

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

建築實體空間與虛擬空間之類比與認知

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC92-2211-E-009-066-

執行期間：92年08月01日至93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

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫涉及專利或其他智慧財產權，1年後可公開查詢

中 華 民 國 93 年 11 月 4 日

中英文摘要

設計媒材的發展歷史中，實體模型解決了二維圖面在處理設計上的不足；電腦模型解決了實體模型無法充分地傳達抽象設計概念的缺點，新的設計媒材的出現，解決了舊媒材無法掌握的設計問題，同時，新媒材的出現也經常引發新的建築形式，電腦模型的出現便造就了目前正在發展的自由形體建築，象徵著設計者藝術般的抽象概念被實現，然而，實體的自由形體建築是否與施工前的設計概念相符？

本研究透過以下簡單的先期實驗，以問卷的方式，調查現有的設計媒材（包含 2D 圖面、3D 實體模型、3D 電腦模型、電腦彩現視覺模擬圖）對自由形體所呈現的空間感是否與實際空間所呈現的空間感相符合，經過結果的統計分析，答案是否定的，因此本研究初步確認電腦模型與彩現模擬圖無法充分傳達設計者的設計概念。回顧過去媒材歷史的發展，當舊媒材無法掌握設計問題的時候，就必須依賴新媒材來解決。目前在設計領域所研發的各種新媒材科技當中，虛擬實境的應用已逐漸普及化，但目前大部分應用在建築的研究都只是侷限於傳統建築設計的模擬，而很少將虛擬實境應用在自由形體設計的議題上。因此，本研究將探討虛擬實境模擬器是否能改善電腦媒材目前在自由形體設計上無法充分傳達設計概念的問題？

設計者在從事自由形體設計時也經常忽略了室內空間給人的感覺，甚至連設計者自己也不知道這室內空間在建造完成後，會是什麼樣的狀況。透過虛擬實境模擬器相當細緻且近乎真實的視覺效果，幫助我們更容易掌握自由形體的設計，藉由設計與人的互動性，探討空間幻覺與設計方法的關聯性。有了虛擬實境模擬器，我們嘗試將它與自由形體設計結合，透過這項新設備，來體驗設計者所不熟悉的自由形體室內空間經驗。在設計的各個階段皆以虛擬實境空間模擬器進行模擬，每個設計方案都有模擬的必要性，並全程紀錄設計的發展過程，最後彙整資料作出結論與分析。

As can be seen from this very brief history of the design media, the use of physical models eradicated some of the limitations of 2D drawings; and in the same way digital models make it possible to express abstract design concepts to which the physical model is unable to give expression (Lin, 2002). New design media have been able to solve design problems that conventional media were unable to solve. At the same time, new design media also greatly influenced architectural form (Liu and Eisenman 2001). For example, digital models can make visible free-form space, and in so doing realize the abstract conceptions of the designer. However, the question as to whether or not free-form space can actually serve as the original design concept remains an unanswered question.

This study — which includes an experiment and questionnaires — examined an array of design media, including 2D drawings, three dimensional (3D) physical models, 3D digital models and computer renderings, to determine whether or not they are able to serve as fully accurate representations of free-form space. A series of statistical analyses established that such models were in fact unable to do this. Thus, the study established that digital models and computer renderings could not give complete expression to the designer's concept. As is shown by the history of the design media, when conventional methods are unable to solve design problems, the only solution is to make use of new design technology. Recently, the use of VR has gradually been increasing used in design process. However most of these applications focus on conventional design simulation, and seldom make use of this technology to deal with the issue of free-form space. This study examines the issue of whether or not VR CAVE has the potential to overcome the limitations of computer renderings in respect to free-form space and thus give full expression to the conceptions of the designer.

It is possible that the use of a computer monitor — to render images made by computer models — is not appropriate in respect to certain types of measurements and spaces. The VR CAVE system provided effective simulations in this respect, and offered architects a natural interface through which to navigate. It was able to affect spatial judgments and generally acted to make substantial changes in the computer-generated environment. The designers who have worked with VR CAVE have been able to experience these effects at first hand. The study addresses the problems concerning the limitations of digital models and computer rendering, and explores the possibility of the design process in respect to free-form space design through the use of VR CAVE technology.

