

蔡靚姚、姜美玲 (2024), 「WebXR 之沉浸式虛擬實境線上藝廊的設計與實作」, 資訊管理學報, 第三十一卷, 第一期, 頁 31-65。

WebXR 之沉浸式虛擬實境線上藝廊的設計與實作

蔡靚姚

國立暨南國際大學資訊管理學系

姜美玲*

國立暨南國際大學資訊管理學系

摘要

疫情的爆發導致了許多實體展覽轉為線上化,讓一般大眾可以透過線上展覽來觀賞藝術。然而,目前線上展覽仍有很多挑戰需要克服。多數的虛擬展館只提供簡單的展品介紹功能,也缺少人際互動交流,所以無法讓觀賞者有如同參觀實體展覽般的臨場感,也使得觀賞者容易缺乏專注力。此外,新穎的虛擬技術和網頁技術,以及因應不同策展而重複建置的 3D 展場空間,對策展機構來說均是不小的花費。

為克服這些挑戰與困難,本研究嘗試將科技與藝術結合,設計與實作了一個線上藝廊平台,分別從「觀賞者介面」與「管理者介面」來提供觀賞者多元豐富的體驗與管理者彈性化管理的功能。管理者透過「管理者介面」可以記錄藝術家、藝術品與展期資訊,並管理各展期所要展示的畫作,還能因應策展主題的不同,快速地更換線上藝廊該展期的畫作內容。而「觀賞者介面」則是提供觀賞者網頁 3D 和虛擬實境(Virtual Reality)的兩種體驗模式。本研究並且以「暨大印象」為此次的策展主題,與盧安藝術合作,在線上藝廊平台中展出藝術家們如孫少英老師等所繪與暨大風景相關的傳統靜態 2D 畫作。除此之外,本研究還將科技的元素融入藝術,將這些靜態 2D 畫作進行二次創作,並結合多媒體技術,以 2D 與 3D 動態畫作等多元感官體驗的方式展示於藝廊中,以此添加趣味性來吸引觀眾,並增加觀眾的沉浸感、臨場感與專注度。

本研究的成果除了受邀在暨大藝廊展出外,並以問卷調查的方式來進行系統評估,實驗結果顯示以虛擬實境搭配網頁 3D 的體驗模式,以及動態畫作的展示等均能讓觀賞者對展覽的內容更加印象深刻,願意花更多時間來欣賞畫作,並且當此線上藝廊平台推出不同策展主題時會想再次體驗。而管理者則認為展期管理功能的設計能讓他們更彈性的管理當前與歷次展期,以及規劃未來展期資訊。

關鍵詞： 虛擬實境、線上展覽、虛擬展館、WebXR、3D 建模

* 本文通訊作者。電子郵件信箱：joanna@mail.ncnu.edu.tw
2023/03/20 投稿；2023/06/27 修訂；2023/07/26 接受

Tsai, C.Y. & Chiang, M.L. (2024). Design and Implementation of a WebXR-based Online Gallery with Immersive Virtual Reality. *Journal of Information Management*, 31(1), 31-65.

Design and Implementation of a WebXR-based Online Gallery with Immersive Virtual Reality

Ching-Yao Tsai

Department of Information Management, National Chi Nan University

Mei-Ling Chiang*

Department of Information Management, National Chi Nan University

Abstract

The epidemic outbreak has caused many physical exhibitions to turn online, and the populace can visit the exhibition online to appreciate the art. However, there are still many challenges to overcome for online exhibitions. For example, most virtual exhibitions only provide simple introductions for exhibits and lack human interaction. So virtual exhibitions cannot give the audience a sense of presence like visiting a physical exhibition, making them lack focus easily. In addition, novel virtual technologies, Web technologies, and 3D exhibition spaces for different curatorial themes are additional costs for curatorial organizations.

In order to overcome these challenges and difficulties, this study attempts to combine technology and art, and designs and implements an online art gallery platform, which provides diverse and rich experiences for audiences and flexible management functions for gallery administrators. This platform consists of Front-End and Back-End. Through the Back-End interface, gallery administrators can manage and record information about artists, artworks, and exhibitions. They also can quickly change the paintings displayed in the exhibition according to different curatorial themes. Through the Front-End interface, viewers can choose 3D Websites or virtual reality to experience the gallery. In the online gallery, we use “The Impression of NCNU” as the curatorial theme and display paintings depicting the landscape of NCNU by artists such as Shao-Ying Sun. In addition, this research integrates the elements of technology into art. The online gallery displays 2D and 3D dynamic paintings, which recreate static 2D paintings and combine multimedia technology to engage the audience and increase the audience’s sense of immersion, presence, and concentration in this study.

* Corresponding author. Email: joanna@mail.ncnu.edu.tw

2023/03/20 received; 2023/06/27 revised; 2023/07/26 accepted

In addition to being invited to exhibit at the National Chi-Nan University Art Gallery, the research results are systematically evaluated through questionnaires after viewers experience the online gallery. The experimental results showed that the experience modes combining virtual reality with 3D Websites and the display of dynamic paintings could make viewers more impressed by the exhibition and make them willing to spend more time appreciating the paintings. Viewers will want to experience them again when this online gallery platform launches different curatorial themes. Gallery managers believe that the design of the exhibition management function allows them to manage the current and past exhibitions more flexibly, as well as plan for future exhibitions.

Keywords: Virtual reality, Online exhibition, Virtual exhibition, WebXR, 3D Modeling

壹、緒論

在現今社會參觀展覽或博物館等藝文活動已變成人們的休閒體驗，然而，疫情的爆發限制了人們與藝術的實體距離，世界各地實體的藝術展覽相繼取消活動，藉著科技及網際網路之便，許多實體展覽轉為線上化，數位轉型對藝術帶來許多衝擊，目前仍有很大的挑戰與省思空間。

對觀賞者而言，隔著螢幕來從虛擬場景的作品中了解創作者所要傳達的意涵與理念並非容易的事。雖然目前網路上展示的線上展館有提供網頁或是虛擬實境這兩種體驗模式讓觀眾欣賞，但因為多數虛擬展館的互動功能只提供觀眾簡易的展品介紹，並無法提供實體展覽般的臨場感，並且線上展覽因為沒有人的導覽和交流，若不知道策展重點時會影響觀賞者的專注力。

而對藝術機構而言，雖然線上化可以為機構或藝廊省下很多實體經費，也減少了展品運送或保管的風險，但是新穎的虛擬技術、網頁與 3D 建模等技術的採用，線上化的展覽同樣會需要負擔額外的建置成本。此外，目前的畫廊或是機關單位每次推出新的策展主題時，採用直接重新製作一個新的虛擬展場，或者委託具有(線上)虛擬展場製作經驗的公司來進行。然而，無論是將產品虛擬化還是建置多場虛擬展覽，長期下來展場的建置成本對畫廊或機關單位來說都是一筆不小的開銷。故本研究希望可以研究和開發出一個符合藝術機構期望，且同時具備彈性化管理與帶給觀賞者良好體驗的線上藝廊平台。

本研究旨在設計一個線上藝廊的平台系統，此平台對觀眾而言，不但可以使大家可以透過網際網路來接觸藝術，還可以提供多元感官體驗的藝術型態，增加觀眾在觀賞線上藝廊時的沉浸感與臨場感。對於創作者而言，這個平台可以提供新秀藝術家來展示其創作品的機會，而數位藝術家也能以虛擬實境或是互動藝術的技術，來展示及探索更多藝術可能的表達方式，實現在現實中難以表達的創作手法。另外，對於畫廊或是策展機構而言，使用此平台不但可以降低他們重複建置虛擬展場的成本，並且結合智慧展場管理的功能，讓他們能更彈性的管理與記錄各個展期。

本研究的貢獻如下，我們所設計的線上藝廊平台分別從「管理者介面」以及「觀賞者介面」去實作。「管理者介面」的實作為後台管理，除了可以記錄藝術家與藝術品的詳細資訊外，還可以記錄歷次策展資訊與策展內所展示的畫作資訊，讓管理者能因應當期策展主題的不同，快速且方便地更換線上藝廊中的每幅畫作及設定動態畫作資訊。而「觀賞者介面」的實作提供觀賞者以網頁 3D 模式和虛擬實境模式來瀏覽，在展場中除了可以在虛擬實境或網頁中呈現傳統的靜態畫作外，更結合了資訊科技的優勢，在獲得畫家的授權後，將二次創作的 2D 與 3D 動態畫作展示在線上藝廊中，藉由不同藝術型態的呈現，增添新穎性的趣味來吸引觀眾，讓觀賞者能增加體驗時的專注度與沉浸感。

在本研究中，我們以「暨大印象」為策展主題，與盧安藝術 (2023)¹合作，展出藝術家們包含孫少英(2023)²老師與姜美玲(2023)³老師等人所繪的暨大風景畫作，用多元的方式於此線上藝廊展出。在此藝廊內除了傳統靜態 2D 畫作的展示，亦包含 2D 與 3D 動態的二次創作，並結合多媒體播放，呈現不同藝術型態的表現手法。

本研究的成果除了受邀在暨大藝廊展出外，並且設計問卷調查來驗證本藝廊提供虛擬實境和網頁 3D 的雙體驗模式，以及 2D 與 3D 的動態畫作展示，是否會增加觀賞者在觀賞畫作時的臨場感與專注度，讓他們更加理解創作者的創作理念，並且驗證在管理層面上，本研究設計的展期管理功能，如快速地更換線上藝廊內靜態與動態的畫作，與記錄歷次策展的畫作資訊等，是否能讓管理者以更彈性的方式來管理線上藝廊。根據問卷調查的結果顯示，觀賞者認為以虛擬實境搭配網頁 3D 的體驗模式能讓他們對展覽的內容更加印象深刻，以及將靜態畫作變成動態畫作來展示於藝廊內，會讓他們願意花更多時間來觀賞與理解畫作，並表示若本藝廊推出不同主題的策展時，他們會願意再次體驗。此外，管理者認為後台系統的展期功能設計可以讓他們方便且彈性的設定線上藝廊的畫作內容，以及管理歷次展期與規劃未來展期資訊，並且表示會想推薦策展同事來體驗此系統。

本論文的結構如下：第二章介紹相關研究與網頁端 VR 技術，以及影響 VR 體驗的因素和線上展覽案例，第三章描述本研究所設計與實作的線上藝廊平台，第四章則是實驗評估與結果，我們以問卷調查的方式來個別蒐集觀賞者與管理者對於本系統前後台的滿意程度，而第五章是結論與未來工作。

貳、文獻探討

本章介紹與本論文相關的研究和所使用的技術，並描述影響虛擬實境藝廊設計與體驗的相關因素，以及列舉虛擬實境與互動藝術在展館方面的相關案例。

一、虛擬實境與展覽

虛擬實境是利用電腦產生出一個虛擬的三維空間，從最初的視覺模擬，到如今模擬使用者的聽覺、視覺與觸覺等多感官系統，讓使用者彷彿身臨其境。虛擬實境利用頭部、眼部與動作等追蹤技術來讓我們在體驗時達到沉浸感。藉由頭戴式裝置裡的陀螺儀、加速計和磁力計等硬體設備來實現頭部追蹤技術，讓 VR 場景能隨著使用者的視角去改變。藉由頭戴式裝置內的紅外線傳感器來實現眼部追蹤，讓使用者觀看虛擬世界時有近景遠景的 3D 差異，提升場景深度的真實性；藉由手持控制器與定位器來實現動作追蹤，讓使用者能跟虛擬世界進行互動。

不同時期的專家對於虛擬實境的定義不盡相同，但相同的是都強調對虛擬世界的沉浸感、對虛擬環境的感知力，以及與虛擬環境的互動體驗等三種感受。在

¹ 盧安藝術 (2023)，盧安藝術文化有限公司，<https://www.twincn.com/item.aspx?no=53295550>。

² 孫少英 (2023)，<https://www.facebook.com/SunShaoYing>。

³ 姜美玲 (2023)，<http://joanna.im.ncnu.edu.tw>。

Sheridan (1992)的研究中，他以臨場感的角度來定義虛擬實境，認為臨場感由三條件所構成，包含感官資訊的延伸、感測器與環境接觸、操作真實事物的能力等。Gigante (1993) 則認為在設備方面應須滿足視覺、聽覺和觸覺，以及具體位置追蹤系統，並強調沉浸性與多感官刺激的重要性。而 Burdea & Coiffet (2003) 提出了構成虛擬實境的三要素，首先是沉浸性(Immersion)，指的是使用者能夠完全沉浸於虛擬世界中；其二是互動性(Interaction)，透過感官模擬讓使用者在虛擬世界中的操控與動作反應如同在真實世界中一樣；最後是想像性 (Imagination)，指的是在虛擬世界中感受的感官特效刺激，是可以讓使用者想像而有如身臨其境。Sanchez-Vives & Slater (2005) 則認為虛擬實境的定義可以解釋為人們在虛擬環境中能做出符合真實世界的反應，包含生理、情緒與行為等反應。

