

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

一個整合立體動畫與立體虛擬實境的空間視覺化系統 研究成果報告(精簡版)

計畫類別：個別型
計畫編號：NSC 99-2221-E-009-126-
執行期間：99年08月01日至100年07月31日
執行單位：國立交通大學建築研究所

計畫主持人：劉育東

計畫參與人員：博士班研究生-兼任助理人員：梁
博士班研究生-兼任助理人員：邵唯晏
博士班研究生-兼任助理人員：陳姿汝

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 100 年 10 月 26 日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫 成果報告

期中進度報告

一個整合立體動畫與立體虛擬實境之空間視覺化系統

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：99-2221-E-009-126-

執行期間：自 2010 年 8 月 1 日至 2011 年 7 月 31 日

計畫主持人：劉育東

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整報告

執行單位：國立交通大學建築研究所

中華民國 100 年 10 月 30 日

中英文摘要

綜觀整個設計呈現媒材至今的發展，立體的「動畫」與立體的「虛擬實境」已是當今設計者與大眾溝通的重要呈現媒材，設計者能將他腦中想傳達的意念想法透過這些呈現系統做更真實的呈現，觀看者亦能經由時間序列與互動回饋所呈現的影像，更進一步了解設計者的想法。本研究主要目標為建立一個具立體、即時、互動的「空間視覺化系統」，能縮短原設計者與一般大眾在設計空間溝通上的「原始落差」，以及一般大眾中，有建築設計經驗的一般設計者與沒有建築設計經驗的一般觀看者的「二次落差」。

本研究之在研究方法與步驟上主要分為「空間實驗」與「空間視覺化系統」。空間實驗中的「立體動畫」與「立體虛擬實境」實驗得到設計者與一般大眾在觀看瀏覽設計空間時的「原始落差」與「二次落差」現象，基於這些落差現象，建立具有「水平視覺範圍擴展」、「自動空間測距」、「自動空間導引」、「平、立、剖面圖介面顯示」、「自動雙眼聚合視覺呈現」與「自動視點定位」等功能的「空間視覺化系統」，其在設計實務上或對公眾展示上，能提供設計者與一般大眾一個更完整的設計空間之溝通呈現媒材。另外，這些初步媒材現象亦能提供設計者在動畫、虛擬實境與立體視覺呈現設計上的參考準則。

關鍵字：電腦動畫、虛擬實境、立體視覺、空間呈現

Media development in design representation, stereo animation and stereo virtual reality has come to an important role for designer to communicate the public. The new representational systems help the designers to express their ideas more realistically and precisely. Public laymen can further understand the designers' ideas through the images which illustrated spatial sequences and evoked interactive feedback. The objective of this study is to create a spatial visualization system (SVS) with stereoscopy, real time and interaction. SVS can solve some original communicative gaps between the original architect and general public viewers as well as the minor communicative gaps between designers with professional backgrounds and viewers without.

The methodologies and steps in this study are divided into two main parts. Step one compose the spatial experiments in two different formats: stereo animation and stereo virtual reality. Then results were then compared and analyzed in order to detect the preliminary phenomena of original communicative gaps and minor communicative gaps from designers and viewers. In step two a SVS were created based on the phenomena concluded from the pervious experiments. In conclusion, the study investigates the preliminary phenomena from subjects watching and browsing the design spaces in order to create SVS to integrate the phenomena from stereo animation and stereo virtual reality. SVS can be applied as tool to bridge the gaps and improve precision in communications between architectural designers and general public. The phenomena offer guidelines for the designers in representing animation, virtual reality and stereoscopy.

Keywords: computer animation, virtual reality, stereoscopy, spatial representation

一、前言

二十世紀中後，電腦的問世，促使不同媒材類型與運算科技的得以整合(Manvoich, 2001)；傳統的設計媒材延伸發展為數位媒材(digital media)。在設計上，Kalay(2004)認為電腦新媒材的角色之一是著重在設計本身，即將電腦視為「設計的工具」、「溝通的工具」與「輔助設計與思考」，而這點和設計想法的呈現與溝通最為有關，也是數位媒材在設計中最為明顯的角色。如「動畫」、「虛擬實境」與「立體視覺」等新的數位呈現方式，擴張了設計媒材的多樣性，也補充了傳統二維平面圖集與實體模型的不足(Mitchell and McCullough, 1994)，對於設計者與一般大眾更是一種較直接的溝通(Liu, 1996)。

數位媒材在設計空間呈現上的應用，從二維的平、立、剖圖與渲染(render)逼真的透視圖，發展至可呈現時間向度的動畫，人們以往只能透過靜態圖面在腦中組織成片段式空間，得以轉變為連續式空間。雖然早期有透過攝影機拍攝實體模型所製成的動畫，但在影像品質、製作的困難度與運鏡的靈活性皆不如電腦動畫(Bosselmann, 1998)。因此，電腦動畫給了設計者一個較容易操作時間向度的媒材，使得設計者常常任意操作，讓攝影機在數位場景中飛梭自如，如以很快的速度飛上飛下，穿越建築物，或飛到不知幾層樓的建築體中(Fear, 2001)，但是這樣的手法因為缺乏有著較長歷史的電影電視媒材特有的敘述方式，如螢幕語言(screen language)，往往使得運鏡手法顯示粗糙(Ahmad Rafi, 1998; Nagakura and Chatzitsakyris, 2006)，無法吸引大眾注意，更遑論讓大眾了解。不少設計者體認到大部份用電腦輔助設計系統所產生的動畫，是缺乏人的存在感與尺度感(Penz, 2003)。另外，動畫的空間敘述對觀看者而言，是處於一種被動的形式，影片內容的提供了什麼樣的內容，觀看者只能在這樣已安排下的流動視覺接受空間資訊，而空間資訊的完善與否，則取決於影片的設計者(Temkin, 2003)。

另外，「虛擬實境」系統能感知觀看者的動作，同時產生相對應的視覺回饋，進而和觀看者產生互動，提升觀看者對虛擬環境的感知意識(Belleman et al., 2001)，提供視覺、聽覺、觸覺等多感知的刺激，進而產生如身歷其境的感覺，而非只是一個影像的觀察(Bridges and Charitos, 1997; Burdea and Coiffet, 2003)。柯比意(Le Corbusier)認為體驗欣賞建築，最好的方式是用雙腳走到建築裡，藉由改變觀看的視點角度，去體察建築空間之連結關係，而非只是繞著理論走動的紙上建築(Penz, 2004)。Bertol 和 Foell(1997)亦認為建築環境最好的感受與美學的評判，是透過一個可以改變視點的連續性視覺瀏覽，只有透過完整的瀏覽才能提供一個較客觀的空間經驗。然而虛擬實境相對於動畫雖能有較完整的瀏覽資訊，但在視覺呈現品質上較無法如動畫精緻，其呈現的精緻度與流暢性會相互影響，往往需要在當時的硬體效能限制下，取得視覺精緻與視覺流暢的平衡點。

二、問題與目標

在設計的呈現上，除了實體模型外，大部份的呈現都集中在二維紙面或螢幕上，忽略「立體視覺」在空間設計呈現的重要性，像是提供觀看者一個較有尺度感、量體感與視覺深度感的虛擬空間，也較能拉進虛擬與實真之視覺呈現的距離(Wu, 2003)。另外，Yates(2004)認為空間經驗的感受，有視覺深度的感受要比距離更為重要。Ye 等人(2006)認為從設計的觀點來看，立體視覺可以使得平面螢幕所顯示的複雜物件更被了解，一個有立體視覺介面的設計系統，能減少在設計過程中的錯誤，同時支援設計評論者對視覺資訊的不足。且大部份的 CAD 系統為了能在二維的螢幕上顯示三維的數位模型，需要同時有其它不同視角與不同顯示模式(如線架構、陰暗處理等)，來輔助設計者對內外關係的詮釋，而這樣同時也提高大腦對不同顯示資訊的組構困難。因此，立體視覺的顯示，能增強設計者與數位模型之間的資訊交換(Ye et al., 2006)與協助解決前述的各項困難。

