

國立交通大學

建築研究所

碩士論文

以 1:1 空間擴增實境設計環境 初探「體驗式設計輔助系統」

Toward Experimental Design Support System by 1:1 Spatially Augmented Reality Design Environment



研究生：陳建同
指導教授：張登文 教授

中華民國 九十六年一月



以 1:1 空間擴增實境設計環境 初探「體驗式設計輔助系統」：

Toward Experiential Design Support System by 1:1 Spatially Augmented Reality Design Environment

研究生：陳建同

Student：Chien-Tung Chen

指導教授：張登文

Advisor：Teng-Wen Chang

國立交通大學

建築研究所

碩士論文



Submitted to the Program in Graduate Institute of Architecture

College of Humanities and Social Science

National Chiao Tung University

in partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master

in

Architecture

January 2007

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十六年一月

以 1:1 空間擴增實境設計環境 初探「體驗式設計輔助系統」

學生：陳建同

指導教授：張登文

國立交通大學建築研究所碩士班

摘要

透過對電腦輔助設計的發展，我們有了新的角度重新看待設計者所使用的工具，特別是遍步式運算(Weiser, 1991)概念的提出，使得任何空間與介面都有可能產生新的意義。當電腦輔助設計從電腦螢幕和滑鼠解放出來到各個空間時，我們注意到傳統上設計初學者在學習使用圖紙、模型表達設計時，常面臨到的一些困難。由於空間設計的巨大尺度與基地之間的關連性，使得空間設計者必需學習繪製縮小比例的圖面、模型，以想像方式思考 1:1 尺寸樣貌、1:1 的材質樣貌與基地結合的關聯性。而設計初學者花費大量的時間與體力來重覆練習學習設計工具的使用(Bailey, 2005)，才能慢慢的與老師開始討論設計。當設計初學者了解如何由立面、平面與剖面來表達空間，便開始用不同的方式看待設計。

本研究以行為分析提出「在地體驗式設計輔助系統」觀念，透過空間擴增實境的技術研究，實作出「1:1 空間擴增實境設計環境」系統原型，讓設計初學者能直接體驗空間設計的呈現。最後以情境實驗與訪談了解此系統的優缺，發現這樣的系統會讓設計者更注重設計與身體行為之間的關連。

■ 關鍵字：

建築教育(Architecture Education) 設計輔助系統(Design Support System)
空間性擴增實境(Spatially Augmented Reality) 基地現場設計(Design On Site)

Student : Chien-Tung Chen

Advisor: Teng-Wen Chang

Graduate Institute of Architecture
National Chiao Tung University

Abstract

Through the development of Computer-Aided Architecture Design, we have new perspective to understand the tools used by designer. Especially the idea of Ubiquitous Computing (Weiser, 1991), every space and interface is transforming into new meanings. As the Computer Aided Design is released from screen and mouse, we noticed that many novice designers encountered the difficulties to learn using 2D drawings and models to express their spatial ideas in the traditionally learning process. That is because spatial design always is bigger than human scale and has the closely relationship with site. Such reasons lead spatial designers have to learn to use small scale 2D drawings or models, and have to imagine the 1:1 full-scale, full-scale texture and the full-scale connection with site. Therefore, until the novice designers spend lot of time and labor to get familiar with such tools (Bailey, 2005), they have the possibility to begin discussing their design ideas with teachers. After this period of training, they started to think in different way.

This paper proposed the idea of “Experiential Design Support System”, which let design novice experience the combination of design visualization and the site. Through the collection of related technical review, we also proposed the system prototype which named **SARDE** (**S**patially **A**ugmented **R**eality **D**esign **E**nvironment). In this paper, we focused on interior design on site behaviour, and we use scenario experiment to understand how the system works. Finally, we discover that using such system will create more closely relationship between designer’s body and design.

■ keywords :

Architecture Education

Design Support System

Spatially Augmented Reality

Design On Site

誌謝

離開了東海來到交大建研所，就像離開家而展開了一段奇妙的旅行，感謝劉舜仁老師與曾成德老師在東海時的教誨並力挺我進來交大建研。感謝我的指導老師張登文老師對我嚴苛的鞭策與最大包容，讓我能研究這條路上有如 **backpacker** 般的背滿了珍貴的回憶，並輕快的踏著步伐往前邁進。來到交大所遇到各式各樣的老師與朋友更讓我成長不少，感謝劉育東老師教導了我做人處事的道理與認知科學的啟發，侯君昊老師、文禮學長幫助我牙牙學語的學習程式語言，時間証明了程式語言學習對我論文與未來發展的重要。感謝我的論文口試老師，簡聖芬老師的嚴謹與鄧怡莘老師要我以孕婦、小孩的觀點來重新思考，著實讓我覺得受益良多。另外還要特別感謝張基義老師的相挺與牽成，不論是在學業或是愛情上的。

再來要感謝凱慈與丹哥花了不少腦汁幫我想論文的出路，煽動言論的緯皓感謝你鼓吹我進來這個領域，好樣的致傑和你討論真是讓我熱血沸騰，好室友小路的照顧與勸敗，也讓我渡過刺激的研究生生活，小新、小胖再來就要拜托你們照顧登文了(呵)，與其他一同渡過論文壓力的好友大眼、景順、景明、南哥、倩姊、OREO、良慈和惠如。當然一定要感謝陪著我渡過重重關卡的芳怡，希望我們會繼續走下去。

最後感謝我的家人，設計師老爸-陳星華設計師，幾百張的室內立面圖成就了我的論文也支持我旅行的經費，你以身作則的努力態度是我學到的最大的財富，感謝媽媽，姊，哥，謝謝你們的支持，這會是讓我繼續走下去的最好動力來源。

目 錄

1.緒 論	1
1.1 研究動機	2
1.2 研究目的	3
1.3 研究方法	3
1.4 研究架構	4
2.研究背景	5
2.1 建築設計與人身尺度的關聯	5
2.2 建築設計與基地環境的關聯	6
2.3 人機介面與電腦輔助設計	6
2.4 電腦成爲輔助體驗工具	7
2.5 實虛結合輔助體驗	7
2.6 邁向在地體驗輔助設計系統	8
3.理論推演-在地體驗式設計輔助系統	9
3.1 設計想像行爲模式	9
3.2 在地體驗式設計輔助系統	12
3.3 理論推演小結	13
4.相關技術研究	14
4.1 可攜式沉浸式顯示	14
4.2 直覺式互動介面	17
4.3 相關技術小節	21
5.SARDE 系統實作	22
5.1 系統實作準則	22
5.2 系統架構	22
5.3 硬體系統架構	23
5.4 軟體系統架構	25
5.5 系統實作小結	28
6.情境實驗	29
6.1 情境說明	29
6.2 實驗(一)立面狀況實驗	29
6.3 實驗(二)立面材質模擬實驗	33
6.4 實驗成果	35
7.成果研討與結論	39
7.1 研究重要性與回饋	39
7.2 研究限制	39
7.3 未來研究	40
參考書目	41
附錄	





1

緒論

建築的發展歷史一直以來都與人和科技有著密切的關係，從文藝復興發明透視法詮釋了人類眼見的東西，更直接影響建築空間設計的發展。二十世紀初工業化設計的概念徹底改變人們的生活，建築空間更由柯比意帶領出現代建築的樣貌。二十世紀末電腦的發明讓人們開始以全新的眼光重新看待建築設計，藝術家、學者紛紛提出各自的理論來找尋建築的下一步該是什麼。

透過對電腦輔助設計的發展，我們有了新的角度重新看待設計者所使用的工具，特別是遍佈式運算(Weiser, 1991)的發展，使得任何空間與介面都有可能產生新的意義。當電腦輔助設計從電腦螢幕和滑鼠解放出來到各個空間時，我們發現傳統上設計初學者在學習使用圖紙、模型表達設計時，遭遇了一些困難。由於空間設計的巨大尺度與基地之間的關連性，使得空間設計者必需學習繪製縮小比例的圖面、模型，以想像方式思考 1:1 尺寸樣貌、1:1 的材質樣貌與基地結合的關聯性。因此設計初學者花費大量的時間與體力來重覆練習學習設計工具的使用(Bailey, 2005)，才能慢慢的與老師開始討論設計。當設計初學者了解如何由立面、平面與剖面來表達空間，才漸漸開始用不同的方式看待設計。

因此本論文經由設計行為分析提出「體驗式設計輔助系統」，讓設計者能直接體驗到設計呈現與基地結合的樣貌，更能直接思考設計如何滿足使用行為。再透過相關研究的蒐集，實作出「1:1 空間擴增實境設計環境」系統原型，最後以情境實驗，讓受測者實地操作本系統，而發現操作這樣的系統將會讓設計與身體的關聯更加緊密。

1.1 研究動機與研究問題

電腦輔助設計與遍佈式運算在近年研究的發展，本研究針對空間設計初學者使用不同傳統的設計工具所造成的影響進行研究，Louis Kahn 形容設計過程為一個從無法量測的初步概念發展成可以量測的空間構築，再進一步呈現出無法量測的使用者感知 (Stockli, 1992)。傳統上設計者使用紙筆或模型在繪制或製作實體模型時，便是在將模糊的設計概念量測化、具體化。但初學者在學習上常遭遇到的問題，比如老師要求初學者到基地環境思考設計並找尋設計線索，當回到圖桌上準備發展設計時，卻不清楚縮小尺度的 2D 圖面或模型所代表的意義，因此不易說明或溝通其設計想法。其中特別對於比例放大的想像，材質想像與未實現的設計如何與基地結合在一起。相當重要的原因是他們對於直接面對 1:1 的材料的經驗與知識的不足，而無法在繪製縮小圖面時**體驗、感知**到所繪製的設計呈現的空間感受 (Figure 1)。傳統上為了解決這個問題，設計課程常傾向要求初學者辛苦的施作大尺度的模型或圖面去表達設計，以獲得較多的資訊來判斷或解讀出更多的設計問題，而這樣的方式必須經過長時間的磨練與試誤之後，才慢慢能透過 2D 圖面與模型表達他們的設計想法進而討論設計。因此本研究以**在地體驗式設計輔助系統**這樣的**概念**，讓設計初學者能直接體驗到設計在基地上的呈現，並直覺得對設計進行操作，而本研究著重在實作 **1:1 空間擴增實境設計環境**系統原型，讓設計初學者能直接操作到系統並提出建議，試途討論以下問題：

1. **在地體驗式設計輔助系統**如何輔助空間設計者處理設計問題
2. **在地體驗式設計輔助系統**將會如何影響設計



Figure . 1. 設計初學者花費許多時間學習如何使用 2D 圖面來呈現設計想法與基地的關連

1.2 研究目的

本論文初步探討**在地體驗式設計輔助系統**的觀念，以行為分析方法了解設計初學者所需的設計工具為何，實作出系統原型-**1:1 空間擴增實境設計環境**，以讓設計初學者能透過實地操作新的設計輔助系統，直接體驗到設計在基地上的呈現並進行操作。預期的研究成果：

- (1). 提出**在地體驗式設計輔助系統**理論模型
- (2). **1:1 空間擴增實境設計環境**系統原型
- (3). 受測者情境實驗使用評估

1.3 研究方法

(1) 相關理論整理與回顧

整理建築與人身尺度、建築與基地環境的相關思潮，再回顧人機互動介面中電腦輔助設計的發展，討論有助於設計者體驗設計呈現的設計輔助系統。進而推演出**在地體驗式設計輔助系統**的觀念。

(2) 架構在地體驗式設計輔助系統理論

藉由基地現場設計行為分析推演出在地體驗式輔助設計系統所需具備的以下特質：

1. 視覺化設計想像與基地結合 2. 直覺式身體互動操作設計 3. 立即虛擬資訊回饋延伸設計想像，再經由基地現場設計行為分析，具體了解基地現場設計行為需求。

(3) 蒐集相關技術：空間性擴增實境與手勢互動

提出理論推演後，需要進行相關技術的蒐集以便具體呈現在地體驗式設計輔助系統，依照 1. 基地現場沉浸式視覺呈現與 2. 直覺式互動介面，取得的技術發展，以利於系統的實作。

(4) 實作空間性擴增實境設計系統

實作出系統原型讓受測者能真實的操作是必要的，才能獲得最直接的使用建議。而系統的軟硬體建立則是為了具體呈現出的理論推演的互動模式。

(5) 透過情境實作評估系統優缺

由於在地式體驗設計輔助系統仍是相當初步的構想，發展方向與設計者的需求仍有很多可能性，因此本研究著重在讓受測者操作本系統後，立即與受測者進行訪談，以獲得更多設計者在使用本系統時的想法與建議。

1.4 研究架構與流程圖

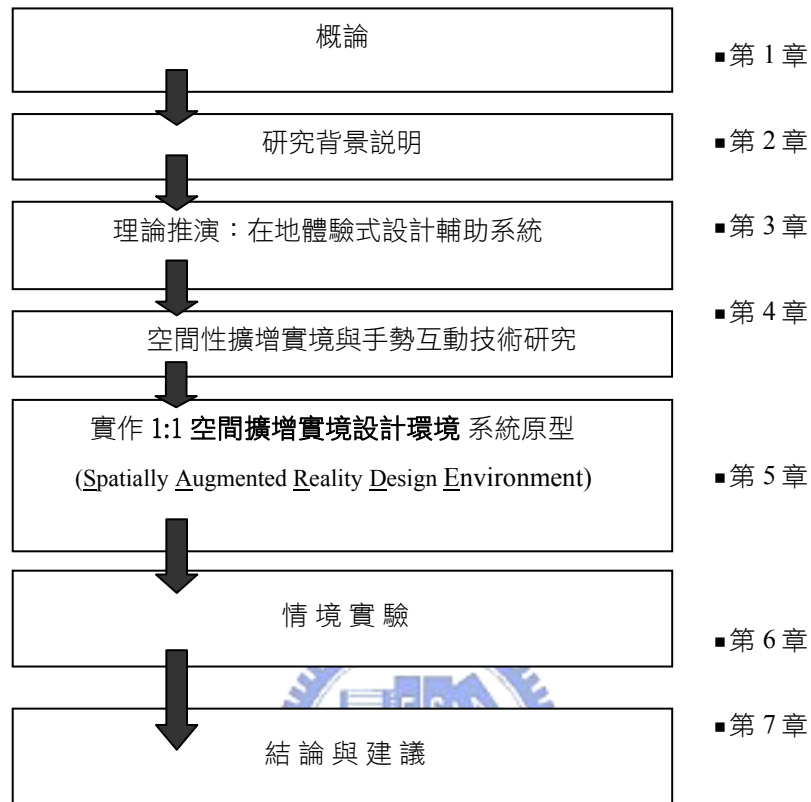


Figure. 2. 研究流程圖

2

研究背景

爲了說明在地體驗式設計輔助系統這樣的觀念的背後思潮，研究背景將先說明建築思潮中建築設計與身體尺度的關聯(2-1)，建築設計與基地的關聯(2-2)，再說明人機介面與電腦輔助設計系統的簡略發展 (2-3)，當電腦成爲輔助體驗工具(2-4)與實虛結合的體驗方式發展(2-5)，而使得設計者能以更直接有趣的方式體驗虛擬資訊，進而開始邁向在地體驗設計輔助系統(2-6)。

2.1 建築設計與人身尺度的關聯

建築空間具體化時以人身尺度爲觀點的發展，早期由 Vitruvius 在建築十書中，建立了描述人體與建築比例之間的基本模型，將注意力從標準正確的尺寸轉移到人體與空間的公約數上。文藝復興時所發展的「透視法的典範」(Perspective Paradigm)，透過數學的描述將人體當成測量的系統，個人的印象轉換成比例性的觀點。透過這樣科學的研究方法，開起了文藝復興時代建築與美學的新發展(Palumbo, 2000)。到了二十世紀，柯比意提出了”模矩(Modulor)”的概念，他認爲”模矩”其實就是關於人的尺度與量測(measure)所取得關於數字的價值(Figure 3)。而建築做爲人的容器與人的延伸，勢必是延伸於身體重要的一部分，因此透過使用身體來感知最合適、直接的量測，使得空間概念得以具體化(Courbusier, 1948)。

