

Immersive experience of seamless virtual space: Virtual Reality

Ching-Yueh Tseng

University of Taipei, Taipei 100, Taiwan

Abstract

The interactivity in digital art has long been explained through many literatures. However, in the case of virtual reality (VR), it extends the viewer's senses and makes the audience more involved. Some features are worth discussing. Therefore, this paper will explore the immersive experience of the viewers in virtual reality by discussing the perspective of painting art, space montage under hypertext (hypermedia) and how can VR be applied in teaching.

Keywords: Virtual Reality, Immersive experience

無縫空間的沈浸感：虛擬實境

曾 靖 越

臺灣 臺北市 100 臺北市立大學

摘 要

數位藝術當中的互動性，早已透過諸多思想家與文獻的討論闡釋清楚，但就虛擬實境這種媒材而言，它更延伸擴大了觀者感官，讓觀眾涉入程度更加深層，這其中必定有些許特性值得討論；因此，本論文以觀眾觀看的藝術作品的位置，以及超文本下的空間蒙太奇，來談虛擬實境當中觀者的沈浸感，以及在教學上的應用。

關鍵詞：虛擬實境、沈浸感

通訊作者：曾靖越

通訊地址：10048 臺北市中正區愛國西路 1 號 臺北市立大學視覺藝術學系

電子郵件：jingyueh@go.utapei.edu.tw

DOI:10.6701/TEEJ.201809_65(3).0008

壹、前言

近日科幻電影所掀起的熱潮，莫過於由名導演史蒂芬史匹柏（Steven Spielberg）所執導的美國電影《一級玩家》（Ready Player One）。《一級玩家》之所以受到廣泛的討論，除了透過電影工業完成的精緻聲光效果外，再整合遊戲與動畫等等多元文化元素，還將虛擬實境（Virtual Reality, VR）的想像極大化，讓觀眾隨著導演進入到了一個虛擬烏托邦。另一方面，同樣與虛擬實境有關，由臺灣新媒體藝術家黃心健，以及美國前衛音樂教母蘿瑞·安德森（Laurie Anderson）所共同創作的 VR 作品《沙中房間》，於 2018 年初，獲得了第 74 屆威尼斯影展中的虛擬實境最佳體驗大獎。當然，我們也不能忽略了國際知名導演蔡明亮所執導第一部華語 VR 電影《家在蘭若寺》，該片以全新的觀影體驗，帶來了下一波電影院的革命。



圖 1 VR 電影《家在蘭若寺》影像截圖

資料來源：家在蘭若寺電影臉書粉絲團 <https://www.facebook.com/TheDeserted2017/>

格勞（Oliver Grau）（2007b）認為，虛擬實境（Virtual Reality）並非是一種全新的現象，從傳統藝術來看，我們可以發現許多幻覺空間是透過繪畫營造而來，「虛擬實境」早已在人類與圖像的歷史關係中佔有重要的份量。而人類為了將感官極大化，將媒體作為感知的工具進行延伸，這可從虛擬實境的應用得到解釋：亦即讓觀眾得以改變認知，從不同的生物、性別、文化背景等諸多角度觀看自我（Huang, 2017）。的確，得力於電腦硬體技術的進步，觀賞者可

以以高解析度的即時影像，因人而異地透過不同的位置、觀點觀賞數位內容，而這種「觀看經驗的不一致」，對於影像藝術而言，大幅提高了創意實踐的可能性。

所謂「觀看經驗」的質變，在《家在蘭若寺》當中可以發現，它運用全新的科技介面提供了一個新的後觀眾（post-spectator）觀影經驗：由於必須配戴頭戴顯示器，因此觀眾與其感受到的環景影像之間，會建立一種「全方位的互動關係」，所有影像僅為觀者所展開，這種浸潤般的視聽感受，在每次觀看電影時都會有所差異且不重複，如同每次觀看都是首次觀看；換句話說，傳統電影中導演要給觀眾觀看的精確構圖與畫面已經失效，或說這種觀影經驗不存在絕對鏡位的鏡頭，只有讓觀眾恣意地選取觀看畫面（孫松榮，2018）。這種觀眾的主觀與主控的強化，是透過我們的感官經驗進行連結，又如作品《沙中房間》，以效果聲響、敘事音、手繪圖像，更進一步讓觀眾在空間當中自由探索，自行決定影像敘事的先後順序。對參與者而言，由於身體可以和介面、科技裝置與客體相結合，因此，虛擬空間所帶來的經驗，是一種數位化空間性以及日常體現式空間移動，兩者協商下的過程；而虛擬美學的重要性，不僅位於虛擬科技的物質本體結構上，更在於觀眾與其「體現互動過程」上（邱誌勇，2018）。