如今元宇宙的熱潮和 5G 技術的發展，目前虛擬實境相關軟硬體技術越來越成熟，虛擬實境已被廣泛運用在各領域中，諸如遊戲、教育、畜牧、旅遊與醫療等等，亦有許多線上虛擬展場平臺的相關產品或研究，如 KUNSTMATRIX (2023)⁴, VIRSODY (2023)⁵, VIVERSE (2023)⁶, METAMAKER (2023)⁷, GOXR (2023)⁸。這些平臺提供了不同程度的虛擬展覽功能和體驗，如豐富的 3D 視覺效果、互動元素和社群互動，提供觀賞者參觀展覽時的沉浸感與臨場感。其中，KUNSTMATRIX 是國際知名的線上虛擬展覽平臺，提供了展覽設計、3D 模型展示、藝術品交易和社群互動等等的功能，使用者介面易於操作，並且提供高質量的 3D 視覺效果。而立基於臺灣的 VIRSODY 線上虛擬展覽平臺，專注於提供藝術和文化領域的展覽體驗，提供了豐富的 3D 展示功能、互動元素和社群互動，使觀賞者能以多元的方式來觀看展覽內容。而 VIVERSE 線上虛擬展覽平臺是臺灣 VIVE VR 平臺的一部分，觀賞者可以瀏覽和參觀各種型別的展覽。它使用了 VR 技術來提供觀賞者身歷其境的展覽體驗，亦提供互動元素和社群功能。METAMAKER 亦是個臺灣的線上虛擬展覽平臺，專注於展覽和體驗創意產業，提供了創意工作室、圖書館、展覽廳等各種場景的虛擬展示，並且支援多種形式的互動和社群互動。此外，GOXR 是由 XRSPACE 推出的線上虛擬展覽平臺，讓使用者能夠建立虛擬展覽，可以在虛擬展間中探索和參與各種活動，完成任務獲得獎勵，或加入社群互動。

許多虛擬實境展覽案例均需觀眾下載應用程式或使用特定平台才能體驗該展覽作品，而不少美術館或畫廊為使人們更容易接觸藝術，選擇以網頁技術來建構虛擬展場以做為互動與交流的媒介，以下是一些相關案例的介紹。

台北國立故宮博物院 (2018) 展出「再現傳奇—VR 藝術體驗特展」，以故宮《清院本清明上河圖》為本，結合原畫欣賞與互動遊戲體驗。在原畫方面，清明上河圖以 8K 高畫質還原，觀眾可仔細觀賞畫中人物、景色與民俗活動，而互動

⁴ KUNSTMATRIX (2023). <https://www.kunstmatrix.com/>

⁵ VIRSODY (2023). <https://www.virsody.io>

⁶ VIVERSE (2023). <https://www.viverse.com/>

⁷ METAMAKER (2023). <https://www.metamaker.io/>

⁸ GOXR (2023). <https://www.xrspace.io/tw/goxr>

遊戲則有 3 個場景可供觀眾體驗。此特展不但可讓觀眾更容易理解歷史裡宋代首都汴京城的繁榮與經濟面貌，並寓教於樂的結合歷史文化與 VR 技術，進行教育推廣。

日本的山本修畫家與 VIVEPORT (2021) 合作，利用 VR 技術創建了「貓・美術館線上展」。分為四大展區，展區一為「貓斯汀大教堂」，展示 124 幅畫作，氣勢磅礴的空間感彷彿讓人身臨真實的教堂當中；展區二為「古典肖像貓」，此區將經典的肖像人物替換成貓，並結合動態特效使得各肖像間彷彿能彼此對話；展區三為「貓體之美」，此區以文藝復興時期畫作「維納斯的誕生」為靈感，利用 3D 建模技術創建出貓版維納斯，並讓觀眾能進入畫中世界近距離探索；展區四為「交流的貓藝術」，以東洋喵畫為主，展示各種日式風格。此線上展有三大亮點：(1)自由觀展體驗，在期限內可重複觀看，且不限觀看裝置，(2)沉浸感極高，支援多人同時線上觀展，且在展間可彼此互動與聊天，如同體驗實體展覽般。(3)開發團隊陸續開發更多展區供訂閱者觀賞，且優化觀展動線，以及將畫中世界的 3D 建模做得更精緻。

「BEDLAM」(Minky 2020)⁹ 則是由臺、法與英跨國合製的沉浸式多人互動 VR 劇場，透過虛擬實境科技讓觀眾可以置身於 17 世紀的精神病院裡，以探視者的角度旁觀著精神病院裡病人的「瘋狂」，讓人們去反思其實不止在過去裡少數族群會遭受到殘酷對待，而至今人們對怪奇事物的興趣依舊不減，窺探與對他人的貶低心態始終存在。在此 VR 劇場裡的某些 NPC 為工作人員所扮演，讓觀眾可以跟這些角色進行即時互動，且為了達到逼真的沉浸感，BEDLAM 會以動態捕捉影像技術去捕捉工作人員的臉部表情、肢體動作及說話內容，再呈現在 VR 劇場內的人物角色。然而若要在 VR 裡跟不同網域的人互動，雲端的資料傳送與運算需在很短的時間內完成，故 BEDLAM 最大的特色就是以 5G 作為核心技術，提供了即時性的自動同步運算及增加了複雜運算的可行性，優化因 VR 延遲而造成的動暈症情況。

「線上故宮」是國立故宮博物院 (2023a) 的官網所提供，在數位保存方面，不但設有 3D 文物賞析專區，讓民眾直接在網站上欣賞各類國寶古物，並設有 Open Data 資料開放平台讓民眾共享故宮的數位典藏資料。另外，官網更推出了「720°VR 逛故宮」(國立故宮博物院 2023b)，結合 Google 街景技術拍攝館內的 360 度環景照片，引領民眾透過網頁瀏覽也能彷彿親臨現場，感受藝文氛圍。而展館還設計了尋寶關卡，讓民眾在體驗過程中增添挑戰與趣味。

國立歷史博物館 (2023) 在數位保存方面，以照片與文字形式記錄各類文物國寶，並且也推出眾多主題的線上展覽。以「海之美-海洋文化與台灣風貌」(國立歷史博物館 2021) 的線上展覽為例，觀賞者可選擇網頁模式或是手機版虛擬實境模式來觀看此線上虛擬展覽。而國立台灣美術館 (2023) 在數位保存方面，除了以數位圖像方式記錄文物，還另外設有 3D 數位專區，以多元化的方式來管

⁹ Minky Productions (2020). *BEDLAM trailer*. <https://www.minkyproductions.com/work/bedlam-trailer/>

理。而它所提供的線上展覽方面，以「海外存珍—順天美術館藏品歸鄉」（國立台灣美術館 2021）為例，同樣也是提供網頁版與虛擬實境兩種體驗版本。另外，線上展覽還額外提供如線上 3D 捏陶等互動小遊戲來增加民眾的沉浸感。

二、網頁端 VR 技術

開發本研究的系統主要運用到三個網頁端虛擬實境技術，包含 WebXR (2023)¹⁰，Three.js (2023)¹¹，A-Frame (2023)¹²。首先，WebXR 是由 Mozilla 提出的網頁標準，源自於 WebVR (2023)¹³標準，比 WebVR 僅設計來支援虛擬實境，WebXR 則加強對擴增實境的功能。因此它允許將 3D 場景渲染到虛擬世界中，讓使用者用瀏覽器開啟虛擬實境，亦允許將虛擬圖像或 3D 物件添加到現實世界中，使用擴增實境功能。

WebXR 標準是由一組 WebXR Device API 所構成，它們主要用來提供以下關鍵功能：檢查使用者的設備與瀏覽器是否支援 WebXR，即查詢是否有兼容的 AR 或 VR 輸出設備、將 3D 場景渲染到所選擇的輸出設備、將畫面輸出到 2D 顯示器上，以及偵測使用者身體運動的角度與位置等。目前主要支援 WebXR 的常見瀏覽器有 Chrome, Edge, Opera，而 Firefox 與 Safari 則是需手動去瀏覽器的設定裡開啟啟用 VR 的選項。雖然 WebXR 在 2020 年才開始相繼被瀏覽器支援，但是有即時性與低門檻的優勢，在即時性方面，當使用者開啟瀏覽器時不須下載任何相關應用程式，即可使用此標準在網頁上體驗 VR 內容。另外，因為網頁開發者眾多，且在 HTML5 支援 VR 技術後，也大大降低了 WebXR 的技術門檻。

以 WebXR 技術來實作線上藝廊的平台，其好處是容易跨裝置跨平台瀏覽。然而因為各裝置是基於瀏覽器來作為平台，其運算效能會受到瀏覽器的圖形運算能力或 WebGL 支援程度而影響。所以為了不影響使用者操作時的即時渲染順暢度，虛擬展場的模型總面數和細緻度是有限的。

Three.js 是一套基於 WebGL 開發的 Javascript 函式庫，而 WebGL 則是依據 OpenGL 所設計的 JavaScript API，是一個可以在不使用外掛程式的情況下於任何相容的網頁瀏覽器中繪製互動式 2D 與 3D 圖形的標準。然而，開發者使用 WebGL 來繪製圖形需要具備較多的數學知識與物理計算，開發的門檻相對較高，故 Three.js 對 WebGL 進行重新封裝，使開發者可以直接呼叫函式庫的函式，大幅降低開發的難度，並讓開發者在網頁中繪製 3D 圖形上更加方便。

Three.js 是目前較流行的開源 3D 框架，優點在於提供完整的 3D 繪圖功能供使用外，還支援多種 3D 物件的格式。此外 Three.js 幾乎適用於所有常見的瀏覽器，且擴展性強大，開發者可以依需求來自定義功能，只需封裝進 Three.js 即可使用，並很容易兼容 jquery 等其他前端框架，大大增加開發的便利性與降低開發門檻。

¹⁰ WebXR (2023). <https://immersiveweb.dev/>

¹¹ Three.js (2023). <https://threejs.org/>

¹² A-Frame (2023). <https://aframe.io>.

¹³ WebVR (2023). <https://webvr.info/>

A-Frame 是個基於 HTML 創建 VR 體驗的開源 WebXR 框架，由 Mozilla 旗下的 VR 研究團隊 MozVR 所推出。由於基於 HTML 與 Three.js，它大幅降低 VR 網頁的開發難度，吸引眾多開發者在網頁上開發虛擬實境，還跨平台兼容智慧型手機、電腦與平板等各種裝置。此外，它還相容 Three.js API，在現有功能上又可擴充與增添更多功能。它採用 Entity-Component-System (ECS) 架構，可在 Entity 上混搭不同 Component，而 Component 均可用 JavaScript, DOM APIs, Three.js 等技術來進行額外開發，故擴充性高。它並且提供可視化的 Inspector 檢測介面，供開發者製作 3D 物件和建置虛擬場景。在硬體的適配性上，它也幾乎相容 Vive (2023)¹⁴、Oculus (2023)¹⁵ 等主流 VR 平臺，已發展為最受歡迎的 VR 社群之一。

三、影響民眾參觀展覽體驗因素之研究

虛擬實境在發展上日漸突破技術限制，致力於追求良好的使用者體驗。本節從相關研究對於展館觀眾經驗、沉浸體驗設計、VR 體驗影響因素等來進行討論。

(一) 展館觀眾經驗

現今社會大眾在參觀博物館、美術館與畫展等藝文活動時，越加重視體驗時的品質感受，故近年來展館設計慢慢從採納專家意見變為參考觀眾觀展的經驗，期望在不斷的探討與研究中，利用觀眾經驗將促進展館的設計更貼合觀眾的需求。

學者 Doering (1999) 認為博物館必須將民眾視為客戶，站在客戶的立場來了解客戶的需求及期待，才能發揮博物館最大的價值。李斐螢 (2007) 的研究則是指出：一般觀眾調查會根據不同的觀眾群，調查與分析觀眾觀展動機、喜愛觀展動線與對展覽偏好程度等項目，以期望能設計出更符合觀眾理想的展館展示。

Loomis (1993) 依觀眾在觀展的前、中、後歸納出三個層面：(1) 觀眾投入層面，指觀眾人口變量(性別、年齡等)、心理特徵(觀展頻率等)；(2) 參觀過程層面，指在觀展過程中對展館環境、展品等的體驗感受；(3) 參觀結果層面，指觀眾在觀展後的滿意程度。而林維真、鄧詠之 (2021) 的研究指出展館的展示說明設計會影響觀眾對於展館的體驗與經驗學習，且發現在展示說明中比起版面配置的視覺效果，觀眾更重視文字說明的設計，故文字表達應符合易讀性，且摘出重點來避免觀眾因沒興趣而跳過文字說明。而鄭淑文、許家瑋、林詠能(2018) 的研究表示，數位科技在展覽中的運用及導入已是趨勢，研究者能有更多元的方式來瞭解觀眾的參觀經驗。

