

視覺提示呈現方式和輔助說明視覺設計對 360°全景線上虛擬展覽之介面使用性研究

陳建雄* 翟偉民**

* 國立台灣科技大學
cchen@mail.ntust.edu.tw

** 深圳技術大學
zhaiweimin@sztu.edu.cn (通訊作者)

摘要

自新型冠狀病毒 (Covid-19) 疫情爆發以來，全世界的實體展覽受到前所未有挑戰。然而，線上虛擬展覽打破了時間和空間的限制，為參觀者創造了全新的互動方式。近年來，線上設計作品展覽已經成為線上教育非常重要的資源和趨勢。不過目前以 360° 全景線上虛擬展覽之介面使用性研究仍然缺乏，本研究旨在探討 360° 全景線上虛擬展覽介面之視覺提示、輔助說明背景透明度和輔助說明背景顯示模式三個研究變項，調查使用者視覺搜索的客觀績效與主觀感受影響。實驗採用便利抽樣方式邀請 72 位受測者進行 2 (靜態、動態) × 2 (透明度為 0%、透明度為 25%) × 2 (正極性、負極性) 受測者間 (between-subjects) 實驗設計，採用三因子變異數分析 (three-way ANOVA)。結果發現：(1) 在與 360° 全景線上虛擬展覽介面互動過程中，動態提示能提昇使用者的視覺搜索表現和主觀偏好程度。(2) 輔助說明背景顯示模式影響使用者的視覺搜索表現，在感知資訊位置和資訊比較的任務中，黑底白字的輔助說明視覺呈現具有更好的操作表現。(3) 當視覺提示為靜態呈現時，使用者在輔助說明背景透明度為 25% 的視覺搜索表現較好；但，當視覺提示為動態呈現時候，使用者在不透明背景的輔助說明下視覺搜索表現更佳。(4) 當視覺提示為靜態呈現時候，負極性 (黑底白字) 的輔助說明背景對使用者視覺搜索表現較好；當在視覺提示為動態呈現時候結果卻相反。(5) 使用者更偏好的輔助說明背景透明度為 25%。本研究的結果能夠幫助提昇參觀者在 360° 全景線上虛擬展覽中的視覺搜索成效和使用者經驗，並能夠為使用者在行動設備上觀看 360° 全景線上虛擬展覽介面視覺設計實務提供參考依據。

關鍵詞：虛擬展覽、360° 全景、視覺提示、透明度、顯示模式、使用者經驗

論文引用：陳建雄、翟偉民 (2024)。視覺提示呈現方式和輔助說明視覺設計對 360° 全景線上虛擬展覽之介面使用性研究。《設計學報》，29 (2)，49-72。

一、前言

1-1 背景

後疫情時代，人們的生活、消費和工作方式正面臨著朝向數位化場景的快速轉型階段 (Wang & Han, 2022)。近些年，線上展覽的議題引起了許多研究人員的興趣 (Antoniou, Lepouras, & Vassilakis, 2013)。線上展覽是指依靠網路平臺，透過電腦和行動設備瀏覽的展覽 (Walczak, Cellary, & White, 2006)，線上展覽打破了時間和空間的局限，不僅為觀眾提供了長久展示的方式而且可以不斷更新線上展覽資源 (Navarrete, 2019)，這無疑創造了全新的使用者經驗方式 (Ke & Jiang, 2019)。

一般而言，虛擬實境 (virtual reality, VR) 技術是線上展覽傳遞使用者以更具豐富和吸引力的資訊來進行互動的技術之一 (Baratè, Ludovico, Motola, & Presti, 2022)。隨著行動裝置的數量逐年快速增加，智慧型手機和平板電腦的廣泛使用也促進了虛擬展覽的發展，並為使用者提供更豐富的互動內容。其中，基於 360° 全景技術建構虛擬展覽能以最低的成本和最短的時間實現虛擬展覽與使用者的互動效果 (Eason, Noble, & Sneddon, 1955)。全景技術是基於二維全景圖像發展而來的，其原理是將圖像投影透視後轉化為球形結構，讓使用者可以 360° 觀察環境，這極大程度滿足使用者的互動操作，為使用者提供身臨其境的 VR 體驗效果 (Si, Meng, & Jiang, 2021)。目前最新的研究也更為關注如何提昇參觀者線上觀看展品資訊的體驗 (Hsieh, Lee, Chen, & Wang, 2022)。可以說，線上展覽的目的是為了提高觀眾的認知和使用者體驗 (Styliani, Fotis, Kostas, & Petros, 2009)。尤其在呈現時候應該重視內容和視覺形式來滿足使用者在觀展過程中的視覺感受 (Tong, Cui, & Chen, 2018)。虛擬展覽透過視覺設計元素提供現實世界裡無法複製的獨特視覺體驗，深刻影響使用者的認知、情感和行為反應，因此受到愈來愈多的研究關注 (Chung, Kim, & Kim, 2024)。視覺提示和輔助說明使用者在虛擬展覽環境中互動的基礎，能讓使用者更有效地獲取資訊 (Chao et al., 2021)。然而，目前尚無針對 360° 全景線上虛擬展覽介面之視覺提示呈現方式與輔助說明的相關研究，因此視覺設計模式仍值得更進一步深入探索。

總而言之，虛擬展覽打破了時間和空間的局限，給使用者帶來愈來愈多的感官刺激和使用者體驗 (Chung, Kim, & Kim, 2024)。隨著行動裝置的不斷普及，使用行動裝置和虛擬實境 (VR) 技術相結合的虛擬展覽大大地提昇了使用者線上觀展的互動體驗 (Lo et al., 2019)。目前大多數虛擬展覽都專注於視覺開發，以提高使用者體驗 (Xu, Yang, Guo, Gao, & Yin, 2023)。然而，在行動裝置中基於 360° 全景技術建構虛擬展覽之視覺設計研究尚不多見。因此，在 360° 全景線上虛擬展覽中尋求新的呈現方式以提昇線上展覽介面的使用性仍然是當前重要之設計考量。

1-2 目的

本研究探討 360° 全景線上虛擬展覽之介面視覺設計要素對使用者線上互動體驗之影響，以提昇線上虛擬展覽介面的使用性。根據線上虛擬展覽的相關研究，本研究試圖對 360° 全景線上虛擬展覽介面之視覺設計要素進行評估，比較在行動裝置上操作不同視覺提示呈現方式、輔助說明背景透明度和背景顯示模式時使用者的任務表現和主觀感受。

本研究主要目的包括：(1) 探討 360° 全景線上虛擬展覽介面之視覺提示呈現方式、輔助說明背景透明度和背景顯示模式中使用者視覺搜索的客觀績效，以能提出符合使用者心智模式的視覺設計建議。(2) 探討 360° 全景線上虛擬展覽介面之視覺提示呈現方式、輔助說明背景透明度和背景顯示模式中使用者主觀評量的影響，作為優化虛擬展覽介面設計之參考。

二、文獻探討

對於人類來說，視覺系統是獲取外部資訊最關鍵的管道之一，對使用者處理資訊和做決定有很大的影響 (Bar, Neta, & Linz, 2006)。就使用者體驗而言，視覺呈現是虛擬展覽的重要內容 (Bonis, Stamos, Vosinakis, Andreou, & Panayiotopoulos, 2009)。線上虛擬展覽的資訊通常以文本、圖片以及影片等視覺元素呈現 (Hansen, 2006)。過去許多研究探討線上虛擬展覽的資訊設計，如：Yuen 和 Ramaiah (2013) 定義了線上展覽的資訊呈現方式，Bonis 等人 (2009) 強調了虛擬博物館中資訊呈現的重要性。Bastanlar (2007) 討論了使用者在虛擬展覽空間中獲取資訊的偏好。此外，Kim 和 Hong (2020) 發現在很多時候使用者專注享受 3D 虛擬環境，但是對虛擬展覽顯示資訊方面關注較少。在虛擬環境中，輔助說明是非常常見的文本提示，可以凸顯資訊之間的關係，幫助使用者加深對資訊的理解 (Vogt, Albus, & Seufert, 2021)。此外，視覺提示對使用者注意力的引導和視覺搜索方面有很大影響 (Kühl, Scheiter, & Gerjets, 2012)。360° 全景線上虛擬展覽中使用者需要處理許多資訊，然而使用者處理資訊的能力卻是非常有限的 (Chen & Zhai, 2023)。透過合理的視覺設計呈現方式對提昇使用者的互動體驗非常重要。因此，本次研究主要聚焦探討 360° 全景線上虛擬展覽介面之視覺提示呈現方式與輔助說明視覺設計 (包括輔助說明背景透明度和背景顯示模式) 對使用者視覺搜索表現和主觀感受的影響。

2-1 視覺提示

視覺提示是指出現在週邊的視覺刺激，並且這種視覺刺激可以在空間上改變使用者視覺處理的優先順序 (Tolsá -Caballero & Tsay, 2022)。合理的視覺提示可以促進使用者即時認知反饋 (Strada, Battezzorre, Ameglio, Turello, & Bottino, 2022)。然而，也有研究發現在 360° 全景圖中，視覺提示在降低使用者空間定位的同時，也會消耗使用者有限的認知資源 (Liu, Xu, Yang, Li, & Huang, 2022)，過度的視覺提示甚至可能造成較差的使用者經驗 (Strada et al., 2022)。有研究發現閃爍作為一種動態提示可以有效地吸引使用者的注意力，提高視覺搜索能力 (Nothdurft, 2002)。然而，也有研究發現閃爍作為一種持續動態呈現的方式可能會分散使用者注意力，從而影響使用者操作表現 (Azuma & Furmanski, 2003)。總之，視覺提示是影響使用者視覺搜索和資訊處理的重要因素之一，不同視覺提示在使用性方面和使用者偏好方面存在很大差異 (Chen, Wu, & Zhu, 2018)，過去很多研究普遍認為動態視覺線索也比靜態視覺線索更容易識別和記憶 (Bould, Morris, & Wink, 2008; Lander & Bruce, 2000)。在虛擬或增強現實環境中，過去有研究提出採用動態和靜態視覺提示相結合的設計策略來減輕使用者認知負荷 (Hwang & Shin, 2018)。然而關於視覺提示的呈現方式在 360° 全景線上虛擬展覽的研究還尚有不足。因此本研究的自變數為視覺呈現方式，並採用動態提示和靜態提示兩種層級來進行比較評估，以提高使用者在 360° 全景線上虛擬展覽的互動表現。

