

第一章 電腦視覺模擬相關研究機構調查與文獻回顧

1.1 基本定義

電腦視覺模擬：「模擬(simulation)」是用電腦再現一個系統的行為或建造這個系統的模型的過程。這個模型盡可能地模擬的跟原物一樣，如此當有新的資料進入時，從模型的反應可以用來預測系統的反應。模擬(simulation)是「設計一個真實系統的模型與控制這個模型的實驗以瞭解這個系統的行為或評估系統操作的不同策略(strategy)。」

虛擬實境：由電腦模擬出來、具有空間感的立體圖像（虛擬環境；Virtual Environment, VE）。透過特殊的設備（如感應手套；Dataglove），使用者可以和這些模擬圖像產生互動，如操弄虛擬物體、在虛擬環境中自由移動、改變視點等。

Augmented Reality：是利用一組「穿透式的顯像頭盔(see-through head-worn display)」將虛擬物體附加在真實景物上，以提供使用者關於環境的更豐富的資訊。

1.2 文獻蒐集

本研究之資料蒐集方向以國內外研究電腦視覺模擬與虛擬實境領域的研究單位為主，分析其定位、運作、空間、設備、服務內容、推廣方式等內容，以作為視覺模擬實驗室設立之參考。

本研究文獻蒐集的來源有：報紙、期刊、Internet 網站、國內研究單位實地訪問等。

1.2.1 研究單位一覽

美國、加拿大地區

UCCB Virtual Reality Lab, CANADA

研究、服務項目

軟體成果

- 上彩軟體庫
- 3D 網際網路瀏覽器：用於繪製操控 3D 景物
- 虛擬實境建構語言及工具：用於上彩程式之最佳化
- 設備趨動程式，3D 滑鼠及 HMD
- 網路架構，用於處理使用者及共享環境之互動
- 3D 網路遊戲：為一原型，用以示線上互動式 3D 遊戲之可行性

實驗室提供服務：

- 軟體設計
- 軟體介面設計
- 硬體介面設計
- 3D 環境及樹學設計
- Java 應用設計及程式撰寫
- C++ 應用程式設計(Windows API/MFC)
- 網路軟體設計
- 網際網路多媒體

ETC-Lab (The Ergonomics in Teleoperation and Control Laboratory), CANADA

研究、服務項目

進行人因、人體工學相關之研究，領域包括虛擬實境與 augmented 實境之 stereoscopic 顯示。

MUL-Lab (Multimedia/Usability Laboratory), CANADA

研究、服務項目

- 大尺度原文瀏覽器
- 超文字(hypertext)
- 視訊分析
- 多媒體瀏覽及撰寫(browsing & authoring)
- 資訊視覺化

IST's Visual Systems Laboratory (VSL), University of Central Florida

研究目標

在虛擬環境、即時物理性模擬、3D 視覺模擬及跨越領域研究中，建立新的途徑

Human Interface Technology Laboratory, HITL

研究目標

人性界面科技實驗室是位於西雅圖華盛頓大學的華盛頓科技中心中眾多實驗室的一個。華盛頓科技中心於 1983 年成立，目的在支持對華盛頓州的經濟有直接利益的科技研究，HITL 於 1989 年成立，以 VR 科技為主要研究重心。

研究、服務項目

Technology development

- new interface technology
- displays
- alternative input devices
- tracking devices

Human factors

- human perception
- human factors research

Technology integration

- interface design
- system integration

Technology evaluation

- development of metrics
- evaluation procedures
- usability analysis

Teaming

Consortium building technology licensing

Teaching

- human interface technology
- human factors
- curriculum development
- training

VETT: Virtual Environment Technologies for Training (VETT) Group,
Research Lab of Electronics at the MIT

研究目標

研究用於訓練之虛擬環境系統及科技。虛擬環境科技因其在互動性，易於重新規劃參數，可設立超乎正常情形之環境，及多重模型之特性，而遠較典型訓練模擬器為優。 VETT 同時涵蓋虛擬環境介面之設計及改善研究。

Virtual Reality Laboratory (VRL) at the University of Michigan (UM)

研究、服務項目

- 車輛內部及其他設計之虛擬原型製作
- 製造過程模擬
- 與工程相關或非工程領域之應用：教育

GVU Center, Georgia Tech

研究目標

使電腦更具友善的使用介面，使電腦在工作、教育與通訊各方面成為更有效率的工具。

研究、服務項目

- 動畫(Animation)
- 生物醫學的影像與視覺化(Biomedical Imaging and Visualization)
- 認知(Cognitive Approaches)
- 電腦支援的合作式工作環境(Computer Supported Cooperative Work)
- 資料視算(Data Visualization)
- 適用的設計(Design for Usability)
- 數位文化(Digital Culture)
- 教育科技(Educational Technology)
- 未來的計算環境(Future Computing Environments)
- 資訊設計(Information Design)
- 網際網路與 WWW(Internet and WWW)
- 多媒體(Multimedia)
- 軟體視算(Software Visualization)
- 使用者介面(User Interfaces)
- 虛擬環境(Virtual Environments)

GVU Center Virtual Environments Group, Georgia Tech

研究目標

探索與虛擬實境有關的電腦繪圖領域

研究、服務項目

- 軟體發展：簡易虛擬環境套件(toolkit)，分散式虛擬環境
- 應用研究：GIS、設計教育、心理治療
- 人因及可用性研究：呈現、融入、導引、互動
- 科技議題：輸入設備、HMD 中之光學變形
- 性能：即時細部管理

The Graphics and Visualization Center, NSF Science and Technology Center

研究目標

中心的目標是強化電腦圖學與科學視算(computer graphics and scientific visualization)的科學基礎。這個基礎將負責推動下世代的電腦軟、硬體與應用領域，保護美國在這些關鍵領域上科技與經濟的領導權。電腦圖學的研究重心放在 modeling, rendering, interaction, and performance 上。這個中心由五所大學共同組成，包括：Brown University, the California Institute of Technology (Caltech), Cornell University, the University of North Carolina at Chapel Hill, and the University of Utah。

Graphics Group, Department of Computer Science, College of Arts and Sciences, The University of North Carolina at Chapel Hill

研究、服務項目

- Augmented Reality system
- Nanomanipulator Project
- PixelFlow Project
- Telepresence Research Group
- Head Tracker Research
- The Walkthrough Project
- Geometric and Solid Modeling
- Rendering Curved Surfaces
- Interactive Collision Detection
- Plenoptic Modelling
- Ultrasound Visualization Research
- Model Simplification
- GRIP molecular graphics project

Program of Computer Graphics, Cornell University

研究目標

這個計畫是一個跨領域的繪圖中心，目的是發展互動式的電腦繪圖技術與使用此技術的各種不同的應用。

研究、服務項目

目前的研究案牽涉到 the simulation of three-dimensional, time-dependent phenomena，並包括 fields of mechanical engineering, engineering mechanics, medical imaging, perception psychology, architecture, art, and animation。除了上述的基本任務以外，還包含 scientific visualization and designing future software and hardware graphics workstation environments。

目前的研究焦點在 the three-dimensional modeling of very complex environments and algorithms for realistic image synthesis。一個模組化的試驗台可已有效的評估不同的影像合成技術。目前正在研究的是 light reflection models, methods for determining the interaction between diffusely reflecting surfaces, techniques for improving the computational efficiency of ray-tracing, parallel processing strategies, micro-geometry surface modeling, motion control, dynamics, constraint modeling, perceptual issues in graphics, and a host of other problems related to complex modeling and realistic image displays。

在建築的應用方面，研究在建築設計所需的輸入建築物與基地描述的電腦繪圖技術。以幾何數據為基礎產生的電腦圖像同時也是技術分析的主要部分，始能產生全彩的、三維的建築模擬。目前正在實驗此項科技在藝術方面的使用。

The Virtual Environment/Interactive Systems Program

National Science Foundation (NFS) Engineering Research Center (ERC) for Computational Field Simulation (CFS) & Mississippi State University School of Architecture

研究目標

虛擬環境 / 互動系統計畫是與密西西比州立大學建築學院合作，任務是應用發展虛擬環境模擬與改進使用者介面科技於教育、建築、科學視覺化、醫學與國防各方面。

研究、服務項目

研究方向

- grid generation
- domain specific integrated research project
- computational fluid dynamic laboratory
- scientific visualization
- computing systems
- education
- microsystems prototyping laboratory

研究計畫

The Visually-Coupled Architectural Walkthrough Project

Complex Oceanographic Data Visualization Project

Visualization of Structured and Unstructured Grids

Virtual Reality Laboratory (VR Lab) of National Center for Supercomputing Applications (NCSA)

研究目標

位於伊利諾大學香檳城分校(University of Illinois at Urbana- Champaign)的國家高速運算應用中心(NCSA)成立於 1985 年，NCSA 是國家政策的開發及推行者，目的在對先進的運算與傳播工具以及資訊科技進行創造、使用與技術移轉。以先進的技術對科學、工程、教育與商業團體提供服務。

NCSA 的虛擬實境實驗室(VR Lab)的目標是研究發展視覺模擬及與科學資料互動的新方法，使 NCSA 的研究員能夠使用互動的、投入的科技進行科學研究。

Visualization and Virtual Reality Group (VVRG)

研究目標

美國商業部(Department of Commerce)的國家標準與技術協會(National Institute of Standards and Technology, NIST)的資訊科技實驗室(Information Technology Laboratory, ITL)的資訊通路與使用者介面處(Information Access and User Interfaces Division, IAUI)的視覺化與虛擬實境小組(VVRG)。

VVRG 執行視覺化與虛擬環境科技的研究，以對工業界與政府部門展示資訊視覺化的好處。

研究、服務項目

- working with private industry, academia, and government to develop evaluation methodologies and reference sets,
- conducting research in visualization to support the development of these test and evaluation methods, and
- building visualization and VR prototype systems for application areas such as manufacturing, information retrieval, and collaborative work.

歐洲地區

VEGA (Virtual Environment, Graphics & Applications)

Department of Computer Science at the University of Hull, England

研究目標

- 建立可吸引當地、國家或國際支持以虛擬環境為主之研究
- 藉由對研究主題深厚科學根基之發展為虛擬環境研究建立基礎
- 探索虛擬環境應用領域中之問題
- 為業界提供選擇性服務
- 經由出版、開會、研討會及短期課程，為技術轉移提供設施

CAAD, department of architecture, ETH, Zürich, Switzerland

研究、服務項目

- Model-Based Design: Existing Cases of Designs are used as Intelligent Objects for Interactive Modeling in 2D and 3D
- **Sculptor**: The Tool for Spatial Architectural Design allows Interactive Real-time Modeling with Solids and Voids
- ZIPBau: Improvement of communication in the building process and verifying the developed concepts in industrial projects
- IuK: Information und Kommunikation - The goal is to design and engineer an information, communication and collaboration design system for the Swiss AEC industry
- Agents: Intelligent Interface Agents for Navigation, Sound and Cost are combined with the VR modeling tool Sculptor
- Alter Ego: An automated learning environment with personel agents for every student, which guide, motivate and reflect the actions in the information space
- CASDET: A computer tool sustaining the teaching of structures in introductory courses of architectural design
- DIPAD: The development of a tool that integrates state-of-the-art photogrammetry techniques in an easy-to-use CAAD environment

Lab for Virtual Interactive System, Stuttgart, The Fraunhofer Institute for Industrial Engineering (IAO), Germany

研究、服務項目

- Architecture in Virtual Environments
- Entertainment and Infotainment
- 3D Acoustic
- 3D Scanning
- Multi-User VR
- Web VR
- Virtual Prototyping
- Assembly Planning

亞洲地區

研究目標

畫像情報棟係日本建築研究所為了有效處理地圖、照片、幻燈片、錄影帶、地震波形記錄等研究工作上的各種圖像資訊而設的，

研究、服務項目

- 支援居住環境建設計劃擬定的系統 (BRIGHTS):

為一用來表示、分析、預測土地利用狀況的系統，目前為協助中央及地方公共團體有效率地擬定居住環境建設計劃，正利用國土地理院的資料進行開發中。

- 建築計劃及生產技術相關資訊技術的研究

由於除了過去的文字資訊及二度空間圖像資訊外，尚須直接處理三度空間的圖形資訊，故除了在建築生產各階段的電腦處理技術的適用性之提升方面的研究外，也不斷探討能進一步掌握整體的綜合建築生產系統的可能性。

- 在都市計劃領域中的活用

在都市計劃領域中，進行的是都市計劃基礎調查的資料分析。例如，以彩色掃瞄器將土地利用現況圖輸入電腦，並依土地用途之不同計測土地面積，以利都市計劃的修改。

- 都市防災計劃支援系統

在都市區域中，大地震時可能發生的同時多起火災以及其延燒擴大，將造成鬧區的大火，並帶來大規模的生命財產的損失。經由對平時的火災特性分析及都市化地區的構造調查，預測都市化地區大火的蔓延情形，提供行政單位，以作為擬定居民的避難誘導計劃，並制定對策以使受害減至最輕時的參考資料。

- 地球內部的三度空間速度構造的表示

目的在顯示地震波的速度之快慢，可顯示出來的三度空間速度構造是透過 Woodhouse & Dziewonski(1984)、Dziewonski(1984)、以及 Tanimoto(1987)所提出的模型。程式共有兩種：一為顯示各種深度中的速度之快慢，另一為顯示以指定的大圓形為側面的速度構造。

圖像模擬設備利用研究

1. 以圖像等錄下調查與實驗的記錄，並加以分析評量的調查研究。

- 以慢速錄影帶重新檢討火災實驗的冒煙及延燒過程。
- 綜合檢討鋼筋混凝土加力壁的龜裂及破壞的順序。
- 居住環境評估方法的研究。

2. 包括數量化模型開發在內的調查研究

- 道路交通網評估模型的開發。
- 社區開發之附屬設施對週邊住宅區之波及模型的開發。

3. 使用圖像與圖表的研究發表會及研討會

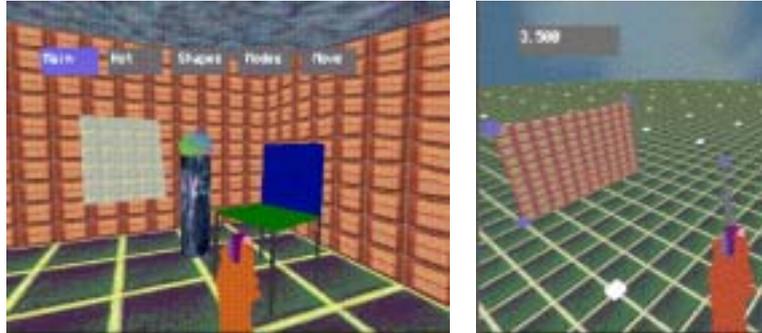
4. 與海外研究人員的研究交流

1.3 視覺模擬在建築應用上的相關研究一覽

CDS 為一即時且互動之虛擬環境，可用於一般性之 3D 設計及虛擬環境上之設計。使用者不僅可檢視建築，且可棲息其中。在虛擬世界中，設計可被修改，添加細部或再新加設計內容。