蕭斐云 (2015) 的研究則以臺灣美術館為例，探討國內觀眾參觀美術館的偏好因素，依觀眾重視的程度排序如下：(1) 策展人與藝術家的知名度。(2) 展覽的內容與類型，多數觀眾偏好展期長、內容品質穩定，且能展現教育性質的主題型策展。(3) 教育推廣活動設計，讓即使具備不同先備知識的觀眾，亦能以非強迫的方式來自動自發的攝取新知。(4) 互動展示裝置，讓觀者可以參與操作或是主動與展品互動交流，以增強對藝術求知的興趣與參觀意願。(5) 導覽服務，比起傳統定時

¹⁴ Vive (2023). <https://www.vive.com/tw/>

¹⁵ Oculus (2023). <https://store.facebook.com/tw/quest/>

或預約的導覽人員方式，語音導覽或是 APP 的機型輔具導覽服務較為觀眾所偏好。(6)展場規劃，氛圍與布景應與展覽主題有關，且應採用開放式或隨機式的動線樣式規劃來引領觀眾走訪全程。而展示說明應著重易讀性且避免冗長介紹。

(二) 沉浸體驗

沉浸理論(Flow Theory)由 Csikszentmihalyi (1975) 所提出，也稱為心流理論。沉浸理論指的是當人們在進行活動時若能完全投入情境中，並過濾掉所有與活動或情境不相關的感覺時，即可稱為進入沉浸狀態。而隨著科技技術的發展，沉浸理論逐漸延伸至人機介面與互動上的討論。

影響沉浸體驗的主要因素分別有技術與挑戰，當挑戰與技術達到一致時，才能產生最佳的流暢體驗，故 Csikszentmihalyi (1990) 提出流暢體驗的九大構面：(1)挑戰和技巧的平衡、(2)動作與知覺的融合、(3)清晰目的、(4)明確回饋、(5)專注力、(6)隨意的控制感、(7)自我意識的暫失、(8)時間感的改變、(9)內在動機的活動循環。

另外，Jegers (2007) 基於 Sweetser & Wyeth (2005) 的遊戲流暢體驗的理論下，提出了普遍型遊戲流暢體驗理論，共有八大構面：(1)專注(Concentration)，遊戲內提供大量的來源刺激能時刻抓住玩家注意力；(2)挑戰(Challenge)，指遊戲中應設計符合玩家水平不同層次的挑戰；(3)玩家技巧(Player Skills)，遊戲介面應容易使用，使玩家不用閱讀過多遊戲指南即可進行遊戲；(4)控制(Control)，玩家對於角色與介面操作上，流暢並有掌控性；(5)明確目標(Clear Goals)，遊戲中的提示可以讓玩家清楚後續的遊玩方向；(6)回饋(Feedback)，在遊戲過程中應有獎勵機制或等級變化等回饋；(7)沉浸(Immersion)，玩家遊玩過程中帶入情緒，並忽略外在的真實情況；(8)社交活動(Social Interaction)，遊戲應建立社會互動系統。

而黃增隆 (2017) 的研究在探討線上多方人際互動與人機互動經驗中的沉浸本質與定義，認為過往研究欠缺考量情緒的特性，故在 Csikszentmihalyi (1990) 的研究基礎上，他提出了沉浸四狀態並定義其內容，以及探討提升沉浸感的設計。沉浸四狀態包含(1)感官狀態，包含美感與虛擬視覺化等元素；(2)情感狀態，包含情緒感染與情緒激發等元素；(3)知性狀態，包含注意力、好奇心、情境推想與整合思維等元素；(4)行為狀態，包含控制感的元素。

(三) VR 體驗影響變數

對於虛擬實境來說能帶來多感官的沉浸式體驗尤為重要，因為沉浸感可以使我們處在虛擬環境中猶如身臨其境。然而在體驗虛擬實境時，無論是觀眾本身的差異或是體驗環境的限制，這些都是會影響觀眾臨場感的因素。故在李佩蓉 (2010) 的研究中，基於 Witmer & Singer (1998) 所設計的沉浸傾向與臨場感量表設計問卷上，提出在虛擬實境中影響臨場感的三大因素：(1)虛擬環境的逼真度，指的是在虛擬環境當中所呈現的畫面、聲音與互動方式，跟觀眾平常在真實環境中所體驗的相符；(2)個人主觀體驗，因為在相同的虛擬環境中每個人的感受會有所不同，可能是跟性別、興趣與年齡等有關，因此臨場感的體驗也有所不同；(3)投入與選擇性關注，指的是觀眾在體驗虛擬實境時，是否能夠專注在虛擬世界裡。

除了個體差異會影響沉浸感體驗外，蔡慈育 (2016) 的研究表示在虛擬實境中加入豐富的互動體驗，是有助於沉浸感的提升，而互動式體驗方面則可以著重使用者自主權與娛樂性質等兩方面來設計。另外，林以晴 (2019) 的研究顯示若要發展良好的虛擬實境觀展體驗，可參考十種不同性質的因素來設計：(1)易用性，以使用者為中心的概念，設計出貼近使用者的需求與習慣。(2)沉浸感，指的是設計出讓使用者能忽略週遭事物，投入情感於展覽中。(3)融入感，指的是使用者進行某一事件時，對當前事情的理解度。(4)注意力，指的是讓使用者專心進行當前活動，忽略外在干擾。(5)內容性，指的是遊戲體驗內容對於使用者之感受，讓使用者在體驗中能清楚了解遊戲內容並有參與感。(6)不確定感，指的是使用者無法預期接下來會發生的事情與結果，設計出降低使用者過程中的不安全感。(7)挑戰性，明確且充滿挑戰的目標能激發使用者的興趣。(8)吸引力，了解觀眾喜愛，設計出吸引使用者的遊戲。(9)參與感，指的是了解使用者的喜愛來設計遊戲，讓使用者體驗時有參與其中的感覺，而遊戲內容中的挑戰以及回饋會讓玩家體驗過程中有參與感。(10)新鮮感，如遊戲內容具有豐富的互動性，可以給使用者有趣、新鮮、意想不到的體驗。

參、線上藝廊的系統設計與實作

本章描述本研究所開發的線上藝廊系統的設計理念與系統實作，並且介紹與展示線上藝廊前台的整體環境佈局與功能，以及線上藝廊後台管理系統的介面與管理功能。最後我們描述實作本系統時所遇到的困難與我們所採用的優化方式。

一、線上藝廊的設計方向

本研究將資訊科技與藝術結合，希望所實作的系統能比現在的線上展覽更有彈性，且突破觀眾體驗的侷限，以展現數位藝廊的優勢。以下闡述我們系統的設計理念，從體驗平台、臨場感、沉浸感與數位典藏等四個層面來分析討論。

● 雙模式的體驗平台設計

在疫情爆發後世界各地實體展覽相繼取消，多數展覽改為以建置網頁版的線上展覽方式來因應，而我們平台的設計參考了相關研究，提供雙模式的體驗方式。選擇網頁版呈現的優點在於對一般使用者來說操作門檻較低，打開瀏覽器就可以快速瀏覽線上展覽，可以加快藝術傳播的速度。此外，本系統藉由使用 WebXR 技術來開發，在此平台中觀眾可以有彈性地選擇網頁版或虛擬實境版來體驗。

● 數位化藝術典藏與彈性的後台管理

數位典藏是使用數位化的方式來保存與記錄重要的文物、史料、作品及影音，可應用於展示、研究以及教學的目的。在網際網路的普及下，將所匯集的知識即時的傳遞，可達到知識共享的目的。本研究獲得畫家們的授權，將他們的平面畫作進行數位典藏與展示，並且收藏了基於這些畫作所進行的二次創作的動態畫作，將它們記錄於所建置的資料庫內。而此藝廊也會記錄歷次策展，與各展期所展示畫作的相關資訊。此外，我們還建置藝廊的後台管理介面，結合資料庫的建置與

應用，提供管理者對相關資料與展期資訊進行彈性的管理與檢索。

● 具臨場感的前台設計

目前網頁版的線上展覽多數是使用 Google Arts and Culture (Google 2023) 或 Matterport (2023)¹⁶ 的平台與技術來建置，均是以 360 度的全景虛擬實境視角將展場呈現給觀眾體驗，此方式不但可快速建置虛擬展場，更可直接將展場模型嵌入 Chrome 等瀏覽器中。然而這種展場設計的方式只提供簡單的互動，缺少動態的展示，且以環景圖呈現的展場背景是缺乏臨場感，觀眾的專注力容易隨著體驗時間的增加而變低。因此，本研究在展場的設計是以 3D 建模來建置展覽的場景，希望讓觀眾彷彿身處於真實的展覽當中。

此外，相關研究 (李斐瑩 2007; Loomis 1993; 林維真、鄆詠之 2021; 鄭淑文等人 2018; 蕭斐云 2015) 也說明導覽服務、展場規劃、展場逼真度與個人主觀感受等因素皆會影響臨場感，在導覽服務方面觀眾較偏好語音導覽。在展場規劃上，佈景建置應與展覽主題有關連性，而各展區的介紹應清楚易懂，讓觀眾能在展場動線規劃的引領下走訪全程。另外在展場逼真度方面，3D 展場建模的精緻度會影響觀眾置身於虛擬展場的臨場體驗，且在虛擬展場的互動方式，應與觀眾平常在真實環境中所體驗和反應的相符，而音效的搭配則是觀眾是否能夠持續專注的關鍵。在參考了這些研究後，我們將這些影響因素納入平台設計時的考量。

● 具新穎性與沉浸感的前台設計

相關研究指出目前的網頁版線上展覽為新科技的應用，雖然可以提供觀眾初體驗的新鮮感，但無論是展場提供的互動性還是複雜性，並無法長久吸引觀眾的注意，觀眾會隨著體驗時間的增長而容易產生疲乏感。而在吸引觀眾注意力方面，蔡慈育 (2016) 的論文指出豐富的互動體驗是影響沉浸感的重要關鍵。在實作方面我們利用將靜態的 2D 畫作動畫化，與使用 3D 建模技術來還原畫中的場景與氛圍，以吸引觀眾注意。

我們從參考論文 (Csikszentmihalyi 1990; Jegers 2007; Sweetser & Wyeth 2005; 李佩蓉 2010; 林以晴 2019) 的研究結果也可以得知，在設計線上藝廊時，選單按鈕或是畫作簡介等設計，應參考觀眾的使用經驗。而在觀眾體驗虛擬實境時，要避免因直接移動而容易導致暈眩的情況，通常會選擇瞬間移動的傳送方式來降低使用者動暈症的發生。另外，在觀眾觀展過程當中，在適當的時機來設置提示介面或提示功能，將能使觀眾馬上進入狀況，知道下一步該做什麼。

二、線上藝廊的系統架構

圖 1 為系統架構，我們在實作此線上藝廊時，為了降低觀賞者的體驗門檻，選擇使用網頁技術作為開發平台，並且為了因應觀賞者與管理者不同的需求，將線上藝廊系統分為前台與後台。前台網站提供觀賞者網頁 3D 與虛擬實境兩種體驗模式的線上藝廊，而後台網站則是除了讓管理者可以方便管理與記錄藝術品及

