

國立交通大學

建築研究所碩士論文

互動式呈現媒材在建築設計應用上的四點現象

Four Phenomena in the Applications of Interactive Representing Media
in Architectural Design



研究生：李哲維

指導教授：劉育東

中華民國九十九年十二月

互動式呈現媒材在建築設計應用上的四點現象

Four Phenomena in the Applications of Interactive Representing Media in
Architectural Design

研究生：李哲維

Student : Zhe-Wei Lee

指導教授：劉育東

Advisor : Yu-Tung Liu

國立交通大學

建築研究所

碩士論文



A Thesis

Submitted to Graduate Institute of Architecture

College of Humanities and Social Sciences

National Chiao Tung University

in partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master

in

Science of Architecture

Dec 2010

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十九年十二月

摘要

呈現媒材 (representing media) 除了是建築師用來做設計、溝通以及連結與傳遞建築想法的工具外，亦是建築尚未被實現前受檢視的依據，其為建築師、業主與施工者三者間重要的溝通媒介，同時也提供業主或無專業設計背景人士另一個容易且直接的溝通方式。數位時代的來臨，電腦已成為傳統媒材外一種新的設計呈現方式，數位模型 (digital model) 的多樣性使其成為近年建築師與業主間重要的溝通媒介。

數位媒材開啟了傳統呈現方式外更多的可能，建築師透過電腦運算與後製合成的 3D 模擬圖營造具擬真感、材質感與空間感的氛圍呈現予業主，以電腦動畫讓觀看者具體考量建築空間，更清楚傳達動線、空間關係。然而，3D 模擬圖與電腦動畫等呈現方式於溝通時的主導權皆處於建築設計者一方，對於業主而言，卻形成「有什麼，看什麼」的情況，除了眼前所見，其餘部分僅經由想像而來，能否有效閱讀與理解設計仍須取決於設計者所選用的工具。

本研究透過 Quest3D 互動式瀏覽介面的建置，將可即時瀏覽、具備自由視點及媒材主控權等特點結合，為現今建築設計案提供一種新的呈現方式。以訪談研究 (interview) 與實作研究 (implementation) 兩步驟從新定義與釐清建築設計者與業主於設計討論過程透過何種呈現因子與媒材特性溝通；不論數位與否，現今的媒材已能滿足雙方對於設計溝通與呈現未實現建築的需求了嗎？建築設計溝通媒材不再只是一種影像式的觀察，而是提供建築空間更好模擬的媒介。

關鍵字：呈現媒材、數位媒材、Quest3D、訪談研究、實作研究

Abstract

For architects, representing media is regarded not only a tool concerning design, communication, and concept connection but a review instrument between architects, owners and constructors as well before architecture projects are put into action. In addition, such a method also offers a much easier and direct way for owners to smooth conversation with people lacking design experience.

Given the diverse nature of digital technology, digital model has played an essential role when it comes to bridging consensus between architects and owners. Some architects would employ photorealistic 3D architectural renderings, which can create interactive architectural visualization in terms of the project's material, space and reality, to present their works. Nevertheless, no matter how the project is presented, either in the form of 3D rendering or animation, the architects still enjoy the advantage of the communication process. On the contrary, owners are forced to play a less-dominant role while engaging in the communications with the architects. Apart from this, the communication between the two will be carried out on the imagination grounds.

We try to employ the software Quest3D combined with the features of instantaneity, free viewpoint and media initiative, the space of "being inside" interface would therefore be created. The purpose of this research seeks to explore the depth of the issue by Quest3D through two methods: interview and ongoing project implementation. Several questions below have been raised regarding how to redefine the relationship between architect and owner, as well as how to clear out the confusion occurred through the design layout presentation at the same time. In addition, to what extent can the media representation nowadays, whether being presented digitally or traditionally, fulfill the needs between architect and owner? From this perspective, communication on representing media should not be seen as visual observation, but should be regarded as space simulation for the purpose of further assessment before the projects are turned into reality.

Keywords: representing media, digital media, Quest3D, interview, implementation

謝誌

謝謝爸媽二十多年來的扶養，學生生涯在此暫時畫下句點。

謝謝 Aleppo 。

2007 年秋天，台南誠品一場「數位建築與東方實驗」演講，有幸從台下聽眾成為您的論文學生，專業知識外我學到更多的是思考邏輯與處事方法。

謝謝君昊老師、李華老師、玄輝老師、聖芬老師與 Aleppo 在入學口試的肯定、穎正學長在作品集給予的意見，讓我有機會在這盡最大的努力做好每件事。

謝謝在交大遇見的每個人，你們是我眺望視野的平台，更是激勵我進步的動力。

謝謝彥良兄帶我進入 Quest3D 的世界，不厭其煩的 debug 與教導讓我有了信心。

謝謝黃道與麥酷在學習經驗與軟體技術的無私分享，以活字典形容你們不為過。

謝謝酒友聖軒、狗樂與 CA ；

球友大刁、柏璋 ；

歌友昱廷、之之 ；

你們的陪伴使得研究生活的點點滴滴多采多姿。

謝謝君昊老師與楚卿老師在論文口試的精闢指教與寶貴建議。

謝謝七十頁裡出現的每個人，沒有你們的幫忙哪來這篇謝誌。

1. 緒論	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究問題與目標	2
1.3 研究方法與步驟	3
2. 先前研究	6
2.1 傳統建築設計呈現	6
2.2 數位呈現媒材	8
2.3 建築師與業主間的溝通	14
3. 訪談研究	20
3.1 訪談計劃	20
3.2 訪談結果	27
3.3 歸納與分析	39
4. 實作研究	44
4.1 實作計劃	44
4.2 實作過程	50
4.3 歸納與分析	57
5. 結論與後續研究	65
5.1 研究結論	65
5.2 研究貢獻	66
5.3 研究限制	67
5.4 後續研究	68



1. 緒論

1.1 研究背景

建築設計的呈現媒材 (representing media) 除了是建築師用來溝通和傳遞建築想法的工具外 (Schön, 1983), 亦是建築尚未被實現前受檢視的依據, 其為輔助設計者將概念轉化為成品的工具 (Schön and Wiggins, 1992), 提供業主或無專業設計背景人士另一個容易且直接的溝通方式 (Wu, 2003)。呈現媒材自古代透過文字描述抽象的建築設計 (Hewitt, 1985), 在哥德時期晚年建築師開始利用立體模型表現, 直到文藝復興時期的大量使用, 實體模型掌握了更多細部, 讓造型與空間設計獲得更佳的精確度 (Millon, 1994), 其擁有的尺度感、量體感以及可觸感等特性使人們除了更能掌握量體外, 模型帶來的立體思考更大大縮小設計與將被實現建築間的誤差, 儼然成了設計者呈現設計的最佳方式, 至今仍位居建築的主流媒材 (劉育東, 2007)。

1980 年起, 隨著電腦科技與運算能力不斷進步, 電腦成為模擬建築環境主要的工具之一, 除了輔助 2D 平面的繪製, 更利用 3D 數位模型與 Adobe Photoshop 等影像軟體精確的模擬和呈現空間形式、光線與材質的配置, 輸出幾近逼真的空間及建築量體模擬各項空間機能與生活情境; 此外, 3D 動畫 (animation) 讓使用者得以具體的考量建築空間 (Liu, 1996), 設計者利用預錄的影像路徑模擬空間, 使觀看者藉由立體視覺來感知空間, 試圖以人的視點, 用最自然的速度呈現在空間中的移動; 近年沉浸式虛擬環境 (cave automatic virtual environment, CAVE) 的出現, 使得人們可以逼近真實的身歷其境沉浸其中; 這樣的「模擬空間」, 也就是呈現在立體螢幕或是虛擬實境之中的空間 (Kalawsky, 1993; Iovine, 1995; Mitchell, 1995)。

呈現媒材其為建築師、業主與施工者三者間重要的溝通媒介 (劉育東, 2007), 數位時代的來臨, 電腦已成為傳統媒材外一種新的設計呈現方式 (Mitchell, 1997), 數位模型 (digital model) 的多樣性使其成為近年建築師與業主間重要的溝通媒介 (Ben and Catherine, 2004); 3D 圖像得以具體的呈現設計者的想法外, 更使設計過程的精確度大幅提升, 與業主的溝通過程中, 數位媒材創造了一個模擬真實

的呈現介面，設計者根據圖像與業主說明形體、動線、開口等空間關係，並透過影像合成技術清楚傳達每個空間區位的機能及尺度關係，透過單一媒材傳達了豐富的空間資訊和設計概念，使得業主不需再透過傳統的 2D 圖面進行抽象思考。

1.2 研究問題與目標

數位媒材 (Digital media) 的出現對於設計思考、設計流程、設計認知等帶來巨大的改變 (Hanna and Barber, 2001)，使數位化的思考模式儼然成形 (Liu, 1996; Krawczyk, 1997)。在建築設計的呈現上，這項「新工具」使得建築設計者得以透過各種特效與合成技術逼近真實的呈現未實現建築，其具備的高擬真度可清楚將觀看者腦中的模糊概念具像化，使得設計方案更容易被理解，3D render 也成了近年最廣受業界使用的呈現方式；在如此大潮流下，迫使許多使用手繪、實體模型等傳統媒材表現的設計者因客戶或業主的的要求必須轉變呈現手法，即便是外包 3D 建模。

傳統的設計溝通過程中，設計者透過手繪與即時的解說使得圖像的出現與觀看者對於設計因子的接收具同步的認知先後順序，設計觀看者亦可透過實體模型無拘束的視點轉移與全環境的視覺呈現掌握整體佈局；如此的互動行為在數位媒材為主的溝通場合卻逐漸銷聲匿跡，一張張獨立呈現的 3D render 圖，使得設計觀看者僅獲取單一空間的影像，對於整體架構無法有效連結，而圖面的多寡更關係著空間呈現的數量，也在溝通過程中不經意的為觀看者增添不必要的想像空間；數位媒材在模擬效果上雖占優勢，但已被設定的 render 角度與攝影機畫面，使得設計觀看者無法擁有呈現媒材的操控權，即便是從高空鳥瞰到穿梭於未實現建築內為多數觀看者帶來空間感與連續視覺經驗的電腦動畫。

呈現媒材如同時代下的產物，建築設計者對於呈現方式的選擇隨時間不斷增加，至今手繪圖、2D 平立剖透、實體模型、3D 電腦 render 圖、3D 動畫等皆於業界反覆的被運用。但對於設計觀看者 (業主) 來說，卻形成「有什麼，看什麼」的情況，儘管各媒材具備其易讀性，而觀看者能否有效閱讀設計與理解設計者所云仍須取決於設計者所選用的工具。長久以來，我們總是著重於探討媒材與設計者間的關係，鮮少以設計觀看者的角度或業主需求延伸媒材的相關議題，這也使得業界呈現設計的方式一直受到事務所或設計者主導，也使得數位媒材至今仍停留於以 3D render 為大宗的呈現模式。

柯比意認為：體驗建築，最好的方式就是雙腳，雙腳走到建築裡藉由改變觀看的角度，去體察建築空間之連結關係，而非只是繞著理論在走動的紙上建築。沉浸式虛擬環境 (cave automatic virtual environment, CAVE) 的出現，使得觀看者得以近乎真實的於數位模型中自由穿梭瀏覽，許多研究亦證實讓使用者身歷其境的虛擬實境可提升觀看者空間感、存在感等多項特性，(Dam, 2000 ; Bellman, 2001)，但龐大且複雜的播放設備與建置過程使其至今仍無法受到建築設計廣泛的應用。

回顧實體模型在設計呈現上所帶來的連續視覺經驗以及可以任意角度自由瀏覽的媒材操控權，「虛擬實境」的呈現方式同樣使觀看者擁有操作媒材的主導權，對於觀看者而言不但能有效連結空間關係，對於獲取空間資訊及空間經驗都具正面的幫助 (翁千惠，2007、Wu, 2003)。本研究希望透過一套虛擬實境製作軟體 Quest 3D 為現今建築設計案提供了一項新的設計呈現方式，呈現媒材不再是設計者單向的表現工具，期望觀看者對於設計案了解過程不再屈就於現有媒材限制。



1.3 研究方法與步驟

本研究試圖將現今設計案中多數具備三維向度的呈現方式：實體模型、3D render 推伸至虛擬實境製作軟體 Quest3D 所建置具備自由瀏覽特質的「互動式介面」呈現。

步驟一：訪談研究

本研究以 Quest3D 4.0 實作一建築案例 (圖 1-1) 為互動呈現方式 (圖 1-2)，並於訪談 (interview) 前對受訪者進行介面簡述與操作示範；我們針對兩族群：建築設計者、設計觀看者設定了不同問題分別予以訪談，建築設計者部分，設定執業超過三年且正在進行設計案的建築師或設計者為訪談對象，除了討論其現有的設計呈現媒材 (包含 2D 圖面、實體模型、3D 電腦彩現圖、3D 動畫) 在其呈現設計或與業主溝通過程中所扮演的角色做一釐清與歸納外，從設計者多年的執業經驗及對於業界脈動充份的掌握取得看法與建議。



圖 1-1 訪談建築案例

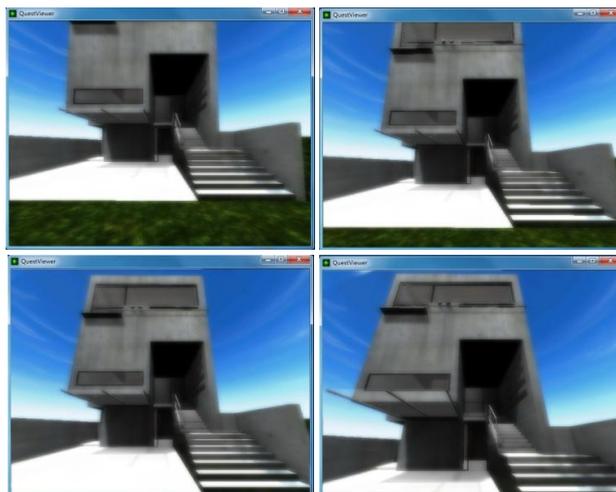


圖 1-2 Quest3D 互動式呈現媒材

而設計觀看者部分則找尋兩位具建築教育背景與兩位非建築背景的同學做為設計觀看者，從一般使用者的角度了解這樣的呈現方式是否對於案例閱讀與設計溝通能有進一步的提升；透過單一案例多種媒材的呈現方式，試圖釐清一般的設計觀看者在各媒材中對於建築因子所能掌握的程度。所得的幾個現象除了做為第四章實作建築設計案的參考依據外，亦是用於推估業界適用的可能性。

步驟二：實作研究

本研究透過媒材實作以 Quest3D 為兩執行中的建築設計案：弘憲聯合建築師事務所—華友聯鳳新段集合住宅（圖 1-3）、交通大學建築研究所—台兒莊兩岸古城園區中央數位空間（圖 1-4）建置互動式瀏覽介面，使之成為建築師與業主進行設計簡報時的一項新媒材。



圖 1-3 實作案例一



圖 1-4 實作案例二

為釐清建築設計者與設計觀看者雙方於設計溝通時所傳遞與吸收的因子，綜合林政緣（2005）將 White（1975）、Ching（1979）、Liu（1996）、Rahman（1992）、Schon 與 Wiggins（1992）及 Miller（1995）等七位學者對於建築設計因子的分類與歸納，本研究將建築外部造型、內部空間呈現、量體比例、動線關係與材質等五項因子定義為檢驗實作結果的關鍵因子。此外，我們根據前章訪談研究分析結果，將「視覺動態」與「操控權」定為設計觀看者（業主）透過呈現媒材了解設計的關鍵因子之一，於實作後以等距評量法（graphic rating scale）作為評估業主反應的依據，將評量等級由 1、2、3、4 分別表示該媒材對於呈現因子弱→強程度。

因子 呈現媒材	量體 造型	空間 呈現	空間 比例	動線 關係	材質	視覺 動態	操控權	平均
2D 圖面	—	—	—	—	—	—	—	—
手繪 sketch	—	—	—	—	—	—	—	—
實體模型	—	—	—	—	—	—	—	—
3D render	—	—	—	—	—	—	—	—
3D 動畫	—	—	—	—	—	—	—	—
Quest 3D 互動呈現	—	—	—	—	—	—	—	—

表 1-1 設計呈現因子於各媒材之特質比較

自案例實作及參與設計案討論的過程，驗證前一步驟所得結果，並檢視這樣的呈現方式如何有效減輕建築師為清楚向業主解說設計而造成的媒材負擔；而從業主的角度的角度，此媒材是如何呈現多種因子幫助他們了解將實現的設計案或減少設計溝通時造成的認知落差。此外，本研究將電腦模型自繪圖軟體到 Quest3D 互動介面的建置步驟（圖 1-5）整合為一套簡易流程，希望能克服實務製作的技術問題以利加速與業界的結合。

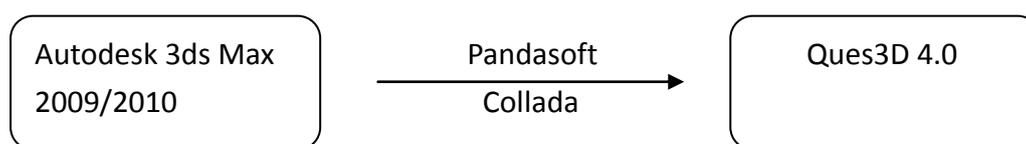


圖 1-5 數位模型至 Quest3D 流程示意

2. 先期研究

2.1 傳統建築設計呈現

2.1.1 二維平面媒材

關於設計呈現媒材，在電腦尚未發展成熟之時，即有關於建築呈現方式與傳統媒材（conventional media）的相關研究（Sasada, 1999）。古埃及時期，建築設計者使用紙筆作為呈現設計的工具，透過平面圖、立面圖等二維平面式的思考與溝通（圖 2-1），從事三度空間立體式的建築創造，圖面上出現輔助線等控制比例的規線，施工者得以利用繪有設計結果的圖紙進行施工（Millon, 1994；Liu, 1996）。古希臘時期延續著古埃及時期的發展，出現雙線牆等與今日平面圖相似的表现法（圖 2-2），明確化的圖面固然成為建築師表現設計的必要方式（Smith, 2004）。

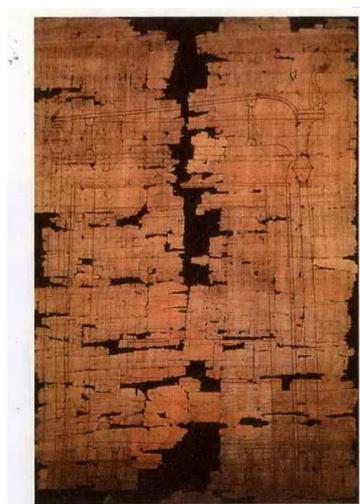


圖 2.1 埃及神廟側立面圖 (劉育東,2007)

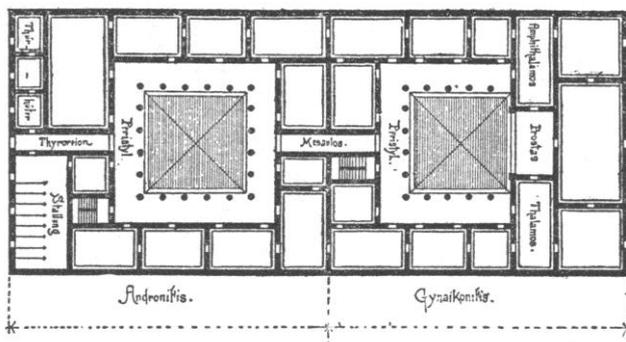


圖 2.2 古希臘建築布局圖

而二維平面媒材的發展在古羅馬時期發展至極，維楚維亞斯（Vitruvius）建築十書（Ten Books of Architecture）中詳細記載平面圖、立面圖和剖面圖的運用，清楚描述當時建築物被建造完成時的所有細節、比例與向度（Liu, 1996），從羅馬城規畫中的區域平面圖亦可看出建築圖面在此時的成熟發展。整體來說，中世紀以前的建築設計表現形式經常為建築師將腦中意念透過二度空間中各種圖集的

搭配來表達考三度空間抽象的視覺思考 (Kostof, 1985; Goldschmidt, 1999; Adam, 1990)，因為沒有三維媒材的輔助，二維圖面仍然只傳達了視覺概念化的語彙。