圖 2 VR 作品《沙中房間》體驗者視角之截圖，

資料來源：臺北市立美術館網站：

https://www.tfam.museum/Exhibition/Exhibition_page.aspx?id=624&ddlLang=zh-tw

藝術家陶亞倫（2018）曾在訪談中指出：虛擬實境運作的邏輯是讓參與者進入作品中，依舊是以影像帶動身體，但此處不存在明顯的主客關係，以致這個媒體很可能不再能用以往我們熟悉的敘事系統進行理解，再進一步說明，觀眾戴上裝置之後，是被包圍在一個全景場域中，讓身體感知被直接給予刺激，這無法用腳本、分鏡圖編排，是以，虛擬實境創造的是一種「身體的觀看方式」，這牽涉到身體位置和身體美學，這幾已超脫了德勒茲（Gilles Deleuze）所談的影像美學。至此，我們能發現觀者本體與內容的互動，在虛擬實境中至為重要，然而，數位藝術當中的互動性，早已透過諸多思想家與文獻的討論闡釋清楚，但就虛擬實境這種媒材而言，它更延伸擴大了觀者感官，讓觀眾涉入程度更加深層，這其中必定有些許特性值得討論。因此，本論文以觀眾觀看的藝術作品的位置，以及超文本下的空間蒙太奇，來談虛擬實境當中觀者的沈浸感，以及在教學上的應用。

貳、幻覺與沈浸感

被火山灰所掩埋的知名古城龐貝（Pompeii）與鄰近地帶，可以從出土的壁畫與鑲嵌畫發現，古羅馬藝術非常注重繪畫與建築空間的關係；由於古羅馬劇場沿習了古希臘的基本形制，這些劇場利用錯覺，技巧性延伸擴大了建築空間，因而成了龐貝壁畫的靈感來。因此，某些龐貝房舍遺跡內，地上都設置了記號，以標示觀賞壁畫的最佳視點，而唯有透過這些視點觀看，才會讓身置在房中的觀眾，產生壁畫的虛構場景與真實空間相連的錯覺，這證明了古羅馬人已開始使用尚不完美的中心透視法進行事物的描繪（黃倩，2016）。

而同樣也是空間中的視覺技法，在新古典主義繪畫的浪潮下，刺激了「全景畫」（panoramas）的發展（1792年），全景畫戲劇性地呈現了真人實物大小的繪畫場景，提供城市或歷史事件的全像式景觀，這顯示了人們對於「虛擬」的高度興趣，如米爾佐夫（Nicholas Mirzoeff）透過詩人歌德，以及美國總統傑佛遜（Thomas Jefferson）觀賞藝術創作的經驗指出，新古典主義提供了人們內化虛擬世界的機會，而所謂的虛擬，是一種空間的轉變，從外在三度空間的真實，轉變到的人多維度的內在世界去（Mirzoeff, 2004）。這種虛實的轉換過程，

提供了一個我們「沈浸」感受的經驗，以繪製於 1883 年的色當戰役（The Battle of Sedan）全景圖為例，觀眾在進入全景畫空間前，必須經由一條黑暗的通道，由於缺少外部客體與繪畫的對比，因此觀眾的視線完全被日光以及全景畫所構成的輝煌影像所包覆且征服，雖然全景畫的幻覺感受會隨著參觀時間遞減，但最初的深刻印象，卻會被保留下來（Grau, 2007a）。這種手法是一種如同儀式般的準備過程，先讓觀眾的視覺適應黑暗，並把感官放大到極限，其後進入到全景畫空間當中，便會產生一種如夢似幻的感受。而位於荷蘭的梅斯達格全景博物館（Panorama Mesdag），更在觀眾所在的觀景平臺與全景畫之間加入實體物件，如：沙灘、枯木、漁網、船錨等，這樣的手法更加深入營造觀眾對於場景的沈浸感受，與將幻覺極大化（曾靖越，2017）。