¹⁶ Matterport (2023). <https://matterport.com/>

藝術家的相關資訊外，還提供展期管理功能，使管理者可以記錄每個展期應展示的畫作資訊，並且能因應策展主題的不同，快速更換前台線上藝廊的展覽內容。

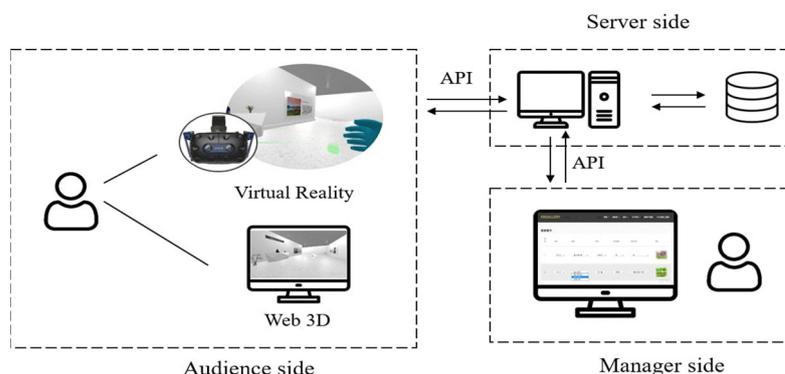


圖 1：系統架構圖

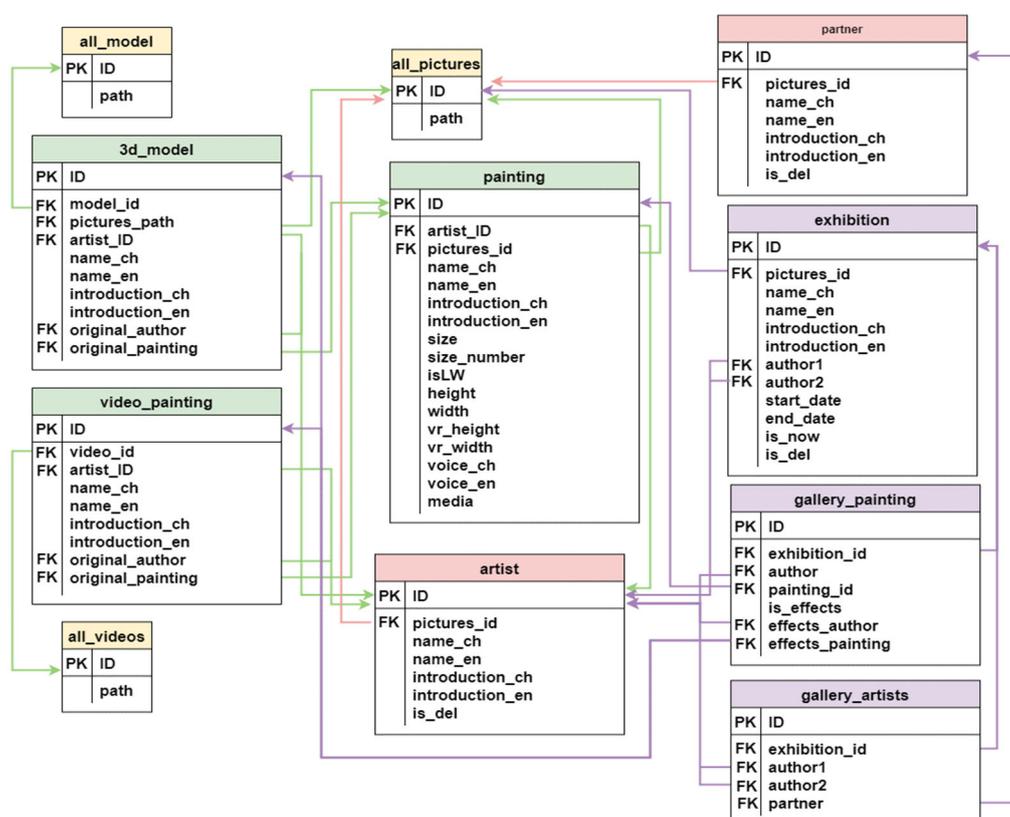


圖 2：系統架構圖線上藝廊 ERD

圖 2 為本系統資料庫的 Entity Relationship Diagram (ERD)，在藝術品管理方面，我們用 all_model, all_videos, all_pictures 等 Table 來記錄 3D 模型、2D 動態畫作與圖片的儲存路徑，而 3d_model, video_painting, painting 這三個 Table 則是詳細記錄 3D 動態畫作、2D 動態畫作，以及平面畫作等資訊。在藝術家管理方面，我們用 artist Table 來記錄藝術家資訊，以及用 partner Table 來記錄不同策展主題的合作對象資訊。在展期管理方面，我們設計 exhibition Table 來記錄不同展期的展示資訊，另外設計 gallery_artists Table 來記錄個別展期的展示藝術家與策

展主題合作單位，而 gallery_painting Table 則是記錄每個展期所展示的平面畫作資訊，以及設定是否提供 2D 或 3D 動態畫作的特效，並記錄對應的動態畫作。

三、所使用的技術與軟硬體

圖 3 為建置本系統所使用的技術與軟硬體，在硬體設備上，我們使用的 VR 設備為 HTC Vive Pro (2023)¹⁷ 一級玩家版，包含頭戴顯示裝置、基地台以及手持控制器。而電腦的規格配置為顯卡 NVIDIA RTX 3060 Ti, RAM 32G, CPU Intel i7 10700K 等。在開發技術上，我們利用 Blender (2023)¹⁸ 軟體來 3D 建模出藝廊的框架、場景物件，以及畫中元素，再將這些 3D 建模匯出後載入於由 A-Frame 框架所架設的線上藝廊中。而虛擬實境版本的線上藝廊還需要設定 SteamVR (2023)，讓兩個基地台間的範圍變成一個虛擬三維空間，使觀眾能用手持控制器在虛擬藝廊內進行互動與移動。此外，為方便管理者管理與設定藝廊，我們使用 JavaScript 撰寫此線上藝廊的後台管理系統，而在 3D 物件的檔案管理與模型呈現上則採用 Three.js 來開發。最後我們使用 Node.js 撰寫系統的後端，並串接 MySQL 資料庫。



圖 3：系統技術與軟硬體

四、線上藝廊前台展示與功能介紹

線上藝廊的規劃如圖 4 所示，包含大廳、畫作展示走廊、中庭景觀區和開發者區域。我們設定本次藝廊策展主題是「暨大印象」，展示畫家們關於暨大的風景畫作。為了使觀賞者在體驗時能沉浸其中與增加趣味，本研究除了讓觀賞者能在線上藝廊中看到傳統的靜態畫作外，還針對特定畫作製作 3D 特效與動畫，讓靜態平面畫作加入不同的感官體驗，吸引觀賞者注意。同時，我們並展示馬佩瑜、姜美玲 (2022) 對這些靜態畫作所製作的數幅 2D 動態畫，使線上藝廊的展覽更生動多元。

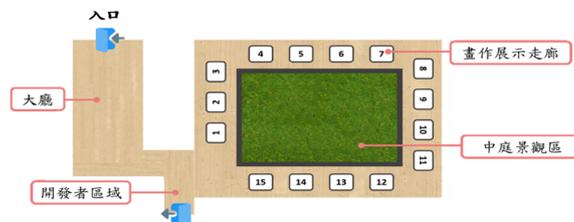


圖 4：線上藝廊示意圖

¹⁷ VIVE Pro (2023). <https://www.vive.com/tw/product/vive-pro-full-kit>

¹⁸ Blender (2023). <https://www.blender.org/>.

(一) 藝廊的各個場景介紹

各場景的動線規劃分為主題畫面、大廳、畫作展示走廊、中庭景觀區、開發者區域等五個部分。進入藝廊時會先看到主題畫面(圖 5)，為了搭配「暨大印象」的主題，此頁面背景選用暨大校門口的全景圖，提供中、英文的線上藝廊入口供觀賞者選擇。觀賞者點擊後進入藝廊，會先處於藝廊大廳(圖 6)，此區展示當期畫家與策展主題的簡介與照片(圖 7)。順著動線引導移動會看到由四個走道所圍成的中庭景觀區(圖 8)，此區擺放與策展主題「暨大印象」相關的特色 3D 建模，中庭的佈景是仿造暨大草原來設計，草地上擺放代表暨大特色的吉祥物，如穿山甲與小羊模型。而畫作展示走廊(圖 9)上共展出 15 幅畫作。觀賞者在欣賞完畫作後，最後會進入開發者區域(圖 10)，這區介紹參與此線上藝廊開發的工作人員。



圖 5：主題畫面



圖 6：大廳



圖 7：暨南大學簡介

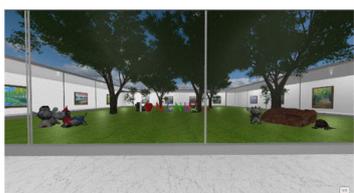


圖 8：中庭景觀區



圖 9：畫作展示走廊



圖 10：開發者區域

(二) 功能介紹

以下我們以六個面向來進行功能介紹：

1. 雙體驗模式與操作介紹

為了使觀賞者更容易接觸數位展覽以及增加體驗的沉浸感，本研究除了以網頁 3D 的形式來呈現線上藝廊，觀賞者還可以點選虛擬實境體驗模式(圖 11)。在網頁 3D 模式下，觀賞者可以鍵盤的方向鍵來控制移動方向，以滑鼠來控制視角範圍；而在虛擬實境模式下，觀賞者使用右手控制器來與場景物件進行互動，如點擊畫作來顯示畫作資訊等，而左手控制器則是用來移動，觀賞者只要選定一個位置，按下控制器上的移動鍵，則會瞬移到目標位置上。另外，觀賞者在體驗前會先有操作練習模式(圖 12)的引導，以熟悉控制器的操作，避免因操作不熟練而影響沉浸體驗。

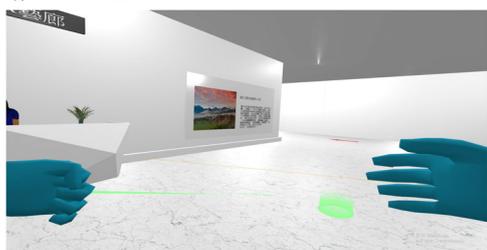


圖 11：線上藝廊虛擬實境體驗模式



圖 12：操作練習模式

2. 動線導覽與互動提示的設計

為了降低觀賞者在體驗虛擬實境時對於方向的不確定感，我們在藝廊內設置了動線引導，除了以簡單文字的視覺效果來告知觀賞者目前所在的位置與介紹展區外(圖 13)，還利用語音導覽來加強觀賞者對於動線引導的注意力，並且展場內還設計有圖像標示來指引觀眾移動路線(圖 14)。此外，為了促使觀賞者點擊藝廊內的特定物件來促發事件發生，我們將特定物件設計成具有發光的特性，以此來吸引觀賞者用滑鼠或手持控制器來點擊發光物件(圖 15)。



圖 13：文字與語音動線指引

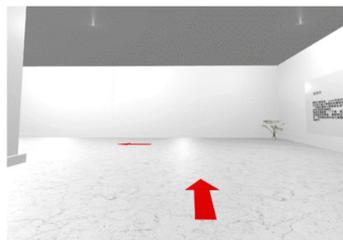


圖 14：圖像動線指引



圖 15：互動提示發光物件

3. 創作者生平與策展主題介紹

觀賞者可以在大廳閱覽當期展覽的藝術家生平與經歷介紹(圖 16)，以及觀看策展主題簡介，並且我們使用 Motion Portrait (2023)¹⁹ APP 將藝術家的頭像做特效，讓照片中的人物做出微笑、眨眼與抿嘴等表情變化(圖 17)，增加閱覽時的趣味性。



圖 16：孫少英老師簡介

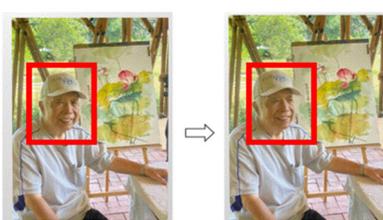


圖 17：頭像微笑特效



圖 18：觀賞點及語音簡介

4. 欣賞畫作與瀏覽畫作資訊

畫作展示走廊的牆壁上展示畫家所創作的靜態平面畫作，如圖 18，用來營造真實的藝廊氛圍，並提供合適的觀賞點，讓觀賞者可以瞬移至此來欣賞。觀賞者還可透過滑鼠或手持控制器點擊畫作，會顯示畫作的詳細資訊。且每幅畫均提供中英文的語音導覽，系統會播放簡介的音檔，使觀賞者更能了解藝術家的創作。

5. 展示不同特效的動態畫

為突顯本藝廊運用資訊科技的優勢，除了展示靜態平面畫作外，還提供 2D 與 3D 的動態畫作展示。動態畫作是在得到畫家的授權後，基於靜態平面畫作所做的二次創作的作品，觀賞者只需點擊特定畫作後，系統則會顯示此幅畫作的動態畫。如圖 19 中此藝廊展示了由馬佩瑜、姜美玲 (2022) 基於孫少英 (2023)老

¹⁹ Motion Portrait (2023). <https://www.motionportrait.com/en/indexe.php>

師的「暨大草原」而創作的 2D 動態畫作，以及圖 20 中展示了本研究基於另一幅作「暨大櫻花樹」而創作的 3D 動態畫作。

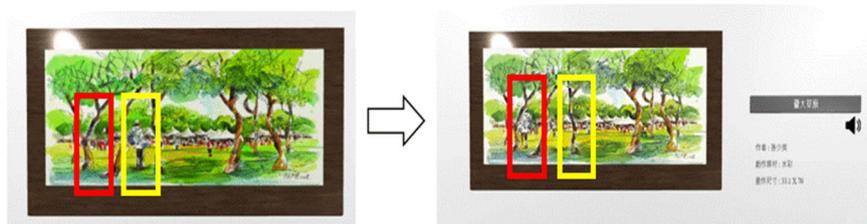


圖 19：2D 動態畫作



圖 20：3D 動態畫作

6. 創作基於靜態平面畫作的 3D 動態畫

傳統上平面畫作只能是靜態的展現，而本研究嘗試萃取平面畫作中的元素將其 3D 建模，並加入動畫與聲音特效，來延伸畫作的表達意境，運用擬真的畫面來賦予畫作元素生命。首先我們選自一幅以暨大櫻花盛開為主題的畫作，運用 Blender 來建模櫻花樹的樹枝與花瓣(圖 21)，並套用動畫特效使櫻花花瓣能慢慢綻放盛開(圖 22)，最後匯入線上藝廊內，使觀賞者在觀賞櫻花盛開的畫作時，藝廊內能營造出櫻花漸漸盛開的美麗景致，如圖 20 所示。

