

【技術報告】

全景古蹟虛擬導覽之虛擬化身設計與評估： 使用者經驗探索

Designing and Assessing Virtual Avatars for Spherical Video-Based Virtual Heritage Tours: Exploration of User Experience

鄭衣娟 Zheng, Yi-juanⁱ

鄭琨鴻 Cheng, Kun-hungⁱⁱ

陳怡廷 Chen, I-tingⁱⁱⁱ

■ 摘要

使用者在參與線上虛擬導覽過程中可能產生學習投入程度較低的情況，過去研究點出導入虛擬人物的設計或許能解決這樣的學習限制，因此在文化資產教育的脈絡下，本研究旨在探討全景古蹟虛擬導覽中虛擬化身的設計，我們運用 VRoid Studio 設計虛擬人物，同時結合 SteamVR 軟體及 Meta Oculus 2 硬體進行動作捕捉，並在 Tracking World 軟體中完成一連串的虛擬人物的導覽動作演示設計，最後提出虛擬人物的開發流程。為了檢視虛擬人物的設計，本研究邀請 30 位高等教育學生參與虛擬人物設計的使用者經驗評估，實驗研究結果發現，相較於真人影片導入古蹟虛擬導覽的設計，多數受測者認為融入虛擬化身的全景古蹟虛擬導覽形式能提供正向的實用體驗，包括具輔助性、簡單易用、使用效率高、以及一目瞭然的介面與操作設計，在享樂體驗方面，多數受測者亦表達虛擬化身讓人覺得該設計具有價值性、新穎性及有趣的感受，尤其對於虛擬化身的喜愛程度有特別明顯感受差異。另質性訪談結果亦點出虛擬化身設定（例如角色外觀或身分適配性）的潛在研究議題，可作為未來研究對於全景古蹟虛擬導覽之虛擬化身設計的延伸探討。

關鍵詞：虛擬實境、文化資產、使用者經驗、虛擬化身

ⁱ 國立中興大學圖書資訊學研究所碩士生

ⁱⁱ 國立中興大學圖書資訊學研究所教授、國立中興大學永續農業創新發展中心協同主持人（通訊作者 / khcheng@dragon.nchu.edu.tw）

ⁱⁱⁱ 國立中興大學圖書資訊學研究所專任助理

收件日期：2023/11/23；接受日期：2024/1/26

■ Abstract

Participants attending online virtual tours may experience reduced levels of learning engagement. Previous studies have suggested integrating virtual characters into the tours to overcome such learning limitations. Therefore, in the context of cultural heritage education, this study explored the design of virtual avatars in spherical video-based virtual heritage tours. We used VRoid Studio to design virtual characters and integrated them with the SteamVR software and Meta Oculus 2 hardware for motion capture. The design of the virtual guide's movements was completed in the Tracking World software. Accordingly, a development workflow for the virtual characters was proposed. To assess the design of these virtual characters, we invited 30 higher education students to participate in a user experience assessment. Our experiment results reveal that, compared with conventional human-guided video tours, most participants found the virtual avatar-integrated spherical video tours—characterized by supplementary features, ease of use, high efficiency, and a clear interface and operational design—to offer a positive practical experience. In terms of hedonic experience, most participants also expressed that the virtual avatars added value, novelty, and a fun element to the design; particularly, they showed significant differences in their preference for the virtual avatars. Additionally, qualitative interviews suggested potential research topics related to virtual avatar settings (e.g., character appearance or identity compatibility), which can be extended to future research on virtual avatar design in spherical video-based virtual heritage tours.

Keywords: Virtual reality, Cultural heritage, User experience, Virtual avatar

ⁱ Master Student, Graduate Institute of Library & Information Science, National Chung Hsing University

ⁱⁱ Professor, Graduate Institute of Library & Information Science, National Chung Hsing University; Subproject Co-PI, Innovation and Development Center of Sustainable Agriculture, National Chung Hsing University (Corresponding Author / khcheng@dragon.nchu.edu.tw)

ⁱⁱⁱ Project Assistant, Graduate Institute of Library & Information Science, National Chung Hsing University

Received Date: 2023/11/23; Accepted Date: 2024/1/26

一、前言

虛擬實境 (virtual reality, VR) 是一項電腦模擬 3D 空間的技術，能夠提供多種知覺（包括視覺、聽覺、或觸覺）的感官模擬，為使用者營造身歷其境的感受 (Milgram & Kishino, 1994)。自 1960 年代起，VR 科技被廣泛運用於各方專業領域，例如醫學 (Moro, Štromberga, Raikos, & Stirling, 2017)、教育 (Martín-Gutiérrez, Mora, Añorbe-Díaz, & González-Marrero, 2017)、軍事 (Reiner, Vasquez, Jamieson, & Hollands, 2022)、娛樂 (Ijaz, Ahmadpour, Wang, & Calvo, 2020) 等，若特別聚焦於場域解說與觀光導覽，常見的應用形式為虛擬導覽 (virtual tour)，如何應用虛擬導覽於文化資產教育則是學者關注的重要研究議題 (Guan, Qiao, & Chen, 2020)。過去研究結果已指出 VR 有助於文化資產重現，亦能有效地促進文化導覽與推廣 (Carrozzino & Bergamasco, 2010; Sylaiou, Mania, Karoulis, & White, 2010)，近來研究則發現藉由虛擬導覽技術導入有形文化資產的應用，可以促進數位原生世代 (digital natives) 對於文化及古蹟建築的好奇心，增進實地造訪的動機及社會文化的理解 (Mah et al., 2019)。

過去虛擬導覽結合有形文化資產教育的研究多聚焦於文化遺產或歷史建築的 3D 重建 (Hua, Chen, Fang, & Wang, 2018; Walmsley & Kersten, 2020)，也有學者導入認知測驗機制 (Selmanović et al., 2020) 或遊戲式學習機制 (Chiao, Chen, & Huang, 2018) 來進行虛擬導覽設計，吳柏毅、陳怡廷、莊昀蒨與鄭琨鴻 (2022) 則進一步結合情境敘事與遊戲化機制等數位學習策略，研發一套以有形文化資產為學習內容的古蹟虛擬導覽系統。雖然該研究古蹟

虛擬導覽的呈現形式與解謎設計能增加使用者對古蹟的認識與文史背景的理解，不過吳柏毅等 (2022) 發現虛擬導覽過程中使用者的投入程度與體驗真實感受較低，可能導因於部分導覽設計上的限制，例如該古蹟虛擬導覽系統中真人導覽的操作設計導致使用者投入感抽離。過去研究指出，虛擬導覽中的設計可以透過虛擬人物導入，消除使用者在瀏覽過程中可能產生的無聊感 (Abate, Acampora, & Ricciardi, 2011; Sylaiou & Fidas, 2022)，也能進一步吸引使用者的注意力 (Roth, Klelnbeck, Feigl, Mutschler, & Latoschik, 2018)，特別值得一提的是，虛擬人物的情緒表達也額外提供了情感參與 (Sylaiou, Kasapakis, Gavalas, & Dzardanova, 2020)。因此，本研究基於吳柏毅等 (2022) 發現的研究限制，規劃虛擬人物化身設計結合 VR 裝置及動作捕捉技術，並將其導入古蹟虛擬導覽的系統發展，試以提升使用者投入虛擬文化資產學習的正向經驗感受。具體而言，本研究主要探討問題如下：

- (一) 如何設計全景古蹟虛擬導覽的虛擬化身？
- (二) 使用者對虛擬化身設計的使用者經驗為何？

二、背景探討

(一) 虛擬導覽與文化資產

隨著《文化資產保存法》的推行，詳細且有組織的紀錄對於保護歷史文化資產愈發的重要 (Napolitano, Scherer, & Glisic, 2018)，將文化資產虛擬化後，擁有不占實體空間，以及不分各種檔案類型資料，統一儲存於同一處所的優勢 (薛理桂、王麗蕉, 2006)，其中 VR 便是一種新的保