2-2 虛擬輔助說明視覺設計

在虛擬環境中，輔助說明可以被定義為為使用者提供的額外可用資訊 (Dominic & Robb, 2020)。目前，很多研究聚焦探討輔助說明對引導使用者注意力分配和認知處理方面的問題 (Fan, Li, & Su, 2022)。近些年，虛擬輔助說明 (virtual annotation, VA) 在諸多領域得到廣泛運用，例如，虛擬輔助說明在遠距醫療中提高了手術操作的效率 (Zhang, Zhou, Zhu, & Ji, 2022)。虛擬輔助說明在旅遊領域中，通常在螢幕背景上疊加文本或圖像方式為使用者提供參考路線資訊 (Orlosky, Kiyokawa, & Takemura, 2014)。然而，也有研究發現，虛擬輔助說明可能會分散使用者的注意力並影響操作性能 (Orlosky et al., 2014)。此外，還有研究發現不合理的輔助說明視覺設計可能造成使用者花費更多的時間去理解 (Rijnsburger &

Kratz, 2017)。甚至有可能嚴重阻礙使用者即時處理所需的資訊 (Hong, Zhang, Su, & Zhang, 2020)，過去研究發現虛擬輔助說明的視覺特徵 (形狀、大小、格式、顏色對比度、位置等) 可能影響使用者的理解 (Fan, Koenig, Zhao, & Kankanhalli, 2020)。也有一些研究強調輔助說明在操作過程中分散了注意力，並影響操作，與此同時，近些年以人為本的角度來探討輔助說明的研究還比較匱乏 (Hong et al., 2020)，因此本研究聚焦探討 360° 全景線上虛擬展覽中的虛擬輔助說明視覺設計對使用者互動體驗的影響。

2-2.1 透明度

透明度是指顏色值與飽和度的變化，可以很好地解決遮擋問題 (Neuville, Pouliot, Poux, De Rudder, & Billen, 2018)。此外，透明度還可以很好地引導使用者視覺注意力。過去有研究指出透明度會導致前景和背景資訊的融合，一定程度上會增加視覺的複雜度，進而影響可讀性 (Baudisch & Gutwin, 2004)。Kim 和 Lee (2018) 認為，透明度可以在有限的螢幕尺寸上擴大資訊的呈現，而透明度高於 50% 會影響使用者的閱讀性。在一個虛擬環境介面的研究中，採用 80% 透明度的俯瞰地圖尋路績效優於 20% 透明度的俯瞰地圖 (陳建雄 & 陳夢兮, 2022)。另有研究發現，消費者在操作滑鼠懸停彈窗的線上購物網站中，與彈窗背景透明度為 0%、50% 相比，彈窗背景透明度為 25% 具有較高的操作性能和視覺吸引力 (Chen & Zhai, 2023)。此外，有研究發現具有透明效果的彈出式視窗可以減少對背景的遮擋 (Harrison, Ishii, Vicente, & Buxton, 1995)。亦有研究發現較低的透明度會造成大量的干擾並影響使用者對資訊的閱讀 (Baudisch & Gutwin, 2004)。Harrison 等人 (1995) 研究發現介面中不透明的窗口會遮蔽背景，在一定程度上干擾了使用者獲取資訊的能力。所以建議彈窗的透明度應該設置在合理的範圍內。綜上所述，透明度在人機互動領域中被廣泛應用。然而，目前還沒有關於 360° 全景線上虛擬展覽中輔助說明透明度設計的定論。因此，本研究採用輔助說明背景透明度 0% (不透明) 與 25% 為研究設計，了解其對 360° 全景線上虛擬展覽介面使用性的影響。

2-2.2 顯示模式

顯示模式 (display mode) 乃指電腦或其他電子設備上的一種視覺設置，用於控制螢幕上顯示的內容和方式 (He, Zhi, Du, & Feng, 2023)。顯示模式是人機介面 (human machine interface, HMI) 的一個重要組成部分；可以幫助使用者感知和理解任務條件 (Liang et al., 2023)，藉以提高閱讀性能 (Sanchez & Wiley, 2009)。

隨著智慧型手機的迅速崛起，以及數位顯示器與愈來愈多技術的結合，使得數位螢幕成為日常生活中不可或缺的一部分 (Dobres et al., 2016)。近些年，極性如何影響易讀性的問題愈來愈受到重視 (Dobres et al., 2016)，有研究發現易讀性與極性之間存在線性關係 (Kong, Lee, Jung, & Song, 2011)，在日常生活中，智慧型手機介面比較常見的顯示背景是白底黑字或黑底白字，亦被稱為亮模式 (light mode) 和暗模式 (dark mode) (Lin & Chen, 2021)。

已有許多研究探討文本和背景對比度對使用者的閱讀時間、閱讀速度、偏好、錯誤率和疲勞程度等諸多方面的影響 (Tomioka, 2007; Wang, Tseng, & Jeng, 2007)。此外，根據 Lalomia 與 Happ (1987) 的研究，使用黑色和白色作為文本和背景顏色，能提供使用者更好的可讀性。此外，當文本是白色，而背景是黑色的時候，資訊呈現看起來更精細 (Lin & Chen, 2021)。過去有研究比較了正極性顯示 (白底黑字) 和負極性顯示 (黑底白字) 的差異，結果發現正極性顯比負極性易讀性更高 (Dobres et al., 2016)。然而，亦有研究對於黑底白字或白底黑字，是否對使用者視覺搜索成效的影響，並沒有得出明確的結論 (Kong et al., 2011)。極性到目前為止，在虛擬環境輔助說明背景的顯示模式還沒有統一的標準，因此本次研究聚焦探討 360° 全景線上虛擬展覽中的虛擬輔助說明背景顯示模式對使用者體驗的影響。並採

用正極性（白底黑字）和負極性（黑底白字）作為虛擬輔助說明顯示模式因子的層級，研究其對 360° 全景線上虛擬展覽介面使用性的影響。

整體而言，過去很多研究探討了視覺提示與輔助說明視覺設計在互動介面中的應用。然而，不同的視覺提示呈現方式、輔助說明背景透明度和輔助說明背景顯示模式對使用者使用行動設備瀏覽線上虛擬展覽的影響尚不清楚，故本研究根據上述文獻所探討的相關因素作為後續實驗設計的研究基礎。希望為使用者在行動設備上觀看 360° 全景線上虛擬展覽介面視覺設計實務提供參考依據。

三、研究方法

研究調查在行動設備中操作 360° 全景線上虛擬展覽時，視覺提示呈現方式、輔助說明背景透明度和輔助說明顯示模式對受測者操作績效和主觀感受的影響。研究採用 $2 \times 2 \times 2$ 受測者間（between-subjects）實驗設計，實驗自變數分別為視覺提示呈現方式（靜態、動態）、輔助說明背景透明度（0%、25%）、輔助說明顯示模式（正極性、負極性）。實驗的依變數為受測者的操作績效和主觀評量。本研究的具體問題如下：

1. 使用不同的輔助說明背景透明度的 360° 全景線上虛擬展覽中視覺搜索績效是否有顯著差異？
2. 使用不同的視覺提示呈現方式的 360° 全景線上虛擬展覽中視覺搜索績效是否有顯著差異？
3. 輔助說明顯示模式在 360° 全景線上虛擬展覽中是否會影響視覺搜索績效？
4. 視覺提示呈現方式和輔助說明背景透明度在 360° 全景線上虛擬展覽中視覺搜索績效是否有顯著交互作用？
5. 視覺提示呈現方式和輔助說明顯示模式在 360° 全景線上虛擬展覽中之視覺搜索績效是否有顯著交互作用？
6. 視覺提示與輔助說明背景顯示模式在主觀感受上是否存在顯著的交互作用？

3-1 受測者

本研究採用便利抽樣方法募集 72 位受測者，實驗採用面對面的方式進行操作，所有受測者在一個安靜的環境裡逐一測試。其中有 33 位女性，39 位男性。年齡主要分佈為 18-30 歲，受測者中有 54 人（75%）為在校大學生，其中 13 人（18%）為碩士研究生，另外 5 人（7%）為博士研究生。受測者中有 48 人（67%）曾在行動應用程式端操作過 360° 全景線上虛擬展覽，只有 24 人（33%）從未有任何操作經驗。所有受測者都有標準或矯正後的正常視力，並且是右撇子。使用行動應用程式沒有任何障礙，此外每位受測者都可以獨立完成實驗。受測者同意參與並簽署了知情同意書。依據實驗要求將受測者以隨機方式分為 8 組。實驗持續時間約為 20 分鐘，參與實驗的受測者獲得約 100 元新台幣的報酬。

3-2 實驗設計與原型設計

本實驗作業系統的軟體製作流程為：首先採用 3DsMax 2012 軟體建置一個單層的虛擬展廳模型並在 V-Ray 渲染器中採用球形視野（覆蓋視野為 360°）渲染出圖像縱橫比為 2:1 的高解析度設計作品虛擬展廳室內場景效果圖作為實驗素材，如圖 1 所示。