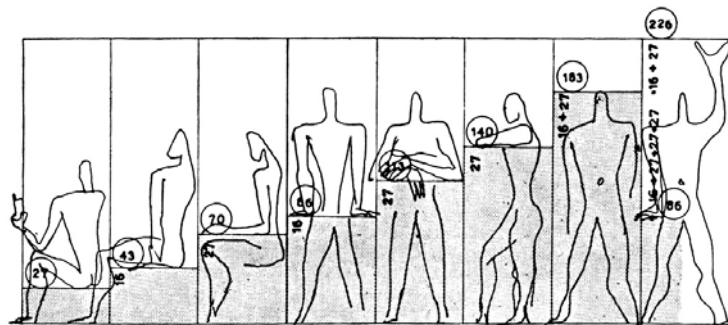


Figure 3. Le Corbusier 以人身尺度提出模矩的概念成爲建築設計具體化的依據

2.2 建築設計與基地環境的關聯

而建築設計與基地的關聯當中 Lynch 與 Hack (1984) 針對設計者和基地的關係，認為一個設計者如果只依賴以往的自身經驗進行設計，將會失去找出基地上隱晦不顯且重要資訊的機會 (Lynch and Hack, 1984)，Norberg-Schulz 認為人對於環境產生認同感的主因，是從環境中的點點滴滴熟悉了解且賦予意義，包括自然場所與人為場所，這些事務更形成了複雜的空間結構，因此人對空間認同感才會因此而產生 (Norberg-Schulz, 1979)。因此建築設計的產生是與環境上所發生的無數細節有著密切的關連。在建築設計案例中 2001 年度普利茨凱獎瑞士建築師 Herzog & de Meuron 透過材質單元的概念操作，重新詮釋了建築物量體皮層與人與基地的關聯性，在其成名作瑞士 SignalBox、美國 Dominus Winery 釀酒場、日本 Prada Aoyama Store (Figure 4) 都可清楚見到材質單元被賦予與基地之間新的意義。建築量體被識為一整個材質的延伸，因此使用者透過身體接觸單元材質時，便理解整棟建築量體對於內外與基地之間所要表達的空間想法。

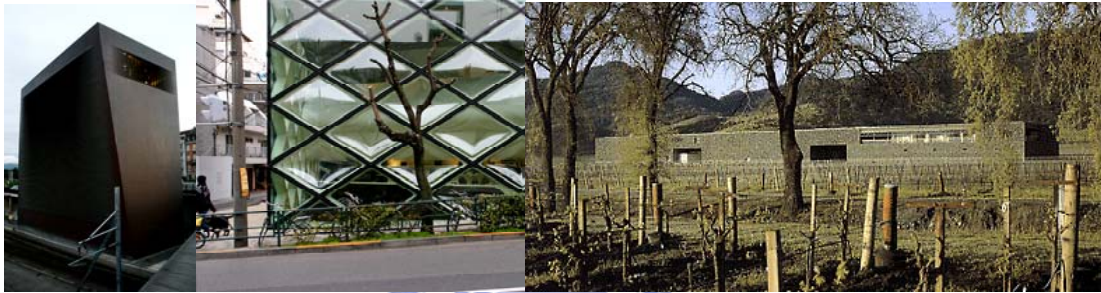


Figure 4. Herzog & de Meuron 作品，由左至右為瑞士 SignalBox，日本 Prada Aoyama Store，美國 Dominus Winery 釀酒場

2.3 人機介面與電腦輔助設計

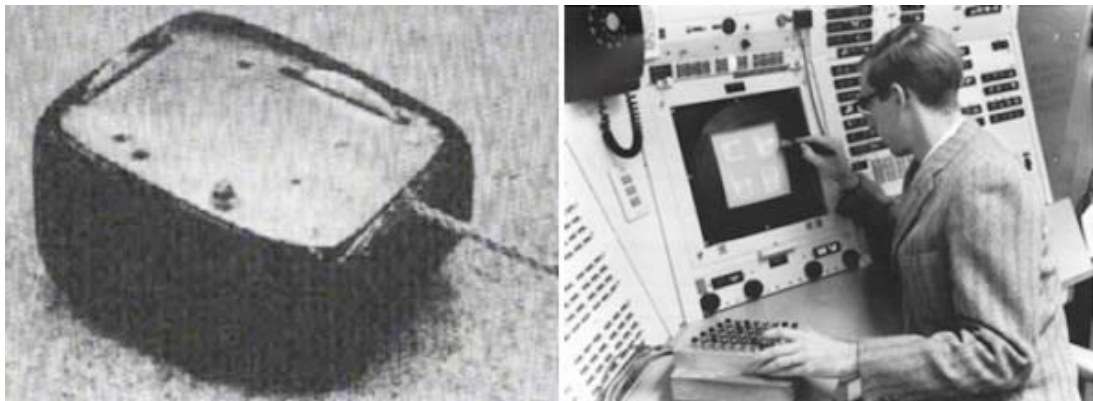


Figure 5. 左圖為滑鼠原型，右圖為 sketchpad 研究計畫

人機介面的觀念開始被研究者所重視是在 1963 Ivan Sutherland 提出 Sketchpad 研究計畫。當時便開始大量的對電腦輔助設計 (Computer-Aided design) 的研究，勾勒出輸入與顯示技術的重要 (Baecker, et al. 1995)。1981 Xerox 發表了 Star Information System，建立了現今個人電腦的基本架構：由處理器、顯示器、鍵盤與指標控制裝置 (滑鼠) 所構成 (Smith, et al. 1990)。這個時

期的人機介面多著重在顯示器背後的虛擬空間該怎麼看待，圖像示(iconic)的指令、樹枝狀的選單、視窗系統...等，也建立了使用者中心、直覺化、視覺化的操作等介面設計上重要概念，一直影響至今。

2.4 以電腦為輔助體驗工具



Figure. 6. The Legible City，以日常生活用品做為實虛結合的介面(Shaw, 1991)

Morton Heilig 於 1962 提出 sensorama 有趣的詮釋使用者體驗影像、聲音與氣流來產生沉浸式 (immersion) 的感受。到了 90 年代，隨著 3d 技術逐漸發展成熟與投影設備的普及，研究者開始視覺化塑造全虛擬空間。”The Cave”於 1992 年在 SIGGRAPH 展示出來，透過立體眼鏡與環繞式的投影幕，觀者可即時看到立體的空間，沉浸式的感知成為探索虛擬空間相當重要的關鍵。澳洲藝術家 Jeffrey Shaw 在 1991 提出”可閱讀的城市”(Shaw, 1988)，以日常中熟悉的身體習慣的活動，本能的轉移到資訊構成的世界裡，使用者透過腳踏車與 CAVE 介面來瀏覽文字構成的虛擬城市空間(圖 4)。而隨著使用者中心思潮的發展，全虛擬環境硬體的交互介面的研究多樣式的輸入，如手部動態追蹤、眼部追蹤、手勢分辨、位置分辨等方向，詳細的分析身體所能表達的訊息 (Stanny and Zyda, 2002)。

2.5 實虛結合輔助體驗

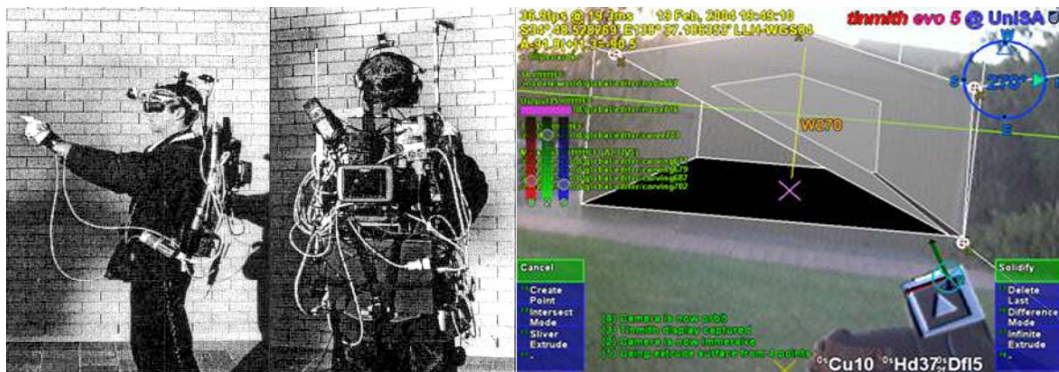


Figure. 7. Piekarski(2002)以頭戴式顯示器(HMD), 攝影機(WEB-CAM), 衛星定位(GPS)與筆記型電腦，達成戶外的實虛結合互動環境

在電腦成為體驗工具的發展之下，身體與似乎有著不同的發展。如透過配帶雙向交互影響的科技產品，身體的能力突破了以往，因而有了「人機同體」(Cyborg)這樣的觀念被提出，Mitchell 認為人機同體的概念將會讓都市與建築空間重新被定義(Mitchell, 1995)。行動藝術家 Stelarc 於 1996 年作品 Ping Body，以機械義肢與各種電子設備延伸擴張自己身體的能力(Stelarc, 1996)。而近年來關於擴增實境(Augmented Reality)的研究更在各個領域掀起研究熱潮，以頭戴式顯示器(Head Mounted Display)與 WEB CAM 的結合再加上記號的定位與程式的撰寫，使用者可直接看到即使的 3D 影像與實體環境結合。(Piekarski, et al. 2002)

2.6 體驗式設計輔助系統



Figure 8. Ishii and Ullmer (1997)提出可觸碰的位元來強調無接縫的實虛結合，illuminating clay (Piper, et al. 2002)針對景觀設計提出實虛結合的設計媒材

當 Weiser 提出的遍佈式運算讓電腦隱藏於實體環境之中，使得日常生活中的各種生活行為都可能結合實虛而變的更直覺(Weiser, 1991)。體驗工具遍佈於環境當中並且應用於設計輔助系統時，Ishii 與 Brygg 提出的可觸碰的位元這樣的介面概念，讓使用者在實體環境中與虛擬世界有了無接縫的連結(Ishii and Ullmer, 1997)，光黏土(illuminating clay)針對景觀設計，提出讓設計者操作實體模型時能即時看到動態的虛擬資訊回饋，透過這樣緊密的實虛結合，設計者可以了解處理景觀設計時坡度改變的影響，包括過陡的坡度影響道路分佈產生的危險、水流改變、侵蝕、陰影、光線、與費用...等數據化的資訊，並且讓設計者試著以直覺的方式去解決設計問題(Piper, et al. 2002)(Figure 8)。而數位環境這樣的工具提供了更即時回饋且強化了設計意途表達上的轉譯(Schnabel and Kvan, 2001)

在討論基地現場做設計此議題上，Tsai and Chang (2005) 提出了關於基地上進行設計的需求：一個可移動的顯示裝置。其中標示出在地顯示與互動性的重要(Tsai and Chang, 2005)。

3

理論推演 - 在地體驗式設計輔助系統

由前述的研究背景了解建築設計思潮與人機介面在電腦輔助設計的發展後，本章節試圖推演出在地體驗式設計輔助系統架構，以回應建築空間設計所關切的人身尺度與基地的關聯性這兩個重要的因素。藉由找出初步的設計具體化行為模式，得以了解設計行為的需求，並將之轉化為在地體驗式設計輔助系統的輸入-輸出系統架構，以便之後的系統建置。

3.1 將模糊設計概念具體化

設計者在將模糊設計概念具體化時，經常想像模擬設計在完成後的狀態，再以圖像方式記錄下想像中的設計，經由訪談專業空間設計者了解圖像記錄的原因，是在於空間設計時複雜的思考需要被精確的記錄下來以便判斷設計是否合適(Table 1)，經常發生在具體化過程發現了更多的問題，進而將設計修改的更為成熟。由於整個設計思考過程過於複雜，本研究針對使用平立面圖繪製想像中的設計，需要學習以下三種想像連結：1.精確呈現設計想像 2.想像與基地結合 3. 人身尺度的使用行為模擬。

想像模擬設計要項		綜合判斷時常思考的問題
尺寸		整體設計是否合於使用行為
顏色		整體設計造形舒不舒適
質感		設計是否合於施工工法
與基地結合狀況		整體設計是否與基地結合良好

Table. 1. 設計者想像模擬設計後，以圖面記錄過程中，得以較精確的判斷設計是否合適。

3.1.1 想像模擬設計行為模式(一)：精確呈現設計想像

具體化的過程中精確的將尺寸確定下來是設計過程中相當重要的一部份，有了精確的尺寸將有助於實際使用時的狀況與施工工法的可行性等狀況的判斷，其中對設計初學者而言需要學習想像透過工具呈現精確的設計想像(Figure 9)：(1)對 1:1 尺度的想像 (2)對 1:1 材質的想像

- (1) 1:1 尺度的想像: 設計初學者無法靈活的運用比例尺的轉換來精準地呈現他們的空間想像概念，而在傳統縮小尺度的立面圖無法體會到不同的距離觀看設計所產生不同的感覺。
- (2) 材質的想像: 設計初學者常有困難去連結由影像或筆觸與其所代表的材質在 1:1 上呈現時的效果，

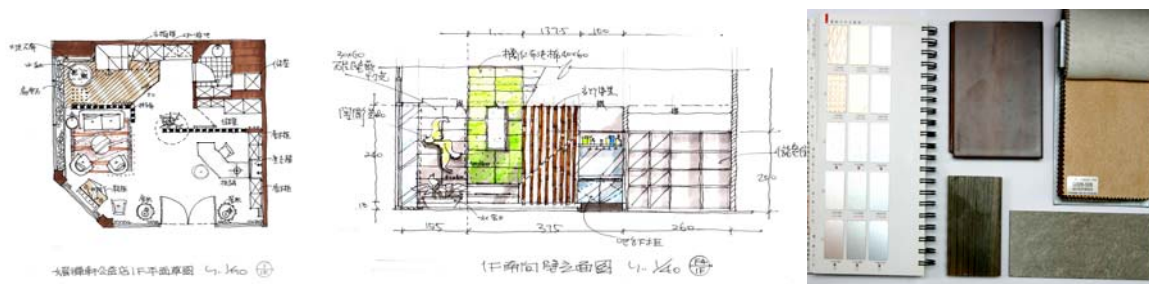


Figure. 9. 透過平面圖搭配真實的材料單元樣板來想像設計完成後的樣貌

3.1.2 想像模擬設計行為模式(二)：設計想像與基地結合

想像模擬的重點之二，便是和基地現場有緊密的結合，各式各樣基地現象或細節都有可能成為設計想法的線索而激發設計，並且與基地相符合，基地上豐富的資訊即使是目前最先進的技術也無法完全複製，因此傳統上透過各種記錄工具來片斷的呈現基地現場豐富的資訊，如速寫、照相機的使用、粗略的量體縮小尺度模型...等(Table 2)。有經驗的設計者在紀錄資訊時便試途記錄或呈現他心中對設計的想像，但受限於現有工具，進一步的設計呈現必需回到圖桌上才更深入。回到圖桌前則參考基地照片、基地模型、基地圖面來想像基地的狀況，再進而使用圖面、模型，進行將模糊的空間概念具體化以決定各個細節的明確尺寸，並思考是否合理解決空間問題，對於設計初學者在未熟悉這樣的思考模式之前，常常需要重復這個過程數次，因為 2D 的圖面無法直接看到設計呈現(Figure 9)。因此視覺化設計想像成為**體驗式設計輔助系統**的重要關鍵之一，讓設計初學者得以直接體驗到設計呈現，以較直覺且較少的記憶負擔來進行設計操作。

	基地現場		圖桌前	
身體參考	體驗尺度感	行走	靠想像模擬使用者使用	靠想像來模擬使用
視覺	尋找		拍照、素描	照片合成設計，瀏覽(Figure 10)
聽覺	聲音		錄音	想像
觸覺	觸摸質感測量		取樣	製作圖面、模型、單元材料樣板 (Figure 9)

