple iPad Held 85% Media Tablet Market Share in 2010, Says ABI Research. Retrieved from http://www.businesswire.com/news/home/20110420006343/en/Apple-iPad-Held-85-Media-Tablet-Market
25. AppleLife（2010年1月28日）。iPad規格總整理【部落格文字資料】。取自http://applelife.tw/archives/3104
26. Bettina Kinge., Anna Midelfart., Geir Jacobsen.& Jarand Rystad. (2003) . The influence of near-work on development of myopia among university students. A three-year longitudinal study among engineering students in Norway. Acta Ophthalmologica ScandinavicaVolume 77(3), Article first published online: 23 JUN 2003.
27. Bullimore, M. A., Fulton, E. J.& Howarth, P. A.(1990) . Assessment of visual performance , In:J. R.Wilson and E.N.Corelett（Eds）,Evaluation of Human Work : A Practical Ergonomics Methodology. London:Taylor & Francis.
28. Chi, C. F.& Lin, F. T. (1990). A comparison of seven visual fatigue assessment techniques in three data-acquisition VDT tasks. Human Factors, 40(4), 577-590.
29. Heuer, H., Hollendiek, G., Kröger, H. & Römer, T. (1989). Die Ruhelage der Augen und ihr Einfluß auf Beobachtungsabatand und visuelle Ermüdung bei Bildschirmarbeit. Zeitschrift für experimentelle und angewandte psychologie, 36, 538-566.
30. Iwasaki, T. & Ayaki, S. (1991). The significance of changes in CFF values during performance on a VDT-based visual task. In M. Kumashiro and E.D. Megaw (Eds), 352-357. Taylor & Francis Ltd.

31. Kinge, B., Midelfart, A., Jacobsen, G.& Rystad, J. (2000). The influence of near-work on development of myopia among university students. A three-year longitudinal study among engineering students in Norway. Acta ophthalmologica Scandinavica 2000, 78(1), 26-9.

32. Megaw,T. (1990). The definition and measurement of visual fatigue. In:J.R. Wilson and E.N. Corlett Eds. Evaluation of human work.682-702 London :Taylor & Francis.

33. Weber, A., Jermini, C.& Grandjean, E. P. (1975). Relationship between objective and subjective assessment of experimentally induced fatigue. Ergonomics, 18, 151-156.

致謝

感謝指導教授戴孟宗老師，研究方法與理論謝顒丞校長以及同時也是我們班導師的，賀秋白老師的指導。還有詹雨臻老師與韓豐年主任，面對我們這樣的統計新手，提供我們在實驗上與統計軟體上重要的建議。謝謝老師不厭其煩地教導與協助，我們才能夠完成人生第一篇論文，並從中學習成長。

感謝畢業製作學報小組與全體幹部，大家都奮力地與時間奮戰，因為有你們，大家的論文才有付梓的一天。感謝我們的家人與朋友，在我們因為與論文畢製奮鬥而煩悶時依然鼓勵我們，甚至抽空參加我們的實驗。最後，感謝國立台灣藝術大學圖文傳播學系，因為有圖文系，我們才有這麼精采豐富的四年。