**面板技術與刺激型態對視覺疲勞出現時間之影響**

彭家偉\*、趙小童

(附註：不能列出指導老師與業師姓名，也不能列出學校與系所）

\*通訊作者：[hyuyuyu@cyut.edu.tw](mailto:hyuyuyu@cyut.edu.tw)

**摘要**

資訊傳遞及接收十分迅速，能夠隨身攜帶的口袋顯示設備將會是未來的主流，智慧型手機價格的親民化讓智慧型手機逐漸普及化。智慧型手機的顯示面板主要分為TFT-LCD和AMOLED，而觀看這兩種顯示面板多久會產生視覺疲勞目前尚未清楚，本研究希望能找出視覺疲勞出現時間供未來使用者避免長時間觀看而產生視覺疲勞的累積。本研究主要是了解在動態(進行遊戲)和靜態(閱讀文章)兩種刺激型態產生視覺疲勞時間是否會有差異，找出人們在持續觀看智慧型手機最大能忍受之時間。

實驗結果顯示：觀看兩種不同面板皆在60分鐘內就有眼睛疲勞徵兆出現，觀看TFT-LCD出現疲勞的時間比觀看AMOLED還晚。動態刺激導致的視覺疲勞出現時間比靜態刺激來的晚。受試者觀看兩種面板的最大容忍時間是有顯著差異的，但是觀看兩種刺激型態的最大容忍時間卻無顯著差異。使用AMOLED手機較容易產生視覺疲勞，如需長時間使用手機，最好選TFT-LCD螢幕為較佳。

**關鍵字**: 智慧型手機、面板技術、視覺疲勞、刺激型態

1. **背景與目的**

由於科技的進步，人們對於新資訊的接收速度越來越快。從以前傳統的紙張書面到現今的網際網路，面對到處都是新資訊互相傳遞的社會，如何準確和處理所獲得的訊息是現今社會人們所關注的。

為了能無時無刻獲得訊息，能夠隨身攜帶的口袋顯示設備將會是未來的主流，如電子書(E-Book)、手機、個人化數位助理(Personal digital assistant, PDA) 等，手持顯示設備都是近年來大家所廣泛討論的，其中包含新型顯示技術在相關手持設備上的應用。智慧型手機價格的親民化，使的智慧型手機在手機市場中快速成長，並讓許多人在生活中增加許多便利性，例如利用手機進行閱讀、欣賞影片、照相等功能外，甚至發展成可以使用手機進行處理文書和收發電子郵件等電腦及網路加值服務。

根據2009年底智慧型手機市場表現，IDC原本預估台灣市場智慧型手機出貨量將在今年達到近120萬支。但經過今年第一季智慧型手機較上一季成長了3至4成左右，讓IDC上修原先預測，今年出貨量可望超越150萬支以上，將近160萬。2009年第四季全球智慧型手機出貨量為5,450萬支，較08年同期成長了39.0%；09年全年智慧型手機出貨量則為1.742億支，較08年的1.514億支成長了15.1%。而智慧型手機在2009年佔據整體手機市場出貨量的15.4%，該數字在08年為12.7%[1]。

在智慧型手機目前顯示技術中，除了傳統我們所熟知的薄膜電晶體液晶顯示器(TFT-LCD)螢幕外，另外以主動式矩陣有機發光二極體(AMOLED)面板為目前主流。

美商顯像資訊管理顧問(DisplaySearch)研究總監謝忠利預測，假使AMOLED面板價格大幅調降，預估最快至2010～2011年AMOLED出貨量有機會超過TFT-LCD，勢必為智慧型與高階手機面板的主流;Samsung和Nokia如果持續提高AMOLED面板在手機上的使用，2010年Q3整體出貨量將會達到1350萬片，年增達132%，而在智慧型手機的使用比重會達81%，低溫多晶矽TFT-LCD面板在手機面板市場的出貨量也會繼續增加，市佔率會達到22.5％，不過手機面板的主流仍為非晶矽TFT-LCD面板，保持60%的市佔率[3-4]。

由上述各項數據資料顯示，未來智慧型手機及新型顯示技術的使用率會不斷的逐漸成長，而長時間觀看智慧型手機小尺寸螢幕及新型顯示技術所造成的視覺疲勞問題値得重視，但過去文獻主要探討CRT及TFT-LCD等大尺寸顯示器為主，但對新型顯示技術OLED卻無相關文獻研究，故有必要針對新型顯示技術進行相關研究，以供未來使用者使用時之參考與建議。