Table. 2. 傳統上設計者在基地現場記錄重要訊息後回到圖桌以想像的方式處理空間問題



Figure. 10. 透過影像合成的方式來呈現設計想像

3.1.3 想像模擬設計行為模式(三)：人身尺度的使用行為模擬

在具體化設計想法時，設計者思考使用者如何感受、使用他的空間設計時，設計者常會利用自己的身體來模擬使用者使用的情況(Figure 11)，比如坐下來想像使用者所看到的，或伸高手臂來模擬使用者在拿取高處東西時的感受(Figure 11(b))。透過訪談得知，這樣的模擬行為對於很有經驗的設計者而，或許已經有其常用設計尺寸，但當他們在創造新的設計時，仍會自然的透過這樣的方式來想像設計，目的是要想像未具體化的設計想法使用時的狀況。研究整理此步驟的設計行為是空間設計行為中很重要的設計行為資料，有助於定義體驗式設計輔助系統所需要的直覺式操作。

而常用的模擬行為約略可分為平面與立面/剖面狀態。平面上如走動、變換位置、張開雙手來測量距離、伸長手臂測量可拿取距離。立面/剖面狀態如走動、蹲下、坐下、躺著、伸高降低雙手拿取、墊腳、抬頭、低頭。設計者對使用行為的模擬會跟據設計需求不同而自然而然的發展(Figure 11 (d))。

其中立面狀況中設計者常會舉起手攆去量測多高的高度是適合擺放、拿取物品。他們常會重覆的起立或蹲下來經驗不同的高度因素，本研究先針對整理設計者在立面設計時所關心重要的因素：視角、視線高度、手可觸區域、腳可觸區域、坐著時況狀。在平面設計時設計者偏向到處走動、改變姿勢與位置。平面設計的因素：物件的使用性，如桌、椅，物件之間的安排。設計行為是根據設計案的目的而有無限的可能性，因此只能約略的描述出最基本的關於立面與平面的設計行為。



Figure. 11(a)

Figure. 11(b)

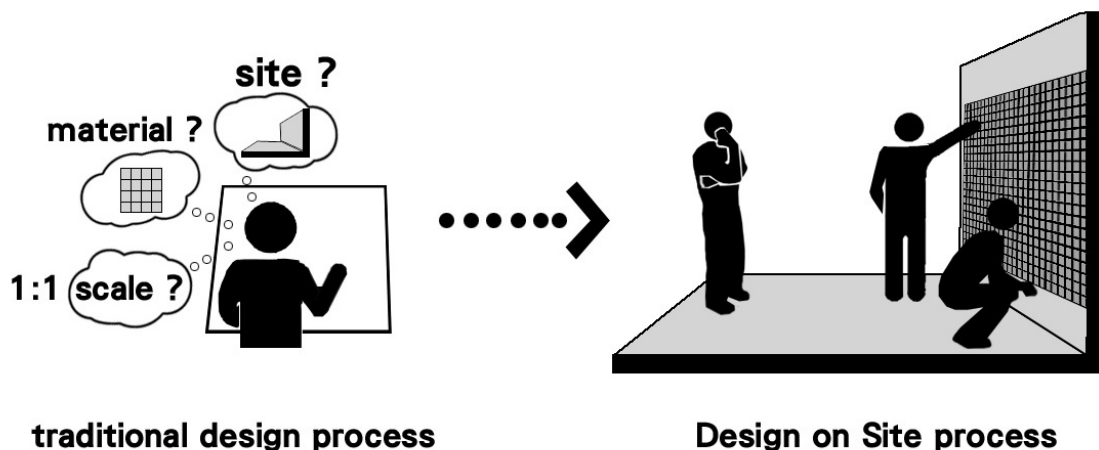
Figure. 11(c)

Figure. 11(d)

Figure. 11 (a) 資深設計師在基地現場以身體尺度模擬設計想像 Figure. 11(b)(c)設計師以鉛筆直接在基地現場繪製立面設計說明 Figure. 11(d)設計師以身體動作體驗插座位置

3.2 在地體驗式設計輔助系統

3.2.1 視覺化設計想像模擬與基地結合



traditional design process

Design on Site process

Figure. 12. 在地體驗式設計輔助系統 使空間設計行為更為直覺，並讓設計者更注意到設計與身體的關聯

因此在地體驗式設計輔助系統的提出，滿足了模擬想像的設計行為模式，設計者將花費較少的想像記憶負擔，而可以直接體會到設計呈現與基地結合的樣貌(Figure 12)，並進行操作修改設計，透過這樣的方式進行設計，設計者將更容易想像、體驗設計完成後的空間感受與使用。因此對於設計初學者許多的設計討論是建立在不確定的工具表達之上。本研究所發展的在地體驗設計補助工具，來讓設計者直接看到 1:1 的設計在基地現場結合的樣貌，在實虛互動的觀念下，透過虛擬資訊的便利更改與不需耗費成本的優勢下，虛擬資訊相當適合用來呈現設計過程中的不確定的設計想法，以幫助設計者直接體驗到設計呈現，並一步步將模糊設計想法確定下來。

3.2.2 直覺式身體模擬行為互動

不同於傳統紙筆設計行為，**在地體驗式設計輔助系統**更增加了身體所表達的資訊，不同的身體姿勢與位置提供更多的資訊進行運算，更多的身體資訊使得設計與身體有著更多的關聯性，也讓設計者思考更多與身體相關的設計問題。舉例說明室內設計中的主牆設計，當站在一公尺的距離觀看設計的尺寸感覺與站在五公尺時的尺寸感覺是不同的，而能夠在不同的位置體驗設計呈現讓設計者能較有把握的進行設計決策。

3.2.3 立即回饋的動態虛擬資訊延伸設計想像

在地體驗式設計輔助系統在電腦運算立即回饋的延伸下，將會更積極的讓設計者以**自身體驗**的方式而自主地發現更多設計問題，進而進行修正。經過運算的立即回饋與直覺的互動使得在地體驗輔助設計系統將不同於傳統紙筆單純的記錄，而讓設計輔助工具得以更積極的輔助設計者自發性的發現設計問題。

3.3 理論推演小結

因此在地體驗設計輔助系統具有以下特徵，1. 可攜式，讓設計者能輕易的攜帶至任何基地現場。2. 可因地制宜，配合基地狀況而調整配合。3. 視覺化的輸出，讓設計者能在基地上直接看到設計呈現與基地結合的樣貌。4. 身體動作的輸入，設計者的身體狀態、位置皆成為重要的資訊輸入來源。5. 運算系統，處理資訊以協助設計者發現設計問題。整個系統以輸入、輸出的架構來說明如 Figure 13 所示，設計者體驗到初步的視覺化呈現後，以直覺的方式手勢與身體提供資訊給運算系統，運算系統分析所接受到的資訊後，提供更多有助於視覺化顯示的資訊給設計者體驗，重復這樣的循環直到設計者滿意而停止。而這三大部份再經由可得的技術與設備蒐集將其具體化的呈現出來。因此隨著技術設備的進步與普及，新的在地體驗輔助系統將可以不斷的改良，以更符合基地現場設計行為。

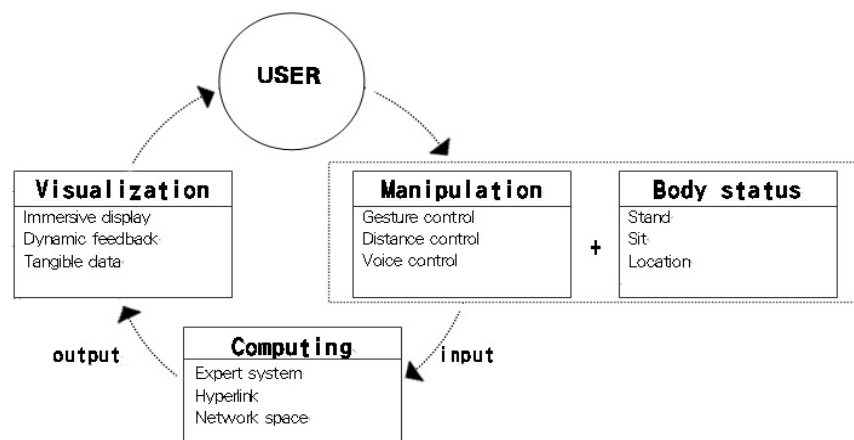


Figure. 13. 在地體驗式設計輔助系統 輸入-運算-輸出架構說明

4

相關技術研究

前述的理論推演了解了視覺化與互動的重要，因此本研究從以下二類相關技術研究探討實作系統的可行性與：**1. 視覺化實虛結合顯示**：視覺化空間設計想像與實體基地環境結合 **2.直覺式互動**：以基地現場設計行為做為互動方式。這兩個方向進行相關研究的找尋。本研究比較過目前的擴增實境相關技術後，選擇以投影機做為視覺化系統，並了解未來投影機可能的發展，與應用於在地體驗式設計輔助系統將有什麼樣的可能性。而互動行為將以手勢操作來進行初步的設計輸入操作方式研究。

4.1 視覺化實虛結合顯示

4.1.1 擴增實境(Augmented Reality):

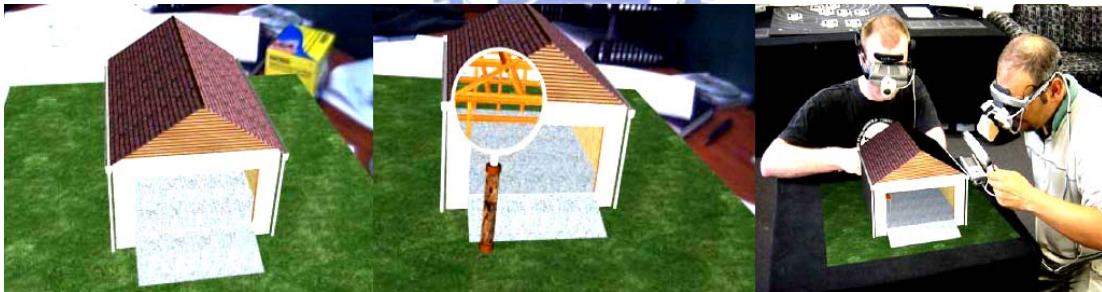


Figure. 14. HMD 結合 WEB-CAM 可看到實虛結合的即時顯示(Losser, et al., 2000)

擴增實境(Augmented Reality)的技術使得使用者能體驗到實虛結合狀況，技術上透過web-cam 辨識實體空間中的定位點(marker)，再即時的將3D虛擬影像疊合到定位點上，再將實虛結合的結果傳送到頭戴式顯示器上，(Balcisoy, et al.,2000; Benford, Schnadelbach, et al., 2003; Losser, et al., 2004)。

然而就技術上而言，往常為了達到可攜式而使用的透過頭戴式顯示器 (Head Mounted Display), 卻有著嚴重的顯示跳格與背戴沉重的裝置與視線狹小的限制，因此此技術用於 1:1 的呈現空間設計想像時，產生了許多的不便。

4.1.2 空間性擴增實境(Spatially Augmented Reality):

Life-Sized Projector-Based Dioramas

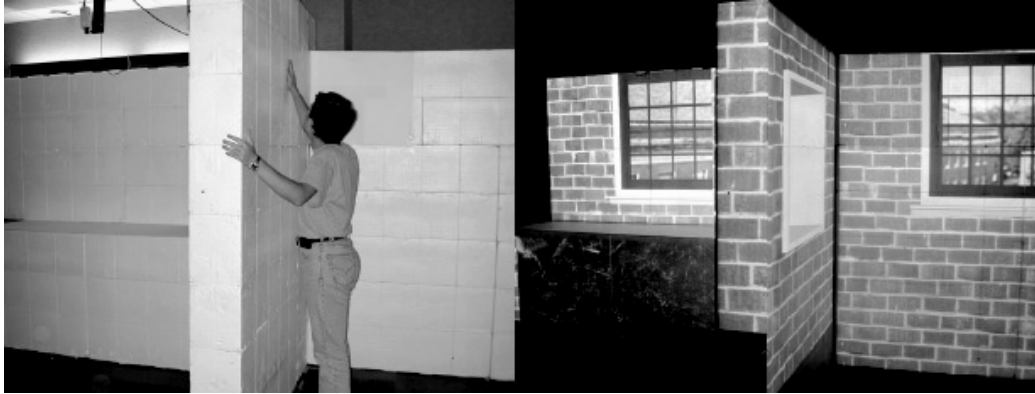


Figure. 15. 空間性擴增實境(Spatially Augmented Reality) 結合了沉浸式顯示與實體環境
(Low, et al., 2001)

Low 爲了克服使用 HMD 所呈現擴增實境的缺點，在 2001 年提出了空間性擴增實境的觀念。透過投影機與程式的撰寫，虛擬物件與實體環境可輕易的被結合在一起(Low, et al., 2001) ，透過投影機的顯示方式比起 HMD 有以下的優勢：

1. 更廣的視野(FOV)與空間感知
2. 真實行走於虛實空間中
3. 將不會有 HMD 的追跡失敗現象
4. 減少顯示的遲滯
5. 自然的立體視覺
6. 真實的空間幾何呈現
7. 視對焦產生的更真實感
8. 易於使用實體物件與虛擬互動
9. 靜態可觸控感

此研究針對特定的實體環境，經過仔細的程式換算，讓單純的實體環境增加了虛擬材質與窗戶，然而對於使用者設計上的互動在此研究並未被強調，因此以空間設計行爲爲主要的應用時，輕便的設備與即時的互動操作將會是在地體驗式設計輔助系統的重點，使得系統可以被攜帶至任何室內設計基地上，快速的安裝完成，並且能即時的進行立面設計互動，

4.1.3 遍步式顯示 The Everywhere Displays Project (Pinhanez,2001)



Figure. 16. 空間中任何表面都將成為實虛結合的互動表面

Pinhanez 在 2001 年，擴展了互動表面到空間中的任何角落，以透影機與腳架和鏡面的組合，使得空間中任何表面都有可能成為顯示的表面。再經由攝影機的捕捉與軟體的控制來感測者用者是否觸動訊息，便可執行立即的互動。

任何空間角落成為互動表面的想法使得基地現場的任何表面有可能成為互動表面，而讓設計者進行設計行為，本研究更著重在 1:1 的呈現設計想像與設計者所需的互動行為。其中鏡面的使用在室內的狹窄空間有極大的幫助。這樣的觀念使得任何空間成為可互動的表面並且有大面積的呈現也避免掉了液晶顯示的邊框問題，相當適合用來呈現空間設計過程中仍不確定的設計想像，但必需注意投影內容的變型與投影路徑是否被阻隔。此案以自動的反射鏡面強調各個小型角落的互動，而互動方式也較為單純。

4.1.4 自動幾何調整投影機 iLamps (Raskar, et al. 2005)



Figure. 17. (a)

Figure. 17. (b)

Figure. 17. (c)

Figure. 17. (d)

Figure. 17. iLamp(2005)單純的投影機經過運算成為有智慧的互動設備

Mitsubishi Electric Research Labs 的 Raskar 在 2005 的將投影機從原本擔任固定的影像播放，轉變成為可以隨身攜帶、感知環境而自動調整的一個溝通媒介。經過運算與重新整合軟硬體系統，iLamp 將一般投影在非平面牆面時所產生的變型(Figure 17(b))，經過 iLamps 修正後的影像成為未變型的影像(Figure 17(c))，甚至具備有感知環境的能

力，而投影出不同的影像（Figure 17(d)），不同於其他討論投影內容的互動行為，此研究改良投影機硬體上的能力。

若應用在體驗式設計系統上，視覺化系統將有更多的可能性，比如空間角落能有二個以上的立面呈現、因基地不同而提供不同的設計線索、或是客制化設計者所常用的設計元素...等，更多的可能性值得被探討。

4.2 直覺式互動介面

當可攜式沉浸顯示系統如 SARDE 被發展出來，直覺式的互動操作將成為影響設計行為的關鍵之一。此部分眾多的研究皆針對特定的行為需求與特定環境來進行互動行為發展，而在 SARDE 顯示系統的前題下，本研究將會針對如何在基地現場設計行為底下進行互動方式的相關研究案例。

4.2.1 光黏土 Illuminating Light / Clay (Piper, et al. 2002)