2.1.2 實體模型

哥德時期 (Gothic) 的最後幾年，建築師已逐漸感受到二維圖面不足以表現部分的裝飾性元素和精細的結構工法，因而悄悄的開始使用更能直接表現建築的立體模型 (劉育東，2007)；文藝復興時期呈現媒材正式由二維延伸至三維，最大的突破就是在設計過程中大量的使用實體模型，實體模型可作為輔助設計思考的媒材，建築師也可利用實體模型的製作進行建築設計的討論與研究，更能掌握量體和細部使造型與空間設計獲得較佳的精確度 (Millon, 1994)，設計者除了將實體模型作為設計呈現和結構研究外，更是模擬建築比例、空間尺度或光影變化的主要工具 (Millon, 1994; Liu, 1996, Smith, 2004)。

文藝復興 (Renaissance) 以後，模型在設計呈現上所扮演的角色，就是彌補二維圖面的限制，實體模型 (圖 2-1) 相較於平面媒材更能闡述設計者腦中的抽象思考，單就建築空間的呈現而言，也較二維圖面準確許多 (Hohausen, 1970)，即便是現今數位模型的呈現方式 (圖 2-2)，其擁有尺度感、量體感以及可觸感等特性，使其在量體的掌握上佔有較大的優勢 (Lin, 1999)。實體模型可提供設計者無拘束的轉移視點與觀察位置的特性，提供一種全環境的視覺呈現，可掌握整體佈局且可以發現更多細部問題，更扮演了轉化我們空間想像元素及更多元可能性的重要的角色。直到今日，透過二維圖面與三維實體模型的相互搭配，在設計過程的不同階段使用合適的媒材具體呈現抽象概念，成為最基本的設計過程 (Liu and Eisenman, 2001)。



圖 2-1 交大美術館實體模型
(安藤忠雄事務所，2003)



圖 2-2 交大美術館數位模型圖面
(安藤忠雄事務所，2003)

2.1.3 桑加洛 (Antonio da Sangallo) 大模型

文藝復興早期，模型的參與成了建築設計呈現不可或缺的媒介，參與聖彼德大教堂 (St Peter's Basilica) 競圖的建築師中即有七位提出了模型供教宗了解其設計理念。記載中桑加洛 (Antonio da Sangallo) 模型 (圖 2-3) 為文藝復興時期最大體積的模型，它除了具備小模型已擁有的特質外，更能讓人「走進」模型內部，實際體驗想像中的室內空間 (劉育東, 2007)。雖然多數建築師認為平面圖、立面圖、剖面圖、局部透視等二維圖面和一般模型即可充分表現建築形式與內部空間，但這是具備豐富背景的專業人士所能輕易讀懂呈現方式，桑加洛大模型試圖拉近一般大眾及屏除呈現媒材產生的隔閡，如同柯比意所說：體驗建築，最好的方式就是雙腳，雙腳走到建築裡，藉由改變觀看的角度，去體察建築空間之連結關係，大模型甚至也能再減低建築師想像中的空間形式與實際建造後的落差。



圖 2-3 Antonio Sangallo's proposal for St

2.2 數位呈現媒材

2.2.1 電腦圖面

1950 年，MIT 第一次使用了電腦 CRT 螢幕顯示，彩色電子影像的應用開始廣泛應用於相關科學與軍事領域之中，而電腦參與建築設計的發展，可以從 1963 年

電腦具備繪圖能力 (computer graphics, CG) 算起 (Liu,1996)，美國矽谷的全錄帕克實驗室 (Xerox PARC) 做出了世界上第一台個人電腦 (Personal Computer) 雛形 (圖 2-3)，Ivan Sutherland 在實驗室從事名為 Sketchpad 的研究計畫 (Sutherland, 1963)，使得電腦繪圖開始具有 2D 與 3D 物件網格 (Wire Frame) 的顯示功能，將空間資訊透過互動形式來進行電腦繪圖等的工作，開啟了互動式電腦繪圖的應用 (圖 2-4)。

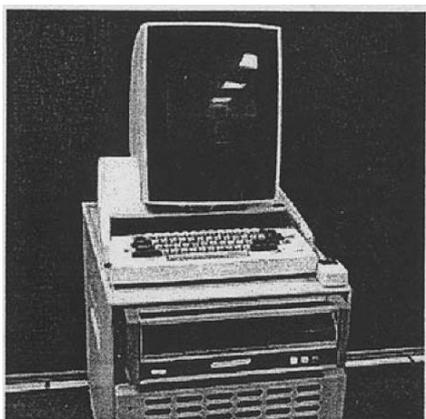
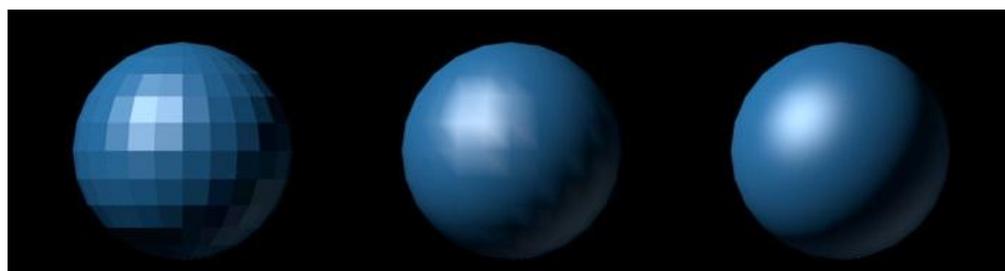


圖 2.3 Personal Computer 雛形

圖 2.4 Sketchpad 研究計畫 (Sutherland, 1963)

1980 年代，電腦圖學與模擬技術大幅進步，64-bit RISC (Reduce Instruction Set Computer) 繪圖工作站搭配強大運算能力的 minicomputer 使得電腦繪圖得以商業化；3D 繪圖著色處理 (rendering) 技術從最早平面著色 (flat shading)、高洛德著色 (Gouraud shading)、補色著色 (Phong shading) 成為更真實的光跡追蹤 (ray tracing) 與熱幅射 (radiosity) (Watt, 2000、吳彥良，2010) 透過電腦技術計算出光線的折射與反射，呈現擬真質感與柔化光影的效果 (圖 2-6)。個人電腦快速的普及，電腦輔助設計 (Computer-aided design, CAD) 系統開始走入實務界的設計事務所，AutoCAD 製圖軟體、建築專用的 ArchiCAD 等軟體 (Martens and Peter, 2004) 在此時問世。



Flat

Gouraud

Phong

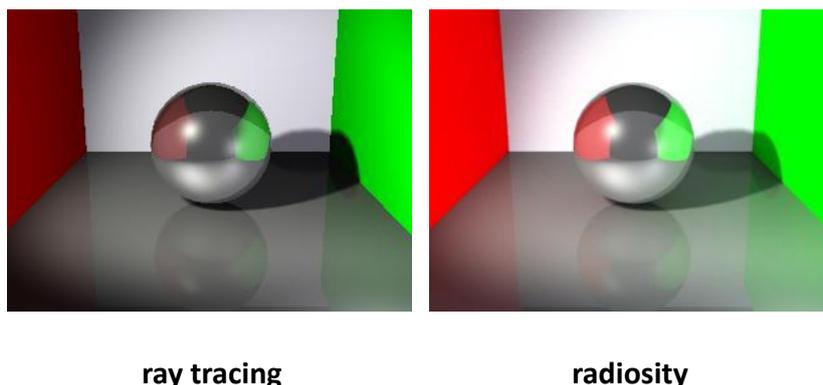


圖 2.5 3D 繪圖著色處理 (rendering) 技術演進

1990 年起，數位影像處理 (image processing) 與 3D 技術日漸成熟，電腦模擬能力發展健全，數位媒材呈現出過去傳統媒材無法做到的效果，精確的模擬和呈現空間形式、光線與材質的配置，輸出幾近逼真的空間及建築量體模擬各項空間機能與生活情境，電腦不再只是「工具」，而是思考與呈現設計的「媒材」(Media) (Liu, 2001)。DirectX 繪圖應用程式介面 (application program interface, API) 及各種 3D 繪圖晶片卡提供了個人電腦即時運算的能力，如 Autodesk 3ds Max、Maya、Rhino 等繪圖軟體，使得設計者能輕易的在個人電腦上創造與塑造 3D 模型，數位媒材化設計 (digital-mediated design) 的演進，電腦進一步成為思考與呈現設計甚至評估建造方式的主流媒材。

2.2.2 電腦 3D 動畫

1970 年，陸續有電腦動畫應用於電影中，如電影星際大戰 (Star War) 中的特效應用，直到 80 年代 Intel 個人電腦的普及，3D 動畫的廣泛運用在此展開，90 年代起，電腦動畫的製作與特效逐漸成熟，1995 年更出現了第一部全 3D 的動畫電影—玩具總動員 (Toy Story)。基於人眼約 1/10 秒的視覺暫留，快速的連續影像得以展現連串動作，不同於傳統動畫採 stop motion 逐格拍攝的技術，電腦動畫以 go motion 的方式將關鍵影格 (key frames) 動作的起點與終點設定完成後，電腦便自動計算完成連續的動畫 (in-betweens)，透過電腦每秒 24 張或 29.97 張圖片的播放產生連續影像感 (圖 2-8)。



圖 2.8 以電腦動畫呈現新竹市區街道圖片段

3D 電腦動畫以分層 (layer) 及色彩深淺模仿真實立體空間的方式，使得場景中的物件具前後的排列關係，透過虛擬攝影機的路徑設定與電腦運算，營造出具空間感的透視經驗 (鄧建誠，2004)，而運鏡可在毫無限制的條件下，隨意地變換視點塑造出理想的影像意念，創造更為逼真的視覺感受，觀看者藉由連續的視覺變換來感知未實現的虛擬空間，藉此感受類似真實的空間尺度。此外，動態的光影變化及模擬片段，可檢視日照對建築量體一天中日光強度、角度、與日夜對建築的模擬效果 (圖 2-9)。而 3D 軟體對於各物件的材質定義，可運算出模擬真實的運動屬性，使物件具有重力場的引力，亦可計算物件間的碰撞，讓使用者感覺置身在電腦模擬實際環境的空間中。

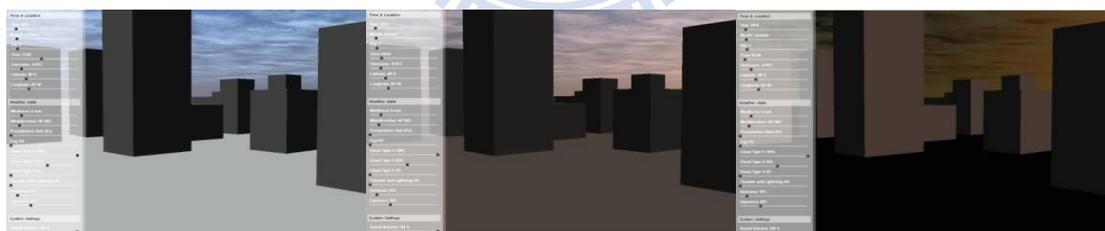


圖 2.9 透過電腦動畫檢視日照變化

2.2.3 虛擬實境與 3D 立體顯示

虛擬實境 (virtual reality, VR) 是 1989 年由一家專門製造感應手套、立體眼鏡等 VR 產品公司的負責人 Jaron Lanier (圖 2-10) 所創造的詞 (Krueger, 1991)；90 年代中期開始發展的 3D 虛擬實境系統，以高效能電腦系統、高品質顯像系統及

週邊設備，運用立體影像、音效及可觸動之環境所構成具立體視覺效果的互動式三度空間，使得操作者可藉由簡單的介面將置入電腦模型中的資料，經由身歷其境的空間觸發，縮短想像與真實間的差距。

立體視覺（stereoscopic vision）與虛擬實境密不可分的關係也是科學研究長期以來探討的主題與目標，人類雙眼大約相隔 6.5 厘米，使得兩眼自不同位置和角度注視物體且同時於視網膜成像，而大腦可將兩不同的影像自動區分出注視物體的距離，進而產生強烈的立體感。然而近年來發展方向已由人類的雙眼視差（binocular parallax）如何形成（圖 2-11）轉向如何由平面顯示創造視覺立體。



圖 2.10 Jaron Lanier

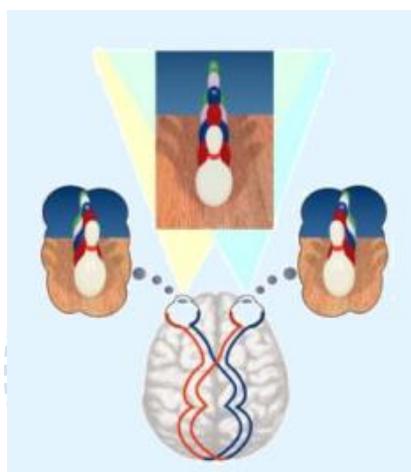


圖 2.11 雙眼視差立體成像示意

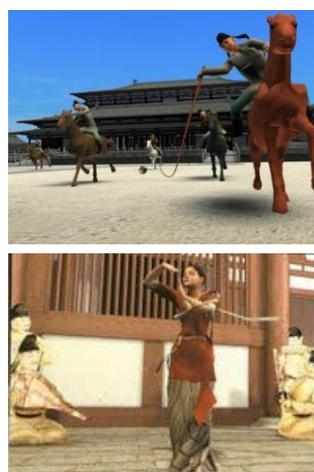


圖 2.12 虛擬長安
(Liu and Tang, 2003)

2001 年交通大學建築所將動態立體影片應用於重現消失的古城—虛擬長安（圖 2-12），利用電腦模擬技術，將唐代生活的人文、藝術與城市的考古資料透過 VR Cave 以逼真的視覺呈現使人們能親自感受唐代的生活（Liu and Tang, 2003）。而 2004 年 IMAX 所推出第一部 3D 立體電影—北極特快車（polar express），在兩台放映機前各裝一塊偏振片，並使略有差異的兩影片重疊投射於在螢幕上，觀眾戴上特製的 IMAX 3D 偏光眼鏡（polarized glasses）（圖 2-13）後，使兩眼將各自觀看到的偏光圖像經由大腦結合形成立體的 3D 影像（圖 2-14），片中不但人物臉孔栩栩如生，列車飛馳時更會讓人體驗有如置身電影中的驚險快感，開啟立體數位電影的大門。



圖 2.13 IMAX 3D 偏光眼鏡

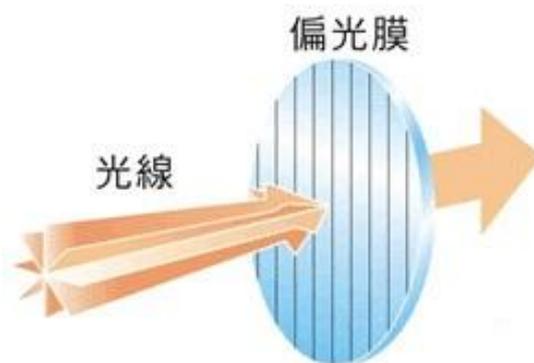


圖 2.14 偏光技術原理

至今，3D 平面顯示裝置發展已經進入成熟階段，2010 年電影阿凡達（Avatar）所帶起的 3D 風潮形成進入主流市場的契機，觀看虛擬實境的 3D 影像在早期需要昂貴且大型的設備，隨著顯示技術的長足進步，液晶分時技術在 120Hz 顯示器問世後重新誕生（圖 2-15），家庭 3D 得以實現。PC 繪圖處理器大廠 NVIDIA 於 CES 2009 正式宣布推出業界第一套立體視覺套件：GeForce 3D VISION（圖 2-16）。裸視 3D 立體顯示技術可在無配戴任何配件的狀態下，直接獲得立體顯示的觀看效果，台灣面板大廠友達光電（AUO）於 2010 年發表全球首款全視角裸眼 3D 面板，以眼球追蹤技術（eye-tracking system）抓取觀者眼球移動的位置，使觀眾無論站在那個位置，均能看到相同效果的 3D 影像，沒有視角限制與配件負擔使觀看者欣賞 3D 影像更加輕鬆自在。

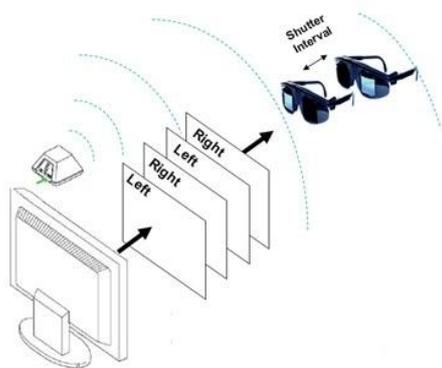


圖 2.15 透過液晶式 3D 立體眼鏡觀看



圖 2.16 NVIDIA GeForce 3D VISION

虛擬實境繼承電腦動畫具備高精準度的模擬特質外，使用者可以在其中任意遊走、改變視角、抓取物件、或是更改其型態，透過互動性的視覺模擬使人相信置身於真實的環境中，擁有極佳的空間感知能力（林政緣，2005），而這樣的「模擬空間」除了可以模擬真實世界的空間場景外，利用影像處理中的拼貼（collage）功能重現失落不復在的歷史景觀或憑空想像創造的科幻場景，成了近十幾年來廣受運用的賣點，不同於「傳統」數位媒材的介面，虛擬實境與立體視覺徹底改變了觀看著的體驗模式。

2.3 建築師與業主間的溝通

2.3.1 傳統媒材的呈現

二維圖面

以建築設計案為例，傳統的設計呈現方式有「二維圖面」、「實體模型」與「真實空間」三種方式（Liu, 1996）。早在古埃及時期，許多建築師已在建造前透過平面、立面圖的描繪來表現建築設計案，他們將牆、柱、樓板等建築元素繪入圖面作為設計者自身、與業主或施工團隊溝通的媒介（劉育東，2007），可見當時的建築師使用紙筆作為設計媒材，用以呈現最終建築設計的結果（梁凱翔，2008）。

然而，2D 圖卻是設計者與觀看者雙方進行設計溝通過程中較無法發揮媒材特性的媒材，現今二維圖面技術的演進，增加了對建築物的精確描述，但也增加平面圖的複雜性，更限制了無設計經驗的觀看者了解（吳彥良，2010），對於無設計背景的業主來說，透過各層平面圖講解動線關係以及透過剖面圖了解空間關係是較為吃力的。

在執照行政流程上，2D 圖面卻是必備的文件，因此設計者在形式上，必須完成 2D 圖面的繪製以利執照的申請與工程進度的掌控，但此媒材卻經常為此成為設計者與業主進行設計溝通的工具之一，供給建築人士閱讀的專業媒材對於與業主的溝通過程並沒有太大助益。

二維透視圖

二維媒材對於設計者而言，僅能作為平面單向度的設計呈現，不論平面圖、立面圖或剖面圖皆無法呈現建築設計的立體感。文藝復興以來，鏡框式的中央透視法主宰了絕大部分影像的表現技術，將空間的深度表現在物體相互間的比例關係上，藉此將二維圖面透過科學的方式以三度空間成像（Frommel, 1994），透視法的發展使得二維圖面能呈現更精確真實、更容易被了解的圖像，達文西（Leonardo da Vinci）更認為透視法是將理想空間與建築構圖轉換為可被感知作品的必要方法（Bertol, 1997）。

圖面的演進確實增加了對建築的精確描述，卻也同時增加閱讀的複雜性，透視圖清楚呈現三維場景提供了一個較接近人類視覺經驗的空間模擬法，加上豐富色彩與明暗關係的處理，讓設計呈現不同於平、立、剖圖，使得尚未實現的設計空間得以預先被展現出來（Perez-Gomez and Pelletier, 2000、吳彥良，2010）。現今設計溝通過程中，擅於手繪的設計者常藉由口頭說明、肢體動作及即時的透視繪畫傳達設計概念，這樣的呈現方法使得業主或一般無建築背景的設計觀看者有了第三向度的具象認知。



等比實體模型

建築師與業主在傳統的溝通模式中另一項重要的呈現媒材則是「實體模型」，文藝復興時期，布魯內勒斯基（Brunelleschi）以各種不同大小、材料的模型作為自己思考以及與業主溝通和增進施工團隊理解的媒材；米開朗基羅（Michelangelo）亦透過實體模型向業主及工匠說明光影、比例、材料等關係，為了營造光線變化他甚至將模型將圓頂模型放入前人已完成的主體中檢視室內空間感及光線灑入的感覺（Liu, 1996）。三度空間的實體模型將建築形式、空間、結構清楚表達（Lin, 1999）成為設計者一種較接近真實呈現的媒材，藉以幫助觀看者了解複雜的視覺關係，減少二維平面媒材的模糊性，同時提供業主或一般非專業設計人士一種更容易且直接的溝通媒材（Wu, 2003、Smith, 2004、吳彥良，2010）。

尺度感、量體感以及可觸感等特性，使設計者容易在量體的掌握上佔有較大優勢，此外，觀看者與設計者於溝通過程時可無拘束的轉移視角與觀察位置，同時掌握整體與佈局，提供一種全環境的視覺呈現，發現更多的細部問題（圖 2-17）。實體模型的種種特性帶來的立體呈現，大大縮小設計與將被實現建築間的誤差，使得呈現模型成了設計者完成設計後，包含細部設計等用來做為與業主溝通的主要