CDS 使用者以互動式直覺地建構空間，其方式很簡單，只要選擇地面上之頂點，然後定義每一頂點之高度以形成 3D 物體，CDS 可自動建立牆及天花。當基本構件建立後，使用者可任意嘗試不同之質感及色彩、安置傢俱或更改屋頂線。

CDS 未來發展方向包括互動式燈光照明修改、提供人體外形以顯示空間比例、建築材質及物件資料庫及將概念模輸出至工作站及 CAD 程式以進行進一步之修飾。



The Simple Virtual Environment (SVE) Toolkit

SVE 提供一個系統在其中能夠簡單的發展有關於虛擬環境的應用。SVE 是一個獨立的程式庫，為 VE 的應用提供機械與軟體的工具。SVE 在虛擬世界中根據應用的功能分離物件的階層性結構的定義，使應用程式能專注於特定應用的細節。另外 SVE 程式庫的模組讓外加的功能能容易的結合並可快速的產生虛擬世界的原型。SVE 現在的版本是 1.5 版。



School of Civil Engineering, Georgia Tech

Interactive Visualizer, IV

IV 是一個用來在虛擬環境中讓實質系統視覺化的工作平台。它基於一個支援實質系統的細節化模型與其相關研究問題的視覺化架構。IV 是為了發展虛擬環境應用及其特性的工作平台。IV 提供研究者一個架構，能夠將新的應用快速的建模，並擁有可接受的擬真性。

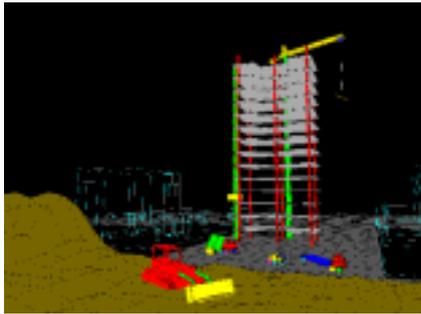
在建築上的應用：

The Interactive Construction Visualizer (ICV)-Winter 1991

營建視覺化(Construction Visualization)

Interactive Visualizer Plus Plus (IV++)

這套系統描述反應的控制，特別針對營建過程的模擬，模型化營建過程的動態特性與考慮其所有組成部分的幾何面向。這個技術允許營建的計畫者與設計者創造與執行營造過程的即時模擬以及模擬過程中的互動參與。



Graphics, Visualization and Usability Lab Walkthrough



Graphics Group, Department of Computer Science, College of Arts and Sciences, The University of North Carolina at Chapel Hill

The Walkthrough Project

Architectural Visualization Research

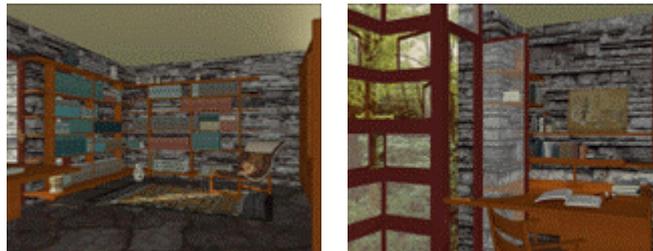
這個計畫的目標是創造一個互動的電腦繪圖系統使觀察者能藉著模擬在模型中的走動體驗建築設計。這個計畫已經發展出許多不同的系統，分別針對不同的目標進行研究，包括： a) 現有繪圖引擎的改進， b) 發展位置追蹤與導向的方法， c) 隨時改進以更真實的呈現， d) 研究人在虛擬環境中的行為。



Program of Computer Graphics, Cornell University

Falling Water

這是由 Ben Trumbore 發展出來的 Ray Tracing 軟體所計算出來的，這影像表現了豐富的質感與 ray tracing 有關於複雜模型的能力。

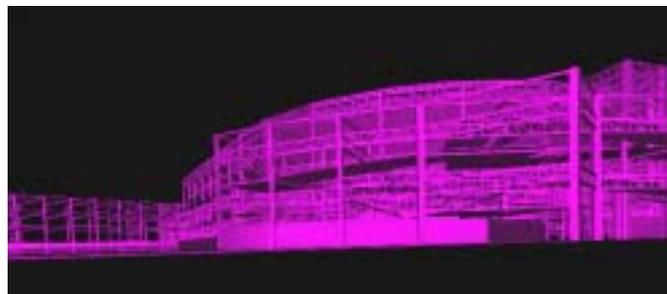


The Virtual Environment/Interactive Systems Program

National Science Foundation (NFS) Engineering Research Center (ERC) for Computational Field Simulation (CFS) & Mississippi State University School of Architecture

The Visually-Coupled Architectural Walkthrough Project

這個計畫的目標是提供建築系的學生一個視覺化與體驗的有效工具，就好像設計已經建造完成一樣。這種模擬的技術是用來輔助傳統的設計工具（紙、筆等）與 CAD 技術。

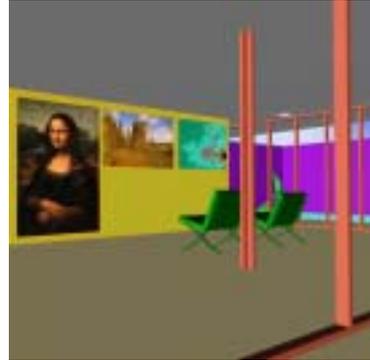
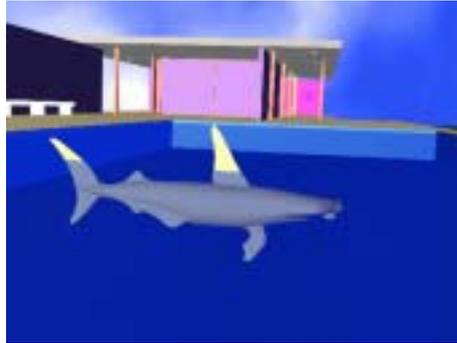


Virtual Reality Laboratory (VRL) at the University of Michigan (UM)

Barcelona Pavilion

Mies 的 Barcelona Pavilion 研究課題含：

- 1)由多邊形減化演算法簡化幾何形體
- 2)全投入式(immersive)VR 中即時上彩技術
- 3)全投入式 VR 中人與全尺寸表達之關係
- 4)環境建物四周及穿越模擬，潛入池中模擬
- 5)在平面及曲面物表貼質感
- 6)VRML 中模型表達
- 7)動畫



CAAD, Department of Architecture, ETH Zürich, Switzerland

Soundspace

音響模擬，瑞士 ETH 曾建立系統在虛擬空間中模擬音響效果，其三個相互關連之主要部份為：

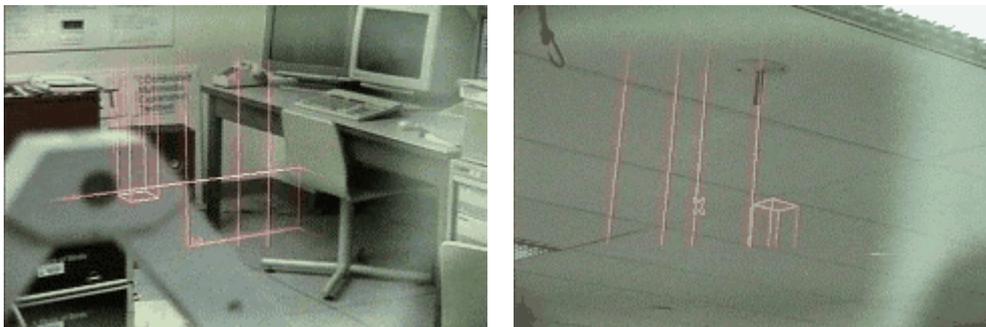
- 1)圖形工作站：針對 CAD 模型進行即時上彩與製作動畫，同時檢查 CAD 模型資料庫以利音效處理器之控制。
- 2)音源：包括聲音檔及即時聲音輸入二種，人可以漫遊於建築中，同時用小麥克風說明設計。
- 3)音效處理器：用於將輸入聲音依照空間反射結果立即進行計算，計算後結果與原音訊號混合後再由喇叭播出，使聽者感受到位於虛擬空間中某一位置之聲音。音效處理器可控制含尺寸、體積、房間形式、材質、複雜度、即時音源位置及其他等 15 種參數。

Soundspace 可在音效上模擬空間中移動及由室外進入室內之效果，讓設計者感受人的聲音在不同空間之不同效果。

Computer Graphics and User Interfaces Lab, Columbia University

Architectural Anatomy

Augmented Reality 是利用一組「穿透式的顯像頭盔(see-through head-worn display)」將虛擬物體附加在真實景物上，以提供使用者關於環境的更豐富的資訊。利用 Augmented Reality 技術來探討空間感知與結構系統間的關係，與有關營造、組構、結構修復方面的教學潛力。



建築與防火研究實驗室(Building and Fire Research Laboratory, BFRL), 美國國家標準與技術學院 (National Institute of Standards and Technology, NIST)

美國的建築與防火研究實驗室與加州大學柏克來分校共同合作，利用柏克來所發展出來的 architectural walkthrough 技術，進行在互動的虛擬環境中的火災模擬的研究，目標是結合柏克來的技術與 NIST 的 CFAST 火災模型，於即時的、互動的虛擬環境中進行火災模型的視覺模擬，以了解在建築物中可能的燃燒與煙的擴散行為。這兩者的結合對救火員的訓練、建築設計的防火性能評估與防火標準的建立均具有極大的應用潛力。

火災研究所(Fire Research Station, FRS), 英國建築研究學會(Building Research Establishment, BRE)

英國火災研究所也進行類似的研究，他們使用的是 JASMINE 火災電腦模型，可以表現火災的發展、溫度的分布情形與煙的運動情形。

NASA

美國航空暨太空總署的虛擬風洞是個運用虛擬實境科技的流體流動的視覺化系統。與傳統的視覺化系統不同的是，虛擬風洞是個全 3D 的圖像介面，在其中的虛擬物件可以直接用手控制調整並可立即看到氣流的運動情形。這套系統是用來設計飛行器用的，但在建築上可以用來建立建築物風洞實驗之評估體系。

第二章 資料分析

2.1 電腦視覺模擬

模擬(simulation)基本上是種科學研究的方法，指的是「設計一個真實系統的模型(model)與控制這個模型的實驗以瞭解這個系統的行為或評估系統操作的不同策略(strategy)。」在日常生活及科學的模擬有三種基本功能：1. 認知功能：為幫助人們對真實現象的認知、歸納、解釋及瞭解，2. 決策功能：將可選擇的替代方案模型化以為評估決策之依據，3. 傳播功能：將抽象的知識轉換為一般人易於瞭解的媒介、記號形式。基本上，模擬在建立一個研究問題的情境，這個模擬出來的情境盡可能的接近問題發生的原始狀態以便於觀察事件發生的經過，理解問題發生的原因。

視覺化所指涉的是將複雜的資料用圖像來表示，使複雜資料中的不同面向與關係能更清楚的呈現在觀察者眼前。科學的視覺化技術意指從龐大的資料中將資料系統化、結構化以取得知識。視覺模擬是將抽象的知識系統視覺化，模擬一個實質系統的操作，建立一個研究問題的視覺化架構。視覺的、圖像化的呈現會比方程式更容易讓人了解，特別是三度空間的資料，建築、地景、氣流等等，以三度空間的形式表現最為有利。

在嚐試錯誤的科學研究中，電腦視覺模擬與真正的實驗相較能夠節省更多的金錢，因為電腦模型可快速的再生而不需重新製作，各種變數可精準的控制，實驗的過程可完整的紀錄，有些耗費時間的實驗在虛擬實驗下可以將時間壓縮而獲得相同的成果。而某些具危險性的實驗或場所，如深海、外太空、輻射廢料處理等不適人居的環境，都可藉由視覺模擬或以遙控機器人的方式來進行，事實上，太空研究、汽車撞擊、輻射廢棄物處理的虛擬實驗早已經有相當的應用成果了。

2.2 功能與定位分析

在時間上來看，1990年前後可說是VR發展的重要里程碑。1989年Virtual Reality這個名詞正式出現，隨後以Graphics, Visualization, Simulation, VR為研究主題的大規模研究機構紛紛出現（美國地區），如人性界面科技實驗室、Graphics and Visualization Center、1991年於喬治亞理工成立的GVU Center (Graphics, Visualization & Usability Center，主要由電腦業所贊助)、和1993年主要由汽車工業集團所贊助成立，位於密西根大學的Virtual Reality Laboratory。

這表示美國政府與產業界終於認識到VR的發展與應用潛力，所以投入對VR

科技的研究，目的就是在掌握關鍵性技術與強化競爭力。

為了掌握電腦圖學的關鍵性技術的領導地位，以維持在電腦科技及經濟上的優勢與競爭力所成立的研究機構，如美國國家科學基金會(National Science Foundation, NSF)於1990年成立的Engineering Research Center for Computational Field Simulation (ERC for CFS)及1991年所成立的與華盛頓州州議會於1989年設立的人性界面科技實驗室(Human Interface Technology Laboratory, HITL)。

人性界面科技實驗室是位於西雅圖華盛頓大學(University of Washington)的華盛科技中心(Washington Technology Center, WTC)的眾多實驗室中的一個。華盛科技中心是由華盛頓州州議會於1983年成立，目的在支持對華盛頓州在經濟上有直接利益可能的技術研究。

ERC for CFS 位於密西西比州立大學(Mississippi State University, MSU)，它的任務是藉著降低複雜的工程分析與設計模擬上所必需的時間與費用來加強美國工業的全球競爭力。而 Graphics and Visualization Center 的目標是強化電腦圖學與科學視算(computer graphics and scientific visualization)的科學基礎，這個基礎將負責推動下世代的電腦軟、硬體與應用領域，保護美國在這些關鍵領域上科技與經濟的領導權。這個中心由五所大學共同組成，包括：Brown University, the California Institute of Technology (Caltech), Cornell University, the University of North Carolina at Chapel Hill, the University of Utah.