圖 3、圖 4 梅斯達格全景博物館內部實景

資料來源：Panorama Mesdag by Kotomi_ via Flickr.com

<https://www.flickr.com/photos/kotomi-jewelry/25210318213/in/album-72157665424548390/>

然而，前述空間中的幻覺美學，終究是針對固定視點進行設計，像是全景畫的觀眾必須位在一個圓心當中進行欣賞，一旦超出圓心，或與畫布過於接近，這極有可能會偏離被創作者設定好的透視系統，以致圖像看起來將會有被揭穿的感覺（劉京璇，2012）。這意味著只要是具備正常雙眼視覺的人們，所觀看到的景緻理論上是相同的。但當代的虛擬實境技術，卻提供了我們一個有如迪士尼喜劇電影《辣媽辣妹》（Freaky Friday）的情境，劇情中的母女身體因故產生對調，而透過角色的對換，親子的情感缺口得以透過理解而弭平。這種身份調換帶來的震撼，我們可以從八谷和彥（Kazuhiko Hachiya）的《交換眼球計畫》

（Inter Dis-Communication Machine）感受到這種細膩的身份失焦：透過裝置技巧性地呈現影像，參與者的視知覺會產生交換的錯覺；而在這種自我與他人視覺經驗的連結下，因為角色並存而產生的矛盾，提醒著我們重新思考現實的定義（王婉如、崔詠雪&潘台芳總策劃，2005）。



圖 5 八谷和彥《交換眼球計畫》

資料來源：Prix Ars Electronica 1996 Interactive Art Honorary Mention

http://90.146.8.18/en/archives/prix_archive/prix_projekt.asp?iProjectID=11264#

虛擬實境是三度空間的虛擬環境，它需透過電腦進行模擬，並提供了全新的視覺、聽覺與互動的刺激，藉由電腦模擬環境，我們可以與周邊設備溝通並互動，這如同身歷其境於想像空間，一個互動與創造力豐富的異想世界（王年燦&沈宛儒，2007）。Burdea and Coiffet（1994）的研究則指出，虛擬實境需具備 3 I，也就是「互動性」（Interaction）、「沈浸性」（Immersion）「與想像性」（Imagination），因此，虛擬實境能讓觀眾全然地置身到數位內容當中，主要是以虛擬事物模擬真實世界的事物，透過感官系統讓使用者將虛擬事物誤認為是真實事物，感受真實的程度就是所謂的沈浸感，也因此沈浸感成為現今虛擬實境好壞評估的主要因素之一；人的感官有視覺、聽覺、觸覺、嗅覺及味覺等多種感受，就目前的技術而言，甚少有系統能實現嗅覺及味覺，而現階段的觸覺模擬多僅能模擬碰到物體的反饋，對物體質感的呈現，如軟或硬、粗糙

或光滑則甚為困難¹；此外，因電腦硬體技術不斷進步，虛擬實境影像的呈現已經高度精緻化，且能同步於使用者的姿態，而聲音呈現技術亦有相當突破，因此時下主流虛擬實境裝置多以視覺與聽覺來實現沈浸感（李潤容，2017）。行文至此，我們能夠發現，高度發展的影像科技，透過視覺感官給人類帶來涉入新觀點的路徑，讓我們進入到不同以往的想像空間。

日本國際藝術團隊 teamLab 曾以展覽「teamLab：舞動！藝術展&學習！未來の遊園地」在臺灣展出並造成轟動，該展亮點是以多臺投影機，以及高解析度螢幕，合併使用呈現無邊際的互動影像空間，藉由如夢似幻的視覺效果，讓人彷彿置身在夢境中。teamLab 認為：「數位的概念擴張了美的意識」，這是因為藉由數位化，媒材表現方式已從物質中獲得解放，進而成為「變化」的型態存在藝術之中²。teamLab 創辦人豬子壽之亦指出，相較於西方古典繪畫的透視法，日本傳統繪畫並沒有所謂的焦點，以及最佳的觀賞位置，觀眾站在任何角度進行觀看都同等重要，因此，teamLab 在進行沈浸影像創作時，是以「超主觀」的視角進行觀看的拆解，他們認為「當影像重新構築空間時，或許就能超越名為空間的物理性制約，進而接觸到更身體性的體感」（林怡秀，2012），這種以古觀今的身體經驗，或許更能解釋，時下虛擬實境帶給觀者的更深層次的體驗，其背後的機制是什麼。

