

國立交通大學

建築研究所

碩士論文

應用多重串聯顯示擴增實體空間的設計準則初探

Notes on designing multi-display spaces

研究生：江碩濤

指導教授：簡聖芬 教授

中華民國九十七年七月

應用多重串聯顯示擴增實體空間的設計準則初探
Notes on designing multi-display spaces

研究生：江碩濤

Student : Shuo-tao Chiang

指導教授：簡聖芬

Advisor : Sheng-fen Chien

國立交通大學
建築研究所
碩士論文

A Thesis

Submitted to Department of Graduate Institute of Architecture

College of Humanities and Social Sciences

National Chiao Tung University

in partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master

in

Science of Architecture

July 2008

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十七年七月

摘要

本研究嘗試將一項新的科技—多重串聯顯示環境(Multi-Display Environments)—與空間做結合。並且透過研究的過程，探論設計未來空間的新可能。研究內容著重於兩大問題。第一，當透過影像來呈現空間時，體驗空間感的元素有哪些？第二，在運用多重顯示串聯環境的技術來表現空間時，該如何安排多個顯示器，方能將影像內容本身的空間性表現出來？本研究的目標，在整理出應用多重顯示串聯環境的設計準則，使其能夠成為未來表現空間的新媒介，讓設計師對此新媒材能有效運用，表現出空間的擴增效果。

相關文獻的搜集包含，空間認知的科學理論基礎，多重串聯顯示環境的技術特性，以及空間設計者應用數位媒材的現況。研究方法以實驗為主，採用兩組實驗，探討上述兩大問題。實驗一，收集三位空間設計專業者解讀空間的口語資料，透過口語分析斷句與編碼，歸納空間感的產生與空間線索的關係。實驗二，邀請二十四位非設計專業者評估多重串聯顯示環境的空間組合效果。

綜合實驗分析的結果，本研究提出多重串聯顯示環境應用於空間設計的設計準則。設計師使用多重串聯顯示環境創造空間的首要步驟重點，為掌握「場景」；所選用的場景，必須是主題明確，或是空間元素的分佈均勻。選定場景後，設計師則可根據其場景內容的元素分佈、空間呈現，進行分析，以挑選出空間重點來安排多重串聯顯示窗；依場景透視消點與邊界範圍，將該選擇場景的空間特性表現出來。最後，設計師可根據顯示窗內容前後基礎，透過遠近距離比例上的安排，思考如何強化場景本身的立體性質，以獲得各種不同的效果。

本研究僅以單一觀察者的立場，探討垂直於觀察者視線的多個平行的多重串聯顯示窗所呈現的空間感，是本研究主要限制。此外，本研究歸納之設計準則，其適用性仍有待設計師實際應用後，方能具體評估。最後，本研究的成果，希望對空間設計者於思考未來的空間形式上，給予更多元的機會與可能。

ABSTRACT

This research attempts to integrate a new technology—Multi-Display Environment (MDE)—into the design and creation of new architectural spaces—multi-display spaces. There two research questions. What are key elements that enable a person to experience spatial feelings from a static picture? And, how to arrange MDE display screens in architectural spaces to augment the spatial contents shown in the screens? The research objective is to formulate a set of design guidelines that advise designers on the effective use of the MDE technology, so that the technology may become a new design medium and enables designers to show amplification effects of spaces.

The research surveys literatures of theories of human spatial cognition, multi-display technologies, and digital design media for designers and architects. Two empirical studies are conducted to explore the two research questions. Based on the results of empirical studies, the multi-display design guidelines are formulated as the following.

1. Scene Selection: The scene to be presented in the display screens should have a clear theme, or elements in the scene should be evenly distributed.
2. Screen Allocation: The multi-display screens should be placed according to the scene elements. Screens should be located in relation to each other so that hints for perspective and borders of elements are visible.
3. Screen Arrangement: The designer may rearrange multi-display screens by adjusting the distance between the viewer and the screens to manipulate the perceived spatial effects.

The multi-display design guidelines require further validations through practical applications. Nevertheless, the research provides a new design medium for designers to think about the future of architectural spaces with more opportunities and possibilities.