存與呈現型態，提供新穎的呈現和體驗方式，人們可以使用互動的方式參觀歷史古蹟、博物館藏品、欣賞藝術作品等，是提高使用者的參與度並增加他們對特定文化遺產的注意力最有效的方法之一 (Manghisi et al., 2018)，豐富人們對文化資產的理解和感知，進而促進保護和傳承。

虛擬導覽的型態除了使用 3D 模擬，也可以使用 720° 環景影像呈現，根據定義，720° 環景是由眼睛環顧四周 360° 以及天上與地面 360°，藉由電腦模擬變成如同一個人站在球體的正中間的呈現方式 (王正誠等，2019)。研究指出使用虛擬導覽走訪景點後並不會降低受測者想到實際景點走訪的意願，因此虛擬旅遊對於人們來說較類似行前探索，並非把虛擬旅遊作為實際旅遊的替代品 (El-said & Aziz, 2022)。此外，在 COVID-19 疫情嚴峻造成人們無法隨意移動的情境下，研究發現 720° 虛擬遊覽也能透過兩種類型的臨場感（存在感和距離感）和情感狀態（享受和參與）來減輕人們的心理壓力 (Yang, Lai, Fan, & Mo, 2021)。

目前虛擬導覽在文化資產上已廣泛應用於虛擬考古學、虛擬博物館等主題，這些應用不僅可以有系統性的收藏各種數位化的文物供人欣賞以及研究，配合相關的數位學習策略也能讓學生們在寓教於樂中提高學習意願，像是嚴肅遊戲 (serious game) 或功能遊戲 (applied game) 的發展程度，這幾年有大幅度的提升 (Ferdani, Fanini, Piccioli, Carboni, & Vigliarolo, 2020)。除此之外，使用虛擬導覽維護文化資產的概念也隨之被提出，過去許多人文古蹟、自然景色都在開發觀光後遭到不定程度的人為破壞 (Bolognesi

& Fiorillo, 2023)，為了保護文物免受環境惡化、破壞襲擊和事故的影響，以及保護重要文化遺產與其獨特性，使用 VR 實現模擬與重建，或者使用不破壞歷史古蹟並還原參觀體驗的虛擬導覽，其相關應用在近年來也愈顯得重要 (Comes et al., 2022)。

(二) 導覽員與虛擬化身

在全景虛擬導覽中，使用者可以點擊電腦滑鼠或操作頭戴式顯示器的控制手把在虛擬場景進行瞬間移動 (teleport)，不過研究發現部分使用者進行瞬間移動以改變所在位置時，可能會導致其空間感迷失的情形 (Tsai, Tsai, Chiang, & Chang, 2022)，學者認為若在全景虛擬導覽中加入導覽員的設計，某種程度上可以幫助使用者集中注意力，同時讓使用者配合導覽員的解說步調，能降低使用者在全景虛擬導覽中移動的負擔。此外，研究也發現導覽員設計的細節（例如傳遞資訊的程度、使用者偏好考量、以及導覽解說內容敘述的流暢性）更是使用者對於虛擬導覽整體體驗的滿意度與使用效果良窳的關鍵因素 (Martí-Testón, Muñoz, Gracia, & Solanes, 2023)。

過去在全景虛擬導覽研究中的導覽員設計形式大致可分為真人影像 (Xu & Ling, 2023) 與虛擬化身 (Kim, Lee, & Chung, 2023) 兩種。化身 (avatar) 一詞首次出現在 1980 年代，並逐漸代指虛擬環境中出現的人類。自 2001 年起開始有虛擬人類化身 (digital human avatar) 應用於文化資產場域的相關研究，藉由虛擬化身引起參觀者的注意力、降低無聊感及提升導覽效果 (Abate et al., 2011; Sylaiou & Fidas,

2022), Roth et al. (2018) 指出儘管虛擬化身無法顯著提升學習呈現, 但是虛擬化身能夠有效吸引使用者的目光並增加使用者在展示品前駐足的機會。除此之外, 藉由虛擬化身描述故事時所表現的情緒, 使用者自身也會產生出相對應的感受, 諸如對故事人物感到悲傷、擔憂或欽佩等情緒, 這使得有虛擬化身參與的導覽變得更具說服力, 能為使用者提供情感參與。另外, 無階級地位且讓人感受平易近人的虛擬化身也更受使用者的青睞 (Sylaiou et al., 2020), Pakanen, Alavesä, van Berkel, Koskela, & Ojala (2022) 進一步指出, 相較於半身或無軀幹的造型, 使用者更偏好全身造型的虛擬化身或是類似全息投影的半透明全身造型。研究更指出虛擬化身的外在形象可能影響使用者對虛擬導覽員的信任感或好感度, 例如使用男性經理形象之化身可以增加使用者對該融入場域的可信度、使用女性醫護人員之形象化身可以提升使用者對醫院場域的好感度 (Choi, Mehraliyev, & Kim, 2020)。

本研究認為相較於真人影像的導覽, 虛擬化身可能較適合虛擬全景導覽, 同時也能為真人導覽影片中斷 VR 投入感所導致的障礙 (吳柏毅等, 2022) 提供一個解方, 亦能作為未來虛擬導覽發展的方向。因此, 本研究採用虛擬化身結合全景實景影像進行古蹟虛擬導覽, 融入真人角色敘事導覽以取代傳統的資訊導覽, 期望藉由情境故事鋪排的引導, 讓使用者沉浸於虛擬情境中, 並對該文化資產內容有更深入的認知與理解。

(三) 使用者經驗

根據國際標準化組織的定義 (Inter-

national Organization for Standardization [ISO], 2019), 使用者經驗 (user experience) 是指使用者在接觸產品、系統、或服務後, 所產生的反應與變化, 可能包含了使用者的情緒、偏好、知覺、生理與心理、行為等多面向的狀態。根據 Preece, Rogers, & Sharp (2002) 所提出的使用性與使用者目標架構, 使用者除了關心人機互動時的輕易操作與工作高效率外等使用性目標外, 令人滿意的 (satisfying)、愉快的 (enjoyable)、有趣的 (fun)、具娛樂性的 (entertaining)、有助益的 (helpful)、引發動機的 (motivating)、美學愉悅感的 (aesthetically pleasing)、激發創造力的 (supportive of creativity)、有回報的 (rewarding), 以及讓人情感滿足的 (emotionally fulfilling) 主觀經驗感受, 也是在設計互動產品時所需要考量的使用者經驗因素。使用者在使用產品或體驗服務時, 使用性與使用者經驗感受可能都同時存在, 例如學生在觀看多媒體教材時可能希望它容易用, 對學習有效果且有趣又具娛樂性, 甚至可以提供成就感, 不過, 並不是所有使用性目標與使用者經驗目標都適合任何的互動產品, 須取決於使用者背景或具體任務 (Preece et al., 2002)。此外, 學者也指出在產品或服務設計與開發階段, 使用者經驗評估的結果是使用者與設計者之間重要的溝通橋樑, 有助於產品或服務的開發流程與最後成效 (Lin, Shiang, Wang, & Chen, 2016)。

為了評估使用者經驗, Schrepp, Hinderks, & Thomaschewski (2014) 開發了使用者經驗問卷工具 (user experience questionnaire, UEQ), 該量表的信度與效度通過 11 項可用性測試, 且具有良好的結構效度。