¹ 2017 年底已有一間美國虛擬實境技術公司 HaptX 推出名為「HaptX Gloves」的觸感手套，運用數以百計的微型氣囊，構成「觸感像素」，讓使用者體驗虛擬實境當中的觸覺感受，詳見科技媒體《Engadget》之報導：<https://www.engadget.com/2017/11/20/haptx-gloves-vr/#/>；體感衣則有英國開發團 Tesla Studios 的 Tesla Suit，而虛擬實境移動裝置則有 Virtuix Omni 等裝置，但因尚在開發或價格等因素，市場普及率不高。

² 關於 teamLab 的藝術創作理念可以參閱該公司官方網站：<https://www.teamlab.art/tw/concept/expandart/>



圖 6 teamLab 互動數位藝術作品

《Universe of Water Particles on a Rock where People Gather》

資料來源：teamLab 官方網站：<https://www.teamlab.art/tw/w/iwa-waterparticles/>

參、超文本下的空間蒙太奇

前瞻性機器 Memex 的概念，是距今超過半世紀之前由布希 (Vannevar Bush, 1945) 所提出的，它透過電子計算機技術，快速靈活地存取個人資料，是一種人類記憶的擴大，延伸裝置。而在其概念影響下，尼爾森 (Ted Nelson) 於 1963 年提出超連結 (hyperlink) 與超文本 (hypertext) 的構想。這裡所謂的「超連結」，是以非線性的跳躍式文本連接元素，藉此打破傳統閱讀概念，而產生了一種新的非線性結構書寫文體，進而讓讀者自主控制閱讀結果，也讓文本的敘述架構成為開放的空間 (Landow & Delany, 1991 轉引自曾鈺涓，2005)。

這種透過數位技術進行編修，將空間、場景以「超媒體」(hypermedia) 進行連接的後製過程，我們亦能在 VR 電影發現；如《家在蘭若寺》在拍攝過程當中，導演蔡明亮因引導演員之故，必須留在拍攝現場，進而造成所謂「非關影片的現實」(Afilmic reality)，使後置人員必須在後製時修除導演身影，因此，這種數位修圖過程反而凸顯了原來電影中的一鏡到底畫面並非時空一致，反之，是合成了不同的背景檔案圖層 (data layers)，以及時間不連貫的數位事件 (digital events)，形成了一種「多重空間的」畫面美學，意即多重數位作業

下的「空間蒙太奇」(spatial montage)的虛擬體現(孫松榮, 2018)。

曼諾維奇(Lev Manovich)指出, 蒙太奇(montage)是 20 世紀創造偽真實的關鍵, 影片可藉由蒙太奇, 改變影像原本的本質意義, 進而創造出無中生有的物件, 而在蒙太奇的影響下, 當代的數位合成(digital compositing)更可以創造一種「無縫的虛擬空間」, 這與過去不同, 古典電影、攝影的不同的實體空間只能在雜誌中並置, 或是以底片呈現, 而現在則能同時出現於電子螢幕中, 這種視野是一種透過運算能力進行擴張的電腦視野(Manovich, 2001); 或許當代 VR 電影中繁複數位後製下的「空間蒙太奇」, 如同蘇聯紀錄片的先驅導演吉加·維爾托夫(Dziga Vertov)的作品《持攝影機的人》(The Man with the Movie Camera)所呈現的境界一樣, 是曼諾維奇所稱: 當代媒體藝術中的「想像力資料庫」。

肆、虛擬實境在教學上的應用

威廉·溫(William Winn)認為, 電腦輔助教學可分為四個發展階段, 其中第四個階段主張透過建構主義的概念, 讓學生自行建構知識, 這代表著學習者可依個人經驗來詮釋對外的事物, 所得到的結論便是學習的結果, 因此, 不可能會有一個標準化、客觀的世界, 虛擬實境在本質上的特殊, 因此非常適合此類教育理念的實現; 因此, Winn 也認為虛擬實境是一個殼, 一種空的科技(empty technology), 師生可以自由自在地在殼中建構學習, 而透過網路虛擬實境裝置, 更將可具體實踐建構主義所倡導的社群主義, 讓參與者進行對話互動, 以共創群體的認知與意義(Winn, 1993 轉引自梁朝雲&張弘毅, 1998)。