數位時代後，數位模型提供設計者另一個呈現設計的方法，其以幾何模型為基礎(geometric-based)的特性容易將「立體視覺」應用於「動畫」與「虛擬實境」上。立體視覺的呈現媒材，由單人頭戴式顯示器(Head Mounted Display, HMD) (Sutherland, 1968)或桌上型螢幕的觀賞擴展到能多人同時觀看的空間模擬媒材(Cave Automatic Virtual Environment, CAVE)。空間的感受不再只是透過一個方形的小框框，而是雙眼立體之全視覺領域的沈浸式融入(Kalay, 2004)。立體式空間模擬媒材的應用亦從實驗室走入博物館與美術館，成為設計者對一般大眾做設計想法溝通之呈現工具系統(Liu and Tang, 2003; 劉育東, 2007)。綜觀上述設計媒材的發展，從最早一維的口語、文字表達，二維的平、立、剖面圖，到三維的實體模型與透視法的應用，再到數位時代多維度之建築動畫、虛擬實境等系統，設計者的設計想法能被一般大眾容易了解的層級也相對提高(Mitchell and McCullough, 1994; Liu and Bai, 2001; Fukuda et al., 2009)，但一般大眾透過呈現媒材了解設計者的設計想法仍然存在著落差，這樣的落差分為兩個層次(圖 1)：第一個落差稱為「原始落差」，是原設計者與一般大眾之間的落差；第二個落差較細微，是一般大眾中，有設計經驗的一般設計者與沒有設計經驗的一般觀看者之間的「二次落差」。這兩層次的落差在國際設計環境中尤其明顯，例如，知名建築師的作品在國際間展出時，會有原設計者與一般觀賞大眾的落差(原始落差)，然而，一般觀賞大眾中，經常包含大量慕名而來的設計者與觀看者，他們透過呈現媒材來了解原設計者想法時，又會產生另一種細微落差(二次落差)。另外，又如國際建築合作案例中，原設計者與一般使用大眾之間，存在一種基本的設計落差(原始落差)，但負責協助的在地建築師(即「一般設計者」)，他們不是原設計者，所以與原設計者之間必然存在著「原始落差」，但基於已有的設計經驗，他們與一般使用者(即「一般觀看者」)在溝通時又會存在著細微的「二次落差」。基於上述的分析，本論文將深入探討「原設計者」與「一般大眾」對空間的了解時會產生的「原始落差」現象，以及，「一般大眾」中又可區分為「一般設計者」與「一般觀看者」，兩

者在了解原設計者想法時，又會有細微的「二次落差」，如圖 1 所示。

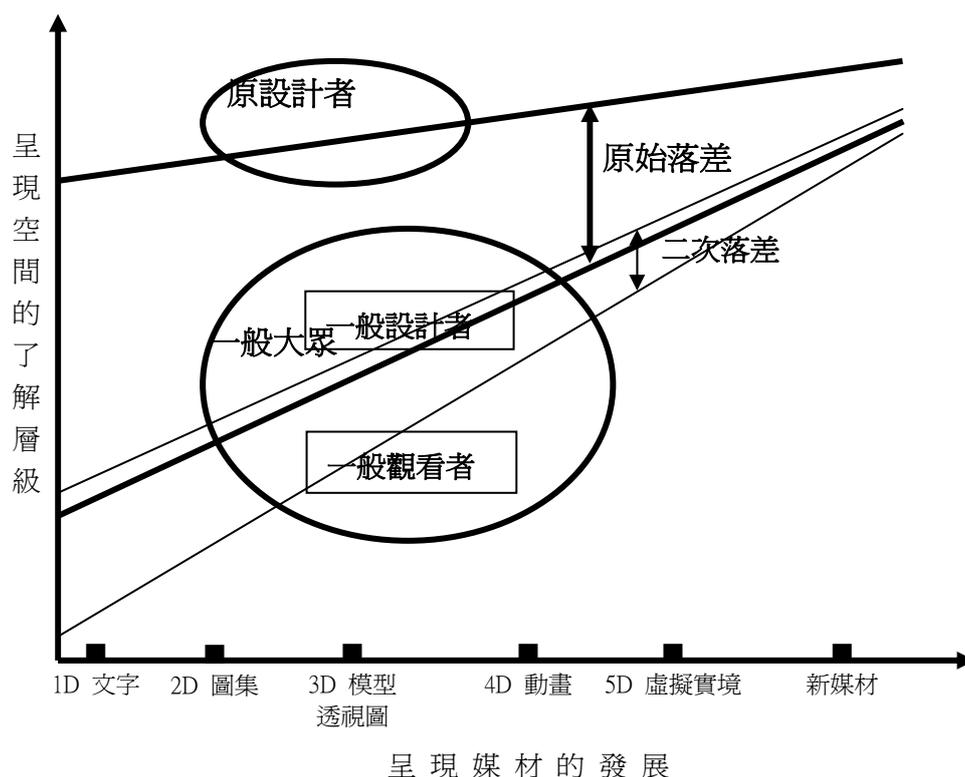


圖 1：各種設計媒材對於設計者與觀看者呈現空間了解層級之關係

如前所述，空間呈現模擬系統已是當今設計者與一般大眾溝通的重要媒材之一(Kalay, 2004)，它可分為「立體動畫」與「立體虛擬實境」兩種系統呈現方式(Liu and Tang, 2003; 劉育東, 2007a)。所以，原設計者能將他腦中想傳達的想法，透過這二種呈現系統做更真實的傳達，一般大眾亦能經由時間序列與互動回饋所呈現的影像，更進一步了解設計者的想法(Mitchell and McCullough, 1994)。在國際化設計環境愈來愈重要的今天，前述的「原始落差」與「二次落差」如何能被新的空間模擬系統所解決或至少減緩，是數位設計與電腦系統發展中的重要課題。因此，本論文希望在一個具有立體、即時、互動機制的空間視覺化系統環境中，探討下列三個研究問題(圖 2)：

1. 縮短「原設計者」與「一般大眾」在設計溝通上的「原始落差」？
2. 縮短「一般設計者」與「一般觀看者」在設計溝通上的「二次落差」？
3. 如何有效整合「立體動畫」與「立體虛擬實境」？

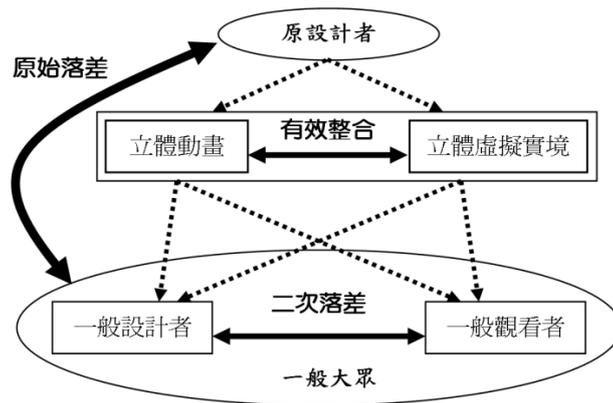


圖 2：空間視覺化系統探討的問題

基於上述的研究問題，本論文的研究目標如下：

1. 透過受測者的空間實驗，獲得：
 - (a) 「原設計者」之設計空間透過「立體動畫」與「立體虛擬實境」呈現時，「一般大眾」了解設計空間所產生的「原始落差」現象，即一般設計者與一般觀看者了解設計空間的共同落差。
 - (b) 「一般設計者」與「一般觀看者」透過這二種呈現媒材了解原設計者之設計空間時的「二次落差」現象。
2. 建製一套在設計實務上能有效整合「立體動畫」與「立體虛擬實境」，並能縮短的「原始落差」與「二次落差」現象的「空間視覺化系統」(spatial visualization system)。