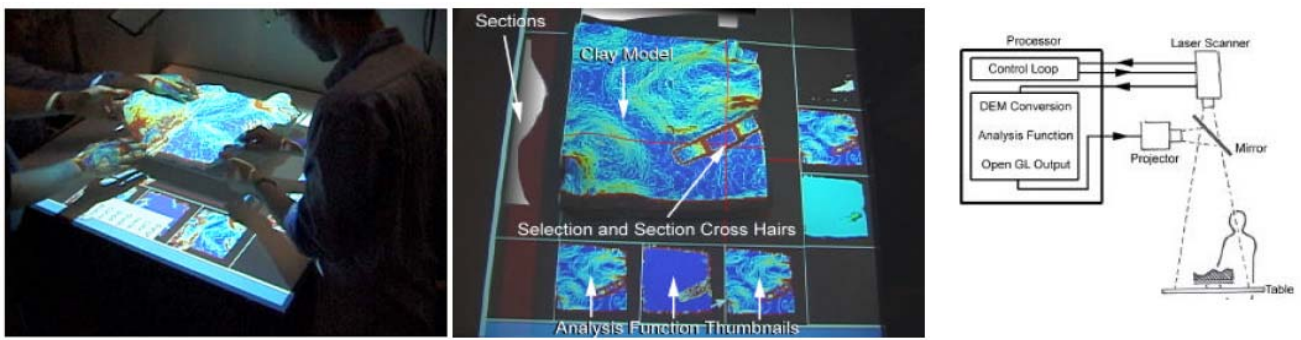


Figure 18. 實虛結合的景觀設計輔助系統，讓設計者可以直覺的感受到修改模型後的影響

Piper 在 2002 針對景觀設計行為提供了一個更直接能體驗到設計操作的设计輔助工具，透過即時雷射掃描獲得實體黏土的 3D 的數位地景資訊後，即時投影虛擬資訊到黏土表面，因此設計者便可直接對實虛共存的设计媒材進行地表坡度的操作。

這樣的設計體驗輔助工具讓設計者能保有手的觸覺，而相對於傳統的黏土媒材更增加了主動的動態虛擬資訊的呈現，經過運算所立即提供的設計資訊將有助於設計初學者在思考設計問題時以體驗的方式意識到設計問題，進而調整成更成熟的設計。

4.2.2 處處皆可玩 PlayAnywhere (Wilson, 2005)

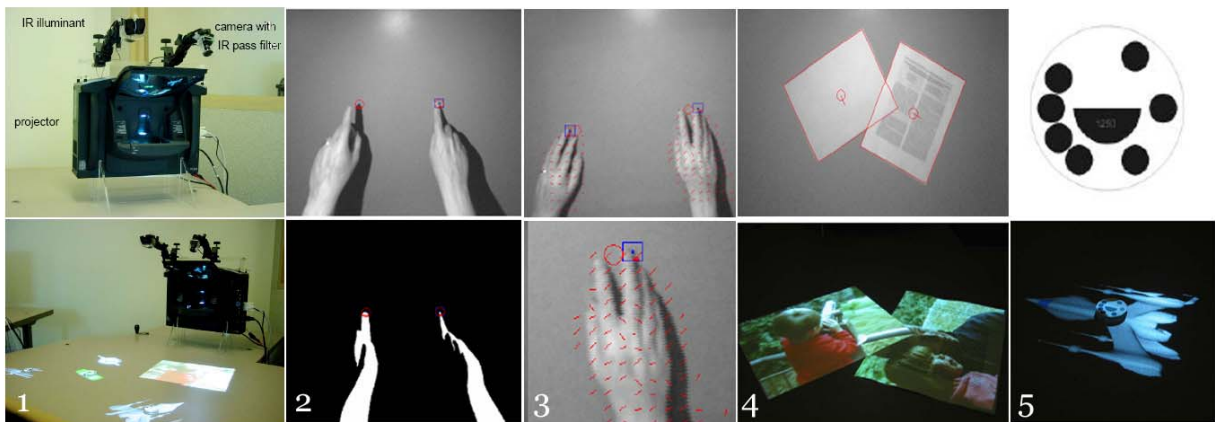


Figure 19.. 在小範圍與光線合適的環境下，使用者不需配戴任何設備便可與虛擬資訊進行互動
Microsoft Research 的 Wilson 在 2005 年以鏡面反射與投影機(Figure. 19(1).系統原型)途以輕便方式達到平面式的投影，並透過多樣的運算方式以減少使用者配帶多餘的裝置並且具備有以下的即時互動能力：Figure. 19(2). 分析手勢的影子以辨識手指是否觸碰桌面， Figure. 19(3).辨識手掌的旋轉角度 Figure. 19(4)即時的紙張範圍，而且將標誌系統儘量簡化 Figure. 19(5)小型定位標誌系統 來達成精簡的擴增實境互動裝置。

此研究同樣面對可攜式系統的輕便問題，並針對徒手進行操作的狀況所提出的研究，相較此研究於乾淨的投影面上進行黑白的影像辨識，基地現場設計行為所需的 1:1 擴增實境因目的為結合實體環境而達成設計想像與環境結合的呈現，這樣的目下，無法將感測的範圍簡化成單純的黑白，而且為了達成 1:1 的模擬，距離因素將會在精準度上將會有很大的困難。

4.2.3 光筆互動 Laser Pointer Interaction(Olsen,Nielsen,2001)

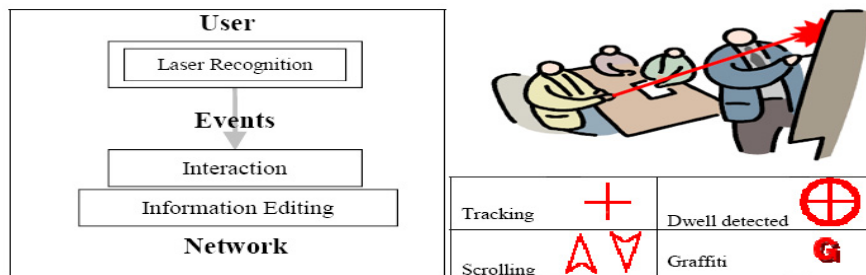


Figure. 20. 日常生活活動常見的裝備成爲互動工具

在某些場合(如簡報的情境)人們需要在遠距操作虛擬資訊，Olsen 與 Nielsen 在 2001 年提出使用光筆這樣日常生活常見的工具來與投影機來達成多用途的互動，如透過追跡、選擇、瀏覽、繪圖等功能組合以達成較複雜的互動行為。雖然透過使用者實驗證明使用的效能仍無法與傳統滑鼠相比擬，但遠距離的使用的確帶來更多互動上的可能性。

對本系統而言，可觸摸的虛擬資訊這樣的操作方式會比較容易讓設計者以自身的身體尺度來進行設計操作，但此技術用於操作比人身尺度更高的部分仍有可能與手勢操作結合以面對複雜的基地現場設計行為。

4.2.4 手勢操控互動

手勢模塑/數位砂箱 (Gross , Kemp, 2001)(Do, 2002)

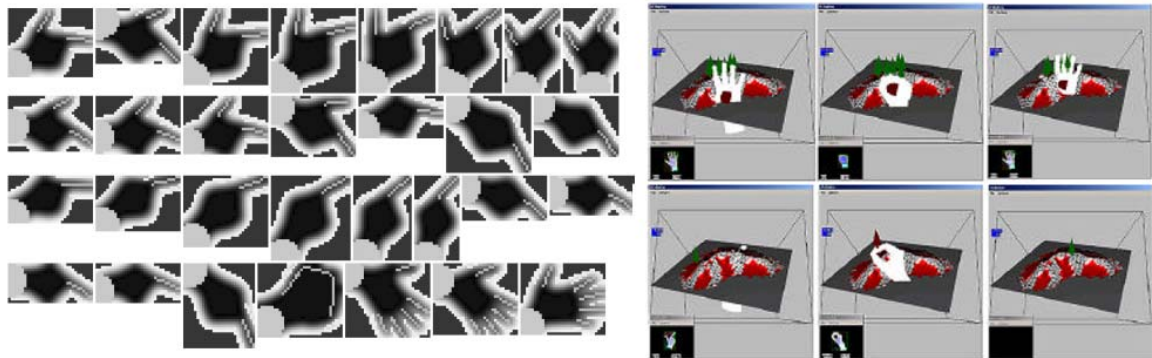


Figure. 21. 透過直覺手勢直接操控三度空間的虛擬建模

Dsign Machine Group 的 Gross 在 2001 年提出的手勢模塑，建立了直覺式的透過手勢操控 3 度空間的建模技術，以 2 架 web-cam 分別補捉空間中的 XY 與 Z 軸的資訊，再以圖像分析 (image processing)與認知(Pattern Recognition)來辨識手勢位置，因此使用者不需配帶多餘的設備便可直覺的操作 3 度空間的物件。Do 則將此技術應用在景觀設計中，進行直覺式的互動操作。

此研究提供了相當方便手勢辨識的技術，使用者只需變換手勢即可進行不同的設計指令操作，但使用者必需先學習記憶不同的手勢所代表的設計指令，才能直覺的進行操作。而以目前的 web-cam 拈取精密程度僅止能在小範圍內進行辨識，當使用在本研究中以人身尺度進行操作與辨識時，將會有精準度上的限制。

4.2.5 透過手勢瀏覽 3D 空間(LU, 2004)

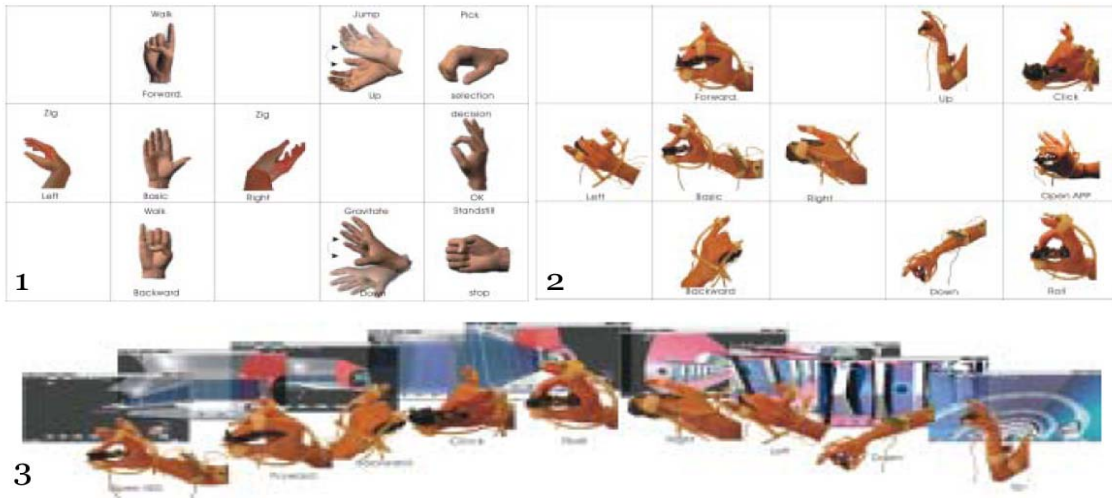


Figure 22. 透過手勢對虛擬物件進行直覺式的操作。(Lu, 2004)

爲了讓人更直覺的瀏覽虛擬空間，Lu (2004) 提出透過手勢分析 1. 一般常用手勢 2. 透過手勢來操作 3. 瀏覽虛擬空間，希望使用者能以自然的方式進行空間瀏覽的互動，進而產生不同的空間認知。

因此直覺式的手勢操作仍有需多的討論方向直得進行研究，而不同的互動方式將使得在地體驗式設計輔助系統更直覺的進行互動設計體驗。

4.2.6 空間性擴增實境的 2D 操作研究(Voida, Podlaseck, et al. 2005)

Gesture	Suitable for manipulating distant objects?	Associated spatial model of surfaces	Method of indicating discrete events	Size of required motion	Accuracy of target specification	Implementation concerns
Voice	Yes	Surface-oriented	Speech	None	Low	Fast utterance of control commands may be difficult to parse in context.
Point and Retract	Yes	Surface-Oriented	Retract gesture	Large	High to moderate, depending on distance	Requires accurate estimate of where the user is pointing their arm.
Touch and Retract	No	Surface-oriented	Retract gesture	Large	High	Requires object to be close to user.
Voice and Point	Yes	Surface-oriented	Speech	Large	Low	Requires complex parsing and coordination of the modalities.
Laser Pointing and Retract	Yes	Surface-oriented	Turn on/off	Small	High	Requires cameras monitoring a huge area looking for extremely fast movements.

Src/Tgt	D	A	B	C	D	E	F	G	H
desk	0	Grab	Laser	Touch	Touch	Point	Voice	Voice	Touch
count	5	Throw	Laser	Point	Point	Point	Voice	Voice	Point
counter	4	Voice	Laser	Grab	Point	Voice	Voice	Voice	Point
back wall	4	Voice	Laser	Throw	Point	Voice	Voice	Voice	Point
back wall	4	Point	Laser	Point	Point	Point	Point	Point	Point
higher	6	Point	Laser	Point	Point	Point	Point	Point	Point
floor	3	Point	Laser	Grab	Laser	Point	Point	Voice	Point
round tbl	2	Touch	Laser	Throw	Laser	Point	Point	Voice	Point
back wall	5	Point	Laser	Grab	Laser	Point	Point	Point	Point
floor	2	Touch	Laser	Throw	Laser	Point	Point	Point	Point
HR cab	5	Voice	Laser	Point	Point	Point	Point	Point	Voice
right cab	5	Voice	Laser	Point	Point	Point	Point	Point	Voice
back wall	4	Point	Laser	Grab	Point	Point	Voice	Voice	Voice
desk	0	Touch	Laser	Throw	Touch	Point	Touch	Voice	Voice
desk	0	PartB	Laser	Grab	Touch	Point	Touch	Voice	Touch
round tbl	2	PartB	Laser	Throw	Touch	Point	Point	Voice	Touch
round tbl	2	Point	Laser	Grab	Touch	Voice	Voice	Point	Point
counter	2	Touch	Laser	Throw	Point	Voice	Touch	Point	Touch
right cab	5	Voice	Laser	Point	Laser	Point	Point	Point	Point
counter	2	Voice	Laser	Point	Laser	Point	Point	Point	Point
floor	3	Voice	Laser	Grab	Laser	Point	Point	Voice	Point
to right	3	Voice	Laser	Throw	Laser	Point	Point	Voice	Point
round tbl	2	Touch	Laser	Grab	Touch	Point	Point	Voice	Touch
desk	0	Touch	Laser	Throw	Touch	Touch	Touch	Voice	Touch
counter	2	Voice	Laser	Grab	Laser	Point	Touch	Point	Voice
desk	0	Voice	Laser	Throw	Laser	Point	Point	Point	Voice

Figure 23. 分析使用者在面對空間擴增實境時的直覺式操作習慣

Voida 與 Podlaseck 針對辦公空間活動使用空間擴增實境時，對 2D 文件或應用程式的使用進行分析整理，最常被使用的行爲是聲音和手勢，行爲整理如下：點／觸碰和拖拽、提取與拋擲、平移、翻轉手掌。不同情境目的會使用不同的手勢行爲。

此研究對於空間性擴增實境所需的互動行爲進行了較普遍性的研究，然而本研究係針對 1:1 的模擬在室內設計問題情況下，所產生對設計的影響。

4.3 相關技術研究小結

以前敘的在地體驗式輔助系統架構來整理相關技術研究如下表 Table 3。

其中視覺化的研究佔了大多數原因在於，此部分所造成的影響是最基本且重要的，不論是對設計者設計過程的體驗方式，或是影響其他系統的選擇，都有著重大關聯性。而關於身體所提供的資訊在其他的研究中較少被重視，然後在在地體驗式設計輔助系統的發展中，身體因素將成為相當關鍵值得被探討的未來研究。