一、前言

早期在電腦尚未發展成熟時，已有一些關於呈現方式與傳統媒材的研究 (Arnheim, 1969; Kostof, 2000)，古代建築師用文字描述抽象的建築設計過程 (Hewitt, 1985)，設計過程從「自然」到「刻意」持續演化 (Alexander, 1964)，發展至十九世紀之前，二維圖面仍然只傳達了抽象的視覺思考與視覺概念化的語彙 (Goldschmidt, 1999)，建築設計仍處在極具限制的呈現方式。文藝復興時期對於設計方法與呈現方式最大的貢獻，就是在設計過程中大量地使用模型，讓造型與空間設計獲得較佳的精確度 (Millon, 1994)。直到二十世紀，造型上的限制被少數幾位建築師所突破，這些建築必須靠空間想像力來建造，在歷史上只能期待偶爾出現，而不可能成為一種設計方法。

隨著科技的發展電腦逐漸地參與設計方法與設計過程，新的設計呈現方式，提供了傳統使用圖面與模型之程序以外的可能性 (Lai, 1997)。Mitchell (1997) 分析整合傳統設計媒

材與數位設計媒材，強調電腦應更普遍地延伸並融入設計過程。90 年代電腦已能精準的模擬空間形式、光線以及材質的變化，對於瞭解建築設計的議題、概念和發展有相當的幫助。經由電腦模型的詮釋與檢討，傳統的建築元素、形式、空間等均有機會被重新定義(Madrazo, 1999)。電腦媒材確實影響設計思考與設計過程，有助於設計認知、直覺、與創造力的發揮 (Hanna and Barber, 2001), 因而使數位化的建築思考模式逐漸成形(Liu, 1996; Krawczyk, 1997)。

新的設計思考方式引發新的建築形式 - 自由形體建築，在實務界中最具代表性的例子是當代的 Frank O. Gehry，利用數位 3D 掃描器超越了 2D 圖面的限制，其作品充分展露出建築形式與空間的多樣性，呈現曲率各異的精確造型。(Zaera 1997)。數位設計媒材與自由形體建築設計逐漸深入各個建築專業領域，透過電腦輔助製造的技術，將其數位化之造型直接轉化為實體建築，在營造上完全沒有幾何化的妥協 (Rugemer, 2001), 數位時代的建築所面臨的挑戰是如何去實現建造，自由形體設計為建築帶來許多新的可能性 (Zellner, 1999; Kolarevic, 2001), 並持續的挑戰建築的歷史發展。

數位媒材逐漸在設計方法與設計過程中扮演極為重要的角色 (Simon, 1981; Bai and Liu, 2001), 大量的研究持續試著釐清各種不同設計媒材與呈現方式所產生的影響(Eastman and Fereshetian, 1994)。多媒體(multimedia)設計當中相當重要的一項是虛擬實境(virtual reality, VR)。虛擬實境可定義為人與電腦所產生的動態虛擬環境(virtual environment, VE)所發生的互動關係，其使用者介面完全不同於傳統的電腦輔助設計，徹底改變了研究者的設計思考。目前已經有大量關於虛擬實境的研究 (Belleman et al., 2001), 並將虛擬實境這項科技深入地應用在實際的建築案例上 (Dam, 2000; Li et al., 2001)。目前發展中的虛擬實境系統有許多類型，隨著個人電腦的研發，PC-based 的虛擬實境空間模擬器 (VR cave) 系統愈來愈普及 (Cruz-Neira, 1998; Blach et al., 1998)。

回顧過去設計媒材的歷史發展，當設計問題是既有設計媒材所無法掌握的時候，就必須依賴更新的設計媒材來解決問題。如先前「研究問題」中之實驗之分析推論，數位媒材既然無法在自由形體的建築設計上充分地傳達設計者極為抽象的概念，而目前虛擬實境空間模擬器具備極高的精準度與互動性的逼真視覺模擬，彌補實驗所反應之數位媒材的不足，因此本研究將探討如何運用虛擬實境的技術在自由形體建築的設計上？目的是使設計者在操作自由形體建築設計時，能更精確地傳達設計概念。