工具，即便在自由形體蓬勃當道、電腦 3D 模型發展成熟的今日，實體模型在設計呈現上除仍位居建築的主流媒材外（劉育東, 2007），也是設計者向業主或觀看者呈現設計時用以輔助數位模型的工具之一（圖 2-18）。



圖 2-17 設計者與觀看者透過傳統媒材討論



圖 2-18 觀看者透過實體模型的輔助了解自由形體

材料樣品 (Material samples)

設計過程中，除了精細的樣品模（正模）外，一般實體模型所使用的材料與設計案的建築材料未必相同，配合圖面或模型以真實比例的材質與業主進行討論，材料樣品因此成了設計階段中建築師表現建材最直接的方式。然而溝通過程中，業主雙手所觸碰的材質卻無法有效獲得視覺連結（Lee, 2010），業主必須經由想像或照片的輔助得以與設計案空間進行連結。



圖 2-19 材料樣板目錄



圖 2-20 實體材料樣品

2.3.2 數位媒材的呈現

3D 電腦模擬圖

回顧媒材歷史的發展，當舊媒材無法解決設計問題的時候，就必須依賴新媒材來解決（Alexander, 1964； Liu, 1996；林政緣，2005），在電腦影響了設計後，數位媒材（digital media）提供了設計者更多傳達設計的方式，藉此更完善地傳達設計概念與想法，使得電腦成為設計發表場合中極為重要的角色（圖 2-21），近來設計者習於利用電腦等數位媒材作為主要的呈現媒材（施文禮，2005）。不同於傳統媒材在設計呈現上較無法精準的模擬真實，數位模型的建構使得未實現的 3D 空間得以獲得更精確的表現大幅提升設計者的概念呈現、與業主間的設計溝通和建造過程的精確度，創造了一個模擬現實的環境與介面（圖 2-22），除了更易於向業主說明形體、動線、樓梯、開口等空間關係外，也可利用影像合成等方式傳達每個區位的空間機能以及尺度感等相關資訊。



圖 2-21 今日常見的設計發表場景



圖 2-22 設計者透過數位模型解說

而業界的數位呈現泛指一張張透過電腦繪製及運算的 3D 圖面，建築師事務所與個人工作室等執業設計師將完成的數位模型經由 3D 繪圖或 render 軟體精細的運算光影及材質幾近逼真的模擬空間形式與建築量體，透過 Adobe Photoshop 等影像軟體合成可能的生活情境與模擬環境。電腦立體模型（solid modeling）經由運算而產生的彩現圖（rendering）（圖 2-23），再以影像合成加工製作之後（圖 2-24），成為較易閱讀及較具說服力的設計媒材，即便仍是以圖面方式呈現，但可任意旋轉、縮放的數位模型精確的模擬空間形式、光影與材質等，亦然成了當今建築師事務所與設計工作室等執業界必備的設計呈現工具。

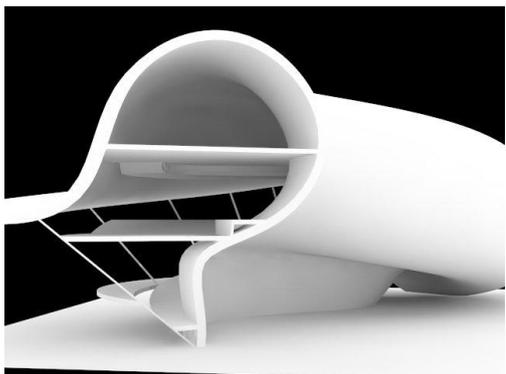


圖 2.23 數位模型素模



圖 2.24 數位模型經合成加工效果圖

3D 電腦動畫

電腦動畫於建築設計的運用常是將 3D 建模軟體所產生一張張的靜態影像（computer-generated image）運算為三維空間的虛擬視覺環境，透過逼近真實的連續影像呈現出未實現建築。儘管為平面顯示器的動態影像播放，其具備立體空間的特質使得業主或設計觀看者可以人的視點於未實現空間中穿越，更可清楚的了解動線與空間關係，精準的掌握建築量體動線與空間關係其設計與真實環境之間的關係（圖 2-25）。

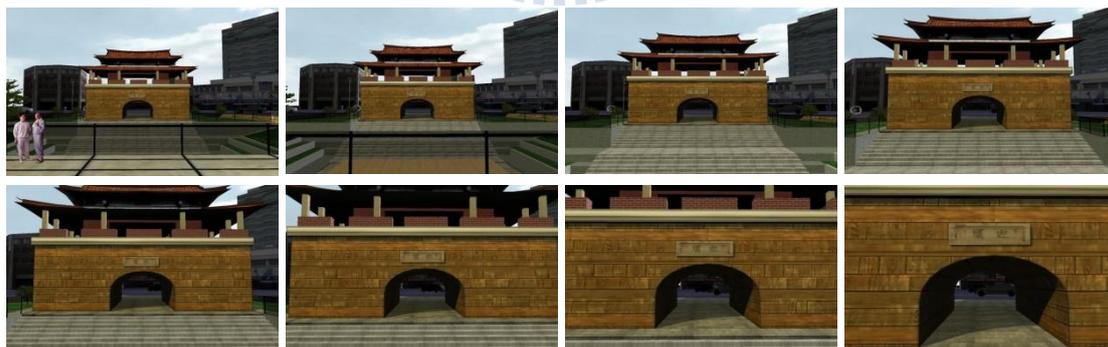


圖 2.25 以電腦動畫呈現新竹東門城片段

3D 動畫在設計過程中通常是用於最終設計方案的呈現，且較少被應用於一般的小型設計案中，除了製作時間與經費的成本考量外，對於可能需要修改—討論—再修改的溝通過程並不方便，種種因素使得電腦動畫較少被應用於設計溝通過程。

虛擬實境

虛擬實境已是近十餘年來快速發展的新工具，其具備兩大特質：一為高度擬真，追求高解析度，高畫質的呈現；二則是高度互動，強調即時性與回饋反應（翁千惠，2007），而即時的回饋可讓使用者產生高度互動並沉浸其中（Dodge and Kitchin,1999），透過虛擬實境的製作軟體，我們可根據參與者的喜好或需求提供指令（input），或在虛擬環境中設置某些觸點（triggers）來引起參與者的注意（Sheridan,2000；Stanney and Zyda,2002）。

即時的回饋和立即性的反應是讓使用者產生高度互動與沉浸的關鍵因素（Dodge and Kitchin,1999），在建築領域的應用上，這樣具備高互動性與逼真的視覺模擬，供使觀看者置身（being inside）未實現建築中體驗真實空間感，不同於其他數位媒材，虛擬實境提供了一種新的呈現方式，透過滑鼠鍵盤自由指定觀賞路徑，環繞與穿越虛擬建築，獲得三百六十度全環境的瀏覽經驗。但相較於單張的 3D render 圖面，虛擬實境在建置呈現內容所需耗費的時間成本以及播放時需要支援的硬體設備複雜許多，使其至今仍以虛擬美術館、虛擬博物館、古蹟復原等展覽為多數應用（圖 2-26、圖 2-27），尚未見於設計過程供建築師與業主討論使用。

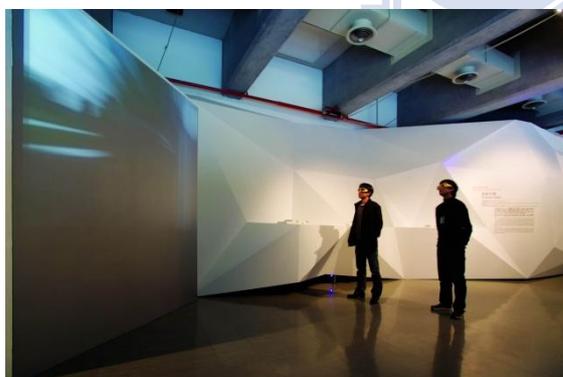


圖 2.26 明日建築展—虛擬安藤
（劉育東，2007）



2.27 虛擬交大美術館
（安藤忠雄事務所，2003）

3. 訪談研究

新媒材出現後對於設計思考、設計流程、設計行為等帶來巨大的改變，相關研究已紛紛被提出，而數位媒材這項「新科技」使得建築設計者能透過各項特效與合成更逼近真實的呈現尚未被實現的建築，正因數位媒材可使設計更清楚且直接的被讀懂，迫使許多堅持使用手繪、實體模型等傳統媒材的設計者因客戶或業主的需求必須轉變，外包與委託 3D 建模於業界中比比皆是。然而，過去建築呈現媒材的議題與研究總是在新應用的出現後被提出，我們能換個方向因為需求而產生應用嗎？建築設計中呈現媒材重要的一端－觀看者（業主）是鮮少受到討論的，本章節試圖以簡單的先期訪談（interview）釐清建築設計者與業主於設計溝通過程透過何種媒材特性與設計因子溝通？不論傳統與數位，現今的媒材已能滿足雙方對於設計溝通與呈現未實現建築的需求了嗎？



3.1 訪談計劃

3.1.1 訪談目的

自古埃及時代，設計者已透過平面、立面圖的描繪來表現建築設計案，而 80 年代起電腦運算的成熟，使之成為模擬建築重要的工具。至今，建築師對於設計呈現媒材：2D 圖面、實體模型、3D 電腦模擬圖、3D 動畫等皆不陌生且反覆的運用。而對於設計的觀看者（業主）來說，卻形成「有什麼，看什麼」的情況，儘管各媒材有其各自的易讀性，相對也存在著形成設計認知落差的關鍵因子。希望藉由單一案例多種媒材的呈現方式了解具備豐富建築設計經驗的設計者於設計呈現時對於各媒材的看法，以及過濾一般設計觀看者透過各媒材了解建築設計案時所能吸收的因子為何。

另一方面，為實地了解建築師與業主的互動方式以及取得業界溝通模式的最新資訊，本研究試圖改變現有的設計呈現方式（圖 3.1），將現階段所停留的實體模型或 3D 模型 render 延伸至具互動行為的瀏覽介面（圖 3.2）。透過簡易的先期訪談，希望從執業中的建築師、建築設計者多年的經驗和對於業界脈動的掌握取得充沛的建議與觀點，而從一般觀看者的角度，這樣的呈現方式真否對於了解設計能有

進一步的提升，將訪談所得內容與研究推論交叉比對後，進一步分析作為下一步驟建築設計案實作的參考依據和評估於業界適用的可能性。

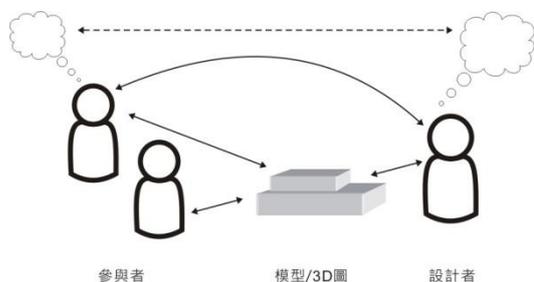


圖 3-1 現有呈現媒材的溝通方式

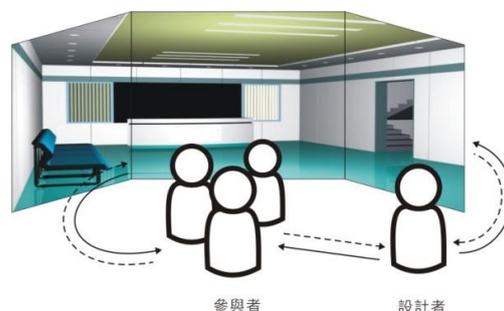


圖 3-2 推估下世代呈現媒材模式

3.1.2 訪談內容與素材

本研究以 Archmodels vol.17 數位模型內一建築案例（圖 3.3）為訪談用素材，透過 AutoDesk 3Ds Max 9 重新給予物件材質和燈光效果，並藉由軟體 Quest3D 4.0 製作為以第一人稱遊走其中的互動呈現介面（圖 3.4），為使受訪者深刻了解本研究定義之「互動式呈現媒材」，此步驟亦為本研究實作的核心項目；訪談過程皆透過 Asus 筆記型電腦以 1024*768 (32 bits) 全螢幕呈現，受訪者透過鍵盤↑↓←→鍵控制行進方向以及滑鼠的移動決定觀賞視角，因此可任意在虛擬模型中操控遊走。此外，也將此案例 2D 平面圖（圖 3.5）及數張 3D 模擬圖（圖 3.6）放置一旁做為受訪者評比及參考的依據。



圖 3-3 訪談建築案例



圖 3-4 互動式的呈現媒材

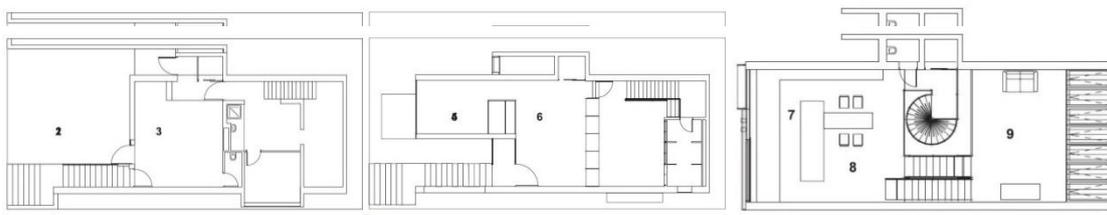


圖 3-5 2D 平面圖

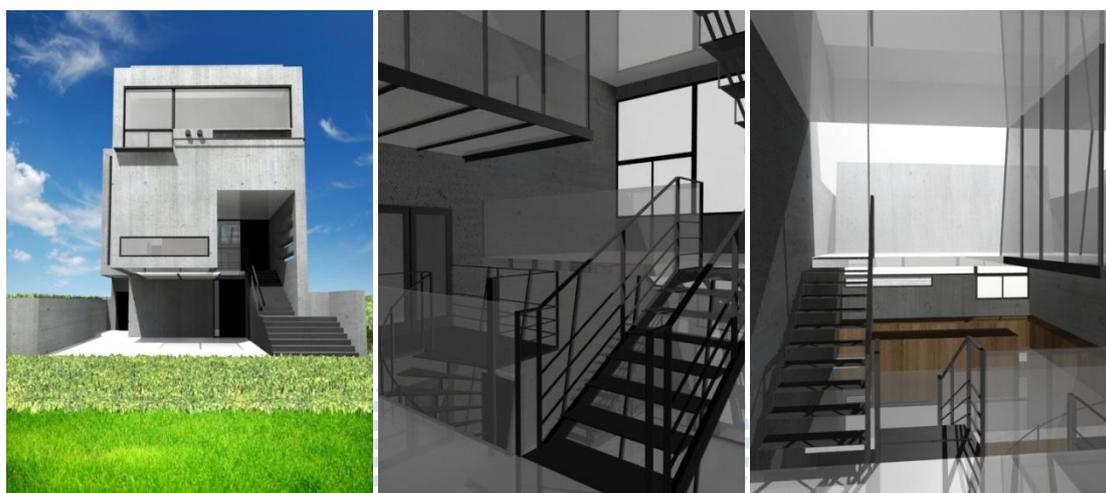


圖 3-6 室外與室內 3D 模擬圖

3.1.3 受訪者

本研究將受訪者區分為：建築設計者與設計觀看者兩大類（表 3-1），在建築設計者部分，挑選了四位執業超過三年且正在進行設計案的建築師或設計者進行訪談（interview），針對其擅用的設計呈現媒材（包含 2D 圖面、實體模型、3D 電腦彩現圖、3D 動畫）在與業主進行設計溝通時所扮演的角色做一釐清與歸納。

設計觀看者的部分，分別尋找：兩位受過建築教育訓練的建築系學生及兩位非建築設計相關背景的學生，共計四位設計觀看者；希望自具建築教育背景者學習歷程、接案經驗等觀點評論此媒材，而一般受訪者能客觀且純粹的自觀賞的角度體驗這樣新的建築設計呈現方式。

訪談對象	A	B	C	D	E	F	G	H
受訪角色	建築設計者				設計觀看者			
領域	建築師	建築師	室內	室內	建築	建築	資訊	應藝

表 3-1 受訪者對象背景與代號

3.1.4 訪談問題

本研究根據建築設計者與設計觀看者設定了不同的內容分別予以訪談。過程中以錄音筆將內容和問答逐字記錄，訪談模式在已設定的問題外並不僅拘泥於問與答，採取較開放式的聊天模式，希望自閒聊的過程中也可傾聽雙方對於此這樣新媒材的客觀感受。

建築設計者

針對建築設計者，本研究設定了下列七項問題，試圖從四位建築設計者的回答中歸納設計者對於原本所擅用和此項新媒材的看法與建議，釐清問世多年虛擬實境式的呈現媒材是設計者「不知道」、「沒必要」還是「不想要」將之作為設計呈現的工具。



圖 3-7 建築設計者進行軟體操作



圖 3-8 建築設計者進行軟體操作

訪談內容如下：

1. 不知道建築師和業主們在討論案子時，習慣透過何種方式呈現設計？是什麼原因讓您有此習慣？
2. 您透過各種媒材所傳達的訊息，在大部分的情況下，您覺得業主能吸收了解多少？（是否僅是似懂非懂的點頭，或相似問題的重複出現）
3. 承上題，設計溝通的過程中若遇到的溝通障礙，大部分為哪方面的問題？（建築或空間的造型？空間的種類、機能以及相互關係？空間或建築自身的長寬比？構件、人、或空間的相對比例關係？建築環境中移動的路徑與動線？建築的主要結構？建築的材質材料？）
4. 溝通過程中，假若某業主對於 A 媒材所呈現的內容提出問題時，建築師會透過 A 媒材繼續回覆與解釋嗎？或者會以另外準備的 B 媒材輔說解釋？
5. 可否另外請建築師分別舉出從您的經驗裡，2D 平立剖圖、實體模型以及 3D render 圖、3D 動畫對於你在設計呈現時的特質與幫助。
6. 透過 Quest3D 這樣的呈現媒材，建築師覺得在往後與業主進行設計溝通時能獲得更好的效益或者間接減少雙方認知落差嗎？倘若有機會，不知道建築師願意嘗試透過這樣的媒材幫助您在設計呈現上解說嗎？
7. 總體來說，經過剛剛的操作下來，您覺得 Quest3D 這樣的呈現媒材目前有任何需要改進或讓您感到不便的地方嗎？

設計觀看者

而針對設計觀看者，在訪談前對建築設計案目前的呈現媒材稍加解說，而本研究設定了以下十問題，試圖歸納設計觀看者於了解設計案的過程中透過何種呈現因子與媒材特性了解設計，並以開放式問答的方式記錄觀看者對於此媒材的看法與建議。