圖 1. 實驗之虛擬展廳室內場景 360° 全景效果圖

而後將虛擬展廳效果圖加載入「蛙色」應用程式之 VR 全景雲平台中進行原型製作，並設置實驗所需要的參數，最後輸出為行動應用程式的原型設計。展廳所展示的內容為豎版的家具設計作品展板。为了更好地引導和介紹展覽作品，每一個展板會有一個資訊視窗來展示作品輔助說明，內容主要為作品名稱、創作者基本資料、指導老師以及作品材質等相關資訊。值得說明的是過去的研究強調 360° 全景，但使用者不容易在虛擬空間內進行自由移動 (Rahaman, Champion, & McMeekin, 2023)，受測者儘透過滑動螢幕來改變觀看視角。而此研究設計在操作過程中，受 360° 全景圖的特殊呈現效果，所有展板資訊也會隨著使用者視角的改變而呈現不同的透視比例，受測者在線瀏覽展廳的過程中還可以透過滑動來放大和縮小，拉近視野距離進而能夠選擇性地瀏覽展板資訊。此外，本次實驗共設置了 12 個視覺提示點，視覺提示為圓點圖形圖標，均放置在作品展板內部來引導使用者的視覺注意力。另外，在 3DsMax 2012 軟體模擬的全景相機點的位置設置在該展廳的中心位置，以保證各展板和視點的距離均相近，實驗所設置的任務操作均在一個的虛擬室內場景中完成。實驗載體為蘋果 (iPhone) 手機 10.3.3 版之 iOS 系統，螢幕大小為 5.5 英吋，解析度為 1920x1080，1200 萬像素。本實驗共設計 8 種行動應用程式的原型，其中視覺提示呈現方式為靜態和動態，輔助說明背景透明度為 0% (完全透明) 和 25%，輔助說明顯示模式為正極性 (白底黑字) 和負極性 (黑底白字)。除此之外，過去有研究明確指出動態提示的頻率會影響使用者的視覺搜索性，並且指出 2 Hz 的閃爍頻率是使用者可以接受的，超過 4 Hz 的閃爍頻率會引起使用者的視覺不適 (Lewandowska, Dziśko, & Jankowski, 2022)，因此，本次實驗的動態提示的頻率為 2 Hz 的持續閃爍視覺提示，如圖 2 和圖 3 所示。

		視覺提示呈現方式			
		靜態		動態	
		資訊背景顯示模式		資訊背景顯示模式	
		正極性	負極性	正極性	負極性
資訊背景透明度	25%透明度				
	0%透明度				

圖 2. 實驗之 8 種行動應用程式的原型設計

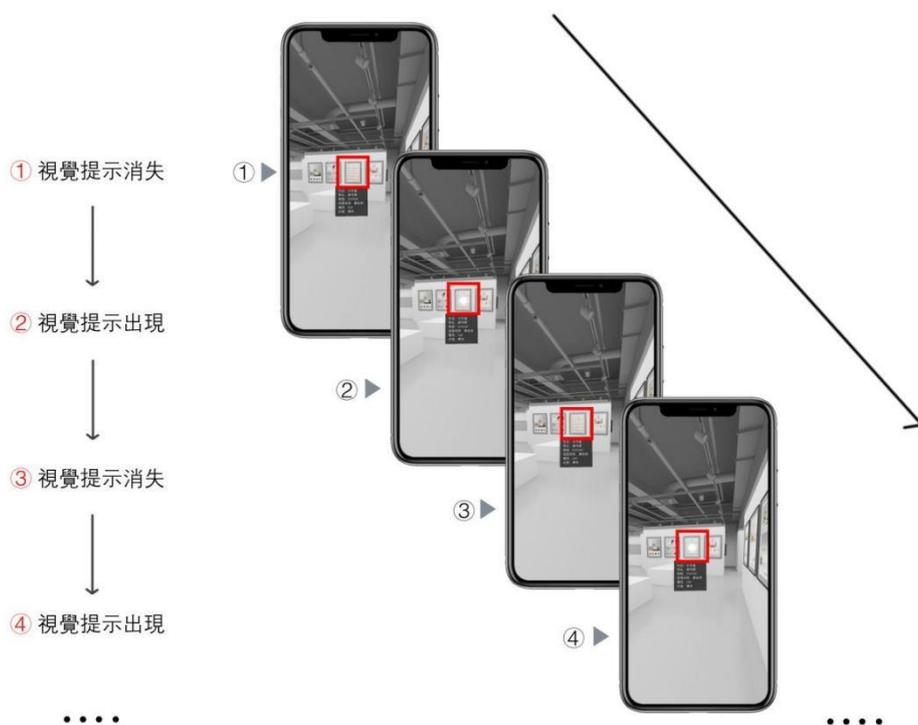


圖 3. 實驗之動態視覺提示細節說明

3-3 實驗過程

本研究採用受測者間 (between-subjects) 實驗，依據實驗要求將受測者隨機分為 8 組。在實驗開始之前，每一個受測者被告知關於本次實驗的研究目的和實驗操作說明。受測者在簽署知情同意書後填寫

個人基本資料包括性別、年齡、學歷背景、以及是否有行動應用程式端操作過 360° 全景圖片的經驗。而後向受測者告知實驗任務。本實驗根據任務的複雜程度設定 4 個難度逐漸增加的任務，如表 1 所示。

表 1. 實驗任務說明

項次	任務內容	任務特徵	難度
任務一	找到林同學的作品名稱	使用者需要感知一個目標資訊位置	低
任務二	找到作品「格」的材質名稱	使用者需要感知兩個目標資訊位置	中
任務三	設計系陳老師一共指導多少位同學	使用者需要感知資訊位置並計算數量	高
任務四	展廳中哪一個同學獲獎項目最多	使用者需要感知資訊位置並進行資訊比較	特高

整個實驗測試過程中，需要受測者對 360° 全景虛擬展廳圖進行滑動來獲取目標資訊，受測者的任務操作時間由螢幕記錄軟體記錄下來，以便進一步分析。實驗結束後，受測者被要求填寫對整個任務操作的主觀評價問卷，問卷採用李克特 7 點量表 (7-point Likert scale)，每項的最低分是 1 (非常不滿意)，最高分是 7 (非常滿意)，中位數是 4。最後，進行了一次半結構式訪談，幫助收集受測者操作實驗任務過程的個人感受和其他個人建議。其中半結構式訪談是在每一位受測者完成實驗操作和問卷後進行的一項操作感受的訪談，相關研究模式如圖 4 所示。

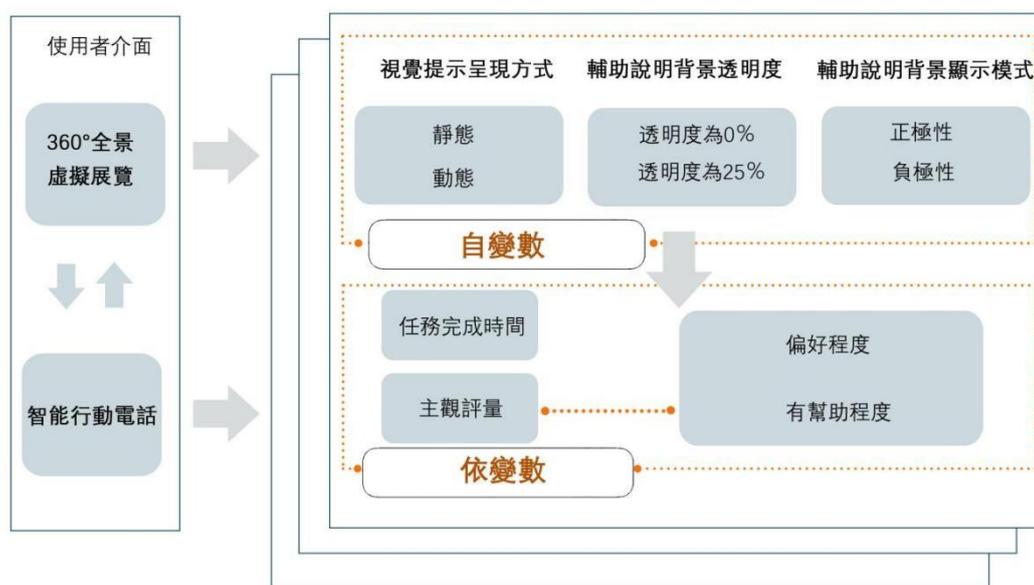


圖 4. 研究模式圖

四、結果與討論

本研究採用三因子變異數分析方法進行統計分析，實驗設計採用視覺提示呈現方式、輔助說明背景透明度、輔助說明顯示模式作為研究的自變數，受測者的操作績效和主觀評量作為研究的依變數。透過 SPSS (statistical package for the social sciences) 軟體之三因子變異數 (three-way ANOVA) 分析方式，檢測了三個自變數對於受測者的操作績效和主觀評量等方面主效應和交互作用，顯著標準 Alpha 值設為 0.05。

4-1 任務完成時間分析

本研究欲透過受測者完成任務時間績效之比較與分析，進一步了解行動端 360° 全景虛擬展廳中何種視覺設計能讓使用者有更好的視覺搜索成效。本實驗任務完成時間之三因子變異數分析結果如表 2~4 所示。

如表 2 所示，受測者任務一完成時間在視覺提示呈現方式主效應中產生顯著差異 ($F_{(1,64)}=4.07$, $p<0.05$)。透過敘述統計結果得知，靜態視覺提示 ($M=11.01$, $SD=6.89$) 在任務一完成時間顯著長於動態視覺提示 ($M=8.50$, $SD=3.72$)。任務一完成時間在輔助說明背景透明度主效應中未產生顯著差異 ($F_{(1,64)}=0.91$, $p>0.05$)。任務一完成時間在輔助說明顯示模式主效應中產生顯著差異 ($F_{(1,64)}=6.73$, $p<0.05$)。透過敘述統計結果得知，負極性 ($M=11.37$, $SD=6.44$) 在任務一完成時間顯著長於正極性 ($M=8.14$, $SD=4.21$)。任務一完成時間在視覺提示呈現方式和輔助說明背景透明度間未產生顯著交互作用 ($F_{(1,64)}=0.09$, $p>0.05$)。此外任務一完成時間在視覺提示呈現方式和輔助說明顯示模式間未產生顯著的交互作用 ($F_{(1,64)}=1.48$, $p>0.05$)。任務一完成時間在輔助說明背景透明度和輔助說明顯示模式間未產生顯著交互作用 ($F_{(1,64)}=0.63$, $p>0.05$)。任務一完成時間在視覺提示呈現方式、輔助說明背景透明度和輔助說明顯示模式三因子間也未產生顯著交互作用 ($F_{(1,64)}=3.25$, $p>0.05$)。

表 2. 任務一完成時間之三因子變異數 ANOVA 檢定

來源	SS	df	MS	F	P	η^2	Post Hoc
視覺提示呈現方式 (VCP)	113.30	1	113.30	4.07	0.048*	0.06	動態<靜態
輔助說明背景透明度 (TOAB)	25.30	1	25.30	0.91	0.344	0.01	
輔助說明顯示模式 (ADM)	187.21	1	187.21	6.73	0.012*	0.10	正極性<負極性
VCP × TOAB	2.44	1	2.44	0.09	0.768	0.00	
VCP × ADM	41.07	1	41.07	1.48	0.229	0.02	
TOAB × ADM	17.43	1	17.43	0.63	0.432	0.01	
VCP × TOAB × ADM	90.54	1	90.54	3.25	0.076	0.05	