本研究試圖透過虛擬實境空間模擬器來介入自由形體的建築設計過程，並搭配目前既有之設計媒材 (包含 2D 圖面、3D 實體模型、3D 電腦模型、電腦彩現視覺模擬圖、動畫)，期望

藉由設計與人的互動性，輔助設計者更容易掌握自由形體設計，探討空間感知與設計方法的關聯性，進而獲得「虛擬實境介入後的自由形體設計流程」(free-form design process using VR cave)。

二、實驗

本計畫書進行了一項實驗，以問卷的方式調查現有的設計媒材（包含 2D 圖面、3D 實體模型、3D 電腦模型、電腦彩現視覺模擬圖、電腦動畫）所呈現的自由形體之空間感是否與實際空間所呈現的空間感相符合。選定的實驗案例為台北縣汐止鎮的公信電子公司總部接待大廳設計 (Liu and Lee, 2002)，實驗一開始首先獲得此案例所有的原始設計資料，包含 2D 圖面、2D 影像合成、3D 實體模型、3D 電腦模型、電腦彩現視覺模擬圖、電腦動畫以及其他相關圖面（圖 2-1），接著二十位具備熟悉數位設計媒材之有經驗設計者們，在充分仔細的閱讀所有原始設計資料之後，比較腦中呈現的空間感知與實際參觀實體完工的公信總部接待大廳（圖 2-2）所獲得的實際空間感知在各向度的差異性，所有實驗數據經過統計分析之後（圖 2-3），整體的認同度結果為 37% 很接近或類似，63% 相異或不相同（附錄），因此，2D 圖面、2D 影像合成、3D 電腦模型、電腦彩現視覺模擬圖、電腦動畫等數位設計媒材雖然解決了原設計媒材的不足，成就了非幾何自由形體建築，同時卻也由於新空間形式因而衍生出數位設計媒材自身的不足。