圖 3-9 設計觀看者進行軟體操作

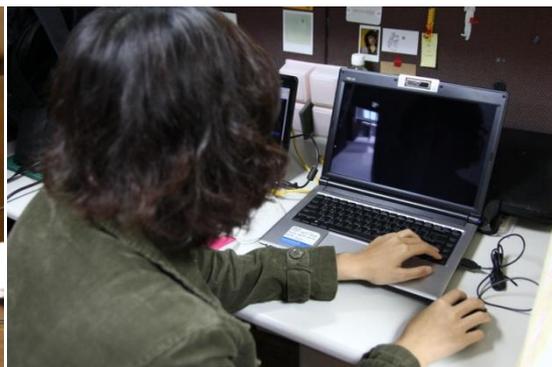


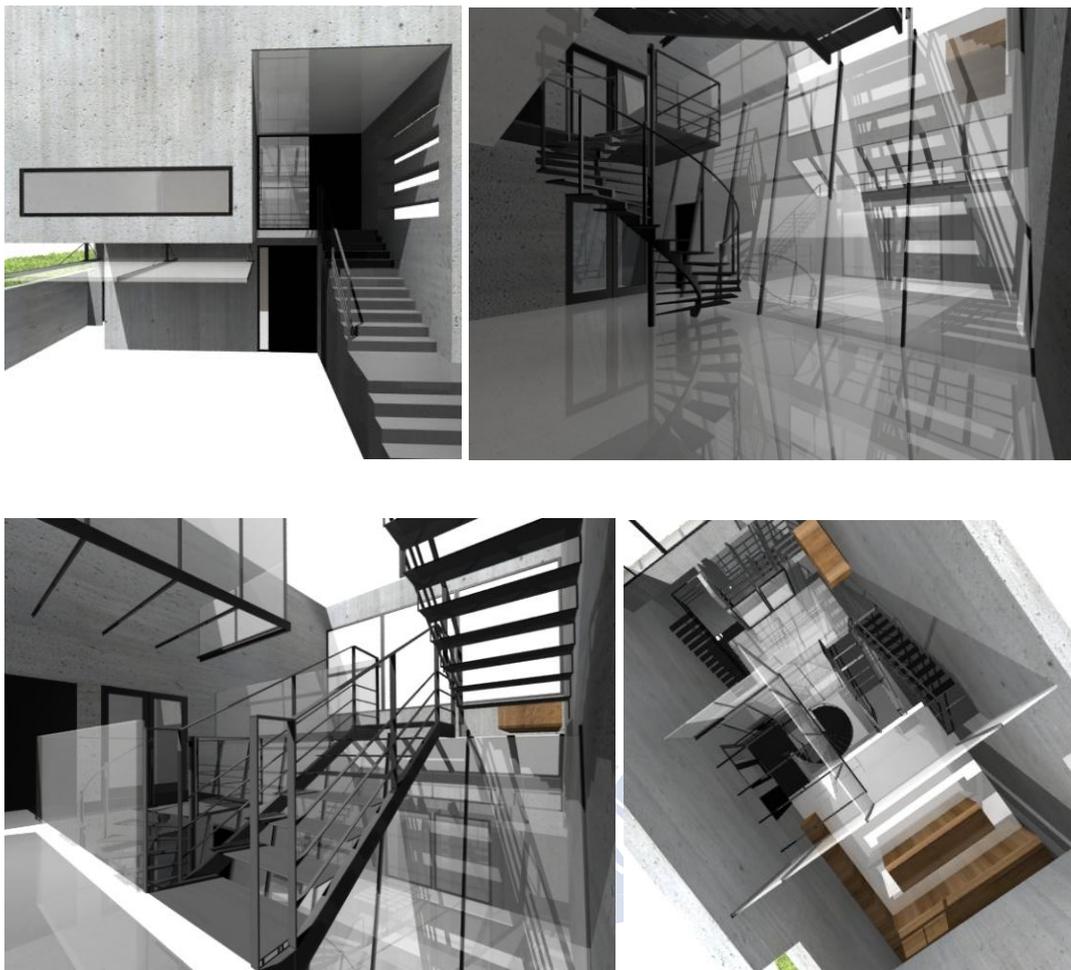
圖 3-10 設計觀看者進行軟體操作

訪談內容如下：

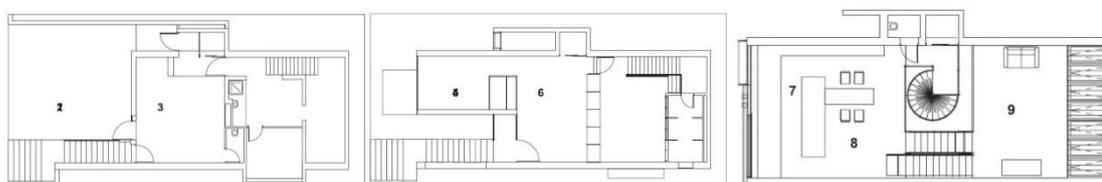
1. 您曾經有使用過類似這樣呈現方式的互動式介面嗎？
2. 在操作上，你覺得有任何讓你感到不便或不順手的地方嗎？
3. 如果今天你有機會想請建築師幫你做設計案，你會希望透過這樣的媒材來了解你的設計嗎？
4. 倘若以下為此建築物的量體造型，您認為與 Quest3D 的呈現方式相比，何者能讓你感到「我已了解」了？



5. 承上題，可否簡述是什麼原因讓您有此想法？
6. 倘若以下為此建築物的室內概況，您認為與 Quest3D 的呈現方式相比，何者能讓你感到「我已了解」了？



- 7. 承上題，可否簡述是什麼原因讓您有此想法？
- 8. 以下為此建築物的平面圖，它可以用來傳達全區的配置概況，您覺得在使用 Quest 3D 互動媒材後可以更有效幫助您了解空間關係嗎？



- 9. 您覺得目前所採用設計呈現方式有任何需要改進或讓您感到不便的地方嗎？
- 10. 整體來說，就了解一個建築設計案而言，您覺得這樣的呈現方式能讓你滿意嗎？

3.2 訪談結果

3.2.1 建築設計者

對於建築設計者來說：目前的平面圖或 3D render 圖已經是大家習慣的設計呈現方式，是什麼原因造就這樣的習慣？本研究自四位建築師的訪談中，節錄了部分關鍵內容並將設計受訪者四人給予代號 A、B、C、D 條列如下：



圖 3-11 建築設計者訪談



圖 3-12 建築設計者訪談

不知道建築師和業主們在討論案子時，習慣透過何種方式呈現設計？是什麼原因讓您有此習慣？

設計者 A. 我還是最傳統的媒材，平面、透視加上 model，那三個媒材各自負擔的任務不太一樣，第一個媒材平面幾乎都是在談 system、function 跟 programming 的關係。Model 基本上是讓他看到全部，我們說是全觀（macro view），它的 macro view 其實比透視好，它可以馬上知道這個跟這個為什麼關係是這樣子，避免掉 3D 的 macro view 是一個單一的空間，我看著這個空間卻忘了後面跟上面是什麼空間，彼此間的關係是什麼。

設計者 B. 設計初期，我通常會直接用 sketch 跟業主淺談設計想法，一旦確定且準備要踏入施工階段時，就會請事務所內的 3D 繪圖幫我建模，讓雙方有確切的影像可對照。

設計者 C. 3D 圖是最常用的，3D render 是現階段無論擬真度、模擬效果我認為最容易將設計中值得呈現的地方表現出來的方式，如果是規模大一點的案子（3000 萬以上）我們幾乎都會做實體模型，那

實體模型主要就會拿來表現建築外部；那室內的部分通常一般都是用 render 就解決了，不過一切還是要以業主的感受為考量，畢竟他是出資的，要讓他讀懂並清楚且了解自己要買的東西長什麼樣子。

設計者 D. 我都是用 2D 平立剖圖，軟體的話幾乎都是 AutoCAD。另外我會配合業主需求拿實際的材料樣品、找來的資料像圖片或其他案子的照片等等。

您透過各種媒材所傳達的訊息，在大部分的情況下，您覺得業主能吸收了解多少？
(是否僅是似懂非懂的點頭，或相似問題的重複出現)

設計者 A. 平面圖...說實在的她們看不懂，你再講得清楚讓他都知道...他還是假裝知道而已，還是有障礙，所以為什麼現在這些新的媒材開始要 redefine 這個東西。那 section 是我覺得最難理解的，它就是另一向度的平面圖，只是這談的是空間關係，你畫再多的剖面圖其實都沒有用，反而是需要更多的空間轉化，我覺得這是距離業主最遠的媒材。

設計者 B. 大部分都 ok 吧。通常比較多的是比例的問題，有的業主會不知道三米是多長，那我們在講解時就要根據現有的東西去做比擬。儘管有家具做比較但 3D 圖還是比較難讓人理解空間尺度的。

設計者 C. 我覺得完全是要看業主的經驗，或者說對建築的見識程度，通常有問題就是會馬上發問，比較麻煩的是有時候沒 render 到的角度剛好業主在問，至於似懂非懂我覺得是還好，像有時候開會是一個團隊，那麼多人、那麼多腦，通常不太會有 miss 的問題。而至於比較小的案子（100 萬以下），像可能的公務員存了 100 萬想要做室內，可能隔行如隔山吧！就比較會發生你說的這種似懂非懂的情況。

設計者 D. 會有問題啊！但就是會反覆的一再解釋；3D 雖然容易懂，但其實在設計的過程中它很不即時...我意思是像 2D 平立剖如果業主說要往右 30 公分，那我圖馬上就可以往右改 30 公分給他

看；我認為 2D 圖是一個可講、可參照的呈現方式，即便業主真的不懂，但還是不能放棄，你只要一直講一直解釋他就可以慢慢理解，雖然是障礙但跨過去就 ok 了。

承上題，設計溝通的過程中若遇到溝通障礙，大部分為哪方面的問題？（建築或空間的造型？空間的種類、機能以及相互關係？空間或建築自身的長寬比？構件、人、或空間的相對比例關係？建築環境中移動的路徑與動線？建築的主要結構？建築的材質材料？）

- 設計者 A. 我覺得最大的障礙在於「抽象」跟「真實」之間。常有幾件事... 第一件事是很多設計師溝通的不夠好，他都在講自己的事情所以業主根本都不懂；但現在業主越來越專業，專業的業主是你跟他講他懂你在做什麼，可是他的想像，對 picture 的想像還是沒有像我們受過專業訓練的人可以從抽象的東西直接有 image 真實的狀態，所以常常都是到最後業主會說：你當初講的概念我都懂、也看到你做出來了，可是怎麼跟我「想像」的不一樣？因為他的 projection 跟你投射出來的東西還是有一段距離。
- 設計者 B. 就是人與空間的比例關係吧。造型上其實一般業主不會有太多意見，她比想知道的是哪個地方要當客廳啦，廁所不要在哪啦，或者房間冬天會不會有北風等...，應該說空間機能常會是委託人比較 care 的。
- 設計者 C. 應該都是造型上的問題吧，尤其是設計比較創新的空間或氛圍時，因為不同於大家以往的感受，業主會比較難意會。另外是材料，很多專有名詞業主畢竟不是這行的，都需要用 3D 圖詳加解說。而尺度的部份，我認為 3D render 圖有時會比較難讓業主獲得空間感，如果有做剖模就會放個比例人，這你知道的！
- 設計者 D. 恩...比較常遇到的喔...大多都是業主會確認他的「需求」有沒有被我考慮進去，比如說燈光啦、門啦、櫃子啦等等...但其實這些東西我的圖裡面都有，可能是比較像施工圖吧，但這樣是

師傅們所需要的。不過我覺得這可能也是沒有 3D 的缺點吧，業主沒看到 3D 就不知道長什麼樣子，或去擔心我想也是正常的。

溝通過程中，假若某業主對於 A 媒材所呈現的內容提出問題時，建築師會透過 A 媒材繼續回覆與解釋嗎？或者會以另外準備的 B 媒材輔說解釋？

設計者 A. 有的業主會 complain 說：你這樣我聽不懂阿...那他們都很想看 3D，那不一定會有啦！有的話看了就很高興比較能想像。

設計者 B. 看是提出哪方面的問題吧。有模型的話是最好講的，有時候我們畫的草圖你說要讓業主知道你在說什麼可能不是這麼容易，那 3D 圖有時候反而是造成業主問題的原因，因為容易有死角導致業主也想去知道那裡的景象。

設計者 C. 我會直接開建模軟體給他看耶！根據他要的角度一直調，直到問題被釐清，那停在他要的角度 render 一張這樣子。不過也是會看業主啦！或許手繪就可以解決他的問題了要不就是記錄下來等到下次討論時請 3D 部的 render 細一點給他參考。

設計者 D. 通常就是花多點時間去解釋，當然啦我的 2D 不是說只是 CAD，我也會用手繪去做透視圖，那其實在邊畫邊講的過程中，業主看到的圖是有先後順序出現的，它不是忽然蹦出來的，那對於手繪這樣的輔助業主們都常是容易理解而且我覺得還蠻有幫助的。

可否另外請建築師分別舉出從您的經驗裡，2D 平立剖圖、實體模型以及 3D render 圖、3D 動畫對於你在設計呈現時的特質與幫助。

設計者 A. 我們以前最常用的兩件事情一個就是平面圖，一個叫做 model。model 基本上不管你走到哪裡你都知道它們互相間的關係，那平面圖更是在談關係；那 3D 最大的不一樣是它是一個 virtual

的 real space，所以它已經進到裡面去了，所以我們進到裡面後不管在二樓、三樓或四樓其實都在看單一空間的概念，可是業主會 get lose 的是他會比較不知道 where we are，我們跟這個大的系統到底真正的關係是什麼，所以我認為在進到 3D 之前你必須很清楚的讓你的業主知道他在哪裡。

設計者 B. 如同先前所述，2D 圖是我可以隨畫隨講的，而一般的工程圖其實我不太會拿出來跟業主談；而小住宅的案子一般來說不一定會做實體模型，除非是稍微大一點的案子就一定會做；至於 3D render 應該是最常使用的吧！至少在這個時代他也是主流，我認為他也是業主們最想看且最容易了解的。

設計者 C. 實體模型的部份，大案子甚至會委託廠商輸出 FRP 給業主參考。不太會去使用動畫，每次開會的間隔不太有時間再去製作動畫。

設計者 D. 其實我就是都用 2D 啦！3D 對我來說很麻煩，還要貼材質、打光等等，也可以說我對於這樣的工具不熟，在設計呈現來說，我覺得 3D 只是好看不代表是正確的，像我先前所講的，它的可再修改性很低，而且你先給業主看了 3D，施工過程中會遇到很多需要克服的障礙，這些 2D 是可以立即改立即看平立不會有落差的。

透過 Quest3D 這樣的呈現媒材，建築師覺得在往後與業主進行設計溝通時能獲得更好的效益或者間接減少雙方認知落差嗎？倘若有機會，不知道建築師願意嘗試透過這樣的媒材幫助您在設計呈現上解說嗎？

設計者 A. 這種做法對業主的認知是最沒問題的，因為業主基本上比較不擅長抽象思考，那這種方式已經把抽象變為具象了。另外一個就是操作，業主心裡在想的空間跟你在想的不一樣，經過他的手他才會進到裡面去；做一個簡單的測試，一部車的人到一個新的城市，左繞右繞到最後真正認識這個城鎮的人就是開車的人，另外三個人縱使坐在車子裡面但其實一點都不認識，因為方向盤經過駕駛的手的感知使他記得，所以這個 mouse 掌握在誰手上很重要。所以我們以前的透視圖或 3D 都是 designer

去 present，可是 present 完業主好像聽的懂，但其實他根本不曉得這個左邊是什麼右邊是什麼...所以我覺得他可以自己拿著這個 mouse 走一次非常重要。當然阿！有機會的話那當然願意用這樣的媒材試試看，這是最棒的方式我覺得。

設計者 B. 我想一定是可以。但也有個問題就是說這樣的呈現方式好像比較適合用在設計的最終確認，或者是一個完工後的建築展示，我覺得他如果在博物館或展覽館用來導引就相當棒，小型的案子是不是還有時間或預算去操作這樣的呈現方式我是稍微保留一點。

設計者 C. 我覺得很不錯，像先前所說的這種呈現方式能讓業主了解「他買的東西是什麼」，而且能讓業主自己操作，他會很好奇的到處走，說不定會反過來問我原本沒想到的問題。

設計者 D. 減少認知落差是一定會的阿！如果你要幫我做的話，我當然願意試。

總體來說，經過剛剛的操作下來，您覺得 Quest3D 這樣的呈現媒材目前有任何需要改進或讓您感到不便的地方嗎？

設計者 A. 就我自己的專業來講，我走在這裡面的時候總覺得旁邊要有一個讓我知道我在哪的提示，可能是一個小 map 或者搞不好是一個小的 3D map。這樣媒材（指 Quest3D）其實比我們以前的要好多了，它已經接近到即時了，所以你其實可以一直在看你的關係，可是以前的是片段式的一個個剪出來的，所以關係是跳的，所以你這個是很棒的。

設計者 B. 恩...大致上都 ok 是沒有什麼問題，這樣玩玩看還蠻新奇的。

設計者 C. 整體來說我覺得很棒耶！但如果能夠即時的修改或許會更好，比如說這片木地板我不要，要換成石磚之類的看看。

設計者 D. 可以再多一些功能啦！例如按一個鈕可以 show 出全部的尺寸啦之類的。很 ok 啦，好像在打電動，感覺很棒很身歷其境。

3.2.2 設計觀看者

但對於設計觀看者來說，以往建築設計的呈現方式主導權皆偏重於設計者一方，觀看者一直處於被動的狀態；透過 Quest3D 的操作，我們將目前廣受使用的靜態 3D 模型延伸至具互動行為的瀏覽介面。本研究自四位受訪者回答中，節錄了部分的關鍵內容，編號 E、F、G、H 依序為兩位具建築教育同學與另外兩位無受建築訓練的同學共四位設計觀看者，內容條列如下：



圖 3-13 訪談設計觀看者



圖 3-14 訪談與紀錄設計觀看者行為

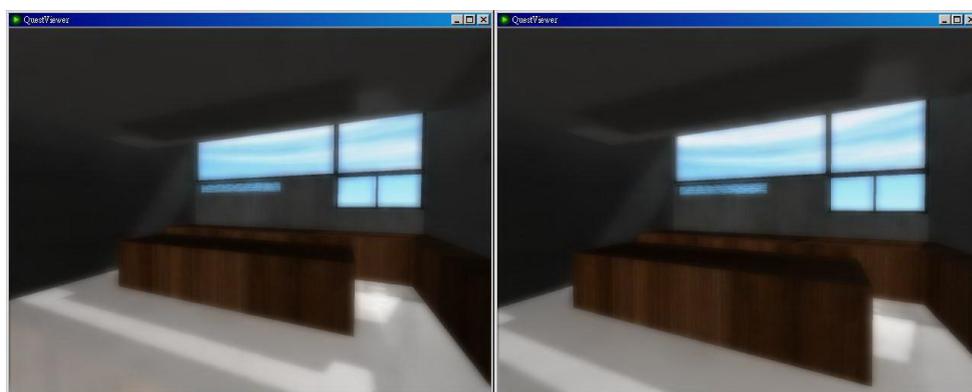
您曾經有使用過類似這樣呈現方式的互動式介面嗎？

- 觀看者 E. 有！像一些遊戲引擎 UDK、Sandbox 等也都是這種呈現模式，那我是因為自己之前有接上過這樣的課程加上感興趣才會去接觸的。
- 觀看者 F. 沒有。
- 觀看者 G. 有喔！總覺得跟 CS 好像...跟很多遊戲都蠻類似的，只是這個好像就只是在裡面逛逛比較沒有什麼功能的感覺。
- 觀看者 H. 有啊！類似像展場...阿世博的西班牙館好像也是用這種方式呈現的。

在操作上，你覺得有任何讓你感到不便或不順手的地方嗎？

觀看者 E. 不能跳和蹲...還有覺得介面不夠多，可能是我遊戲打太多了；但基本上算是夠用啦。

觀看者 F. 恩...還是有啦...操空性還 ok，但走在裡面感覺 scale 不太真實，就是我看著這個畫面（Print Screen 圖一）我可以知道這個空間大概多大，但往前走一步（Print Screen 圖二）感覺跟我在現實中移動的距離有落差。



圖一

圖二

觀看者 G. 還 ok 啦！跟槍擊類的 3D 遊戲一樣，只是前進的速度好像有點太快了。

觀看者 H. 好像有點太靈敏了...而且我不太適合這種東西用久了會頭暈（哈哈）。

如果今天你有機會想請建築師幫你做設計案，你會希望透過這樣的媒材來了解你的設計嗎？

觀看者 E. 會！如果我知道的話，就會去要求只用這種新的方式來呈現，但也要看價錢啦！跟 render 比較如果不會差很多的話...。

- 觀看者 F. 會阿！因為一般事務所或室內設計公司給的就是平面圖或 3D 圖，那像房仲給的也都是 2D 的圖面或依些照片接起來的假 3D 虛擬實境，其實那給我的感覺是更不實際的身處其中。
- 觀看者 G. 你是說...？我可以在房子裡這樣走喔？還不錯吧！
- 觀看者 H. 能有這樣的方式不錯阿！我可以看到實際的樣貌。

倘若以下為此建築物的量體造型，您認為與 Quest3D 的呈現方式相比，何者能讓你感到「我已了解」了？

- 觀看者 E. 都可以耶...但效果不太一樣。
- 觀看者 F. Render。
- 觀看者 G. 量體造型？你是說房子的外觀嗎？我是可以直接從這幾張圖知道啦！如果是用電腦的話（指 Quest3D）可能要繞完一圈才能大概了解。阿！而且要一直抬頭看，這是不是沒有從上往下看的角度。
- 觀看者 H. 這幾張圖（指 Render 圖）比較明顯。

承上題，可否簡述是什麼原因讓您有此想法？

- 觀看者 E. 應該是人的角度的問題吧...其實我覺得這樣比不是很公平，render 有 photoshop 的情境後製，給我的感覺就像 render 跟動畫也不太能相比一樣。
- 觀看者 F. 走在 Quest3D 裡面感覺「變數」比較多，可能是又多透過一個軟體的加工或設定怎樣的，怕立體感跟視角上會有偏差的問題，我是比較直接的透過 render 圖了解就好。

觀看者 G. 喔！跟我剛說的一樣吧...就是電腦（Quest3D）裡只能平視，阿那幾張圖是從高空俯瞰的，比較能清楚掌握全部的建築。

觀看者 H. 因為單要了解外觀其實只要看到正、側、背面就夠了，但在 Quest3D 裡面還要一直繞，而且要走到可以看到全部量體的角度比較麻煩，那一般給人家看房子外觀準備的那幾張圖其實就夠了我覺得。