本研究的目的在於暸解使用者在習慣的視距內觀看市售的小尺寸螢幕智慧型手機多久之後會感到眼睛的疲勞。並且深入探討在兩種不同顯示技術和刺激型態搭配下，如靜態文字、動態影像在視覺疲勞出現時間是否會有差異，並且得到使用者在觀看後最大可容忍之視覺疲勞時間。

1. **文獻探討**

Megaw[14]研究中認為視覺疲勞量測方法可分為下列四種量測的方法可使用:

(1)眼球運動機能的量測:包括瞳孔直徑(pupil diameter)、調節力(accommodation power)、眼球移動速度(eye movement velocity)等。

(2)視力的量測:包括閃光融合閾值變化量(critical fusion frequency, CFF)、視力敏感度變化(visual acuity)。

(3)視覺上的工作績效(visual task performance)量測，如搜尋速度、正確率。

(4)疲勞症狀的發生。

Chi和Lin[12]將Megaw所提出的視覺疲勞評估指標的方法中比較了七種評估視覺疲勞主觀和客觀的量測方法。如睫狀體調節力(accommodation power)、視力(visual acuity)、瞳孔直徑(pupil diameter)、閃光融合閾值(CFF)、眼球移動速度(eye movement velocity)、視覺疲勞主觀評比(subjective rating of visual fatigue)、視覺工作績效(visual task performance)。其中受測者視覺疲勞主觀評比是利用受試者主觀意志來判斷是否產生疲勞之情況，為主觀評量方法，其餘六種量測的指標是根據受試者眼睛內部的構造所得到之客觀數據，為客觀評量之方式。

本研究進行不同刺激型態與面板的測試，挑選Megaw[14]研究中認為四種視覺疲勞量測方法的區分中選擇眼球運動機能及視力量測的兩種客觀分類方法來搭配主觀量測，挑選睫狀體調節力、閃光融合閾值及受試者主觀評比來當作本研究評估視覺疲勞指標，其原因為睫狀體調節力可用於長時間近距離，且由機器進行量測可獲得較為客觀之數據，而閃光融合閾值適用於低亮度對比視覺作業，量測方式容易且快速，主觀評比具有低成本填寫快速等優點。

在睫狀體調節力評估指標相關探討，學者Collins[13]和Campbell等人[11]分別在研究中發現在靜止時接近目標物的連續調節反應中，顯示出的暫時性變化於微動調節中發生，並發現了兩個顯性的微動波形區域，後來研究發現調節微動的振動方式為類似正弦波的形式來回的震盪，如從頻率空間來看將此兩種波形定義為兩個主要區域：低頻成份(low frequency component, LFC)及高頻成分(high frequency component, HFC)。低頻成份的頻率定義為小於0.6 Hz，而高頻成分的頻率是介於1.0至2.3 Hz之間[6, 13, 23]。

Suzuki等人[21]採用色碼呈現方式(color code)將目標位置、調節反應以及HFC值以圖表方式呈現。當受測者觀看目標時，對遠方目標的刺激會產生綠色的反應，HFC值大概是在50~60之間；當受測者觀看至疲勞情況出現時，遠方目標所帶來的刺激便會產生紅色的反應，則HFC值會為60以上。由上述結果可得知睫狀體在目標較遠時其緊張程度會最小，而疲勞情況產生時的變化程度會最大，距離較近時的變化會較為輕微。