謝誌

在交大的兩年研究生涯，自我本身的提升，成為在這個階段獲益最多的部份。首先，感謝我的指導老師 簡聖芬老師，於每個禮拜中，得特別的早起來與我討論；並且於論文後期的編修上，逐字詳細的修改，在訓練我寫作上的鋪成，幫助不小。由於老師的耐心，雖然在過程中曾經一度對自己能力產生質疑，但因為老師的鼓勵與督促，使自己能夠再繼續前進，直到完成。經由這一次研究的訓練，對於如何有系統的呈現出一件事情，並且滿足合理的邏輯和對應的原則；相信在這個部份的進步，是自己能夠清楚的感受的到的。

第二為我的家人，感謝我的父母，讓我在求學方向上的選擇，給予相當的自由與支持。那份永遠的肯定以及對我的驕傲，使得我在建築的求學路上，總是能安心的繼續往下走。在這份論文的寫作過程，也感謝兩老在夜深時與我一同挑燈討論的那段辛勞。我很滿足的能有兩位愛我的家人，希望能將完成這個階段的榮耀，與你們倆一同的分享。

最後，感謝這兩年來的好友。不論是參與了這份研究的你們，或是幫助我情緒調整的你，謝謝你們和我一起走過這個人生階段。我也希望往後的每個部份，你們也能夠與我一同走過。

我認為，研究所的訓練，能夠強迫自己開始去思考未來下一個方向的訂定。我很興奮的跟自己說，我進入了這樣的一個領域，並且將它完成。在這個部份，最後感謝我自己辛苦的身體，在這個過程中，非常的相挺讓我能夠熬過最後的關鍵時期。在進入下個人生的階段以前，給自己一個健康的生活，將是我下一個期待的目標。

目錄

目錄	I
圖目錄.....	III
表目錄.....	IV
表目錄.....	IV
第一章：序論.....	1
1.1.研究背景	1
1.2.研究問題與目標	2
1.3.研究方法	4
1.4.論文架構	5
第二章：文獻探討.....	7
2.1.空間感.....	7
2.2.空間設計	11
2.3.多重串聯顯示環境.....	13
第三章：影像空間認知實驗.....	15
3.1.實驗設計	15
3.2.實驗分析與討論	16
3.3.結論	22
第四章：空間認知評估實驗.....	23
4.1.實驗設計	23
4.2.實驗準備	23
4.3.實驗分析	30
4.4.結論	37
第五章：設計準則歸納	40
5.1.場景擇選	40
5.2.MDE 顯示窗安排原則	42
5.3.設計應用	44

第六章：結論與建議.....	46
6.1.研究成果.....	46
6.2.研究限制.....	46
6.3.未來研究建議.....	47
參考文獻.....	48
附錄.....	51
附錄一、口語資料整理.....	51
附錄二、MDE 模擬空間評分整理(1).....	58
附錄三、MDE 模擬空間評分整理(2).....	67



圖目錄

圖 1 園林建築中對於自然的借景延伸	2
圖 2 立方體	3
圖 3 引導視覺圖形	5
圖 4 MDE 系統設計概念	14
圖 5 參與者 A 口語編碼結果	18
圖 6 參與者 B 口語編碼結果	18
圖 7 參與者 C 口語編碼結果	19
圖 8 空間元素重點表現	22
圖 9 空間線索重製圖形	24
圖 10 實驗圖形設計	24
圖 11 視平面空間分佈規則	25
圖 12 視覺距感受遠近的分佈說明	26
圖 13 實驗場景順序排列組合	27
圖 14 視深度比例分佈規則	28
圖 15 實驗場景	29
圖 16 實驗模擬示意圖	30
圖 17 單一主角空間組合對應場景圖形	33
圖 18 遠景空間組合對應圖形	34
圖 19 線性空間對應圖形	35
圖 20 元素豐富的空间對應圖形	36
圖 21 元素單純的空间對應圖形	37
圖 22 線性引導對照圖形	38
圖 23 透視引導對照圖形	38
圖 24 具備鮮明主題的圖形	41
圖 25 空間元素分散分佈的空间圖形	42
圖 26 依據透視消點做為 MDE 排列組合	43
圖 27 依據邊界範圍做為 MDE 排列組合	43

表目錄

表 1 編碼範疇.....	17
表 2 空間層次感受編碼數量整理.....	19
表 3 空間連續感受編碼數量整理.....	20
表 4 空間延伸感受編碼數量整理.....	21
表 5 實驗場景組合.....	28
表 6 線性分佈數據整理.....	31
表 7 群組分佈數據整理.....	32
表 8 不規則分佈數據整理.....	32
表 9 空間主從評估整理一.....	33
表 10 空間主從評估整理二.....	34
表 11 空間深度評估整理三.....	35
表 12 空間深度評估整理四.....	36
表 13 空間深度評估整理五.....	37