三、研究方法與步驟

根據上述研究問題與目的，本研究之研究方法與步驟主要分為「空間實驗」與「空間視覺化系統」二大步驟，「空間實驗」是希望能得到空間呈現媒材「立體動畫」與「立體虛擬實境」對「一般設計者」與「一般觀看者」(在本研究方法與步驟中簡稱為「設計者」與「觀看者」)呈現設計空間時所產生的「原始落差」與「二次落差」現象。「空間視覺化系統」則是希望基於空間實驗中所得的落差現象，能有效整合立體動畫與立體虛擬實境，建立一個具立體、即時、互動之呈現系統。底下為二大步驟的進一步說明如下：

步驟一、空間實驗

1. 實驗環境—本空間實驗是以一個可呈現 120 吋立體背投影螢幕做為「立體動畫」與「立體虛擬實境」實驗之視覺呈現，攝影機所設定之焦距為 18mm，呈現 FOV 90 度的水平視覺範圍與 FOV 73.74 的垂直視覺範圍。呈現的設計內容為一座未來會對公眾開放的美術館，其空間複雜度亦相較於一般居住空間高，同時以 4 個在造型與尺度均不同的空間做

為本實驗之受測空間(圖 3)。



圖 3：四個受測空間之立體造型與相對關係



圖 4：動畫行走路徑與受測之實驗空間 A、B、C、D

2. 「立體動畫」實驗—受測者分有建築設計經驗的「設計者」與沒有建築設計經驗的「觀看者」，透過觀看螢幕中所呈現出來的立體動畫影像，以似放聲思考和手繪方式，將受測空間之空間造型、空間尺度、空間動線與空間組織及其相關判斷的因子表達出來。圖 4 為動畫攝影機移動路線。
3. 「立體虛擬實境」實驗—一個月後，相同受測者透過互動搖桿的操作瀏覽實驗空間，與立體空間實驗相同，以似放聲思考與手繪方式，同樣地將受測空間之空間造型、空間尺度、空間組織與空間動線及相關判斷的因子表達出來。
4. 現象分析—實驗所得的口語與手繪資料，透過空間造型、空間尺度、空間組織與空間動線四項空間因子之因子(表 1)的比較分析，提出「立體動畫」與「立體虛擬實境」對於「設計者」與「觀看者」了解設計空間之共同「原始落差」現象，以及兩者彼此之「二次落差」現象。

表 1、因子說明

| 空間因子 | 子因子 | 子因子說明 |
|---------|------|--------------------------------|
| 1. 空間造型 | 形狀 | 空間的外形輪廓 |
| | 邊緣 | 界定空間的邊線，可能是清晰或模糊的 |
| | 表面 | 面之外表，如質感粗細、顏色深暗、紋路 |
| | 開口 | 平面上的開口，如牆面上的窗、天花板的天窗 |
| 2. 空間尺度 | 參考物 | 空間中如有桌子或人之參考物，易於根據這些參考物判斷空間的大小 |
| | 透視 | 透視的角度影響判斷空間的大小，如誇張的透視角易增加空間的大小 |
| | 材質大小 | 圍塑面上的材質大小，如清水模板的大小 |
| | 觀看位置 | 觀看在空間中觀看的位置，如半空中之俯視 |
| 3. 空間動線 | 走道 | 可行走的通道 |
| | 樓梯 | 連接不同高度地板的階梯通道 |
| | 坡道 | 連接不同高度地板的平面通道 |
| | 廣場 | 可任意穿越其中的公共場所 |
| 4. 空間組織 | 空間屬性 | 個別空間的屬性，如公共空間與私密空間 |
| | 主次入口 | 建築物與外部空間連結的入口 |
| | 空間排列 | 個別空間的排列方式，如集中、線性、格狀等排列 |
| | 空間連接 | 空間與空間的連接關係，如內外空間 |

設計者與觀看者對於立體動畫與立體虛擬實境兩種呈現媒材所產生的「原始落差」現象與「二次落差」現象(表 2)。在「原始落差」現象方面，設計者與觀看者在空間造型的判斷，均會因畫面比例與攝影機視覺範圍而產生菱形空間之邊緣角度的誤判。空間尺度的判斷，主要都以參考物做為判斷的依據，且空間越大，判斷的誤差也越大；另外，立體視覺雖有助尺度的判斷，但視點太貼近物體時，會產生過大的視差因而容易造成雙眼的不適。空間動線的判斷，動畫的運鏡或空間動線本身轉彎越多，會增加動線的誤判。空間組織的判斷，呈現的視覺畫面如有較整體的空間排列線索呈現，將有助於空間組織的了解。在「二次落差」現象方面，空間尺度的判斷，設計者相較於觀看者對空間中之建築元素有較準確的尺度概念，對空間尺度的誤判亦會較小；在空間組織的判斷，設計者會用較多的因子推測空間組織，觀看者則偏重在各別空間之主次入口。底下部份則是我們在下一章系統功能所要整合的現象。

- 「水平視覺範圍擴展」整合立體動畫與立體虛擬實境在空間造型上的落差現象。
 - 現象一、對於空間造型如屬於菱形空間時，在動畫的呈現上，不易被察覺出來。
 - 現象十五、呈現畫面的比例與攝影機視野範圍會影響受測者判斷一個空間之邊緣角度，進而影響對空間造型的判斷。
- 「自動空間測距」整合立體動畫與立體虛擬實境在空間尺度上的落差現象。

現象六與現象十七、主要以「參考物」做為判斷空間尺度的依據，但對尺度越大的空間在判斷的誤差會越大。

現象九、「設計者」對建築元素有較準確的尺度概念，相對「觀看者」在空間尺度的判斷會較準確。

現象十九、設計者對能透過其建築知識，能較快速且準確的知道空間的尺度，而觀看者只能藉著感覺說出一個數字。

- 「自動空間導引模式」整合立體動畫與立體虛擬實境在空間動線上的落差現象。

現象十、攝影機運鏡呈現的動線因子會影響受測者對空間動線的了解。

現象十一、攝影機運鏡在動線上轉彎時，缺少動線視覺線索時，易誤判斷轉彎的角度。

現象二十、空間動線中轉彎處越多，越容易增加對空間動線的錯誤判斷。

- 「平、立、剖面圖介面顯示」整合立體動畫與立體虛擬實境在空間組織上的落差現象。

現象十三、攝影機運鏡轉彎越多，亦會影響受測者對空間組織的判斷。

現象十四、「設計者」由「空間排列」因子較清楚的了解空間組織，而「觀看者」則只偏向「主次入口」之個別空間的關係了解空間組織。

現象二十二、有較整體的空間排列線索，會有助於精確的了解空間組織。

現象二十三、「設計者」對於空間組織判斷，較會透過各種因子推測空間組織，「觀看者」較偏向依「主次入口」判斷空間組織。

- 「自動雙眼聚合視覺呈現」與「自動視點定位」整合立體動畫與立體虛擬實境在空間尺度上的落差現象。

現象八與現象十八、立體視覺之雙眼視差過大易產生雙眼不適。

表 2、立體動畫與立體虛擬實境之落差現象

| | |
|--------|--|
| 立體動畫 | |
| 空間造型 | |
| 原始落差現象 | 現象一、對於空間造型如屬於菱形空間時，在動畫的呈現上，不易被察覺出來。 |
| | 現象二、圍塑面較封閉且空間單純的幾何空間，較會透過「形狀」判斷空間造型。 |
| | 現象三、攝影機 dolly 運鏡可能會放大攝影機行走的空間，忽略 pan 所呈現的空間。 |
| | 現象四、動畫運鏡對空間造型因子呈現不足，不易於判斷空間造型。 |
| 二次落差現象 | 現象五、「設計者」用較多因子判斷空間造型，「觀看者」則主要集中在邊緣。 |
| 空間尺度 | |
| 原始落差現象 | 現象六、主要以「參考物」做為判斷空間尺度的依據，但對尺度越大的空間在判斷的誤差會越大。 |