倘若以下為此建築物的室內概況，您認為與 Quest3D 的呈現方式相比，何者能讓你感到「我已了解」了？

觀看者 E. 講真的，render 這種商業圖是可以用來騙業主的，單張 render 製造的情境、選擇的角度或空間都是我決定的，圖幾乎是可以馬上獲得業主青睞。

觀看者 F. 如果這不是我的設計的話，我會透過 Quest3D。

觀看者 G. 這幾張圖可以了解阿！相比的話...我是覺得這幾張圖好像比較亮、畫質比較好。那 Quest 3D 的優點就是可以在裡面走這樣。

觀看者 H. 這個的話我就希望是 Quest3D。

承上題，可否簡述是什麼原因讓您有此想法？

觀看者 E. 動畫至少還像 render 一樣，角度、路徑都是設定好的，可以是一個完整的呈現。但你這種呈現方式（Quest3D）給我的感覺是就是攤開來被檢視，等於把平立剖、3D 一次都交給我。但相對來說就比較不怕出錯，也比較能信服我。

- 觀看者 F. Render 畢竟是比較片段的畫面，像我剛已經全部走過一次了，回頭過來看，如果單透過 render 是不太容易連結整個空間架構的。
- 觀看者 G. 恩...你是說對室內的了解喔...這個可以走來走去我比較知道哪裡是哪裡啦，但是這幾張圖也蠻精緻的，說讓我了解也是有啦！
- 觀看者 H. 因為室內的圖即便有再多張但它都是截圖，那圖和圖之間的關聯其實我比較難知道，Quest3D 的話因為是在裡面有我就可以知道空間的結構。

以下為此建築物的平面圖，它可以用來傳達全區的配置概況，您覺得在使用 Quest3D 互動媒材後可以更有效幫助您了解空間關係嗎？

- 觀看者 E. 這三張就夠了。以這個案子來說它的空間複雜度還好，以平面圖就可以了解了，垂直和水平的變化在我的認知定義中都還 ok，我是覺得要依設計的不同才會影響啦。
- 觀看者 F. 平面圖就 ok 了。可能是我受過建築教育，那單就機能空間我去看圖就會有概念了，像 CAD 圖面這些東西我們在教育過程中都有受到訓練，腦中自然有影像去找尋空間。
- 觀看者 G. 這個...電腦吧！老實說我看不太懂平面圖...那這個（指 Quest 3D）可以在裡面到處走，當然比較好阿！平面圖應該是施工單位或營建公司在看的吧？那這軟體就像把我帶進縮小版的房子，等於已經在裡面先逛過了啦！
- 觀看者 H. 恩...我覺得各有用處耶！因為這透過這幾張圖（平面圖）我比較能知道整個區域的狀況，就是廁所可能在哪裡、臥室可能在這裡，但如果是在電腦裡（指 Quest 3D）我就是全部都繞過一次也是可以了解，但是要去記我走過的地方才能知道空間和空間的關係。

您覺得目前所採用設計呈現方式有任何需要改進或讓您感到不便的地方嗎？

觀看者 E. 我覺得以現今業界來說應該是夠了，因為他新，像你沒講的話我會覺得是不是我的電腦也要灌什麼軟體才能看、會不會要麻煩的先前準備等等...

觀看者 F. 多一點的互動性會更好吧！像一開始進門的時候門會自動打開那樣。我覺得像門簾、窗這些東西與光的關係對於觀看者是一種與日常生活中會發生的事可相做連結的經驗，多一些這種 program 的植入會更好

觀看者 G. 還好耶！

觀看者 H. 我覺得如果多一些切換的功能，像我走到這可以 show 出這裡的平面圖讓我去對照和現場的感覺會比較好。

整體來說，就了解一個建築設計案而言，您覺得這樣的呈現方式能讓你滿意嗎？

觀看者 E. 我還是覺得這種呈現方式就無法騙人了。搞不好可以做到像 render 那樣，但要投入的時間成本應該會提高很多吧？喔還有，這東西知道的人太少了啦！

觀看者 F. 可！頗逗趣的！

觀看者 G. 可以吧！我也沒有買過房子，其實也不是很清楚建築師是怎麼推銷的，但這東西看起來還蠻吸引人的，尤其是給我這種不懂的人去操作還不賴。

觀看者 H. 可以啊！特別是它有讓我增加對於空間的認知。

3.3 歸納與分析

根據訪談結果，我們將建築設計者與設計觀看者對於各種媒材的觀感以及 Quest3D 互動媒材的加入後，對於雙方所造成的影響予以整理歸納，並將所觀察到的初期現象分析如下：

初期現象一：設計者受到媒材限制與一般大眾對於呈現媒材的敏銳度低

自本章訪談結果發現，沒有數位媒材使用習慣的設計者認為「如果有人幫忙製作這樣的媒材，他們當然願意給業主使用」、甚至希望「還可以再多一些互動按鈕或功能」、「按一個鈕可以 show 出全部的尺寸」、「這片木地板我不要，要換成石磚之類的看看」，顯示多數設計者並不排斥這樣的呈現方式，反而提出希望有其他功能輔助設計解說的建議，但礙於「不知道有這樣的呈現方式」、「做這個會不會很難」等媒材限制而沒有使用的機會；具備數位媒材使用經驗的設計者相較現階段的 3D render 圖，能在自己的設計中如同遊戲場景的遊走除了感到新奇外當然希望用於設計發表場合，而「製作的時間成本」、「效果出的來嗎」反倒才是他們所考量的。

建築設計者口中的業主們幾乎是「拿什麼給他們看，他們就看」，假若遇到問題，設計者幾乎繼續維持原媒材或者改以手繪現場解說。業主們對於建築形式或空間關係與動線較少表示意見，大多數也認為畢竟那是建築師專業而選擇相信；反觀機能、材料等較為客製化等問題則是較常受到注意的，像是哪些地方不想曬到太陽、哪些地方要挑高一點、某空間不想跟某空間太近、哪裡要多點採光等…。但從另一角度分析，建築設計者擅用的媒材中，大多數皆為片段性的畫面，這使得觀看者尚未在空間動線或空間關係中發現問題，多數觀看者心中的困惑在現有媒材中僅能透過設計者反覆解釋、甚至以其他替代影像給予回饋。

大部分的設計觀看者可以透過 2D 平面圖直接的了解空間關係，亦可經由實體模型得知各主要空間、次要空間、動線及廊道間的關係；儘管設計者透過一張張的 3D render 圖營造了帶給觀看者真實感，但彼方接收到的確是片段的視覺印象，其餘部分仍須經由想像而來；從訪談過程中可看出，假若有機會，觀看者似乎更期待得到連續式的影像體驗，脫離溝通過程中一直處於被動的應答方式，取得主導權長期偏重於建築師的頹勢。

初期現象二：設計者與觀看者對於 Quest3D 應用於建築設計感到新鮮

自訪談內容可發現：多數的建築設計者認為以第一人稱遊走（navigation）的呈現方式「比起以往的透視圖或 3D，可避免只有單一空間的呈現，能讓業主親自在裡面走一次的經驗極為重要」，而一般觀看者則認為這樣的呈現方式不同於以往「即便有再多張圖，但也都是單張單張的截圖，較無法將空間串連起來」，可為他們帶來連續的視覺經驗及有效架構空間，多數觀看者同時也將過去在遊戲上的經驗複製到媒材操作上，使得操作過程並未對業主帶來額外的使用負擔。另一方面，對於建築設計的觀看者而言，確實了解設計方案遠比欣賞炫麗的 render 來的重要許多，對於呈現媒材的要求，觀看者皆希望以簡單且易懂為原則。

在使用過 Quest3D 互動式的呈現介面後，無論設計者或觀看者一致給予新奇且願意一試的評價，對於在未來若有機會請建築師設計，是否希望設計者透過這樣的方式報告也都表示非常期待。在使用者的感受中，這樣的互動介面除了可提升瀏覽存在感外，在未實現建築中身歷其境的感受其實也是種設計體驗；而部份的設計者更希望此媒材可增設些許功能，例如即時的更換材質、將空間尺寸標示出來、更多的門窗開閉模擬光線變化等…。



初期現象三：一般設計觀看者透過單一呈現媒材閱讀設計時的領悟力低。

2D 平、立、剖面圖	<p>平面圖就無建築背景的觀看者而言，在水平軸向是可用以了解各樓層的全區概況和空間配置；但對於有高低錯層的空間、樓梯或坡道等垂直軸向較無法連結，但相較之下受過建築教育或者有建築相關經驗的觀看者則無此困擾。</p> <p>而類似施工圖的剖、立面 CAD 圖觀看者就不一定能全盤了解，但對於人的比例、空間與量體間的尺度上是可獲取資訊的，2D 平立剖圖某種層面仍可幫助設計觀看者了解設計案。</p>
------------	--

<p>透視圖及手繪</p>	<p>溝通過程中，設計者可利用即時的手繪或透視圖向觀看者解說，不同於其他 2D 圖面，手繪圖像的出現自設計者手中配合口說具先後順序的出現，這對觀看者在了解設計的過程中有很大的幫助。</p> <p>此外，手繪透視圖也是設計者擅用的呈現方式之一，可快速的提供觀看者第三向度的視覺經驗，成為擁有景深的平面媒材。</p>
<p>實體模型</p>	<p>實體模型具備立體的空間感，觀看者可無拘束的轉移視角與觀察位置，同時掌握整體佈局，或發現更多的細部問題，提供了一種全環境的連續視覺呈現，減少二維平面媒材的模糊性，在建築設計的呈現工具中是大眾較容易了解的方式之一。</p> <p>但由於實體模型的再修改性低，近期大多僅用於大型建案的最終設計呈現，室內或小住宅等預算較少的案子則是透過材料樣品或以電腦 render 呈現居多，這對觀看者來說失去了一樣具備三維空間的媒材，也使得觀看者對於量體的掌握必須較倚賴片段的圖面。</p>
<p>3D render 圖</p>	<p>3D render 圖是近年最廣受業界使用的呈現方式，因具備極高的擬真度，創造了一個模擬現實的環境與介面，它提供了各種模擬與情境供觀看者（業主）想像未實現建築的可能性，這樣的圖像式溝通也是連結設計者與觀看者相當直接的方式，特別是設計者可利用影像合成等方式賦予每個空間區位機能，使之亦成為設計的一部份。</p> <p>但因 render 為一張張不連續的圖面，就觀看者而言無法有效的連結整個空間，圖面的數量更關係著呈現設計的視角，這也使得設計認知的落差無形中逐漸產生。而已被設計者設定的角度使得觀看者毫無操控觀賞媒材的主控權，這也使得觀看者在透過 Quest3D 瀏覽設計後皆感到新奇與看好的主因。</p>

電腦動畫	<p>但對於設計者而言，動畫的呈現方式如同實體模型，在設計溝通過程中的再修改性低，同樣常被用於大型建築或最終設計方案的確認，而較 3D render 圖更高的製作成本也使得動畫呈現於建築設計案的能見度較低。</p> <p>電腦動畫在設計呈現上除了與 3D render 同樣具備可精確模擬空間、光線或材質的能力外，動畫可為多數的觀看者帶來身在其中的體驗感，從高空鳥瞰到穿梭於未實現建築內的連續視覺經驗比起單張的 3D render 圖多了更多體驗感的空間感。</p> <p>不同於其他呈現媒材，動畫以人的視點，用最自然的速度呈現人於空間中移動、量體動線與空間關係的媒材特徵使得觀看者藉由視覺感知未實現的虛擬空間，藉此感受人與真實空間的尺度關係。</p>
------	--

表 3-2 設計觀看者對各媒材之認知

初期現象四：新的呈現方式出現，讓使用者開始想像與評估應用於建築設計溝通的可能

綜觀以上，Quest3D 所具備的操控主控權及對於設計觀看者連續的視覺經驗是一大福利，更突破過去建築設計的呈現方式；此外，播放檔 (.exe) 可於任一電腦直接執行，無須安裝複雜的系統，使用者也不需具備或額外學習即可簡易的操作，我們一直希望一項新的媒材在扮演呈現設計的角色外不該再多對操作者增添額外的負擔。

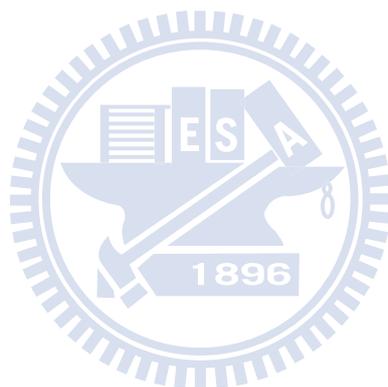
對於設計觀看者或業主，本研究綜合訪談結果與分析將 Quest3D 具備的特點以及可能應用於建築設計呈現的關鍵因素整理如下：

- 操控主動權
- 具尺度感、材質感、空間感的動態瀏覽
- 簡易的操作模式
- 連續視覺經驗
- 與空間互動的可能性（即時更替材質、門窗開合等）

但呈現媒材的使用，往往因設計者所好與習慣而不同，除了設計者不清楚有這樣的呈現方式外，許多因素的顧忌與考量或許是 Quest3D 至今仍無法廣受使用的原因：

- 設計者自身的媒材限制
- 設計案成本預算
- 製作時間及工作量考量
- 業主目前無需求提出
- 增加翻案或再修改的可能性

但如果這樣的媒材能成為設計最後定案的工具就是設計者所樂見的，它可省去定案過程反覆冗長的溝通，倘若這樣的工具演化到最後可以夠友善，也不會僅有少數族群使用，也許即能成為主流。



4. 實作研究

為實踐與回應第三章訪談研究所得結果，本研究挑選了兩件正進行中的設計案實際操作，在建築師對於互動式呈現媒材有了初步了解後，著手為其設計案建置 Quest3D 瀏覽介面。Quest3D 除了提供全環境的即時瀏覽外，可根據參與者的喜好或需求提供指令 (input)，或在設計案中設置某些觸點 (triggers) 引起業主的注意，以立即性的反應讓業主產生興趣與高度互動，成為建築師與業主進行設計討論時的一項新工具，在參與設計討論的過程予以記錄，並於實作後以等距評量法 (graphic rating scale) 作為評估業主反應的依據及本章分析之用。此外，本研究將數位模型自繪圖軟體到 Quest3D 互動介面的建置步驟整合為一套簡易流程，希望能克服實務製作的技術問題以利加速與業界的結合，期望為日後設計呈現有所貢獻。



4.1 實作計劃

4.1.1 實作說明

從商談設計到實際施工的建築操作流程中，建築師與業主必須經過多次的討論與確認，將此冗長的流程大略劃分為下列五步驟：

- 了解業主需求 → 初步了解業主的想法
- 平面空間討論 → 以簡單 sketch 討論機能配置與空間規畫
- 提供完整圖面 → 透過各種呈現媒材與業主討論定案，並簽訂設計合約
- 施工經費調整 → 依預算調整建材與增減工款
- 簽訂工程合約 → 確認所有工程內容後依約定日期完工並驗收

本研究待第二階段設計雛型出現後，著手介入建置 Quest3D 互動系統，做為第三階段雙方討論、確認最後細部設計及拍板定案的媒材之一。實作目的為確實將 Quest3D 推入業界，試圖驗證前一章所推測此呈現方式至今仍無法廣受使用的原因：設計者自身的媒材限制、設計案成本預算、製作時間及工作量考量、業主目前無需求提出、增加翻案或再修改的可能性等。

為釐清建築設計者與設計觀看者雙方於設計溝通時所傳遞與吸收的因子，綜合林政緣（2005）將 White（1975）、Ching（1979）、Liu（1996）、Rahman（1992）、Schon 與 Wiggins（1992）及 Miller（1995）等七位學者對於建築設計因子的分類與歸納，本研究將建築外部造型、內部空間呈現、量體比例、動線關係與材質等五項因子定義為檢驗實作結果的關鍵因子。此外，我們從第三章訪談研究的分析結果，將「視覺動態」與「操控權」納入為設計觀看者（業主）透過呈現媒材了解設計的關鍵因子之一（表 4-1）並於實作後以等距評量法（graphic rating scale）評估業主反應。

因子	等距評量法定義
量體造型	建築量體的外部形狀與造型
空間呈現	量體內部的空間呈現、空間種類與機能
空間比例	空間、物件與人之間的尺度比例
動線關係	在空間中移動的過程以及路徑規畫
材 質	樓地板、牆面、樓梯等建築材質的表現
視覺動態	可即時瀏覽設計、獲得連續的視覺經驗
操控權	觀看者可隨意操作呈現媒材

表 4-1 設計呈現因子定義

4.1.2 設計案素材

華友聯高雄鳳新段集合住宅

本研究第一起實作案例為華友聯高雄鳳新段集合住宅大樓設計案，建築師利用擅長的手繪表現法備妥安全區平面配置圖（圖 4-10）、設計總透視圖（圖 4-11）向業主進行設計報告，透過電腦 3D render 圖的輔助得以呈現更多視角和細部以利設計討論。



圖 4-10 手繪全區配置平面圖



圖 4-11 手繪量體透視圖



圖 4-12 電腦 3D 模擬圖



圖 4-13 電腦 3D 模擬圖



圖 4-14 電腦 3D 模擬圖



圖 4-15 電腦 3D 模擬圖

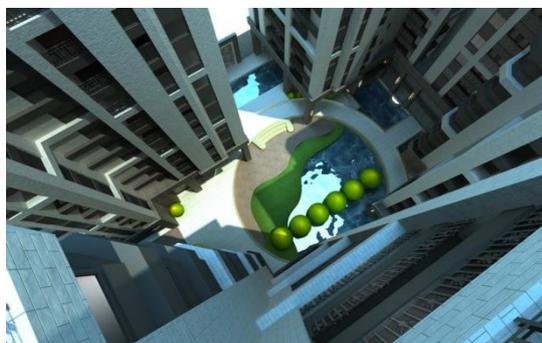


圖 4-16 電腦 3D 模擬圖

台兒莊兩岸古城園區中央數位空間設計案

本研究所實作的第二起案例為交通大學建築研究所於中國大陸山東省棗莊市的台兒莊兩岸古城園區中央數位空間設計案(圖 4.1);此設計團隊以數位建築設計為主,擅長於電腦輔助設計與製造,已慣用電腦媒材與業主進行設計報告或概念解說(圖 4.2、圖 4.3),而設計方案的呈現除了電腦製作的數位模型(圖 4.4)外,亦使用 RP (Rapid Prototyping) 快速成型機製作實體模型(圖 4.5)。



圖 4-1 台兒莊兩岸古城園區

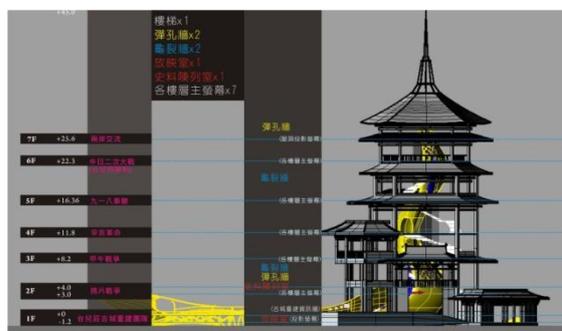


圖 4-2 設計概念解說

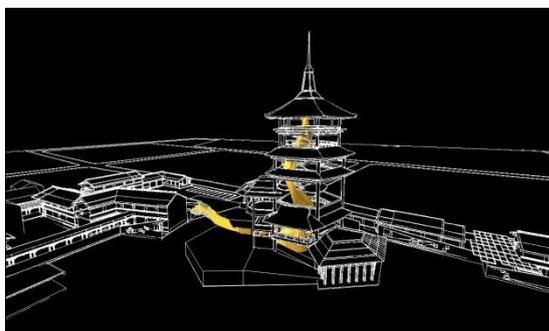


圖 4-3 量體與基地關係圖



圖 4-4 數位模型



圖 4-5 實體模型



圖 4-6 電腦日間模擬圖



圖 4-7 電腦夜間模擬圖



圖 4-8 電腦室內模擬圖



圖 4-9 電腦室內模擬圖

4.1.3 建築師與業主

華友聯高雄鳳新段集合住宅

華友聯高雄鳳新段集合住宅的大樓設計案，設計者為：弘憲聯合建築師事務所—羅仲廷建築師；業主為華友聯市地重劃股份有限公司；雙方進行設計溝通的模式以建築師手繪的 2D 平立面圖、透視圖搭配數張電腦 3D 模擬圖為輔，在本次 Quest3D 媒材實作前皆為如此。