基於 ISO 的使用者經驗定義，UEQ 問卷透過實用性（practicality）和享樂性（hedonic）兩大面向來評估使用者經驗，實用性面向主要在評估使用者對於產品或服務的使用性感受，例如是否認為產品或服務能提供輔助、容易使用、或設計清楚明瞭；而享樂性面向則聚焦於評量使用者對於產品或服務的情意感受，例如是否認為產品或服務是令人喜愛、具有趣味性、或是有引領潮流的感覺。由於 UEQ 具有快速且即時的測量使用者感受的特色，過去已有許多研究運用 UEQ 進行產品或服務的使用者經驗評估 (Schrepp, Hinderks, & Thomaschewski, 2017)，例如使用 UEQ 來評估中小學生對中文適性閱讀診斷線上學習網站的使用者經驗（張丹、梁桂嘉、宋曜廷，2023），或應用 UEQ 去瞭解大學生對疫情期間遠距教學平臺的喜好 (Santoso, Schrepp, Hasani, Fitriansyah, & Setyanto, 2022)，量化問卷的使用者評估能快速地收集到大量回饋，並提供教育學者相關的教學參考。除了教育平臺的研究評估外，UEQ 問卷也用於產品開發過程中的使用者評估，基於使用者經驗評量的結果，產品開發公司能針對使用需求進行產品改良 (Hinderks, Schrepp, Mayo, Escalona, & Thomaschewski, 2019)。是故，為了從使用者經驗觀點來探索古蹟虛擬導覽的虛擬化身設計，本研究將採用 UEQ 量表工具進行使用者經驗評估。

三、研究方法

延續吳柏毅等（2022）在林氏貞孝坊 — 古蹟虛擬導覽系統¹上的真人導覽設計，本研究試著運用動作捕捉技術並提出優化之虛擬人物化身規劃，根據資訊系統開發流程的三階段瀑布模式（waterfall model）進行古蹟虛擬導覽系統之虛擬導覽員之開發。同時，為瞭解使用者對於虛擬化身導覽的使用者經驗感受，本研究進一步採用實驗研究比較使用者對於真人導覽設計與虛擬化身導覽設計的體驗感知差異。具體研究流程說明如下：

（一）分析階段

本研究分析吳柏毅等（2022）所開發的古蹟虛擬導覽系統，發現在導覽影片的環節該系統使用真人影像來呈現導覽內容，不過值得注意的是，使用者在操作過程中按下導覽按鈕後，彈出的真人導覽影片會遮住全部視野（如圖 1），容易導致使用者的投入感抽離，另外平面影片形式的真人導覽也可能造成使用者的沉浸感低落。因此本研究認為可以嘗試將該人物導覽的影片替換為非真實元素，以便融入 360° 的實境場域，亦不使用跳轉或彈出視窗等呈現方式，以確保維持使用者的投入感。

（二）設計階段

依據前述分析階段的結果，本研究試著將「真實的導覽員」改用非真實元素去設計，也就是「虛擬」的導覽員，因此

¹ 林氏貞孝坊 — 古蹟虛擬導覽系統是以 360° 實景攝影組成的虛擬導覽系統，並結合情境敘事與遊戲化機制等數位學習策略。導覽主題為臺中市古蹟林氏貞孝坊，使用者透過電腦網頁操作體驗古蹟虛擬導覽，在體驗中扮演一名蒐集古蹟資料的人員。整個導覽遊程包含文字介紹、古蹟圖像說明、真人導覽解說影片以及古蹟相關的問答题數個，使用者根據虛擬遊覽古蹟的過程獲取知識，並回答問題，問答的對錯與否亦將會呈現相應的體驗結果。

我們須重新設計導覽員的 3D 虛擬形象。本研究採用與原真人導覽員相似的設定，故將角色形象定位為相同性別的女性外型及相似的服裝，同時亦參考 Sylaiou et al. (2020) 的研究結果，將虛擬化身設定為與使用者相似的學生身分，以提高使用者與虛擬化身之間的親近感。虛擬人

物設計採用電腦軟體 VRoid Studio，該工具可以提供快速簡便且符合主流審美觀的人物設計，此外 VRoid Studio 也具備自動套用動作捕捉所需的角色骨架及表情偵測功能，系統介面展示如圖 2。

VRoid Studio 生成的虛擬化身已經代入角色骨架及表情偵測功能，為了讓人

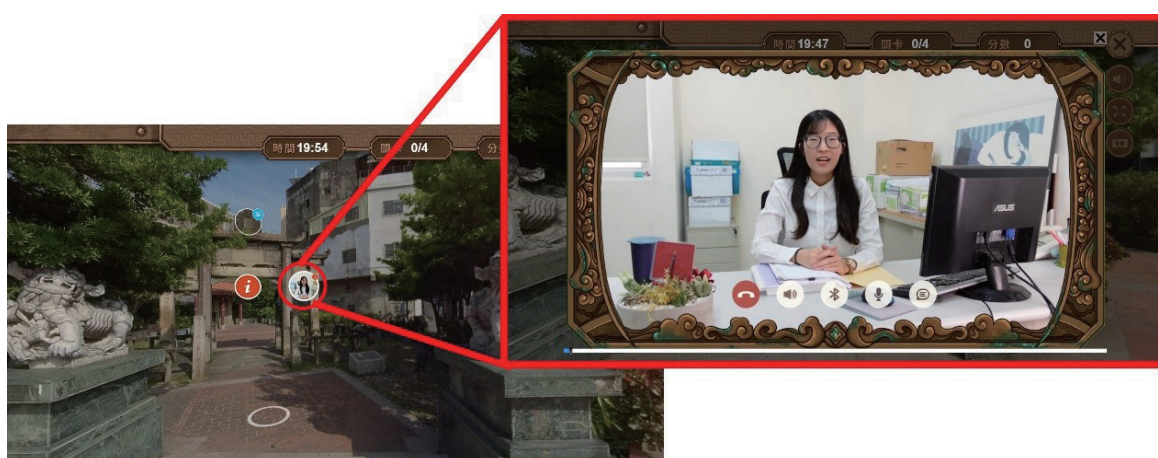


圖 1. 林氏貞孝坊－古蹟虛擬導覽系統真人導覽彈出視窗展示

Fig 1. Pop-up window in a virtual heritage tour system displaying a human guide for Jhenxiao Monument in Remembrance of Lin

資料來源：作者提供

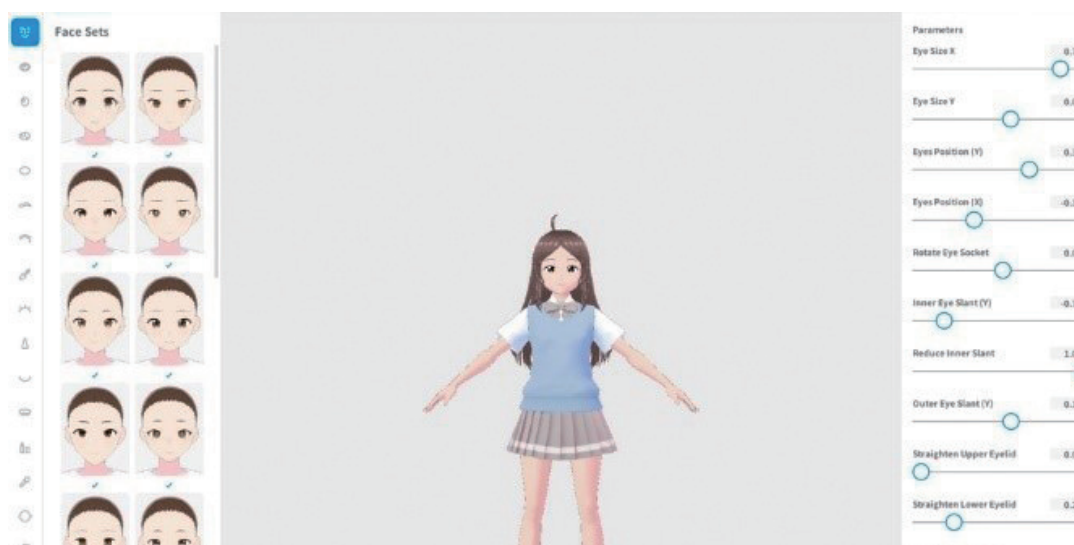


圖 2. 運用 VRoid Studio 設計虛擬導覽員

Fig 2. Virtual guide designed using VRoid Studio

資料來源：作者提供

物的動作更加靈活，則需使用 VR 頭戴式顯示器進行真人的動作捕捉（motion capture），並藉由語音辨識系統進行唇形同步捕捉，以更貼切地還原虛擬化身的肢體語言。關於虛擬化身的動作捕捉技術，硬體方面採用 Meta Oculus 2 版本，電腦軟體的銜接則使用 SteamVR 作為連接電腦與 VR 端的媒介軟體。虛擬化身的動作捕捉則是使用電腦軟體 Tracking World，因為 Tracking World 不僅包含肢體動作捕捉，也具備語音唇形同步捕捉。