| | |
|--------|---|
| | 現象七、攝影機運鏡上如沒有呈現「參考物」與整體空間的比例關係，空間尺度不易被判斷。 |
| | 現象八、立體視覺之雙眼視差過大易產生雙眼不適。 |
| 二次落差現象 | 現象九、「設計者」對建築元素有較準確的尺度概念，相對「觀看者」在空間尺度的判斷會較準確。 |
| 空間動線 | |
| 原始落差現象 | 現象十、攝影機運鏡呈現的動線因子會影響受測者對空間動線的了解。 |
| | 現象十一、攝影機運鏡在動線上轉彎時，缺少動線視覺線索時，易誤判斷轉彎的角度。 |
| 二次落差現象 | 現象十二、「觀看者」比「設計者」易受攝影機運鏡轉彎影響而迷失方向感。 |
| 空間組織 | |
| 原始落差現象 | 現象十三、攝影機運鏡轉彎越多，亦會影響受測者對空間組織的判斷。 |
| 二次落差現象 | 現象十四、「設計者」由「空間排列」因子較清楚的了解空間組織，而「觀看者」則只偏向「主次入口」之個別空間的關係了解空間組織。 |
| 立體虛擬實境 | |
| 空間造型 | |
| 原始落差現象 | 現象十五、呈現畫面的比例與攝影機視野範圍會影響受測者判斷一個空間之邊緣角度，進而影響對空間造型的判斷。 |
| 二次落差現象 | 現象十六、設計者判斷空間造型側重在「形狀」因子上，而觀看者則較集中在「邊緣」。 |
| 空間尺度 | |
| 原始落差現象 | 現象十七、同立體動畫，主要以「參考物」做為判斷空間尺度的依據，但對尺度越大的空間在判斷的誤差會越大。 |
| | 現象十八、同立體動畫，當瀏覽者太靠近物體時，會產生過大視差，容易導致視覺不適。 |
| 二次落差現象 | 現象十九、設計者對能透過其建築知識，能較快速且準確的知道空間的尺度，而觀看者只能藉著感覺說出一個數字。 |
| 空間動線 | |
| 原始落差現象 | 現象二十、空間動線中轉彎處越多，越容易增加對空間動線的錯誤判斷。 |
| | 現象二十一、視覺較突出的動線因子，較容易讓受測者記起。 |
| 空間組織 | |
| 原始落差現象 | 現象二十二、有較整體的空間排列線索，會有助於精確的了解空間組織。 |
| 二次落差現象 | 現象二十三、「設計者」對於空間組織判斷，較會透過各種因子推測空間組織，「觀看者」較偏向依「主次入口」判斷空間組織。 |

步驟二、空間視覺化系統

1. 空間視覺化系統建製－此系統基於在上述空間實驗之可立即執行的現象，以軟體 Quest 3D 做為本系統的開發建工具，建製在硬體由三面螢幕組成的空間模擬器（圖 5）上，其所整合的主要功能如下：

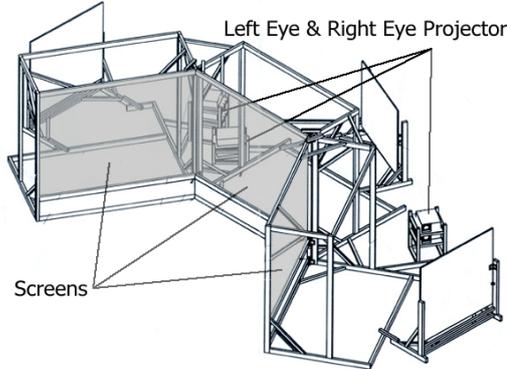


圖 5：三面螢幕組成的空間模擬器

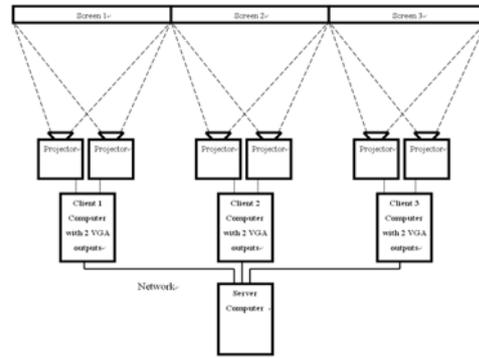


圖 6：三面螢幕之硬體架構圖

- 「水平視覺範圍擴展」，此一功能根據空間實驗現象分析中「立體動畫」與「立體虛擬實境」之「空間造型」的相關現象而得。透過縮小攝影機可視範圍以減少因透視所產生的空間形變。同時，增加投影螢幕數量，以三投影螢幕並置方式擴展空間呈現媒材之水平視覺呈現的範圍。而這樣的呈現乃基於電腦主從(client/server)架構(圖 6)，以網路連接，三組立體投影之即時同步畫面更新。圖 7 為此空間視覺化系統透過「口」字外擴型(圖 5)所呈現出來的視覺畫面。在本系統中，水平視覺範圍擴大至三螢幕之焦距 47.7mm FOV 123.9(41.3X3)度，接近人類水平視覺範圍的 124 度，但垂直視覺範圍沒有相對擴展，反而降至 31.6 度，壓縮了觀看者或瀏覽者對垂直視覺向度的觀察範圍。圖 7 則是三部攝影機所呈現出來的三個畫面影像，左右兩端之影像因左右攝影機與中間攝影機呈 41.3 度之夾角，中間畫面影像裡的階梯連接到左右影像時，呈現出左右起翹的變形，這是因為左右畫面影像被攤成與中間畫面在同一平面所致。



圖 7：三部攝影機所呈現出來的畫面

- 「自動空間測距」，此一功能根據空間實驗現象分析中「立體動畫」與「立體虛擬實境」之「空間尺度」的相關現象而得。解決透過參考物判斷空間尺度時所產生的誤差，由系統自動提供空間瀏覽者如雷射測距的功能，精確的掌握設計空間的尺度。而空間測距之方式是由觀看的攝影機位置與觀看方向，以攝影機畫面中心為基準，計算這個中心點到攝影機前面之物體表面的射線直線距離。圖 8 為此功能開啓時，計算目前觀看位置到十

字所標示的物體位置。

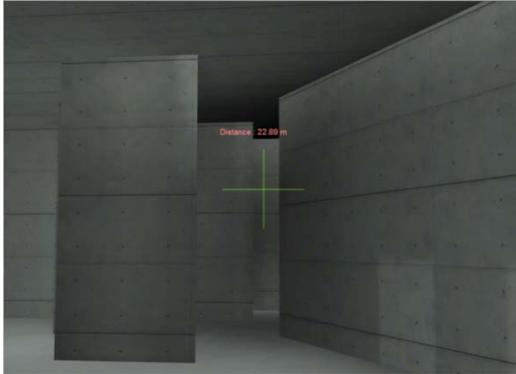


圖 8：空間尺度之測距偵測點與距離顯示



圖 9：虛擬引導員

- 「自動空間導引」，此一功能根據空間實驗現象分析中「立體動畫」與「立體虛擬實境」之「空間動線」的相關現象而得。由虛擬引導員(圖 9)自動引領空間瀏覽者到他所欲前往的空間，而前往的過程是模擬實體空間之限制，行走空間中的實際動線，以強化參觀者對空間動線的了解。其技術是在所有空間及動線地面上設定導引的路徑結點(如圖 10)，再計算最短的行進路徑引領參觀者的攝影機到目的空間。