圖 4-10 羅仲廷建築師



圖 4-11 華友聯建設公司代表

台兒莊兩岸古城園區中央數位空間設計案

台兒莊兩岸古城園區的中央數位空間設計案設計者為：交通大學建築研究所，業主為：山東省棗莊市政府陳偉市長，雙方進行溝通的模式以電腦簡報為主，簡報內容包含各式圖面與 3D 模擬圖，也曾在幾次會議當中以電腦動畫及開啟 3D 建模軟體。



圖 4-11 交大建築所設計團隊



圖 4-12 棗莊市陳偉市長及其團隊

4.2 實作過程

4.2.1 以 Quest3D 建置設計呈現媒材

提升觀看者的空間感受 (space feeling) 是使用者更容易閱讀設計的原因之一，Stanney (1997) 等人認為「控制」這個因素使人更加具備未實現空間的存在感 (sense of presence)，而「即時的互動」(interactivity real-time) 亦是產生存在感的關鍵因素之一，倘若加上「立即的控制」(immediacy of control) 將使用者所下的指令立即回饋將使空間體驗感大幅提升。此外，開門、風吹、倒影、水波等環境可變性 (environmental modifiability) 除了可增進使用者體驗設計的存在感外，也是靜態的 3D render 圖面外一種更擬真的呈現介面。

Quest3D 除了提供全環境的即時瀏覽，設計觀看者的視覺焦點隨著滑鼠移動而改變，畫面中的場景及物件也即時改變，亦可根據業主的喜好或需求提供指令 (input)，或在設計案中設置某些觸點 (triggers) 引起觀看者 (業主) 的注意，以立即性的反應讓觀看者產生興趣與高度互動，兩設計案透過 Quest3D 所實作的結果成為各建築師與業主進行設計討論的工具之一。

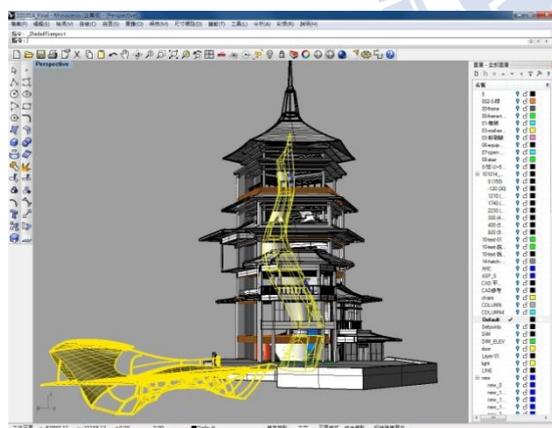


圖 4-12 自 Rhinoceros 匯出數位模型

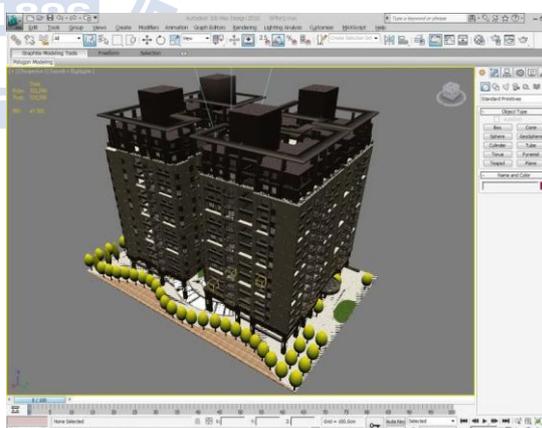


圖 4-13 以 3ds Max 編輯數位模型

無論 3D 建模軟體為何，將數位模型以附檔名 max、3ds 或 iges 導出後，經由 Autodesk 3ds Max 開啟 (圖 4-12、圖 4-13)，並於 3ds Max 內進行燈光設置與材質編修，待完成後透過 Autodesk 3ds Max 外掛軟體 PandoSoft (圖 4-14) 或輸出格式 COLLADA 以副檔名 (.X)、(.DAE) 匯出至軟體 Quest3D (圖 4-15)。



圖 4-14 3ds Max plug-in Pandasoft



圖 4-15 Quest3D

在軟體 3ds Max 中完成燈光設置與材質編輯後，透過 render to texture 指令（圖 4-16）以 lighting Map 形式將場景中光源所渲染至物件的效果混合至 3D 物件原材質中，一併輸出為大小 $2^n \times 2^n$ 的光影貼圖（圖 4-17）。此外，將物件選取後以（.X）及（.DAE）檔匯出（圖 4-18），物件材質與光影貼圖將分別被記錄於 3D 物件中並於匯入 Quest3D 再作細部編輯與調整（圖 4-19）

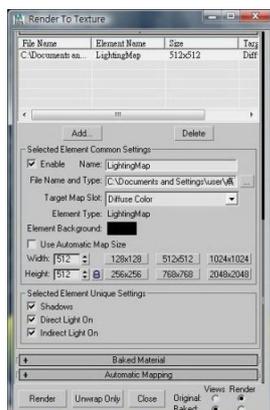


圖 4-16 render to texture

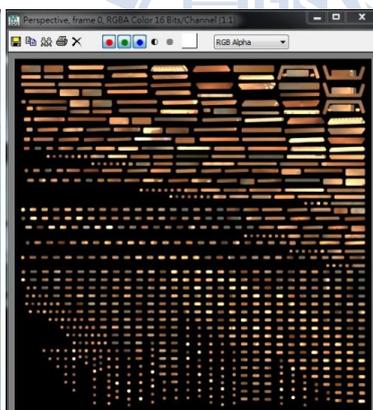


圖 4-17 光影貼圖

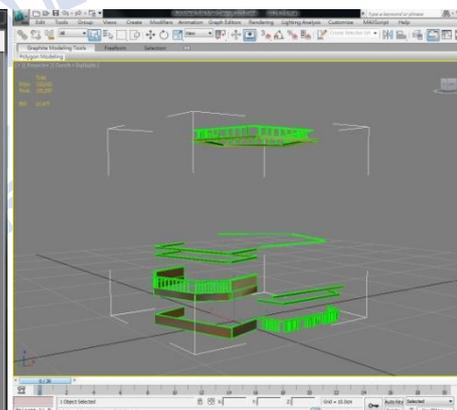


圖 4-18 選取物件進行匯出

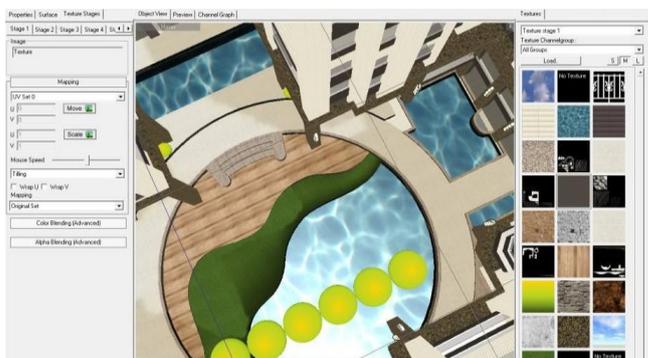


圖 4-19 Quest 3D 材質與光影編輯介面

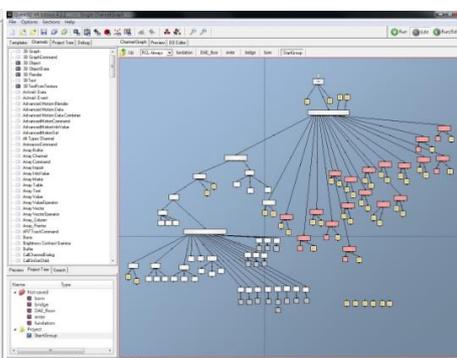


圖 4-20 Quest 3D 編輯介面

各物件匯入 Quest3D 後皆以 3D object 的方式顯示於編輯面板中 (圖 4-20)，而物件屬性則依照 3ds Max 中相對位置記錄於 motion 資料夾中，前段所提及的物件材質和光影效果則連結於物件 surface 下方 (圖 4-21)，至此，我們已初步將具備材質和光影的 3D 模型導入 Quest3D 場景中 (表 4-2)。而 Quest3D 提供全環境即時瀏覽的關鍵則在於 Walkthrough Camera 的建立 (圖 4-22)，此步驟使得操作者可透過第一人稱攝影機在數位模型內具有行進方向的主控權。

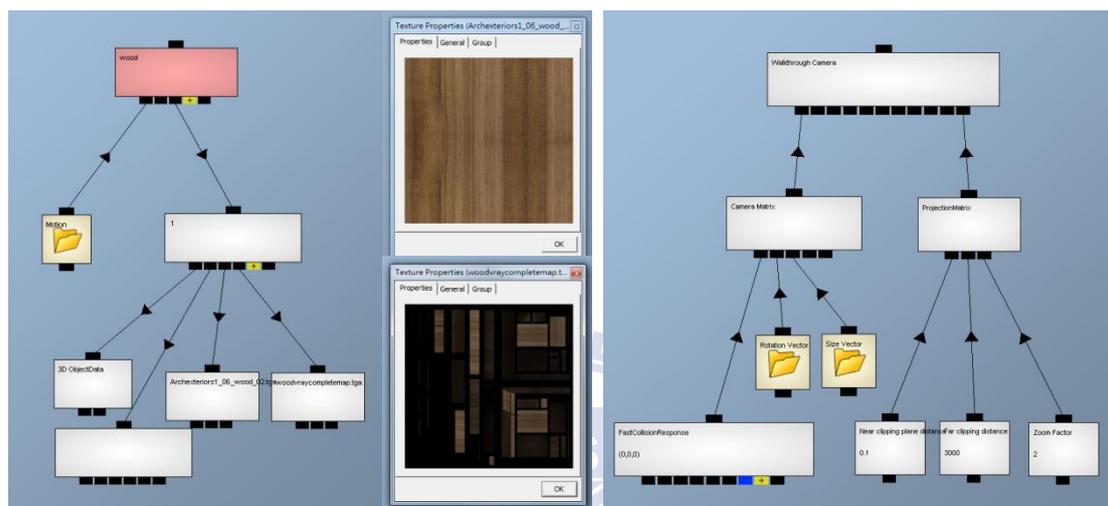


圖 4-21 Quest3D 貼圖 channel 圖 4-22 Walkthrough Camera 建立

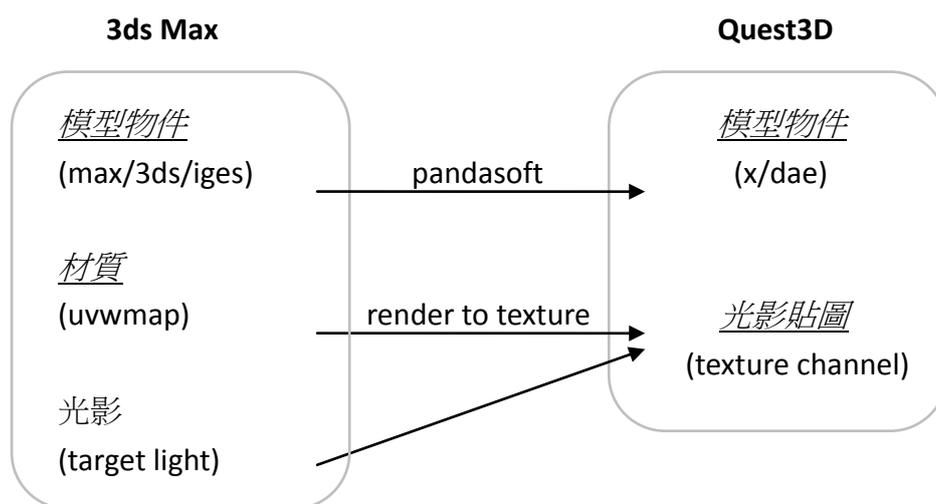


表 4-2 數位模型與材質於兩軟體間轉換

透過 Quest3D 的建置，業主得以同於實體模型般具備無拘束的視角與觀察位置轉移進行設計體驗，Quest3D 互動媒材呈現出一個模擬的環境與空間，除了使觀看者更易於了解形體、動線、樓梯、開口等空間關係外，擁有操控主動權是最別於其他呈現媒材的優勢。

完成簡單的介面建置後（圖 4-23、圖 4-24），除了實際參與建築師與業主的設計討論評估是否如預期的達成目標外，為了克服實務製作的技術問題以利加速與業界的結合，我們將電腦模型從繪圖軟體到 Quest3D 的建置步驟整理為一套簡易的流程，期望這樣的呈現介面在不久的將來將被廣為運用，無論給予建築設計者與其業主或評圖者與學生，在設計溝通時節省認知落差，也期望溝通媒材不再只是一種影像式的觀察，而是能提供建築空間更好的模擬，於建築尚未被實現前得以評估與感知。

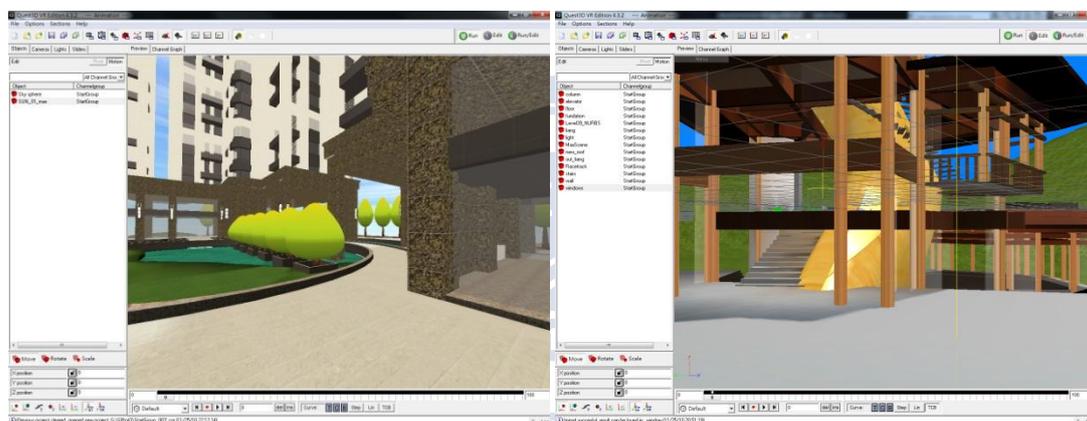


圖 4-23 建置完成的 Quest3D 介面

圖 4-24 建置完成的 Quest3D 介面

4.2.2 加入 Quest3D 為設計呈現的結果

承 4.1.1 小節所提及「建築量體造型」、「內部空間呈現」、「空間量體比例」、「動線關係」、「材質」、「視覺動態」與「操控權」等七項設計媒材呈現因子，我們在 Quest3D 加入的設計討論後，以簡單的等距評量法（graphic rating scale）作為業主與設計案其他媒材相比較的依據，等級 1、2、3、4 分別表示業主透過該呈現媒材閱讀設計時所能感受由「弱」到「強」的程度，而在進行評量的同時，我們也希望業主以敘述性（descriptive）的方式將他在各媒材中對於各因子不同的感受程度以口說的方式陳述。

華友聯高雄鳳新段集合住宅

此次會議以大樓中央的景觀設計定案為主要目的，包含一樓商家、大廳、中庭造景以及公共場域的配置。建築師將往常慣用的電腦 3D 模擬圖及手繪稿備妥，不同的是在報告前建築師特別向業主提到待會彼此可透過鍵盤滑鼠在虛擬模型中自由的遊走（圖 4-25、圖 4-26、圖 4-27、圖 4-28）。

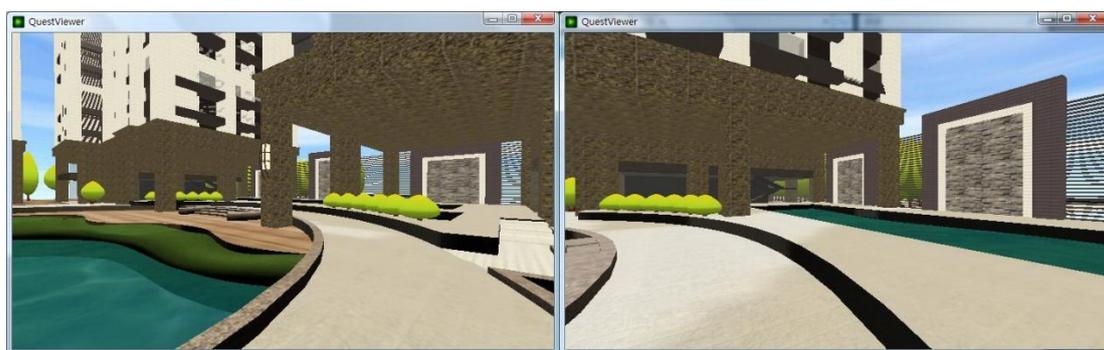


圖 4-25 建置完成的瀏覽介面

圖 4-26 建置完成的瀏覽介面

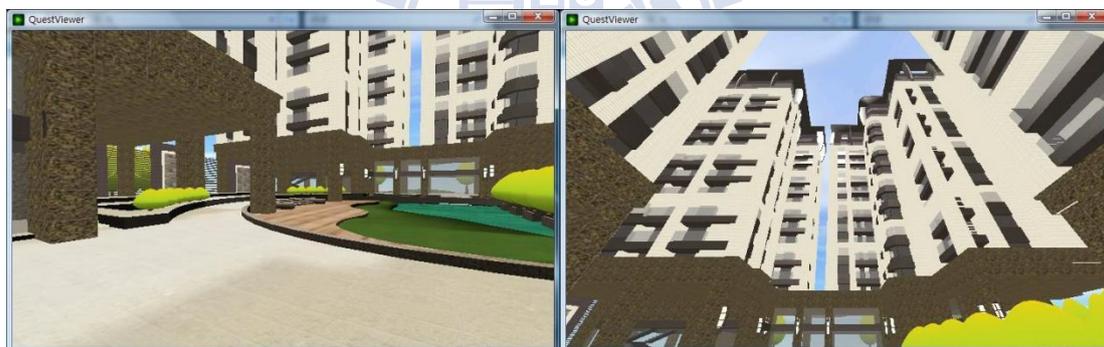


圖 4-27 建置完成的瀏覽介面

圖 4-28 建置完成的瀏覽介面

從建築師進行設計報告的過程（圖 4-29）可觀察出這樣的呈現方式已成為建築師即時呈現的工具，業主聆聽報告的過程頻繁的低頭一抬頭，視線在桌上的全區平面圖與 Quest3D 投影螢幕間不斷移動，相較之下 render 圖則是被晾置一旁；各空間、廊道、公用設備等比例及尺度問題業主可透過畫面直接詢問，隨著畫面移動需再修改的細節同樣可即時檢視，以第一人稱的瀏覽方式使得雙方在投影螢幕前任意比劃如同在真實尺度（full-scale）中討論（圖 4-30）。對於此案具備建築背景的業主而言，在全區平面配置圖與 Quest3D 間可立即對照獲得立體的視覺圖像，使得雙方對於設計案的認知落差減至最低。



圖 4-29 以傳統媒材進行設計報告



圖 4-30 以 Quest 3D 進行設計報告

設計討論結束後，建築師對於這樣的媒材給予高度肯定，並對此媒材提高雙方進行設計討論時的「方便性」相當讚賞，他們不需要再花費大量的時間製作一張張的投影片（render 圖）可以立即的和業主在會議上「看完設計」。但另一方面 Quest3D 在建築材質及光影的呈現上無法像以往 V-Ray 單張 render 那樣的精細，這使得畫面呈現的精緻度稍差了些，這部分可能還是需要將重點以 render 呈現，這也是建築師認為 Quest3D 呈現媒材唯一的小缺點。

在量體造型部分，業主表示整體外觀他只需要幾張簡單的電腦圖就可以知道他要的樣式為何，但在空間呈現上業主則覺得能在內部行走可以清楚交代每個空間區塊的關係甚至進一步了解哪裡跟哪裡的長寬高多少、有沒有需要再修改，但傳統工程圖上所標示的數字對他而言是更精確的媒材，只是 Quest3D 的輔助讓他能預先「看到」；而材質的部分，業主表示在設計案尚未完全定案前都只是看模擬效果，這方面如同整體外觀，電腦 3D 圖面的效果較好，那操控權或者說動態這種東西當然這種新的呈現方式是強項；整體來說，業主覺得這樣東西確實在幫助設計溝通，也減少許多不必要的盲點。將業主於設計案各媒材對於七種因子的感受程度表列如下（表 4-3），總平均後得：Quest3D（3.29）>2D 圖面（2.86）>3D render（2.43）>手繪 sketch（1.43）。