閃光融合閾值(critical fusion frequency, CFF)是量測視覺疲勞的一項指標，是透過閃爍頻率的變化來量測受試者的視覺敏銳度是否已有疲勞現象的產生。Horie[16]對閃光融合閾值的定義為，先讓受試者注視某一頻率閃爍的光源，然後逐漸提高該光源閃爍頻率。當受試者感覺光源不在閃爍時，此臨界點就稱為閃光融合閾值;相反的，當受試者注視光源時逐漸降低光源閃爍頻率，當受試者感覺到光源在閃爍時，該臨界點也稱之為閃光融合閾值。因為閃光融合閾值會隨著疲勞的程度而有所變動，因此利用閃光融合閾值作為眼睛疲勞的指標是ㄧ個簡單又方便操作的方法。Iwasaki等人[17]針對電腦操作員對不同顏色CFF值反應的程度，發現選擇紅色CFF值在15分鐘後就有顯著的下降，而綠色和黃色則是在工作進行30分鐘後才開始顯著的下降。Kroemer和Grandjean[18]認為，通常從事心智工作一段時間後，量測從事工作前和工作結束後的閃光融合閾值，其値會下降0.5~6HZ。Horie[16]指出閃光融合閾值隨眼睛疲勞程度的程度而有所變動，故可由閃光融合閾值，測定眼睛疲勞的程度。因為操作容易，所以常用來評估工作疲勞的程度。

此視覺疲勞評估指標對於低亮度對比的工作會有較高的靈敏度，並且具有攜帶方便且操作簡單的優勢，但缺點是需要長時間持續的刺激後靈敏度才會大幅提高。雖然閃光融合閾值在量測視覺疲勞時許多人都帶有是否為心智活動所造成的爭議與質疑，但此方法仍為一種簡單方便易操作的量測視覺疲勞的客觀指標。

在主觀評比視覺疲勞評估指標相關探討Sinclair[20]根據使用情況的不同，將主觀評量分為評比法(rating methods)、平等法(ranking methods)、檢核表(checklist)、訪談法(interviews)、以及問卷法(questionnaire methods)等五種方法，其中以問卷法最為大眾所普遍使用。Bullimore等人[19]的研究結果認為利用受試者主觀評量來對視覺疲勞和工作績效進行量測，是一項容易量測、操作簡單且成本付出低等優點的評估工具。

Weber[24]的研究結果也顯示出，進行CFF量測時的客觀評量和視覺疲勞的主觀評量表間，是具有高度相關。Yoshitake[25]去探討受試者的主觀疲勞程度與實際出現疲勞症狀的關聯，其研究結果發現有高達0.8以上的相關係數存在於主觀疲勞程度與實際疲勞症狀，証明其兩者之間有極高的相關性存在。

1. **研究方法**

**3.1 受測者**

本研究招募20位年輕的自願者進行實驗，其中10位為男性其餘為女性。實驗前需做視力檢查，每位受試者的裸視或經由矯正過後的視力需在0.8以上，受試者不可有色盲或是其他眼睛相關疾病。受試者需具備基本的中文閱讀能力，進行實驗前一天需有足夠的睡眠時間，並且在實驗進行前一小時避免閱讀或是從事視覺相關作業。實驗進行前會對受試者說明清楚本實驗的流程與內容，並請受測者在完全了解後簽署實驗同意書，並且在實驗完成後給予受試者每小時100元的酬勞。

**3.2 實驗設備**

實驗設備包含市售最小3.2寸螢幕智慧型手機兩台(Samsung i7500 Galaxy及(HTC Magic)、視覺頻閃儀(Handy Flicker, Japan)。

**3.3 實驗環境配置**

兩種不同智慧型手機放置在高度為75公分、寬50公分、長120公分的長型辦公桌上，椅子高度為41公分、座墊寬和長各為40公分;實驗場所將周圍照度控制在500lux之間，且附近無其他光 源干擾。本實驗所量測之視距是由受試者自行調整至能看到智慧型手機內文即可，視距的量測是等到受試者確定能清楚看到內容後開始量測。受測者可依照個人調整座椅的高度到自身感覺舒適的高度即可，如圖1所示。



圖1 實驗佈置

**3.4 實驗因子**

**3.4.1** **自變項**

(1)面板技術:TFT LCD和AMOLED。

TFT LCD面板顯現圖像的原理，是由面板上每一個不同明暗和顏色的像素組合而成，而每個像素的明暗及顏色，由透過像素中液晶分子光源的強弱及顏色決定，但是此面板技術是利用背光源來製作，因此無法自主產生色光。

AMOLED面板的發光原理與發光二極體（L E D）類似，同樣是利用材料的特性，當提供適當的電流，即可激發有機材料產生光亮，而不同成分的有機材料會發出不同顏色的色光，因此是不需要背光源來產生色光。