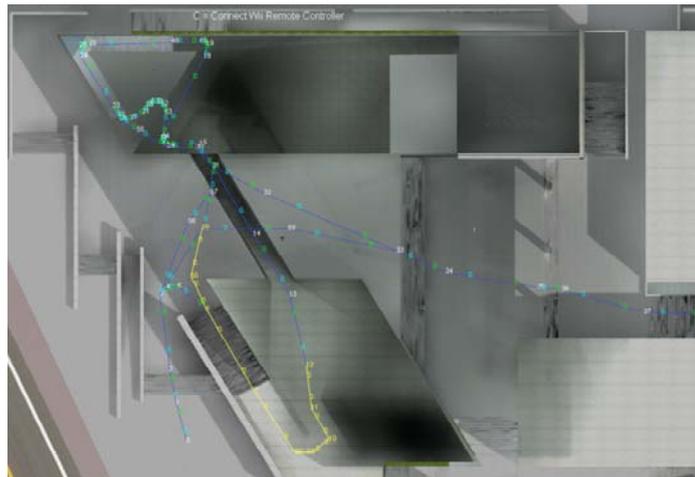


圖 10：空間路徑節點設定

- 「平、立、剖面圖介面顯示」，此一功能根據空間實驗現象分析中「立體動畫」與「立體虛擬實境」之「空間組織」的相關現象而得。主要是幫助空間瀏覽者了解目前所身處的空間位置、所處的樓高以及空間與空間之連結動線與組織關係，補足 3D 導覽中，空間視覺資訊對於空間組織的不足，以及單純的平面圖對樓層相間之呈現上的限制。其主要技術是將 3D 導覽畫面中再分割出小的 2D 視窗，而這 2D 視窗系由 3D 場景中另外三部攝影機負責呈現整體建築之平、立、剖面圖與目前所在位置的標示(圖 11)。

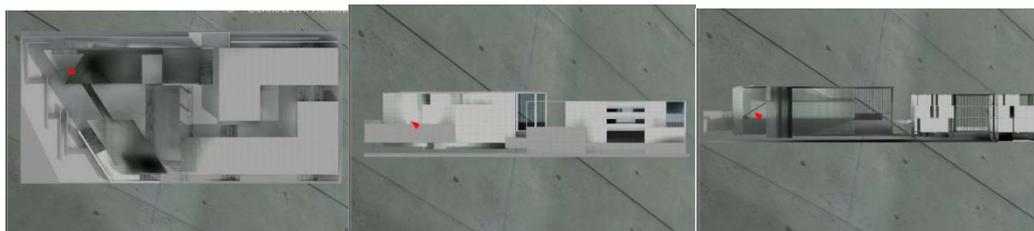


圖 11：平面圖、立面圖、剖面圖與紅色方位指標介面顯示

- 「自動雙眼聚合視覺呈現」，此一功能根據空間實驗現象分析中「立體動畫」與「立體虛擬實境」之「空間尺度」的相關現象而得。模擬人兩眼球對於二公尺內的之立體視覺，以更貼進人雙眼的視覺變化，改進參觀者透過雙眼聚合感知空間距離的能力，因此，本系統中除了有自動測距的功能外，亦再增加能像人類具有動態雙眼聚合的能力，讓立體虛擬實境的視覺呈現更接近人眼對真實環境的感受(圖 12)，以精進虛擬空間中對空間距離的判斷。其主要技術是觀看攝影機以射線方式及時偵測前方物體之距離，以此距離再計算立體呈現之雙眼聚合的角度。

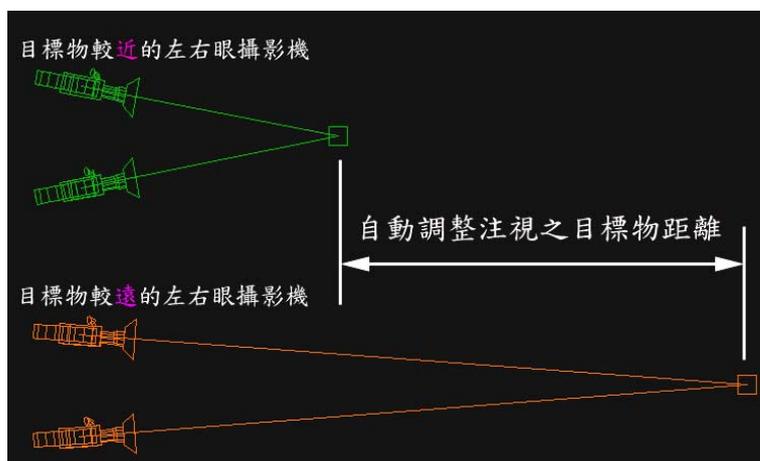


圖 12：目標物遠近與左右雙眼攝影機之關係

- 「自動視點定位」，此一功能同樣根據空間實驗現象分析中「立體動畫」與「立體虛擬實境」之「空間尺度」的相關現象而得。依導覽者位置，自動調整適合導覽者的在虛擬空間裡的視點位置，以符合人有不同視點高度與站立位置，同時，更能呈現出適合參觀者位置的視差影像。其主要技術是透過 WiiMote 之紅外線攝影機偵測參觀者戴上附有左右有兩顆 IR LED 燈的立體眼鏡(圖 13)計算 LED 燈在攝影機裡的上下左右位置與兩顆 LED 燈的距離計算操作者的前後位置。



圖 13：左/有 IR LED 燈的偏光式立體眼鏡 右/WiiMote 無線操控器

2. 系統測試—本系統測試主要分為二個部份，由系統設計者先對各別功能模組做單一測試，更進一步的多人測試則為本論文之未來研究，然後再做整體系統測試。其說明如下：

- 第一部分各別功能模組「水平視覺範圍擴展」、「自動空間測距」、「自動空間導引模式」、「平、立、剖面圖介面」、「自動雙眼聚合視覺呈現」、「自動視點定位」進行測試，逐一的與空間實驗中產生的現象做驗證比較測試。

水平視覺範圍擴展

在空間實驗中，以 tilt up 與 tilt down、pan left 與 pan right 觀看空間時，天花板與地面會產生牆面夾角向內傾與向外傾的情況，牆面間的角度在視覺上亦會發生銳角與鈍角的夾角變化。在本系統中，我們將單一攝影機的可視範圍縮小到 41.3 度，減少因攝影機可視範圍廣、透視性大而產生空間形變，但為了要增加原有的可視範圍到和人的可視範圍相同，我們透過投影螢幕連接方式，將原先單一 4:3 的投影螢幕再加上左右二個投影螢幕，延伸瀏覽的水平視覺範圍到人的雙眼視覺範圍 124 度。然而，本系統之水平視覺擴展上，雖與單一 4:3 投影螢幕，已有較接近人觀看空間之水平視覺範圍，但在垂直視覺範圍因投影螢幕之比例關係，由 4:3 的比例變成 16:3，垂直視覺圍反而必需相對被縮減，由 51 度變到 36 度，人在觀看空間時，在水平視覺上相對雖較有沈浸感，但垂直視覺的融入感反而相對減小。