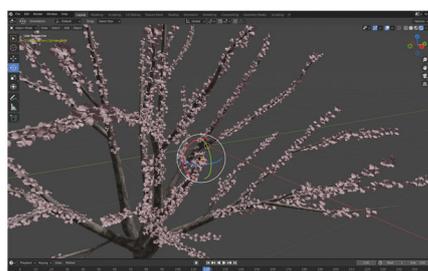


圖 21：使用 Blender 來建模

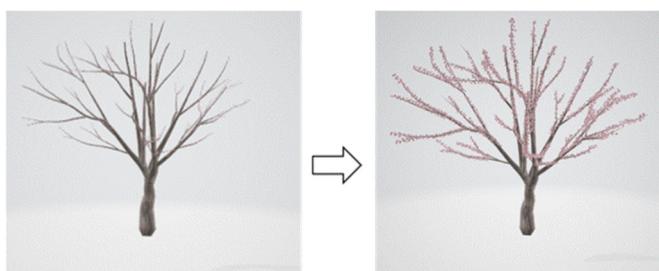


圖 22：櫻花綻放的動畫特效

五、線上藝廊後台展示與功能介紹

本研究希望能藉由科技之便利來實現線上藝廊的彈性化管理，因此設計了後台管理系統。此管理功能除了記錄與藝廊合作的藝術家以及他們所創作的藝術品資訊外，還能讓藝廊經營者可以彈性且方便的舉辦不同主題的展覽，並且可以保

存這些歷史策展的展示畫作資訊，使將來藝廊可以很容易地再次重現某次檔期的畫作展覽。為達成上述目標，我們實作了一個彈性的管理者介面，允許管理者來動態更換畫作以及畫作資訊，且可以很容易的保存歷次策展該檔期的畫作資訊。

(一) 藝術家管理

管理者可以在藝術家管理介面瀏覽與藝廊合作的各藝術家(圖 23)，查看其生平簡介，亦可以在這個頁面進行新增、刪除，或是編輯藝術家的詳細資訊(圖 24)。

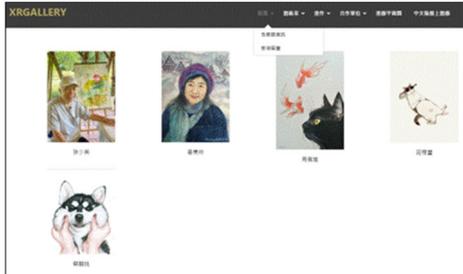


圖 23：藝術家總覽



圖 24：編輯藝術家資訊

(二) 藝術品管理

線上藝廊提供靜態平面畫作、2D 動態畫，以及 3D 模型等藝術品的管理。在藝術品總覽頁面，管理者可透過搜尋藝術家姓名來查看該藝術家所創作的藝術品的詳細資訊(圖 25)。管理者還可以編輯各藝術品資訊，如畫作名稱、畫家姓名、創作媒材、尺寸、簡介等與畫作相關的資訊(圖 26)。特別的是我們使用 node-gtts (2023)²⁰，串接 Google API 來將文字訊息轉成語音內容，管理者只需輸入或更新畫作簡介的文字後，後端就會自動將文字轉換成音檔儲存(圖 27)，之後再於前台藝廊中播放。



圖 25：藝術品總覽



圖 26：畫作資訊編輯



圖 27：文字自動轉語音

(三) 展期管理

展期管理的功能著重在提供管理者可以動態地更換畫作資訊，以及將歷次策展的畫作資訊保存，更可以重現歷史展覽。管理者可以在展期總覽頁面(圖 28)快速的查看歷次策展，以及編輯與刪除不同主題的展期資訊，如策展主題、合作藝術家、展覽時間以及展覽介紹(圖 29)。此外，還能設定線上藝廊當前應展示哪一期的展覽內容，管理者只要點選好想要觀看的檔期，則可於線上藝廊內重現該檔期的畫作展覽。同時，我們也設計展期畫作管理頁面(圖 30)，讓管理者可以記

²⁰ node-gtts (2023). <https://github.com/thiennq/node-gtts>

錄與更換每期展覽應展示的畫作，以及設定是否有 2D 或 3D 動態畫作特效，和對應的動態畫作。



圖 28：展期總覽

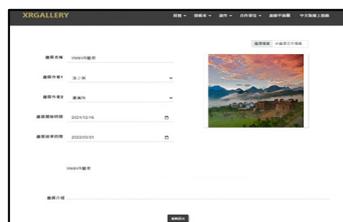


圖 29：展期資訊



圖 30：展期畫作管理

六、Z-fighting 問題與解決

我們觀察到在體驗虛擬實境版的線上藝廊時，場景中視野較遠的兩物體若是有重疊的部分，則畫面會產生閃爍的情況。



圖 31：畫作展示走廊



圖 32：畫作與畫框交錯閃爍

以圖 31 為例，當觀賞者在走廊 1 瀏覽畫作時，遠處走廊 3 的畫作與畫框的材質，兩者會不停地閃爍 (圖 32)，但是當觀賞者移動到走廊 3 至該閃爍畫作前方時，畫面閃爍的情況卻又消失。這種閃爍的現象稱為 Z-fighting (LearnOpenGL 2023)，通常會在 3D 物件轉換成平面影像時出現，這種不停閃爍的情況會降低觀賞者在觀賞時的沉浸體驗，嚴重時會使觀賞者產生暈眩嘔吐的感覺。為了提供良好的體驗，本節描述我們所提出的解決方式。

(一) Z-fighting 問題

當系統在渲染 3D 場景時，經常會遇到場景中離觀賞者視野較遠的物體有閃爍的狀況，而離觀賞者視線越近的地方卻很少出現閃爍的情況，這種現象稱為 Z-fighting。會產生 Z-fighting 主要是由於 WebGL 的深度緩衝區 (Depth Buffer) 有限的精度 (OpenGL 2023) 所引起，當兩個或多個物件非常接近時，因為在深度緩衝區中的深度值非常接近而無法確定哪個物件是在前面或後面，而產生了可見性的問題。

如圖 33 所示，在 3D 場景渲染的過程中，3D 物件會被轉換成平面影像的方式將場景呈現在觀賞者視野裡，在轉換的過程中會進行深度測試來辨識各物體間的前後距離，判斷完彼此間的前後關係，才能決定平面影像的網格像素裡分別要

填入什麼色彩。但是，當 3D 物件間彼此擺放的位置很接近，或是物體距離觀賞者的視線點過於遙遠時，深度精準值則會產生誤差，如圖 34 所示，原本是紅色物體在前且綠色物體在後，但是由於兩物體的位置過於靠近，應該被填入紅色的某些網格被誤判成綠色物體在前，所以被填入了綠色，導致畫面交替顯示這兩個物體的顏色。另外，當觀賞者視野移動時，畫面因為重新渲染就產生了閃爍現象。

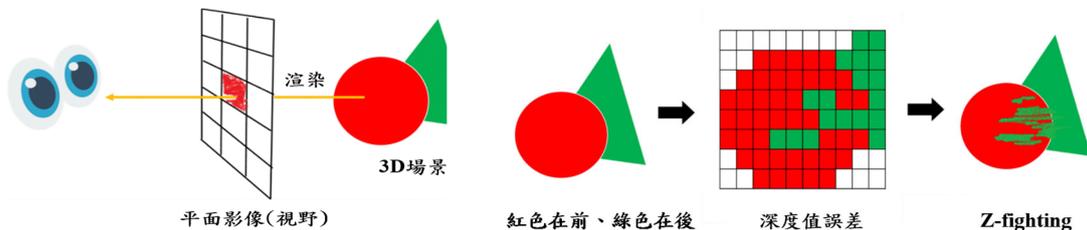


圖 33：深度測試示意圖

圖 34：Z-fighting 示意圖

(二) 本研究解決 Z-fighting 的方法

觀賞者在體驗線上藝廊時，會看到遠處的畫作有閃爍的情況，這是因為畫作與畫框的距離靠得太近，導致系統在判斷深度值時產生誤差所致。在解決此問題時，我們一開始先試著將畫作與畫框間的距離拉開，使兩物體的前後關係能被正確地辨識，然而，我們發現若是要將兩者的距離拉大至沒有閃爍情況發生的話，雖然觀賞者在觀看遠處時不會有畫作閃爍的 Z-fighting 現象，但是在近距離欣賞畫作時，畫作會浮在畫框前面，反而看起來異常，會影響觀展體驗。

由於在本研究中只有當觀賞者在觀看遠景時才會發生 Z-fighting 的問題，於是我們的解決方式是依觀賞者所在的位置來動態的調整畫作與畫框間的距離。我們將畫作展示區域區分出四個象限，如圖 35 所示，當觀賞者位於 I 象限時，走廊 1 與走廊 2 中的各個畫作與其畫框的間距不變，而對面走廊 3 與走廊 4 中的各個畫作與其畫框的間距則會被拉大，用來阻止 Z-fighting 的發生。同樣地，當觀賞者走到 II 象限的位置時，走廊 3 中的各個畫作與其畫框會設回原來正常的距離，而現在位於觀賞者對面的走廊 1 中的各個畫作，則會像走廊 4 中的各個畫作一樣，它們的畫作與其畫框的間距會被拉大。實驗的結果如圖 36 所示，優化後的線上藝廊就不會有畫作閃爍的 Z-fighting 問題了。

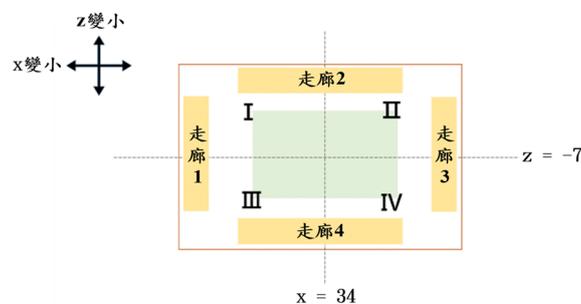


圖 35：Z-fighting 的解決方式示意圖



圖 36：優化後的線上藝廊不會有畫作閃爍的問題

肆、實驗評估與結果

在第三章的「系統設計與實作」中，我們描述與展示了本研究所設計的線上藝廊的實作成果，而本章則是以問卷調查法來評估本系統，目的在探討本研究所設計的線上藝廊在觀賞者的體驗層面上，是否系統操作容易上手，會讓觀賞者有臨場感，是否具有吸引力和新鮮感，且能使他們更沉浸其中，以及在策展人或經營者的管理層面上，後台管理系統是否能滿足其需求並提高效率，以及符合數位典藏的目的。

一、實驗設計

(一) 問卷設計

本研究的問卷設計參考相關研究如《臺北西區虛擬實境》體驗問卷 (林以晴 2019)，並以李克特量表 (Likert 1932) 做為評分依據，分為「非常不同意」、「不同意」、「沒意見」、「同意」、「非常同意」五等級。依觀賞者與管理者的不同，我們分別設計線上藝廊體驗問卷以及線上藝廊後台管理問卷，詳細問卷列在附錄中。

線上藝廊體驗問卷包含個人背景資料、網頁 3D 藝廊體驗量表、虛擬實境藝廊體驗量表、線上藝廊整體滿意度量表，以及開放性問答等五個部分。個人背景資料包含性別、年齡、觀展頻率與 VR 體驗頻率等共 6 題；另外三個量表則是依據觀賞者對網頁版 3D 藝廊、虛擬實境藝廊與整體線上藝廊的體驗感受而設計，共 28 題；而開放性問答是調查觀賞者體驗完的回饋意見與改善建議，共 2 題的文字簡答。

線上藝廊後台管理問卷則包含個人背景資料、藝術家管理體驗量表、藝術品管理體驗量表、展期管理體驗量表、線上藝廊後台滿意度量表等五個部分。個人背景資料包含性別、年齡、職稱、觀展頻率與 VR 體驗頻率等共 7 題；而藝術家管理、藝術品管理，以及展期管理這三個量表的題目，是依據功能性與流暢面來設計，共 9 題；而線上藝廊後台滿意度量表共 4 題，是依據管理者對整體的滿意度來設計。

(二) 實驗地點與對象

本研究的實驗地點位於暨大管理學院 135 實驗室，因疫情的關係，體驗並填寫線上藝廊體驗問卷的實驗對象多為校內師生及校友，共 40 人，以 20 歲到 30 歲居多，如圖 37 所示。而填寫線上藝廊後台管理問卷的實驗對象因需具備舉辦策展等相關專業知識與經驗，我們除了邀請盧安藝術的藝廊管理者(圖 38)、暨大藝廊的策展負責人(圖 39)以及專業策展工作者共 3 人來體驗，給予專業性的回饋

與建議，此外，我們亦另外邀請 8 位具備策展經驗的藝術工作者來體驗及給建議。



圖 37 線上藝廊體驗者



圖 38 盧安藝術負責人



圖 39 暨大藝廊策展者

(三) 實驗流程

實驗流程分為線上藝廊體驗流程以及後台管理系統體驗流程，由於雙模式線上藝廊平台我們主要的創新是在 VR 版藝廊，前台的設計希望給予觀賞者有新穎性、臨場感和沉浸感，因此在實驗時我們先請受測者體驗 VR 版藝廊後，再體驗網頁 3D 版藝廊，實驗流程說明如下。