(2)刺激型態:兩種不同刺激型態，分為動態、靜態兩種不同的刺激。動態刺激為玩遊戲如圖2，靜態刺激為閱讀文章如圖3所示。

圖2 動態刺激實驗畫面

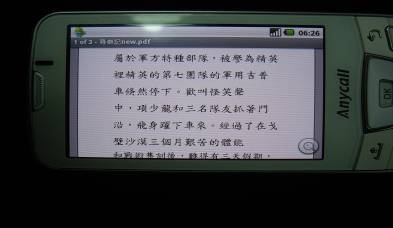


圖3 靜態刺激實驗畫面

**3.4.2** **依變項**

(1)眼睛疲勞出現時間(CFF值)

使用視覺頻閃儀來量測受試者的閃光融合閾值。在每次實驗前和每隔15分鐘後進行量測，最後在將每隔15分鐘量測的平均結果減掉實驗前量測的平均值，即為各回合的閃光融合閾值的變化量。本實驗在判定眼睛疲勞徵兆出現時間(CFF值)時，會將每15分鐘所得之CFF值減去實驗前所量測到CFF的値，利用內插法找出視覺疲勞徵兆出現的確切時間點。根據Kroemer和Grandjean的研究結果指出，當閃光融合閾值，下降0.5~6Hz時便可認定為視覺疲勞，但由於本實驗每15分鐘就進行CFF值量測，爲避免實驗剛開始進行後的量測出現下降情況，因此將文獻中下降0.5Hz就可認定產生疲勞值提高至1.5Hz，對視覺疲勞出現的閾值提高可避免出現假視覺疲勞的情況，因此本實驗將閃光融合閾值下降的值域定義在下降的至1.5Hz後才認定為視覺疲勞產生時間。

(2)眼睛疲勞出現時間(睫狀體調節變化量MF1)

使用睫狀體調節微動分析儀內的目標物可用來記錄受試者在觀看目標物時其睫狀體調節時的微動情形，再由儀器搭配軟體Ver. MF-1來做分析，本實驗將利用這個軟體內呈現的頻譜功率值來表現睫狀體在頻域上振動之情形，數據評估視覺疲勞的情況。本實驗會先將MF1所收集到的數據進行讀取後，將實驗前及每15分鐘量測之八個視標內數值分別進行各視標數值平均計算，將每15分鐘所得到視標內數值之平均數減去實驗前所量測的平均數值,在相減後如果產生負值時，即判定該時間點為疲勞徵兆出現時間。

(3)眼睛疲勞出現時間(視覺疲勞主觀評量問卷).

視覺疲勞主觀評量問卷的填寫是請受試者在實驗前及每隔15分鐘後根據當時情況來進行自我疲勞的主觀評量的填寫，其視覺疲勞主觀評量問卷是使用Heuer等人[15]所發展的視覺疲勞主觀評量問卷為基礎，並引用馮文陽[8]與李睿琦[2]等人修改之問卷來當做本次實驗所採用之視覺疲勞主觀評量問卷，並根據本實驗目的來篩選並更改問卷，經由篩選後共挑選5個題目來作為本研究之量表題目，受試者對各題目以五點量表(5-point scale)方式來進行回答，並在左右兩側極端點和第三點加上文字敘述已減少受試者所產生的認知差異，其主觀評量問卷題目如下:

* 1. 我看東西覺得模糊
  2. 我感到眼皮沉重
  3. 我感到眼睛疲勞
  4. 我感到眼睛麻木
  5. 我感到頭痛

本實驗在每次觀看15分鐘後都會讓受試者填寫主觀評量，其產生視覺疲勞的判定為受測者在填寫評量時，會根據第三題(我感到眼睛疲勞)的填寫情況來確認是否產生疲勞，其點數須超過三點以上才可認定為疲勞情況出現;受試者填寫點數達到五點，眼睛疼痛或流眼淚等症狀出現時，無法繼續進行實驗的情況下才可結束實驗，此時間即為受試者視覺疲勞的最大可容忍的時間。在實驗過後，將上述五個問題點數做加總並進行平均，即為視覺疲勞主觀評量值。受試者在題目3中的點數超過3之時間點即為受試者主觀視覺疲勞時間發生點，其點數越大代表主觀視覺疲勞程度越大。