動作捕捉是一項透過儀器記錄人體或物體的動作再轉譯成數位資料的技術 (Moeslund & Granum, 2001)，已上市的或開發中的捕捉裝置採用的追蹤技術皆不同，亦各有優缺，VR 裝置普遍採用廣角鏡頭或紅外線鏡頭進行定位追蹤，藉由預設使用者為原點，偵測使用者身處空間的尺度及所在的位置再推斷出距離、高度及運動軌跡。本研究所執行的動作捕捉主要是透過 VR 裝置以及 Tracking World 進行角色模型的動作擷取，應用 VR 裝置中的「位置追蹤」（positional tracking）功能，再將其位置數據回傳給 Tracking World 軟體，並同步於已經綁定骨架的角色模型上，也因此能呈現出 VR 裝置與操作者肢

體同步的效果，例如雙手等同於 VR 裝置的左右手的控制器，頭部則等同於 VR 的頭戴裝置。相較於市面上技術成熟的動作捕捉裝置或系統（如 Movella Xsens MVN、OptiTrack），本研究在動作捕捉上採用可追蹤定位點較少，僅使用頭戴顯示器以及左右手控制器共計 3 個定位點，雖然 Tracking World 橋接 SteamVR 最高能增設數量 64 個定位點，但本研究經過反覆測試後認為 3 個定位點即能充分呈現所需的角色動態效果。本研究的虛擬化身動作捕捉展示如圖 3。

最後步驟則是將動作捕捉及配音過程錄製成影片，我們將 Tracking World 的背景設置為綠幕，同時減少畫面中不必要的介面，接著使用 Open Broadcaster Software 的錄影功能進行錄製（如圖 4），錄製完成的影片會包含綠幕背景，需要再使用 Adobe Premiere Pro 進行影片長度剪輯及尺寸調整等影像編輯工作，最後產出的影像素材才能匯入古蹟虛擬導覽系統以完成綠幕去除。

（三）實施階段

經前階段的虛擬人物化身與動作捕捉後將會完成多個虛擬化身的影片，本

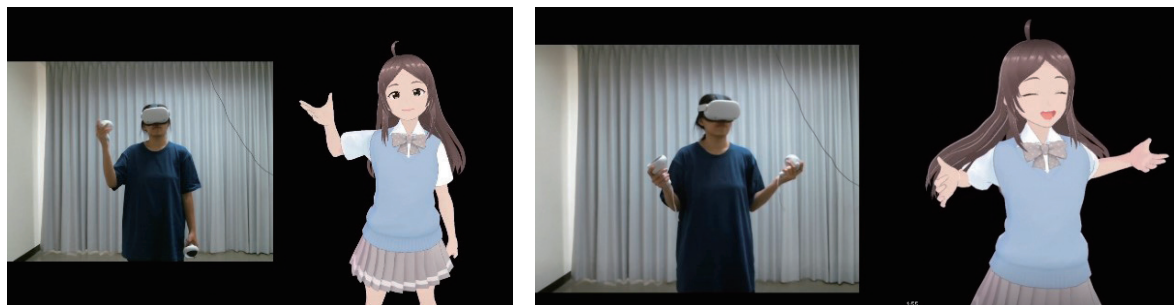


圖 3. 虛擬化身動作捕捉展示

Fig 3. Virtual avatar motion capture

資料來源：作者提供

研究則依次匯入「林氏貞孝坊 — 古蹟虛擬導覽」系統，替換系統中原有的真人導覽影片為本研究製作的虛擬化身影片，接著使用綠幕影片去除功能將虛擬導覽員結合於古蹟實景圖上，提高虛擬人物與虛擬場景自然融合的程度。同時，我們亦調整相對應的導覽流程，完成一個虛擬化身版本的「林氏貞孝坊 — 古蹟虛擬導覽」系統之建置，以下簡稱為化身版；而使用真人導覽影片的「林氏貞孝坊 — 古蹟虛擬導覽」系統，則簡稱為真人版。

真人版與化身版的操作略微不同，如圖 5 分別為真人版及化身版在同一個場景的畫面比較。使用者操作真人版觀看導覽解說的時候，需要點開畫面中的按鈕如圖 5(A)，而後會彈出固定式的真人導覽解說影片（可參閱圖 1）；使用者操作化身版觀看導覽解說的時候，3D 造型的虛擬導覽員會以靜止型態出現在環景古蹟場景中，此時只須點擊虛擬導覽員後便會開始播放解說影片，不需要經過跳轉或彈出視窗等過程（如圖 5(B)）。

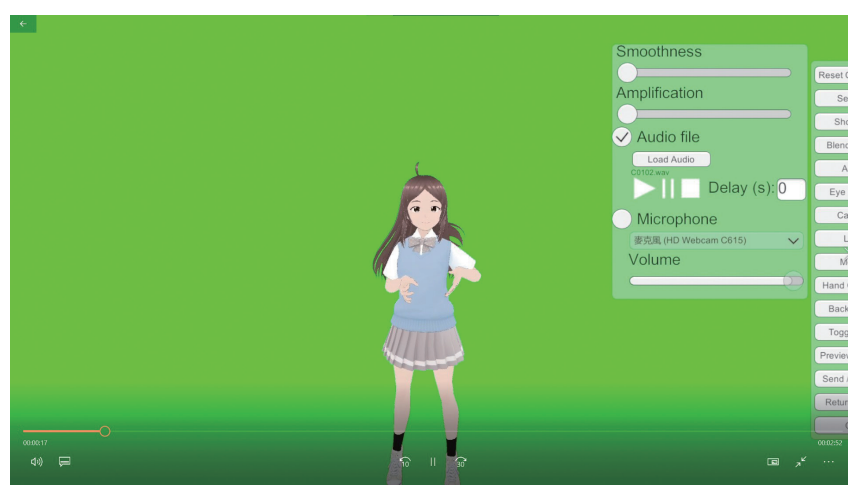


圖 4. 將動作捕捉及配音過程錄製成綠幕影片

Fig 4. Recording of motion capture and dubbing process against a green screen

資料來源：作者提供

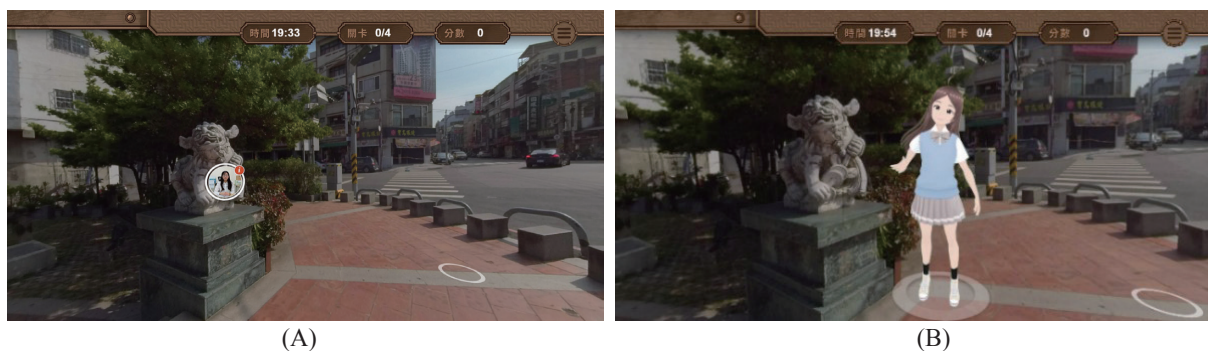


圖 5. (A) 真人版與 (B) 化身版比較

Fig 5. Comparison between the two guides: (A) human, (B) avatar

資料來源：作者提供

綜上所述，本研究之古蹟虛擬導覽系統中的虛擬化身製作流程綜整如圖 6 所示，圖中之黑字為流程說明、藍字為該流程使用的軟體或硬體。本研究首先藉由 VRoid Studio 設計虛擬人物，接著使用軟體 SteamVR 及硬體 Meta Oculus 2 進行動作捕捉，並在動作捕捉專屬軟體 Tracking World 中完成一連串的導覽動作演示，演示過程中使用 Open Broadcaster Software 進行錄製，錄製完成的毛片則需再透過 Adobe Premiere Pro 的剪輯及裁切後，方能導入虛擬導覽系統進行使用。

