

## 裸視立體顯示器之偏好視距

李德松<sup>1\*</sup> 葉雲嬰<sup>1</sup> 江慶瑜<sup>2</sup>

### 摘要

本研究旨在探討影像型式、環境照明、螢幕亮度和螢幕亮度對比，對觀看裸視立體顯示器之偏好視距(PVD)的影響。實驗結果顯示，平均 PVD 約為 1030 mm。影像型式對 PVD 影響顯著，觀看 3D 電影之 PVD 高於觀看 2D 電影之 PVD。環境照明對 PVD 影響顯著，環境照明愈高，偏好視距變長。螢幕亮度對 PVD 影響顯著，當螢幕亮度增加時，PVD 變得愈長。螢幕亮度對比對 PVD 影響不顯著。

**關鍵詞：**裸視立體顯示器、偏好視距、環境照明

### 壹、前言

電視機市場過去一直以陰極射線管顯示器電視(Cathode Ray Tube, CRT-TV)為主流，經歷了黑白電視、彩色電視以及目前的平面顯示電視(Flat Panel Display TV, FPD-TV)的發展。FPD 顯示器，包含 LCD、電漿顯示器(Plasma Display Panel, PDP)、Projection 等平面顯示器技術，隨全球環保意識的抬頭及對產品輕薄化之要求，由於電漿顯示電視(PDP-TV)與液晶顯示電視(LCD-TV)具備省電、輕薄及無輻射線之優點，因此未來 CRT-TV 將被全面取代。此外，數位電視已在全球各地陸續開播，日漸普及，具有傳統 CRT-TV 類比介面無法銜接數位播放的優勢，未來商機十分看好。液晶顯示高清晰度電視要淘汰的是傳統的映射管電視，在顏色飽和度、對

比、反應速度、銳利度等高畫質的要求，都比電腦用的液晶顯示螢幕要來得高。立體三維(stereoscopic three-dimensional, S3D)顯示器是現在視覺顯示器之新類型的最熱門的話題。iSuppli 預估，2010 年 3D 立體電視出貨量可達 420 萬台，甚至到了 2014 年將超過 5 千多萬台[1]。日本研究機構富士總研預估在 2015 年 3D 立體電視出貨量可達 8,500 萬台，約佔整體數位電視比例達 47%，甚至到 2020 年可達 1.3 億台的水準，佔整體數位電視比例達 65%[2]。

在很多文獻探討中[3-12]，Tam et al. (2011)[3]指出當與標準的 2D 電視相比較時，3D 電視的最大興趣來自於這種立體三維的技術大大提高多媒體節目之娛樂價值。

觀視距離是影響觀視績效與視覺疲勞的重要因素，有關觀看電視的合適觀視距離的研究不多，而且結果並不一致。Enoch (1959)[14]認為  $6 \frac{1}{4} W$  ( $W$  是螢幕寬度)是觀看電視的最佳視距。威斯康辛州大學設施研究中心(University (Wisconsin) Facilities Research Center) (1963) [15]建議 5 W 和 14 W 是觀看電視之最小和最大的距離。Wadsworth (1968) [16]建議 2 W 和 6 W 是觀看電視之最小和最大視距。McVey (1970)[17]指出觀看電視的最小視距為 4 W，當使用高解析度電視(800 或更多條掃描線)時，則這個最小視距可能被降低到 2 W，而觀看電視的最大距離為 8W。Ardito, Gunetti and Visca (1996)[18]發現一般人觀看電視時的偏好距離為 3W 或 5.2 H ( $H$  是螢幕高