第一章：序論

1.1.研究背景

對空間的研究與討論是建築設計的重點。本研究嘗試將一項新的科技產品與空間做結合。並且透過研究的過程，探論設計未來空間的新可能。

空間元素是由實體和虛體組合而成。實體空間為建築物本身的構造物、柱列以及實牆等，旨在界定出不同空間或區域。虛空間則是指建築本身的過度，動線空間，內外連結開口等。虛空間並不一定具有邊際範圍，然而虛空間的產生在說法上也可以認定為：定義實體空間的負空間系統(Laurie, 1985)。張基義(1997)在談述空間的組成上曾經指出：「Peter Eisenman 在作品的表現上，喜歡去強調實虛之間的探討、空間內外之間的清晰或是模糊，並且認為建築不應該侷限於傳統建築論述的主體和客體，正空間與副空間，形體與背景等，成為他在對於空間設計發想時的價值觀。」集合實、虛空間的形式和功能後，建築本身即成為一個完整的主體；透過不同的串聯，將呈現出每個房間、空間區塊的分部與位置之合理性。事實上，建築是一個連續性的組合連結：各個房間所形成的動線將匯集成一個多元功能的空間系統，完整地表現出建築物之特性。

從中國的園林建築的案例上可發現自然主義到處滲透之設計手法；藉由兩種實虛空間的互相依存關係，將庭院的迴廊和入口隱藏在自然的環境當中，使人在移動的過程中感到置身於自然當中(Laurie, 1985; 彭一剛, 1990)。而建築物本身的部份，也會利用高低的視景，改變移動者對園林景色產生出不同面向的感受。在各種自然元素的相互穿插，延展出建築空間的實虛關係，也就是藉由外圍自然環境的「引入」，成為設計師在構築空間的要素(圖 1)。



圖 1 園林建築中對於自然的借景延伸
(圖片來源：<http://culture.ccnt.com.cn/>)

多重串聯顯示環境(Multi-Display Environments 以下簡稱 MDE)是利用顯示器間的串聯行為，呈現出各種不同的影像的空間關係，再以一個整體環境的想法，將螢幕群組做出整合(Nacenta, et al, 2006)。傳統的雙螢幕系統，其目的是在將桌面作擴大及延伸效果。也就是將兩個螢幕的「邊界」變成「連續」的起點和終點；所以兩個螢幕間是沒有空間距離的問題存在(Stefik et al., 1987)。但是，在 MDE 系統的概念上，空間是存在的；因此，各個螢幕是需要處理其「位置」與環境的關係，也就是必須把彼此相對應的空間關係計算進去。換句話說，在相同的視平面上兩個顯示器，但並非緊密接連時，它們的顯示會因為彼此間的距離而阻斷影像的連續性，可是觀看者可依其過去的經驗值，自行構築出完整的畫面。另外，在相同的視覺畫面，但不同視深度上的兩個顯示器，螢幕環境的設計，置入透視的想法於該系統之中；讓 MDE 從單純的二維進入了三維的空間整合形式，運用 MDE 的特質，所有螢幕呈現了與現實空間相同的邏輯。若能結合建築空間的實虛延伸概念與 MDE 的原理，藉由想像和螢幕的組合解決實體與虛擬空間的連結，將有機會讓設計師討論其空間所表現出來的空間特性和空間用途。

1.2.研究問題與目標

若以 MDE 系統做為空間設計的基礎媒材，則有各個螢幕畫面呈現內容的選擇，以及各個螢幕間位置排列的方式等兩種研究重點。由於，視覺為人類感受反應中，影響最

深的一個環節，透過視覺所感受到的空間資訊，將影響內在所認定的空間感。因此，如何掌握影像空間的線索，提供所需要的視覺資訊，為首要研究問題。

例如：利用線段的透視原則，繪製出一個立方體，保留住各向度的線段，讓圖形的各個線條是連續的並且不中斷；在圖形本身不做任何改變的前提下，觀看者卻可以依照視覺接收到的線條資訊，透過不同的觀看方式，會解讀出兩種不同的角度的正方體(圖2)。所以，人能夠在簡單的資訊條件下，結合過去的影像經驗，變化成有意義的物體。