於此, 我們順勢從建構主義角度進行思考, 可以了解建構式學習是一種激發學生建構知識的過程, 而知識便是認知主動參與建構(cognition as a construction)作用所得的結果, 這意味著, 教學主體不是傳授知識, 而是激發學生橋建知識的過程, 目的是讓學習者利用先備知識與自有經驗, 來進行當下的學習認知, 換句話說, 知識是認知主體主動利用主觀心智模式以及認知架構, 參與建構而來, 也就是學生的學習, 是不斷重組自己對外界的知識, 透過內省與自我對話來形塑知識(林生傳, 1998)。因此, 回頭檢視虛擬實境, 它的確

提供了一個主動參與的過程，來提高學習動機，這也就是 Loeffler and Anderson (1994, 轉引自梁朝雲&張弘毅, 1998) 所指出的，因為人處理視覺資訊的能力較文字能力為佳，而虛擬實境可以呈現與真實情況較為相近的學習內容，因此可以有效提升學習動機與成效。

根據拓璞產業研究院在 2018 年初發布的一則新聞指出，全球 VR 裝置在 2017 年出貨量達到 370 萬台，分居出貨量前三名的品牌為 Sony、Oculus Rift 以及 HTC Vive，整體預估 2018 年 VR 市場的出貨量將會成長到 500 萬台（蔡卓邵，2018）。由此可見，市場上所銷售的的虛擬實境設備，主要以前面提到的三大品牌為主，然而，對於一般想要接觸 VR 的教育工作者而言，馬上會接觸到兩大難題，其一就是添購頭戴顯示器的費用，以及對硬體平台（如 HTC Vive）開發教材的難度。關於這些問題，Brown and Green (2016) 提出了一些時下可行的解決方案，諸如運用 Google 的街景應用程式³ (Google's Street View App)，可以免費快速以行動裝置創建影像光球 (photospheres)，再整合 Google Cardboard⁴，能夠以極低成本創建沈浸式虛擬實境體驗設備；若再以此為基礎，還可進階運用 Google 探險應用程式⁵ (Google Expeditions, GE) 教學工具，讓教師設定探索主題，帶領學生進行虛擬實境學習。

³ Google 街景服務可讓使用者以 360 的環景照片，走訪全球各地的實地景觀，使用者亦使用手機或經認證的相機拍攝 360° 相片，並上傳貢獻街景圖片供它人查看，詳請見：

https://play.google.com/store/apps/details?id=com.google.android.street&hl=zh_TW

⁴ Google Cardboard 是由 Google 開發，並用來與行動裝置合併的虛擬實境頭戴式顯示器，由於以多紙板製作，除了價格低廉外，亦可下載數位工具包透過標準圖樣自行製作。詳見：

https://vr.google.com/intl/zh-TW_tw/cardboard/get-cardboard/

⁵ Google Expeditions 是一款虛擬實境教學工具，使用者可以帶領或加入考察團隊，在虛擬實境中展開身歷其境的探索之旅，詳見：https://play.google.com/store/apps/details?id=com.google.vr.expeditions&hl=zh_TW



圖 7 (左) Google Expeditions 可供場景選擇

圖 8 (右) Google Expeditions 使用畫面截圖

資料來源：Google Expeditions: Introducing Self-Guided Expeditions,
<https://www.youtube.com/watch?v=iZJPO7FVM3U>

在 Google 探險應用程式 (GE) 當中，教師可以在課前預先以「導遊」角色登入平台，並且就教學內容，預先下載場景以及編輯其順序，而正式上課時，就能讓學生以「探險者」的身份，以體驗方式學習老師預先安排好的沈浸內容，此外，老師亦可在教學進行時，以行動裝置指引遊歷於虛擬實境當中的學生，該觀看哪些重點部份，這除了讓學生親身體驗老師欲傳達之感受，亦能針對重點進行提示，以免學生關注力失焦。於此，老師就如同經驗創作者，透過 GE 以電腦運算 (computation) 的方式，將文化、美學與身體感受 (corporeal engagements) 與科技產生連結，進行一種「經驗性文本」的設計(邱誌勇, 2018)；Minocha, Tudor, and Tilling (2017) 等人的研究亦指出，Google 探險應用程式能夠有效地表達概念、地理位置與呈現歷程，可以有效支援地理與科學學科的探究式學習 (Inquiry-based learning)，這恰恰證明了這種透過「視覺化情境描述虛擬經驗」的虛擬實境內容，能有助於學習。