自動空間測距

空間瀏覽者之自動空間測距操作方式只要在操作搖桿上按下按鈕 7 即能啟動此功能，瀏覽畫面上則出現距離偵測點的十字座標與目前觀測位置至偵測點的距離資訊(圖 8)，所以此功能將有助於減少因沈浸程度、空間尺度線索、空間瀏覽者背景等限制所產生對空間尺度了解上的錯誤。然而，在測距使用方式與測距資訊的顯示方式，對於一般人之操作是否能容易的認知到十字偵測點是用來量測空間尺度之距離，以及使用搖桿操作尺度量測，其使用性為何，則必須以一般人做實際測試，才能較容易了解他們在自動空間測距功能使用上的問題。

自動空間導引

此功能如瀏覽者在空間 B 裡的樓梯上，按下了自動空間導引模式到空間 B 時，會因為空間 B 的設定位置為地板的中間位置，在路徑節點的設定上，是依循樓梯走道到達樓地板，但虛擬引導員則直接躍下樓梯，到達地板中間位置，此種現象的 bug 是因路徑節點在此位置上是以最短路徑方式，直接躍下樓梯，不會把這樣的高低現象視為是一種阻礙，所以沒有依著樓梯上的路徑節點走到樓地板的目標位置。在使用介面上，本功能所設定的四個目標空間是透過搖桿上的按鈕啟動自動導引至目標空間，雖可以完成這四個空間的導引，在操作上，除非有圖示說明按了那些按鈕可以到圖示上的那個空間，否則以按鈕選定自動導引的目的空間，在操作介面的介面指示性(Bowman et al., 2005)上不易被初次的

空間瀏覽者知道。

平、立、剖面圖介面顯示

此功能使用方式是以按鈕 8 開起與切換平、立、剖不同介面，但是這樣的操作方式如果是對初次的使用者而言，必需先看過使用說明，才能知道此功能的使用方式是使用按鈕切換，因此，此功能的使用需再設計，讓有四種不同狀態的介面呈現更容易使用者操作。另外，在平、立、剖面圖的顯示上，因為 3D 模型由三角面組成，沒有厚度且有法向量問題，因此在介面上顯示剖面不易將建築結構清楚的呈現出來(圖 11 右邊剖面圖)，要能清楚顯示剖面時的厚度，必需透過空間中之光影貼圖區分全黑為牆，亮的地方為空間。

自動雙眼聚合視覺呈現

本功能透過判斷前方物體之距離，調整立體視覺之向內旋轉的角度。如注視的焦點是在遠方，則呈現出來的雙眼視差影像則會呈現平行，但是注視進距離的視差影像，則會產生遠距離物件的影像視差比近距離注視物體的視差要大，雖然人類在注視近距離的物體時，也會產生遠距離的影像視差大於近距離的影像視差，但因人類雙眼球尚有瞳孔與水晶體，可以調整人類在觀看近物時的景深，將遠方視差大的影像模糊化，讓人類雙眼在注視近距離物體較不會有不適的感覺。

自動視點定位

此功能之瀏覽者的 3D 定位是透過立體眼鏡上之 IR LED 燈與 WiiMote 取得，瀏覽者在 WiiMote 可以取得 IR LED 的範圍內，可以依瀏覽者的觀看高度、前後與左右位置即時調整成合適的視點位置。但因為立體眼鏡上左右兩顆 IR LED 之距離小與 LED 燈的亮度弱會限制 WiiMote 能偵測到的距離，所以瀏覽者最好的使用範圍限在上、下、左、右、前、後各為 1 公尺內。

第二部份為整體系統測試，包含「系統開啓測試」之伺服器端與客戶端電腦連線、3D 座標定位之無線藍芽連線等前置系統的測試與「個別功能模組綜合使用測試」，如圖 14 所測試的功能為「自動空間測距」與「自動空間導引」兩個功能模組同時開啓時，因自動空間測距之十字圖示與自動空間導引裡的虛擬引導員的顯示位置均以畫面中央位置顯示，因此，如這兩個功能模組同時開啓時，空間瀏覽者如在虛擬引導員引領的過程中要用十字圖示量測空間尺度時，虛擬引導員會阻礙了空間瀏覽者的視線。最後則是「系統效能測試」，本系統所顯示的場景資料在三角面數為 96800 面，材質大小為 5Mb，整體檔案為 9 Mb，在螢幕解析度 2048x768(1024x768 之水平擴展)的顯示大小下，其螢幕畫面更新率可維持在每秒 60 影格。另外，在同步顯示效能上，因本系統之三台客戶端電腦均為相同硬體設備，且空間場景之資料量小，三個投影畫面在同步顯示上可以有順暢

的呈現，不至有某一顯示畫面產生延遲的情況。



圖 14：自動空間導引模式與自動空間測距之個別功能模組綜合使用測試

四、結論

空間實驗中，我們從「設計者」與「觀看者」觀看「立體動畫」與瀏覽由「立體虛擬實境」的實驗中，分析「立體動畫」與「立體虛擬實境」在「空間造型」、「空間尺度」、「空間動線」與「空間組織」之「原始落差」現象與「二次落差」現象。其「設計者」與「觀看者」對於「立體動畫」與「立體虛擬實境」兩種呈現媒材所產生的初步現象，在「原始落差現象」中，設計者與觀看者均會因畫面比例與攝影機視覺範圍而影響菱形空間之邊緣角度的判斷；主要都以參考物做為空間尺度判斷的依據，且空間越大，判斷的誤差也越大；立體視覺容易因視點位置貼近物體時，產生過大視差而造成視覺的不適。動畫的運鏡轉彎越多，會增加空間動線與空間組織的誤判。而在空間組織現象中，呈現的視覺畫面如有較整體的空間排列線索呈現，將有助於空間組織的了解。在「二次落差」現象中空間尺度的判斷，設計者相較於觀看者對空間中之建築元素有較準確的尺度概念，對空間尺度的誤判亦會較小；在空間組織的判斷，設計者會用較多的因子推測空間組織，觀看者則偏重在各別空間之主次入口。

「空間視覺化系統」整合了「水平視覺範圍擴展」、「自動空間測距」、「自動空間導引」、「平、立、剖面圖介面顯示」、「自動雙眼聚合視覺呈現」、「自動視點定位」等功能，以縮短設計者與觀看者在「立體動畫」與「立體虛擬實境」中所產生的共同「原始落差」現象、以及設計者與觀看者彼此之間的「二次落差」現象。「水平視覺範圍擴展」透過縮小攝影機可視範圍以減少因透視所產生的空間形變。同時，增加投影螢幕數量，以三投影螢幕並置方式擴展空間呈現媒材之水平視覺呈現的範圍。「自動空間測距」解決透過參考物判斷空間尺度時所產生的誤差，由系統自動提供空間瀏覽者如雷射測距的功能，精確的掌握設計空間的尺度。「自動空間導引」由虛擬引導員自動引領空間瀏覽者到他所欲前往的目的空間，而前往的過程是

模擬實體空間之限制，行走空間中的實際動線，但空間瀏覽者仍然可以任意轉動觀看的視點，以強化對空間動線的了解。「平、立、剖面圖介面顯示」補足 3D 導覽中，空間視覺資訊對於空間組織的不足，以及單純的平面圖對樓層相間之呈現上的限制。「自動雙眼聚合視覺呈現」模擬人兩眼球對於二公尺內的之立體視覺，以更貼進人雙眼的視覺變化，改進參觀者透過雙眼聚合感知空間距離的能力。「自動視點定位」依瀏覽者位置，自動調整適合瀏覽者的視點位置，以符合人有不同視點高度與站立位置，同時，更能呈現出適合參觀者位置的立體視差影像。