(四) 實驗設計

本研究的實驗對象為年齡區間 20–25 歲之大學生或研究生共 30 位（男生 15

位，女生 15 位），多數受測者過去都有使用虛擬科技（包括 VR 與擴增實境）的經驗，因此受試者對科技新奇性的感受可能較不容易影響本研究結果。本研究的實驗工具採用「林氏貞孝坊－古蹟虛擬導覽」系統的真人版及化身版，兩種版本的區別在於導覽解說的呈現形式，真人版是在導覽過程中使用真人影片進行導覽解說；化身版則是以虛擬化身進行導覽解說。

本研究邀請受測者在實驗流程中分別體驗兩個版本，並於兩次體驗後分別收集研究資料。為了避免在研究過程中受試者體驗版本順序所造成的實驗干擾，本研究採用對抗平衡的實驗設計（counter balanced design），也就是將受測者隨機分為兩組，A 組為先體驗真人版再體驗化身版的 15 位受測者（男生 7 位，女生 8 位）；B 組則是先體驗化身版再體驗真人版的另外 15 位（男生 8 位，女生 7 位），在體驗之前受測者皆不知情測試的順序。本研究實驗流程如圖 7 所示，虛擬導覽體驗時間為每個版本 20 分鐘，每次體驗完一個版本後，即進行使用者經驗問卷填寫（時間約為 10 分鐘），整體實驗結束後須接受訪談（時間約為 10 分鐘），每位受試者參與實驗的總時數約為 70 分鐘。本研究共收回 30 份有效問卷，收集資料時體驗空間只有實驗人員與受測者，且所有受測者皆不知道自己被分派的組別，確保無外在因素或變因影響實驗進行。另外，所有受試者皆填寫實驗參與同意書，且全數同意參與本研究。

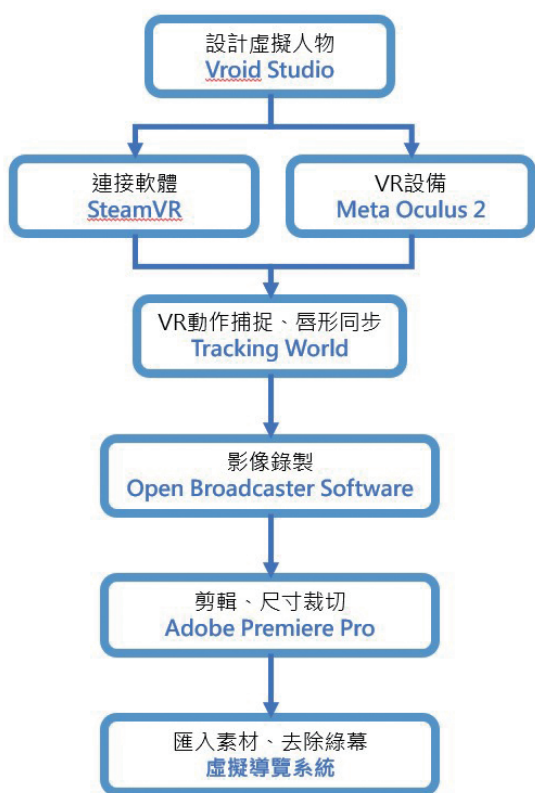


圖 6. 虛擬化身製作流程

Fig 6. Process of virtual avatar development

資料來源：作者提供

(五) 使用者經驗量化評估

為瞭解使用者對於「林氏貞孝坊－古

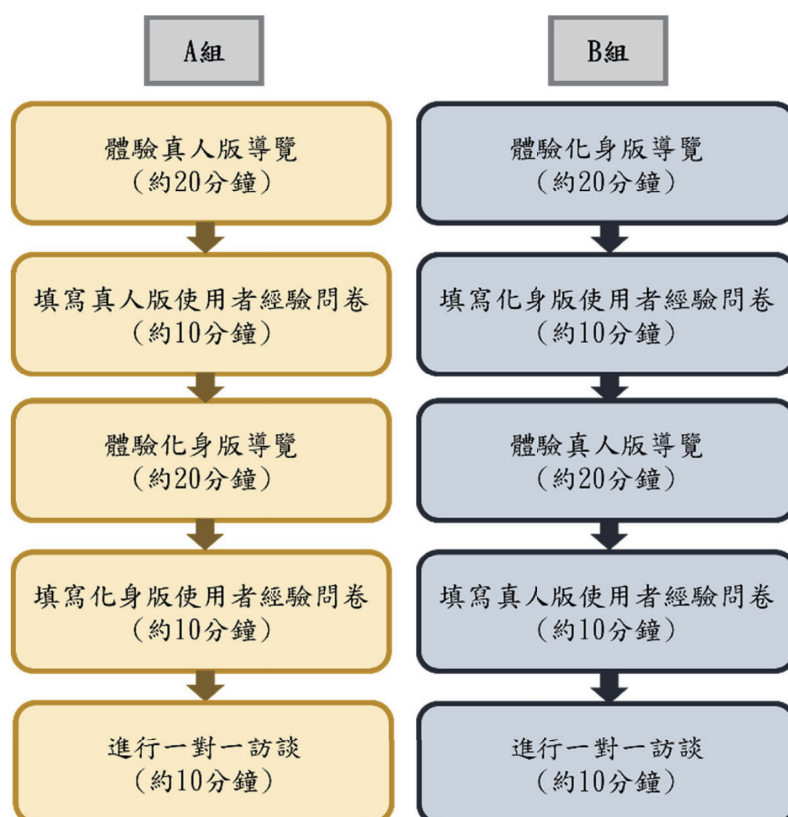


圖 7. 實驗流程圖

Fig 7. Experiment design

資料來源：作者提供

蹟虛擬導覽」系統真人版及化身版的使用者經驗感受，本研究採用 Schrepp et al. (2017) 所發展的短版 UEQ 量表，其為評估使用者經驗的一項工具，內含 8 組有語義差異的形容詞，每組由兩個具有相反含義的字詞表示，例如礙手礙腳的 — 能提供輔助的，問卷使用七點量表，數值範圍從 -3 – +3，其中 -3 表示負面的使用經驗，+3 表示正面的使用經驗。

UEQ 量表主要從兩個面向：實用性及享樂性來評估使用者經驗，實用性面向包括四個詞條題目，分別為礙手礙腳的 — 能提供輔助的、複雜的 — 簡單的、低效率的 — 高效率的、令人眼花撩亂的 — 一目瞭然的；享樂性面向亦包括四個詞條

題目，分別為不討喜的 — 令人喜愛的、無趣的 — 有趣的、平庸的 — 有價值的、以及一般的 — 新穎的。問卷呈現方式請參閱附錄，使用者可以依照體驗中的使用經驗勾選，愈靠近該詞條的量點表示愈認同該詞條所描述的內容，各詞條之定義如下表 1 所示。A 組與 B 組的分別針對真人版與化身版進行的兩次使用者經驗評估之題項皆相同。