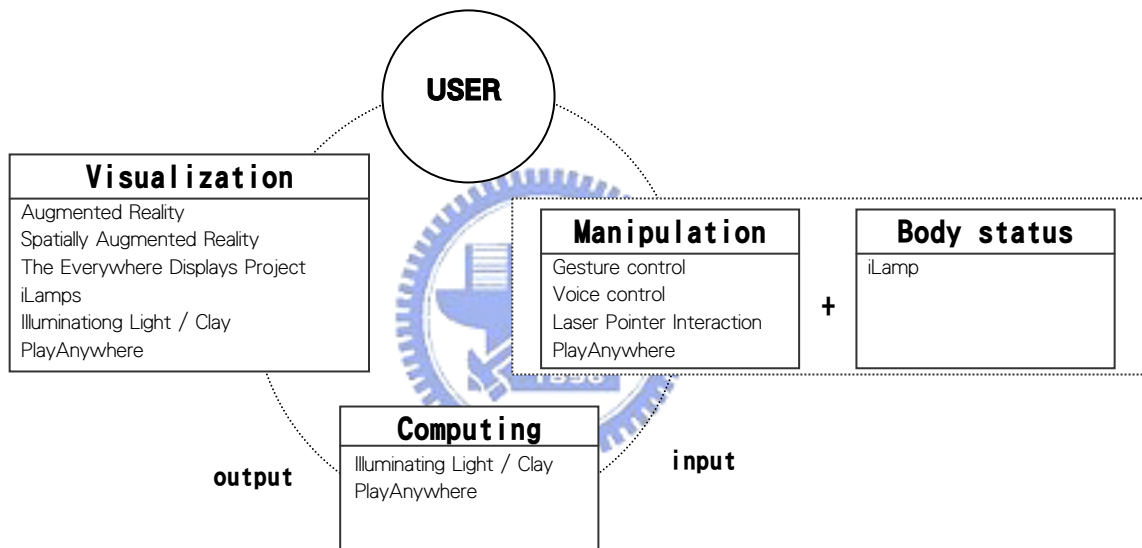


Table. 3. 相關技術研究整理

5

SARDE 系統實作

爲了讓設計初學者能直接體驗與操作**在地體驗式設計輔助系統**，因此透過相關技術研究的找尋了解系統運作及實作可行性，系統名稱爲空間性擴增實境設計環境 *Spatial Augmented Reality Design Environment (SARDE)*。在本章將會先說明系統實作準則(5.1)、提出系統架構(5.2)，並針對硬體系統架構(5.3)、軟體系統架構(5.4)來說明，最後系統實作小結(5.5)。

5.1 系統實作準則

透過先前研究對設計行爲的分析與相關研究尋找最新的技術，本研究希望所能以隨手可得的硬體裝置來重新組合出體驗式輔助系統，透過這樣的實作觀念可以讓更多研究者對於體驗式設計系統進行更多元的研究。因此本研究系統實作上必須滿足以下原則：

- (1) 以基地現場設計行爲分析爲核心，針對其需求發展出合適的設計輔助系統
- (2) 透過重新組合易取得的設備與技術，以滿足設計行爲

5.2 系統架構

藉由前述的基地現場設計行爲分析，構思出實虛結合的設計系統架構，讓虛擬環境透過硬體架構，視覺化呈現於基地現場實質環境，並經由軟體整合硬體設備，以使用者爲中心發展互動設計輔助系統。而系統選擇以廉價易取得的設備爲主，也因而產生了研究上的限制，Figure 24. 說明了系統架構與實虛環境之間的呈現關係，實質的基地環境爲最基本的空間，設計者的想像則覆蓋了完整的基地空間，而本研究試途以虛擬影像呈現設計的想像中關於視覺的部分，而透過投影機來視覺化設計想像中的立面問題，最中心爲使用者以身體尺度來操控 SARDE 系統。

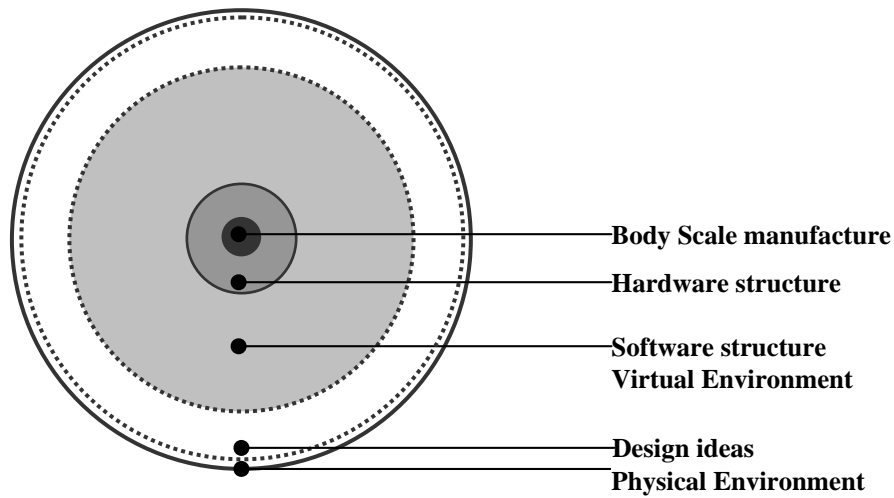


Figure. 24. 以使用者為中心，整合軟硬體架構而產生實虛結合的設計環境系統

5.3 硬體系統架構

由前敘在地體驗式設計輔助系統理論推演所描述的輸入輸出架構，本章節從 1.視覺化系統:以空間性擴增實境進行 1:1 的尺寸、材質與基地結合，讓設計者直接感受到設計呈現 2.感應系統：以 WEBCAM 與藍芽手套進行互動行為的操作 3.運算系統：即使運算身體與手勢所輸入的資訊，提供立即的動態回饋。Figure 25. 即為 SARDE 系統的架構圖，說明了硬體系統之間的關聯性。系統之間必需靠軟體程式緊密結合才能進行互動式設計環境。

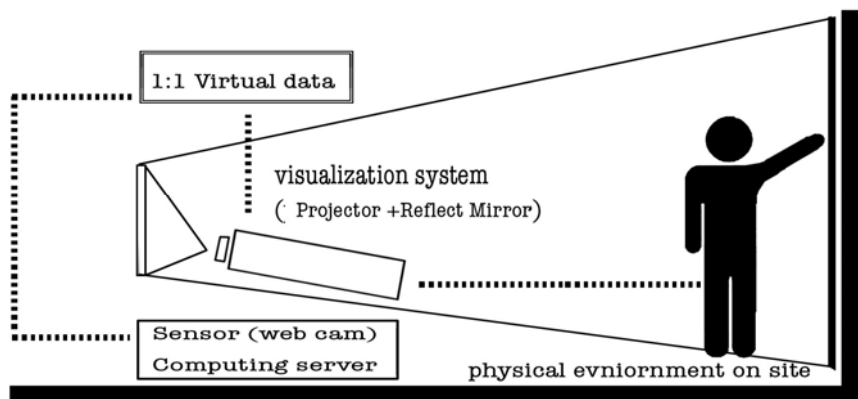


Figure. 25. SARDE (Spatially Augmented Reality Design Environment) 硬體系統架構簡圖.

5.3.1 視覺化系統：

本研究選擇透過投影機作為視覺化系統，經由軟體計算將像素轉換成精準的實體距離，投影出 1:1 的精準虛擬影像到現場實體環境上。此系統目前以針對室內設計問題的設計環境進行發展。

選擇投影機為視覺化系統的 Spatially Augmented Reality 技術在於設計者可以不需配帶複雜的設備而直接與互動環境進行設計行為，而投影機在面對室內設計問題已能解決大部分的立面問題，但投影機本身也有不可避免的研究限制，如產生影子、需要投影面、光線亮度、投影影像變型等問題，但用於處理室內設計中的立面設計已經相當足夠。而在面對室內設計現場環境時，常會遭遇空間過於狹窄與投影角度的限制，因此本研究提出投影機與反射鏡面的組合，藉由三腳架所支撐的反射鏡面可以提供多樣的反射情境，以滿足平立面的設計行為。投影面可分為平面情境與立面情境，軟體程式設計必需各別情況進行數學計算以精準的控制虛擬影像(Figure 26)。



Figure. 26. 透過程式計算，將像素轉換成精確的實體距離

5.3.2 感應系統：

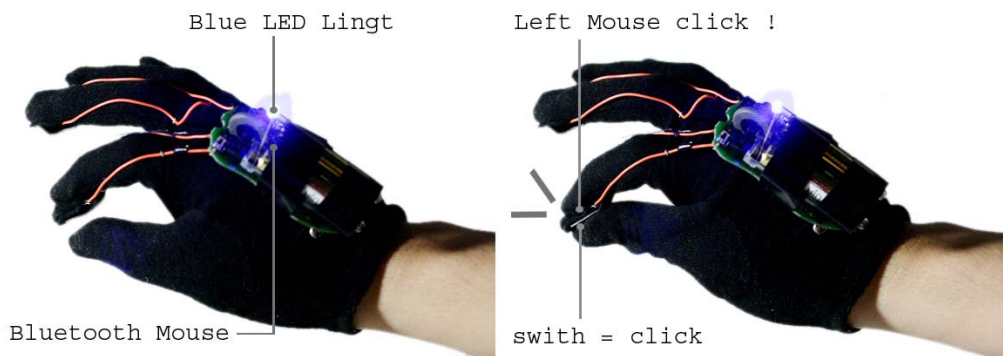


Figure. 27. 手套透過 LED 燈與改裝藍芽滑鼠來連結主機與手部動作.

爲了讓設計者直覺的操作虛擬物件，本研究透過 web cam 來做爲感應器，在光線與顏色控制下的環境底下，透過軟體分析 web cam 拈取手套上的 led 燈的位置與顏色，將可拈取到手套在整個空間中的位置(Figure 27)。本研究針對室內設計立面問題進行探討，因此透過手套進行對虛擬資訊的操作。此部分不採用市面上的空間滑鼠或資訊手套的原因在於感測範圍與移動速度，一般的手套有限制在一定的範圍內才有辦法偵測到手套位置，另外如空間滑鼠則因爲移動速度遠快於滑鼠移動的位移，在 1:1 的狀況下滑鼠在手部的移動距離將無法與虛擬畫面中的距離相配合，因此透過 webcam 則可以調整 webcam 與畫面的距離來整合手部位置與虛擬畫面中的操作。

手勢在空間中的位置是由 web-cam 拈取 LED 燈，而決定要下達指令的動作則是靠捏取的動作，透過拆解滑鼠將其左右鍵延伸至食指與中指的指間微型開關，使用者便能以自然的捏取觸動滑鼠左鍵或右鍵，同時啓動 Flash Actionscript 裡的程式與事件。

5.3.3 運算系統：

運算系統即時處理手勢所提供的位置與啓動的資訊，在本研究針寸尺寸進行既時的回饋，在設計者以手勢操作設計想法時，能既時的看見設計想法精確的尺寸呈現。而運算系統必需緊密的連結軟硬體之間的轉換，才能達到既時的在地體驗設計呈現。



5.4 軟體系統架構

軟體架構可分爲三個主要的部分：1.像素轉換實體距離 2. 分析手部位置運算 3.設計指令，其中設計指令必須針對設計需求而不斷的深入研究，本研究目前先針對最普遍需要用的設計指令進行撰寫。

5.4.1 像素轉換實體距離

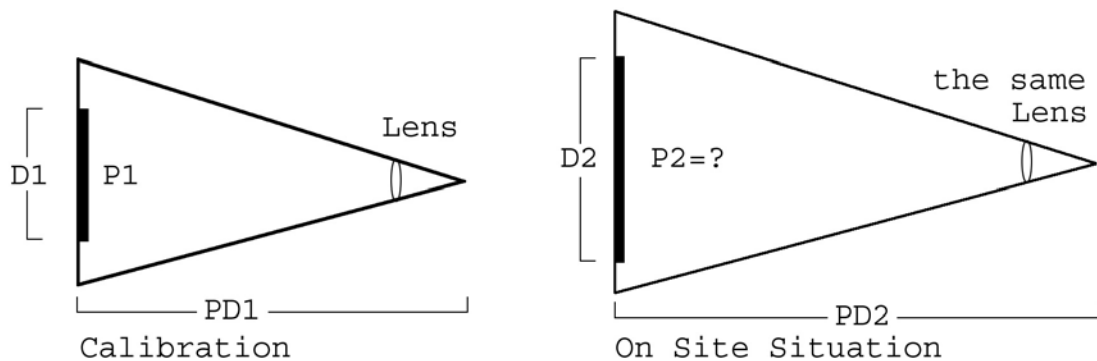


Figure. 28. 透過簡單的數學比例換算便可轉換像素成實體距離.

Figure.28.說明如何檢準投影機與如何將像素轉換成實體距離，左邊圖式為檢準時的狀況，PD1 為投影機鏡頭至投影面的距離，P1 為 webcam 拈取 LED 燈位置某一個像素值，D1 為 P1 像素值的實體長度，右圖為在基地現場時，設計者需要 D2 長度的模擬時，主機需要知道要投出多少的像素 P2。由於投影機的鏡頭是一樣的，所以像素/距離的比例轉換也是相同的。

因此 $P2 = D2 \times (D1/P1) \times (PD2/PD1)$

其中 D2 為設計需求的長度模擬，也就是設計者只要在基地現場輸入 PD2 與他所需要的長度 D2，就可透過這個算式轉換而主機就知道要投射出多少 P2 像素，可以剛好長度為 D2。其中以 800x600 像素的投影機投影出來的誤差約為 1%。透過這個轉換公式便可以將視覺化的草稿都轉換為精準可量測的影像，此時便可快速的在基地現場精準的呈現 1:1 的室內 2D 圖面，如立面或平面圖，讓設計者直接感受到圖面與基地現場結合的狀況。

5.4.2 分析運算



Figure. 29. Flash Actionscript 分析 webcam 拈取的畫面，在控制的環境裡取得 LED 燈的位置。

本研究選擇 Macromedia FLASH actionscript 做為主要的程式語言，因此語言的物件導向提供相當便捷的軟體環境，且在 FLASH 版本 8 所提供的視訊匯入與 BitmapData 的處理，可以自由的即時分析視訊讀入的畫面差異點，而成為控制虛擬影像的感測器。Figure.29 中點陣即為每秒 15 次 Web-cam 拈取的畫面被 actionscript 分析的部分，由於考慮到處理的效能所以每 5 個像素分析一次，當分析到像素的顏色超過某一個數值時，便貼付一個物件(類似滑鼠的指標)於此像素上，之後便直接進行下一個畫面的分析，此狀況為單一 LED 燈分析，因此省略掉已經有貼付之後的分析步驟將會提高許多效能。然而透過畫面分析這樣的技術需要相當仔細控制環境變因，如 Web-cam 的距離、現場光亮度...等，才能提高效能與精準度。

5.4.3 即時互動設計指令



Figure. 30. 設計者面對室內設計立面材質問題進行設計調整操作

前述的兩個步驟是在處理此系統最基本的技術問題，而即時的设计指令程式的撰寫則讓在地體驗式設計輔助系統得以成為互動行為，而直覺的影響設計(Figure 30)，由於空間設計問題十分複雜因此對指令的需要各不同。而本研究先針對立面狀況的材料設計進行討論，搭配設計者用自己的身體做為參考的標準，模擬使用者如何使用他的設計。其他如平面狀況或更深入的立面設計將會作為未來研究。

立面狀況材質設計所需的基本設計指令在本研究先取平移、移動、放大縮小、繪製方框，來讓設計初學者體驗。由此互動方式初探 1:1 空間擴增實境設計環境系統原型，並建立起研究方法，以助於未來研究的深入探討。

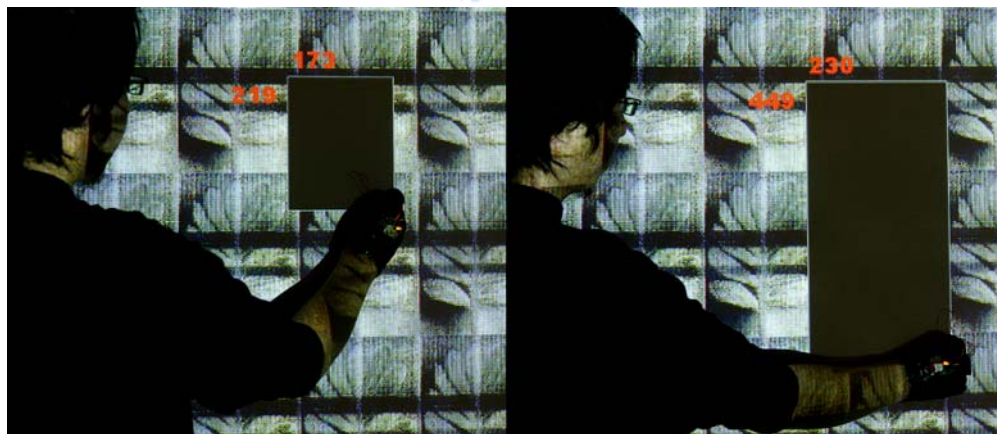


Figure. 31. 立即回饋精確的長寬距離資訊，幫助設計者進行設計決策

其中在繪製方框時，運算系統可以立即的回饋所繪製的方框長寬的精確實體距離(Figure 31)，因此設計者以自身身體操作時便可體驗到精確的尺寸與身體的關係，並決定多少的長度是合適的。