<sup>1</sup>亞東技術學院工業管理系

<sup>2</sup>亞東技術學院運籌與行銷管理碩士班

\*通訊作者：李德松

E-mail: dersonglee@gmail.com



度)。Narita et al. (2001)[19]研究指出對 HDTV 之推薦視距為 2H 或 3H。

在顯示器上影響視覺績效和視覺疲勞有很多因素，譬如：環境照明、螢幕亮度、螢幕亮度對比等。環境照明為視覺顯示終端機(Visual Display Terminal, VDT)作業環境設計的重要考慮因素之一，目前已有許多研究建議 VDT 的環境照明水準。一般而言，對 CRT 工作站，均建議環境照明應介於 200 lx 至 500 lx 之間。Helander and Rupp (1984) [20]指出環境照明度水準的選擇，應視作業內容而定。Ostberg (1980) [21]認為，環境照明必需適當，對於需要直接從 CRT 閱讀的工作環境更是重要。Xu 和 Zhu (1990) [22]的研究則發現，較高環境照明的視覺績效比較低的環境照明佳。Chen and Lin (2004) [23]指出 TFT-LCD 與 CRT 相比較，就視覺辨別和主觀偏好而言，更低的环境照明度(200 lx)比更高的環境照明度(700 lx)稍微好一點。Shieh and Lin (2000) [24]發現螢幕類型明顯地影響視覺績效，受試者以 LCD 執行較以 CRT 執行的好，以及對 200 lx 而言，視覺績效在 450 lx 的環境照明度下較好。美國照明工程學會 (Illumination Engineering Society) (1981) [25]建議一般性辦公作業的照明水準為 750 lx，德國工業標準 (1981) [26]建議為 500 lx。有關 VDT 設備辦公室的實際照明水準調查研究發現，大部份的照明水準介於 300 到 500 lx 之間(Laubli et al., 1982; Stammerjohn et al., 1981) [27, 28]。綜上所述，對 CRT 和 LCD 螢幕之環境照明建議約 500 lx 或更低，因為他們是背光。較高的環境照明可能會沖刷在螢幕上的影像，並可能導致刺眼而干擾視覺作業。

Lee (2012)[29]在探討 TV 尺寸與環境照明對高清晰度液晶電視(high-definition television, HDTV)之偏好視距(preferred viewing distance, PVD)的影響。實驗結果顯示，TV 尺寸愈大，偏好視距也愈長，約為電視螢幕寬度(W)的 3~4 倍間；環境照明愈高，偏好視距變長。Lee & Shen (2012)[30]在探討 TV 尺寸與環境照明對可攜式液晶電視之偏好視距的影響。實驗結果顯示，TV 尺寸愈大，偏好視距也愈長，約為電視

螢幕寬度(W)的 6.7~14.7 倍間；環境照明愈高，偏好視距變長。

螢幕亮度也是影響視距的一個重要因素。螢幕亮度低影像不清楚，觀看距離會縮短。太高的螢幕亮度除了耗損能源外，也可能形成眩光，使眼睛敏銳度下降而造成視覺不適。Lee & Huang (2012)[31]指出螢幕亮度對偏好視距的影響顯著，偏好視距隨螢幕亮度由刻度 10 增至刻度 60 而增加，但 60 至 90 有些微下降的趨勢，適當的螢幕亮度水準值得探討。

亮度對比不僅影響視覺績效，而且也影響顯示品質。Snyder (1988) [32] 對高解析度液晶電視的研究，指出亮度對比是影響視覺績效的一個重要因素。亮度對比 (ANSI/HFS100-1988, 1988) [33]在視覺績效和主觀偏好上也是一個重要的因素。亮度對比一般的建議是在螢幕和眼前周圍之間 3:1 (Sanders and McCormick, 1993) [34]。在一般情況下，較高的亮度對比產生更好的視覺績效。但是，Kokoschka and Haubner (1985) [35]表示 100:1 的對比在視覺績效上似乎沒有很大的影響。Zhu and Wu (1990) [36]表示在視覺績效上螢幕亮度和亮度對比之間有交互作用。雖然提高亮度對比可以改善視覺績效，它可能在視覺績效上產生不利的影響。此外，雖然增加亮度對比可使績效增加是眾所周知的 (Zhu and Wu, 1990; Shieh and Lin, 2000; Lin, 2003) [36, 37, 38]。Lee (2012) [39]對高解析度液晶電視的研究，指出螢幕亮度對比對偏好視距的影響顯著，偏好視距隨螢幕亮度對比由刻度 10 增至 30 而增加，但刻度 30 至 90 有些微下降的趨勢。