事實上北卡和猶他大學早就已經是 VR 研究的重鎮了，不過當時的研究重點在於電腦的圖形處理能力與人機介面的改進，等到這些研究累積了相當基礎之後，終於使得美國政府與產業界體認到此項科技的發展有助於提升美國在全球經濟的競爭力，因此資助這些研究單位做更進一步的發展。

另外一種研究推動是軍方基於對更經濟有效的輔助訓練工具的需求，成果是飛行模擬器與共享式、分散式網路 VR。NASA 則是因為外太空研究的高成本而開發模擬外太空的虛擬研究環境。

從以上的敘述大概可以歸納出視覺模擬實驗室設立的目的有：

- 輔助學術研究
- 提供經濟有效的教育訓練工具、提升產業競爭力
- 發展電腦圖學或 VR 的關鍵性技術
- 虛擬實境的商業產品研發

2.3 空間設備分析

2.3.1 實驗室空間規劃

HITL 實驗室設施約佔 8000 平方呎（約 4400 平方公尺）的面積，包括研究人

員辦公室、行政人員辦公室、會議 / 研討室、圖書室、電子商店、光學實驗室、視覺顯示實驗室(visual display lab)、空間音效開發實驗室(spatial sound lab)與虛擬實驗室(virtual simulation lab)。HITL 有一組輸入設備、圖形處理器、與輸出設備 (如 HMD) , 以及數部獨立的 VR 系統。實驗室所有的空間皆以華盛頓大學所提供的網路相連 , 另外實驗室有自己的內部網路。

就單一實驗室而言,以 IST, University of Central Florida 與 GVU Center, Georgia Tech 為例,一固定空間中可能同時進行數個研究案或分屬不同研究小組(見圖 2-1, 2-2),所以空間需求除滿足各分組成員研究外,可能隨研究案規模、設備不同而須機動調整,基本空間需求如下:

- 1)研究空間、研究小組、研究案分區
 - 實驗空間
 - 小組成員工作空間
- 2)系統管理空間:負責系統支援、管理、可支援多個小組
- 3)討論室:供研究討論、簡報用、可共用。

實驗室空間規劃涉及設備運用、管理及支援,可以瑞士 ETH 為例,分為五種類型或階段:

- 階段一:獨立之個人電腦-以一人一機形式分享週邊及檔案伺服器。
- 階段二:工作站族群,由 UNIX 工作站組成,連接 Internet ,處理多媒體格式,牆壁一變而為投影幕以顯示高解析度,即時電腦動畫,本設施形式可供多人互動式溝通。
- 階段三:Holographic 顯示台-物件與空間以量體形式浮現於空間而無須仰賴二維電腦圖學。
- 階段四:互動之虛擬空間:利用 VR 設備將真實空間與虛擬空間串連,使之互動,使用者可直接操縱建築物件,旁觀者亦可體驗演員之行為。
- 階段五:一位於全球資料網路之節點-經由高速資料連線而與其也研究設施共同建立一共享之虛擬環境,使用者虛擬環境可於網路中不同位置,備份僅須存放一處即可(見圖 2-3)。



圖 2-1 IST 實驗室空間配置圖

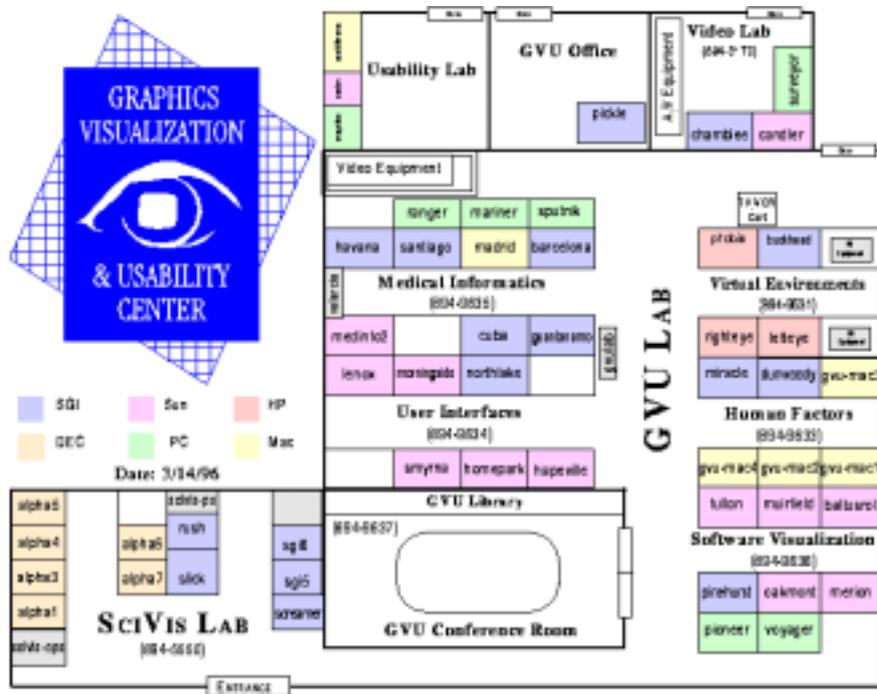


圖 2-2 GVU Center 實驗室空間配置圖

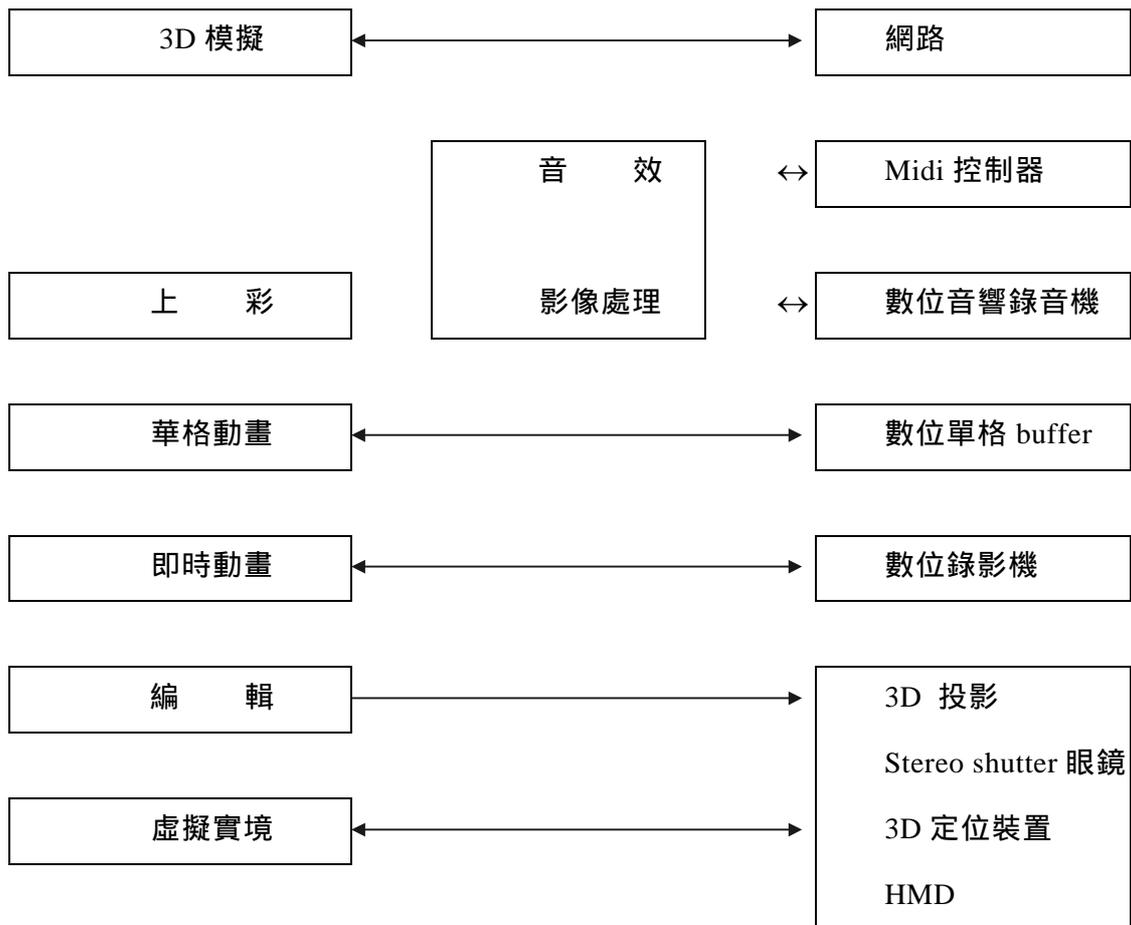


圖 2-3 ASL 之硬體及軟體環境

實驗室軟硬體環境直接影響空間規劃、ETH 的 ASL 之軟硬體架構可由圖 2-3 中得知其多樣之資料格式及相關處理設備。

2.4 人力資源、組織規劃分析

2.4.1 人力資源、發展與運作方式：

由政府或其他贊助單位成立的研究室大部分會與大學毗鄰或設置於大學內，以便就近獲得研究人才，另一方面電腦視覺模擬常常需要昂貴的高性能電腦，需要仰賴贊助單位提供，這樣的合作模式是設備資源與人力資源的互補關係，如 HITL 與華盛頓大學、CFS 與密西西比州立大學，而美國國家科學基金會的 Graphics and Visualization Center 更與 5 所大學合作，發展不同類型的相關研究。

在實驗室的研究運作方面，通常以一位或數位指導教授主持實驗室，領導博、碩士班研究生進行研究是最常見的運作模式，這樣除了研究本身進行之外，還可培養基本人才。

2.4.2 組織架構

獨立的研究單位通常會分為行政與研究兩個部門，如 HITL 在研究部門有 4 個主要運作部分：硬體、軟體、界面與教育，在行政方面包含實驗室主任、副主任、行政主任、財務主任、專案與協會(consortium)經理，各個研究案有專案負責人。在 1995 年實驗室有 27 位職員、29 個學生與一部分的訪問學者與教授會員(faculty associates) (見圖 2-4)。

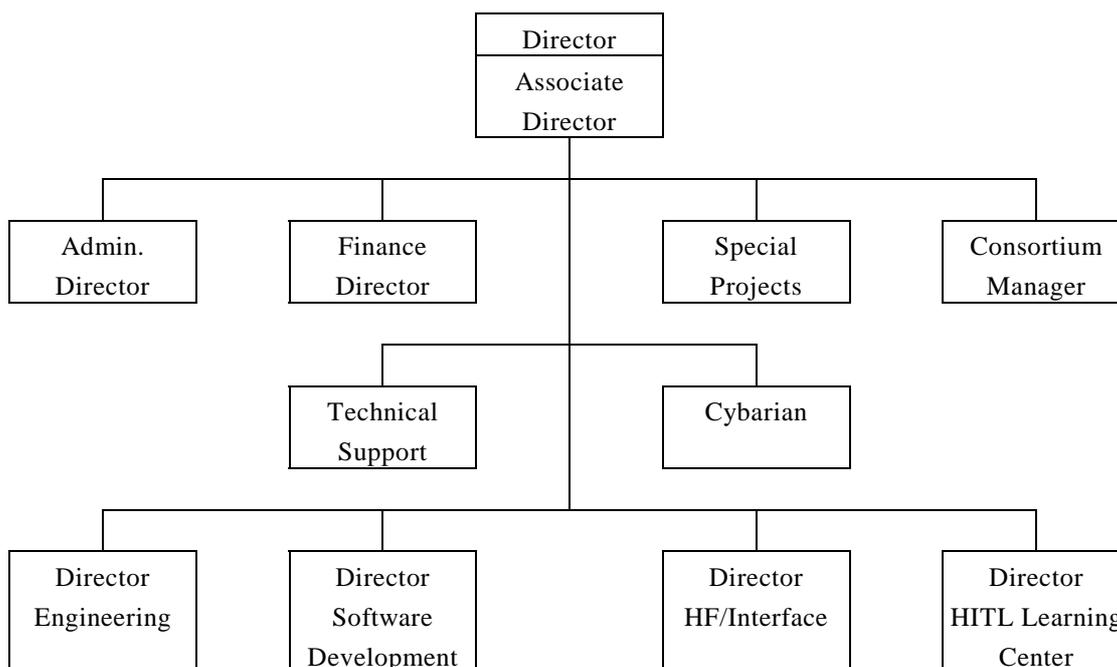


圖 2-4 HITL 的組織架構

這些實驗室通常執行的是跨領域的研究計畫，牽涉到不同的學術部門、贊助者；有時還包括教育推廣、技術轉移等等服務項目，因此在各個不同的參與者之間必須要有人負起協調聯絡的工作，如喬治亞理工的 CVU Center 除了中心主持人外尚包含數位協同主持人，分別執掌：

- 內部關係(Internal Relations)：校內開課、資格檢定(certificate programs)、國際交流、GVU 圖書館、跨領域研究補助(interdisciplinary research seed grant program)。
- 工業關係(Industrial Relations)：工業會員、每年的研究回顧。
- 外部關係(External Relations)：GVU 簡介、技術報告、展示日與 WWW 首頁。
- 教育指導(Director for Education)：教育議題與企畫。
- 設備與計算機指導(Director for Service and Computing)：實驗室管理。

2.5 經費來源分析

NIST 大約有 3300 名科學家、工程師、技術人員，另外每年有 1250 位的客座研究員。NIST 在 1996 年約有八億一千萬美元(\$810 million)的預算。

NCSA 的經費來自國家科學基金會(National Science Foundation, NSF)、美國國家航空及太空總署(NASA)、Defense Advanced Research Projects Agency、伊利諾州與伊利諾大學。

2.6 視覺模擬議題分析

建築設計類比於工業化大量生產的邏輯，以使用機能及構材標準化為考慮的重點，並據此提出了以操作預鑄的、標準化的虛擬構材輔助建築物設計的虛擬環境。這個虛擬環境主要是想滿足下列的設計考量：(1)檢驗空間是否適合於計畫案的需求；(2)工作空間的人體工學尺寸與附屬設施（廁所、梯間）配置是合乎要求的；(3)火災逃生路線是合乎要求的；(4)營建日程表(construction schedule)是有實行的可能的，並考慮到基地的真實情況；(5)建築物的美學品質能滿足業主的需要。

2.6.1 VR 應用項目列舉

一般、建築專用應用、研究項目

1. 設計評估

- 概念式設計空間(Conceptual Design Space Project, CDS): GUV Center Virtual Environments Group, Georgia Tech
- Graphics, Visualization and Usability Lab Walkthrough: School of Civil Engineering, Georgia Tech
- The Walkthrough Project – Architectural Visualization Research: Graphics Group, Department of Computer Science, College of Arts and Sciences, The University of North Carolina at Chapel Hill
- ARCHITECTURAL WALKTHROUGH 是虛擬實境技術在建築應用上最直接的想法，Sharon Stansfield 博士在“VIRTUAL ENVIRONMENTS FOR ARCHITECTURAL WALKTHROUGH: THREE APPLICATIONS”一文中說明這方面應用的三個方向：

1.設計、模擬與分析

MRS(Monitored Retrievable Storage) walkthrough 是用來對一個民間的輻射廢棄物管理系統進行費用分析與輻射暴露研究而設計的虛擬環境。模擬廢棄物的處理過程，比較自動處理設備與人工操作設備在處理時間（與輻射

暴露的時間有關)與費用上的差異。

2. 公共關係與視覺化

WIPP walkthrough 最初是 WIPP (Waste Isolation Pilot Plant, 一個地下輻射廢棄物處理場) 用來作公共關係的, 對儲存輻射廢料而無法到達的地方允許一個模擬的參觀路線。這個虛擬環境後來用來模擬廢料儲存場在緊急狀況下(如火災)空氣流動的情形。

3. 訓練

HOT CELL walkthrough 是 WIPP 將 VR 技術應用在狀況訓練上, 使觀察員與警衛能熟悉輻射廢料儲存場在各種突發狀況下的處理程序。

- The Visually-Coupled Architectural Walkthrough Project: National Science Foundation (NSF) Engineering Research Center (ERC) for Computational Field Simulation (CFS) & Mississippi State University School of Architecture