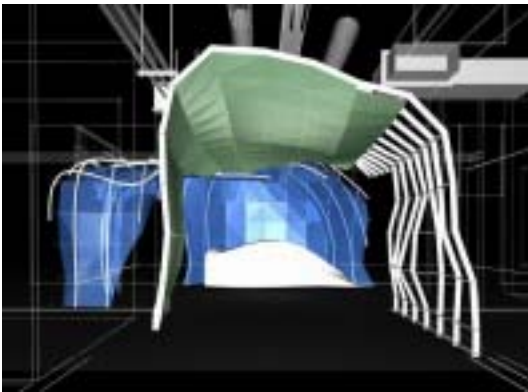


圖 2-1 公信總部接待大廳之電腦模型



圖 2-2 公信總部接待大廳

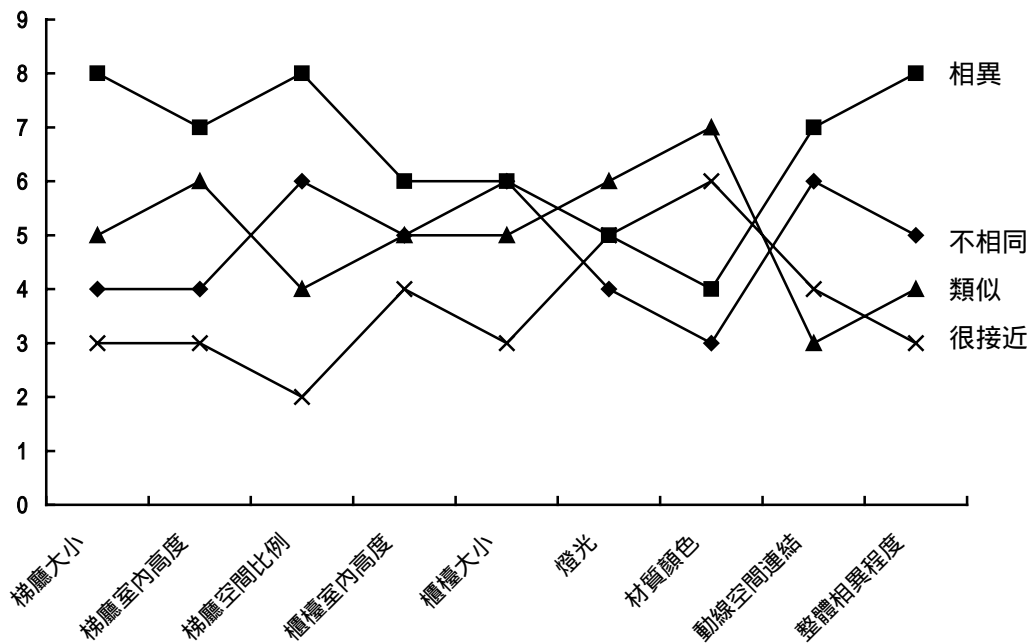


圖 2-3 本實驗結果統計分析圖

三、結論

從實驗結果得知，以 2D 圖面、2D 影像合成、3D 電腦模型、電腦彩現視覺模擬圖、電腦動畫等數位設計媒材來呈現非幾何型，複雜的自由形體建築空間已經顯然不足。為了進一步探討新數位媒材如何在自由形體的建築設計過程上的應用及所產生的影響，未來研究希望透過實際案例的參與式觀察，完整紀錄自由形體建築的設計過程，期望透過資料彙整與比較分析，能夠釐清與解決自由形體的設計問題，並實驗性的以虛擬實境空間模擬器的設備參與其設計過程，解決數位媒材不足的部分，進而建立初步的虛擬實境介入後之自由形體設計流程，預期能確立在各個設計階段當中，各類媒材的重要性與必要性。然後，藉由一項空間實驗的操作，以問卷計量分析的方式，檢測先前所建立的初步自由形體設計流程，在必要時加以修正，進而獲得完整的虛擬實境介入後之自由形體設計流程。最後，此設計流程除了經過實驗修正之外，也透過實際案例進行評估分析與再驗證，依據實際的設計發展與回饋，作為最終修正的重要依據，預期將提出一個新的虛擬實境介入後之自由形體設計流程。而空間模擬器可應用的層面也非常多，除了自由形體的議題之外，還有許多相關建築、相關設計的領域等待探索，也是本文的後續研究。