5.5.系統實作小結

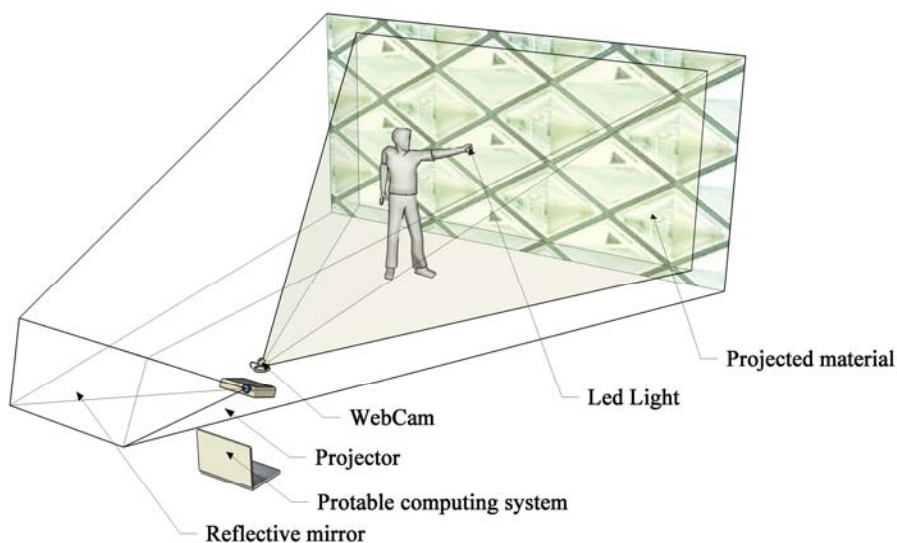


Figure. 32. 1:1 空間擴增實境設計系統原型實作樣

最後完成的 SARDE 系統原型如 Figure.32，其中許多的細節需要依現場狀況來進行調整，如現場光線、WEB CAM 拈取畫面的亮度、WEB CAM 分析的範圍、投影機與反射鏡面的距離...等，這些差異都會影響互動時的手部偵測的精準度。webcam 做為感測系統具有的誤差，光線的控制是要克服 Led 燈在投影畫面的干擾下仍要被 Webcam 辨視，因此必需經過仔細的調整。另如感測範圍的四週部份會因 webcam 本身鏡頭的因素而產生變形誤差，因此在畫面中的手部位置與實際手部位置便會有誤差，而立即的動態回饋長寬距離是分析手部移動的相對距離，因此是相當精準的。本論文重點在針對 SARDE 這樣的在地體驗輔助系統操作時對設計的影響為何，因此在效率與精準度仍有很大的改良空間，以待更新的技術與設備的發展進行更進一步的研究。

6

情境實驗

情境說明解釋了 **1:1 空間擴增實境設計環境**系統的操作情境，了解本系統使用時的狀況，而爲了了解本系統實際操作上是否符合設計者的使用，因此本研究透過二種對室內設計立面狀況的實驗，找尋合適的受測者測試此系統實際使用上的優缺與建議。

6.1 情境說明

T 學生在學習室內設計時，設計課老師出了一個作業題目是入口的主牆設計，T 學生了解了初步的設計需求後，攜帶 SARDE 系統前往室內設計的基地現場，準備進行設計操作，T 學生將系統放置好，再輸入投影機鏡片到投影面的距離，以便讓 SARDE 運算主機能準確的控制投影出來的像素爲多少的公分數，在將草稿 1:1 呈現與基地結合後，T 學生開始在不同的位置、姿勢、與距離觀看設計呈，也注意到了初部的想法似乎有些地方需要被調整，便透過手套的手勢操作，開始調整設計呈現，一步步的將他模糊的設計想法具體化。

6.2 立面狀況實驗目的

爲了了解受測者使用紙筆設計與操作 **1:1 空間擴增實境設計環境**設計行爲的差異，本實驗將室內設計問題簡化爲立面設計的調整行爲，藉由二種不同的工具差異，以比較出不同工具的使用對設計上的影響。實驗後再進行面談，以了解受測者對輔助工具的理解與建議。

6.2.1 實驗設定與步驟

而立面設計具體化的過程中，爲了比較出草圖的空間設計思考與操作 SARDE 時的 1:1 體驗設計呈現的狀況之間的差異，對設計與思考行爲上的影響，因此本實驗透過以下的五個步驟來進行情境實驗。

本實驗五個步驟：

1. 受測者被要求全部使用 2D 圖面的媒材，如平面、立面、剖面，來進行設計。在此階段我們只提供 2D 的基地資訊。
2. 受測者被帶至基地，同時開始操作 SARDE 來調整先前所繪製的 2D 設計草案，受測者可以看到之前的設計想法被 1:1 的呈現出來與基地結合在一起。
3. 本實驗進行到受測者主動要求停止。
4. 在實驗後，我們馬上與受測者面談以立即得到建議。
5. 在實驗後，我們透過分析整理紀錄的影片以整理出最重要與經常出現的設計行為。

6.2.2 實驗受測者

我們選擇了建築設計初學者作為我們的實驗受測者。他們都是學習建築設計二至三學期，沒有使用電腦作為設計媒材的經驗。這時期的初學者有設計決策的經驗但仍沒有對傳統圖面媒材相當熟悉。為了更進一步討論，我們選擇了一位受測者的過程進行詳細的說明。

6.2.3 實驗過程

1. 2D 圖面的階段:

在此階段，受測者被要求設計一個演講廳的接待處。本接待中心必需提供以下的活動：簽到、售票、販售紀念品、商品展示、儲物區與海報張貼處。此時受測者僅獲得 2D 的資訊如 Figure. 33 的照片與平面圖。受測者有 20 至 30 分鐘的時間去完成 2D 圖面草案 (Figure.34)。其中一位受測者的第一階段設計成果呈現在 Figure.34。此受測者完成平面、等角、二張立面。他的主要想法是使用一個 30cm 寬的玻璃連結起整個設計。



Figure. 33. (a)

Figure. 33. (b)

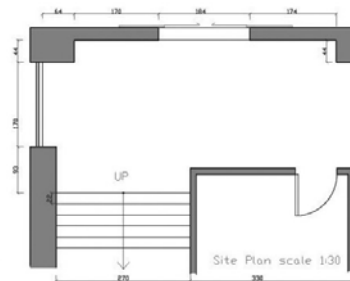


Figure. 33. (c)

Figure. 33. 第一階段的 2D 面圖資訊. (a)(b) 基地照片. (c) 基地平面圖：比例尺:1/30

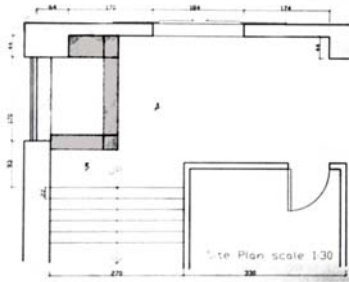


Figure 34. (a)

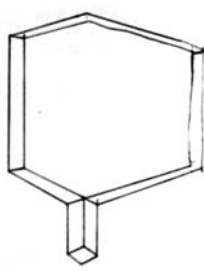


Figure 34. (b)

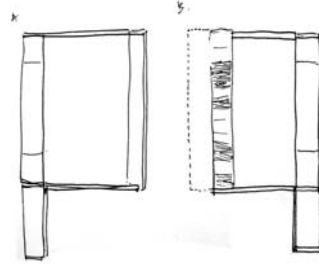


Figure 34. (c)

Figure 34. 第一階段的設計結果 (a) 平面組織 (b) 等角圖 (c) 立面圖



Figure 35. (a)

Figure 35. (b)

Figure 35. (c)

Figure 35. (d)

Figure 35. (e)

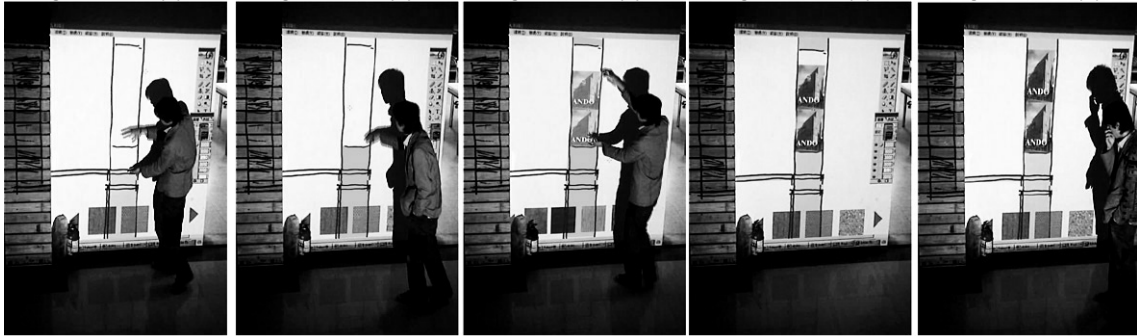


Figure 35. (f)

Figure 35. (g)

Figure 35. (h)

Figure 35. (i)

Figure 35. (j)

Figure 35. 整個實驗過程 (a) 1:1 SARDE (b) 受測者參考投影立面，定義出垂直的表面 (c) 受測者模擬桌面的高度 (d) 受測者模擬在桌面上寫作行為 (e) 受測者選擇淺藍色來代表玻璃材質 (f) 受測者填入顏色 (g) 受測者再調整填入顏色的區域 (h) 受測者決定放置海報的位置 (i) 複製海報 (j) 受測者改變站立的位置想像設計與基地的關聯性

2. SARDE 階段:

受測者被帶到基地現場，同時操作 SARDE 來修改他的設計。當受測者看到 1:1 的呈現他的設計想法時，受測者發現入口的寬度和接待桌的寬度有著密切的關係，如果入口越大則接待桌會小到不方便使用，因此必需找到一個平衡點。他認為 SARDE 所呈現出來的結果讓他更容易模擬使用者視角所看到的東西。接下來受測者模擬寫字的動作來想像

桌面的高度，並且調整了桌面的高度。爲了要標示出玻璃的材質，他選擇了淺藍色來代表玻璃的範圍。最後他將海報放置到特定位置，並複製了第二份在下方的位置。在整個過程中，受測者持續的前進後退來觀看設計與基地結合時的狀況。

其中較爲重要的過程詳細說明如下圖：

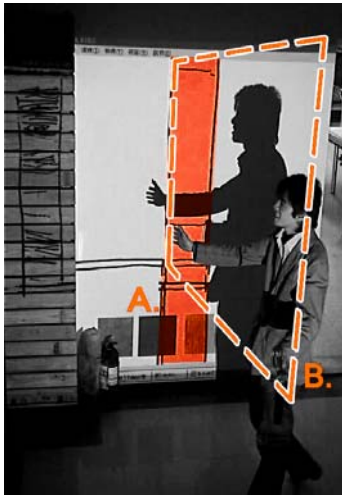


Figure. 35 (b) 參考投影立面，定義出垂直的表面

以 Figure. 35 (b)來說明，受測者參考投影出來的 1:1 立面圖 A. 的高度，不同的高度所發生的使用行爲皆不同，而在其設計想法中要滿足的使用行爲需要一個足夠大與寬做到雙手張開大小的接待桌，因此受測者參考 A 投影呈現，以自己的雙手展開的距離，具體的定義出合適的範圍 B，定義範圍的過程並非一瞬間就決定，而是一邊調整，一邊慢慢的將接待桌的範圍和使用具體化定義出來。



Figure. 35 (c) 在定義出接待桌的範圍後，受測者開始模擬在接待桌上的使用行爲，受測者模擬簽字時的狀況，而認爲原本的接待桌高度(投影立面 A.所呈現的高度)似乎過於低矮，便模擬了不同高度(想像的桌面高度 B.)時彎腰寫字時的狀況。而快速的模擬了數種不同的高度後，就決定了一個最合適的高度做爲接待桌的高度。

Figure. 35 (c) 受測者模擬桌面的高度

6.3 立面材質實驗

6.3.1 立面互動指令實驗目的

爲了更仔細了解手勢與立面材質設計指令上的互動狀況，本實驗針對材質位置、材質比例、大小、排列狀況，進行指令互動操作，以明白此系統操作上是否直覺與是否影響室內設計的立面材質設計。實驗後馬上進行訪談以整理受測者建議。過程以攝影機記錄以便進行設計行爲分析。

6.3.2 立面互動指令實驗設定與步驟

由於立面設計過於複雜而不易觀察手勢互動上的優缺，因此立面互動指令的實驗設定將設計過程單純化，簡化成受測者看到 1:1 的材質後，進行設計指令時的互動與行爲。這樣的調整材質的過程是立面設計行爲中關鍵的思考行爲，以便可以觀察出受測者在這樣的系統下進行單純的具體化材質位置、比例與排列等設計行爲。

本實驗有以下 6 步驟：

1. 受測者被帶基地現場
2. 受測者被要求選擇一個材質
3. 受測者見到材質佈滿整個牆面
4. 要求設計者使用互動指令對材質進行調整
5. 重覆 3.4 步驟直到受測者主動停止
6. 在實驗後，我們馬上與受測者面談以立即得到建議。



6.3.3 立面材質實驗受測者

我們選擇了五個建築設計初學者作爲我們的實驗受測者。他們都是學習過建築設計，並選修蘇喻哲老師所指導的設計課程，此設計課程重點在發展明確的細部大樣設計，考慮實際問題，並進一步探討使用者與材料、環境的關連性。因此他們對本論文的研究也感到極有興趣，因爲他們先前都只能靠自己的想像來思考設計，而透過本系統，他們可以直接的看到 1:1 的材料模擬，並直接進行設計操作調整。