因子 呈現媒材	量體 造型	空間 呈現	空間 比例	動線 關係	材質	視覺 動態	操控權	平均
2D 圖面	1	3	4	4	1	4	3	2.86
手繪 sketch	2	1	1	2	2	1	1	1.43
實體模型	—	—	—	—	—	—	—	
3D render	4	2	2	1	4	2	2	2.43
3D 動畫	—	—	—	—	—	—	—	
Quest 3D 互動呈現	3	4	3	3	3	3	4	3.29

表 4-3 各媒材給予業主因子的強弱關係比較 (4>3>2>1)

台兒莊兩岸古城園區中央數位空間設計案

不同於一般垂直水平的設計方案，自由形體增添了業主於設計閱讀上的複雜度，無論立面圖或剖面圖皆僅能單就東西南北向做呈現，使得業主難以自 2D 圖面了解自由形體造型、空間呈現等關係，因此本案設計者極少利用 2D 平面媒材作為雙方溝通依據；設計團隊已慣用電腦媒材與業主進行設計報告或概念解說，雙方進行溝通的模式皆以電腦簡報為主（圖 4-31），簡報內容包含各式設計概念圖與大量 3D 模擬圖，而可供業主自由轉向、移動至不同視角觀察的實體模型亦為本案呈現復興樓主體與中央數位空間關係重要的媒材之一。



圖 4-31 以數位媒材進行設計報告

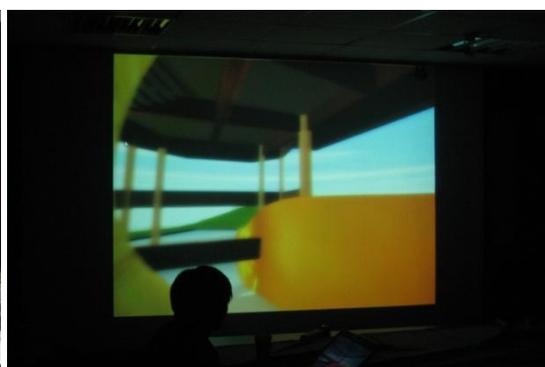


圖 4-32 以 Quest 3D 呈現設計

以 Quest3D 互動媒材呈現自由形體設計案的過程（圖 4-32）突顯了連續視覺經驗於設計溝過程的重要性，對於無任何建築設計經驗的業主而言，實體模型並無法使他們「自室內」感受自由形體以及體驗「從裡面看出去的感覺」，儘管 3D 模擬圖提供了業主完整的視覺經驗與設計呈現，但一張張圖面對於自由形體的呈現更顯片段如同定格於室內某處。將建置完成的瀏覽介面（圖 4-33、圖 4-34、圖 4-35、圖 4-36）經由投影螢幕的播放，業主可透過鍵盤滑鼠「想看哪兒就看哪兒」、「每個角度皆可清楚」、「以人的角度觀賞設計」。

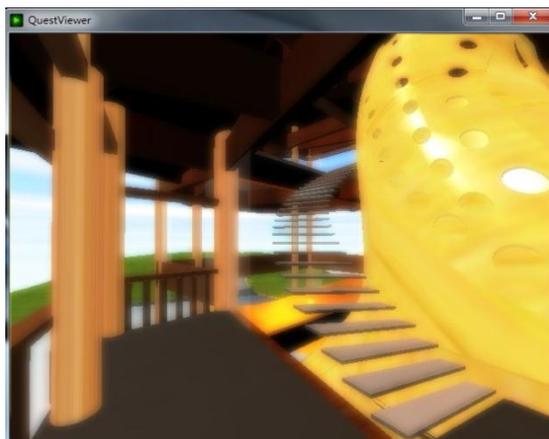


圖 4-33 建置完成的瀏覽介面

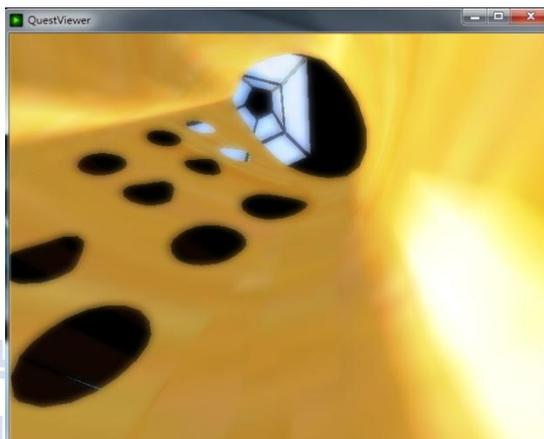


圖 4-34 建置完成的瀏覽介面

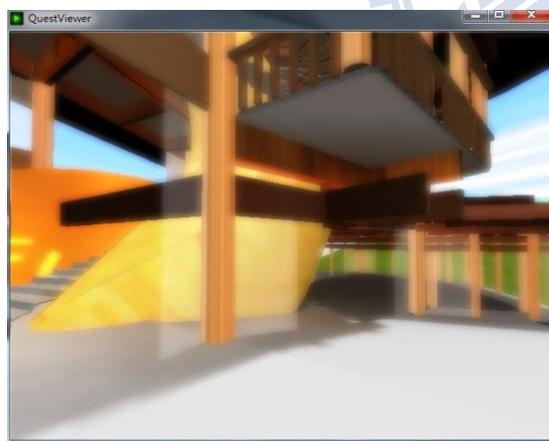


圖 4-35 建置完成的瀏覽介面

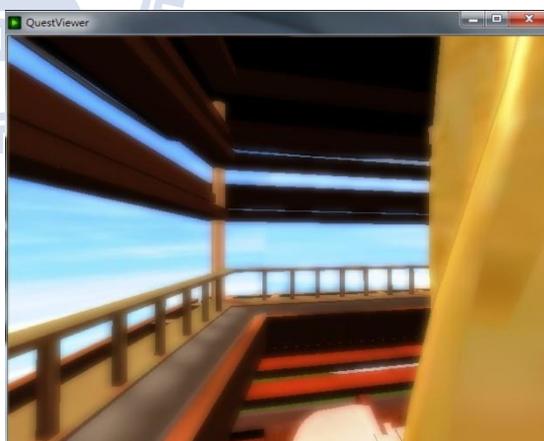


圖 4-36 建置完成的瀏覽介面

與此案其他呈現媒材：實體模型、3D 模擬圖相比，業主認為有了 Quest3D 的操作經驗後顯得實體模型對於室內呈現不夠清楚，對於空間經驗的建立必須縮小到模型裡用想像的，而 3D render 雖然清楚的呈現量體內部構造與空間動線但相較之下觀看的視角卻是不可移動的，Quest3D 帶來的身歷其境，使操作者知道經過開口某處要閃，遇到樑要低頭等…「人」的感受非常強烈。

但讓業主感到不便之處為：假設想到五樓看看，他必須一層一層的爬上去，有時會讓業主覺得先看圖面可能比較快，假設可以直接切換到想前往的樓層會帶來更多閱讀設計的便利。此外，沒有放置任何傢俱擺設的空間會使業主失去對照的依據以致迷失身處何處或不清楚空間機能為何，因此需要圖面來輔助解說。但對於此案而言，業主蠻確定 Quest3D 可以取代掉 3D 模擬圖，除非在想了解材質時圖面沒有標或沒有真實材料對照，才會想透過 3D 模擬圖了解。

下表（表 4-4）為業主於台兒莊兩岸古城園區中央數位空間設計案中各媒材對於七種因子的感受程度，總平均後得：Quest3D（3.43）>3D render（2.29）＝實體模型（2.29）>2D 圖面（2.00）。

因子 呈現媒材	量體 造型	空間 呈現	空間 比例	動線 關係	材質	視覺 動態	操控權	平均
2D 圖面	1	2	2	4	1	2	2	2.00
手繪 sketch	—	—	—	—	—	—	—	
實體模型	4	1	1	2	2	3	3	2.29
3D render	2	4	3	1	4	1	1	2.29
3D 動畫	—	—	—	—	—	—	—	
Quest 3D 互動呈現	3	3	4	3	3	4	4	3.43

表 4-4 各媒材給予業主因子的強弱關係比較（4>3>2>1）

4.3 歸納與分析

在實際參與及完成華友聯高雄鳳新段集合住宅、台兒莊兩岸古城園區中央數位空間兩進行中的設計案實作後，此節綜合前一章訪談研究所得初步現象，將建築師與業主於設計討論過程的記錄、實作 Quest3D 過程建築師給予的意見以及最後業主接受敘述性評量的過程與評量結果進行分析，並將四點現象深入如下：

現象一：多數建築設計者對於設計呈現方式已有既定的使用經驗，假若業主無提出特別要求並不會主動提供其他呈現方式。

設計發展階段，多數設計者仍習慣採取簡易且易修改的手繪或 2D 圖與業主進行討論，假若業主有更進一步的需求或者設計進入尾聲時，才會透過 3D render 圖或者實體樣品給予影像式的連結，他們找尋了可立即產生圖像的媒材當作呈現工具；對於偏好透過紙筆表達設計的設計者來說，即便電腦模型或 3D 合成圖可營造具擬真感、材質感與空間感的氛圍呈現予業主，但面對實際施工和業主可能反覆修改的不確定性，他們反倒不是這麼推崇這項工具。

反觀擅用電腦媒材的建築設計者透過 3D 模型，運算了大量的彩現圖模擬尚未實現的設計與業主進行各類設計方案的討論，他們認為現階段的呈現媒材中，電腦模型是最能將設計重心一次到位呈現予業主，尤其當業主本身並不具備建築設計相關經驗，面對未知的一切或許多專有名詞的困惑，他們寧可藉由電腦媒材的呈現省去可能造成的認知落差。然而電腦媒材中的另一項呈現方式—動畫，雖然可以表現出空間關係、是一種視覺連續的空間經驗，但在設計溝通過程中需要的是修改、討論、再修改的步驟，相對耗時製作的動畫反倒不是大家喜歡使用的。

過去建築設計者自身的媒材限制與既有印象迫使業主「有什麼，看什麼」，而能否有效閱讀與理解設計則必須取決於設計者所選用的工具。從本章實作結果發現，為兩設計案以 Quest3D 量身製作的互動呈現方式對於雙方在設計溝通過程帶來了助益與便利，除了業主樂在其中外，建築師亦不排斥使用這樣的媒材解說設計。但不可否認，此為設計案時間成本外所附加的呈現方式，回歸現實面仍需將業主是否有此需求提出或足夠預算為考量前提。

現象二：建築師與業主對於自由瀏覽於數位模型中的呈現方式皆感興趣，而「操控權」與「視覺動態」為溝通過程中雙方互動的重要因子。

今日常見的設計發表場景，常是多數人盯著投影螢幕或電腦畫面，設計者擁有多數的操控權，業主與觀看者只能透過雷射筆或口述的方式與設計者溝通或表達個人想法，但對於設計觀看者擁有呈現媒材操控權與否是否能幫助閱讀設計，一直以來並不受到討論，致使本研究希望透過不同的呈現方式，建築設計呈現媒材不再只是設計者單向的表現工具，觀看者於設計溝通過程亦不再屈就於現有媒材的限制。

其實，實體模型使觀看者得以無拘束的轉移視角甚至在手中任意旋轉改變觀看位置，已提供了設計觀看者媒材的操控權；此外，擅於使用數位媒材的設計者開啟 3D 建模軟體聽由業主指揮翻轉及調整數位模型，亦是掌握媒材操控權的表現。另一方面，擅長手繪的設計者可在設計討論過程同時描繪圖像輔以解說，對於業主而言，具先後順序出現的圖像與穿梭於虛擬空間的電腦動畫同樣具有動態的視覺感受。

從研究結果可看出，設計觀看者與業主對於以第一人稱遊走（navigation）於 3D 虛擬模型中皆感到高度興趣，這樣的經驗也被投射到曾經玩過的電腦遊戲景象，再再表示使用者對於這樣的操作介面其實並不感到陌生，而是對於這樣的呈現方式能被應用在建築設計上感到新鮮。另一方面，案例實作過程中 Quest3D 的呈現方式不論在建築師給予的評論或業主的口述評量，「可即時瀏覽」與「能自由走動」是獲得迴響的主要原因，同樣也是 Quest3D 參與建築設計案的優勢，設計觀看者可隨意操作於數位模型中即時瀏覽設計，使得「視覺動態」與「操控權」為本研究定義建築設計溝通過程中重要的因子。

現象三：互動式呈現媒材在設計溝通因子的相對落差小，可取代同時存在的多種媒材，減少業主在溝通過程中的認知負荷。

從華友聯案的設計討論場合，我們觀察到業主在 2D 平面媒材與投影螢幕間頻繁的對照（圖 4-37、圖 4-38），對於業主而言，平面圖仍是他了解全區規劃和量體配置狀況最直接且精準的媒材，而 Quest3D 則成為他可隨意走動觀看以及將平面圖像立體化的工具；在本案，Quest3D 除了成為雙方即時討論的工具外，同時也取代了 3D 電腦模擬圖及少部分的手繪圖。



圖 4-37 以 Quest 3D 進行討論



圖 4-38 以 2D 圖面對照立體影像

台兒莊兩岸古城園區中央數位空間屬自由形體設計案，即便虛擬實境與第一人稱式的瀏覽方式於自由形體上的應用實屬另一議題，但從業主操作 Quest3D 的過程中頻頻於自由形體內「抬頭望」的動作可看出，即使業主已透過簡報與大量的 3D 模擬圖了解曲面造型及自由形體空間構造，Quest3D 仍扮演業主連結先前所觀看的各圖面以及用以確認所有細節的工具。

從兩案業主等距評量法的結果發現，Quest3D 呈現媒材在七項因子中所得的量測強度皆在其他媒材的平均之上，且兩案皆以最高與次高分數囊括所有項目（表 4-5、表 4-6）在各設計溝通因子的呈現落差小；華友聯案業主為具備建築經驗的建設公司老闆，對於空間想像與實際建造間的落差原本就較一般無建築背景的業主要小，因此精準的 2D 平、立面圖即可將量體比例、空間關係與空間尺寸交代清楚，而 Quest3D 則是以具象化造型、材質等建築元素；Quest3D 與 2D 工程圖面在此案中為建築師與業主溝通過程中相互補外，也取代了其他媒材存在的必要性。而台兒莊案中業主脫口而出「我認為 Quest3D 可以取代 3D 模擬圖，除非想了解材質時圖面沒有標或沒有真實材料對照，才會想透過 3D 模擬圖了解」，可看出 3D render 圖除了在內部的擬真度與材質表現略優於 Quest3D 外，業主幾乎透過 Quest3D 即可清楚了解設計。

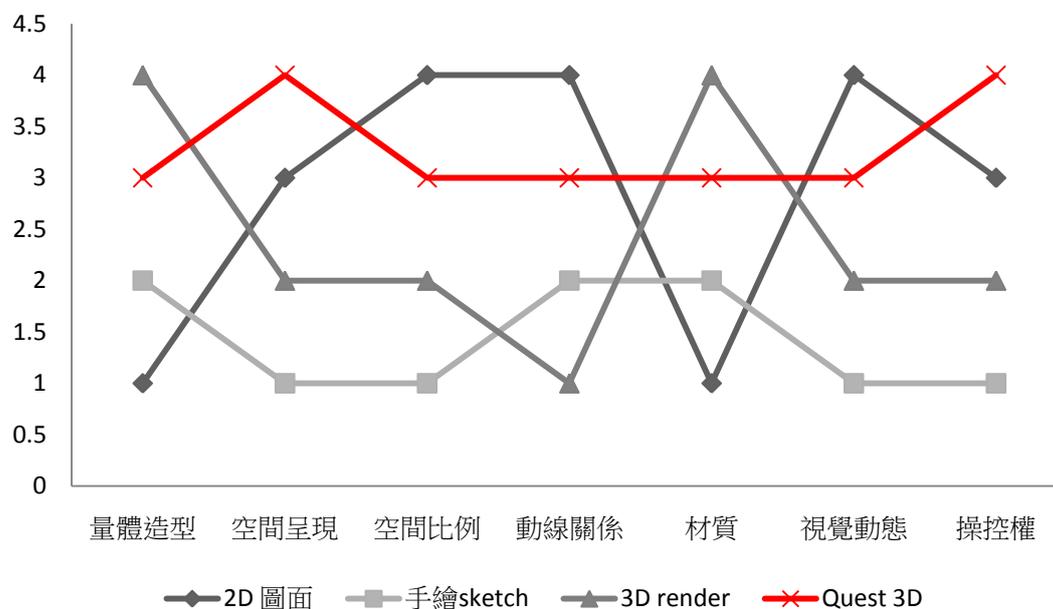


表 4-5 華友聯案業主對於各媒材與七項因子評量圖

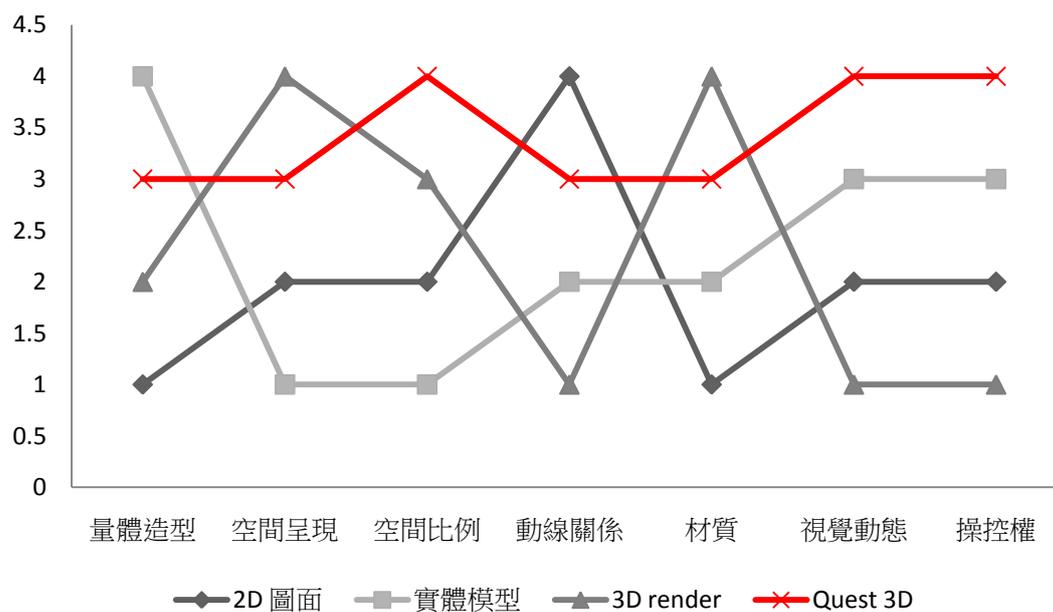


表 4-6 台兒莊業主對於各媒材與七項因子評量圖

現象四：以 Quest3D 為例的互動式呈現媒材在設計溝通過程提供高完整度的因子呈現，可滿足業界多數設計案業主的需求。

設計者透過各媒材所傳達的因子能否有效被呈現媒材的接收端—設計觀看者所了解是本研究欲釐清的項目之一；綜合前章訪談研究與本章實作研究所得結果，將設計觀看者口述與評量數據加權後，表列設計觀看者（業主）於建築設計溝通過程透過各媒材對於七項溝通因子的效力（表 4-7）：

對於設計觀看者而言，量體造型是建築設計案中最直接受到關注的因子，從簡單的手繪線條到逼真的電腦 3D 模擬圖，無論建築量體內外部，單就空間造型而言皆屬靜態影像的呈現，近年設計者習於利用精緻的 3D 模擬圖使觀看者一眼藉由單張圖面了解設計「長相」；而實體模型除了在製作上較費時外，可提供設計觀看者無拘束的觀看角度得以掌握整體；唯獨平、立、剖面圖對於一般設計觀看者並無法有效將 2D 與 3D 間進行抽象式的影像連結，在設計溝通過程對於觀看者是無法傳遞量體造型的；Quest3D 的呈現方式以「人」的高度為視點，對於觀看者而言並無法如 3D render 圖或實體模型直接以高處俯視，於數位模型中任意遊走使其同樣具備掌握整體的特性，但並非設計觀看者用以了解量體造型的主要媒材。

	量體造型	空間呈現	空間比例	動線關係	材質	視覺動態	操控權
2D 圖面	—	—	○	○	—	—	—
手繪 sketch	○	○	○	○	—	○	—
實體模型	●	○	●	●	—	●	●
3D render	●	●	○	—	●	—	—
3D 動畫	●	●	●	●	●	●	—
Quest 3D 互動呈現	●	●	●	●	●	●	●