2. 音響模擬

- Soundspace, CAAD: Department of Architecture, ETH Zürich,

3. 結構行為、營建系統模擬

營建視覺化(Construction Visualization)

- The Interactive Construction Visualizer (ICV) : School of Civil Engineering, Georgia Tech
- Interactive Visualizer Plus Plus (IV++): School of Civil Engineering, Georgia Tech

利用 augmented VR 技術(指利用補充之虛擬實境顯示以加強實際環境之真實感, 通常用可看穿之 HMD 將 VR 環境重疊投射於實際環境上)及可透視 HMD 顯示桁(joist)、梁、柱於空間關係, 結構物件係參考建築師提供之施工圖建於電腦中, 顯示構件與樓地板及天花板之關係, 並可執行結構分析。使用硬體為 X11 Window System。

- Architectural Anatomy: Computer Graphics and User Interfaces Lab, Columbia University

4. 防災

- 都市防災計劃支援系統: 畫像情報棟(Visual Information Laboratory), 日本建設省建築研究所

5. 材料模擬

- Falling Water: Program of Computer Graphics Cornell University

6. 歷史復原、建築作品模擬

- Barcelona Pavilion: Virtual Reality Laboratory (VRL) at the University of Michigan (UM)
- Falling Water, Program of Computer Graphics, Cornell University

7. 無障礙空間模擬

以輪椅在環境中的移動為模擬對象，在虛擬空間中可測試輪椅是否會與物體碰撞，測試無障礙空間中之可及性，這樣的模擬應用可供下列三種人員使用：

- 建築師及設計者：檢測建築空間設計是否確實為無障礙空間，並為輪椅設計提供實際使用上之回饋。
- 輪椅使用者：提供使用訓練之機會。
- 專業醫護人員：醫護操作練習。

無障礙空間模擬所需軟硬體如下：

硬體：

- 可控制動力化之輪椅：附 joystick
- 圖形工作站：SGI Crimson VGXT
- serial cable
- stereo 眼鏡：Crystal Eyes

使用者介面：

- 手控 joystick
- 胸肌彎曲及舒張偵測器
- 頭部傾斜偵測器
- 口內正負壓偵測器

軟體：

- X Windows 及 Motif
- SGI Performer：上彩及景物資料庫管理
- 照明模擬：法國 University of Nancy 二位學者 Fasse 及 Paul 在法國電力部門 (EDF) 支援下，利用電腦模擬建築外觀之應用照明，以羅浮宮為例，在建構其詳細外表幾何模型及適當安排燈源方向之後，獲得極為良好之效果。

2.6.2 VR 在視覺化之應用

在資料視覺化方面,喬治亞理工學院(Georgia Institute of Technology)有一資料視覺化小組(Data Visualization),主要目的在資料分析及交談式呈現(interactive display)之研究,研究範疇包括資訊、科學、工程及其相關問題之視覺化,另發展實際可資應用之工具。

視覺化小組由三位工作人員及 14 位學生組成,進行之研究包括:

- 大尺度模擬之視覺化及分析;
- 使用者定義之虛擬環境;
- 虛擬 GIS: 為一即時之 3D 地表、建築物及車輛之視覺化環境。

2.7 小結

作為研究的輔助工具,電腦視覺模擬可以應用在以下的各種層面:

- 實驗工具: 虛擬實驗平台(virtual testbed)。
- 分析輔助工具
- 決策與分析輔助工具。

第三章 現有環境歸納

3.1 國內研究單位一覽

國家高速電腦中心、科學視算實驗室(Scientific Visualization Laboratory, SVL)

研究目標

國家高速電腦中心在政府所推動科技發展目標以及國科會任務之指導下，於民國八十二年三月籌建完成，開放使用，列為科學與技術研究發展用之開放式國家級共同設施，並做為匯集國內外一流高速電腦應用科技人才以及國際級高速計算應用科技交流與整合之基地。

科學視算實驗室的 VR 研究任務：

- Provide Open VR TestBed for researchers to do VR research and develop VR application
- Present VR research and technology with practical examples
- Help users solve VR problems
- VR Projects Collaboration

研究、服務項目

- Virtual Reality TestBed
- VR Technology for Bridge Construction
- Flow Stream Visualization
- Car Crash Visualization

工業技術研究院、電腦與通訊工業研究所

研究目標

電通所整合 3C 領域的尖端技術，並落實於民生及工業的應用，藉以提升人民的生活品質，厚植產業發展潛力。尤其著重於關鍵零組件的研發，協助業界建立自主技術，以提升製造產值，帶動工業升級，從而進軍國際市場。

電通所努力提攜傳統工業，並推展新興產業，研發下列技術促進 3C 結合的實現。

- 電腦技術：
帶領已享盛名的個人電腦產業技術升級到分散式電腦系統，利用智慧型中文輸出入以利資訊化，並創造更高的附加價值及產品機會。
- 通訊技術
開發通訊用戶終端設備，通訊系統關鍵零組件及智慧型多元化網路，配合六年國建計畫的實施，協助建立堅實的通訊工業。
- 消費性電子
引導傳統消費性電子產業突破瓶頸，由類比走向數位化，開發視訊與音訊新產品，再創產業第二春。

研究、服務項目

- 電腦技術
- 通訊技術
- 消費性電子
- Image-based VR
- 整合型虛擬實境系統

台灣大學資訊工程學系，通訊與多媒體實驗室 Computer Graphic Group

研究、服務項目

- 3D graphics
- virtual reality
- visualization
- medical images

交通大學資訊科學系、計算機圖學實驗室

研究目標

虛擬實境已經廣泛的應用在教育、軍事訓練、CAD/CAM 設計和我們的日常生活，未來實驗室的研究方向將會放在即時虛擬實境(real-time virtual reality)與醫學視覺化(medical visualization)方面。

研究、服務項目

- computer graphics,
- scientific visualization
- virtual reality

中央大學資訊工程研究所、影像處理暨虛擬實境實驗室

研究、服務項目

- 影像處理
- 圖形識別
- 電腦圖學
- 虛擬實境

淡江大學資訊工程學系、多媒體與虛擬環境實驗室

研究、服務項目

分散式交互模擬網路(Distributed Interactive Simulation, DIS)

國立台灣工業技術學院電子工程技術系、虛擬環境實驗室

研究、服務項目

- 虛擬實境
- 平行計算
- 物件導向程式設計

3.2 研究單位概況

在國內的學術機構方面國家高速電腦中心(National Center for High-performance Computing, NCHC)科學視算實驗室(Scientific Visualization Laboratory, SVL)主要發展以虛擬環境為基礎的視覺模擬研究環境，協助其他單位進行學術研究。工研院電通所則以發展商業應用的虛擬實境系統為主，協助國內電腦產業在技術發展上的不足。

在大專院校中台灣大學資訊工程學系通訊與多媒體實驗室 Computer Graphic Group 以 3D 圖形、虛擬實境、視覺化與醫學影像為主要發展方向，他們的 The *SpaceWalker* building walkthrough system 利用走步機和 HMD 模擬在建築物中的行動，是直接跟建築方面相關的研究案。研究方向大致相同的學校還有交通大學資訊科學系計算機圖學實驗室(Computer Graphics Lab.)和中央大學資訊工程研究所影像處理暨虛擬實境實驗室。另外淡江大學資訊工程學系多媒體與虛擬環境實驗室以發展分散式交互模擬網路(Distributed Interactive Simulation, DIS)為主，是比較不一樣的方向。

至於在建築學院中在國內並沒有以虛擬實境為特定研究重點的研究室，目前所知的相關資訊有：

- 國立高雄技術學院在八十五年六月二十一日所舉辦的，發表演講的有邱茂林（成大建築系教授）、徐偉智（高技電通系教授）、林傳賢（高技營建系主任）、張朝順（高技營繕組組長）、劉育東（交大藝術應用研究所教授）、朱聖浩（成大土木系教授）等人。
- 碩士論文：《虛擬模型的研究與改進》研究生：陳善為，指導老師：劉育東。
- 邱茂林教授于今年第九屆建築研究成果發表會所發表的 虛擬實境應用在視覺模擬的探討。
- 本研究所做之 防火逃生標示與逃生路徑之關係 視覺模擬。

VR 虛擬實境於營建自動化之應用研討會應已指出高雄技術學院將以虛擬實境應用在營建自動化為主要研究方向。而成功大學建築系可能會以其在視覺模擬的研究基礎上繼續進行虛擬實境技術應用在視覺模擬方面的研究。

3.3 國內業界電腦使用概況

依據陳信旭對國內現有建築師事務所及工程顧問機構電腦使用調查得知，76% 使用 AutoCAD 為 CAD 主要應用程式，以繪製初步設計圖及細部設計圖為主，有約 12% 之建築師事務所及 15% 之工程顧問公司建立 3D 電腦模型以供模擬用。

台北市政府於「都市實質環境模擬」計劃中將信義計劃區建築及都市環境建

成 3D 電腦模擬，目的在於將未來建築設計納入管制，並於審查過程中將 3D 模型與設計圖一併送審，以利了解新建築對都市現有環境之衝擊。

縱觀現有調查結果及未來都市審議趨勢，必須執業事務所自行建構 3D 模型提供給市府，然而目前業界大部份 CAD 應用僅限於圖面繪製，因業務或分析需求建立 3D 模型者不超過 15%，直接影響視覺化之達成。以目前事務所設計資料處理能力觀之，視覺化有賴人才培育及設備投資，現因 3D 模擬程式較為普及，無論是形體建構，貼材質、打光影、做動畫已較二、三年前更為人所應用，然 3D 模型較 2D 圖面更須考量造型之空間因素，為表現正確，3D 模型可能包含數萬個多邊形 (polygons)，資料量之增加需有電腦計算能力配合，因此以 2D 圖面繪製之電腦計算能力可能不敷所求，而且為幫助設計者在設計時即進行分析，將來可能提供網路傳送資料功能，供設計者擷取都市實質環境模型之 3D 電腦資料，方便設計案先行評估，屆時資料量非僅限於一幢建築而已，更增加對電腦運算能力之殷求。

第五章 視覺模擬實驗室之發展規劃

5.1 視覺模擬實驗室設置目標

依建築研究所本身的需求，視覺模擬實驗室之主要功能優先順序為：1)提供建築研究所研發工作之所需、2)協助政府機關或業界研發或審查工作之所需、3)協助學校教學之所需。在視覺模擬實驗室籌設之初，其功能應以配合支援建築研究所之研發工作為設置規劃之主要目標。

建築研究所之發展目標可分為以下六項：一、防制建築災害，確保公共安全。二、改善居住環境，強化社會福祉。三、提高建築產能，增進經濟效益。四、妥適利用資源，厚植國家利益。五、拓展國際交流，提昇研究水準。六、辦理推廣訓練，整合業界所需。基於建築研究所之發展目標，研究所目前之三個主要研究方向為：1)建築防火，2)建築性能，3)建築材料。

5.2 實驗室發展階段功能

參照研究需求及未來發展趨勢，初擬實驗室發展階段功能（見圖 5-1）如下，做為未來視覺模擬實驗室初步規劃參考。

1. 圖像資料處理：將圖片、幻燈片、地圖、空照圖.....等圖像資料數位化，經由掃描方式輸入以利後續展示、投影、輸出、檢索、分析或計算使用。
2. 圖像資料電腦處理：使用電腦軟體硬體處理前階段輸入儲存、編目之數位化圖樣。
3. 視覺模擬：針對進行中研究內容支援視覺模擬，如火災或煙控制數學模擬之視覺化，以促進研究內容或成果之討論、分析展示或說明。
4. 虛擬實境(VR)：提升視覺模擬科技層次，將虛擬實境系統應用於研究。

5.3 研究項目建議

綜合文獻及相關研究可得知視覺模擬研究可區分為下列項目，同時做為後續研究之方向：

1. 系統發展：主要用於為滿足某種應用層次所需之軟體、軟體介面、硬體設計；工作站屬於創作性質，目的在於讓更多使用者能使用系統以進行不同研究。

系統發展所需研究人員為電腦背景，不僅熟悉工作站級電腦作業系

統，還須撰寫一般及電腦圖學相關的程式。然而為顧及在建築上應用之適切性，應有具建築背景者參與，使系統發展能顧及建築應用之需求。

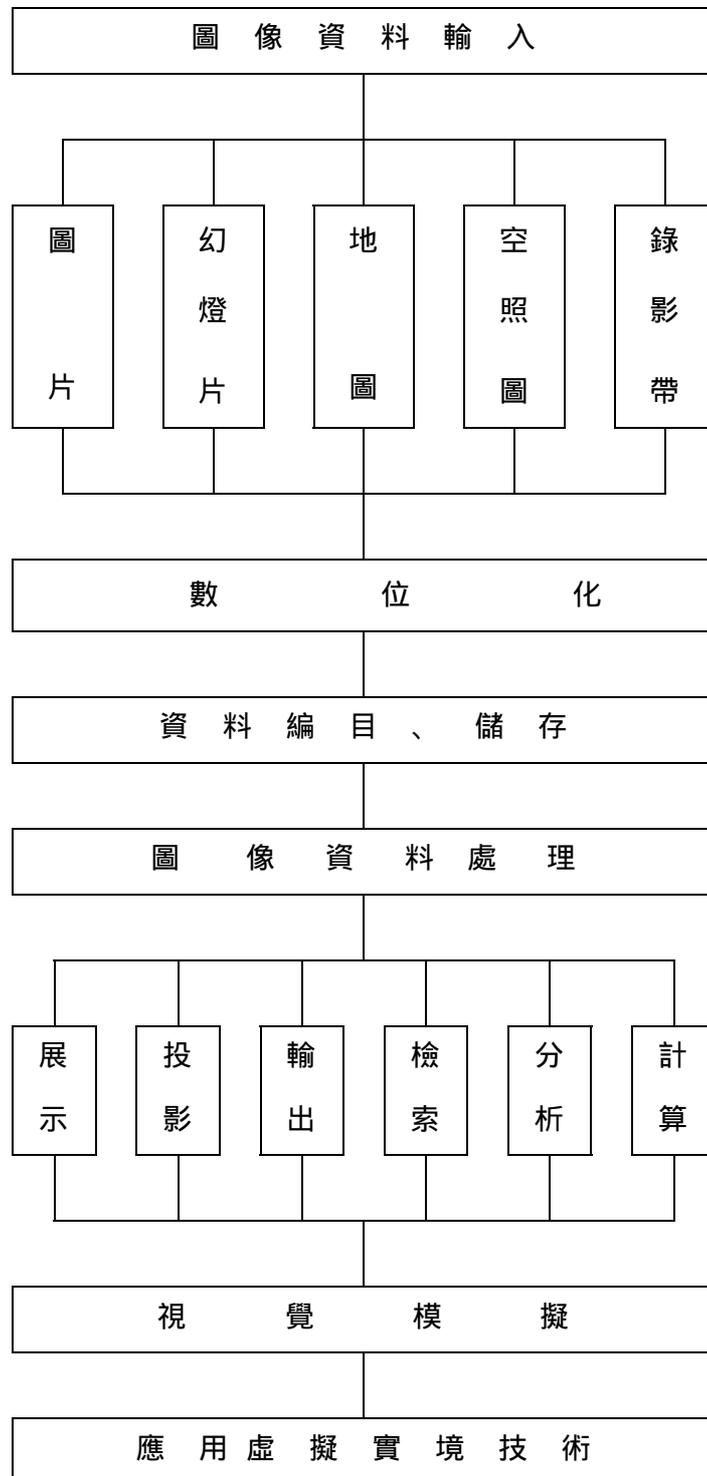


圖 5-1 實驗室發展之階段功能

2. 系統應用：目的在應用既有軟硬體系統於特定建築領域或研究項目中，使用者或研究人員無需為該研究另行發展適用系統，雖然必須具備系統操作知識以利應用，使用者背景主要為其研究課題相關知識。但為確保系統正常運作，仍需有專人負責軟硬體保養維護。