* 在 $\alpha = 0.05$ 水準有顯著差異 (* $p < 0.05$)

如表 3 所示，受測者任務二完成時間在視覺提示呈現方式主效應中未產生顯著差異 ($F_{(1,64)}=0.02$, $p>0.05$)。任務二完成時間在輔助說明背景透明度主效應中未產生顯著差異 ($F_{(1,64)}=1.82$, $p>0.05$)。任務二完成時間在輔助說明顯示模式主效應中未產生顯著差異 ($F_{(1,64)}=0.15$, $p>0.05$)。任務二完成時間在視覺提示呈現方式和輔助說明背景透明度間產生顯著交互作用 ($F_{(1,64)}=5.03$, $p<0.05$)。如圖 5 所示，受測者在靜態提示時，25%透明度 ($M=9.35$, $SD=3.90$) 的完成時間快於 0%透明度 (不透明) ($M=14.31$, $SD=8.18$)，在動態提示時，0%透明度 (不透明) ($M=11.01$, $SD=5.33$) 的完成時間卻快於 25%透明度 ($M=12.24$, $SD=6.15$)。此外任務二完成時間在視覺提示呈現方式和輔助說明顯示模式間也產生顯著交互作用 ($F_{(1,64)}=5.69$, $p<0.05$)。如圖 6 所示，受測者在靜態提示時，負極性 ($M=9.91$, $SD=4.12$) 的完成時間快於正極性 ($M=13.75$, $SD=8.39$)，在動態提示時，正極性 ($M=10.25$, $SD=4.83$) 的完成時間卻快於負極性 ($M=13.00$, $SD=6.31$)。然而任務二完成時間在輔助說明背景透明度和輔助說明顯示模式間未產生顯著交互作用 ($F_{(1,64)}=1.63$, $p>0.05$)。任務二完成時間在視覺提示呈現方式、輔助說明背景透明度和輔助說明顯示模式三因子間也未產生顯著交互作用 ($F_{(1,64)}=2.03$, $p>0.05$)。

表 3. 任務二完成時間之三因子變異數 ANOVA 檢定

來源	SS	df	MS	F	P	η^2	Post Hoc
視覺提示呈現方式 (VCP)	0.77	1	0.77	0.02	0.881	0.00	
輔助說明背景透明度 (TOAB)	62.38	1	62.38	1.82	0.182	0.03	
輔助說明顯示模式 (ADM)	5.24	1	5.24	0.15	0.697	0.00	
VCP × TOAB	172.48	1	172.48	5.03	0.028*	0.07	
VCP × ADM	195.36	1	195.36	5.69	0.020*	0.08	
TOAB × ADM	56.07	1	56.07	1.63	0.206	0.03	
VCP × TOAB × ADM	69.78	1	69.78	2.03	0.159	0.03	

* 在 $\alpha = 0.05$ 水準有顯著差異 (* $p < 0.05$)

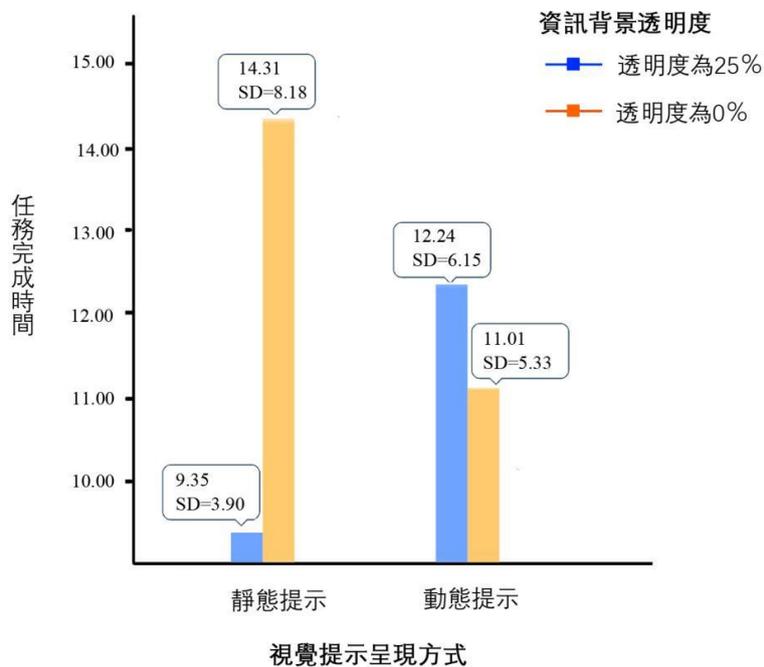


圖 5. 任務二視覺提示呈現方式與輔助說明背景透明度之間在任務二操作時間的交互作用圖

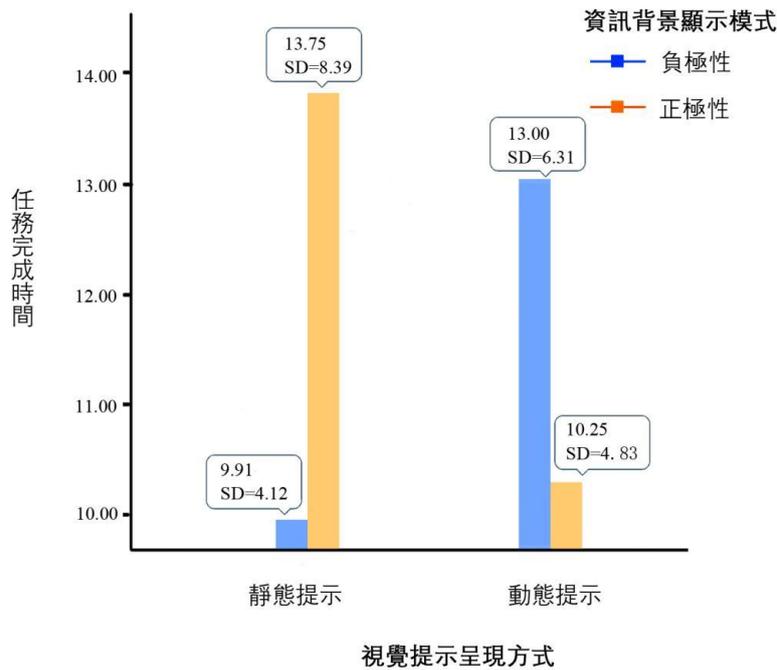


圖 6. 任務二視覺提示呈現方式與輔助說明顯示模式之間在任務二操作時間的交互作用圖

如表 4 所示，受測者任務三完成時間在視覺提示呈現方式主效應中未產生顯著差異 ($F_{(1,64)}=0.49$ ， $p>0.05$)。任務三完成時間在輔助說明背景透明度主效應中未產生顯著差異 ($F_{(1,64)}=0.72$ ， $p>0.05$)。任務三完成時間在輔助說明顯示模式主效應中產生顯著差異 ($F_{(1,64)}=4.15$ ， $p<0.05$)。透過描述統計結果得知，負極性 ($M=14.18$ ， $SD=4.18$) 在任務三完成時間顯著長於正極性 ($M=12.16$ ， $SD=4.14$)。任務三完成時間在視覺提示呈現方式和輔助說明背景透明度間未產生顯著交互作用 ($F_{(1,64)}=0.14$ ， $p>0.05$)。此外任務三完成時間在視覺提示呈現方式和輔助說明顯示模式間未產生顯著交互作用 ($F_{(1,64)}=1.40$ ， $p>0.05$)。任務三完成時間在輔助說明背景透明度和輔助說明顯示模式間也未產生顯著交互作用 ($F_{(1,64)}=1.44$ ， $p>0.05$)。任務三完成時間在視覺提示呈現方式、輔助說明背景透明度和輔助說明顯示模式三因子間也未產生顯著交互作用 ($F_{(1,64)}=0.31$ ， $p>0.05$)。

表 4. 任務三完成時間之三因子變異數 ANOVA 檢定

來源	SS	df	MS	F	P	η^2	Post Hoc
視覺提示呈現方式 (VCP)	8.69	1	8.69	0.49	0.486	0.01	
輔助說明背景透明度 (TOAB)	12.69	1	12.69	0.72	0.400	0.01	
輔助說明顯示模式 (ADM)	73.43	1	73.43	4.15	0.046*	0.06	正極性<負極性
VCP × TOAB	2.44	1	2.44	0.14	0.712	0.00	
VCP × ADM	24.70	1	24.70	1.40	0.242	0.02	
TOAB × ADM	25.50	1	25.50	1.44	0.234	0.02	
VCP × TOAB × ADM	5.42	1	5.42	0.31	0.582	0.01	

* 在 $\alpha = 0.05$ 水準有顯著差異 (* $p < 0.05$)

如表 5 所示，受測者任務四完成時間在視覺提示呈現方式主效應中未產生顯著差異 ($F_{(1,64)}=0.41$ ， $p>0.05$)。任務四完成時間在輔助說明背景透明度主效應中未產生顯著差異 ($F_{(1,64)}=0.27$ ， $p>0.05$)。任

務四完成時間在輔助說明顯示模式主效應中產生顯著差異 ($F_{(1,64)}=6.10, p<0.05$)。透過描述統計結果得知，負極性 ($M=24.60, SD=18.05$) 任務四完成時間顯著長於正極性 ($M=16.30, SD=9.47$)。任務四完成時間在視覺提示呈現方式和輔助說明背景透明度間未產生顯著交互作用 ($F_{(1,64)}=0.86, p>0.05$)。此外任務四完成時間在視覺提示呈現方式和輔助說明顯示模式間未產生顯著交互作用 ($F_{(1,64)}=2.54, p>0.05$)。任務四完成時間在輔助說明背景透明度和輔助說明顯示模式間也未產生顯著交互作用 ($F_{(1,64)}=1.17, p>0.05$)。任務四完成時間在視覺提示呈現方式、輔助說明背景透明度和輔助說明顯示模式三因子間也未產生顯著交互作用 ($F_{(1,64)}=2.30, p>0.05$)。