表 4-7 設計觀看者（業主）對各媒材之認知

- 觀看者可直接由該媒材獲取溝通因子
- 需經由設計者透過講解或其他方式輔助解說
- 對觀看者而言該媒材無法傳遞此因子

數位媒材提供了各種模擬情境供設計觀看者（業主）想像未實現空間的可能性，家具擺設、燈光效果、建築材料等皆可透過電腦合成與模擬；因此，量體內部的空間關係、種類、機能甚至材料等呈現透過數位媒材即可輕易營造具擬真感、材質感與空間感的氛圍。在建築材質的表現上，透過傳統媒材的觀看者必須以平、立面圖像、實體模型與真實材料樣板和實景照片將抽象思考與真實材質聯想；數位媒材的出現撫平了傳統媒材設計觀看者對於小尺寸材料放大至全尺寸（full-scale）造成的認知落差，3D 媒材可一次到位的模擬完工後的景象使觀看者獲得具體的視覺經驗。整理來說，無論靜態的 3D render 圖、具時間軸向的電腦 3D 動畫、甚至觀看者可自由操作的互動呈現媒材，在建築設計的空間呈現與材質表現上皆具優勢。

空間尺寸是大多數業主在設計溝通過程常提出的問題，房間有多大、幾坪、挑高多高、能放得下什麼、適合當什麼等…亦與空間機能相輔相成；2D 圖面標示了精確的數字供業主了解空間尺度，但對於毫無尺寸概念的業主而言，五公尺長、三公尺高的空間想像仍難於 2D 圖面中獲得對照，建築師除了以現實空間或真實物件做比喻外，在立體空間的呈現上則於實體模型中置入「比例人」輔以解說，

試圖使業主在巨觀的角度投身於模型中想像人與量體間的關係。在電腦 3D 模擬圖的呈現上，render 攝影機的取景角度皆為設計方所設定，已無法單從圖面取角判定「人」的視點，觀看者僅能透過 render 圖中的樓梯、門窗、燈或家具擺設及合成人像與真實世界的經驗相做連結。而電腦動畫與 Quest3D 具備時間向度，使得觀看者經由穿梭於數位模型內前進與移動的距離感知空間尺寸，相較於實體模型全尺寸的呈現，電腦動畫與 Quest3D 則以微觀的方式呈現空間比例關係。

不論業主具備建築背景與否，2D 圖面與模型長期以來一直是設計者用以表現空間與動線關係的主要工具，雖然 3D 媒材具備高擬真度，但觀看者在瀏覽單一畫面時缺少了與其他空間相作連結的影像，使得空間與空間的關係難以被釐清，或者設計者必須片段式的跳躍解說串起空間結構；Quest3D 所帶來的呈現方式提供設計觀看者直接將 2D 圖面立體化的視覺經驗，如同實體模型內的比例人可恣意遊走其中擁有空間感；Quest3D 除了具備數位媒材精準的材料、光線模擬能力外，如同電腦動畫可以「人」的高度於各空間瀏覽，在設計溝通過程透過設計者的解說得以更清楚了解空間動線關係，使觀看者藉由視覺感知清楚體驗將實現的設計案。

而電腦動畫穿梭於各樓層間的路徑自起點到終點皆須經由虛擬攝影機預先的路徑安排與設定，對於觀看者而言並無操控此媒材的權力，屬於單向的設計呈現；Quest3D 與實體模型提供設計觀看者全環境的即時瀏覽，透過觀看位置與視角的改變，觀看者可於陌生的空間內任意探索（exploration）獲取動態的視覺圖像經驗；此外，藉由設計案討論過程設計者即時的手繪與解說，觀看者亦可掌握空間生成的先後順序達成部分連續視覺的效果。Quest3D 在設計呈現上是一種表現真實的虛擬空間生產系統，操作者經由空間、光影、材質等視覺化呈現與情境式描述強化空間架構的連結，除了是人機介面與溝通方式在建築設計呈現方式的演進外，也實現了使用者對於空間經驗的想像。

5. 結論與後續研究

5.1 研究結論

本研究目的並非單一推崇 Quest3D 或歌頌任何軟體工具，而是探討以第一人稱的瀏覽方式應用於呈現建築設計案的可能，期望透過研究證實其在建築設計溝通過程中的可行性。在第三章的訪談研究中，我們先假設 Quest3D 為一種建築設計呈現媒材，以這樣的呈現方式敘述一個建築設計案，並供受訪者自行操控，從執業多年的建築設計者與一般設計觀看者的訪談內容可看出雙方對於 Quest3D 應用於建築設計一致感到新鮮。

在此之前，設計者對於現有的設計呈現媒材已有既定的認知與使用定義，習慣利用非數位表現方式的設計者因擔憂設計反覆修改的不確定性而較避諱使用 3D render 甚至電腦動畫，反觀擅於使用數位工具的設計者則是以 Quest3D 的製作難度與時間成本為考量，設計者所選擇的表現法與自身的媒材限制成了設計溝通過程中觀看者對於設計因子能否有效吸收的關鍵。另一方面，我們從執業中的建築設計者與具建築設計經驗的觀看者訪談內容得知，多數業主對於設計案呈現的方式常有「要求高、敏銳度低」的現象，在設計預算的限制下，他們寧可善用自己熟悉的媒材將圖面精緻化後配合手繪與口說解決溝通過程可能遇到的問題。

從 Quest3D 為範例的建築設計呈現過程與受訪者的訪談結果，我們發現建築設計的呈現除了量體造型、內部空間呈現、空間比例、動線關係與材質等為溝通因子外，即時瀏覽與自由走動是多數受訪者認為更能幫助設計溝通的元素，因此我們將「視覺動態」與「操控權」列為建築師與業主進行設計呈現時重要的溝通因子並於第四章的案例實作中得到驗證，此兩因子得以加強設計觀看者（業主）對於平面與立體間的連結，業主於數位模型內的探索過程亦可經由空間、光影、材質等視覺化呈現與情境式描述強化空間架構的連結。

以 Quest3D 為例的呈現方式在多數設計觀看者了解建築設計案的過程是有迫切需求的，但建築設計者在「不知道有這樣的媒材」與「業主並沒有提出這樣的需

求」兩種狀況下並不會主動使用如此的互動式呈現媒材。因此本研究特別為兩進行中的設計案建置 Quest3D 互動瀏覽介面，除了實際參與記錄外，並於會後對業主進行等距評量法和開放式訪談；自評量結果可明顯看出互動瀏覽介面除了可清楚傳遞各建築元素外，對於各設計因子在建築案中的呈現非常平均，具備高取代性，而建築師對於自己的設計案能如同遊戲場景般供業主自由走動也感到新奇。

本研究最後將互動式呈現媒材在建築設計應用上的四點現象條列如下：

- 一、多數建築設計者對於設計呈現方式已有既定的使用經驗，假若業主無提出特別要求並不會主動提供其他呈現方式。
- 二、建築師與業主對於自由瀏覽於數位模型中的呈現方式皆感興趣，而「操控權」與「視覺動態」為溝通過程中雙方互動的重要因子。
- 三、互動式呈現媒材在設計溝通因子的相對落差小，可取代同時存在的多種媒材，減少業主在溝通過程中的認知負荷。
- 四、以 Quest3D 為例的互動式呈現媒材在設計溝通過程提供高完整度的因子呈現，可滿足業界多數設計案業主的需求。



5.2 研究貢獻

身處數位無所不在的時代，面對日新月異的科技，數位媒材（Digital media）已對於建築設計的設計思考、設計流程、設計認知甚至電腦輔助製造有著深遠的改變，如何將新科技、新應用導入建築領域，使數位科技轉化為未來建築設計的元件是本研究致力的目標。如 1980 年電腦圖學與模擬技術大幅進步至 1990 年數位影像處理與 3D 技術的成熟，電腦繪圖軟體如雨後春筍紛紛崛起，使得建築設計的呈現方式由原本的手繪圖面轉為精緻的 3D 模擬圖，建築設計者因而改變、設計觀看者因而習慣。2010 的今天，電影阿凡達所帶來的 3D 效應與立體顯示技術的成熟發展，我們已不需要在大型且複雜的設備中觀看立體影像，透過平面顯示器及偏光眼鏡、甚至 3D 裸眼顯示器，家庭 3D 得以實現。新科技跑得快，但我們對於媒材更替的步伐卻相較緩慢，也許是大家安於現狀，也許是有一方的人有迫切的需求但尚未受到重視。

本研究將數位模型從 3D 建模軟體至以 Quest3D 為例的互動呈現軟體流程整理為下列步驟作為研究貢獻之一：

- 一、無論建模軟體為何，將數位模型以附檔名 max、3ds 或 iges 導出後經由 Autodesk 3ds Max 開啟並於 3ds Max 內進行燈光設置與材質編修。
- 二、光影效果部分，透過 render to texture 指令以 lighting Map 形式將場景中光源所渲染至物件的效果輸出為大小 $2^n \times 2^n$ 的光影貼圖 jpg 或 tga 檔。
- 三、模型物件部分，透過 Autodesk 3ds Max 外掛軟體 Pandasoft 或輸出格式 COLLADA 以副檔名 X、dae 將物件分別匯出。
- 四、開啟 Quest3D 後將 Walkthrough Scene 拖曳至編輯介面中取得以第一人稱瀏覽的介面功能。
- 五、將匯入的物件個別連結至 render channel 下方。至此我們已可在 Quest3D 的編輯模式下於無光影效果的數位模型內自由遊走。
- 六、至 Texture Stages 內將光影效果於 Stage 2 進行 MODULATE 的貼圖混合，因此物件材質與光影效果可於模型表面合併後呈現。

從上述步驟已可建置簡單的互動瀏覽介面提供建築設計案全環境的即時瀏覽，無論給予建築設計者與其業主、評圖者與學生、設計者與施工者，希望其在設計溝通過程可以更精確理解及降低雙方認知上的差異，得以於未實現建築中評估與感知，不再只是一種影像式的觀察。此外，全環境的即時瀏覽亦可應用於建築教育中，建築學者可將消失不復見的古蹟或距離遙遠的名史建物以數位模型的方式作為課堂講解的依據，提供建築空間更好的模擬以取代口述或圖像的陳述。遊戲製作軟體同樣具備如此第一人稱式的呈現介面，且擁有更擬真的環境特效並已開放遊戲引擎供大眾使用，隨著平面 3D 顯示技術的成熟，立體視覺在建築設計的呈現上更加強了數位模型在量體感和視覺深度感上的不足，未來建築設計者、室內設計師一如往常的帶著筆記型電腦甚至 i-phone、android 平台等行動裝置與業主進行設計討論，透過互動式瀏覽介面與 3D 平面顯示器可與業主一同沉浸其中體驗彼此共同的設計案。

5.3 研究限制

本研究在軟體 Quest3D 所製作的互動式呈現媒材實際介入進行中的建築設計案之前，透過一建築案例的實作與數名建築設計者和一般設計觀看者進行訪談研究，雖從此案其它表現法相互比較與最終的訪談結果看出，雙方對於此即時瀏覽的呈

現方式躍躍欲試及一致給予好評，但對於此案例的建築形式及表現法感知能力因人而異，且受訪者對於 Quest3D 的呈現方式本來就感到新鮮，無法確認設計呈現媒材的不足，此為本研究限制之一。

呈現媒材 2D 圖面、手繪 sketch、實體模型、3D render 及 3D 動畫等皆於一設計案中被採用並不容易，本研究挑選一集合住宅案例與一自由形體設計案皆無使用動畫作為呈現方式為另一限制。在實際為兩進行中的案例建置互動式瀏覽介面並成為建築師與業主進行設計簡報與討論時的一項新媒材後，雖從參與過程與業主評量再次確認此媒材確實為雙方的設計溝通過程帶來便利以及減低媒材負擔與認知落差，但此實作為研究之用故無支付酬勞等主從關係，對於日後真正落實於建築設計案是否可行亦為本研究限制。

由於訪談研究所涉及的訪談問題、訪談步驟、訪談對象等較為繁瑣，因而參與本研究的受測者數量較少，僅能為一項新的建築設計呈現媒材進行初步的分析與探討，為求訪談結果的可信度與準確性，未來在受測題目的設定與受測人數的增加及統計理論的應用，都是不可缺乏的因素。此外，缺乏全環境即時瀏覽與平面 3D 顯示技術應用於建築師與其業主在設計溝通等的相關案例，對於本研究於案例引述與文獻參考上較不易取得同樣為本研究限制。

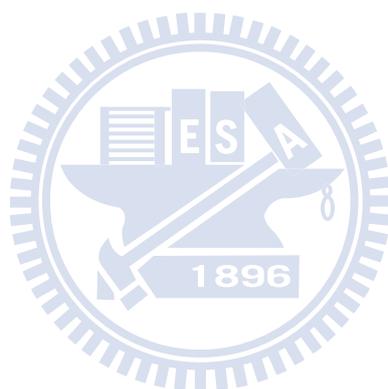


5.4 後續研究

建築設計媒材早在電腦尚未發展成熟之時，即有許多關於建築呈現方式與傳統媒材的相關研究，而電腦數位媒材化設計的演進，使得電腦成為設計思考、設計呈現甚至評估建造方式的主流媒材，數位媒材提供了設計者更多傳達設計的方式，藉此更完善地傳達設計概念與想法，使得電腦成為設計發表場合中極為重要的角色。

在一次參訪台積電於新竹科學園區廠房的施工過程中，我們發現建築部門外聘軟體公司開發了一套同樣具備可於虛擬模型中即時瀏覽的軟體，設計部門必須在開工前將如此浩大且需完全精準的工程給予無任何建築背景的上司了解。面對絲毫不可誤差的科技廠房建案，若單以圖面或 3D 模擬圖恐怕無法精準描述且易造成認知落差，此軟體的生成目的即是讓兩不同專業領域間的溝通過程有即時 3D 影像對照。此外，在需要特別注意的施工細節同樣可透過此軟體請工班先行了解，提醒施工者於該處需格外注意。

另一方面，不同於垂直水平的建築設計案，業主與設計觀看者對於自由形體的閱讀方式已不同於過去透過二維圖面或單張電腦模擬圖的理解能力，互動式瀏覽為觀看者帶來連續的視覺經驗與身在自由形體建築內的體驗方式亦列為本研究後續研究之一。回顧媒材歷史的發展，當舊媒材無法解決設計問題的時候，就必須依賴新媒材來解決，以 Quest3D 為例的互動式呈現媒材已在許多有如此需求的建築設計案中被使用，本研究以訪談與實作兩步驟拋出互動式呈現媒材應用於建築設計的議題，期望以此瀏覽方式的呈現介面廣為運用後能針對提供更多互動功能、資訊傳遞等加以應用。



參考文獻

英文部分

- Adam, R. (1990), *Classical Architecture*, Harry N. Abrams, New York.
- Alexander, C. (1964), *Notes on the Synthesis of Form*, Harvard University Press, Cambridge, MA.
- Belleman, R. G., B. Stolk, and R. Vries. (2001), *Immersive Virtual Reality on Commodity Hardware*, Proceedings of the ASCI20010.
- Ben and Catherine Plaisant. *Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction*, 4th ed. Boston: Addison Wesley Professional, 2004.
- Ching, F. D. (1979), *Architecture : Form, Space and Order*, Van Nostrand Reinhold, New York.
- Dam, V. (2000), *Immersive VR for Scientific Visualization: a progress report*, IEEE Computer Graphics and Applications, 19(6), 26-52.
- Dodge, M. and Kitchin, R. 1999. *Mapping Cyberspace*: Routledge.
- Frommel, C. L. and Adams, N.: 1994, *The architectural drawings of Antonio da Sangallo the younger and his circle*, Cambridge, MA: MIT Press
- Hanna, R. and T. Barber. (2001), *An inquiry into computer in design: attitudes before-attitudes after*, Design Studies, 22, 255-281.
- Hewitt, M. (1985), *Representational Forms and Models of Conception*, Journal of Architectural Education: JAE, 39(2), 2-9.
- Hohaus, S.: 1970, *Architectural and interior models: Design and construction*.
- Iovine, J. (1995), *Step into Virtual Reality*: Windcrest/McGraw-Hill.
- Krawczyk, R. J. (1997), *Representation and design*, ACADIA, 95-109. *Human-computer Interaction*, Pearson Education, USA.
- Kalawsky, R. S. (1993), *The Science of Virtual Reality and Virtual Environments*: Addison-Wesley. Iovine, J. 1995. *Step into Virtual Reality*: Windcrest McGraw-Hill.

- Kostof, S. (1985), *A History of Architecture*, 322-335, Oxford University Press, New York.
- Krueger, M. W., 1991, *Artificial reality*(2nd ed.), Reading, MA: Addison-Wesley
- Lee, Z. W. (2010), *Facilitating communication between architects and owners by new Interface*. CAADRIA 2010, HongKong.
- Lin, C. Y. (1999), *The Representing Capacity of Physical Models and Digital Models*, Proceedings of the CAADRIA 1999, 53-62.
- Liu, Y. T. (1996), *Understanding of Architecture in the computer Era*, Hu Publish, Taipei.
- Liu, Y. T. (2001), *Defining Digital Architecture: The 2000 FEIDAD Award*, Dialogue, Taipei
- Liu, Y. T. and P. Eisenman.(2001), *Emergence of Digital Architecture*, Hu's, Taipei.
- Liu, Y. T. and Tang, S. K. (2003), *Space, Place and Digital Media: Towards a better simulation for a disappeared city*. International Journal of Architectural Computing.
- Millon, H. A. (1994), *The Renaissance from Brunelleschi to Michelangelo*, Rizzoli, New York.
- Miller, S. F. (1995), *Design Process: A Primer for Architectural and Interior Designers*, VNR, New York.
- Mitchell, W. (1997), *The Virtual Studio*, ACADIA Quarterly, 16, pp. 6-12.
- Mitchell, W. J. (1995), *City of Bits: Space, Place and the Infobahn*, Cambridge: The MIT Press.
- Martens, B. and Peter, H., (2004), *ArchiCAD Best Practice-the virtual building revealed*,Springer Wien, New York
- Perez-Gomez, A. and Pelletier, L., 2000, *Architectural representation and the perspective hinge*, The MIT Press
- Rahman, O. M. A. (1992), *Visual quality and response assessment: an experimental technique*, Environment and Planning B: Planning and Design, 19, 689-708.
- Sasada, T., 1999, *Computer Graphics and Design: Presentation, Design Development and Conception*, Proceedings of CAADRIA, pp. 21-29
- Schön, D. (1983), *The reflective practitioner*, Basic Books, New York.
- Schön, D. A. and G, Wiggins. (1992), *Kinds of seeing and their functions in designing*, Design Studies, 13(2), 135-156.
- Sheridan, T. B. 2000. *Interaction, Imagination and Immersion: Some Research Needs*. Proceedings of Virtual Reality Software and Technology VRST'00. Seoul, Korea. ACM Press. pp. 1-7.

- Smith, A. C. (2004), Architectural model as machine: A new view of models from antiquity to the present day. Oxford: Architectural Press.
- Stanney, K. M. and Zyda, M. 2002. Virtual Environments in the 21st Century. Handbook of virtual environments: Design, implementation, and applications. K. M. Stanney (ed). Mahwah, N.J., Lawrence Erlbaum Associations: 1-14.
- Sutherland, I. (1963), Sketchpad-A man-machine graphical communication system. Ph.D. Thesis. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology.
- Watt, Alan. (2000), 3D Computer Graphics, 3rd , Addison-Wesley.
- White, E. T. (1975), Concept Sourcebook: a vocabulary of architectural forms, Architectural Media.
- Wu, Y. L. (2003), A Digital Modeling Environment Creating Physical Characteristics, CAADRIA'03, Thailand, pp. 385-391.

中文部分

- 
- 吳彥良, (2010), 動畫與虛擬實境在立體視覺呈現上的比較, 國立交通大學土木工程學系博士論文, 新竹
- 林政緣, (2005), 自由形體設計過程中的新媒材研究, 國立交通大學土木工程學系博士論文, 新竹
- 施文禮, (2005), 虛擬發表空間：虛擬環境中數位媒材與設計溝通探討, 國立交通大學建築研究所碩士論文, 新竹
- 翁千惠, (2006), 虛擬空間之空間感與存在感探討, 國立交通大學土木工程學系博士論文, 新竹
- 梁凱翔, (2008), 重新定義數位媒材下之建築元素, 國立交通大學建築研究所碩士論文, 新竹
- 鄧建誠, (2004), 電影語言於3D電腦動畫之探討與創作, 國立台灣藝術大學多媒體動畫藝術研究所多媒體組碩士論文, 台北
- 劉育東, (2007), 數位建築與東方實驗, 天下文化

參考網站

<http://counterlightsrantsandblather1.blogspot.com/2009/11/renaissance-saint-peters-michelangelo.html>

<http://www.ntsc-uk.com/feature.php?featuretype=tec&fea=BeautyPixelDeep>

<http://gnn.gamer.com.tw/>

<http://it.big5.dbw.cn/>

<http://www.shinvision.com/164>