4.3 研究限制

本研究中，受測者本身之空間能力的探討，由於本研究只是先初期性的探討立體動畫與立體虛擬實境這兩種設計呈現媒材在建築空間所扮演的角色，對於人的空間能力為何與探索空間的細部心智行為不在本研究的範疇內。另外，這些落差現象是基於一個畫面比 4:3 之 120 吋的背投影螢幕所得的結果，對於其它不同形式的呈現媒材，如 HMD、桌上型個人顯示器，半球型之多人大型投影顯示器、全包覆式之六面盒型顯示器等則不屬於本研究所探討的。

本研究之原始落差現象的分析方面，部份現象是由設計者的實驗資料中推測，如立體動畫中空間造型之現象三與現象四，雖然在觀看者中沒有發現，但在分析的假設上，我們認定設計者與觀看者為同一群體，屬於一般大眾，因此，在這部份的初步結論，認定其它的有建築設計背景者與無設計背景者也有可能產生的現象。

立體視覺在判斷空間尺度的研究限制，透過立體視覺判斷空間尺度，受測者雖然覺得立體影像能讓他們感覺到較有視覺深度，有助於他們判斷空間裡的距離，但本研究中無法明確顯示出立體視覺幫助空間尺度判斷到何種程度。另外，本空間視覺化系統在現行的投影螢幕技術，多人站在螢幕前，只能看到單一攝影機的視點影像，所以本研究之自動雙眼聚合視覺呈現與自動視點定位仍指戴上能被定位之立體眼鏡的瀏覽者而言。

4.4 後續研究

本研究之空間實驗所得到的初步原始落差與二次落差現象，在後續研究上可再根據其它的設計空間，再透過立體動畫與立體虛擬實境之呈現方式，以驗證這些初步現象之可信度，以及其它可能的現象。另外，空間實驗中，對於一些空間造型與空間尺度無法在立體動畫與立體虛擬實境中被了解，但不知是否這樣的空間造型在真實的環境中，同樣也無法被了解，在未來的研究上，可以針對真實空間與虛擬空間在空間造型上與尺度上更進一步的比較，以了解

人對空間造型與尺度上會判斷錯誤，到底是空間本身就on不好判斷或是呈現媒材的問題。

空間視覺化系統的自動空間導引，可以將虛擬引導員設計成不單只是引導員，更可做為一個空間設計的介紹者，同時也能選擇不同的介紹者，如空間本身的設計者，提供空間瀏覽者在視覺上與聽覺上更貼進真實的感受，對於設計者更深一層的設計哲理也更能進一步的體驗。

觀看虛擬環境會產生模擬器病(cybersickness)，有一部份是觀看立體視覺影像，如何才能有好的立體視覺效果且是舒適的視覺感受，這些會受呈現畫面的大小、觀看的位置與視差的大小影響，而這些因素之詳細的數據關係，需要更進一步的透過實驗了解。

在系統測試上，實際的在設計實務上，以設計者及一般公眾進行多人的測試，可分為空間設計內容了解與操作介面使用的測試，以了解空間視覺化系統在傳達設計者之設計內容還有的溝通落差，以及系統在操作介面的使用性問題。

空間視覺化系統在呈現其它設計空間上，如何讓空間設計內容，從初始的數位模型建立階段到最後空間視覺化系統之空間呈現，整個轉檔過程需要那些的標準流程，以利設計者能更容易地將他們設計的空間得以在此系統裡呈現。

4.5 研究貢獻

設計呈現媒材「立體動畫」與「立體虛擬實境」在空間造型的初步落差現象中，兩種媒材在視覺呈現上會因畫面比例與攝影機視覺範圍而產生空間之邊緣角度形變，易造成一般大眾對空間造型的誤判。而立體視覺雖有助於空間尺度的判斷，但雙眼視差容易因為視點太貼近物體時，產生過大的視差而造成視覺的不適。在空間動線的現象上，動畫攝影機之運鏡對動線因子的呈現，與運鏡轉彎越多，會影響一般大眾對空間動線的了解，同時亦會影響空間組織的判斷。這些主要的現象，將有助於設計者以「動畫」、「虛擬實境」與「立體視覺」在空間呈現上的改善參考。

空間視覺化系統之「水平視覺範圍擴展」，能減少單一畫面視覺範圍太大所生的空間形變問題，其多螢幕之攝影機設定方式將提供給多螢幕空間模擬器設計者一個重要的參考。「自動空間測距」讓空間呈現媒材對於空間尺度易產生的尺度感落差，有一個更精確的尺度數據。「自動空間導引」結合了動畫之主動敘述的優點，讓空間瀏覽者可以在一定的限制內知道重要的空間資訊，同時有某部份的主控權，這樣的互動呈現方式提供空間呈現媒材一個新的呈現互動方式。「平、立、剖面圖介面顯示」即時的提供空間瀏覽者在空間中不同的空間剖面，以了解錯綜複雜的空間。「自動雙眼聚合視覺呈現」能提供更貼近人類立體視覺的感受，以減少立體視差所產生的不適。「自動視點定位」解決T字外擴型空間模擬器需在站在中央才

有好的視覺效果的限制，同時縮小因太靠近螢幕時所產生的過大視差。因此本空間視覺化系統在設計實務上或對大眾展示上，能提供設計者與公眾一個更完整的設計空間之呈現媒材。

參考文獻

- Ahmad Rafi, M.E., 1998, *Computer animation for architectural visualisation*, Ph.D. thesis, University of Strathclyde
- Belleman, R. G., Stolk, B. and Vries, R., 2001, *Immersive Virtual Reality on Commodity Hardware*, Proceedings of the ASCI, pp. 297—304
- Bertol, D., and Foell, D., 1997, *Designing Digital Space: An architect's guide to virtual reality*, John Wiley & Sons, Inc.
- Bosselmann, P., 1998, *Representation of Places- reality and realism in city design*, University of California Press
- Bowman, D. U., Kruijff, E., LaViola, J. J. and Poupyrev, I., 2005, *3D user interfaces: theory and practice*, Addison-Wesley
- Bridges, A. and Charitos, D., 1997, *On architectural design in virtual environments*, Design Studies 18(2): pp. 143-154
- Burdea, G. C. and Coiffet, P., 2003, *Virtual Reality Technology*, A Wiley-International publication
- Fear, B., 2000, *Architecture + film II*, Wiley-Academy
- Fukuda, T., Kaga, A., Izumi, H., Terashima, T., 2009, *Citizen Participatory Design Method using VR and A Blog as a Media in the Process*, International Journal of Architectural Computing, (7)2: pp. 217-233
- Kalay, Y. E., 2004, *Architecture's new media :principles, theories, and methods of computer-aided design*, MIT Press
- Liu, Y. T. and Tang, S. K., 2003, *Space, Place and Digital Media: Towards a Better Simulation of a City that has now Disappeared*, International Journal of Architectural Computing 1(1): pp. 112-129
- Liu, Y. T. and Bai, R. Y., 2001, *The Hsinchu experience: a computerized procedure for visual impact analysis and assessment*, Automation in Construction 10(3): pp. 337-343
- Liu, Y. T., 1996, *Understanding of Architecture in the computer Era*, Hu's, Taipei
- Manovich, L., 2001, *The Language of New Media*, MIT press
- Mitchell, J. W. and McCullough, M., 1994, *Digital design media*, Wiley; 2 edition
- Nagakura, T. and Chatzitsakyris, P., 2006, *A Synthetic Moviemaker for Spatial Representation*, ACM SIGGRAPH
- Penz, F., 2004, *The architectural Promenade as narrative device- practice-based research in architectural and the moving image*, Digital Creativity 15(1): pp. 39-51