表 5. 任務四完成時間之三因子變異數 ANOVA 檢定

來源	SS	df	MS	F	P	η^2	Post Hoc
視覺提示呈現方式 (VCP)	83.98	1	83.98	0.41	0.523	0.01	
輔助說明背景透明度 (TOAB)	54.95	1	54.95	0.27	0.605	0.00	
輔助說明顯示模式 (ADM)	1238.69	1	1238.69	6.10	0.016*	0.09	正極性<負極性
VCP × TOAB	174.78	1	174.78	0.86	0.357	0.01	
VCP × ADM	514.99	1	514.99	2.54	0.116	0.04	
TOAB × ADM	238.42	1	238.42	1.17	0.283	0.02	
VCP × TOAB × ADM	466.45	1	466.45	2.30	0.135	0.04	

* 在 $\alpha = 0.05$ 水準有顯著差異 (* $p < 0.05$)

4-2 主觀評量分析

本研究對受測者主觀評量的測量採用 7 點量表問卷，主要在探討行動端 360° 全景虛擬展覽中何種視覺設計能讓使用者有更好的主觀評量（從 1「非常不合適」到 7「非常合適」）。本實驗受測者主觀評量之三因子變異數分析結果如表 6 所示。

受測者的主觀偏好程度在視覺提示呈現方式主效應中產生顯著差異 ($F_{(1,64)}=4.22, p<0.05$)。透過描述統計結果得知，動態視覺提示 ($M=5.44, SD=0.86$) 的主觀偏好程度顯著高於靜態視覺提示 ($M=5.06, SD=1.24$)。受測者的主觀偏好程度在輔助說明背景透明度主效應中也產生顯著差異 ($F_{(1,64)}=6.44, p<0.05$)。透過描述統計結果得知，25%透明度 ($M=5.58, SD=0.87$) 的主觀偏好程度顯著高於 0%透明度 ($M=5.00, SD=1.17$)。受測者在輔助說明顯示模式的主觀偏好程度主效應中未產生顯著差異 ($F_{(1,64)}=0.13, p>0.05$)。受測者的主觀偏好程度在視覺提示呈現方式和輔助說明背景透明度間未產生顯著交互作用 ($F_{(1,64)}=3.29, p>0.05$)。然而受測者的主觀偏好程度在視覺提示呈現方式和輔助說明顯示模式間產生顯著交互作用 ($F_{(1,64)}=6.44, p<0.05$)。如圖 7 所示，受測者在靜態提示時，負極性 ($M=5.39, SD=1.04$) 的主觀偏好程度顯著高於正極性 ($M=4.72, SD=1.36$)，在動態提示時，正極性 ($M=5.78, SD=0.73$) 的主觀偏好程度顯著高於負極性 ($M=5.28, SD=0.83$)。受測者的主觀偏好程度在輔助說明背景透明度和輔助說明顯示模式間未產生顯著交互作用 ($F_{(1,64)}=0.37, p>0.05$)。受測者的主觀偏好程度在視覺提示呈現方式、輔助說明背景透明度和輔助說明顯示模式三因子間也未產生顯著交互作用 ($F_{(1,64)}=1.19, p>0.05$)。

表 6. 受測者主觀評量之三因子變異數 ANOVA 檢定

來源		SS	df	MS	F	P	η^2	Post Hoc
偏好程度	視覺提示呈現方式 (VCP)	4.01	1	4.01	4.22	0.044*	0.06	靜態<動態
	輔助說明背景透明度 (TOAB)	6.13	1	6.13	6.44	0.014*	0.09	0%透明度<25%透明度
	輔助說明顯示模式 (ADM)	0.13	1	0.13	0.13	0.718	0.00	
	VCP × TOAB	3.13	1	3.13	3.29	0.075	0.05	
	VCP × ADM	6.13	1	6.13	6.44	0.014*	0.09	
	TOAB × ADM	0.35	1	0.35	0.37	0.548	0.01	
	VCP × TOAB × ADM	1.39	1	1.39	1.19	0.280	0.02	
有幫助程度	視覺提示呈現方式 (VCP)	5.01	1	5.01	6.78	0.011*	0.10	靜態<動態
	輔助說明背景透明度 (TOAB)	3.13	1	3.13	4.22	0.044*	0.06	0%透明度<25%透明度
	輔助說明顯示模式 (ADM)	0.13	1	0.13	0.17	0.682	0.00	
	VCP × TOAB	4.01	1	4.01	5.43	0.023*	0.08	
	VCP × ADM	1.68	1	1.68	2.27	0.137	0.03	
	TOAB × ADM	5.01	1	5.01	6.78	0.011*	0.10	
	VCP × TOAB × ADM	0.01	1	0.01	0.02	0.891	0.00	

* 在 $\alpha = 0.05$ 水準有顯著差異 (* $p < 0.05$)

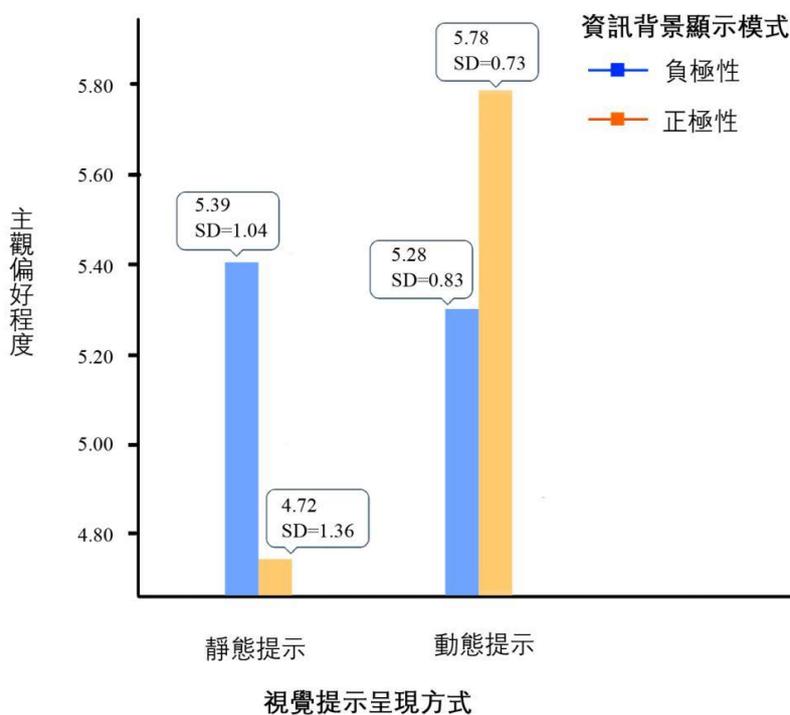


圖 7. 視覺提示呈現方式與輔助說明顯示模式之間在主觀偏好程度的交互作用圖

受測者的主觀有幫助程度在視覺提示呈現方式主效應中產生顯著差異 ($F_{(1,64)} = 6.78, p < 0.05$)。透過描述統計結果得知，動態視覺提示 ($M = 5.92, SD = 0.65$) 的主觀有幫助程度顯著高於靜態視覺提示 ($M = 5.39, SD = 1.15$)。受測者的主觀有幫助程度在輔助說明背景透明度主效應中也產生顯著差異 ($F_{(1,64)} = 4.22, p < 0.05$)。透過描述統計結果得知，25%透明度 ($M = 5.86, SD = 0.87$) 的主觀有幫助程度顯著高

於 0% 透明度 ($M=5.44$, $SD=1.03$)。受測者的主觀有幫助程度在輔助說明顯示模式主效應中未產生顯著差異 ($F_{(1,64)}=0.17$, $p>0.05$)。受測者的主觀有幫助程度在視覺提示呈現方式和輔助說明背景透明度間產生顯著交互作用 ($F_{(1,64)}=5.43$, $p<0.05$)。如圖 8 所示, 受測者在靜態提示時, 25% 透明度 ($M=5.83$, $SD=0.99$) 的主觀有幫助程度高於 0% 透明度 (不透明) ($M=4.94$, $SD=1.16$), 但在動態提示時, 0% 透明度 (不透明) ($M=5.94$, $SD=0.54$) 的主觀有幫助程度高於 25% 透明度 ($M=5.89$, $SD=0.76$)。受測者認為主觀有幫助程度在視覺提示呈現方式和輔助說明顯示模式間未產生顯著交互作用 ($F_{(1,64)}=2.27$, $p>0.05$)。受測者的主觀有幫助程度在輔助說明背景透明度和輔助說明顯示模式間產生顯著交互作用 ($F_{(1,64)}=6.78$, $p<0.05$)。如圖 9 所示, 受測者在透明度為 25% 時, 正極性 ($M=6.17$, $SD=0.99$) 的主觀有幫助程度顯著高於負極性 ($M=5.56$, $SD=0.62$), 對透明度為 0% 時, 負極性 ($M=5.67$, $SD=0.91$) 的主觀有幫助程度顯著高於正極性 ($M=5.22$, $SD=1.11$)。受測者的主觀偏好程度在視覺提示呈現方式、輔助說明背景透明度和輔助說明顯示模式三因子間也未產生顯著交互作用 ($F_{(1,64)}=0.02$, $p>0.05$)。