總之，裸視 S3D 顯示器之視距的人因工程評估相當地缺乏。影響視距的因素很多，有裸視 S3D 顯示器本身的因素，如螢幕亮度和螢幕亮度對比，環境因素，如照明亮度，以及作業因子，如視距。因此，有必要進行更多的實證分析以瞭解觀看裸視 S3D 顯示器的偏好視距，以提供使用者、節目內容製作者、節目提供商、廣播電視、以及研究人員及顯示器製造商指引與建議。

因此，本研究即在探討環境照明、螢幕亮度和螢



幕亮度對比，對裸視 S3D 顯示器之偏好視距的影響，共有兩個實驗。

## 貳、研究方法

### 一、實驗設計

實驗一：自變項有兩個：(1) 影像型式：有 2 個水準，2D 和 3D；(2) 環境照明：有 3 個水準，200 lx、700 lx 和 1400 lx。影像型式與環境照明為受試者間變項。

實驗二：自變項有三個：(1) 影像型式：有 2 個水準，2D 和 3D；(2) 螢幕亮度：有 3 個水準，控制在 S3D 影像上的刻度 2、4 和 6，刻度範圍從 1 到 7，數值愈大表示影像亮度愈大。(3) 螢幕亮度對比：有 3 個水準，以 Blu-ray 磁碟播放軟體控制在 S3D 影像的刻度 -300、0 和 300，刻度範圍從-500 到 500，數值愈大表示影像亮度對比愈大。影像型式、亮度與亮度對比皆為受試者間變項。

實驗一受測者：共有 6 個受試者間處理(2 個影像型式 × 3 個環境照明)，每一個不同的受試者間處理安排 15 名受試者，共 90 位受試者參加本實驗，都是大學生。年齡在 18 到 23 之間( $M = 20.2$ ,  $SD = 1.1$ )。

實驗二受測者：共有 18 個受試者間處理(2 個影像型式 × 3 個亮度 × 3 個亮度對比)，每一個不同的受試者間處理安排 5 名受試者，共 90 位受試者參加本實驗，都是大學生。年齡在 18 到 24 之間( $M = 20.4$ ,  $SD = 1.2$ )。

均沒有色盲或其他眼疾，其裸視與矯正後視力在 0.8 以上，男女不拘。在學校的網際網站及佈告欄上張貼公告招募受試者。在研究中所有的參與者簽下書面同意書。

### 二、實驗器材

- (1) 視力計與色盲檢驗圖：用 Topcon 視力計(Topcon SS-3)來檢查受試者的視力，並以標準色盲檢驗圖檢查受試者是否有色盲。
- (2) 實驗時之光源照度以照明度計(TOPCON IM-2D)量測之。

(3) 視距以直尺量測。

(4) 資料分析以 SAS 軟體進行。

(5) 以 VeriVide CAC 120-5 照明箱控制光源及照度。

### 三、VDT 工作站

實驗在亞東技術學院工業管理系人因工程實驗室進行。VDT 工作站的安排，立體 3D 顯示器(Toshiba Qosmio F750 3D notebook, 15.6 inches, 顯示器大小: 345 mm (W) x 195 mm (H), 解析度: 1920 × 1080 dots)置於照明箱，離桌緣 320 mm，以及離地面高度為 730 mm 的桌面上，S3D 的螢幕角度垂直於桌面上，座椅高度為 460 mm，受試者頭部緊靠著支撐架控制。實驗室溫度控制在 26 度 C，音量的大小設定在 55~60 db (離 S3D 之 500 mm 處測量)。環境照明在設計之水準±1%內。實驗一：S3D 顯示器之亮度設定為 270 cd/m<sup>2</sup>，亮度值設定為 135 cd/m<sup>2</sup>，這些尺寸皆固定不變。