由相關研究調查得知在環境影響評估、設計視覺化、音響模擬、結構行為及系統模擬、防災、無模擬空間模擬方面已有初步研究成果及實例環境，故在後續計畫可利用既有成果，建立應用環境，減低系統發展所需成本與時間。

5.4 視覺模擬實驗室設立階段

視覺模擬實驗室依其設置目標與經費、人員、設備限制，實驗室設立之發展過程可分為幾個階段（見圖 5-2）：

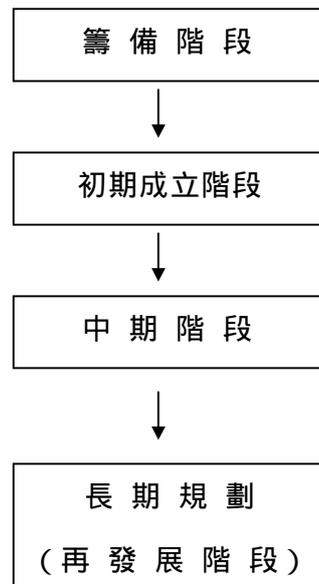


圖 5-2 實驗室設立階段

1. 籌備階段：籌備階段在了解建築研究所內部需求、國內相關研究與產業界應用現況，以初步規劃實驗室之定位、運作、空間、設備、服務內容、推廣方式等項目。本研究即為籌備階段前期之相關基礎資料之調查分析。本階段需時約 1~2 年。
2. 初期成立階段：初期成立階段之目標在支援建築研究之內部需求，以協助、支援研究相關資料之計算或視覺化，表達研究成果提昇研究水準。初期階段建立實驗室之基本規模，以作為日後發展之基礎。本階段需時約 2~3 年。

- 3.中期階段：實驗室之中期目標除延續成立階段之任務外，尚希望能協助政府機關或業界研發或審查工作之所需，以提昇政府與產業界之整體競爭力。本階段需時約 5 年。
- 4.長期規劃：實驗室之長期規劃目標在建立本身之研究發展能力，協助學校教學之所需，以培養國內相關之研究發展人才。本階段約為視覺模擬實驗室成立 10 年以上之長期發展目標。

視覺模擬實驗室之設立為一長期之研究發展過程，各設立階段有不同之目標與相關之人力、設備、空間需求，以下即針對各階段之業務內容、可能之執行方式、人員組織、相關設備、空間需求與經費來源進行初步之分析。

5.5 視覺模擬實驗室人力編組

現階段視覺模擬實驗室設立人員之培訓，為實驗室設立之重要工作。以其工作型態之不同，需積極培訓人員如下：

1. 內部人員培訓為現有研究人員具專門知識者。訓練內容含應用系統操作，工具功能及限制瞭解，同時加強對模擬相關知識認識，以為本身特別需求及客戶化(customization)準備。本培訓以系統應用為主要方式，應留意系統後續使用以及維護。此階段人力數見列表。
2. 專門技術及管理人員之擴充：本階段應與內部人員培訓同時進行。由於軟硬體設備隨實驗室設立、擴充而增加，不僅需具備維護人員以負責研究相關操作，原有培訓之內部人員可能仍有原執掌，故需擴充專門技術及管理人員。以目前建研所編制情形及各組尚集中配置之下，初期可能需要能針對集中式設備應用、管理及維護之人員，並由現有編制中選取。
3. 編制專門視覺實驗室工作人員：如據數值分析、電腦圖學背景者，以支援專門需求；如防火、性能及材料分析模擬所需。

視覺模擬實驗室成立各階段，人力量化項目如表 5-1。

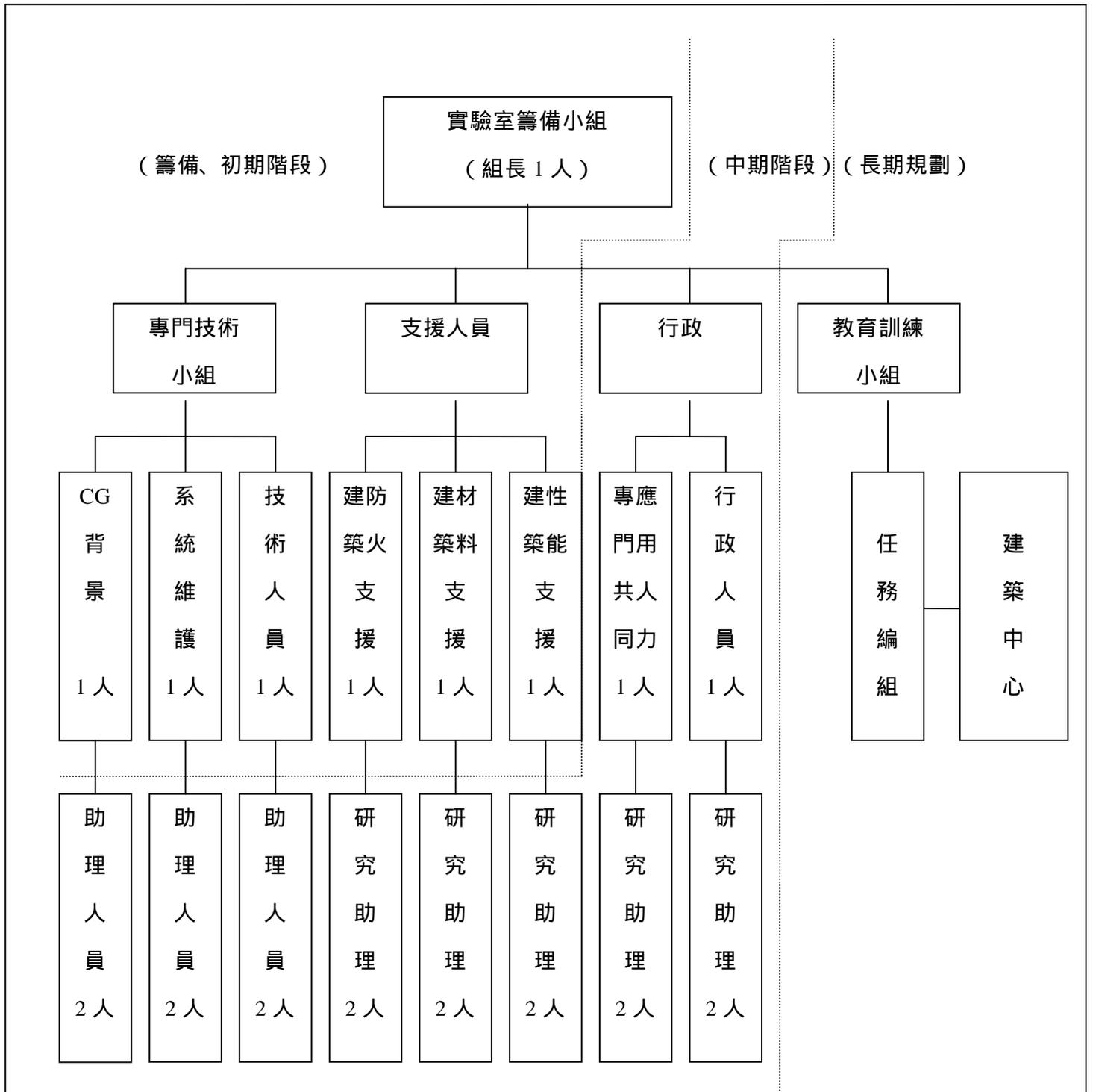


圖 5.3 實驗室規劃階段人力任務編組

未來完整之專門技術小組之任務編組如下：

1. 系統維護組
2. 系統發展組
3. 諮詢組
4. 網路組
5. 技術支援小組
6. 行政組

視覺模擬實驗室籌備階段為任務編組，將來可委由下列機構執行：

1. 附屬大學之研究中心
2. 法人機構
3. 基金會
4. 相關學術機構
5. 其他

5.6 視覺模擬實驗室設備

視覺模擬實驗室各階段之準備工作及主要工作項目如表 5-2，建築物空間設備需求如表 5-3。

表 5-2 實驗室成立各階段設備相關工作

項目	設備相關工作	主要工作
籌備階段	為籌設之需要，定實驗室項目規格，各自列舉、訪價將採購之相關設備。籌備初期在對整體環境進行了解及蒐集相關資料，可利用建研所現有相關資源。	系統選定
初期階段	選定優先執行領域之相關設備 現階段建議以建築防火為優先執行實驗項目	系統應用
中期階段	各研究室專屬設備	轉換介面 系統發展
長期規劃 (再發展階段)	推廣教育中心、建築中心整合設備選用 建築硬體	

視覺模擬實驗室於規劃設計階段，軟、硬體設備之採購建議事項如下：

1. 硬體系統建議仍以 PC 為主。PC 系統的速度及穩定度的發展，在近期內，幾乎已與 SGI 等工作站系統並駕齊驅，甚至有超越的情形。在以往，需運用到大量浮點運算及圖形處理的硬體需求，幾乎都以工作站為優先考量；但工作站硬體，動輒數百萬元的硬體購置費用，實為一筆龐大的開銷。PC 系統如今的價格，以趨向大眾化，加上 3D 加速卡的普及，故硬體採購建議以 PC 為主。
2. PC 系統之軟體價格，較工作站系統之軟體價格便宜許多。PC 系統之軟體價格，與 SGI 等工作站系統之軟體便宜數倍以上。此亦為建議採 PC 系統之原因。
3. 週邊設備建議： HMD(I-glass)
 投射器
 音響設備（含錄音、合成功能設備）

實驗室規劃設備注意事項如下：

1. 規劃報告與實驗室成立時間差距：因大環境改變及軟、硬體設備變遷，電腦性能及精度要求將隨時間調整。
2. 設備系統之發展：需考慮大環境、業界系統整合、經費及介面轉換等問題。
3. 實驗室模擬項目之呈現方式。
4. 計算機中心之成立。

視覺模擬實驗室於規劃設計階段，空間、設備需求建議如表 5-3、表 5-4

表 5-3 實驗室成立空間需求

項 目	空間需求	備註
籌備階段	籌備初期在對整體環境進行了解及蒐集相關資料，利用建研所現有相關資源即可。	
初期階段	操作空間.....7 人 * 6m ² / 人 = 42 m ² 會議、簡報空間.....30 m ² 資料、圖書空間.....20 m ²	合計共需約 100 m ²

中期階段	操作空間.....23 人*6m ² /人=138 m ²	合計共需約 400 m ²
	會議、討論空間..... 100 m ²	
	資料、圖書室.....40 m ²	
	專業簡報空間..... 100 m ²	
	行政空間.....20 m ²	
長期規劃 (再發展階段)	研發人員之研究室..... 100 m ²	
	特殊實驗室.....依實驗目的設置	

表 5-4 建築物空間設備需求

空間名稱	設備項目名稱	備註
電腦圖學 實驗室	電腦設備 360°攝影器材 3D 輸入設備 其他	
展示(多媒體)空間	環場空間螢幕 立體影像投影機 環場音效設備 隔音設備 其他	含簡報、會議功能(可多功能使用)
研究空間	個人研究空間 特殊目的實驗小組 其他	
行政空間	初期規劃階段暫不籌設 其他	
其他空間	服務性設施 其他	

5.7 視覺模擬實驗室經費

實驗室成立經費來源如表 5-5，成立實驗室經費概估如表 5-6，視覺模擬實驗室現階段執行方式如表 5-7，實驗室成立經費支出內容如下；

1. 相關設備購置費。
2. 各項設備維護費。
3. 人事費（人員薪資、保險費等）。
4. 經常費及行政業務費（文具、耗材、差旅費等）。
5. 員工教育訓練費（參加國內外之講習、學術研討會、短期進修等）。
6. 資料蒐集費（視覺模擬國、內外相關研究單位訪問，相關期刊、書籍、報告、光電媒體蒐集等）。
7. 公共關係支出（研究成果發表、業務簡報、舉辦學術研討會等）。
8. 建築物興建費用。

表 5-5 實驗室成立經費來源

項 目	業務需求	備註
籌備階段	政府每年編列之預算	
初期階段	政府每年編列之預算 外界之捐贈	
中期階段	政府每年編列之預算 外界之捐贈 其他單位委辦之研發或審查工作之收費 教育訓練課程之收費	
長期規劃 (再發展階段)	政府每年編列之預算 外界之捐贈 其他單位委辦之研發或審查工作之收費 教育訓練課程之收費 研發成果技術轉移之收費	

表 5-6 實驗室成立經費

項 目	主要經費	備註
籌備階段	教育訓練費用 設備費用	
初期階段	設備費用	
中期階段	設備費用：100 萬 經常費：60 萬 圖資費：40 萬 公共關係費：60 萬 教育訓練費：20 萬 人事費：40 萬	合計：320 萬
長期規劃 (再發展階段)	技術支援費用	

表 5-7 視覺模擬實驗室現階段執行方式

項 目	執行方式	備註
籌備階段	委託研究 建研所內部自訂研究計劃	
初期階段	委託研究 建研所內部自訂研究計劃 與相關學術單位進行合作研究	
中期階段	委託研究 建研所內部自訂研究計劃 與相關學術單位進行合作研究	

長期規劃 (再發展階段)	委託研究 建研所內部自訂研究計劃 與相關學術單位進行合作研究	
-----------------	--------------------------------------	--

5.8 視覺模擬實驗室業務內容

視覺模擬實驗室，在規劃各階段之業務內容如表 5-8。

表 5-8 實驗室業務內容

項目	業務需求	備註
籌備階段	了解建築研究所內部需求 了解國內相關研究與產業界應用現況 相關資料蒐集	
初期階段	支援建築研究之內部需求，以協助、支援研究相關資料之計算或視覺化，表達研究成果極提昇研究水準。針對研究所目前之建築防火、建築性能、建築材料三個主要研究方向。	
中期階段	協助政府機關或業界研發或審查工作之所需。	
長期規劃 (再發展階段)	建立本身之研究發展能力，協助學校教學之所需，以培養國內相關之研究發展人才。	

實驗室成立預計可服務之公會團體如表 5-9 至表 5-12

5-9 政府單位

中 央	地 方
營建署	台灣省建設廳
消防署	台灣省住宅及都市發展局
內政部建築研究所	台北市政府

國道高速公路局	台北市政府捷運工程局
交通部台灣區國道新建工程局	台北縣政府
高速鐵路	宜蘭縣政府
行政院公共工程委員會	桃園縣政府
	新竹市政府
	苗栗縣政府
	高雄市政府
	金門縣政府