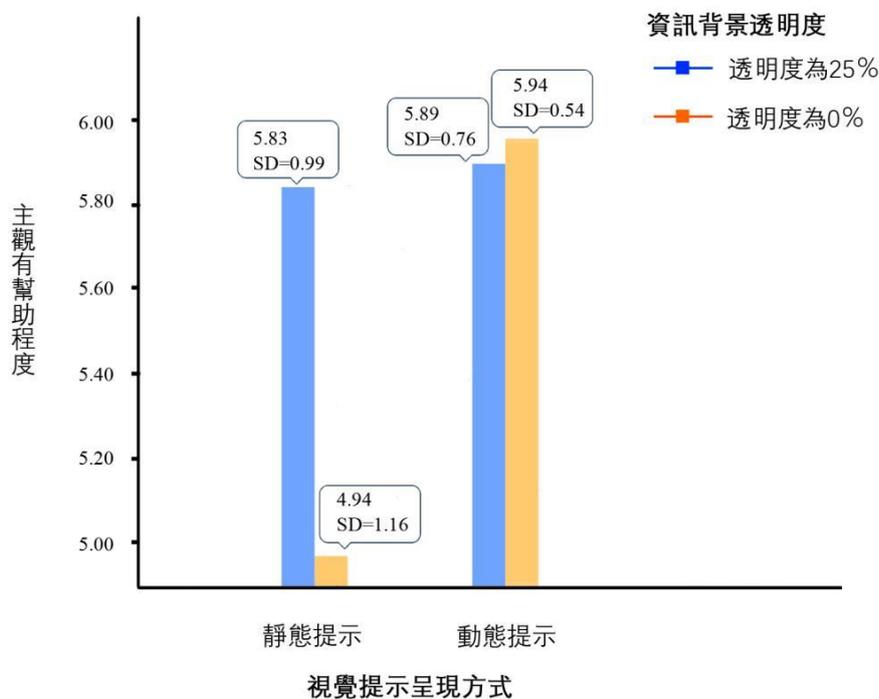


圖 8. 視覺提示呈現方式與輔助說明背景透明度之間在主觀有幫助程度的交互作用圖

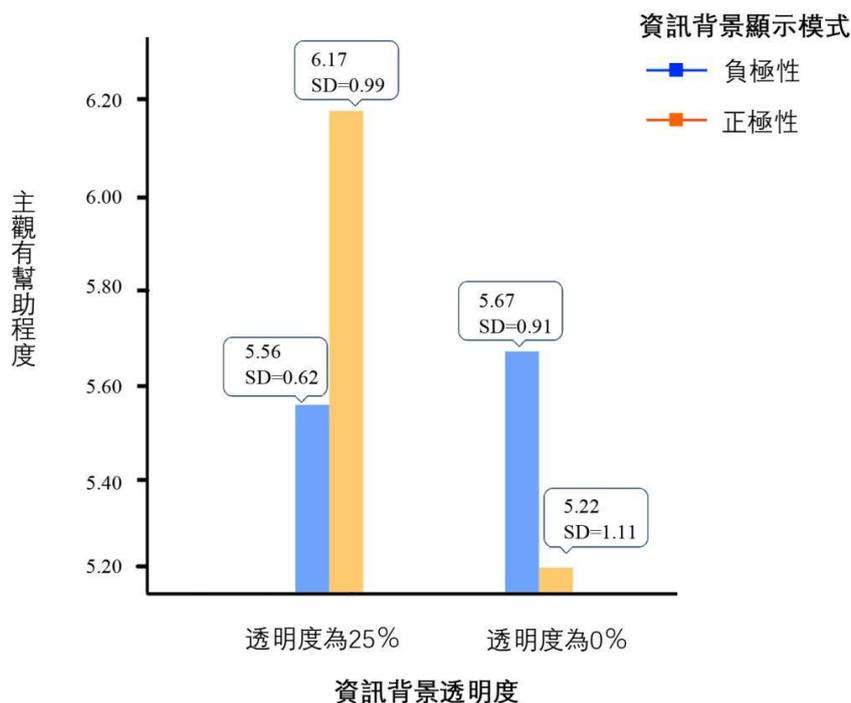


圖 9. 輔助說明背景透明度與輔助說明顯示模式之間在主觀有幫助程度的交互作用圖

4-3 討論

本節對使用 360° 全景線上虛擬展覽視覺搜索的客觀績效與主觀感受進行說明，並結合實驗過程中的半結構式訪談和觀察結果進行討論。

4-3.1 任務完成時間分析

對任務操作的客觀績效檢定結果顯示，任務一為感知一個目標資訊，受測者在 360° 全景線上虛擬展覽互動過程中，動態提示的視覺搜索操作時間顯著快於靜態提示。由此回答了本研究的第二個問題：使用不同視覺提示呈現方式的 360° 全景線上虛擬展覽中視覺搜索績效有顯著差異。可能的原因是，動態提示作為一種突出顯示的方式，可以很好地將受測者的注意力轉移到目標位置進行資訊處理 (Schneider, Beege, Nebel, & Rey, 2018)。該結果與先前的研究一致，即動態提示可以增強使用者對提示資訊的感知，從而提高任務績效 (Nothdurft, 2002)。此外，任務一、任務三和任務四分別是關於感知資訊位置和比較資訊的任務，受測者在 360° 全景線上虛擬展覽互動過程中，發現受測者在輔助說明背景為正極性的視覺搜索操作時間顯著快於負極性。由此回答了本研究的第三個問題：輔助說明顯示模式在 360° 全景線上虛擬展覽中會影響搜索績效。此結果與先前的研究一致，使用資訊在黑底白字時候可以提高使用者閱讀表現 (Lalomia & Happ, 1987)。此外，對任務操作的客觀績效檢定結果無法顯示輔助說明背景透明度對使用者在視覺搜索操作時間的主效應上存在顯著差異。由此回答了本研究的第一個問題：使用不同的輔助說明背景透明度的 360° 全景線上虛擬展覽中視覺搜索績效有顯著差異。可能的原因，本實驗中的輔助說明背景透明度為 0% (不透明) 和 25%，可能原因是透明度沒有設置太高，受測者在視覺搜索過程中沒有察覺透明度為 0% (不透明) 和 25% 之間的差異。此外，另一個值得探討的是在任務二中需要受測者找到某一作品名稱的材質，受測者需要在 360° 全景線上虛擬展覽中滑動來改變瀏覽視角，與任務一比較起來僅僅是目標資訊數量和位置發生了改變，而卻未發現於任務一較為一致的結果，可能的原因是，受測者在操作任務二時候可能受任務一的影響，如滑動視角的整體方向，此外根據受測者瀏覽的

習慣，大部分受測者喜歡在開始的時候就放大瀏覽視角進行視覺搜索和比較多個目標，而有的受測者喜歡先尋找一個目標位置再進行放大資訊窗口來獲取目標資訊位置。而透過實驗觀察過程得知，相較而言在任務一中受測者普遍採用較為統一的操作方式。

在任務二客觀績效分析得知視覺提示與輔助說明背景透明度兩個因子之間存在顯著交互作用。即當視覺提示為靜態呈現時候，透明度為 25% 的操作績效顯著快於透明度為 0% 的（不透明）。然而，當視覺提示為動態呈現時候，透明度為 0%（不透明）的操作績效顯著快於透明度為 25% 的。由此回答了本研究的第四個問題：視覺提示呈現方式和輔助說明背景透明度在 360° 全景線上虛擬展覽中視覺搜索績效有顯著交互作用。可能的原因是，輔助說明背景透明度為 0%（不透明）時候，輔助說明作為前景完全遮擋了展示空間，受測者在 360° 全景線上與虛擬展覽互動的過程中，虛擬空間的視覺完整度可能被破壞，並且不透明度的輔助說明背景也在一定程度上增加虛擬空間的視覺複雜性，此時動態提示作為突出的視覺刺激在受測者視覺搜索過程中可以起到很好的定位作用，從而促進受測者資訊處理的進程。然而，當輔助說明背景透明度為 25% 時候，360° 全景圖的整體較為協調，受測者可以很容易地區別輔助說明內容和背景資訊。然而此時的動態提示可能干擾了使用者的注意力，從而影響了受測者視覺搜索的表現。另外，在靜態提示呈現時候，輔助說明作為受測者視覺搜索的主要目標，在透明度為 0%（不透明）幾乎很難被使用者察覺。而當透明度為 25% 時候，受測者很容易透過靜態提示判斷輔助說明的位置，從而提昇了視覺搜索表現。

任務二客觀績效還顯示了視覺提示與輔助說明背景顯示模式兩個因子之間也存在顯著交互作用。即當視覺提示為靜態呈現時候，輔助說明背景顯示模式為負極性的操作績效顯著快於正極性。相反，視覺提示為動態呈現時候，輔助說明背景顯示模式為正極性的操作績效顯著快於負極性。由此回答了本研究的第五個問題，視覺提示呈現方式和輔助說明顯示模式在 360° 全景線上虛擬展覽中視覺搜索績效有顯著交互作用。根據希克定律的原理（Proctor & Schneider, 2018），即描述使用者介面所包含的描述元素數量與使用者在視覺檢測和選擇所需元素上所花費時間的關係。在本次實驗中，動態提示時候，輔助說明在負極性顯示模式下，背景為黑色區域，與周圍虛擬環境形成較大的對比，容易吸引受測者的視覺注意力，此時動態提示可能對受測者視覺搜索過程造成一定的干擾。然而，輔助說明在正極性顯示模式下，背景為白色區域，與整個虛擬空間環境色較為統一，此時的動態提示可以加速使用者對輔助說明資訊的識別和處理。另外，在靜態提示呈現時候，負極性的顯示模式比正極性的顯示模式更容易在虛擬環境中被識別。

4-3.2 主觀感受分析

對 360° 全景線上虛擬展覽的主觀偏好程度和有幫助程度進行檢定，結果發現動態提示在主觀偏好程度和有幫助程度上均優於靜態提示，可能的原因是動態閃爍提示有效地吸引使用者的注意力，提高使用者的視覺搜索能力（Nothdurft, 2002）。透過半結構訪談可以得知，受測者普遍覺得動態閃爍提示更加有輔助提示效果。此外，輔助說明背景透明度在主觀偏好程度和有幫助程度上均有顯著差異，即受測者對有透明度的輔助說明偏好程度和有幫助程度有更高的評價。可能的原因是透明度增加了受測者在操作過程中的視覺搜索內容。Kim 和 Lee（2018）認為受測者在 360° 全景線上虛擬展覽的互動體驗過程中更加流暢，而且可以更好地處理場景的資訊。相反，當輔助說明背景為不透明時候，輔助說明背景完全遮擋了背景，尤其當使用者在螢幕上滑動 360° 全景圖時，沒有很好地感知展覽空間的資訊。

此外，主觀感受分析結果，視覺提示與輔助說明背景透明度在有幫助程度上產生顯著交互作用。在靜態提示時候，受測者認為輔助說明背景透明度為 25% 的有幫助程度程度較高。在動態提示時候這結果