6.3.4 實驗過程

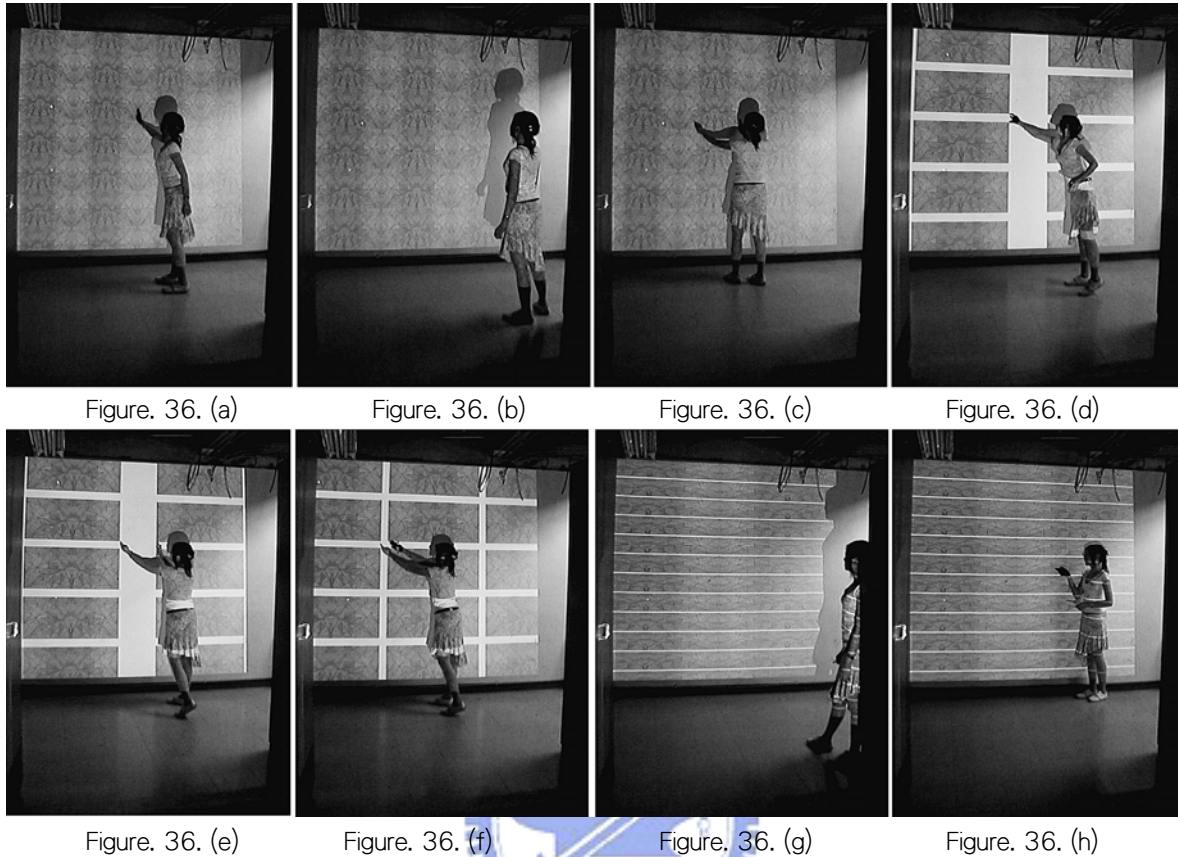


Figure 36.(a)用手去控制眼睛週圍的圖像 Figure 36.(b)改變位置觀看結果 Figure 36.(c)用雙手將圖案分開 Figure 36.(d)用手指之間的距離來表示希望的寬度 Figure 36.(e)用雙手修改圖案距離 Figure 36.(f)用雙手修改圖案距離 Figure 36.(g) 改變位置觀看設計呈現 Figure 36.(h) 發現從牆邊看走廊的效果很符合她所想像的空間感

受測者被要求替走道重新設計一通透的立面材質以讓工作室與戶外有較好的關連，受測者先觀看基地後，選擇一個合適的材質檔案，SARDE 便初步的模擬整個牆壁佈滿材質的狀況。受測者在看到模擬之後便可決定要靠近或在遠處觀看或調整。設計者靠近投影面開始用手在臉部週圍尋找一個定位點(Figure 36 (a))，之後便開始調整材質位置。控制材質之間的分隔，透過雙手之間的距離與身體近離的感知(Figure 36(e))，決定了間距的大小(Figure 36 (f))。過程中不斷變換不同位置觀看模擬的效果(g)，發現近距離往走道的方向觀看很接近受測者所想要的(Figure 36 (h))。

詳細的操作行為如下圖所說明：

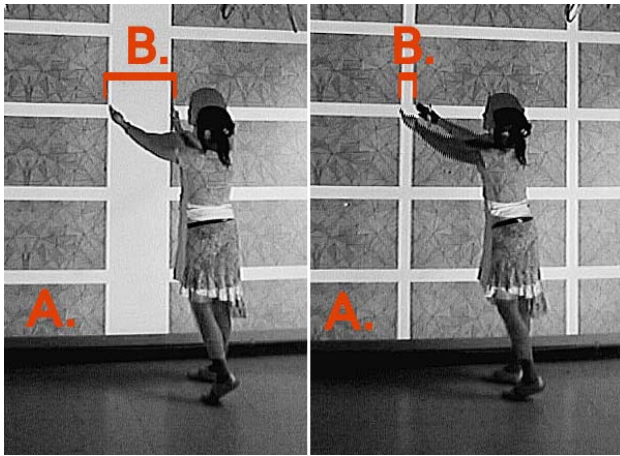


Figure. 36. (e)

Figure. 36. (f)

受測者在安排材質的間距時，以雙手的距離 B 來決定投影面 A.的材質排列間距，過程中嘗試各種不同的距離感，並且以不同的距離觀看，再調整，直到距離 B. 的在遠處觀看的空間感與近處身體的關係合適時，才停止修正。

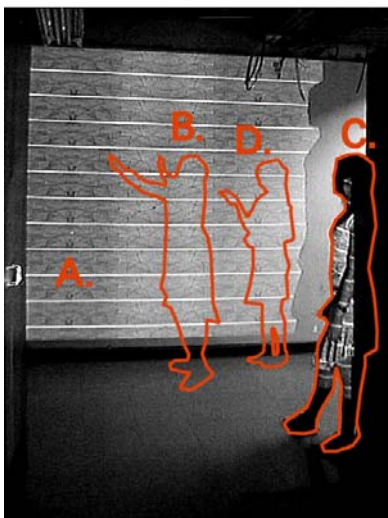


Figure. 36. (e)(g)(h)可看出受測者在操作過程中不變的變換觀看位置與姿勢，以不同的距離角度觀看投影面 A.，其中 B. 的位置為靠近投影面時以雙手進行操作時的距離(離投影面約一步的距離)，C. 為較遠距時觀看，經常發生在每次改變投影內容後，就退到 C 的距離觀看(離投影面約二至三步的距離)，D. 點的位置角度則是受測者將觀看重點著重在整個基地的狀況，因此受測者並非面向投影面，而是面向整個基地(Figure 36(h))，以眼角餘光觀看投影面 A 與整個基地結合時的狀況。

Figure. 36. (e)(g)(h) 設計過程中受測者不斷改變位置觀看設計呈現

6.4. 實驗成果

6.4.1 受測者實驗觀察

在實驗一，我們觀察到 SARDE 系統讓受測者比較容易在模擬使用行為時發現尺寸不合的問題，他注意到入口與接待桌的關係將會讓使用者感到壓迫，與從樓梯下來時視角所看見的方向。而基地現場所具備的資訊更為充足，在設計想法的找尋上也更容易發揮。但設計問題的找尋能力也被突顯出來，受測者在面對 1:1 的呈現與基地結合的狀況下，仍有少數問題沒有被發現調整，以受測者 1 為例，他沒發現背後的鐵捲門會有被開啓使

用的可能，因此他的設計決定便沒有試圖決解這個問題。這一個狀況讓我們重新思考設計工具是否主動提供基地上設計問題的必要性。這些關係或問題的發現雖然對於有經驗的設計者是很容易想像到的問題，但初學者透過自己身體經驗所發現到的問題將會更為深刻，並且養成自主性的尋找問題更是空間設計訓練的重點之一。

6.4.2 設計行為模式

本研究整理出在操作 SARDE 進行設計的過程而得到以下的成果：基地現場設計行為循環(如 Figure 37). 其中有三個重要的步驟在整個設計行為中不斷的發生。

1. 觀看初步呈現的模擬。
2. 操作，受測者透過手勢與聲音來控制虛擬物件。
3. 身體尺度的參考, 受測者參考虛擬影像，使用自身的身體來模擬使用者如何使用他的設計想法。
4. 回到步驟 1，以不同的距離、角度、高度重新觀看設計，並檢視目前的設計呈現是否滿足他的想像。

在操作 SARDE 時，設計行為牽涉了更多關於尺度與身體的因素。而每個不同的設計目的會發展出不同的設計行為，但一般而言他們會有的相似的設計行為循環，如 Figure 37 所呈現。Schon 所提出的看-動-看模型. (Schon and Wiggins, 1992)，在 SARDE 這樣的設計輔助系統則在”看”狀況分別強調了位置的變化與身體參考上的差異，而細節上的口語分析則仍需在未來研究中深入探討。

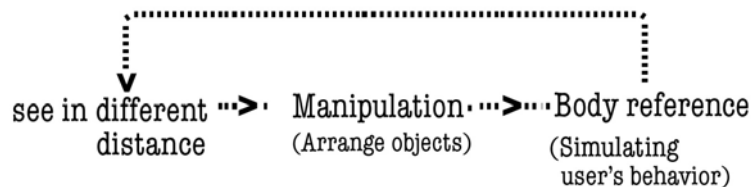


Figure. 37. 1:1 空間擴增實境設計行為循環

6.4.3 受測者建議

	受測者 1	受測者 2	受測者 3	受測者 4	受測者 5
對設計的決定更有自信	●	●	●	●	
看到更多的設計問題	●	●		●	
搭配遠距離的操作	●	●	●	●	●
希望手勢有更多設計指令	●	●			
動態的資訊回饋				●	●
覺得靠近觀看投影面比遠處看較好	●		●		●
覺得投影解析度要更好	●		●	●	
需要更多的勞力與時間		●	●		

Table. 4. 節錄受測者重要的建議。分為投影內容建議、系統介面上建議、其他建議。

關於投影內容上的建議，投影的解析度部分受測者認為儘量擬真比較好，部分認為提供必要的資訊便已足夠。不少受測者建議能搭配部分透視感，比如開窗後可以感知到窗後的空間，此時便更接近設計的想像。如果投影影像在互動過程增加動態的資訊回饋，如即時的長度顯示、即時的光影變化、互動的燈光模擬。其中一個受測者指出當虛擬影像具備實體特性(可量測的特性)時，虛擬的影像變的更為真實。

而在操作介面上的建議，受測者均同意使用手來直接操作虛擬影像，但部分認為過高的部分與較遠的地方透過光筆的搭配可以較省力和可以操控到比身體還高的高度。部分受測者認為這樣的設計過程比起素描消耗了更多的體力，而且他們擔心更大尺度的設計案將會使設計者感到懶墮。有一位受測者建議替換指令時可以透過實體物件，比如勾配、水平儀、細框...等傳統常用的繪圖工具，來進行搭配操作。

另外有二位受測者覺得精準的圖面操作完成後甚至可以與施工圖結合，讓設計流程更為順暢。有一位受測者提到瀏覽資料選取時，可以與外部資料庫做連結，讓設計所需的資源是不斷更新的。

6.4.4 實驗成果小結

在分析受測者建議時，發現了此設計輔助系統在發展定位上的矛盾--關於思考想像與實體勞累的矛盾。對於最有想像力與經驗的設計者而言，他可以完成大部分的設計決定而只需要透過簡單的素描就能清楚的表達設計想法，此時身體的勞累便是多餘的。因此筆者提出體驗式設計輔助系統這樣的概念，便是為了將設計輔助系統定位於讓初學者體驗設計補助工具的意義與角色，而不是要發展出取代傳統紙筆表達設計的設計輔助系統。透過自己的身體做為參考尺度，在基地現場直接進行設計想法的決策，也更能體會設計所要呈現的空間感。




7

討論與結論

設計者透過學習利用工具將模糊的空間概念具體化呈現出來，進而與他人或自己溝通，而在**在地體驗式設計輔助系統**的發展讓設計初學者能直接在基地現場感受基地豐富資訊，直接**體驗**到設計想像與基地結合的狀況，並且以自身的身體動作與視覺化的設計呈現進行操作。透過**在地體驗式設計輔助系統**的發展，設計初學者得以直接體驗到設計者與設計工具和基地之間的關聯性，開始以自身的身體行為來思考設計問題，**自發性**的發現設計問題並進而修改成更成熟的设计。

7.1 研究重要性與回饋



在地體驗式設計輔助系統讓設計者在基地現場可以直接對視覺化的設計想像進行操作，背後的價值觀是為了讓大多數的外行人與設計初學者能親身體會空間設計者所思考的事情，這是一個長久以來且與日常生活習習相關的行為，只因為不直覺的呈現與討論方式，而讓許多人卻步不敢去透過空間語言表達自己所需求。透過**在地體驗式設計輔助系統**的發展讓設計初學者能簡化學習繪圖工具的負擔而能直接體驗設計成果，並且能讓初學者**自發性**的發現設計問題，本研究相信設計者能主動尋找設計問題便是空間設計中最重要行為。在與受測者進行討論時所獲得的建議成為本研究最重要的回饋，不同的設計者有著不同的思考空間方式與設計想像，對於本研究的發展都是相當重要的刺激。

7.2 研究限制

設計者的想像是無限多的可能性，而在有限的時間與技術資源內也不可能將設計者的想像完整呈現出了，因此在本研究只能先就視覺部分進行特定設計需求的尺寸呈現進行討論，並且**在地體驗式設計輔助系統**的發展並不是為了要取代傳統紙筆為目的，而是要提供不同的輔助方式讓設計初學者能了解設計輔助工具與設計想和基地之間的

關聯性。SARDE 選擇使用投影機來做為視覺化系統時，此部分仍然有許多限制，如設計者自身容易遮蔽投影影像，此部分為了滿足基地現場的情況而無法使用背投影的方式，但使用空間擴增實境(SAR)相對 CAvE 虛擬實境的好處便是在設計者能自由移動變換位置，在空間中的不同角度來思考設計，因此此部分的限制便沒有過於嚴重。再如投影機的解析度不足與成像亮度、環境控制所造成影響材質的模擬，相信將來不斷會有更好的設備被提出。

7.3 未來研究

如前述在地體驗式設計輔助系統的輸入輸出架構，四個部分：視覺化、操作輸入、位置輸入、與運算，都有可能以不同的角度切入來發展研究。然而初學者對於尋找問題的能力仍然是在地體驗式設計系統的核心重點之一，比如實驗並沒有時間限制但某些受測者並不知道設計問題再哪而選擇停止修改，或許動態的回饋將可以提供更主動的資訊來幫助設計者思考問題。因此運算系統的部分如果增加更多的主動資訊如專家系統提供更多相關連的空間知識，或基地感知(context aware)的方式給與設計者到不同基地能得到不同面向的資訊或限制進行設計決策。

就視覺化的部分而言，從受測者的建議得到了許多的可能性，如投影內容除了精準的 2D 圖面外，也可以配合局部的透視，比如在牆面開了一個窗，而設計者可以直接看到窗後面的透視感，這樣對設計者的想像有更直接的幫助。甚至未來若有更多元的輸出方式，如觸覺或味覺或聽覺的設計問題也相當值得被討論。

輸入可從操作與身體位置二個角度來說明，對於手勢的研究也是一個值得討論的方向，在本研究中是將手勢捏取的動作轉化的滑鼠的左右鍵，再透過畫面中的工具列來進行設計指令的操作，這樣的方式比較接近目前普遍使用的滑鼠使用，因此使用者能在極短的時間內熟悉操作方式，但也可能從複雜而直覺的手勢辨識這樣的角度來切入，讓設計者有如使用快速鍵輸入的方法進行 1:1 的圖面操作，而這樣的方式則對使用者需要有一段的時間，筆者認為這方向仍有很多可能性值得研究。

除了基地現場設計行為以外，或許有更多的體驗式輔助設計值得去發展，筆者相信不同的空間設計哲學可導引設計初學者以不同的方式體驗空間活動，因而能以更多元的方式思考設計問題。

參考文獻

- Baecker, R. M., J. Grudin, W. A. S. Buxton, and S. Greenberg, 1995, "A historical and intellectual perspective": Human-computer interaction: toward the year 2000, pp. 35 - 47
- Bailey, R., 2003, "The Student, The Master and The Computer": Digital Design, Proceedings of the 21th Conference on Education in Computer Aided Architectural Design in Europe (eCAADe), pp. 627-630.
- Bailey, R., 2005, "Digital Tools for Design Learning": Digital Design: The Quest for New Paradigms, Proceedings of the 23th Conference on Education in Computer Aided Architectural Design in Europe (eCAADe), pp. 131-138.
- Balcisoy, S., M. Kallmann, P. Fua, and D. Thalmann, 2000, "A framework for rapid evaluation of prototypes with augmented reality": Virtual Reality Software and Technology, Proceedings of the ACM symposium on Virtual reality software and technology, pp. 61 - 66
- Benyon, D., P. Turner, and S. Turner, 2005, "Designing Interactive Systems", Wesley New York, 789 p.
- Carroll, J. M., 2002, "Human-Computer Interaction in the New Millennium", Addison-Wesley, 703 p.
- Chan, C., L. Hill, and C. Cruz-Neira, 1999, "Is it Possible to Design in Full Scale? A CAD Tool in a Synthetic Environment": CAADRIA '99, pp. 43-52.
- Chen, C. T., and T. W. Chang, 2006, "1:1 Spatially Augmented Reality Design Environment": Innovations in Design & Decision Support Systems in Architecture and Urban Planning, p. 487-499.
- Chen, C. T., 2006, "DESIGN ON SITE: Portable, Measurable, Adjustable Design Media." CAADRIA 2006, pp. 565-567.
- Do, Y. L., 2002, "Digital Sandbox", integrating landform making and analysis for landscape design: Artificial Intelligence in Design, AID '02, pp. 165-188.
- Gross, M. D., and A. Kemp, 2001, "Gesture Modelling: Using Video to Capture Freehand Modeling Commands": CAAD Futures, 'CAAD Futures 2001', pp. 271-284.
- Ishii, H., and B. Ullmer, 1997, "Tangible bits: towards seamless interfaces between people, bits and atoms": Conference on Human Factors in Computing Systems, Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems pp. 234 - 241.
- Le-Corbusier, 1948, "The Modulor", birkhäuser, 580 p.
- Logie, R. H., 2001, "Working Memory: A Mental Space for Design and Discovery", in J. S. Gero, B. Tversky, and T. Purcell, eds., Visual and Spatial Reasoning in Design, II - Key Centre of Design Computing and Cognition: Australia.
- Low, K.-L., G. Welch, A. Lastra, and H. Fuchs, 2001, "Life-sized projector-based dioramas": Virtual Reality Software and Technology, pp. 93 - 101
- Lu, K. T., 2004, "Navigating 3D Information Space with 6 Degree of Freedom Devices": CAADRIA 2004, pp. 777-786.
- Lynch, K., and G. Hack, 1984, "Site Planning", MIT press., 450 p.
- Marble, S., 1998, "Architecture and Body", Rizzoli, 288 p.
- Mitchell, W., 1995, "City of Bits: space, place, and the Infobahn", The MIT Press, 225 p.
- Norberg-Schulz, C., 1979, "Genius loci: towards a phenomenology of architecture", Rizzoli.
- Olsen, D., and T. Nielsen, 2001, "Laser Pointer Interaction": CHI, pp. 17-22.
- Palumbo, M. L., 2000, "New Wombs: Electronic Bodies and Architectural Disorders", birkhäuser, 96 p.