四、系統評估結果

(一) 使用者經驗

根據圖 8 的真人版與化身版使用者經驗分數比較結果，在本次「林氏貞孝坊 — 古蹟虛擬導覽」系統體驗活動中，

表 1. UEQ 問卷詞條定義表

Tab 1. Definitions of UEQ items

性質	詞條	定義
實用性	礙手礙腳 — 能提供輔助的	此虛擬導覽是否能輔助使用者使用該網站
	複雜的 — 簡單的	此虛擬導覽功能是否簡單易操作
	低效率的 — 高效率的	此虛擬導覽對於使用者理解網站內容之效率
	令人眼花撩亂的 — 一目瞭然的	此虛擬導覽功能介面設計是否清楚
享樂性	不討喜的 — 令人喜愛的	此虛擬導覽呈現方式是否受使用者喜愛
	無趣的 — 有趣的	此虛擬導覽呈現方式對使用者是否具趣味性
	平庸的 — 有價值的	此虛擬導覽對於使用者是否有價值
	一般的 — 新穎的	此虛擬導覽對於使用者是否新穎

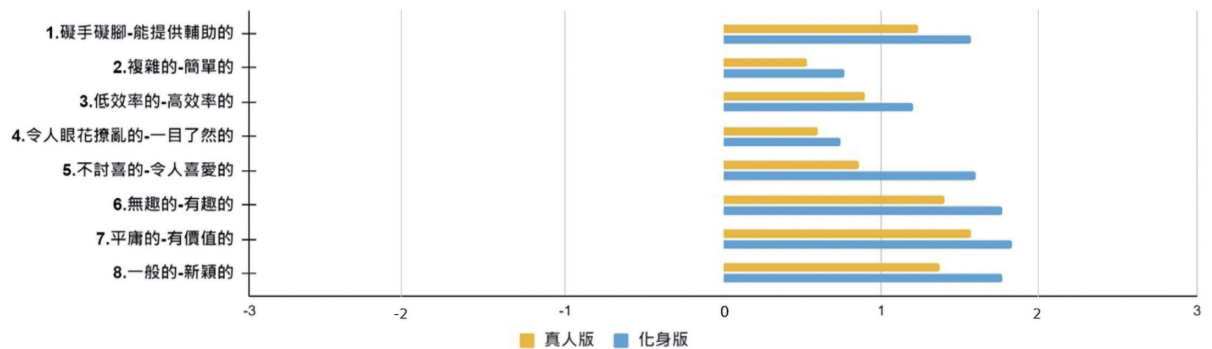


圖 8. 真人版與化身版使用者經驗分數比較

Fig 8. Comparing user experience scores for the two guides (human and avatar)

資料來源：作者提供

受測者在八個使用者經驗項目中，皆表達化身版的使用者經驗優於真人版的使用感受，也就是說，相較於真人導覽版本，多數受測者認為融入虛擬化身的全景古蹟虛擬導覽形式能提供正向的實用體驗，包括具輔助性、簡單易用、使用效率高，以及一目瞭然的介面與操作設計，另外在享樂體驗方面，多數受測者亦表達虛擬化身讓人覺得該設計具有價值性及新穎性，也給人討喜和有趣的感受。

進一步的成對樣本 t 檢定發現（如表 2 所示），化身版的實用感受（ $M = 1.07$ ， $SD = 0.93$ ）雖高於真人版的實用性（ $M =$

0.82 ， $SD = 0.97$ ），但整體來說並沒有達到顯著（ $t = -1.18$ ， $p > .05$ ），代表使用者在實用性上對化身感受與對真人感受並沒有感到強烈的差異；不過在享樂性中，化身版的享樂感受（ $M = 1.74$ ， $SD = 0.93$ ）顯著高於真人版的享樂感受（ $M = 1.30$ ， $SD = 1.00$ ）（ $t = -2.71$ ， $p < .05$ ），證明多數使用者在使用化身版的時候，感到較強烈的享樂體驗，在本次實驗中各項結果都顯示使用者較滿意化身版，且對於化身版的令人喜愛程度有特別明顯感受差異（ $t = -3.06$ ， $p < .01$ ）。

表 2. 使用者經驗描述性統計資料與成對樣本 *t* 檢定Tab 2. Descriptive statistics and paired samples *t*-test on user experience

性質	詞條	真人版平均數 (標準差)	化身版平均數 (標準差)	<i>t</i> 檢定	<i>p</i> 值
實用性	礙手礙腳 — 能提供輔助的	1.23 (1.07)	1.57 (0.97)	-1.67	.106
	複雜的 — 簡單的	0.53 (1.22)	0.77 (1.48)	-0.77	.446
	低效率的 — 高效率的	0.90 (1.094)	1.20 (1.22)	-1.25	.222
	令人眼花撩亂的 — 一目瞭然的	0.60 (0.73)	0.73 (1.34)	-0.49	.625
	整體	0.82 (0.97)	1.07 (0.93)	-1.18	.248
享樂性	不討喜的 — 令人喜愛的	0.87 (1.01)	1.60 (1.00)	-3.06**	.005
	無趣的 — 有趣的	1.40 (1.04)	1.77 (0.86)	-1.73	.094
	平庸的 — 有價值的	1.57 (1.17)	1.83 (1.09)	-1.61	.118
	一般的 — 新穎的	1.37 (1.56)	1.77 (1.41)	-1.88	.070
	整體	1.30 (1.00)	1.74 (0.93)	-2.71*	.011

註：* $p < .05$, ** $p < .01$

(二) 使用者訪談

為瞭解使用者對於「林氏貞孝坊 — 古蹟虛擬導覽」系統的虛擬化身設計可能的更多想法，本研究於整體實驗活動與問卷填答結束後實施使用者訪談，訪談內容皆錄音並轉製成逐字稿，同時亦將受測者編碼（如 U1、U2、U3，依此類推）以進行資料分析。

質性訪談結果顯示，部分受試者提出對虛擬化身外觀與設計的看法，他們認為虛擬化身的精緻度與外觀的美型程度會影響到其使用意願，例如：

希望角色是正常比例的人，然後主要是模型的精緻度，如果解析度低或看起來破破的，覺得會影響她講出來話的可信度，會不想點。（U5）

模型精緻程度會影響我的使用意願，愈漂亮愈想使用，愈醜愈粗糙就會想直接關掉。（U13）

大眾應該都喜歡長得好看的，所

以好看最重要，其次的是要看客群，然後用受眾來去決定設計的形象，如果是小朋友的話，吉祥物的設計就滿好的。（U16）

此外，有受測者提及虛擬化身的形象與導覽場域的適配性議題，他們認為比起虛擬化身的外觀，或許在設計上應更關注虛擬化身的形象是否符合該場域的風格，特別是化身的性別可能也需要在設計上有所考慮，例如：

外觀最好要符合美學，尤其在古蹟導覽中選擇符合當代的服飾會加分很多。（U2）

如果角色更貼近古蹟的形象會更好一些，因為女學生的形象有點違和，像是漢服或旗袍會更好，性別的部分沒差。（U7）

希望是共鳴有親切感的，在這個主題用女性會更好，有一些人會覺得

同性能更降低戒心，所以如果有男、女版讓使用者去選擇，覺得大眾會更能接受，如果吉祥物的話可以更打入小朋友的內心。（U14）

根據訪談統整結果，雖然極少數的使用者對於古蹟導覽系統中的真人版及化身版設計皆表達負面感受，並表示相較之下更喜歡實地走訪，但多數使用者確實表達未來持續使用虛擬化身的意願，他們認為虛擬化身設計可以良好地融入全景虛擬場景中，視覺感受上較不突兀，新穎的虛擬化身技術也讓使用者具備新鮮感，例如有使用者提到：