**3.5 控制因子**

為了防止其他因素對本實驗產生干擾，在實驗前會對於可能影響本研究結果改變的因素加以控制。而且，為了使受試者對於視覺疲勞的定義都為相同，受試者在本實驗觀看時至少眼睛因疼痛造成淚腺分泌眼淚、眼睛變紅等任一視覺疲勞症狀出現方可停止實驗。為了找出受試者的視覺疲勞時間，本實驗在進行前會先找出受試者的慣用眼，在睫狀體調節變化量資料收集上會以受試者慣用眼的資料來做分析，在CFF值量測上會將非慣用眼遮蔽住，請受試者用慣用眼去讀取其閃光融合閾值。

**3.6資料處理與分析**

在所有所收集到的數據的處理都是利用Microsoft Excel與SPSS統計分析軟體來處理實驗結果的數據，計算出各變項的敘述統計，如平均數與標準差。之後再進行變異數分析來分析各自變項對依變項是否有顯著影響，其顯著水準(Significance Level)設為α=0.05。

**4.結果**

**4.1受試者基本資料**

本實驗受試者總共20名，但其中一位受試者因為在進行最後一次實驗前眼睛受傷，故本實驗將此受試者資料排除，僅分析19名受試者進行實驗結果分析。19位受試者（男性10名，女性9名），平均年齡為23.21±1.61歲，平均度數為625±243度。受試者中有15位近視並且接受過矯正，其餘受試者無近視。有16位受試者慣用右眼者，其餘3位受試者慣用左眼。

**4.2視覺疲勞出現時間**

面板種類與刺激型態對視覺疲勞平均出現時間之敘述統計列於表1。由表1可得知使用AMOLED面板時，睫狀體調節微動平均疲勞時間發生點在動態為63.94分鐘靜態為48.15分鐘，CFF平均疲勞時間發生點動態為48.15分鐘靜態為45.78分鐘，主觀平均疲勞時間發生點動態為47.36分鐘靜態為59.21分鐘，由上述可得知除了在動態睫狀體調節微動所量測疲勞時間發生點為超過60分鐘外，其餘量測方法所得到時間皆在60分鐘內。TFT-LCD在睫狀體調節微動平均疲勞時間發生點在動態為71.84分鐘靜態為63.94分鐘，CFF平均疲勞時間發生點動態為48.15分鐘靜態為46.57分鐘，主觀平均疲勞時間發生點動態為63.94分鐘靜態為62.36分鐘，由以上結果可得知除了CFF平均疲勞時間發生點在兩項作業得到的時間在60分鐘內，其餘評估所得到的平均疲勞時間皆超過60分鐘。

表1視覺疲勞平均出現時間之敘述統計

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | 動態  (平均數±標準差) | 靜態  (平均數±標準差) |
| AMOLED |  |  |
| (MF1) | 63.94±23.36 | 48.15±17.01 |
| (CFF) | 48.15±19.73 | 43.42±11.06 |
| 主觀評比 | 47.36±21.94 | 61.57±27.33 |
| TFT-LCD |  |  |
| (MF1) | 71.84±30.24 | 63.94±26.38 |
| (CFF) | 52.10±26.15 | 46.57±19.29 |
| 主觀評比 | 63.94±21.94 | 62.36±34.37 |

1. **睫狀體調節微動****對視覺疲勞出現時間**

面板技術與刺激型態對於睫狀體調節微動判定得到的視覺疲勞時間之變異數分析，可得知面板技術與刺激型態對於該評估指標所得到的疲勞時間皆有顯著(刺激型態p=.047\*, 面板P=.034\* )，而刺激型態與面板技術的交互作用則沒出現顯著刺(刺激型態\*面板技術p=.533)。不同面板與刺激型態平均視覺疲勞發生時間點大約在45分鐘至60分鐘內。

1. **閃光融合閾值****對視覺疲勞出現時間**

閃光融合閾值的計算是將上調與下調所得到的値進行平均，將實驗前得到之値與實驗後每15分鐘量測的値相減，若比實驗前量測值下降1.5Hz即判定出現疲勞情況，面板技術與刺激型態對CFF值判定得到的疲勞出現時間之變異數分析，可得知所有自變項對於依變項皆無顯著(刺激型態p=.255, 面板p=.429，刺激型態 \* 面板p=.930)。不同面板與刺激型態平均視覺疲勞發生時間大約為30到45分鐘左右便開始產生。