表 5-10 公會團體

名 稱	名 稱
中華民國營建管理協會	中華民國建築師聯合會
台灣省土木技師公會	中國工程師學會
台北市建築師公會	中華民國建築學會
營造業研究發展基金會	中華民國室內設計協會
台中市建築投資商業同業公會	
營建自動化策略聯盟	
互助房地產資訊聯誼會	

表 5-11 學術團體

名 稱	名 稱
國家地震研究中心	營建材料資訊室
財團法人台灣營建研究中心	
營造業研究發展基金會	

表 5-12 建築系所

名 稱	名 稱
台大建築與城鄉研究所	台北技術學院建築設計技術系
成大建築系	華梵學院建築學系
東海大學建築系	中華工學院建築學院
淡江大學建築系	朝陽技術學院建築設計系
中原大學建築系	中國工商建築科
文化大學建築暨都市設計學系	華夏工專建築科
逢甲建築系	台灣大學校園規劃小組
台灣工業技術學院建築設計技術系	交通大學應用藝術研究所

5.9 視覺模擬實驗室模擬項目

預計可進行之模擬數目、燃燒模擬

以國立台灣工業技術學院營建系防火材料技術研究室技術服務項目表針對耐火性能之實驗項目表 5-13：

表 5-13 防耐火性能之實驗項目

項目	種類	加熱時間	費用
建築用防火門試驗法	防火門、門框等	30 分鐘、1 小時、2 小時	15 萬/組
防火鐵捲門檢驗法	防火鐵捲門	30 分鐘、1 小時、2 小時	15 萬/組
建築物構造部份耐火檢驗法	牆壁	30 分鐘、1 小時、2 小時	15 萬/組
建築物室內裝飾材料之耐燃性檢驗法	基材試驗 表面試驗	6 分鐘、10 分鐘	5 萬/組
屋頂防火檢驗法	屋頂		10 萬/組

本實驗室於民國 85 年 12 月 10 日起運作至今 (86 年 5 月 31 日)，承接政府及民營機構之防火材料耐燃試驗共計 18 件，實驗內容皆為建築物構造部份耐火檢驗之牆壁耐火測試，費用共計 270 萬元整。預估每年可承接 600 萬元之試驗容量。

上述建築用防火門防火試驗法，目前已由經濟部商品檢驗局承接此項業務，本防火實驗室目前並無提供此項服務項目。針對上述實驗項目，實驗成果視覺化呈現可為本視覺模擬實驗室工作內容之一。

內政部建築研究所依據保障人民生命、減少財物損失及維護建物安全三個主要目的，在參考國外先進國家所建立的建築防火研究要項，及我國現階段建築物防火安全需求等，研擬我國建築物防火研究近程計畫之整體架構如表 5-14，可配合視覺模擬技術予以呈現。

表 5-14 內政部建研所建築防火研究計畫

實 驗 項 目 分 類	實 驗 名 稱
材料與構件	薄材料防焰性
	材料耐燃特性
	構件耐火特性
消防設備	滅火裝置
	受信裝置
	感知裝置
	避難設備
結構耐火性能	結構高溫特性
	耐火被覆材
	耐火結構
	結構評鑑方法
煙控與避難	煙流動特性
	煙的控制
	火災心理行為
	逃生避難
火災特性	火源燃燒特性
	火災初期特性
	火災盛期特性
	建築火災特性

制度與對策	火災調查分析
	防火對策評估
	法令規範修訂
	檢測與試驗

預計可模擬之實質環境範圍

將視覺模擬技術與都市設計審議制度整合，其可應用檢討地區如表 5-15。

表 5-15 視覺模擬技術預計可模擬之實質環境範圍

都市名稱	範圍界定	面積	模擬項目
台北市	信義計畫區	153 公頃	都市設計實質審議項目
	基河路新生地及附近地區	15 公頃	
	台北新文化中心特定專用區	10 公頃	
	台北車站特定專用區	46 公頃	
	國父紀念館周圍特定專用區	25 公頃	
	外雙溪宮前更新地區	30 公頃	
	內湖康寧護校及醫療用區	10 公頃	
	木柵第二期重劃地區	30 公頃	
	大稻埕特定專用區	17 公頃	
	美國學校舊址附近地區	6 公頃	
	中山學園特定專用區	18 公頃	
	基隆河截彎取直區新生地都市計畫地區	242 公頃	
台中市	甘城車站特定區	19 公頃	
台北縣	淡海新市鎮	780 公頃	
	合計面積	1401 公頃	

應用視覺模擬技術在都市設計審議之模擬項目如下：

1. 敷地計畫影響評估暨指定必要之物理環境影響評估
2. 交通影響評估
3. 開放空間用途與環境聯繫關係檢討
4. 量體及天際線構成之檢討
5. 建築形式與色彩計畫
6. 景觀綠化評估
7. 歷史古蹟保存、文化財產維護之評估

針對建研所之建築防火、建築性能、建築材料三個主要研究方向(見附錄 F)，建議模擬項目如下：

1. 建築防火

實驗工具

- 火災心理行為電腦模擬
- 建築物火災逃生避難行為模擬

分析輔助工具

- 建築空間煙流動特性研究
- 建築物火災煙流動控制研究
- 建築物火災逃生避難設計研究
- 建築物火災煙流動模擬
- 建築物火災特性模擬
- 建築物防火性能評估
- 建築物火災情形重建：火災後可利用視覺模擬技術模擬火災如何發生，協助調查火災發生的原因、起火點並作為日後研究的基礎資料。

決策與評估輔助工具

- 建築空間煙流動特性即時視覺模擬
- 都市大火防治與救災資訊決策系統
- 防火建材的質感與視覺效果評估
- 建築物火災逃生避難行為模擬

2. 建築性能

實驗工具

建築音響與空間主觀評量

建築物風洞實驗

分析輔助工具

建築物內空氣品質的實態模擬

群體建築熱環境模擬視覺表現

建築物聲環境模擬

室內外溫度分布、氣流分布

建築外殼設計耗能量

決策與評估輔助工具

建築外殼與隔間耗能即時評估系統

建材光學性能電腦模擬系統

各類空間室內照度模擬

建築物內空氣品質的實態模擬

建築物採光設計：將地區性的太陽移動資料與建築模型相結合，觀察評估建築物的採光情形、並作為照明設計的參考。

建築物照明設計

3. 建築材料、構造

實驗工具

建材應用對建築環境心理之影響關係

分析輔助工具

混凝土用漆之顏色變化及褪色程度實驗之紀錄與視覺表現

建材微觀結構變化與力學性質關係分析

建材承受雙軸、三軸或多軸應力作用時力學行為視覺表現

決策與評估輔助工具

建築材料之材質與空間視覺效果評估

新工法技術操作模擬

預鑄構件組裝性研究

營建過程模擬：機具操作、材料堆放管理模擬，以評估營建計畫之可行性。

5.10 視覺模擬實驗室預期效應

5.10.1 都市防災、公共安全、公共政策

視覺模擬技術在大尺度的都市環境、在評估執行上具有危險性及實行上有實際困難的狀況下最能顯現其價值。而都市防災、公共安全、公共政策等議題往往都具備上述的困難狀況。電腦視覺模擬技術在這個狀況下能夠模擬各種不同的都市尺度

問題，評估其影響與災害、損失情形，使公共政策能真正保障民眾的生命財產，其成效是難以估計的。

在考量都市防災問題的時候必須考慮大量的基礎資料，如都市地層結構、基礎設施（水、電、瓦斯、電信、道路等等）的位置、建築密度、建築結構等等。利用視覺模擬技術可以整合這些資料，模擬都市災害可能地區及等級，預先配置防災設施，擬定防災計畫，使救災資源能有效分配與利用，減少生命財產的損失。在平時並可根據模擬的結果擬定緊急狀況訓練的重點，訓練救難人員的危機處理能力。

在社區意識高漲的今天，一些公共政策常因民眾的抗爭無法順利執行，大部份的原因在於政府與民間之間沒有適當的溝通，而視覺模擬技術在此時能以其視覺化、具體化特性而作為一有效的溝通工具。在都市設計方面，民眾參與已是一必然的趨勢，為使民眾的意見能真正反映出來，同樣的必須要有適當的溝通表現工具。而電腦視覺模擬中的虛擬實境技術因其具體互動的特性，在這方面的應用上可當作一合適的，在政府、專業者、民眾間的溝通工具。

在公共安全、公共政策上可發揮效益的項目如下：

1. 都市災害模擬
2. 防災計畫擬定及評估
3. 緊急狀況訓練
4. 公共工程擬定及評估
5. 公共政策擬定、評估及推廣
6. 都市設計之民眾參與

5.10.2 研究發展

研究發展的投資一般而言主要的花費是在昂貴的儀器設備與實驗設施的建造上，而通常這些設備是根據特定的目的設計，沒有變更使用的彈性，因此降低對研發設備投資的意願，相對的也無法提昇產業的競爭力。

視覺模擬技術目前幾乎可以模擬各種實驗平台，進行各種模擬實驗，節省實驗設備空間與特殊實驗的費用，同時可避免實驗失敗的風險，也就是相同的實驗可以不斷重複的進行，對某些特殊的實驗如放射性元素等危險、高污染的實驗利用電腦視覺模擬的方式更可避免實際可能產生的危險與對環境的污染。

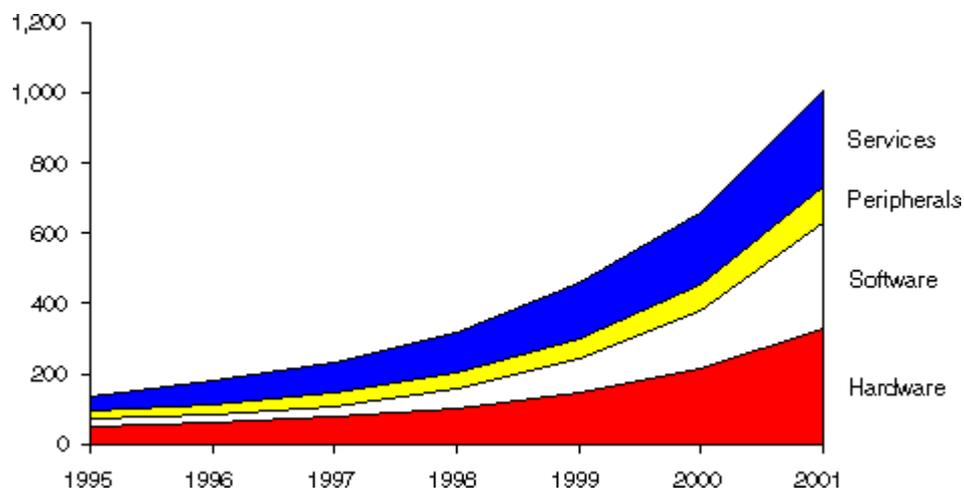
在研究發展的預期效益有：

1. 減少實驗設施的購置或建造經費
2. 增加模擬實驗的次數，減少實際昂貴實驗的支出

5.10.3 業界應用

雖然虛擬實境技術還在繼續發展評估，但有許多產業界的應用已經從中獲得了

可觀的利益。根據 OVUM 所做的研究指出，從許多的案例中發現，產業界在應用 VR 進行產品研發時時可以省下超過一百萬美金的費用。VR 的應用使產品能更快的投入市場，與傳統的 CAD 相比在研發階段能修正更多的錯誤，在工作方法上能有更高的效率並能改進最終產品的品質。



全球 VR 產品在服務、周邊、軟體、硬體上的收益預測：1995 年一億三千萬美元，預計到 2001 年時可達十億美元。（單位：百萬美元）

在員工的訓練上可以節省相關設施的購置與興建費用，同樣可以根據不同的需要模擬各種不同的狀況，不須為特定目的進行額外的投資。在營建模擬上可事先對整個過程進行模擬，可以擬定評估營建計畫，檢討材料堆置、設備操作、工法演練、並可發現事先無法預測的問題或施工上可能遭遇的困難，以降低營建成本、提昇營建品質。

在業界的應用上 VR 的效益有：

1. 減少產品開發的時間
2. 減少產品開發的費用
3. 減少員工訓練的費用與提昇訓練的效果
4. 提昇商業展示的說服力
5. 應用在實際生產、製造過程時可避免組裝上的錯誤，減少不良品的產生
6. 生產線的預先模擬，降低投資風險

5.11 後續應用計畫及相關議題建議如下

視覺模擬實驗室設置之初期目標為提供建築研究所研發工作之所需，待累積足夠的經驗、設備與人力資源後，則可進一步的協助政府機關或業界研發或審查工作與協助學校教學之所需，在這方面的後續應用計畫可能有：

1.教育訓練

傳統之教育訓練將受訓者帶至工地現場，然後施以實作教導，雖然受訓者可接觸實物以培養真實經驗，但可能受限於訓練設備之時間及數量，甚至可能無法就未來各種操作狀況一一練習。時間、設備與講員之花費常使教育訓練費用居高不下。

現今電腦科技在虛擬環境(virtual environment)上之進步，可協助受訓者感知空間經驗，譬如重型施工機器操作員可在虛擬環境中先行訓練，了解各種突發狀況之適當處置方式，然後再施以現場訓練，可補充傳統訓練方式所無法涵蓋之內容。從訓練角度觀之，希望能控制各種操作變數，使受訓者未來能應付各種狀況，所以一可控制之虛擬環境，不但增加對訓練內容之控制性，而且可紀錄以供分析改進用。

2.防災模擬

對於生命財產最具切身關係者為防災模擬，以頻頻造成重大人命傷害之火災為例，現場環境、材料、逃生標示往往對安全性有極大影響。本研究便以安全逃生標示位置對逃生方向認知進行模擬，用 VR 技術調查其高低位置於人行為可能之影響。

在都市層級方面，可模擬地震可能引起之災害情形，預先規劃防災救難設施之分布與逃生避難之可能路線，並可隨時進行模擬演練，訓練相關人員在突發狀況之危機處理能力。

以火災模擬為例，其相關議題建議如下：

- 環境建構：煙、火、建築物
- 逃生行為模擬
- 逃生標示位置
- 評估標準

3.法規可行性評估

建築法規在訂定時可能無法正確預測法規執行後可能造成的影響，因此可利用視覺模擬技術，抽樣對數個地區模擬法規執行的狀況，預先檢視法規施行的結果，以檢討法規的適用性及執行的可能性。