我其實會選擇繼續虛擬化身，因為之前比較沒有遇過、很酷，不知道他想要幹嘛，所以會想要聽他講話，不然其實大部分都已經知道要講什麼了，就不會想聽下去。（U8）

那個化身很可愛，而且感覺比較像在玩遊戲，趣味性比較高，如果是真人版在辦公室就很像在聽課。（U19）

真人跟古蹟的景沒那麼搭，會很像在上課，而且影片的人也穿得很正式，坐姿也很端正，那不如請個真正的導遊，對我來說虛擬人物比較新穎，更有在網路上的感覺。（U20）

五、討論與結論

本研究旨在瞭解如何進行全景古蹟虛擬導覽的虛擬化身設計，透過三階段資訊系統開發模式，我們提出虛擬化身的製作流程，包括運用 VRoid Studio 設計虛擬人物、結合 SteamVR 軟體及 Meta Oculus 2 硬體進行動作捕捉、以及於 Tracking

World 軟體中完成一連串的虛擬人物的導覽動作演示設計，最後提出虛擬人物的開發流程。開發過程中所需之軟硬體設備皆完整揭露，對未來文化資產相關應用與系統之虛擬化身設計與開發有所貢獻。除此之外，本研究從使用者觀點進行虛擬化身設計之評估，實驗結果發現與真人導覽比較，導入虛擬化身的古蹟虛擬導覽設計能為使用者提供較為正向的實用體驗及高度的享樂體驗，特別值得一提的是，在使用者經驗評估結果中發現，本研究的受試者明顯感受到化身版的令人喜愛程度高於真人版，其他享樂性指標如有趣的、有價值的、新穎的使用感受亦高於真人版，就某種程度而言呼應了過去研究認為虛擬人物導入導覽系統設計的正向影響觀點 (Abate et al., 2011; Roth et al., 2018; Sylaiou & Fidas, 2022)，也從使用者經驗的角度證實本研究之虛擬化身為一個成功設計。本研究透過結合 360° 全景影像與虛擬導覽人物，達成人物與實景之間的平衡，雖然真實導覽人員能令使用者產生親切感，但是考量到製程的難易、合適程度與新穎性，未來相關研究或實務應用可考慮嘗試導入虛擬化身或是其他更豐富的虛擬元素，將虛擬與真實相互結合優化使用者經驗感受。

除了從量化研究角度探索使用者經驗外，本研究也納入質性訪談深入探究使用者對於虛擬化身設計的想法。具體而言，質性研究結果除了驗證多數使用者確實對虛擬化身設計表現出正面的享樂感受，我們進一步發現使用者對於虛擬化身外觀設計可能有不一樣的考量與關注焦點，例如雖然本研究基於 Sylaiou et al. (2020) 對虛擬角色設定的建議將虛擬化身設定以接近使用者之學生身分為主，但

質性訪談結果發現使用者重視角色在視覺上的吸引力，也認為虛擬角色與實景場域在設計上應盡量尋求風格一致，故角色設定是否符合自己的年齡風格或喜愛偏好可能不是虛擬化身設計的重要關鍵，角色身分與導覽情境脈絡之間的適配性可能才是使用者更關注的議題。因此，未來科技輔助文化資產教育的相關研究可持續深究虛擬導覽中的虛擬化身角色設定議題，運用實驗設計探討虛擬化身角色外觀設計或身分適配性對於虛擬導覽應用的使用態度與成效之影響，此外，也可以試著納入不同年齡的研究樣本，例如高中職以下學生或樂齡者，除了能擴展本研究結果之使用者經驗評估的驗證外，更建議學者能進一步探討不同樣本對虛擬化身角色設計的想法。

最後，本研究旨在從使用者經驗觀點探究全景古蹟虛擬導覽中化身設計的使用者情意感受，並未檢視該設計對使用者如何理解古蹟導覽內容之影響，建議未來

研究可深入探討虛擬化身設計在學習認知表現上的角色。此外，本研究基於實驗設計的嚴謹性，針對可能的干擾變項進行控制，例如導覽員的互動操作皆以點擊後播放為主，為探索更多虛擬導覽互動設計的議題，未來研究可進一步將互動性列入檢視變項之一，探討不同互動設計（如虛擬空間深度移動、虛擬人物動作操控）對全景古蹟虛擬導覽的使用經驗與認知學習之影響，另亦可將導覽員呈現形式差異視為研究變項，檢視真人 2D 影片和真人去背與虛擬場景合成影片兩種形式對使用者投入虛擬導覽的感受與理解之影響。

誌謝

感謝文化部文化資產局文化資產學院研發群組（計畫編號：110-研-07）與國家科學及技術委員會計畫（計畫編號：MOST 111-2628-H-005-003-MY3）的研究經費支持。

附錄 使用者經驗問卷

App. User Experience Questionnaire

1.	礙手礙腳的	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	能提供輔助的
2.	複雜的	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	簡單的
3.	低效率的	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	高效率的
4.	令人眼花撩亂的	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	一目瞭然的
5.	不討喜的	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	令人喜愛的
6.	無趣的	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	有趣的
7.	平庸的	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	有價值的
8.	一般的	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	新穎的

參考文獻

- 王正誠、吳柄賦、薛聖憲、許家瑋、張家銓、林群揚、翁健祐（2019）。〈3D 全景虛擬實境技術於名勝古蹟導覽之應用——以臺南吳園為例〉。《觀光與休閒管理期刊》，7，123-129。doi:10.6510/JTLM.201908/SP_7.0011
- 吳柏毅、陳怡廷、莊昀蓓、鄭琨鴻（2022年3月）。〈遊戲化機制導入古蹟虛擬導覽設計〉。論文發表於「第17屆臺灣數位學習發展研討會」，臺灣，臺東。
- 張丹、梁桂嘉、宋曜廷（2023）。〈使用UEQ 評估中文適性閱讀診斷網站設計之使用者體驗〉。《商業設計學報》，26，66-84。
- 薛理桂、王麗蕉（2006）。〈檔案館、圖書館與博物館三大知識領域在新資訊時代的整合趨勢——以加拿大與英國為例〉。《檔案季刊》，5（4），1-16。
- Abate, A. F., Acampora, G., & Ricciardi, S. (2011). An interactive virtual guide for the AR based visit of archaeological sites. *Journal of Visual Languages & Computing*, 22(6), 415-425. doi:10.1016/j.jvlc.2011.02.005
- Bolognesi, C. M., & Fiorillo, F. (2023). Virtual representations of cultural heritage: Sharable and implementable case study to be enjoyed and maintained by the community. *Buildings*, 13(2), 410. doi:10.3390/buildings13020410
- Carrozzino, M., & Bergamasco, M. (2010). Beyond virtual museums: Experiencing immersive virtual reality in real museums. *Journal of Cultural Heritage*, 11(4), 452-458. doi:10.1016/j.culher.2010.04.001
- Chiao, H.-M., Chen, Y.-L., & Huang, W.-H. (2018). Examining the usability of an online virtual tour-guiding platform for cultural tourism education. *Journal of Hospitality, Leisure, Sport & Tourism Education*, 23, 29-38. doi:10.1016/j.jhlste.2018.05.002
- Choi, Y., Mehraliyev, F., & Kim, S. (2020). Role of virtual avatars in digitalized hotel service. *International Journal of Contemporary Hospitality Management*, 32(3), 977-997. doi:10.1108/IJCHM-03-2019-0265
- Comes, R., Neamțu, C. G. D., Grec, C., Buna, Z. L., Găzdac, C., & Mateescu-Suciu, L. (2022). Digital reconstruction of fragmented cultural heritage assets: The case study of the Dacian embossed disk from Piatra Rosie. *Applied Sciences*, 12(16), 8131. doi:10.3390/app12168131
- El-Said, O., & Aziz, H. (2022). Virtual tours a means to an end: An analysis of virtual tours' role in tourism recovery post COVID-19. *Journal of Travel Research*, 61(3), 528-548. doi:10.1177/0047287521997567
- Ferdani, D., Fanini, B., Piccioli, M. C., Carboni, F., & Vigliarolo, P. (2020). 3D reconstruction and validation of historical background for