線上藝廊體驗流程分為實驗說明、實驗體驗、填寫問卷等三階段，每人約 25 分鐘。實驗開始前我們會向受測者說明 VR 裝置的穿戴方式，以及手持控制器的操作方法，且會根據不同的受測者來調整適合他們的物距與焦距，來確保體驗上的舒適度與流暢度。實驗體驗分為體驗 VR 版藝廊和體驗網頁 3D 版藝廊。當受測者結束實驗說明穿戴完 VR 裝置後，VR 裝置上的螢幕畫面將會出現主題畫面，讓受測者選擇想要的語言後則進入藝廊內，順著動線及操作指引，依序體驗完大廳、中庭景觀區、畫作展示走廊與開發者介紹四個區域。當結束了 VR 版藝廊的體驗後，我們協助受測者脫下 VR 裝置後，會請他們體驗網頁 3D 版藝廊。一旦受測者在體驗 VR 版藝廊時產生噁心、暈眩等不適狀況，我們則會立即中止實驗。在受測者完成體驗後會填寫線上藝廊體驗問卷，我們收集他們對於線上藝廊的回饋及建議。

後台管理系統體驗流程時間約 15 分鐘，分為實驗說明、實驗體驗、填寫問卷等三階段。開始前會向受測者說明本研究建置後台系統的目的，之後受測者開始操作後台系統，依序體驗藝術家管理、藝術品管理，以及展期管理等頁面。當受測者結束體驗後會填寫線上藝廊後台管理問卷，除了以量化方式來評分系統的管理功能外，我們並以訪談方式記錄他們的建議，及本系統的功能令他們印象深刻之處。

二、線上藝廊的體驗結果

本研究以 Google 表單進行數據收集，再將問卷結果匯出成 Excel 檔後，透過 IBM SPSS (2023) 進行因素分析、信度分析，與各量表敘述統計分析，並利用獨立樣本 T 檢定(Independent-Sample T Test)，以及單因子變異數分析(One-way ANOVA)，來了解基本資料(自變項)在各量表(依變項)是否出現顯著差異，最後再根據受測者於開放式問答的建議等來討論我們的線上藝廊的體驗結果。

(一) 受測者基本資料統計

本研究共發放 40 份線上藝廊體驗問卷，且實驗過程中並無受測者感到不適，

皆為有效問卷。基本資料統計受測者的男女比例各佔一半；因疫情關係實驗對象多為同儕，所以年齡分佈以 21 至 30 歲者居多，佔整體的 80%；且很少參觀實體畫展者居多，佔整體 62.5%。同樣地，多數從未體驗過網頁版 3D 畫展者佔整體 75%；且很少體驗 VR 者居多，佔整體 52.5%；而從未體驗過 VR 展覽者居多，佔 72.5%。

(二) 因素分析

因素分析是研究測驗建構效度(Construct Validity)最有效的方法之一，也是統計裡常用的分析方法。因素分析是將眾多複雜的變數，濃縮成少數有意義的因素，讓我們能更方便的歸納與解釋這些存在相互關係的因素。本研究在透過 SPSS 進行因素分析時，會經歷 KMO 與 Bartlett 檢定，以及因素萃取與因素轉軸，最後我們再對因素分析的結果進行解釋，針對這三個部分的詳細說明如下：

1. KMO 與 Bartlett 檢定

在進行 KMO 與 Bartlett 檢定後，結果如表 1 所示，此時網頁 3D 藝廊體驗量表與虛擬實境藝廊體驗量表的 KMO 值分別為 0.746 與 0.708，且顯著性皆 <0.05 ，依據 Kaiser (1974)觀點，表示此問卷研究適合進行因素分析。

表 1：KMO 與 Bartlett 的檢定結果

KMO 與 Bartlett 檢定		
Kaiser-Meyer-Olkin 取樣適切性量數	網頁 3D 藝廊	虛擬實境藝廊
	0.746	0.708
Bartlett 的球形檢定 - 顯著性	<0.01	<0.01

2. 因素萃取與因素轉軸

表 2：網頁 3D 藝廊體驗量表之因素負荷量與解釋變異

因素	問卷題項	因素負荷量	解釋變異量	累積解釋變異量百分比
吸引力	第 7 題	0.763	31.959	31.959%
	第 8 題	0.563		
	第 9 題	0.637		
	第 10 題	0.762		
	第 13 題	0.788		
	第 14 題	0.878		
新鮮感	第 15 題	0.838	25.407	57.637%
	第 16 題	0.857		
	第 17 題	0.788		
易用性	第 11 題	0.855	17.909	75.276%
	第 12 題	0.861		

在完成 KMO 與 Bartlett 檢定後，我們進行因素萃取與因素轉軸。如表 2 所示，自網頁 3D 藝廊體驗量表中萃取出三個因素，此三個因素的累積變異量百分比為 75.276%，以直接斜交法進行轉軸後的矩陣結果可得知三項因素的問卷題項，我們將這些因素個別命名為「吸引力」、「新鮮感」、「易用性」。而自虛擬實境藝廊體驗量表中萃取出三個因素，如表 3 所示，此三個因素的累積變異量百分比為 69.467%，從直接斜交法的結果可得知三項因素的問卷題項，我們再根據結果將各因素命名為「目的性」、「吸引力」、「易用性」。此外，表中的因素負荷量表示

各題項與因素間的相關性，數值越高越好，0.45 以下則不宜採用。另外，我們應注意萃取的因素數量，數量不宜過多以免增加模型的複雜性。

表 3：虛擬實境藝廊體驗量表之因素負荷量與解釋變異

因素	問卷題項	因素負荷量	解釋變異量	累積解釋變異量百分比
目的性	第 23 題	0.714	27.836	27.836%
	第 24 題	0.705		
	第 25 題	0.860		
	第 28 題	0.799		
吸引力	第 18 題	0.897	22.860	50.696%
	第 19 題	0.525		
	第 26 題	0.677		
	第 27 題	0.859		
易用性	第 20 題	0.649	18.771	69.467%
	第 21 題	0.724		
	第 22 題	0.744		
	第 29 題	0.736		

3. 因素分析結果與探討

本研究透過因素分析的結果，定義了網頁 3D 藝廊與虛擬實境藝廊的各三個體驗因素，如表 4 所示。

(三) 信度分析

本研究所採用的信度指標為 Cronbach's α (Cronbach 1951)，是用來衡量題目間的一致性。若是 α 值小於 0.65，則不建議採納；若是介於 0.65~0.7 則代表可接受；介於 0.7~0.8 的話表示為良好的數值；若大於 0.8 則視為高信度代表。本研究體驗問卷結果之信度分析如表 5 所示，分別為 0.907、0.837 與 0.772，表示本研究具有良好的信度。

表 4：本研究問卷調查之因素定義與解釋

網頁 3D 藝廊體驗因素	
吸引力	網頁 3D 版藝廊的感官特效設計，在視覺與聽覺上符合觀賞者的喜好，能增加體驗時的專注度，且可以清楚了解藝廊所傳達的理念，能有參與感。
新鮮感	體驗網頁 3D 藝廊時，能帶給觀賞者新奇與意想不到的體驗。
易用性	介面設計符合觀賞者的直覺體驗，且在操作上可達到高度流暢性。
虛擬實境藝廊體驗因素	
目的性	觀賞者不但清楚知道藝廊內各展區之展示目的，了解畫家在創作時所傳達的理念，且願意花更多時間來觀賞藝廊。
吸引力	體驗虛擬實境藝廊時，在視覺與聽覺的設計上符合觀賞者的喜好，能增加體驗時的專注度，並且有意想不到的體驗。
易用性	介面設計符合觀賞者的直覺體驗，且在 VR 操作上可達到高度流暢性。

表 5：線上藝廊體驗問卷之信度分析

構面	網頁 3D 藝廊	虛擬實境藝廊	線上藝廊整體滿意度
題數	11	12	5
Cronbach's α 值	0.907	0.837	0.772

(四) 各量表結果的統計分析

本節探討分析網頁 3D 藝廊、虛擬實境藝廊，和線上藝廊滿意度的調查結果。

1. 網頁 3D 藝廊

本研究之網頁 3D 藝廊體驗量表結果的統計分析結果如表 6 所示，「吸引力」因素所得分數之平均值為 3.99，除了第 7 題為 3.75 與第 10 題為 3.60 外，其餘題項的分數均大於 4，再對照問卷題目(列在附錄 A)後可以推論，比起靜態視覺展示(如傳統靜態畫、靜態 3D 建模)而言，動態視覺展示(如 2D 動態畫、3D 動態畫等)更能吸引受測者的注意力。此外，聽覺的輔助可以幫助受測者更沉浸於藝廊當中，比如在設計動線引導時，我們除了用文字對話框來告知受測者展區介紹以及展區路線外，還搭配語音解說來吸引受測者的注意力。

表 6：網頁 3D 藝廊體驗量表結果的統計分析

因素	問卷題項	平均值	標準差	因素平均值	因素排序
吸引力	第 7 題	3.75	0.90	3.99	3
	第 8 題	4.23	0.83		
	第 9 題	4.00	0.93		
	第 10 題	3.60	1.17		
	第 13 題	4.35	0.77		
	第 14 題	4.00	1.04		
新鮮感	第 15 題	4.33	0.83	4.54	1
	第 16 題	4.63	0.63		
	第 17 題	4.65	0.58		
易用性	第 11 題	4.13	0.79	4.17	2
	第 12 題	4.20	0.97		

「新鮮感」因素所得平均分數為 4.54，由此因素的各題項所得的分數可知，在體驗線上藝廊時，將靜態畫作變為動態畫作的呈現方式，能讓受測者願花更多時間來觀賞畫作，且從第 15 與 16 題可知，受測者在體驗動態畫作時，將畫中元素 3D 建模的設計會讓他們感到有趣。而「易用性」因素所得平均分數為 4.17，表示受測者在體驗網頁 3D 藝廊時操作流暢順利，且介面設計讓他們可很直覺地進行操作。

2. 虛擬實境藝廊

本研究之虛擬實境藝廊體驗量表結果的統計分析結果如表 7 所示，「目的性」因素所得分數之平均值為 4.55，我們推測藉由本研究設計的動線引導可以幫助受測者進入不同展區時，能更快的理解當前展區的展示目的，且搭配動態畫作的互動設計會讓受測者願意花更多時間體驗。

「吸引力」因素所得分數之平均值為 4.52，表示我們所設計的虛擬實境藝廊，無論是視覺還是聽覺均能吸引受測者注意，並增加他們的專注度。我們發現第 19 題的分數最高，經由受測者的回饋可得知是因為當處於虛擬世界中，陌生的環境及不熟悉的技術體驗會讓他們感到不安，而我們的系統在聽覺設計上的引導模式可幫助他們更沉浸在當前的體驗。另外，從第 26 與 27 題的平均值與標準差可

知，受測者對於藝廊內將畫中的元素變成可以互動的動態 3D 物件，會感到更加有趣。

「易用性」因素所得分數之平均值為 4.42，其中第 29 題的分數為 3.88，表示受測者在體驗虛擬實境藝廊時，仍會有不安的情緒，結合第 20 題的分數來看，我們推測主要原因可能是某些受測者在系統的操作引導下，仍無法馬上直覺的進行操作反應，所以剛開始體驗虛擬實境藝廊時會感到不安。此外，從第 20 題與第 21 題兩者分數差距較大，後者分數明顯比較高的數據結果可以推論，隨著體驗時間增長後，受測者仍可以快速地逐漸掌握操作方式，進而慢慢沉浸於藝廊中。

表 7：虛擬實境藝廊體驗量表統計分析

因素	問卷題項	平均值	標準差	因素平均值	因素排序
目的性	第 23 題	4.58	0.64	4.55	1
	第 24 題	4.70	0.65		
	第 25 題	4.27	1.15		
	第 28 題	4.65	0.58		
吸引力	第 18 題	4.45	0.68	4.52	2
	第 19 題	4.73	0.55		
	第 26 題	4.35	1.00		
	第 27 題	4.53	0.60		
易用性	第 20 題	4.32	0.94	4.42	3
	第 21 題	4.83	0.39		
	第 22 題	4.65	0.74		
	第 29 題	3.88	1.36		

3. 線上藝廊滿意度

本研究之線上藝廊滿意度調查的統計分析結果如表 8 所示，整體滿意度所得分數之平均值為 4.6，表示我們所建置的線上藝廊可以滿足受測者的期望，並讓他們有良好的體驗過程，並且當藝廊若再次推出不同策展主題時，他們會願意推薦親朋好友並再次體驗。從第 30 至 32 題結果可以得知比起網頁 3D 而言，受測者更喜歡以虛擬實境來呈現的藝廊，並且認為以 VR 技術搭配網頁 3D 的形式會讓他們對於藝廊的體驗更加印象深刻。