1. **主觀評比對視覺疲勞出現時間**

受試者主觀評比是採用5點式量表，計算方式是將所有受試者評比分數進行平均，如分數達到3分以上即為判定疲勞發生。面板技術與刺激型態對主觀評比判定得到的疲勞出現時間之變異數分析，可得知所有自變項對於依變項皆無顯著(刺激型態p=.352, 面板p=.202, 刺激型態 \* 面板p=.246)。不同面板與刺激型態平均視覺疲勞發生時間，AMOLED面板兩種刺激都在75分鐘時出現疲勞，而TFT-LCD則在90分鐘才發生疲勞。

將兩種面板來進行視覺疲勞平均出現時間之比較，由圖4-可以發現AMOLED面板不管是在MF1、CFF值和主觀評比在視覺疲勞平均出現時間都比TFT-LCD面板來的快，圖5將兩種不同刺激型態來進行視覺疲勞平均出現時間的比較，其結果可以發現動態部分在MF1、CFF的平均疲勞時間比靜態來的長，主觀評比卻是靜態時間大於動態時間。



圖4兩種面板視覺疲勞時間比較

.



圖5兩種刺激型態視覺疲勞時間比較

**4.3最大可容忍時間**

由面板種類與刺激型態對於對大容忍時間之變異數分析，可得知面板種類對於最大可忍受時間在統計上具有顯著影響，但刺激型態卻無顯著的影響(刺激型態p=.310, 面板p=.027\*,刺激型態\*面板技術p=.684)。

**4.4面板與刺激型態對視距之影響**

由面板種類與刺激型態對視距之變異數分析可得知面板種類與刺激型態對視距在統計上皆無存在顯著影響(刺激型態p=.839, 面板p=. 619, 刺激型態\*面板技術p=.496)。

**4.5使用者績效分析**

面板種類對於使用者績效呈現部份可分為動態遊戲分數與靜態閱讀小說字數來進行探討，因每位受試者使用時間皆為不同，故在探討使用者績效時都會以所有受試者平均值來進行計算分析。由面板種類對績效之變異數分析可得知面板種類與刺激型態對使用者績效皆無顯著(面板對分數（動態）p=.865, 面板對字數（靜態）p=.528)。

**4.6自變項對各依變項之影響檢定**

檢定自變項是否對依變項有顯著的影響，其結果如表2所示。其結果發現面板種類對睫狀體調節微動疲勞時間、最大可容忍時間有顯著的影響，其p值分別為0.034、0.027。而刺激型態對睫狀體調節微動疲勞時間也具有顯著影響，其p為0.047。其餘依變項在統計上皆無顯著的影響。

表2 面板種類與刺激型態對依變項的影響檢定

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 依變項 |  | 自變項 |  |
|  | 面板種類 | 刺激型態 | 面板種類×刺激型態 |
| 睫狀體調節微動(MF1) | 🞻 | 🞻 | NS |
| 閃光融合閾值(CFF) | NS | NS | NS |
| 受試者主觀評比 | NS | NS | NS |
| 最大可容忍時間 | 🞻 | NS | NS |

🞻 表示P<0.05 NS代表無顯著

**5.討論**

**5.1** **面板種類對視覺疲勞之探討**

本研究結果可看出AMOLED在三種視覺疲勞評估方式其平均視覺疲勞發生時間都比TFT-LCD來的快，受試者普遍認為AMOLED雖然色彩比TFT-LCD來的鮮豔亮麗，但也因這樣使得受試者更容易感到疲倦，尤其AMOLED螢幕在亮度對比又比TFT-LCD要為更亮，造成受試者無法長時間使用，並且發現實驗過程中受試者可能因為長時間使用AMOLED面板而導致眼睛呈現模糊甚至導致頭痛情況發生，發現三種評估視覺疲勞之方法對於面板顯示的平均疲勞時間約在60分鐘左右就感到疲勞。