### 四、實驗程序

電影標題為“Pirates of the caribbean on stranger tides”(刺激材料)，在實驗過程中可以使用 2D 或 3D 格式顯示，從藍光 DVD 播放。影片的顯示格式是藍光 3D，螢幕解析度設定為 1920 × 1080 點。電影由 Blu-ray Disc Player 軟件播放。每一名受試者都需要進行以下步驟：

- (1) 請受試者調整座位，頭部靠在支撐架上，兩眼注視螢幕中央。
- (2) 受試者觀看 5 分鐘的電影，請受試者調整出偏好的視距，進行量測視距。
- (3) 重複步驟 (1) - (2) 完成其他處理組合。

每一位受試者完成整個實驗約需 15 分鐘，受試者實驗報酬為 100 元。

## 參、結果分析

### 一、實驗一

表 1 中分別顯示自變數各水準下 PVD 之平均數與標準差。以下為偏好視距的變異數分析結果。



表1 自變數各水準下PVD之平均數和標準差

自變數	平均數	標準差
影像型式		
2D	949	255
3D	1065	234
照明度 (lx)		
200	822	247
700	1092	175
1200	1108	217
總平均	1007	250

表1中顯示在影像型式2D與3D上之PVD，分別為 949 mm與 1065 mm。表2 PVD變異數分析的結果，影像型式對PVD影響顯著( $F_{(1, 84)} = 7.04, p < 0.01$ )。觀看3D電影之PVD(約為3.1W、5.5H)高於觀看2D電影之PVD(約為2.8W、4.9H)。

環境照明愈低，PVD 似乎愈小，變異數分析結果顯示，環境照明對偏好視距影響顯著( $F_{(2, 84)} = 17.93, p < 0.01$ )，如表 2 所示。以 LSD 多重檢定求得二組間的臨界差異值為 106.7 mm。LSD 多重檢定結果顯示，環境照明除了在 700 lx (1092 mm)與 1200 lx (1108 mm)兩者之間在偏好視距上無顯著差異之外，200 lx (822 mm)與其他照明度之間在偏好視距上有顯著地差異。隨著環境照明的增加，偏好視距有增加的趨勢。

表2 PVD 變異數分析表

變異來源	自由度	SS	MS	F
影像型式	1	303921.11	303921.11	7.04 **
照明度	2	1547828.89	773914.44	17.93 **
影像型式*照明度	2	91002.22	45501.11	1.05
誤差	84	3625453.33	43160.16	

\*\* Significant at  $\alpha = 0.01$  level.

## 二、實驗二

表3 中分別顯示自變數各水準下PVD之平均數與標準差。以下為偏好視距的變異數分析結果。

表3 自變數各水準下PVD之平均數和標準差

自變數	平均數	標準差
影像型式		
2D	954	328
3D	1093	300
螢幕亮度刻度		
2	934	346
4	981	236
6	1155	334
螢幕亮度對比刻度		
-300	1032	208
0	1015	359
300	1023	348
總平均	1023	319

表3中顯示在影像型式2D與3D上之PVD，分別為 954 mm與 1093 mm。表4 PVD變異數分析的結果，影像型式對PVD影響顯著( $F_{(1, 72)} = 4.59, p < 0.05$ )。觀看3D電影之PVD(約為3.2W、5.6H)高於觀看2D電影之PVD(約為2.8W、4.9H)。

螢幕亮度刻度在 2、4 和 6 的 PVD，分別為 934 mm、981 mm 及 1155 mm，當螢幕亮度增加時，PVD 變得愈長。表4 PVD變異數分析結果顯示，螢幕亮度對PVD影響顯著( $F_{(2, 72)} = 4.28, p < 0.05$ )。以LSD多重檢定求得二組間的臨界差異值為 158.5 mm。LSD 的多重檢定結果顯示，PVD在螢幕亮度 6 (1155 mm)時最長，而螢幕亮度在 2 (934 mm)與 4 (934 mm)兩者之間時，PVD似乎無顯著地差異。