卻是相反的情況。可能的原因是靜態提示時候，輔助說明背景透明度為 0% 情況下疊加在背景上，靜態提示很難被受測者察覺，然而當輔助說明背景透明度為 25% 時候，受測者比較容易根據視覺提示來感知資訊的位置，具有較好的使用者體驗。此外，不透明的輔助說明一定程度增加了虛擬環境的視覺複雜度，持續閃爍的動態提示在受測者頻繁滑動並瀏覽 360° 全景圖輔助說明的位置更容易被感知，此時受測者覺得持續的動態提示在互動過程中更有幫助。輔助說明背景透明度與輔助說明背景顯示模式在有幫助程度上也產生顯著交互作用。輔助說明背景在透明度為 0%（不透明）時，負極性（黑底白字）對受測者的有幫助程度更大。可能的原因是負極性的輔助說明背景是黑色的，而正極性的輔助說明背景是白色的，使用者在視覺搜索過程中，受對比度的影響，負極性背景的輔助說明更容易被檢索到，而當輔助說明背景透明度為 25% 時候，輔助說明窗口與虛擬環境相互疊加，輔助說明背景在負極性（黑底白字）時候可能沒有在正極性（白底黑字）更清晰，增加了使用者識別過程的認知負荷。這一結果在實驗最後的半結構訪談也得出很好的驗證，受測者普遍覺得透明度為 25% 的負極性輔助說明背景中的資訊需要花費更多的注意力才能進行識別和比較。

視覺提示與輔助說明背景顯示模式在偏好程度上產生顯著交互作用。在靜態提示時候，受測者對正極性輔助說明背景偏好更高。相反，在動態提示時候，受測者對負極性輔助說明背景偏好更高。由此回答了本研究的第六個問題：視覺提示與輔助說明背景顯示模式在主觀感受上存在顯著交互作用。可能的原因是動態提示時候，正極性輔助說明背景雖然遮擋了虛擬環境的背景，但由於正極性輔助說明背景與虛擬環境的背景對比度較小。使用者很容易根據動態提示進行識別輔助說明位置。然而，當輔助說明背景為負極性時候，深色的背景與虛擬環境形成較大的對比，此時的動態提示會增加使用者視覺搜索的額外負荷，造成一定的干擾。根據認知負荷理論（Sweller, 1988），當刺激接受者的元素愈多，接受者工作記憶的負荷就愈大。另外，在靜態提示時候，負極性輔助說明整體可以視作為一個圖片疊加在 360° 全景圖中，受測者普遍認為其視覺特徵比正極性輔助說明的視覺特徵更具有吸引力。

五、結論與建議

本次研究主要探討了在行動應用程式端的虛擬展廳中使用 360° 全景圖時，視覺提示呈現方式、輔助說明背景透明度和背景顯示模式對受測者操作績效和主觀感受的影響。主要結果歸納如下：（1）在與 360° 全景線上虛擬展覽介面互動過程中，動態閃爍提示能促進使用者的視覺搜索表現和主觀偏好程度；（2）輔助說明背景顯示模式影響使用者的視覺搜索表現，在感知資訊位置和資訊比較的任務中，白底黑字的輔助說明視覺呈現具有更好的互動表現；（3）在視覺提示為靜態呈現時候，輔助說明背景透明度為 25% 的使用者視覺搜索表現更好；相反的，在視覺提示為動態呈現時候，不透明背景的輔助說明使用者視覺搜索表現更好；（4）在視覺提示為靜態呈現時候，負極性（黑底白字）的輔助說明背景對使用者視覺搜索表現更好；當在視覺提示為動態呈現時候則是正極性；（5）輔助說明背景透明度不影響使用者的視覺搜索表現，但會影響使用者的主觀偏好程度，輔助說明背景透明度為 25% 更受使用者喜歡。

本研究結果對 360° 全景線上虛擬展覽介面視覺設計具有一定的參考價值和意義。建議在開發行動端 360° 全景線上虛擬展覽設計過程中採用動態視覺提示、輔助說明背景為白底黑字的視覺設計更加合理，此外也建議在 360° 全景線上虛擬展覽中可以將輔助說明背景透明度為 25%。雖然本次研究為使用者觀看 360° 全景線上虛擬展覽提供一些詳細的設計建議，但所設計的研究僅限於行動設備，參與實驗的受測者大部分為在校學生，這也限制了關於其他設計和不同職業背景線上觀眾的研究。近些年，隨著數位技術資源的結合，促進了線上設計作品的呈現方式愈來愈趨多元化。就展覽內容方面而言，本次線上虛

擬展覽空間主要為設計作品展板顯示呈現，然而針對其他複雜的展覽空間和展品型式也值得未來更進一步深入研究。此外，受螢幕尺寸的影響，受測者可以透過滑動螢幕來進行放大和縮小瀏覽展品資訊，但是資訊視窗的大小和位置以及文字設計也是潛在的研究變數，另外視覺提示的顏色、大小等視覺特徵都值得未來進一步深入探究。此外，使用者的感官體驗除了視覺體驗，還有觸覺和聽覺體驗，這些因素都會從不同維度影響到使用者的線上瀏覽體驗，未來的研究可以進一步將這些設計元素加入到線上展覽中，以期獲得最佳化的線上虛擬展覽互動方式供實際應用。

參考文獻

1. Antoniou, A., Lepouras, G., & Vassilakis, C. (2013). Methodology for design of online exhibitions. *DESIDOC Journal of Library & Information Technology*, 33(3), 158-167.
2. Azuma, R., & Furmanski, C. (2003). Evaluating label placement for augmented reality view management. In *Proceedings of The Second IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality* (pp. 66-75). Tokyo: IEEE Computer Society.
3. Bar, M., Neta, M., & Linz, H. (2006). Very first impressions. *Emotion*, 6(2), 269-278.
4. Baratè, A., Ludovico, L. A., Motola, A., & Presti, G. (2022). Augmentation of a virtual exhibition of paintings through sonification. In *Proceedings of International Conference Florence Heri-Tech: The Future of Heritage Science and Technologies* (pp. 380-392). Cham: Springer International Publishing.
5. Bastanlar, Y. (2007, June). User behaviour in web-based interactive virtual tours. In *Proceedings of the ITI 2007 29th International Conference on Information Technology Interfaces* (pp. 221-226). Cavtat: IEEE Xplore.
6. Baudisch, P., & Gutwin, C. (2004). Multiblending: Displaying overlapping windows simultaneously without the drawbacks of alpha blending. In *Proceedings of the SIGCHI conference on human factors in computing systems* (pp. 367-374). <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.10.874>
7. Bonis, B., Stamos, J., Vosinakis, S., Andreou, I., & Panayiotopoulos, T. (2009). A platform for virtual museums with personalized content. *Multimedia Tools and Applications*, 42, 139-159.
8. Bould, E., Morris, N., & Wink, B. (2008). Recognising subtle emotional expressions: The role of facial movements. *Cognition and Emotion*, 22(8), 1569-1587.
9. Chao, Y. C., Hu, S. H., Chiu, H. Y., Huang, P. H., Tsai, H. T., & Chuang, Y. H. (2021). The effects of an immersive 3D interactive video program on improving student nurses' nursing skill competence: A randomized controlled trial study. *Nurse Education Today*, 103, 104979.
10. Chen, C. H., & Zhai, W. (2023). Effects of visual cue state and type on the mobile user interface of shopping apps with 360° panoramas. *Displays*, 80, 102525.
11. Chen, C.-H., & Zhai, W. (2023). The effects of dynamic prompt and background transparency of hover feedback design on the user interface of shopping websites. *Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics*, 35(4), 809-827.
12. Chen, T., Wu, Y. S., & Zhu, K. (2018). Investigating different modalities of directional cues for multi-task visual-searching scenario in virtual reality. In *Proceedings of the 24th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology* (pp. 1-5). Tokyo: ACM.

13. Chung, S. J., Kim, S. Y., & Kim, K. H. (2024). Comparison of visitor experiences of virtual reality exhibitions by spatial environment. *International Journal of Human-Computer Studies*, *181*, 103145.
14. Dobres, J., Chahine, N., Reimer, B., Gould, D., Mehler, B., & Coughlin, J. F. (2016). Utilising psychophysical techniques to investigate the effects of age, typeface design, size and display polarity on glance legibility. *Ergonomics*, *59*(10), 1377-1391.
15. Dominic, J., & Robb, A. (2020, March). Exploring effects of screen-fixed and world-fixed annotation on navigation in virtual reality. In *Proceedings of 2020 IEEE Conference on Virtual Reality and 3d User Interfaces (VR)* (pp. 607-615). Atlanta, GA: IEEE.
16. Eason, G., Noble, B., & Sneddon, I. N. (1955). On certain integrals of Lipschitz-Hankel type involving products of Bessel functions. *Philosophical Transactions of The Royal Society A, Mathematical and Physical Sciences*, *247*(935), 529-551.
17. Fan, J., Li, X., & Su, X. (2022). Building human visual attention map for construction equipment teleoperation. *Frontiers in Neuroscience*, *16*, 895126.
18. Fan, S., Koenig, B. L., Zhao, Q., & Kankanhalli, M. S. (2020). A deeper look at human visual perception of images. *SN Computer Science*, *1*(1), 58.
19. Hansen, F. A. (2006). Ubiquitous annotation systems: Technologies and challenges. In *Proceedings of the Seventeenth Conference on Hypertext and Hypermedia* (pp. 121-132). Odense: ACM.
20. Harrison, B. L., Ishii, H., Vicente, K. J., & Buxton, W. A. (1995). Transparent layered user interfaces: An evaluation of a display design to enhance focused and divided attention. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 317-324). Colorado, CO: ACM.
21. He, S. J., Zhi, J. Y., Du, Y., & Feng, S. (2023). Effects of design features of train electronic guidance interface on visual search, behavior, and usability. *International Journal of Industrial Ergonomics*, *93*, 103387.
22. Hong, Z., Zhang, Q., Su, X., & Zhang, H. (2020). Effect of virtual annotation on performance of construction equipment teleoperation under adverse visual conditions. *Automation in Construction*, *118*, 103296.
23. Hsieh, Y. L., Lee, M. F., Chen, G. S., & Wang, W. J. (2022). Application of visitor eye movement information to museum exhibit analysis. *Sustainability*, *14*(11), 6932.
24. Hwang, Y., & Shin, D. (2018). Visual cues enhance user performance in virtual environments. *Social Behavior and Personality: An International Journal*, *46*(1), 11-24.
25. Ke, G., & Jiang, Q. (2019). Application of internet of things technology in the construction of wisdom museum. *Concurrency and Computation: Practice and Experience*, *31*(10), e4680.
26. Kim, S., & Hong, S. (2020). How virtual exhibition presentation affects visitor communication and enjoyment: An exploration of 2D versus 3D. *The Design Journal*, *23*(5), 677-696.
27. Kim, S., & Lee, G. (2018). Design and evaluation of semi-transparent keyboards on a touchscreen tablet. In *Proceedings of the 2018 ACM International Conference on Interactive Surfaces and Spaces* (pp. 155-166). Tokyo: ACM.
28. Kong, Y. K., Lee, I., Jung, M. C., & Song, Y. W. (2011). The effects of age, viewing distance, display type, font type, colour contrast and number of syllables on the legibility of Korean