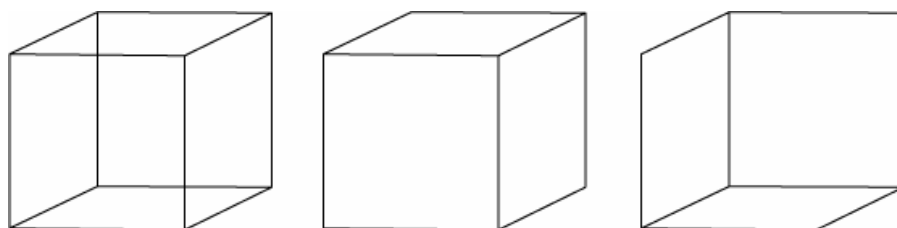


圖 2 立方體
觀察者根據認知經驗上的判斷，產生兩種不同向度的立方體

本研究者希望能掌握，人類對各種外在環境刺激所反應出來的感受經驗，根據此經驗推演出所對應的空間感。進一步，本研究希望能在獲取一個特定的空間資訊時，即能預期人在其中知覺反應。Gombrich (1997)在影像視知覺的研究中提出：「繪畫的透視使用，能讓觀察者獲得與作品相同的空間感」。另外，心理學家對大腦內所組構出的畫面，以「視覺想像」(visual imagination)來解讀，眼睛對破碎的影像會做合理的猜測，利用填補的概念使得物件本身得以完整(Atchison & Smith, 2000)。認知心理學家根據精簡完形的概念，歸納出四種基本圖形組合關係：接近律、相似律、連續律和閉合律。接近率為在時空中，彼此相近的視覺元素會被傾向組合成為一整個個體。相似率為一種歸納的分辨，對於彼此相近的元素，會被串聯並與其他相異的群組分開；連續率則是在元素組合的過程中，感知行為會以最簡潔的方式，連結相關的群組為一體。最後是閉合率，對於圖形缺漏的部份能夠透過經驗，將其填補串聯起來。由以上的敘述得知，視覺會尋找過去資訊來解讀所感受到的空間(Eysenck & Keane, 2003; 鄭昭明, 2006)。因此，本研究第一個重點是當透過影像來呈現空間時，體驗空間感的元素有哪些？

數位模擬在空間設計過程，以及最後作品結果的呈現，已經成為一種優勢的表現媒材。觀察數位媒材的使用，設計師利用影像式的模擬空間來呈現，並且透過此空間，對設計本身做出檢討或是修正，甚且在調整影像的過程中，期待能夠再激發出更有趣的構想。然而，當今數位媒材的使用上，虛擬空間極少出現在設計師所完成的空間中，而僅僅表現於設計過程的階段。先前研究者大多數專於在討論各類的空間：像是「人與不同用途的空間關係」，或者是「人與科技所虛擬的影像空間之關係」(Steuer, 1995)。因此，本研究的第二個重點，在運用多重顯示串聯環境的技術來表現空間時，掌握影像的內容，探討如何排列顯示器，能夠將影像內容本身的空間性表現出來。

本研究的目標，在整理出應用 MDE 的設計準則，使 MDE 能夠成為未來表現空間的新媒介，透過設計師對此新媒材的運用，表現出空間的擴增效果。除了在單純的實際空間中，置入可操作的虛擬系統，提供過去所無法存在於實際的空間中的可行性之外，亦可讓 MDE 的硬體設備，擁有界定空間區塊之效，獲得最更多元的空間表現。研究目標要達成的設計準則，除了讓設計師能夠用 MDE 系統進行設計之外，並且掌握系統空間本身提供對於人類心理層面的感受影響。



1.3.研究方法

基於上節對於研究問題與目標的探討，本研究方法分為文獻探討與實驗兩個部份。第一，利用文獻的基礎，了解各種影像或是圖像在空間中所具有的「空間意義」。以視覺焦點對畫面的「辨識」和「視覺閱讀路線」加以分析。探究出是哪些元素讓雙眼所見的畫面，可以轉換成具有空間的概念。例如，在閱讀圖像時，依據視覺先後不同的落點，讓閱讀者順利的產生空間感受(圖 3)。蒐集各「點」在不同空間上的位置加以分類，再將整合結果做為實驗的依據。