- Penz, F., 2003, *Architecture and the Screen from Photography to Synthetic Image- capture and building space, time and motion*, In Thomas, M. and Penz, F., *Architectures of Illusions*. Intellect Books, Bristol
- Sutherland, I. E., 1968, *A Head-Mounted Three-Dimensional Display*, proceedings of the Fall Joint Computer Conference, Washington, D. C.
- Temkin, A., 2003, *Seeing Architecture with a Filmmaker's Eyes*, 22nd ACADIA, pp. 227-233
- Wu, Y. L., 2003, *A Digital Modeling Environment Creating Physical Characteristics*, CAADRIA'03, Thailand, pp. 385-391
- Yates, P., 2004, *Distance and Depth*, Design Presentation edited by Gabriela Goldschmidt and William L. Porter, Springer, pp. 3-36
- Ye, J., Campbell, R. I., Page, T. and Badni, K. S., 2006, *An investigation into the implementation of virtual reality technologies in support of conceptual design*, Design Studies 27(1): pp. 77-97
- 劉育東, 2007, *明日建築—實體、虛擬、互動、空間*, 台北市立美術館展覽專輯
- Le Corbusier, (施植明譯), 1923, *Vers Une Architecture(邁向建築)*, 田園城市

國科會補助計畫衍生研發成果推廣資料表

日期:2011/10/26

| | |
|-----------|-------------------------------------|
| 國科會補助計畫 | 計畫名稱: 一個整合立體動畫與立體虛擬實境的空間視覺化系統 |
| | 計畫主持人: 劉育東 |
| | 計畫編號: 99-2221-E-009-126- 學門領域: 建築都市 |
| 無研發成果推廣資料 | |

99 年度專題研究計畫研究成果彙整表

| 計畫主持人：劉育東 | | 計畫編號：99-2221-E-009-126- | | | | | |
|------------------------------|-----------------|-------------------------|-----------------|------------|------|-------------------------------------|-----|
| 計畫名稱：一個整合立體動畫與立體虛擬實境的空間視覺化系統 | | | | | | | |
| 成果項目 | | 量化 | | | 單位 | 備註（質化說明：如數個計畫共同成果、成果列為該期刊之封面故事...等） | |
| | | 實際已達成數（被接受或已發表） | 預期總達成數（含實際已達成數） | 本計畫實際貢獻百分比 | | | |
| 國內 | 論文著作 | 期刊論文 | 0 | 0 | 100% | 篇 | |
| | | 研究報告/技術報告 | 0 | 1 | 100% | | |
| | | 研討會論文 | 0 | 0 | 100% | | |
| | | 專書 | 0 | 1 | 80% | | |
| | 專利 | 申請中件數 | 0 | 0 | 100% | 件 | |
| | | 已獲得件數 | 0 | 0 | 100% | | |
| | 技術移轉 | 件數 | 0 | 0 | 100% | 件 | |
| | | 權利金 | 0 | 0 | 100% | 千元 | |
| | 參與計畫人力 （本國籍） | 碩士生 | 0 | 0 | 100% | 人次 | |
| | | 博士生 | 3 | 3 | 100% | | |
| | | 博士後研究員 | 0 | 0 | 100% | | |
| | | 專任助理 | 0 | 0 | 100% | | |
| 國外 | 論文著作 | 期刊論文 | 0 | 0 | 100% | 篇 | |
| | | 研究報告/技術報告 | 0 | 0 | 100% | | |
| | | 研討會論文 | 0 | 0 | 100% | | |
| | | 專書 | 0 | 0 | 100% | | 章/本 |
| | 專利 | 申請中件數 | 0 | 0 | 100% | 件 | |
| | | 已獲得件數 | 0 | 0 | 100% | | |
| | 技術移轉 | 件數 | 0 | 0 | 100% | 件 | |
| | | 權利金 | 0 | 0 | 100% | 千元 | |
| | 參與計畫人力 （外國籍） | 碩士生 | 0 | 0 | 100% | 人次 | |
| | | 博士生 | 0 | 0 | 100% | | |
| | | 博士後研究員 | 0 | 0 | 100% | | |
| | | 專任助理 | 0 | 0 | 100% | | |

| | |
|--|----------|
| <p>其他成果 (無法以量化表達之成果如辦理學術活動、獲得獎項、重要國際合作、研究成果國際影響力及其他協助產業技術發展之具體效益事項等，請以文字敘述填列。)</p> | <p>無</p> |
|--|----------|

| | 成果項目 | 量化 | 名稱或內容性質簡述 |
|---|-----------------|----|-----------|
| 科 教 處 計 畫 加 填 項 目 | 測驗工具(含質性與量性) | 0 | |
| | 課程/模組 | 0 | |
| | 電腦及網路系統或工具 | 0 | |
| | 教材 | 0 | |
| | 舉辦之活動/競賽 | 0 | |
| | 研討會/工作坊 | 0 | |
| | 電子報、網站 | 0 | |
| | 計畫成果推廣之參與(閱聽)人數 | 0 | |

國科會補助專題研究計畫成果報告自評表

請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況、研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）、是否適合在學術期刊發表或申請專利、主要發現或其他有關價值等，作一綜合評估。

1. 請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況作一綜合評估

達成目標

未達成目標（請說明，以 100 字為限）

實驗失敗

因故實驗中斷

其他原因

說明：

2. 研究成果在學術期刊發表或申請專利等情形：

論文： 已發表 未發表之文稿 撰寫中 無

專利： 已獲得 申請中 無

技轉： 已技轉 洽談中 無

其他：（以 100 字為限）

3. 請依學術成就、技術創新、社會影響等方面，評估研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）（以 500 字為限）

設計呈現媒材「立體動畫」與「立體虛擬實境」在空間造型的初步落差現象中，兩種媒材在視覺呈現上會因畫面比例與攝影機視覺範圍而產生空間之邊緣角度形變，易造成一般大眾對空間造型的誤判。而立體視覺雖有助於空間尺度的判斷，但雙眼視差容易因為視點太貼近物體時，產生過大的視差而造成視覺的不適。在空間動線的現象上，動畫攝影機之運鏡對動線因子的呈現，與運鏡轉彎越多，會影響一般大眾對空間動線的了解，同時亦會影響空間組織的判斷。這些主要的現象，將有助於設計者以「動畫」、「虛擬實境」與「立體視覺」在空間呈現上的改善參考。

空間視覺化系統之「水平視覺範圍擴展」，能減少單一畫面視覺範圍太大所生的空間形變問題，其多螢幕之攝影機設定方式將提供給多螢幕空間模擬器設計者一個重要的參考。「自動空間測距」讓空間呈現媒材對於空間尺度易產生的尺度感落差，有一個更精確的尺度數據。「自動空間導引」結合了動畫之主動敘述的優點，讓空間瀏覽者可以在一定的限制內知道重要的空間資訊，同時有某部份的主控權，這樣的互動呈現方式提供空間呈現媒材一個新的呈現互動方式。「平、立、剖面圖介面顯示」即時的提供空間瀏覽者在空間中不同的空間剖面，以了解錯綜複雜的空間。「自動雙眼聚合視覺呈現」能提供更貼近人類立體視覺的感受，以減少立體視差所產生的不適。「自動視點定位」解決了字外擴型空間模擬器需在站在中央才有好的視覺效果的限制，同時縮小因太靠近螢幕時所產生的過大視差。因此本空間視覺化系統在設計實務上或對大眾展示上，能提供設計者與公眾一個更完整的

設計空間之呈現媒材。