表4 PVD 變異數分析表

變異來源	自由度	SS	MS	F
影像型式	1	435417.78	435417.78	4.59 *
螢幕亮度	2	811475.56	405737.78	4.28 *
影像型式*螢幕亮度	2	423368.89	211684.44	2.23
亮度對比	2	4175.56	2087.78	0.02
影像型式*亮度對比	2	223535.56	111767.78	1.18
螢幕亮度*亮度對比	4	201157.78	50289.44	0.53
影像型式*螢幕亮度*亮度對比	4	212917.78	53229.44	0.56
誤差	72	6823680.00	94773.33	

\* Significant at  $\alpha = 0.05$  level.

PVD在螢幕亮度對比刻度為 -300、0、300時，分別為 1032 mm、1015 mm 和 1023 mm。變異數分析的結果，螢幕亮度對比對PVD的影響不顯著。



## 肆、討論與結論

本研究的主要目的在探討影像型式、環境照明、螢幕亮度和螢幕亮度對比，對觀看裸視立體顯示器之 PVD 的影響。

以電視螢幕的寬/高(W/H)來看，2D與3D之PVD約在3W/5.5H附近。此數值與Ardito et al. (1996)和Lee (2012)的研究結果相近，原因可能是這三個研究都以HDTV為對象，且量測偏好視距。然而，本研究結果所得到的數據卻高於Narita et al. (2001)與Sakamoto et al. (2008)所推薦的3~4H，不過這兩個研究所採用的是固定視距下的視覺疲勞，與本研究所用的自由選擇偏好觀視距離不同。就影像型式而言，本研究發現在觀看3D電影之PVD比觀看2D電影之PVD為高。

環境照明方面，比較低的環境照明(200 lx)的PVD較短。可能原因是低環境照明下瞳孔開的較大，造成較大的像差(aberration)及較差的立體視覺(depth of vision)(Westheimer, 1964) [40]。本研究結果顯示700 lx的照明度似乎比較恰當，照明不能太低，也不能太高，一般客廳照明500~700 lx似乎適中。

螢幕亮度方面，如所預期的，比較低的螢幕亮度(2)的PVD較短，因為螢幕比較暗，必須較短觀看距離才能看清楚影像。隨著螢幕亮度的增加到4，PVD稍為增長，但沒有顯著的差異。但螢幕亮度由4增至6，變得較亮以後，PVD顯著的增長。

本研究的結果顯示，裸視立體顯示器的偏好視距約為螢幕寬度的3倍左右，螢幕亮度的調整似乎約在刻度4~6較為適中。

## 誌謝

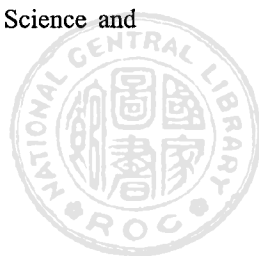
本研究由國科會計畫 NSC 101-2221-E-161 -003 補助，特此致謝。