在面板種類對睫狀體調節力平均疲勞時間是有顯著差異的，但閃光融合閾值平均疲勞時間及受試者主觀評比疲勞時間卻無顯著影響。原因可能是在利用閃光融合閾值判定疲勞時間點出現時，為了避免受試者出現假性疲勞而將臨界值定為1.5Hz，下降値必須超過1.5Hz才能代表真正的疲勞而非與其他文獻以0.5~1Hz當作標準，因此在判定過程中可能受試者並未達到此下降値就認定尚未產生疲勞而導致在CFF值在統計上並未出現顯著情況，但可得知兩種面板在CFF中平均疲勞時間點大約是在50分鐘左右。由主觀評量平均疲勞時間中可以發現， AMOLED平均發生疲勞時間比TFT-LCD來的快，多數受試者在實驗後都普遍認為在使用AMOLED長時間容易造成眼睛不舒服更甚於TFT-LCD。本研究結果也發現在面板種類對於最大容忍時間是有顯著的差異，AMOLED不管在靜態或是動態的操作下，與TFT-LCD面板進行比較是忍受時間較為短，可知AMOLED面板不適合進行長時間的使用，如必須選擇長時間使用顯示螢幕來進行相關作業，本研究建議使用TFT-LCD會比AMOLED來的佳。Satio等人[22]利用眼睛移動情況來評估當平面顯示器為LCD螢幕時，使用者的視覺疲勞會比使用CRT螢幕有較低的趨勢，並指出LCD螢幕比CRT螢幕更適合在VDT工作站上使用。

**5.2** **刺激型態對視覺疲勞之探討**

受試者主觀評量在AMOLED面板執行靜態作業時的平均視覺疲勞發生時間比動態作業慢之外，其餘視覺疲勞評估方法在判斷出的平均疲勞時間皆比動態作業來的快。雖只有睫狀體調節力有顯著差異，但還是可以發現動態與靜態的刺激所導致的平均疲勞發生時間點還是有所差異的，將兩項作業時間總平均來看可發現動態作業在三種評估方法時間大約為57.88分鐘，而靜態作業為54.33分鐘。多數受試者認為動態作業會比靜態作業來的不枯燥，可能是因為執行動態作業時能夠思考並且頻繁的進行活動，但靜態作業時只能進行閱讀行為，容易因實驗時間過長且枯燥而產生疲勞感。受試者主觀評比的疲勞時間來比較動態與靜態作業時，卻發現靜態作業比動態作業疲勞發生時間較晚，其原因可能是因為受試者在進行實驗時感覺似乎有發生疲勞，但在選擇填寫問卷時會因不確定而猶豫是否勾選感受到疲勞此選項，直到下一次量測時完全出現疲勞感時才勾選，而導致主觀評量對於動態與靜態與其他兩種方法結果不同。

實驗結果可以發現刺激型態對於最大可容忍時間雖無顯著影響，但受試者普遍認為黑色文字與白色背景做搭配與動態刺激出現各式各樣的不同顏色來的更枯燥乏味，更容易發生眼睛因乾澀或出現睡意的情況，可證明在兩種刺激型態中靜態會比動態更容易產生疲勞，雖然動態的遊戲為搜尋目標活動但是比起單純觀看文字來的更不易感到疲勞。鄭順文[10]建議使用電子書專用閱讀器來進行電子式文章閱讀，並且建議閱讀50分鐘需讓眼睛休息避免造成視覺疲勞的累積;鄭育菁[9]探討使用數位投影機進行文章閱讀辨識，建議持續觀看投影布幕時間應少於40分鐘;陳潭[7]比較PDA、CRT和普通文件的閱讀長篇與短篇文章作業，結果發現不管在短篇閱讀或是長篇閱讀在主觀疲勞問卷中，男性普遍比女性認為疲勞產生。

致謝

感謝科技部補助專題研究計畫經費，計畫編號NSC102-2221-E-324-005-MY2。

**參考文獻**

1.台灣國際數據IDC，<http://www.idc.com.tw/>

2.李睿琦，「冷陰極管輝度與色度對使用者視覺 疲勞與視覺績效之影響」，碩士論文，國立清華大學 工業工程與工程管理所，新竹，(2010)。

3.林苑晴「布局小尺寸市場，台灣面板廠跨足智慧型手機」，新電子電子報，(2010/2)。

4.胡仕儀，「AMOLED面板產能大躍進中韓台共享市場版圖」，光連雙月刊， 第92期，第30-3 頁，(2011)。

5.陳哲祥、潘素卿，「AMOLED魅力 iPhone也難擋已突破量產門檻」，影像顯示科技知識平台，(2007)。

6.陳翊翔，「顯示器色彩之視覺疲勞研究」，碩士論文，國立中央大學光電科學研究所，桃園，(2007)。

7.陳潭，「從人因工程角度比較及探討影響 PDA 小螢幕、電腦CRT、及平面文件之閱讀 行為與搜尋績效研究」，行政院國家科學委員 會專題研究計畫成果報告(計畫編號: NSC 92-2213-E-029-012)，東海大學工業工程與經 營資訊學系，台中(2004)。