- immersive VR applications and games: The case study of the Forum of Augustus in Rome. *Journal of Cultural Heritage*, 43, 129-143. doi:10.1016/j.culher.2019.12.004
- Guan, W., Qiao, L., & Chen, K. (2020). Dissemination of marine history and culture based on virtual museum technology. *Journal of Coastal Research*, 110, 150-153. doi:10.2112/JCR-SI110-036.1
- Hinderks, A., Schrepp, M., Mayo, F. J. D., Escalona, M. J., & Thomaschewski, J. (2019). Developing a UX KPI based on the user experience questionnaire. *Computer Standards & Interfaces*, 65, 38-44. doi:10.1016/j.csi.2019.01.007
- Hua, L., Chen, C., Fang, H., & Wang, X. (2018). 3D documentation on Chinese Hakka Tulou and internet-based virtual experience for cultural tourism: A case study of Yongding County, Fujian. *Journal of Cultural Heritage*, 29, 173-179. doi:10.1016/j.culher.2017.08.008
- Ijaz, K., Ahmadpour, N., Wang, Y., & Calvo, R. A. (2020). Player experience of needs satisfaction (PENS) in an immersive virtual reality exercise platform describes motivation and enjoyment. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 36(13), 1195-1204. doi:10.1080/10447318.2020.1726107
- International Organization for Standardization. (2019). *Ergonomics of human-system interaction—Part 210: Human-centred design for interactive systems* (ISO Standard No. 9241-210:2019).
- Kim, D. Y., Lee, H. K., & Chung, K. (2023). Avatar-mediated experience in the metaverse: The impact of avatar realism on user-avatar relationship. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 73, 103382. doi:10.1016/j.jretconser.2023.103382
- Lin, C. J., Shiang, W.-J., Wang, R.-W., & Chen, T.-J. (2016). Evaluation of virtual reality presentation in user testing procedure for product usability of a conceptual design. *Journal of Technology*, 31(4), 307-318.
- Mah, O. B. P., Yan, Y., Tan, J. S. Y., Tan, Y.-X., Tay, G. Q. Y., Chiam, D. J., ... Feng, C.-C. (2019). Generating a virtual tour for the preservation of the (in)tangible cultural heritage of Tampines Chinese Temple in Singapore. *Journal of Cultural Heritage*, 39, 202-211. doi:10.1016/j.culher.2019.04.004
- Manghisi, V. M., Uva, A. E., Fiorentino, M., Gattullo, M., Boccaccio, A., & Monno, G. (2018). Enhancing user engagement through the user centric design of a mid-air gesture-based interface for the navigation of virtual-tours in cultural heritage expositions. *Journal of Cultural Heritage*, 32, 186-197. doi:10.1016/j.culher.2018.02.014

- Martí-Testón, A., Muñoz, A., Gracia, L., & Solanes, J. E. (2023). Using WebXR metaverse platforms to create touristic services and cultural promotion. *Applied Sciences*, 13(14), 8544. doi:10.3390/app13148544
- Martín-Gutiérrez, J., Mora, C. E., Añorbe-Díaz, B., & González-Marrero, A. (2017). Virtual technologies trends in education. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(2), 469-486. doi:10.12973/eurasia.2017.00626a
- Milgram, P., & Kishino, F. (1994). A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE Transactions on Information Systems*, E77-D(12), 1321-1329.
- Moeslund, T. B., & Granum, E. (2001). A survey of computer vision-based human motion capture. *Computer Vision and Image Understanding*, 81(3), 231-268. doi:10.1006/cviu.2000.0897
- Moro, C., Štromberga, Z., Raikos, A., & Stirling, A. (2017). The effectiveness of virtual and augmented reality in health sciences and medical anatomy. *Anatomical Sciences Education*, 10(6), 549-559. doi:10.1002/ase.1696
- Napolitano, R. K., Scherer, G., & Glisic, B. (2018). Virtual tours and informational modeling for conservation of cultural heritage sites. *Journal of Cultural Heritage*, 29, 123-129. doi:10.1016/j.culher.2017.08.007
- Pakanen, M., Alavesa, P., van Berkel, N., Koskela, T., & Ojala, T. (2022). “Nice to see you virtually”: Thoughtful design and evaluation of virtual avatar of the other user in AR and VR based telexistence systems. *Entertainment Computing*, 40, 100457. doi:10.1016/j.entcom.2021.100457
- Preece, J., Rogers, Y., & Sharp, H. (2002). *Interaction design: Beyond human-computer interaction*. New York, NY: John Wiley & Sons.
- Reiner, A. J., Vasquez, H. M., Jamieson, G. A., & Hollands, J. G. (2022). Comparing an augmented reality navigation display to an electronic map for military reconnaissance. *Ergonomics*, 65(1), 78-90. doi:10.1080/00140139.2021.1917668
- Roth, D., Klelnbeck, C., Feigl, T., Mutschler, C., & Latoschik, M. E. (2018). Beyond replication: Augmenting social behaviors in multi-user virtual realities. In K. Kiyokawa, F. Steinicke, B. Thomas, & G. Welch (Eds.), *2018 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)* (pp. 215-222). Danvers, MA: IEEE. doi:10.1109/VR.2018.8447550
- Santoso, H. B., Schrepp, M., Hasani, L. M., Fitriansyah, R., & Setyanto, A. (2022). The use of user experience questionnaire plus (UEQ+) for cross-cultural UX research: Evaluating Zoom and Learn Quran Tajwid as online learning tools. *Heliyon*, 8(11), e11748. doi:10.1016/j.heliyon.2022.e11748

- Schrepp, M., Hinderks, A., & Thomaschewski, J. (2014). Applying the user experience questionnaire (UEQ) in different evaluation scenarios. In A. Marcus (Ed.), *Design, user experience, and usability: Theories, methods, and tools for designing the user experience* (pp. 383-392). Cham, Switzerland: Springer. doi:10.1007/978-3-319-07668-3_37
- Schrepp, M., Hinderks, A., & Thomaschewski, J. (2017). Design and evaluation of a short version of the user experience questionnaire (UEQ-S). *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*, 4(6), 103-108. doi:10.9781/ijimai.2017.09.001
- Selmanović, E., Rizvic, S., Harvey, C., Boskovic, D., Hulusic, V., Chahin, M., & Sljivo, S. (2020). Improving accessibility to intangible cultural heritage preservation using virtual reality. *Journal on Computing and Cultural Heritage*, 13(2), 13. doi:10.1145/3377143
- Sylaiou, S., & Fidas, C. (2022). Virtual humans in museums and cultural heritage sites. *Applied Sciences*, 12(19), 9913. doi:10.3390/app12199913
- Sylaiou, S., Kasapakis, V., Gavalas, D., & Dzardanova, E. (2020). Avatars as storytellers: Affective narratives in virtual museums. *Personal and Ubiquitous Computing*, 24(6), 829-841. doi:10.1007/s00779-019-01358-2
- Sylaiou, S., Mania, K., Karoulis, A., & White, M. (2010). Exploring the relationship between presence and enjoyment in a virtual museum. *International Journal of Human-Computer Studies*, 68(5), 243-253. doi:10.1016/j.ijhcs.2009.11.002
- Tsai, H.-Y., Tsai, M.-H., Chiang, T.-H., & Chang, C.-C. (2022). Comparative evaluation of different following mechanisms in VR guided tour: A preliminary study. *Applied Sciences*, 12(19), 9630. doi:10.3390/app12199630
- Walmsley, A. P., & Kersten, T. P. (2020). The imperial cathedral in Königslutter (Germany) as an immersive experience in virtual reality with integrated 360° panoramic photography. *Applied Sciences*, 10(4), 1517. doi:10.3390/app10041517
- Xu, Y., & Ling, I.-L. (2023). Effects of face masks and photo tags on nonverbal communication in service encounters. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 73, 103322. doi:10.1016/j.jretconser.2023.103322
- Yang, T., Lai, I. K. W., Fan, Z. B., & Mo, Q. M. (2021). The impact of a 360° virtual tour on the reduction of psychological stress caused by COVID-19. *Technology in Society*, 64, 101514. doi:10.1016/j.techsoc.2020.101514