## 參考文獻

1. iSuppli,  
[http://www.isuppli.com/Products/L2\\_TVSystems.aspx](http://www.isuppli.com/Products/L2_TVSystems.aspx), (2010).
2. Fuji Chimera Research Institute, Inc., 2011,  
<http://www.fcr.co.jp/en/>
3. Tam, W. J., F. Speranza, S. Yano, K. Shimono, and H. Ono, "Stereoscopic 3D-TV Visual Comfort," *IEEE Transactions on Broadcasting*, 57, 335-346 (2011).
4. Yano, S., "Experimental stereoscopic high-definition television," *Displays*, vol. 12, 58-64 (1991).
5. Yano, S. and I. Yuyama, "Stereoscopic HDTV: Experimental system and psychological effects," *SMPTE J.*, vol. 100, 14-18 (1991).
6. IJsselsteijn, W. A., H. de Ridder, R. Hamberg, D. Bouwhuis, and J. Freeman, "Perceived depth and the feeling of presence in 3DTV," *Displays*, vol. 18, 207-214 (1998).
7. Freeman, J. and S. E. Avons, "Focus group exploration of presence through advanced broadcast services," in *Proc. Human Vis. Electron. Imaging V*, vol. 3959, 530-539 (2000).
8. Häkkinen, J., T. Kawai, I. Takatalo, T. Leisti, J. Radun, A. Hirsaho, and G. Nyman, "Measuring stereoscopic image quality experience with interpretation based quality methodology," in *Proc. Image Quality Syst. Perform.*, vol. 6808, 68081B-1-68081B-12 (2008).
9. Kaptein, R. G., A. Kuijsters, M. T. M. Lambooi, W. A. IJsselsteijn, and I. Heynderickx, "Performance evaluation of 3D-TV systems," in *Proc. Electron. Imaging Image Quality Syst. Perform. V*, vol. 6808, 680819-1-680819-11 (2008).
10. Berthold, A., "The influence of blur on the perceived quality and sensation of depth of 2D and stereo images," in *ATR Human Inf. Process. Res. Lab. Tech. Rep.*, TR-H-232, Kyoto, Japan (1997).
11. Seuntiëns, P. J., I. E. Heynderickx, W. A. IJsselsteijn, P. M. J. van den Avoort, J. Berentsen, I. J. Dalm, M. T. Lambooi, and W. Oosting, "Viewing experience and naturalness of 3D images," in *Proc. 3-D TV, Video, Display IV*, vol. 6016, 601605-601607



- (2005).
12. Stelmach, L., W. J. Tam, and D. Meegan, "Perceptual basis of stereo-scopic video," in Proc. Stereoscopic Displays Virtual Reality Syst. VI, vol. 3839, 260-265 (1999).
  13. Brooks, F., "What's real about virtual reality?," Computer Graphics and Applications, IEEE, 19(6), 16-27 (1999).
  14. Enoch, J. M., "Effect of the size of a complex display upon visual search," Journal of the Optical Society of America, 49, 280-286 (1959).
  15. University Facilities Research Center, Space for audio-visual large group instruction, Madison: University of Wisconsin, (1963).
  16. Wadsworth, R. H., "The practical considerations in designing audiovisual facilities," Architectural Record, 144, 149-160 (1968).
  17. McVey, G. F., "Television: Some Viewer-Display Considerations," *AV COMMUNICATION REVIEW*, VOL. 18, NO. 3, 277-290 (1970).
  18. Ardito, M., M. Gunetti and M. Visca, "Influence of display parameters on perceived HDTV quality," *Consumer Electronics*, IEEE Transactions on Volume 42, Issue 1, 145-155 (1996).
  19. Narita, N., M. Kanazawa and F. Okano, "Optimum Screen Size and Viewing Distance Ultra High Definition and Wide-Screen Images," *The Journal of Institute of Image Information and Television Engineers*, 55(5), 773-780 (2001).
  20. Helander, M. G. and B. A. Rupp, "An overview of standards and guidelines for visual display terminals," *Appl. Ergonomics*, 15, 185-195 (1984).
  21. Ostberg, O., "Accommodation and visual fatigue in display word," In: Grandjean, E. and Vigliani, E. (Eds.), *Ergonomic aspects of visual display terminals*, Taylor and Francis, London, 41-52 (1980).
  22. Xu, W. and Z. Zhu, "The effects of ambient illumination and target luminance on colour coding in a CRT display", *Ergonomics*, 33, 933-944 (1990).
  23. Chen, M. T. and C. C. Lin, "Comparison of TFT-LCD and CRT on visual recognition and subjective preference," *International Journal of Industrial Ergonomics*, 34, 167-174 (2004).
  24. Shieh, K. K. and C. C. Lin, "Effects of screen type, ambient illuminance, and color combination on VDT visual performance and subjective preference," *International Journal of Industrial Ergonomics*, 26, 527-536 (2000).
  25. Illuminating Engineering Society, *IES lighting handbook (Application vol.)*. New York (1981).
  26. DIN 66234, "Characteristic values for the adaptation of workstations with fluorescent screens to humans," Parts 1-9. German DIN Association (1981).
  27. Laubli, Th., W. Hunting, and E. Grandjean, "Visual impairments in VDU operators related to environmental conditions," In: Grandjean, E., Vigliani, E. (Eds.), *Ergonomics Aspects of Visual Display Terminals*, Taylor & Francis, London (1982).
  28. Stammerjohn, L. W., M. J. Smith and B. G. F. Cohen, "Evaluation of work station design factors in VDT operations," *Hum. Factors*, 23, 401-412 (1981).
  29. Lee, D. S., "Preferred Viewing Distance of Liquid Crystal High-Definition Television," *Applied Ergonomics*, 43, 151-156 (2012).
  30. Lee, D. S. and I-Hsuan Shen, "Effects of illumination conditions on preferred viewing distance of portable liquid crystal television," *Journal of the Society for Information Display*, 20/7, 360-366 (2012).
  31. Lee, D. S. and M. L. Huang, "Screen luminance, subtitle, and viewing angle on viewing distance of liquid crystal display high-definition television," *International Conference on Computer Science and*