8.馮文陽，「照明因子對視覺績效與視覺疲勞之影響」，碩士論文，中原大學，桃園，(2001)。

9.鄭育菁，「數位投影機使用者在不同環境下的視覺疲勞與辨識績效評估」，碩士論文，朝陽科技大學工業工程與管理系，台中(2005)。

10.鄭順文，「電子書呈現設備的人因工程評估」，碩士論文，朝陽科技大學工業工程與管理系，台中(2005)。

11. Campbell, F. W., Robson, J. G. and Westheimer,  
G.,“Fluctuations of accommodation under steadyviewing conditions.,”J. *Physiol*. 145, 579-594. (1959).

12. C. F. Chi and F. T. Lin,” A comparison of seven

visual fatigue assessment techniques in three

data-acquisition VDT tasks,”*Human Factors,*   
 vol. 40, no. 4, pp. 577-590, (1998).

13. Collins,G., “The electronic refractometer,”.*Brit.J.   
Physiol*. Opt. 1, 30-40.(1937).

14. E. D. Megaw, “The definition and measurement of visual fatigue,” *Evaluation of* *Human Work: A practical ergonomics methodology*, pp. 840-863 (1995).

15. Heuer ,H., Hollendiek ,G., Kroger ,H. and Romer T.,“DieRuhelage der Augen und ihr Einflub auf Beobachtungsabatand und visuelle Ermudung bei Bildcshirmarbeit ,”Zeitschrift fur experimentelle und angewandte psychologie ,36,538-566. (1989).

16. Horie, Y., “A study on the evaluation of sample

workload by a thermal video system,” In:M.

Kumashiro and E. D. Megaw (eds.), Towards

Human work: solutions to problems

inoccupational health and safety, Taylor &

Francis, London, pp.251-252 (1991).

17. Iwasaki, T., Kurimoto,S. & Noro,K., "The Changes in colour flicker fusion (CFF) values and accommodation times during experimental repetitive tasks with CRT display screens," Ergonomics, Vol.32, No.3, pp.293-305(1989).

18. Kroemer, KHE, Grandjean E., Fitting the Task to the Human,5th ed.,Taylor & Francis Philadelphia, (1997).

19. M. A. Bullimore, P. A. Howarth, and E. Fulton,

“ Assessment of visual performance,”

*Evaluation of human work:A practical*

*ergonomics methodology*, pp. 804-839, (1995).

20. M. A. Sinclair, “Subjective assessment,”

*Evaluation of Human Work: A practical*

*ergonomics methodology*,pp.58-88, (1990).

21. S. Suzuki, M. Kajita, and K. Kato, “ Evaluation

of Accommodative Function by High Frequency

Component of Accommodative

Microfluctuation , “*Japanese journal of visual*

*science,* vol.22,no.3, pp. 93-97, (2001).

22. Saito, S., M. Sotoyama, S. Taptagaporn and T.

Suzuki,“Characteristics of vertical eye movements in theworkstation used flat panel

display (FPD),” in *Human-Computer Interaction: Applications and CaseStudies*, M. J. Smith and

G. Salvendy (eds.), Elsevier,Amsterdsm, 756-761 (1993b).

23. W. N. Charman and G. Heron,” Fluctuations in

accommodation: a review,”*Ophthalmic Physiol*

*Opt*, vol. 8, no. 2, pp. 153-164, (1988).

24. Weber, A., Jermini, C. and Grandjean, E. P. ,

“Relationship between objective and subjective

assessment of experimentally induced fatigue,”

*Ergonomics*, Vol. 18, pp.151-156 (1975).

25. Yoshitake, H., “Relation between the symptoms

and the feelings of fatigue,” In:Hashimoto, K.,

Kogi, K. and Grandjean, E. (Eds.), Methodology

in Human Fatigue Assessment, Taylor & Francis, London, pp.175-186 (1975).