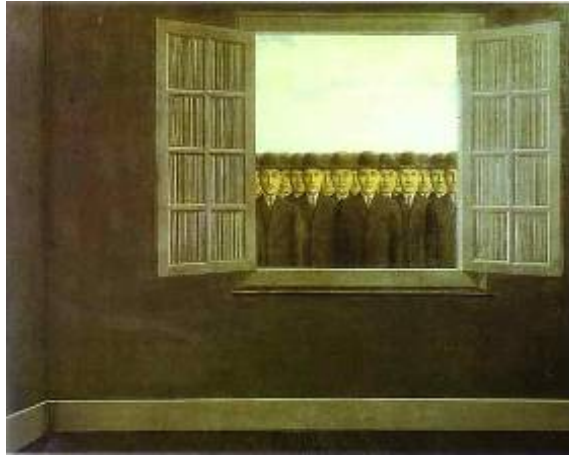


圖 3 引導視覺圖形

閱讀者會根據圖片的內容重疊，來判斷空間元素前後的關係

第二、以模擬測試的實驗方法，做為本研究的應用探索過程。為了要使 MDE 的技術成為，未來設計師可選擇的媒材之一，本實驗需要將 MDE 組構出來的環境，其可能性一併提出討論。在實驗上分成兩個階段。第一、階段實驗在瞭解設計師如何解讀各種影像的空間訊息，分類整理後，從中獲得空間辨識的線索，成為 MDE 組構空間的分佈依據。第二階段實驗，依據第一階段實驗結果，成為實驗環境所設定的原始圖形空間，加入 MDE 系統的重新排列獲得各種不同的空間型態。最後，文獻之探討與實驗分析所得歸納整理成應用 MDE 的設計準則，瞭解一般人對於 MDE 環境所表現的空間感。

1.4.論文架構

本論文架構分成六大章節來陳述研究內容。第一章內容旨在描述本研究之動機、問題與目的，並提出研究方法之概要說明。第二章內容分別就空間感受、空間設計師於實體空間和虛擬空間的使用，以及 MDE 技術的使用概念三大方向進行先前研究的回顧與探討，其中包括人對於感知的基本定義，視覺和空間的關係及一般對於空間認知研究，以及探討設計師對於虛擬實境使用於空間表現過程，和對於設計影響的相關研究領域。第三章為實驗一，經由三位參與者的口語敘述，找出人透過視覺對於空間組成的各種元素

具體的資訊，並且依照文獻對於人類的感知刺激形成的的條件，找出與空間感受相關的描述文字。第四章實驗二，利用 MDE 系統來設定實驗環境與程序，並進行二十四位參與者的評估。在第五章建立設計準則系統，依據實驗中獲得的數據資料轉譯為空間文字描述，並且提出 MDE 系統的使用概念說明。最後於第六章整合研究結果提出結論，並說明研究貢獻和未來後續發展之議題。



第二章：文獻探討

本章主要依據前個章節所描述的問題與目標，分別就空間感受、空間設計師於實體空間和虛擬空間的使用，以及 MDE 技術的使用概念三大方向進行相關研究的回顧與探討。空間感受的探討內容，包括人對於感知的基本定義，視覺和空間的關係及一般對於空間認知研究。有關各類的空間設計回顧，則是以空間設計師於數位媒材間的使用研究為主軸，並且探討虛擬實境在空間表現過程的腳色與其定位性。最後在技術方面，說明 MDE 於科技上發展的核心概念，以及如何使用等，並且概述該科技於現階段的應用。

2.1.空間感

人類面對環境刺激下的各種認知，必須藉感官與知覺來達成。人擁有各種知覺來構出對於感受的結果，然而在這樣的過程中，視覺感受為認知比例上佔最大部份的比例，因此對於空間上呈現的各種互動，以視覺最重要。



2.1.1.認知與空間

人類對於空間中方位的關聯和認知的概念是相同的：空間中上下左右是恆常的，並且空間內的元素前後相對關係，會依據視知覺被閱讀出來；因此空間組織原則，透過不同的元素物件在空間中的組構，提供人類知覺在空間描述上面的各種線索(Harrison & Dourish, 1996)。Wundt(1939)認為空間感與人類心智、意識和行為是具有關聯的。雖然這樣的關係看似形上並且抽象，但卻可以從人類生活層面發現許多關係與線索。因此預期去探討這些問題的答案，對於個人自身的心理、或是行為的動機等都是回頭尋找空間感的線索和方式。認知科學家認為，許多行為的產生是發生於內部的刺激後所反應出來的結果，因此在這段的過程中，挖掘並且分析這樣的歷程，搭配上客觀的操作結合即可