伍、結論：善用網路平台營造創意媒材

2016 年被視為虛擬實境元年，自鳴槍起跑以來，各大硬體製造、平台經營，與內容應用開發者無不戮力投入。然而，近年來多有報導指出，虛擬實境硬體價格高，應用內容不多，導致成長遲滯；平心而論，以學校教學環境而言，若

要建構一套如同大型電玩一般的多人體驗虛擬實境教學環境實屬不易，除了首先面臨的是高額的建置費之外，其後要費心面對的就是教材開發與修改的彈性，此外，電腦硬體進步日新月異，要讓學習體驗維持在高點，的確實有難度。

主流虛擬實境設備如 HTC Vive 等裝置，所提供的視聽沈浸感受絕佳，若以「極致」的感受為出發點，要建構虛擬實境的環境，是類產品當然需列為首選。不過，如前文所提到的，若一般教師想要將虛擬實境用在一般的教學當中，有沒有更靈活的建置方案？關於這個答案，我們可以從臺北市富安國小高德祥老師的教學經驗中借鏡，高老師在遠見雜誌的專題報導⁶中指出：「若以 360 度相機進行取景開發虛擬實境其實不難，真正難的地方在於自行運用 3D 軟體開發數位場景，若運用實景影像配合 Cardboard 進行教學，這對於老師來說是友善而方便的。」的確，若以 Cardboard 為主體，配合價格較為低廉的行動裝置，再運用免費開放的數位教學內容，諸如天文類的 StarTracker VR APP⁷，以及實景探索的 Google Street View App 與 Google Expeditions，Youtube 360 影片，將可有效降低開發教材的門檻。此外，還可結合運用 Google 平台的多項免費資源，像是媒體儲存空間或是線上文件編輯器等等，這將更能有利於教師靈活整合與傳遞相關教學知識。

數位化的浪潮早已不是淺灘上的浪花，我們於不知不覺當中，都已在深不可測的網路之海當中向前奮力航行，如何熟稔並自在地使用數位技能，相信都是現代人無可避免的重要課題。當下的當紅新媒體：虛擬實境（但其實它很早就已開始發展了），透過感官系統讓觀眾得以完全置身於本體之外的另一種情境，無論是地域空間的轉變，抑或身份的更改⁸，都可以讓觀眾達到一種沈浸感；而許多虛擬實境內容在製作上與呈現上，都隱含著諸多場景、空間性的連結，這種「空間蒙太奇」的概念，也將在數位內容重新整合編排後，帶給觀眾不同

⁶ 詳細內容請參閱遠見雜誌 2017 年 4 月號：VR/AR 激戰 最強臺灣隊來了！訪談影片：

https://www.youtube.com/watch?time_continue=1&v=Hke0WQTo1J8

⁷ StarTracker VR 為天文類 APP，可以安裝在行動裝置上並與 Google Cardboard 合用，以互動的方式認識各天體、星座的位置等資訊，請參閱 <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.PYOPYO.StarTrackerVR>。

⁸ 日本廣島尾道市觀光局曾於 2015 年推出一款線上貓眼街景服務，特別的是，該環景影像是以較低的角度，也就是貓的視點進行拍攝，而透過如此不同的企劃，該網站試圖讓遊客探索街道上與貓相關的事物，並藉以推廣觀光，詳請見：<http://hiroshima-welcome.jp/kanpai/catstreetview/>。

於原始素材的新意；然而，儘管科技技術再進步，或許終究如《一級玩家》劇情最末，「綠洲」創辦人詹姆士·哈勒代（James Halliday）對主角提到的：「虛擬終究替代不了現實，因我們活在現實當中。」這或許印證了，無論虛擬多麼地實境，目的終究是要讓我們更了解這個世界：真實的世界。