參考文獻

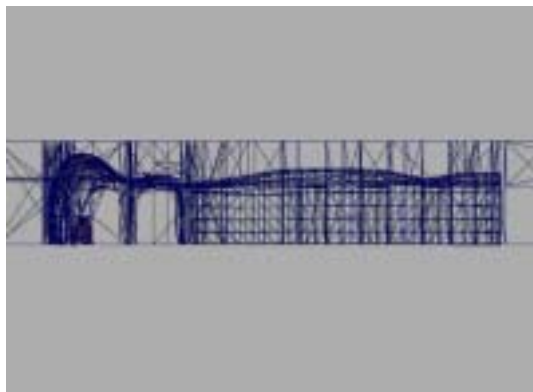
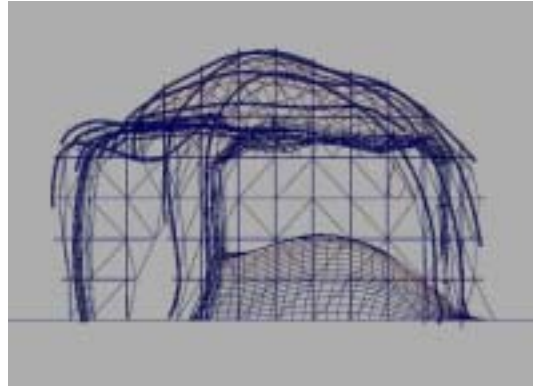
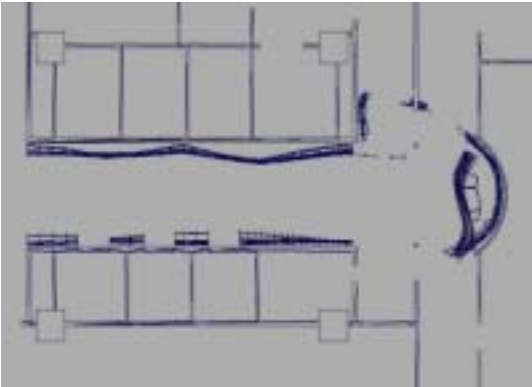
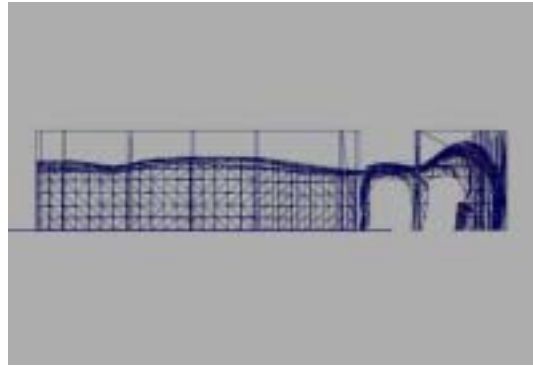
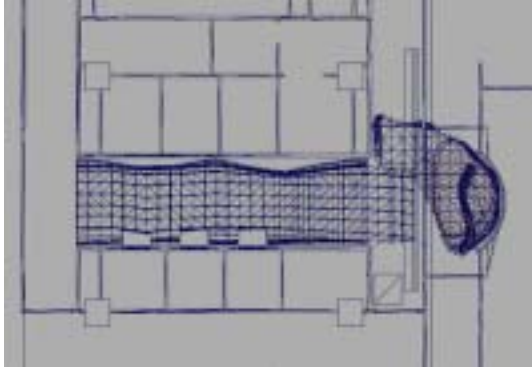
- Alexander, C. (1964), *Notes on the Synthesis of Form*, Harvard University Press, Cambridge, MA.
- Arnheim, R. (1969), *Visual Thinking*, University of California Press, Berkeley.
- Bai, R. Y. and Y. T. Liu. (2001), The Hsinchu Experience: a computerized procedure for visual analysis and assessment, *Automation In Construction*, **10**(3), 337-343
- Baker, P. (2000), Visualization Spaces, *Computer Graphics*, **34**(3), 8-10
- Belleman, R. G., B. Stolk, and R. Vries. (2001), Immersive Virtual Reality on Commodity Hardware, *Proceedings of the ASCI20010*.
- Blach, R., J. Landauer, A. Rosch, and A. Simon. (1998), A Highly Flexible Virtual Reality System, *Future Generation Computer System*, **14**, 167-178.
- Bruggen, V. (1998), *Frank O. Gehry, Guggenheim Museum Bilbao*, Guggenheim Museum Publications, Germany.
- Cao, Q. and J. Protzen. (1999), Managing Design Information, *Design Studies*, **20**(4), 343-362.
- Cruz-Neira, C. (1998), Making Virtual Reality Useful: a report on immersive applications at Iowa State University, *Future Generation Computer Systems*, **14**, 147-155.
- Dam, V. (2000), Immersive VR for Scientific Visualization: a progress report, *IEEE Computer Graphics and Applications*, **19**(6), 26-52.
- Eastman, C. A. and N. Fereshetian. (1994), Information Models for Use in Product Design, *Computer-Aided Design*, **26**(7), 551-572.
- Goldschmidt, G. (1999), On Visual Design Thinking: the vis kids of architecture, *Design Studies*, **21**(2), 158-174.
- Handa R. (1999), Against Arbitrariness: architectural signification in the age of globalization, *Design Studies*, **20**(4), 205-220.
- 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.
- Hill, L., C. S. Chan, and C. Cruz-Neira. (1999), Virtual Architecture Design Tool, *IEEE Virtual Reality 1999 Video Proceedings*.
- Kostof, S. (2000), *The Architect: Chapters in the History of the Profession*, University of California Press, Berkeley.
- Kolarevic, B. (2001), Designing and Manufacturing Architecture in the Digital Age, *Proceedings of the eCAADe 2001*, 117-123.
- Kouzeli, K. (2001), The Composition and Structure of the Patina on the Parthenon and other Greek Monuments, British Museum Occasional Paper.
- Krawczyk, R. J. (1997), Representation and design, *ACADIA*, 95-109.
- Lai, C. D. (1997), *A study of architectural representation and architecture form*, Graduate School of Applied Arts, Nation Chiao Tung University, Hsinchu, ROC.
- Li, W. J., C. C. Chang, K. Y. Hsu, M. D. Kuo, and D. L. Way. (2001), A PC Based Distributed Multiple Display Virtual Reality System, *Displays*, **22**, 177-181.
- Lin, C. Y. (2001), A Digital Procedure of Building Construction, *Proceedings of the ICCCB 2002*, 229-234.