- Piekarski, W., and B. H. Thomas, 2002, "The Tinmith system: demonstrating new techniques for mobile augmented reality modelling": ACM International Conference Proceeding Series, Proceedings of the Third Australasian conference on User interfaces, pp. 61 - 70
- Pinhanez, C., 2001, "The Everywhere Displays Projector: A Device to Create Ubiquitous Graphical Interfaces": Proceedings of Ubiquitous Computing (UbiComp), pp. 315-331.
- Piper, B., C. Ratti, and H. Ishii, 2002, "Illuminating Clay: 1 3D Tangible Interface for Landscape Analysis": Human Factors in Computer Human Interaction (CHI2002), pp. 355-362.
- Raskar, R., J. v. Baar, P. Beardsley, T. Willwacher, S. Rao, and C. Forlines, 2003, "iLamps: geometrically aware and self-configuring projectors": ACM Transactions on Graphics (TOG), pp. 809 - 818
- Raskar, R., and K.-L. Low, 2001, "Interacting with spatially augmented reality": Computer graphics, virtual reality, visualisation and interaction in Africa, p. 101-108
- Rush, M., 1999, "New media in late 20th-century art", Thames & Hudson 224 p.
- Schnabel, M. A., and T. Kvan, 2001, "Design Communication in Immersive Virtual Environments": An initial exploration in Penttila: Proceedings of the 19th Conference on Education in Computer Aided Architectural Design in Europe (eCAADe), pp. 472-478.
- Schon, D. A., and G. Wiggins, 1992, "Kinds of seeing and their structures in designing": Design Studies, v. 13, pp. 135-156.
- Shaw, J., 1991, "The Legible City."
- Smith, D. C., C. Irby, R. Kimball, B. Berplank, and E. Harslem, 1990, "Designing the Star user interface": Human-computer interaction, pp. 237 - 259.
- Stanney, K. M., and M. Zyda, 2002, "Virtual environments in the 21st century : Handbook of virtual environments": Design, implementation, and applications, 1232 p.
- Stöckli, T., 1992, "The Measurable and the Unmeasurable or - From Form to Design to Existence": Proceedings of the 4rd European Full-Scale Modelling Conference, pp. 55-62.
- Stelarc., 1996, "Ping Body", <http://www.stelarc.va.com.au/>
- Sukaviriya, N., R. Kjeldsen, C. Pinhanez, L. Tang, A. Levas, G. Pingali, and M. Podlaseck, 2004, "A portable system for anywhere interactions": Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '04 extended abstracts on Human factors in computing systems, pp. 789 - 790.
- Tamke, M., 2005, "Crossing The Media": CAADRIA '05 pp. 364-374
- Tovey, M., and S. Porter, 2003, "Sketching, Concept Development and Automotive Design Design Studies" v. 24(2), pp. 135-153.
- Tsai, R. W., and T. W. Chang, 2005, "Land forming while you are on site": CAADRIA '05, pp. 387-397.
- Vitruvius, M.-P., 1914, "Ten Books on Architecture" : Translated by Morris Hicky Morgan, Harvard University Press, U.S.A. 331 p.
- Voida, S., M. Podlaseck, R. Kjeldsen, and C. Pinhanez, 2005, "A study on the manipulation of 2D objects in a projector-camera-based augmented reality environment": Human Factors in Computing Systems, pp. 611 - 620
- Wieser, M., 1991, "The computer for the 21st century.": Scientific American 9, v. vol 265, pp. 94-104.
- Wilson, A. D., 2005, "Playanywhere: a compact interactive tabletop projection-vision system": UIST '05: Proceedings of the 18th annual ACM symposium on User interface software and technology, pp. 83-92.

附錄

實驗內容

設計題目：走廊牆面設計

工作室的走廊狹小、光線不足，試設計出一種新的質感或材料或開孔，來佈滿整個牆面，而讓光線或活動能被走廊上的人感知到。

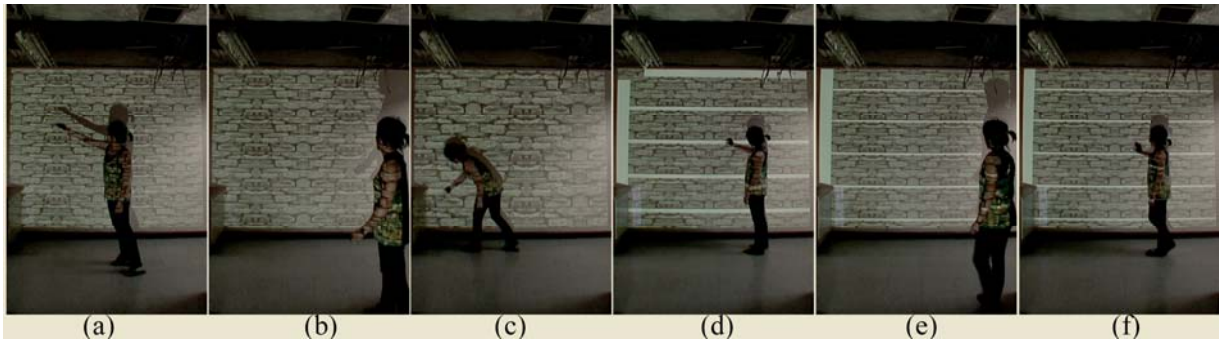
受測者被要求提供一個圖像或材質，該圖像將會被佈滿整個走廊牆面，受測者再進行身體動作來修改設計。

基本問題

- 1.投成 1:1 與圖片比例的關係？
- 2.去操作圖面時有什麼感覺？
- 3.圖案式的複製好用嗎？
- 4.遠近何者舒適？
- 5.手的控制這樣的介面好嗎？
- 6.聲控指令方便還是選取？
- 7.如果能自由的修改，你想要怎麼去修改
- 8.投影下的環境/亮度會有干擾嗎？顏色？



Participant 1



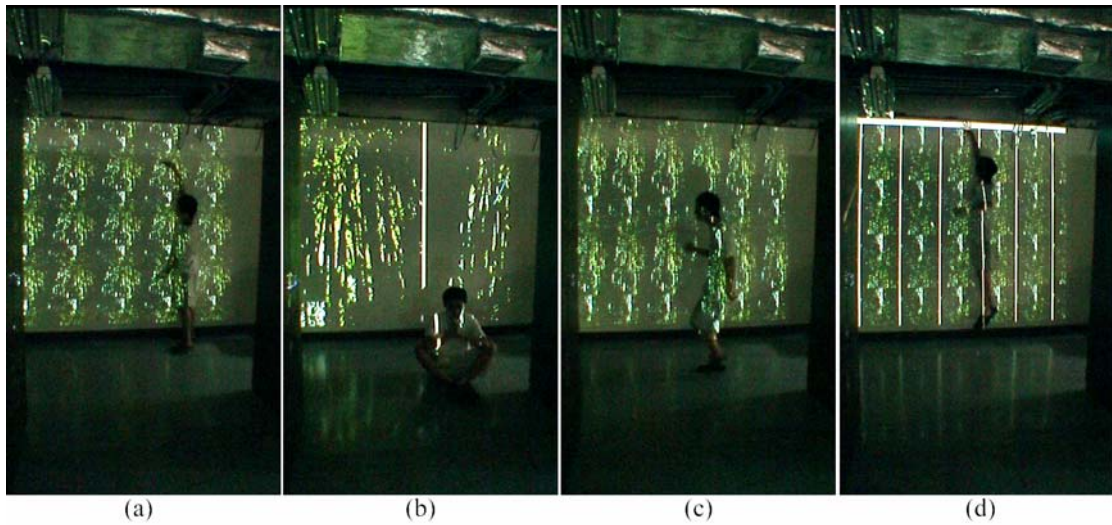
- (a) 受測者用手控制眼部位置的高度
- (b) 受測者改變位置觀看結果
- (c) 受測者要求膝蓋高度開始有材質貼附
- (d) 增加水平縫隙，以手指間距離來表示希望的寬度
- (e) 受測者改變位置觀看結果
- (f) 調整整體高度



Participant 1

1. 就單一平面的想像還可以，但光線或更直實、透過牆面、光影仍需想像。
 2. 如不能操作，仍需要靠想像。才能進行設計行為。
 3. 與想像中的光線(早上或晚上)會與設計行為有關，若能反應時間，就真實度的加分。
 4. Pattern 的關係可先決定幾種排列關係的可能。
 5. 手無法比到高於人尺度的細節，增加體力消費。用光筆反而自由。
- 或許二種操作都有。

Participant 2



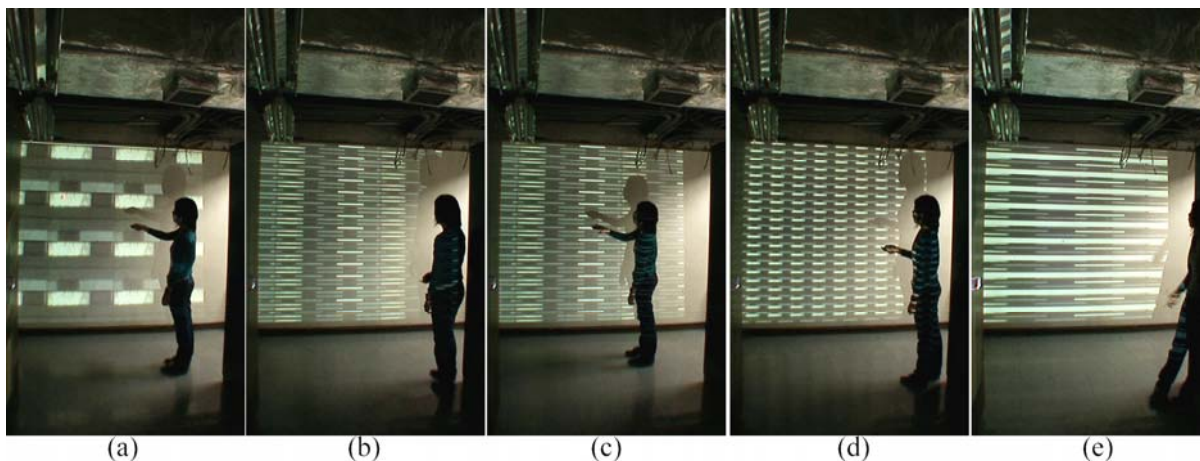
- (a) 受測者用雙手拉大圖像
- (b) 受測者蹲下來想像
- (c) 受測者模擬行走於此空間的感受
- (d) 受測者想拉高整個影像，而用跳躍的方式來調整



Participant 2

- 1.投成更接近真實，在遠看的狀況...貼著牆面
- 2.遠看舒服像想像，近看比例失真了
- 3.在一定距離用身體來調整。
- 4.因 pattern 不同而需要操作需求。
- 5.patrem 重疊，手控排列。
- 6.空間層次，layer 類 photoshop。
- 7.手去操作比較確實，

Participant 3



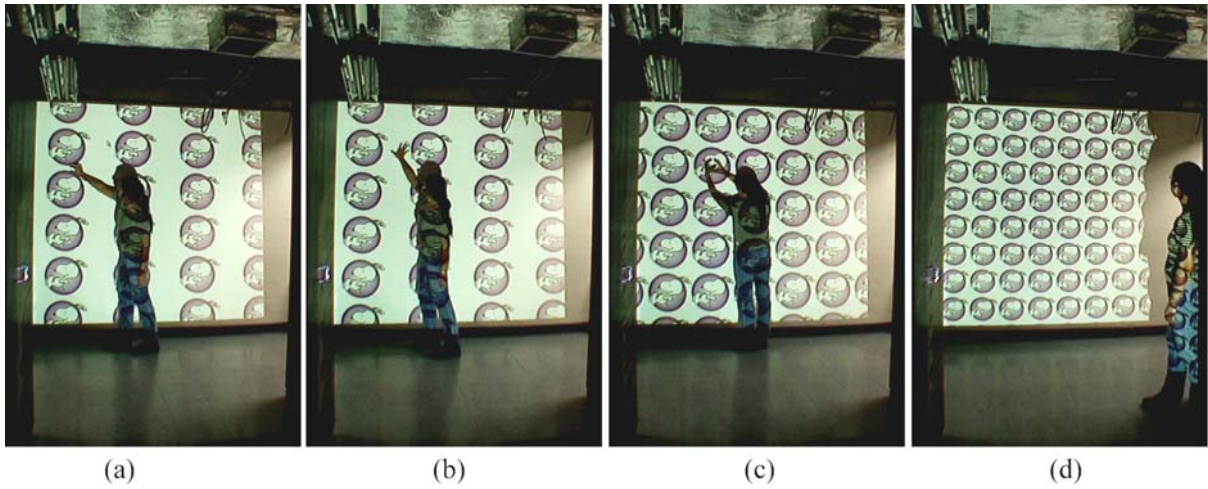
- (a) 受測者用手拉大圖像
- (b) 受測者改變位置觀看
- (c) 受測者靠近投影面，以手部動作調整材質密度
- (d) 受測者想拉高整個影像，而用跳躍的方式來調整



Participant 3

1. 雙手比長寬比率，單手點位置
2. 加配色類似 photoshop
3. 最好可任意改材料
4. 先設定單元、排列、顏色。量化後的調整可回頭改。
5. 反應比較立即。
6. 點選指令比較明確，熟悉的。
7. 肢體動作比較好，比說明精確尺寸的好。有尺標。
8. 搭配透視的感覺。
9. 近看反而像色塊，遠看容易想像。
10. 搞不好，輸出成 cad。但太複雜的方式不好。
11. 需要旋轉的指令

Participant 4



- (a) 用單手控制位置
- (b) 用手掌量測合適的寬度
- (c) 用雙手模擬圖案的大小
- (d) 在不同的位置觀看



Participant 5

1. 在遠處看比較合適
2. 用手控制比較直覺
3. 投影的亮度使得顏色不準確了
4. 想要將圖案的圓圈拿掉，因為單一看和整體看感覺差很多，整體時圓圈太強烈了