- characters. *Ergonomics*, 54(5), 453-465.
29. Kühl, T., Scheiter, K., & Gerjets, P. (2012). Enhancing learning from dynamic and static visualizations by means of cueing. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 21(1), 71-88.
 30. Lalomia, M. J., & Happ, A. J. (1987, September). The effective use of color for text on the IBM 5153 color display. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 31(10), 1091-1095. <https://doi.org/10.1177/154193128703101003>
 31. Lander, K., & Bruce, V. (2000). Recognizing famous faces: Exploring the benefits of facial motion. *Ecological Psychology*, 12(4), 259-272.
 32. Lewandowska, A., Dziśko, M., & Jankowski, J. (2022). Investigation the role of contrast on habituation and sensitisation effects in peripheral areas of graphical user interfaces. *Scientific Reports*, 12(1), 15281.
 33. Liang, C., Shuang, L. I. U., Wanyan, X., Chengping, L. I. U., Xu, X. I. A. O., & Yuchen, M. I. N. (2023). Effects of input method and display mode of situation map on early warning aircraft reconnaissance task performance with different information complexities. *Chinese Journal of Aeronautics*, 36(1), 105-114.
 34. Lin, H. Y., & Chen, C. H. (2021). The effects of display size and text-background color type on the Chinese digital reading performance of Taiwan college students. *Journal of the Science of Design*, 5(2), 2_101-2_110.
 35. Liu, R., Xu, X., Yang, H., Li, Z., & Huang, G. (2022). Impacts of cues on learning and attention in immersive 360-degree video: An eye-tracking study. *Frontiers in Psychology*, 12, 6672.
 36. Lo, P., Chan, H. H., Tang, A. W., Chiu, D. K., Cho, A., See-To, E. W., ... & Shaw, J. (2019). Visualising and revitalising traditional Chinese martial arts: Visitors' engagement and learning experience at the 300 years of Hakka Kungfu. *Library Hi Tech*, 37(2), 269-288.
 37. Navarrete, T. (2019). Digital heritage tourism: Innovations in museums. *World Leisure Journal*, 61(3), 200-214.
 38. Neuville, R., Pouliot, J., Poux, F., De Rudder, L., & Billen, R. (2018). A formalized 3D geovisualization illustrated to selectivity purpose of virtual 3D city model. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 7(5), 194.
 39. Nothdurft, H. C. (2002). Attention shifts to salient targets. *Vision Research*, 42(10), 1287-1306.
 40. Orlosky, J., Kiyokawa, K., & Takemura, H. (2014). Managing mobile text in head mounted displays: Studies on visual preference and text placement. *ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review*, 18(2), 20-31.
 41. Proctor, R. W., & Schneider, D. W. (2018). Hick's law for choice reaction time: A review. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 71(6), 1281-1299.
 42. Rahaman, H., Champion, E., & McMeekin, D. (2023). Outside inn: Exploring the heritage of a historic hotel through 360-panoramas. *Heritage*, 6(5), 4380-4410.
 43. Rijnsburger, W., & Kratz, S. (2017). Personalized presentation annotations using optical HMDs. *Multimedia Tools and Applications*, 76, 5607-5629.
 44. Sanchez, C. A., & Wiley, J. (2009). To scroll or not to scroll: Scrolling, working memory capacity, and comprehending complex texts. *Human Factors*, 51(5), 730-738.
 45. Schneider, S., Beege, M., Nebel, S., & Rey, G. D. (2018). A meta-analysis of how signaling affects

- learning with media. *Educational Research Review*, 23, 1-24.
46. Si, S., Meng, X., & Jiang, R. (2021). Online virtual art exhibition solution based on Krpano. In *Proceedings of 2021 9th International Conference on Orange Technology (ICOT)* (pp. 1-5). Tainan, Taiwan: IEEE.
 47. Strada, F., Battegazzorre, E., Ameglio, E., Turello, S., & Bottino, A. (2022). Assessing visual cues for improving awareness in collaborative augmented reality. In *Proceedings of Extended Reality: First International Conference, XR Salento 2022 Part I* (pp. 200-218). Cham: Springer.
 48. Styliani, S., Fotis, L., Kostas, K., & Petros, P. (2009). Virtual museums, a survey and some issues for consideration. *Journal of Cultural Heritage*, 10(4), 520-528.
 49. Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12(2), 257-285.
 50. Tolsá-Caballero, N., & Tsay, C. J. (2022). Blinded by our sight: Understanding the prominence of visual information in judgments of competence and performance. *Current Opinion in Psychology*, 43, 219-225.
 51. Tomioka, K. (2007). Study on legibility of characters for the elderly-effects of character display modes on legibility. *Journal of Physiological Anthropology*, 26(2), 159-164.
 52. Tong, Y., Cui, B., & Chen, Y. (2018). Research on UI visual design of intangible cultural heritage digital museum based on user experience. In *Proceedings of the 13th International Conference on Computer Science & Education (ICCSE)* (pp. 1-4). Colombo: IEEE.
 53. Vogt, A., Albus, P., & Seufert, T. (2021). Learning in virtual reality: Bridging the motivation gap by adding annotations. *Frontiers in Psychology*, 12, 645032.
 54. Walczak, K., Cellary, W., & White, M. (2006). Virtual museum exhibitions. *Computer*, 39(3), 93-95.
 55. Wang, A. H., Tseng, C. C., & Jeng, S. C. (2007). Effects of bending curvature and text/background color-combinations of e-paper on subjects' visual performance and subjective preferences under various ambient illuminance conditions. *Displays*, 28(4-5), 161-166.
 56. Wang, Z., & Han, H. (2022). Design strategy for the curation of digital exhibition experience: Cases of the graduation exhibition for art & design colleges. In *Proceedings of HCI International 2022 Posters: 24th International Conference on Human-Computer Interaction, HCII 2022 Part III* (pp. 320-327). Cham: Springer.
 57. Xu, J., Yang, L., Guo, M., Gao, F., & Yin, Y. (2023). Immersive museum: Design and develop an interactive virtual museum experience. In *Proceedings of International Conference on Human-Computer Interaction* (pp. 152-161). Cham: Springer Nature Switzerland.
 58. Yuen, P. K., & Ramaiah, C. K. (2013). From the picture press: An online exhibition of the SPH photographs collection. *DESIDOC Journal of Library & Information Technology*, 33(3), 208-221.
 59. Zhang, F., Contreras, C. M., Shao, P., Zhao, L., Wu, B., Li, C., ... & Xu, R. X. (2022). Co-axial projective imaging for augmented reality telementoring in skin cancer surgery. *Annals of Biomedical Engineering*, 50(9), 1174.
 60. Zhang, J., Zhou, Y., Zhu, X., & Ji, W. (2022). Function design of exhibition platform based on computer and big data line. In *Proceedings of Innovative Computing: the 5th International Conference on Innovative Computing (IC 2022)* (pp. 1267-1274). Singapore: Springer Nature Singapore.

61. 陳建雄、陳夢兮(2022)。虛擬環境中俯瞰地圖尺寸與透明度的介面使用性研究。《設計學報》，27(2)，25-40。
- Chen, C.-H., & Chen, M. (2022). Effects of overview map size and transparency degree on the interface usability of wayfinding maps in virtual environments. *Journal of Design*, 27(42), 25-40. [in Chinese, semantic translation]

Usability Study on the Visual Cue Presentation and Annotated Visual Design of the User Interface of 360° Panoramic Online Virtual Exhibition

Chien Hsiung Chen^{*} Weimin Zhai^{**}

^{*} National Taiwan University of Science and Technology
cchen@mail.ntust.edu.tw

^{**} Shenzhen Technology University
zhaiweimin@sztu.edu.cn (corresponding author)

Abstract

During the Covid-19 epidemic, offline exhibitions worldwide were challenged like never before. In the post-epidemic era, online virtual exhibitions in 360° panoramas have broken the limitations of time and space, creating a new way of user experience for users. Online design works exhibition has become a vital resource and trend for online education. However, there is a lack of research on the usability of the interface of 360° panoramic online virtual exhibitions. This study aims to investigate the effects of three visual variables, namely visual cues, annotation background transparency, and background display mode, on the objective performance and subjective perception of users' visual search in the 360° panoramic online virtual exhibition interface. A convenience sampling method was used to invite 72 participants to conduct a 2 (static, dynamic) × 2 (0% transparency, 25% transparency) × 2 (positive polarity, negative polarity) between-subjects design, and the data collected were analyzed by a three-way ANOVA. The results showed that: (1) During the interaction with the 360° panorama online virtual exhibition interface, the dynamic blinking cue may promote the user's visual search performance and subjective preference; (2) The annotation background display mode affects the user's visual search performance, and in the task of perceived information location and information comparison, the annotation visual presentation with white characters on a black background has better interactive performance; (3) When the visual cue is static presentation, the user visual search performance is better for the annotated background with 25% transparency; on

the contrary, when the visual cue is dynamic presentation, the user visual search performance is better for the annotated opaque background; (4) When the visual cue is static presentation, the user visual search performance is better for the annotated background with negative polarity (white text on black background); when the visual cue is dynamic presentation, the result is the opposite. (5) Users preferred the annotation background transparency of 25% for visual search. The results of this study can help improve the visual search performance and user experience of visitors in online virtual exhibitions with 360° panoramas. The findings generated from the research can provide a reference for the visual design practice of online virtual exhibition interfaces for viewing 360° panoramas on mobile devices.

Keywords: Virtual Exhibition (VE), 360° Panorama, Visual Cue, Transparency, Display Mode.