參考文獻

- Brown, A., & Green, T. (2016). Virtual reality: Low-cost tools and resources for the classroom. *TechTrends*, 60(5), 517-519.
- Burdea, G., & Coiffet, P. (1994). *Virtual reality technology*: London: Wiley-Interscience.
- Bush, V. (1945). As we may think. *The atlantic monthly*, 176(1), 101-108.
- Grau, O. (2007a). 色當戰役全景圖 = The Panorama of the Battle of Sedan: Obedience through Presence (陳玲, Trans.). In *虛擬藝術 = Virtual Art: from illusion to immersion* (pp. 72-73): 清華大學.
- Grau, O. (2007b). 導論 (陳玲, Trans.). In *虛擬藝術 = Virtual Art: from illusion to immersion* (pp. 2-12): 清華大學.
- Huang, H.-C. (Producer). (2017, 2018/7/5). 「沙中房間」臺北市立美術館 VR 展覽 前導片. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=DOay-up6j10>
- Landow, G. P., & Delany, P. (1991). *Hypertext, hypermedia and literary studies: The state of the art*. Paper presented at the Hypermedia and literary studies.
- Loeffler, C., & Anderson, T. (1994). *The virtual reality casebook*: John Wiley & Sons, Inc.
- Manovich, L. (2001). Prologue: Vertov's Dataset. In *The language of new media* (pp. xiv-xxxvi): MIT press.
- Minocha, S., Tudor, A.-D., & Tilling, S. (2017). *Affordances of mobile virtual reality and their role in learning and teaching*. Paper presented at the Proceedings of the 31st British Computer Society Human Computer Interaction Conference.

- Mirzoeff, N. (2004). 虛擬：從虛擬的古代到像素地帶 - 虛擬的介面（陳芸芸，Trans.）. In *視覺文化導論* (pp. 110-114). 臺北：韋伯文化.
- Winn, W. (1993). A conceptual basis for educational applications of virtual reality. *Technical Publication R-93-9, Human Interface Technology Laboratory of the Washington Technology Center, Seattle: University of Washington.*
- 王年燦&沈宛儒. (2007). 走入虛擬藝術館. *美育雙月刊*(157), 26-33.
- 王婉如，崔詠雪&潘台芳總策劃. (2005). 互動裝置藝術區：交換眼球計畫 *Inter Dis-Communication Machine*. In *快感：奧地利電子藝術節 25 年大展 = Climax : the highlight of ars electronica* (pp. 54): 臺灣美術館.
- 李潤容. (2017). 虛擬實境的沈浸感. *電腦與通訊*(170), 1-5.
- 林生傳. (1998). 建構主義的教學評析. [A Critical Analysis on Constructivist Teaching]. *課程與教學*, 1(3), 6. doi:10.6384/ciq.199807.0001
- 林怡秀. (2012). 超主觀空間：日本 teamLab 的影像實驗室 = Ultra-Subjective Space: TEAMLAB Imaging Laboratory. *典藏今藝術*(223).
- 邱誌勇. (2018). 是「實在」，不是「真實」：虛擬實境作品中的「本體論事件」 = It's the Actual, Not the Real: Ontological Event in the Work of Art of Virtual Reality. *現代美術*(188), 31-40.
- 孫松榮. (2018). 一個人的電影院：《家在蘭若寺》的數位後勤學 *現代美術*(188), 59-66.
- 梁朝雲 & 張弘毅. (1998). 網路虛擬實境與情境學習的整合應用. *教育資料與圖書館學*, 36(2), 197-224.
- 陶亞倫. (2018, 2018-06-07) 人物專訪 | 陶亞倫- 站在時代的浪頭遠眺 /Interviewer: ArtTaiwan 編輯組. <http://arttaiwan.com>.
- 黃倩. (2016). 錯視畫與建築空間：基於建築界面的西方錯視畫藝術的起源與發展研究. In (第 1 版 ed., pp. 46-87).
- 曾鈺涓. (2005). 電玩成為藝術形式的可能性. *中外文學*, 34(3), 65-84.
- 曾靖越. (2017). 虛擬實境的秘密，全藏在達文西時代的「透視法」裡？. Retrieved from <https://pansci.asia/archives/122132>

劉京璇. (2012). *虛擬實境藝術的繪畫視覺性*. 國立臺北藝術大學藝術跨域研究所碩士論文，臺北市。取自 <https://hdl.handle.net/11296/5tjw6j>

蔡卓邵. (2018). 2018 年 VR 市場出貨量估達 500 萬台，獨立 VR 裝置為焦點.

Retrieved from

<https://www.topology.com.tw/DataContent/release/2018%E5%B9%B4VR%E5%B8%82%E5%A0%B4%E5%87%BA%E8%B2%A8%E9%87%8F%E4%BC%B0%E9%81%94500%E8%90%AC%E5%8F%B0%EF%BC%8C%E7%8D%A8%E7%AB%8BVR%E8%A3%9D%E7%BD%AE%E7%82%BA%E7%84%A6%E9%BB%9E/455>