4.環境影響評估

在超高層建築物之規劃設計，可評估計畫案對環境之可能衝擊，如日照陰影、高樓風等為氣候之影響，建築物之巨大量體對都市景觀之破壞等等。

以都市實質環境為例，相關議題建議如下：

- 現有資料轉換
- 資料建構
- 資料格式建議

- 資料維護
- 業界使用
- 網路

5. 設計評估及視覺化

在都市設計審議方面可利用電腦視覺模擬進行設計評估及視覺化，亦可利用虛擬實境技術進行參與式都市設計，達到正確溝通、忠實反映民意的政策執行。

設計評估及視覺化相關議題建議：

視覺化細部表達程度

6. 公共關係

可將視覺模擬之成果製成多媒體動畫做公開之展示，亦可配合網際網路，將建築研究所之研究成果做立體動態之表現。

7. 系統發展

主要用於為滿足某種應用層次所需之軟體、軟體介面、硬體設計；工作站屬於創作性質，目的在於讓更多使用者能使用系統以進行不同研究。

系統發展所需研究人員為電腦背景，不僅熟悉工作站級電腦作業系統，還須撰寫一般及電腦圖學相關程式語言。然而為顧及在建築上應用之適切性，應有具建築背景者參與，使系統發展能顧及建築應用之需求。

8. 其他後續計畫

- 音響模擬
- 結構行為、營建系統模擬
- 材料模擬
- 歷史復原、建築作品模擬
- 無障礙空間模擬

5. 12 實驗室設立規劃建議

5. 12. 1 視覺模擬實驗室與國內研究機構合作設立規劃

視覺模擬實驗室成立初期以支援建築研究所內部需求為主，在設置初期受限於經費、設備與人力，因此與國內相關學術研究單位與軟硬體供應商合作是可行的運作方式。基本上以合作的方式會有如下的好處：

1. 利用國內現有研究人力與設備資源，節省系統研發的時間與昂貴的相關設備支出。
2. 與國內相關單位建立合作關係與合作模式。
3. 培養實驗室所需人力。
4. 建立實驗室軟硬體等基礎設施。

因此在實驗室設立初期可以用研究案的方式，委託國內既有研究單位進行研究。從這個觀點，實驗室設立初期在人力的運作規劃會比較硬體設備的投資來的重要。在設立初期實驗室主持人扮演著一個重要的角色，他必須了解建築研究所的內部需求、了解國內外相關研究之發展情形、了解目前相關軟硬體系統之發展與應用情形，以能針對建築研究所之需求選擇合適的合作對象與擬定合作計劃。

除了實驗室主持人外，尚需要有研究計劃之規劃與執行人員，負責實驗室初期業務之推動與執行與相關行政人員，負責內部管理與對外聯絡之相關事務。

BRE 與柏克萊的合作方式是實驗室初期業務執行可以參考的方式。

基於以上的考量，本研究案可能需要收集國內相關研究單位與軟硬體供應商更詳細的資料。在研究單位方面，內容包括：研究單位主持人及其背景、研究單位之研究領域、內容與方向，並建議與各單位之可能的合作項目。在軟硬體供應商方面則包括軟硬體之系統特性，以作為實驗室設備規劃之參考。

5.12.2 視覺模擬實驗室設立中長期計畫

視覺模擬實驗室籌設之初，其功能應以配合支援建築研究所之研發工作為設置規劃之主要目標。而中長期的目標則為協助政府機關或業界研發或審查工作與協助學校教學。

如果實驗室初期能建立與國內相關研究單位良好的合作模式，則中長期的發展目標的執行方式依然可以借助相關研究單位的教學與設備資源來進行，但長遠來看，實驗室仍需建立自給自足的研發能力方能真正的配合建築研究所的發展目標。

實驗室的設置地點與建築研究所並不需要有直接的關係，建築研究所可依據目前相關研究單位的研究方向與設備資源擇一作為實驗室的發展基地，這樣的發展模式在國外以有先例並已獲得相當的成果，事實上在短期的需求與長期的投資來看，在人力與設備方面對實驗室的發展來說都是經濟有效的運作方式。

5.12.3 視覺模擬實驗室與國外研究機構合作方式建議

在國際合作方面，可加入國外會員、聯盟、協會等相關組織，以拓展國際視野、了解相關研究之發展趨勢、獲取相關新知、並增加學術、經驗交流的機會，

並可從協會成員中選擇國際合作的合適夥伴。

針對這種合作方式，本研究應對國外相關聯盟、協會進行資料蒐集。視覺模擬實驗室與產業界合作方式建議如下：

1. 資料處理中心的成立。以服務的立場，對產業界提供資料庫；內容涵蓋動畫、家具、背景、材質、人員、設備的諮詢服務。
2. 資料建構過程記錄庫。資料庫的建立是必要的，瞭解別人是怎麼做的，如何達成記錄、過程（硬體、軟體、問題、解決），整合上發生什麼困難，完整記錄下來，亦是資料庫建立的一個方向。
3. 提供介面轉換諮詢服務，縮短介面轉換所耗費之時間。

5.13 小結

視覺模擬實驗室成立，對於建研所內部各實驗室之運作負有支援之任務，以協助、支援研究相關資料之計算或視覺化，表達研究成果及提升研究水準。對於產業界，也能提供相關資源整合、技術支援、介面轉換及建築資料處理中心的諮詢服務。同時亦能提供教育訓練、軟硬體之推廣、發展。對於整合各相關專業領域之知識、技術，可達到資訊化、視覺化的目的。

建研所二大研究計畫：建築群實驗設施（為建研所的核心所在）、籌設建築研究中心（財團法人）。建築中心由公會、民間、業界集資籌設，可瞭解業界的需求，同時可作為業界及政府間的潤滑劑。實驗室則由建研所籌設，為技術指導、驗證的執行機構。實驗室與建築中心合作，為業界提供諮詢、服務、驗證及品管的作業標準，以建立本土化的資料庫中心。

第六章 結論與建議

視覺模擬實驗室運作之關鍵，在於資料庫之收集及應用；配合建築中心的成立，將以往各研究單位之研究成果予以視覺化呈現，同時提供資料庫之建構、管理、維修及服務之管道；提供一個開放、共享的資源管道，讓學界、業界及研究單位，能方便取得資訊，對於實驗室之成立，有其必要。

由本研究案瞭解，視覺模擬應用領域極廣。但目前國內與視覺模擬有關之實驗室多屬學術單位，以支援研究為主要目的；設計單位所作之視覺模擬多係獨立進行，資訊較不充足；在工作實踐上仰賴經驗傳承；在應用成果與經濟效益方面均難以令人滿意。若能成立一個能夠整合國內外相關資訊、提供教育訓練、滿足產業需要的研究單位，除能提昇產業競爭力外，尚能檢討相關法規、促進民眾參與、協助政府進行整體環境規劃。

本研究主要預期成果效益為完成建築視覺模擬實驗室初期規劃，工作項目及相關效益如下：

1. 完成建築視覺模擬實驗室設立初期規劃，內容包括：空間設備規劃、人力規劃建議、運作方式建議、發展方式建議。
2. 蒐集建築視覺模擬資料、既有研究及相關文獻蒐集整理，包括：研究及應用實例資料、研究團體、機構資料、建築相關視覺模擬軟體資料。
3. 建議研究成果之推廣與應用方式：研究成果之應用與推廣希能滿足業界需求，使產、官、學、研能共享建築視覺模擬之資訊與成果。初步分為三階段探討：1)成立階段：研究空間規劃、設備採購試作、成立網路中心或展示中心之可行性探討。2)服務階段：研究提供各界建築相關視覺模擬服務可行性探討。3)推廣階段：研究設立教育訓練中心可行性探討。
4. 視覺模擬範例：選取防火實驗項目之一，以其為例，進行視覺模擬。
5. 趨勢與未來發展分析。

建築視覺模擬實驗室成立初期，可支援建研所內部有關建築防火、性能及材料之相關研究之用，其模擬項目如下：

1. 建築防火
 - 火災心理行為電腦模擬
 - 建築物火災逃生避難行為模擬
 - 建築物火災煙流動模擬
 - 建築物火災特性模擬
2. 建築性能
 - 建築物內空氣品質的實態模擬

群體建築熱環境模擬視覺表現

建築物聲環境模擬

3. 建築材料

新工法技術操作模擬

預鑄構件組裝性研究

營建過程模擬：機具操作、材料堆放管理模擬，以評估營建計畫之可行性

視覺模擬實驗室設置之初期目標為提供建築研究所研發工作之所需，待累積足夠的經驗、設備與人力資源後，則可進一步的協助政府機關或業界研發或審查工作與協助學校教學之所需，在這方面的後續應用計畫可能有：

1. 教育訓練：電腦科技在虛擬環境(virtual environment)上之進步，可協助受訓者感知空間經驗，譬如重型施工機器操作員可在虛擬環境中先行訓練，了解各種突發狀況之適當處置方式，然後再施以現場訓練，可補充傳統訓練方式所無法涵蓋之內容。
2. 防災模擬：對於生命財產最具切身關係者為防災模擬，以頻頻造成重大人命傷害之火災為例，現場環境、材料、逃生標示往往對安全性有極大影響。
3. 法規可行性評估：建築法規在訂定時可能無法正確預測法規執行後可能造成的影響，因此可利用視覺模擬技術，抽樣對數個地區模擬法規執行的狀況，預先檢視法規施行的結果，以檢討法規的適用性及執行的可能性。
4. 環境影響評估：在超高層建築物之規劃設計，可評估計畫案對環境之可能衝擊，如日照陰影、高樓風等為氣候之影響，建築物之巨大量體對都市景觀之破壞等等。
5. 設計評估及視覺化：在都市設計審議方面可利用電腦視覺模擬進行設計評估及視覺化，亦可利用虛擬實境技術進行參與式都市設計，達到正確溝通、忠實反映民意的政策執行。
6. 公共關係：可將視覺模擬之成果製成多媒體動畫做公開之展示，亦可配合網際網路，將建築研究所之研究成果做立體動態之表現。
7. 系統發展：主要用於為滿足某種應用層次所需之軟體、軟體介面、硬體設計，工作站屬於創作性質，目的在於讓更多使用者能使用系統以進行不同研究。

經由本實驗室之成立，支援建築研究所內部需求，同時可將建研所內部歷年來研究成果及數據資料，藉由視覺化予以呈現。對於決策者與計畫者之溝通描述、產、官、學、研界的技術交流及建築中心的成立，實驗室的成立是有其必要性且迫切性。

參考書目

虛擬實境

- 石祥生譯；Eddings, Joshua 著
1995 《電腦虛擬現實入門圖解(*How Virtual Reality Works*)》台北市：百通圖書。
- 金祖詠譯；貝瑞．薛曼與菲爾．傑金斯(Sherman, Barrie & Judkins, Phil)著
1995 《模擬真實(*Glimpses of Heaven, Vision of Hell: virtual reality and its implication*)》台北市：時報文化 (First published by Hodder & Stoughton, 1992)。
- Buick, Joanna and Jevtic, Zoran
1995 *Cyberspace*, Series in FOR BEGINNERS, Cambridge: Icon Books.
- Vince, John
1995 *Virtual Reality Systems*, ADDISON-WESLEY PUBLISHING COMPANY.
- Larijani, L. Casey
1994 *The Virtual Reality Primer*, McGraw-Hill, Inc.
- Cotton, Bob and Oliver, Richard
1994 *The Cyberspace Lexicon*, London: Phaidon.
- Heim, Michael
1993 "The Essence of VR" in *The Metaphysics of Virtual Reality*, New York: Oxford University Press, pp.109-128. [Online: WWW]
URL=<http://www.rochester.edu/College/FS/Publications/HeimEssence.html>
- Jacobson, Linda
1993 "Welcome to the Virtual World" in Tad Ringo ed. *On the Cutting Edge of Technology CH7.*, Sams Publishing .
- Woolley, Benjamin
1993 *VIRTUAL WORLDS*, Penguin Books, First published by Blackwell 1992.
- Fuchs, Henry and Bishop, Gary
1992 *Research Directions in Virtual Environments*, Technical Report TR92-027, Department of Computer Science at the University of North Carolina, Chapel Hill.
- Pimentel, Ken and Teixeira, Kevin
1992 *Virtual Reality : through the new looking glass*, Windcrest Books.
- Bricken, William
1990 *Virtual Reality: Direction of Growth.*, Notes from the SIGGRAPH 1990 Panel. [Online: WWW] URL=<http://www.hitl.washington.edu/publications/m-90-1.html>

利用建築模擬的虛擬實境研究

- 邱茂林、藍儒鴻
1996 虛擬實境應用在視覺模擬的探討 《中華民國建築學會第九屆建築研究成果發表

會論文集》台中：逢甲大學，pp.645-648。

Frederick P. Brooks Jr. et al.

1992 *Six Generations of Building Walkthrough: Final Technical Report to the National Science Foundation*, Technical Report TR92-026, Department of Computer Science at the University of North Carolina, Chapel Hill.

Stansfield, Sharon

1996 "VIRTUAL ENVIRONMENTS FOR ARCHITECTURAL WALKTHROUGH: THREE APPLICATIONS" in *THE INTERNATIONAL JOURNAL OF VIRTUAL REALITY*, Vol.2, No.3, pp.14-16.

Computer Science Division, Electrical Engineering and Computer Sciences Department, University of California at Berkeley

WALKTHRU-PROJECT,[Online: WWW]

URL=<http://www.cs.berkeley.edu/~sequin/PROJ/walkthru.html>

UNC Walkthrough Group, University of North Carolina at Chapel Hill -

[Online:WWW] URL= <http://www.cs.unc.edu/~walk>

建築與虛擬實境

總論

Schmitt, Gerhard N.

1993 "Virtual Reality in Architecture." in Nadia Magnenat Thalmann and Daniel Thalmann ed. *Virtual Worlds and Multimedia*. pp.85-97, Chichester, England: Wiley.

Joscelyne, Andrew

1994 "VR Means Virtual Reconstruction" in *Wired: 2(1)*, pp.114-115, [Online:WWW]
URL=<http://www.hotwired.com/wired/2.01/features/virtual.cluny.html>

McMillan, Kate

1994 *Virtual Reality: Architecture and the Broader Community*. Sydney, Australia: The University of New South Wales. School of Architecture, ARCH5915 Special Research Program 2. [Online:WWW]
URL=<http://www.arch.unsw.edu.au/subjects/arch/specres2/mcmillan/vr-arch.htm>

Kaplan, K. (Ed.)

1995 *Presence: Volume 4, Number 3.: Special issue on architectural uses of virtual environments.*, [Online:WWW, abstracts only] URL=
<http://www.mitpress.mit.edu/jrnls-catalog/presence-abstracts/presence4-3.html>

Campbell, Dace A. and Davidson, James N.