表 8：線上藝廊滿意度調查的統計分析結果

問卷題項	平均值	標準差	滿意度平均值
第 30 題	4.22	0.77	4.60
第 31 題	4.75	0.44	
第 32 題	4.75	0.59	
第 33 題	4.58	0.68	
第 34 題	4.68	0.57	

(五) 基本資料的差異分析

本研究利用獨立樣本 T 檢定及單因子變異數分析，來找出不同的基本資料(自變項)在各量表(依變項)間是否存在顯著差異。獨立樣本 T 檢定適用於樣本數為兩組時的情況，如基本資料中的「年齡」與「性別」，其中「年齡」的部分，因為受測者某些年齡層的樣本數太少，所以我們合併為「50 歲以下」與「50 歲以上」兩組。單因子變異數分析適用於樣本數為兩組以上的情況，如在「是否參

觀過實體畫展」、「是否體驗過網頁版 3D 畫展」、「是否體驗過 VR」與「是否體驗過 VR 展覽」等題目中，答案選項有分「從未」、「很少」、「偶而」、「常常」等多組。以下探討調查結果為顯著性的資料分析。

表 9：年齡與依變項的顯著性差異分析結果

構面	題項	年齡	平均值	標準差	t	顯著性
網頁 3D 藝廊	第 17 題	50 歲以下	4.59	0.609	-3.943	<.001
		50 歲以上	5.00	0.000		
虛擬實境 藝廊	第 19 題	50 歲以下	4.68	0.589	-3.204	0.003
		50 歲以上	5.00	0.000		
	第 20 題	50 歲以下	4.47	0.896	2.468	0.018
		50 歲以上	3.50	0.837		
	第 23 題	50 歲以下	4.50	0.663	-4.398	<.001
		50 歲以上	5.00	0.000		
	第 24 題	50 歲以下	4.65	0.691	-2.978	0.005
		50 歲以上	5.00	0.000		
	第 25 題	50 歲以下	4.18	1.218	-2.458	0.022
		50 歲以上	4.83	0.408		
滿意度	第 32 題	50 歲以下	4.71	0.629	-2.726	0.010
		50 歲以上	5.00	0.000		
	第 34 題	50 歲以下	4.62	0.604	-3.693	<.001
		50 歲以上	5.00	0.000		

我們統整了年齡在依變項間存在顯著差異(顯著性 < 0.05)的資訊，從表 9 可以得知，50 歲以上的受測者在各題項中，除了第 20 題外，所得平均值皆比 50 歲以下的受測者高，而造成此現象的原因可以從實驗過程中他們的反應來推測，雖然一開始 50 歲以上的受測者對於虛擬實境的操控與其他年齡層相比，較為陌生且無法直覺反應，所以導致第 20 題分數為 3.5，但是我們所設計的系統操作上簡單易懂，體驗一段時間後他們就可以逐漸掌握操作方式。並且他們平常皆有觀展的興趣，對科技接受度也很高，所以對他們而言，以新形態的科技技術來重新詮釋藝術是一種新奇有趣的體驗，而這種以前從未有過的經歷，反而能夠高度吸引他們的目光，進而多數問卷題項的平均值均比其他年齡層來的高。

從表 10 中的資訊我們可以得知，男生在體驗網頁 3D 虛擬實境的滿意度較女生低，我們推測男生比女生較常接觸電玩遊戲，若是要提高網頁 3D 藝廊的滿意度，必須在系統內增加些具挑戰性的設計、闖關破關的小遊戲或是刺激元素。

表 10：性別與依變項的顯著性差異分析結果

構面	問卷題項	性別	平均值	標準差	t	顯著性
滿意度	第 30 題	男	3.95	0.826	-2.400	0.021
		女	4.50	0.607		

表 11 為實體畫展參展頻率與依變項間存在顯著差異的資訊，從第 22 題我們可以知道在互動提示方面，受測者無論平常有無觀展的興趣，皆給予不錯的評價，

但是從第 29 題結果可以知道，若受測者是從未有實體畫展觀展經驗，在體驗虛擬實境藝廊時會感到不安，從而影響觀展體驗。

表 11：實體畫展參展頻率與依變項的顯著性差異分析結果

構面	問卷題項	實體畫展參展頻率	平均值	標準差	F	顯著性
虛擬 實境 藝廊	第 22 題	從未	4.67	0.577	3.156	0.036
		很少	4.88	0.332		
		偶而	4.10	1.197		
		常常	4.50	0.707		
	第 29 題	從未	1.67	0.577	3.669	0.021
		很少	4.16	1.068		
		偶而	3.90	1.595		
		常常	3.50	2.121		

(六) 線上藝廊後台管理的體驗結果

本節探討受測者對管理頁面的功能性與流暢度，以及整體後台系統的滿意度。

1. 管理頁面的結果分析

本研究後台管理頁面的體驗結果，我們將評分標準分為功能性與流暢度，功能性是指功能設計上是否有達到管理者在操作系統時，所期望該有的功能需求，而流暢度則是指界面的設計上是否能提供管理者流暢的體驗。此外，針對這兩項評分標準，我們另外以簡答式的開放問答來讓受測者提供對於系統的建議與回饋。

在藝術家管理頁面，11 位藝術相關工作者給予平均 4 分，其中三位管理者在功能性以及流暢度均給 5 分，表示藝術家的管理頁面可以符合他們預期的功能需求，且操作體驗上也很流暢。另外，暨大藝廊策展負責人建議可根據不同的創作風格來分類藝術家，這會增加管理的方便性。亦有藝術工作者希望可以提供更多的藝術家資訊介紹欄位，如參與過的展覽、媒體或文章報導、提供其他相關展覽連結。

在藝術品管理頁面，11 位藝術相關工作者給予平均 4.1 分，其中三位管理者在功能性及流暢度均給 5 分，表示藝術品的管理頁面設計符合功能需求且操作體驗流暢。另外，盧安藝術經營者建議在藝術品的介紹頁面上標註是否已賣出。亦有藝術工作者希望可以提供共同類別以便策展可以更快速分類。

在展期管理頁面，11 位藝術相關工作者給予平均 4.2 分，表示展期管理頁面設計符合功能需求且操作體驗流暢。盧安藝術經營者在功能面建議再加入各展期訪客人數，記錄展期內個別畫作的點閱率，可作為將來策展的依據。而暨大藝廊策展負責人表示目前多數的策展機構在舉辦不同展覽時，都須建置新的線上展覽，且若要重現策展的話，還需找到當時的檔案，且手動將網址導向，這在管理上非常不便，所以對本系統的設計可讓管理者在後台選擇要重現的展期，而藝廊前台則直接換成當前選擇的展期畫作的功能，印象深刻。此外，亦有藝術工作者回饋本研究的展期管理設計可使策展者快速瞭解展覽時的樣貌且貼近真實呈現，非常便利。另外，希望在後台設展期畫作時能有展間預視圖，能更有效協助佈展的畫面呈現。

2. 線上藝廊後台滿意度調查的結果分析

有關本研究後台系統的整體滿意度調查上，後台滿意度平均 4.4 分，後台的功能設計我們著重在展期管理的回饋，在歷次展期的記錄與瀏覽上，其中三位管理者均給予 5 分。在規劃未來展期的功能，如新增未來展期、更換各展期畫作資訊時，後台滿意度平均 4.2 分。另外，在整體系統的操作流暢度體驗方面，後台滿意度平均 4.1 分。最後，在推薦同事來體驗此後台系統方面，11 位藝術相關工作者給予平均 4 分，而暨大藝廊策展負責人給予 5 分，我們推測是因為距離因素的關係而影響體驗意願。

3. 開放性問答的結果

受測者在開放性問答中，對本系統的線上藝廊的設計優化和後台管理功能的設計優化所給予的意見和建議，如下：

● 線上藝廊的設計優化

在整體藝廊的精緻度上，畫作簡介及說明提示等文字可挑選合適的字體。在移動方面，部分受測者認為瞬移的方式較不直覺，且瞬移過程會有失真感。但是，考量到多數觀眾使用平移的移動方式會容易產生暈眩感，所以未來可以考慮設計成讓觀賞者選擇是要以平移還是瞬移的方式在藝廊內移動。

在互動提示上，少數受測者建議將提醒點擊的黃色光暈改成大且醒目的紅色驚嘆號，因為電玩遊戲在點擊提醒的設計上大多採用這種標誌。另外在觀賞畫作時，受測者常常忘記關閉上一幅畫作的動態特效，就直接觀賞下一幅畫，此時兩幅動態畫作的聲音就會彼此重疊，影響他們的沉浸體驗，所以建議系統可以自行判斷受測者是否觀賞完當前畫作，若是觀賞完的話則自動關閉動態特效。

在互動藝術的呈現上，可再設計不同的互動體驗，如大廳的導覽員設計成是可以跟隨在觀賞者身旁，邊走邊講解畫作及展區資訊，並且可以設計觀賞者能走入畫中場景的功能，讓他們在體驗畫作的過程中能更身臨其境。

● 後台管理功能的設計優化

在藝術家管理頁面中，除了要告知上傳檔案的規格外，還可以針對不同的創作風格來分類藝術家，這能讓管理者方便管理同類型創作風格的藝術家。另外，希望可以提供更多的藝術家資訊介紹。在藝術品管理頁面中，除了可以在畫作簡介上標示此畫作是否已賣出外，還建議在上傳藝術品的頁面中，告知檔案規格的限制。至於展期管理頁面的話，應可以在頁面上瀏覽各展期的訪客人數，來作為管理者將來策展的依據。此外，在後台設展期畫作時若能有展間預視圖，能更有效協助佈展的畫面呈現。

伍、結論與未來展望

本研究建置了一個可以在網頁上展示畫作的線上藝廊平台，此平台結合資訊科技、藝術與管理，提供許多創意與功能的呈現，本論文描述設計理念與實作方法，和成果展示及系統評估，研究成果相信可做為相關工作的重要參考。

此系統分為前台線上藝廊和後台管理系統，前台線上藝廊在體驗模式方面，

提供網頁 3D 與虛擬實境兩種版本，設計上皆是以 3D 場景的呈現方式提升觀賞者的臨場感，也讓觀賞者更沉浸其中。在互動展示方面，我們打破傳統靜態展示的方式，使畫作能以 2D 與 3D 的動態形式展示在觀賞者眼前，不僅使藝術的呈現方式更加多元，也更吸引觀賞者更關注展覽畫作。在動線引導方面，結合文字與語音的說明，以及圖像標誌的方式，讓觀賞者在不同的展區皆能理解展區的展示目的。在操作設計方面，我們除了在一開始進入系統時有提供操作練習外，在體驗過程中還設計互動操作的點擊提示，成功地提升操作的易用性。而後台則是讓策展經營者可以有效率的管理線上藝廊，並達到數位典藏的目的。管理者除了可以編輯、管理藝術家與藝術品的資訊外，還能記錄各展期資訊，管理各展期的展示畫作內容，且能快速設定或更新當前線上藝廊所要展示的展期內容，方便管理者可以彈性化的管理藝廊。

在系統設計與建置完成後，除了受邀在暨大藝廊展出外，本研究並以問卷調查法來進行系統評估。根據本研究的線上藝廊體驗問卷結果可以得知：

- 虛擬實境的體驗方式比網頁 3D 的版本更能使觀賞者沉浸其中，享受觀展的氛圍。若是線上展覽以網頁 3D 的形式再搭配虛擬實境技術，則會帶給觀賞者更深刻的體驗印象。
- 無論是虛擬實境還是網頁 3D 的體驗模式，2D 與 3D 的動態畫作展示皆比傳統靜態畫作更吸引觀賞者的注意力，讓他們願意花更多時間來欣賞與關注畫作。
- 越簡單容易上手的操作模式與展場動線引導，以及豐富的聽覺輔助，可以降低觀賞者在體驗虛擬實境時的不安情緒。

另外，根據本研究的後台管理系統的問卷結果可以得知，後台系統良好的介面設計可以提供管理者順暢的操作體驗。而藝術品、藝術家與展期管理頁面有滿足策展管理者期望該有的功能需求，其中展期畫作管理與設定藝廊的展示內容等功能，增加了的策展者的管理效率、彈性管理與便利性。

然而，由於進行實驗來體驗 VR 藝廊，VR 相關設備與器材在本研究於暨大的實驗室，因疫情的關係，前來體驗並填寫線上藝廊體驗問卷的實驗對象多為校內師生及校友，共 40 人，年齡和族群以 20 歲到 30 歲居多，因此實驗數據僅能代表較願意嘗試新資訊科技的年輕族群的問卷結果。

未來我們首先將參考觀賞者在開放性問答的結果與建議，來對線上藝廊和後台管理功能的設計進行優化。而我們也希望能朝彈性化的設計來調整線上藝廊，例如：讓管理者可以在後台選擇展出的畫作數目以及藝術家人數，而藝廊前台則會視展出畫作及藝術家的數量來動態調整藝廊大廳與展示走廊的空間大小，做到實體藝廊做不到的事。在完成之後，再進行更多年齡層的體驗實驗。另外，我們將研究提升系統效能的議題（楊欣哲、周傳欣 2018）。因為本研究目前皆在本地端測試，而未來上架伺服器時，我們還須研究在瀏覽器建立緩存機制來因應 3D 模型檔案太大，可能導致的傳輸與載入速度變慢等問題。