- Lin, C. Y. (2002), A Place Where People are Free to Move: exploring dynamic texture mapping in computer graphic systems, *Proceedings of the CAADRIA 2002*, 117-122.
- Liu, Y. T. (1996), *Understanding of Architecture in the Computer Era*, Hu 's, Taipei.
- Liu, Y. T. (2002), New Media, New Space, and New Architecture, *Defining Digital Architecture: 2002 Feidad Award*, ed. Yu-Tung Liu, 3-4. Basel, Swaziland, Birkhauser.
- Madrazo, L. (1999), Types and Instances: a paradigm for teaching design with computers, *Design Studies*, **20**(2), 177-194.
- Millon, H. A. (1994), *The Renaissance from Brunelleschi to Michelango*, Rizzoli, New York.
- Mitchell, W. (1997), The Virtual Studio, *ACADIA Quarterly*, **16**, 6-12.
- Mitchell, W. (1998), Articulate Design of Free-Form Structures, *Proceedings of AI in Structural Engineering 1998*, 223-234.
- Osman, Y. (2001), The Use of Tools in the Creation of Form: Frank L. Wright & Frank O. Gehry *Proceedings of the ACDIA 2001*, 44-51.
- Paranandi, M. and T. Sarawgi. (2002), Virtual Reality in Architecture: enabling possibilities, *Proceedings of the CAADRIA 2002*, 309-316.
- Rheingold, H. (1991), *Virtual Reality*, Summit, New York.
- Rugemer, J. (2001), Computer Generated Architectural Design: 160 custom-made, *Proceedings of the eCAADe 2001*, 288-291.
- Saunders, S. W. (1999), From Taste to Judgment *Harvard Design Magazine*, **7**, 3-6.
- Schnabel, M. A. (2003), Creation and Translation: virtual 3D architectural environments, *Proceedings of the CAADRIA 2003*, 371-383.
- Setareh, M., D. Bowman, and P. Tumati. (2001), Development of a Collaborative Design Tool for Structural Analysis in an Immersive Virtual Environment, *Proceedings of the IBPSA 2001*.
- Simon, H. A. (1981), *The Sciences of the artificial*, MIT Press, Cambridge, MA.
- Zaera, A. (1997), *Frank O. Gehry 1991-1995*, el croquis, Madrid, Spain.
- Zeller, P. (1999), *Hybrid Space: New Form in Digital Architecture*, Rizzoli, New York.