1996 "Community and Environmental Design and Simulation: The CEDeS Lab at the University of Washington." In Daniela Bertol Ed. *Designing Digital Space: An Architect's Guide to Virtual Reality*. New York: John Wiley & Sons, [Online: WWW]
URL=<http://www.hitl.washington.edu/people/dace/portfoli/cedes.html>

Emerson, Toni

Virtual Reality and Architecture (VRArch). Seattle, WA: HIT Lab, University of Washington. [Online: WWW]
URL=http://www.hitl.washington.edu/projects/knowledge_base/VRArch

資料或科學模型視覺化

科學模型視覺化

Building and Fire Research Laboratory, National Institute of Standards and Technology
1996 *Interactive Virtual Environments for Fire Simulation Project*, [Online: WWW]
URL=<http://www.bfrl.nist.gov/info/summaries/1996/fma-lgr.html>

Fire Research Station, Building Research Establishment
Using Virtual Reality to visualise buildings & fires Project, [Online: WWW]
URL=<http://www.bre.co.uk/frs/VirtualReality.htm>

歷史復原、歷史建築模擬

Virtual Reality Laboratory, University of Michigan
Barcelona Pavilion, [Online: WWW] <http://www-VRL.umich.edu/barcelona.html>

營建過程模擬

Vanegas, J. A. and Opdenbosch, A.
1994 “Using simulation and visualization technologies to strengthen the design/construction interface” in Tew, J. D. et al ed., *1994 Winter Simulation Conference Proceedings (IEEE Cat. No.94CH35705)*, New York: IEEE, pp.1137-1144.

School of Civil Engineering, Georgia Tech
Interactive Visualizer(IV) Project, [Online: WWW]
URL=<http://www.ce.gatech.edu/Projects/IV/iv.html>

設計與規劃

CAD

Bridgewater, C. and Griffin, M.
1993 “Applications of virtual reality to computer-aided building design” in Connor, J.J. et al ed. *Visualization and Intelligent Design in Engineering and Architecture*, Southampton: Comput. Mech. Publications, pp.213-218.

Larijani, L. Casey
1994 “CH7. Architectural Walk-Through” in *The Virtual Reality Primer*, McGraw-Hill, Inc.

Aukstakalnis, Steven
The Visually-Coupled Architectural Walkthrough Project: Description of Efforts, MSU/NSF-ERC/SARC, [Online: WWW]

URL=http://www.erc.msstate.edu/thrusts/scivi/vr/index_vca

Electronic Visualization Laboratory, University of Illinois at Chicago

The Computer Augmentation for Smart Architectonics(CASA) Project, [Online: WWW]

URL=<http://www.evl.uic.edu/spiff/casa/index.html>

Georgia Tech, Graphics Visualization Center.

Conceptual Design Space Project, [Online:WWW]

URL=<http://www.cc.gatech.edu/gvu/virtual/CDS>

Kurmann, David

Sculptor - A Virtual Design Tool. Architecture and CAAD, Swiss Federal Institute of Technology, Zürich, [Online: WWW]

URL=<http://caad.arch.ethz.ch/~kurmann/sculptor/short.html>

合作式、參與式設計

邱茂林、施乃中、施宣光、江維華

1995 合作式電腦輔助設計之架構與實驗 《中華民國建築學會第八屆建築研究成果發表會論文集》淡水：中華民國建築學會，pp.1001-1006。

Mandeville, J., Furness, T., Kawahata, M., Campbell, D., Danset, P., Dahl, A., Dauner, J., Davidson, J., Kandie, K. and Schwartz, P

1995 “GreenSpace: Creating a Distributed Virtual Environment for Global Applications.” in *IEEE Proceedings of the Networked Reality Workshop*, October 26-28, Boston, MA. [Online: WWW] URL=<http://www.hitl.washington.edu/publications/p-95-17/>

Goodfellow, David

1996 *Collaborative Urban Design through Computer Simulations*, [Online: WWW] URL=<http://www.fes.uwaterloo.ca/u/gbhall/research/davidweb/thesis.html> .

Snow, Michael P. etal

1996 *A Case Study in Participatory Design: Incorporating Tools from Paper and Pencil to Virtual Reality*, HCIL Hypermedia Technical Report HCIL-96-01, Virginia Tech. [Online: WWW] URL=<http://hci.ise.vt.edu/~hcil/htr/HCIL-96-01/HCIL-96-01.html>

Leigh, A.E. Johnson, C.A. Vasilakis, T.A. DeFanti,

1996/03 "Multi-Perspective Collaborative Design in Persistent Networked Virtual Environments" in *Proceedings of the IEEE Virtual Reality Annual International Symposium (VRAIS 96)*, Santa Clara, CA, pp. 253-260, 271-272, [Online: WWW] URL=<http://www.evl.uic.edu:80/EVL/RESEARCH/PAPERS/LEIGH/leigh2.html>.

新的設計觀、設計領域

Mathews, Stanley

1993 “Architecture in the Age of Hyperreality” in *Architronic: V2n1*, [Online: WWW] URL=<http://www.saed.kent.edu/Architronic/v2n1/v2n1.06.html>

Smulevich, Gerard

1993 *CAD in the Design Studio: The Discovery of Inhabitation*, Woodbury University, [Online: WWW] URL=<http://www.gbm.net/archforum/acadia93.html>

Department of Urban Studies and Planning and Department of Architecture in the School of Architecture and Planning at MIT

1994 *Digital Communities: Urban Planning and Design in Cyberspace*, graduate seminar of MIT, [Online: WWW] URL=<http://alberti.mit.edu/arch/4.027/homepage.html>

Thomsen, Christian W.

1994 *Visionary Architecture*, New York: Prestel.

Campbell, Dace A.

1995 *Vers Une Architecture Virtuelle...*, Unpublished report, Human Interface Technology Laboratory, University of Washington, Seattle, Washington. [Online: WWW] URL=<http://www.hitl.washington.edu/people/dace/portfoli/arch560.html>

Mitchell, William J.

1995 *City of Bits: Space, Place, and the Infobahn*. Cambridge, Mass: The MIT Press. [Online: WWW] URL=<http://www.mitpress.mit.edu/City.of.Bits/>

Pearce, Martin and Spiller Neil de.

1995 *Architectural Design [Profile No. 118, Architects in Cyberspace], 65(11-12)*.

Bouman, Ole

1996 *Real Space in Quicktimes*, Rotterdam: NAI Publishers.

Campbell, Dace A.

1996 *Design in Virtual Environments Using Architectural Metaphor: A HIT Lab Gallery*, Unpublished master's thesis, University of Washington, Seattle, Washington. [Online: WWW] URL=<http://www.hitl.washington.edu/publications/campbell>

Turksma, Arthur and Achten, Henri

Architectural Strategies for Cyberspace, Cyberspatial Strategies for Architecture, Design Method Group, Departments of Architecture, Urban Design and Management, Technische Universiteit Eindhoven, [Online: WWW] URL=http://www.tue.nl/bwk/gom/lunch1/lunch1_e.html

虛擬實踐

Vasilakis, Christina A.

1996 *Welcome to the House of the Future: Documentation of the MFA Show of Christina A. Vasilakis, Description of Chris. Vasilakis' Masters Thesis Show*, Electronic Visualization Laboratory, University of Illinois at Chicago, [Online: WWW] URL=<http://www.ev1.uic.edu/chris/MFA/>

虛擬實境在建築應用上的一些問題

系統合適性、與既有工具的比較、技術上待改進的問題

Campbell, Dace A. and Wells, Maxwell

- 1995 *A Critique of Virtual Reality in the Architectural Design Process*, HITL Technical Report No. R-94-3. Seattle, WA: HIT Lab, University of Washington. [Online: WWW] URL=<http://www.hitl.washington.edu/projects/architecture/R94-3.html>

虛擬環境中的知覺問題

Henry, Daniel

- 1992 *Spatial Perception in Virtual Environments: Evaluating an Architectural Application*. Unpublished Master's thesis. Seattle, WA: HIT Lab, University of Washington. [Online: WWW] URL=<http://www.hitl.washington.edu/publications/henry>

Human-Computer Interaction Lab, Department of Industrial and Systems Engineering at Virginia Tech

- Spatial Perception in Perspective Displays as a Function of Field-Of-View and Virtual Environment Enhancements based on Visual Momentum Techniques*, [Online: WWW] URL=<http://hci.ise.vt.edu/~hcil/research/DennisThesis.html>

附錄

A. 國內外相關研究單位一覽表

B. 國內虛擬實境相關新聞

1995/01/01 - 1996/10/16 資訊新聞查詢結果，來源：資策會新聞資料庫，
<http://mic.iii.org.tw/news.html>

- 10-16-1996 工商時報 39 資策會虛擬實境研習，多媒體擴展應用範圍。巨蛋電腦展最後一天萬人來捧場，有聲有色。
- 10-14-1996 自立早報 15 虛擬實境、多媒體吸引小朋友，折價促銷廠商拚業績現場氣氛很熱鬧。
- 10-14-1996 經濟日報 22 虛擬實境首頁。
- 10-10-1996 自由時報 15 虛擬實境軟硬體市場前途似錦，未來5年年銷售值至少逾20億元以上。
- 10-01-1996 中國時報 33 資策會辦美西，虛擬實境研習團。
- 08-28-1996 工商時報 14 電通所軟體基地扶持業界壯大，協助開發虛擬實境及隨選教學等新應用系統。
- 08-19-1996 工商時報 14 引進三維虛擬實境技術敲定。
- 07-18-1996 中央日報 21 虛擬實境如夢似幻，VR是不同領域的科技結晶，「融入感」是它最大的特色。
- 04-22-1996 自由時報 36 虛擬實境科技讓你美夢成真，利用網路虛擬實境技術建構虛擬圖書館、美術館不是夢。
- 04-22-1996 中國時報 10 荷蘭有意建虛擬實境醫院，可在網路回答病患問題，藉以提升醫療品質。
- 04-13-1996 自由時報 36 虛擬實境技術，搭起夢與現實的橋梁。
- 03-01-1996 經濟日報 14 3D 虛擬實境個人電腦專案，今向廠商說明參與遊戲規則。
- 02-17-1996 經濟日報 14 立體及虛擬實境 PC 專案，3月1日舉辦業界說明會。
- 02-06-1996 中國時報 15 遊戲、教育訓練、業務行銷，虛擬實境用途多。
- 02-06-1996 經濟日報 20 虛擬實境產業聯盟策劃英德利設計，凹洞形虛空間 PCAVE 歡迎參觀。
- 02-06-1996 經濟日報 19 台北世貿展電腦多媒體，三度空間虛擬實境未演先轟動。
- 01-30-1996 經濟日報 14 「虛擬實境」專業設計好幫手，「浸入式」讓設計者如同置身其間，可望取代 CAD。
- 01-26-1996 經濟日報 14 3D 虛擬實境個人電腦專案核定，政府將投入24億元引進技術和開發首度由民間主導。

- 01-20-1996 中央日報 1 南科園區動工國際網路報喜, 國科會製作「虛擬實境」向全世界介紹.
- 1-14-1996 中國時報 13 資訊月精華色費看個夠, 國際網際網路、虛擬實境體驗等精彩展覽,歡迎到科展中心參觀.
- 12-18-1995 中國時報 16 業者積極進軍虛擬實境市場.
- 12-17-1995 自由時報 36 虛擬實境軍方緝私教學新利器.
- 12-01-1995 經濟日報 14 網路上分享虛擬實境世界,世界公司提供立體影像背景及相關服務.
- 11-17-1995 自由時報 36 虛擬實境,由電腦模擬的一個三度空間的虛擬環境,提供各種感官的模擬,讓人們彷彿置身其中,被稱作「第四波革命」.
- 11-06-1995 中國時報 16 虛擬實境讓你美夢成真,使操作者完全置身電腦描繪出的遊戲空間,也為廠商帶來相當大的商機.
- 10-26-1995 經濟日報 12 廠商參與 3D 虛擬實境計畫,繳交 50 萬元取得投標資格.
- 10-19-1995 中國時報 15 台大多媒體實驗室成果展「引人入勝」,虛擬實境系統立體呈現影音效果,虛構世界如夢似真.
- 09-06-1995 中國時報 15 虛擬實境電玩即將進駐遊樂園.
- 08-23-1995 工商時報 14 經部技術科專案開放民間參與暖身,首件開放案由資訊電腦業者結盟參與,選定虛擬實境產業領域.
- 08-06-1995 自立晚報 21 「虛擬實境」電玩台灣也玩得到.
- 07-12-1995 聯合報 29 虛擬實境,利用電腦模擬三度空間你也可以變成捍衛戰士.
- 07-10-1995 聯合晚報 5 虛擬實境遊戲國內快有了.
- 07-01-1995 經濟日報 12 多媒體展今舉行,虛擬實境為一大重點.
- 06-08-1995 工商時報 14 優先輔導建立自主性術預測系統產業擇定。經部技術處鎖定虛擬實境等十大產業。
- 05-31-1995 工商時報 14 虛擬實境產業聯盟擬具發展策略。將結合產、學、研發展技術,並籌建應用發展中心。
- 05-15-1995 工商時報 26 虛擬實境產業聯盟今誕生.
- 05-12-1995 經濟日報 12 22 廠加入虛擬實境聯盟,昨舉行成立大會,分六小組推動產業發展.
- 05-12-1995 工商時報 14 虛擬實境產業聯盟正式成軍,科專經費運用將樹立新模式.
- 05-11-1995 經濟日報 12 神通新眾日月光等組成,虛擬實境聯盟今成立.

- 05-05-1995 經濟日報 12 虛擬實境聯盟,將建立衛星分工體系.
- 05-04-1995 工商時報 26 虛擬實境聯盟今成立.資訊業迎接未來市場挑戰策略見端倪,
- 05-03-1995 工商時報 14 宏碁轉投資軟體、零組件領域,神通投入虛擬實境電腦開發.
- 05-02-1995 工商時報 14 虛擬實境遊戲引人.虛擬實境科技市場發展快速魅力十足,
- 04-27-1995 工商時報 14 籌組 VR 電腦聯盟「業界興頭熱」,由北市電腦公會整合,吸引近 40 家軟硬體廠商加盟.
- 03-17-1995 中國時報 7 虛擬實境立體進出三度空間,可推廣運用於醫學治療、運動訓練,模擬防災防震.
- 03-17-1995 經濟日報 9 虛擬實境遊戲風靡世界,電通所開發核心技術,介入遊戲機市場.
- 03-17-1995 工商時報 14 電通所開發虛擬實境發展軟體工具,將移轉新鼎儀控系統公司,發展市場利基應用產品.
- 02-26-1995 工商時報 23 神奇電腦秀 你我都有特異功能,虛擬實境 VR 科技實現夢想.
- 02-12-1995 自由時報 15 虛擬實境大有看頭,電腦廠商投入開發.
- 02-11-1995 中國時報 15 虛擬實境電玩逼真又刺激,目前正在世貿展出,民眾不妨戴上立體眼鏡及頭盔,實際體驗一下.電腦多媒體展吸引萬人參觀,
- 02-10-1995 聯合報 17 虛擬實境產品、遊戲軟體等,昨起一連五天世貿展出.虛虛實實,電腦讓你夢幻「成真」,
- 02-10-1995 自立早報 7 「虛擬實境」科技提供你互動環境,嘗試不設限的空間.
- 01-27-1995 自立早報 7 蘋果軟體新品可讓 PC 虛擬實境.
- 01-14-1995 中國時報 16 虛擬實境--電玩的未來趨勢,可讓使用者彷彿身歷其境,唯會面臨成本太高問題.
- 01-08-1995 工商時報 23 科技大觀 假做真時真亦假,真做假時假亦真,電腦虛擬實境技術神話般演出.

C. 工業技術研究院訪問記錄

D. VR 相關設備與軟體