參考文獻

- 李斐瑩 (2007), 「2006 年台北市立美術館觀眾研究」, *藝術學報*, 第 80 期, 第 1-27 頁。
- 李佩蓉 (2010), 「消費者在虛擬實境中的臨場感體驗與沉浸傾向之研究: 以商業動感模擬遊戲機為例」, 未出版碩士論文, 國立交通大學經營管理研究所。
- 林以晴 (2019), 「探討展覽中虛擬實境裝置展示對觀眾經驗之影響模式-以《疊合現在及過去--台北西區虛擬實境 Beimen VR Tour》為例」, 未出版碩士論文, 國立台北科技大學互動設計系。
- 林維真、鄧詠之 (2021), 「美術館展示說明設計與家庭觀眾經驗之研究」, *圖書資訊學刊*, 第 19 卷, 第 2 期。
- 馬佩瑜、姜美玲 (2022), 「資訊科技的應用與會動的藝術」, *2022 資訊科技應用學術研討會 (ITAC 2022)*, 台北, 台灣。
- 國立台灣美術館 (2021), 「海外存珍—順天美術館藏品歸鄉」, <https://space.artogo.tw/1/go1yNJvfMAz?fbclid=IwAR1dscB0OfKVnTtqC-pmOHOi-vbQgLeuclnvFrsoModQyOnNSwN2oxmUvE>。
- 國立台灣美術館 (2023), https://www.ntmofa.gov.tw/links_1208.htm。
- 國立故宮博物院 (2018), 「再現傳奇—VR 藝術體驗特展」, <https://theme.npm.edu.tw/exh107/VRart/>。
- 國立故宮博物院 (2023a), 「線上故宮」, <https://theme.npm.edu.tw/npmonline/>。
- 國立故宮博物院 (2023b), 「720° VR 走進故宮」, <https://tech2.npm.edu.tw/720vr/index.html>。
- 國立歷史博物館 (2021), 「海之美-海洋文化與台灣風貌」, <https://vr360.nmh.gov.tw/beautyofthesea>。
- 國立歷史博物館 (2023), <https://vr.nmh.gov.tw/home/zh-tw>。
- 黃增隆 (2017), 「以自發性導引法再探虛擬世界中的沉浸體驗」, *管理學報*, 第 34 卷, 第 4 期。
- 楊欣哲、周傳欣 (2018), 「雲端平台上動態虛擬化頻寬分配法以提昇網路處理績效」, *資訊管理學報*, 第二十五卷, 第三期, 頁 307-334。
- 鄭淑文、許家瑋、林詠能 (2018), 「數位時代下的博物館觀眾經驗」, *博物館與文化*, 第 15 期。
- 蔡慈育 (2016), 「應用互動式虛擬實境於旅遊體驗行銷之研究」, 未出版碩士論文, 國立台北科技大學互動設計系。
- 蕭斐云 (2015), 「運用聯合分析法探討博物館觀眾參觀美術館偏好之研究-以國立台灣美術館為例」, 未出版碩士論文, 國立臺灣師範大學美術學系藝術行政暨管理班。
- Burdea, G.C. & Coiffet, P. (2003). *Virtual reality technology*. John Wiley & Sons.

- Cronbach, L.J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, 16(3), 297-334.
- Csikszentmihalyi, M. (1975). *Beyond boredom and anxiety*, San Francisco: Jossey-Bass, 1st ed.
- Csikszentmihalyi, M. (1990). *Flow: The psychology of optimal experience*, New York: Harper & Row.
- Doering, Z.D. (1999). Strangers, guests, or clients? Visitor experiences in museums. *Curator: The Museum Journal*, 42(2), 74-87.
- Gigante, M.A. (1993). Virtual reality: definitions, history and applications. *Virtual reality systems*, Academic Press, 3-14.
- Google (2023). *Google Arts and Culture*, <https://artsandculture.google.com/>
- Jegers, K. (2007). Pervasive game flow: understanding player enjoyment in pervasive gaming. *Computers in Entertainment (CIE)*, 5(1).
- Kaiser, H.F. (1974). An index of factorical simplicity. *Psychometrika*, 39, 31-36.
- LearnOpenGL (2023). *Depth testing*. <https://learnopengl.com/Advanced-OpenGL/Depth-testing>
- Likert, R. (1932). A Technique for the Measurement of Attitudes. *Archives of Psychology*, 22(140), 1-55.
- Loomis, R.J. (1993). Planning for the visitor: the challenge of visitor studies. *Science Museum London*, Vol. 1323.
- OpenGL (2023). *Depth Buffer Precision*. https://www.khronos.org/opengl/wiki/Depth_Buffer_Precision?fbclid=IwAR2NcZHkKMGrf8iAsd9cp1Ngeu3OWvJvZ9_EZuCsHVPifPlkEftN1-uQGok
- Sanchez-Vives, M.V. & Slater, M. (2005). From presence to consciousness through virtual reality. *Nature Reviews Neuroscience*, 6(4), 332-339.
- Sheridan, T.B. (1992). Musings on telepresence and virtual presence. *Presence Teleoperators Virtual Environ*, 1(1), 120-125.
- SteamVR (2023). <https://store.steampowered.com/app/250820/SteamVR/>
- Sweetser, P. & Wyeth, P. (2005). GameFlow: A model for evaluating player enjoyment in games. *Computers in Entertainment (CIE)*, 3(3).
- VIVEPORT (2021), 「貓・美術館線上展 - Step into Cat Art 走進喵次元」, <https://www.campaign.viveport.com/step-into-catart-tw>
- Witmer, B.G. & Singer, M.J. (1998). Measuring presence in virtual environments: A presence questionnaire. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 7(3), 225-240.

附錄 A 線上藝廊體驗問卷題目

第一部分、個人背景						
編號	題目	回答				
1	年齡	20 歲以下、21~30 歲、31~40 歲、41~50 歲、51~60 歲、61 歲以上				
2	性別	男、女				
3	是否參觀過實體畫展	從未、很少、偶而、常常				
4	是否體驗過網頁版 3D 畫展	從未、很少、偶而、常常				
5	是否體驗過 VR	從未、很少、偶而、常常				
6	是否體驗過 VR 展覽	從未、很少、偶而、常常				
第二部分、網頁版 3D 藝廊體驗量表						
編號	題目	非常不同意	不同意	沒意見	同意	非常同意
7	在體驗網頁版 3D 藝廊時，靜態視覺 (藝廊 3D 建模、景觀區景色、畫作展示等) 能夠吸引我的注意，讓我沉浸其中。					
8	在體驗網頁版 3D 藝廊時，動態視覺 (影片畫作、櫻花樹綻放與動線導覽等互動體驗) 能夠吸引我的注意，讓我沉浸其中。					
9	在體驗網頁版 3D 藝廊時，聽覺的輔助 (畫作語音導覽、展區介紹、特效語音等) 會增加我的專注度。					
10	在體驗網頁版 3D 藝廊過程中，讓我彷彿身處於一個真實藝廊的氛圍裡。					
11	在體驗網頁版 3D 藝廊過程中，在操控方面 (用鍵盤移動、用滑鼠點擊與轉換視角) 我可以很快進入狀況。					
12	在互動體驗方面，我可以很直覺的反映下一步該做什麼或是點擊哪個位置。					
13	我能清楚理解此網頁版 3D 藝廊本身所要傳達的目的：除了讓藝術家可以展示創作外，藉由資訊技術的應用可以探索新的藝術型態，實現在現實中難以達成的展示與創作。而提供更豐富的互動功能與視覺饗宴，讓觀賞者可以更深入的去欣賞與理解藝術家的創作。					
14	在體驗網頁版 3D 藝廊時，動態畫作與語音導覽讓我更清楚的理解畫家的創作理念。					
15	2D 動態畫作 (影片畫) 的互動設計的體驗讓我感到很有趣。					
16	3D 動態畫作 (動畫畫) 的互動設計的體驗讓我感到很有趣。					
17	我覺得將靜態畫作變成動態畫作讓我感到很新鮮，並且願意花更多時間來觀賞與理解畫作。					
第三部分、VR 藝廊體驗量表						
18	在體驗 VR 藝廊時，靜態景色 (藝廊 3D 建模、景觀區景色、畫作展示等) 能夠吸引我的注意，讓我沉浸其中。					
19	在體驗 VR 藝廊時，聽覺 (畫作語音導覽、展區介紹、動態畫作背景音樂等) 可以吸引我的注意力並增加專注度。					
20	在進入 VR 藝廊一開始的操作引導下，我操手持控制器進行 "點擊" 與 "移動" 時，能快速且直覺的做出反應。					
21	VR 體驗過程中，隨著體驗的時間越長，能漸漸正確掌控手持控制器的操作方式，輕鬆的來瀏覽 VR 藝廊。					

22	在互動體驗方面 (瀏覽畫作簡介、畫作語音導覽、欣賞動態畫作等)，我能直覺做出適當的反應或是清楚下一步該做什麼。					
23	當我在不同展區 (展區一：創作起源、展區二：藝術畫作) 時能馬上沉浸其中。					
24	透過"展區介紹"與"語音導覽"讓我更容易理解當前展區之展示目的。					
25	動態畫作讓我更清楚的理解畫家的創作理念。					
26	2D 動態畫作 (影片畫) 的互動設計的體驗讓我感到很有趣。					
27	3D 動態畫作 (動畫畫) 的互動設計的體驗讓我感到很有趣。					
28	我覺得將靜態畫作變成動態畫作讓我感到很新鮮，並且願意花更多時間來觀賞與理解畫作。					
29	VR 體驗過程中，我覺得很不安					
第四部分、線上藝廊 (網頁版 3D 藝廊、VR 藝廊) 滿意度調查						
30	我喜歡這次體驗的網頁版 3D 藝廊。					
31	我喜歡這次體驗的 VR 藝廊。					
32	我覺得在體驗線上藝廊時，網頁版 3D 藝廊再搭配 VR 模式來體驗的話，會比只有體驗網頁版 3D 藝廊來的讓我更印象深刻。					
33	我會想推薦家人或朋友來體驗此線上藝廊。					
34	當此線上藝廊推出下一主題之畫展時(不同畫家與作品)，我會想再次體驗。					
開放性問答						
35	對於 VR 藝廊與網頁版 3D 藝廊裡的互動功能，印象深刻的有哪些?					
36	體驗完 VR 藝廊與網頁版 3D 藝廊後，有什麼建議的地方嗎?					

附錄 B 線上藝廊後台管理問卷

第一部分、個人背景						
編號	題目	回答				
1	職稱	藝廊管理者、專業策展者、藝廊工作者、具備策展經驗的藝術工作者				
2	年齡	20 歲以下、21~30 歲、31~40 歲、41~50 歲、51~60 歲、61 歲以上				
3	性別	男、女				
4	是否參觀過實體畫展	從未、很少、偶而、常常				
5	是否體驗過網頁版 3D 畫展	從未、很少、偶而、常常				
6	是否體驗過 VR	從未、很少、偶而、常常				
7	是否體驗過 VR 展覽	從未、很少、偶而、常常				
第二部分、藝術家管理頁面						
編號	題目	非常不同意	不同意	沒意見	同意	非常同意
8	藝術家管理頁面的功能設計有達到畫廊期望在紀錄合作藝術家時會有的功能。					
9	在使用藝術家管理頁面時，操作上面是否流暢。					
10	我認為此管理頁面還缺少什麼功能，或是有讓我印象深刻的地方。	以文字回覆				
第三部分、藝術品管理頁面						
11	藝術品管理頁面的功能設計有達到畫廊期望在紀錄藝術品時會有的功能。					
12	在使用藝術品管理頁面時，操作上面是否流暢。					
13	我認為此管理頁面還缺少什麼功能，或是有讓我印象深刻的地方。	以文字回覆				
第四部分、展期管理頁面						
14	展期管理頁面的功能設計 (瀏覽歷史展期、編輯各展期資訊、更換各展期展示畫作與設定畫作特效) 符合畫廊期望的管理功能。					
15	在使用展期管理頁面時，操作上面是否流暢。					
16	我認為此管理頁面還缺少什麼功能，或是有讓我印象深刻的地方。	以文字回覆				
第五部分、線上藝廊後台滿意度調查						
17	我喜歡這個線上藝廊後台系統的展期管理功能設計，讓我可以方便瀏覽歷史展期。					
18	我喜歡這個線上藝廊後台系統的展期管理功能設計，讓我可以規劃未來展期資訊 (新增未來展期、更換各展期展示畫作)。					
19	我對於這次線上藝廊後台系統操作流程上的設計感到滿意。					
20	我會想推薦同事體驗此後台系統。					