- Electronic Engineering, March 23-25, 3, 106-109 (2012).
32. Snyder, H. L., Image quality, In Helander, M (Ed.), Handbook of Human-Computer interaction, Elsevier, Amsterdam (1988).
33. ANSI/HFS 100-1988, American National Standard for Human Factors Engineering of Visual Display Terminal Workstations, Human Factors Society, Inc., Santa Monica, California, (1988).
34. Sanders, M. S. and E. J. McCormick, "Human Factors in Engineering and Design," McGraw-Hill, Singapore (1993).
35. S. Kokoschka and P. Haubner, "Luminance ratios at visual display workstations and visual performance," Lighting research and Technology, 17, 138 (1985).
36. Zhu, Z. and J. Wu, "On the standardization of VDT's proper and optimal contrast range," Ergonomics, 33 (7), 925-932 (1990).
37. Shieh, K. K. and C. C. Lin, "Effects of screen type, ambient illuminance, and color combination on VDT visual performance and subjective preference," International Journal of Industrial Ergonomics, 26, 527-536 (2000).
38. Lin, C. C., "Effects of contrast ratio and text color on visual performance with TFT-LCD," International Journal of Industrial Ergonomics, 31, 65-72, 2003.
39. Lee, D. S., "Screen luminance contrast, subtitle type, and viewing angle on viewing distance of liquid crystal display high-definition television," Journal of Ergonomic Study, Vol. 14, No.2, 1-11 (2012).
40. Westheimer, G., "Pupil size and visual resolution," *Vision Research*, 4, 39-45 (1964).



## Preferred Viewing Distance of naked-stereoscopic three-dimensional display

Der-Song Lee<sup>1,\*</sup> Yun-Ying Yeh<sup>1</sup> Ching-Yu Chiang<sup>2</sup>

### Abstract

This study explored the effect of display type, illumination, screen luminance and screen luminance contrast on preferred viewing distance (PVD) in naked-stereoscopic three-dimensional display (NS3D). Results showed that the mean PVD was about 1030 mm. Display type had significant effects on PVD. The PVD was higher for watching the movie with display type 3D than with display type 2D. Illumination significantly affected PVD. The greater the illumination, the greater the PVD. Screen luminance had significant effects on PVD. As the scale of screen luminance increased, the longer the PVD became. Screen luminance contrast had no significant effects on PVD.

**Keywords:** Naked-stereoscopic three-dimensional (NS3D), Preferred viewing distance (PVD), Illumination

---

<sup>1</sup> Department of Industrial Management, Oriental Institute of Technology

<sup>2</sup> Graduate Institute of Logistic Management, Oriental Institute of Technology

\*Correspondence author. E-mail : dersonglee@gmail.com