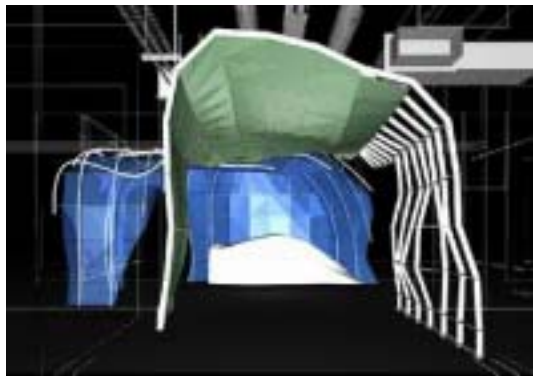
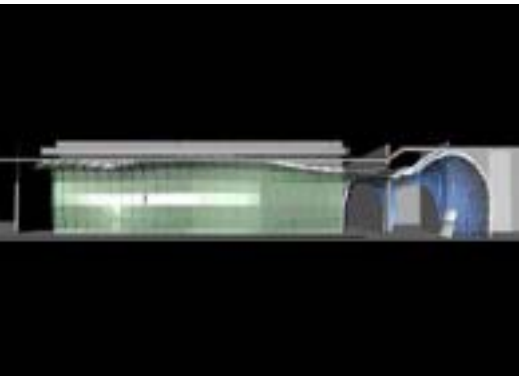
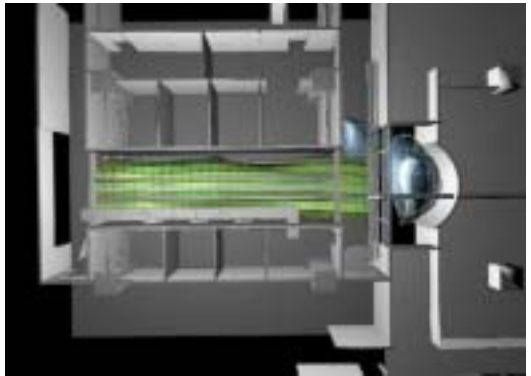
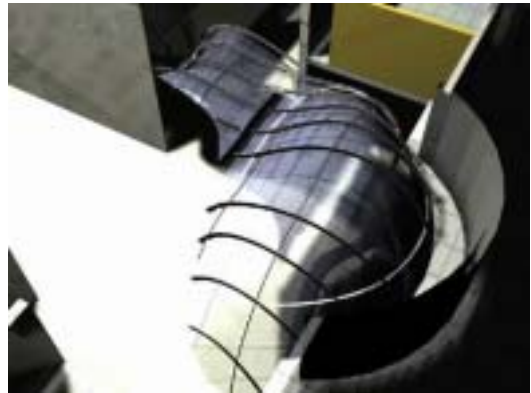
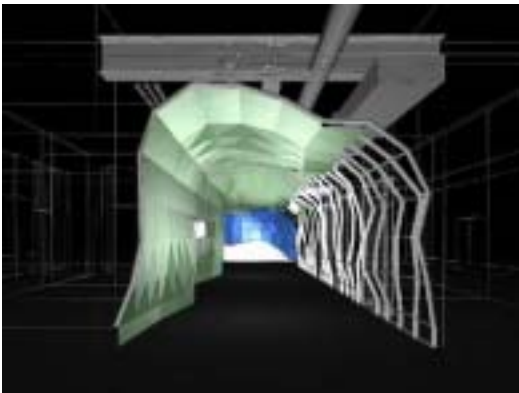
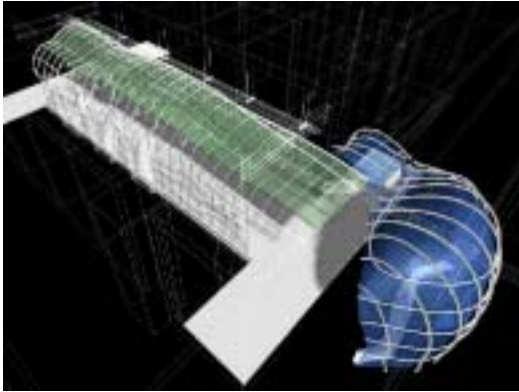
附錄

1. 評估問卷實驗受測樣本節錄

1.1 二維向度



1.2 三維向度



2. 評估實驗問卷

您好！這是一份關於設計媒材研究的調查問卷，主要目的是要比較腦中呈現的空間感與實際參觀現場所獲得的實體空間感，此問卷純為學術用途，謝謝您的協助與支持。

交通大學建築研究所

基本資料： 年齡_____ 性別_____ 教育程度_____

1. 請問梯廳的大小，與您在參觀現場之前所預想的相異程度。

很類相不
接似異相
近同

2. 請問梯廳的室內高度，與您在參觀現場之前所預想的相異程度。

很類相不
接似異相
近同

3. 請問梯廳長寬高的比例，與您在參觀現場之前所預想的相異程度。

很類相不
接似異相
近同

— — — —
很 類 相 不
接 似 異 相
近

4. 請問接待櫃檯前的室內高度，與您在參觀現場之前所預想的相異程度。

很 類 相 不
接 似 異 相
近

5. 請問接待櫃檯的大小尺度，與您在參觀現場之前所預想的相異程度。

很 類 相 不
接 似 異 相
近

6. 請問接待大廳的燈光效果，與您在參觀現場之前所預想的相異程度。

很 類 相 不
接 似 異 相
近

7. 請問接待大廳的各類建材的材質與顏色，與您在參觀現場之前所預想的相異程度。

很 類 相 不
接 似 異 相
近

8. 請問從電梯到接待櫃檯的動線連結關係，與您在參觀現場之前所預想的相異程度。

很 類 相 不
接 似 異 相
近

9. 請問整體與您在參觀現場之前所預想的相異程度。

3. 實驗結果分析