去統整出人類在認知上的線索根據(Eysenck & Keane, 2003)。針對如何分析內部刺激線索的尋找，認知心理學家注意到人類經由言語的過程中，在表現和表達上，它是具有隨機和複雜性的(Chomsky, 1975)。因此掌握言語的描述，對於人類認知的內容研究，記錄敘述的過程，來獲得解讀較高層的心理運作和複雜的行為依循，成為對於人類與空間認知研究的工具。

人的感官對於訊息處理的各種組合，如知覺、學習、記憶、情緒、概念形成和思考等都是認知研究的重點(Koffka, 1935; Wundt, 1939; Chomsky, 1975; Eysenck & Keane, 2003; Gregory, 2006; 鄭昭明, 2006)。這些主題行為必須經過大腦對於信息的資訊加以轉化，並且基礎於人類過去的知識累積，透過心理活動的感受，進而反應出來的行為重點。回到空間感，Kuhn(1979)認為，人類的行為種類上，知覺為最便於觀察的依個項目。若能掌握人在空間中的知覺行為，則人類的空間感受將得以歸納統整出一個模式原則。

2.1.2. 視覺與空間

空間感基礎於空間的構成原理，以知覺者本身的六種向度：上、下、左、右、前、後，並且與其他的對象相對的關係，經過刺激給予感官資訊後對於以上綜合的心理反應總稱(Koffka, 1935; Wundt, 1939; Chomsky, 1975)。整體來說，視覺本身的刺激，為各種感官中最為直接並且主觀的，也因此以視覺本身造成的知覺感受研究亦會龐大並且熱門。有關視覺空間的探討，自歐基里德、亞里斯多德等就已經注意到，同一個人的兩隻眼睛所看到的影像空間不完全相同(Koffka, 1935; Kroeh, 1987; Atchison & Smith, 2000)。其後十九世紀末的科學家，如 von Helmholtz 等，認為空間影像差別所引起的立體視覺應該是非常高層次的認知運作造成，也就是說從雙眼中得到的影像內容反應，加以整合統一的視覺空間，是一種心智活動的認知(Gregory, 2006)。人類同時擁有兩隻眼睛的目的不僅是抽取深度訊息而已，兩隻眼睛的運用也提供更好的空間解析度，有利於各種視覺作業的偵測與區辨(Arnheim, 1974; Atchison & Smith, 2000; Camurri, Mazzarino, & Volpe, 2004)。雙眼的視野能夠產生「立體知覺」，而立體知覺在意義上為

兩隻眼睛於影像空間的微量錯置因素，大腦在處理重疊資訊的多寡上，判讀該畫面在空間的深度位置，這樣的過程稱為雙眼視差(Binocular Disparity)，因此當目標的距離較近，則影像的差異相對的增大，而遠則反之(Arnheim, 1974)。

視覺焦點是視覺行為重要的機制，由於視覺的焦點是人的感知畫面中最为清晰的資訊點，而透過視覺過程中的各項停留過程，視覺必須在視野中來回，集合出多次的點狀掃描資訊，完成視野構圖(Gombrich, 1997; Atchison & Smith, 2000)。依照這樣的概念想法，再加上視知覺影響的要素條件順序，Arnheim(1974)推論：在一個完整的視野構圖中，明度或色彩等光學刺激變化量大，或是具備意義的特徵元素，都將會是觀看者判讀資訊的首要目標，也因此在此來回重複的過程中亦會成為視覺焦點停留次數最高的訊息點。平面或空間設計師，稱該「點」為構圖的主元素。

當空間中元素的數量增加，並且產生重疊，人在認知判讀上則是受到學習的影響。相互重疊的物體，視覺焦點會以元素的邊緣或是輪廓等資訊來辨識該元素之間的關係：具連續者為前，阻斷者為後；然而所謂的連續輪廓，則是來自於對物體本身的經驗所反應出的結果(Arnheim, 1974)。在視覺認知的解讀下，重疊對於空間本身目標元素間的遠與近，說明了各元素於空間中佔有的先後層次，並且來讓觀察空間的人得以在大腦內部描繪出空間關係。然而在這樣的概念想法，如立體派的畫作，或是中國古典山水繪圖，對於層次上的覆蓋表現，皆有線索可以看到(Arnheim, 1974; Gombrich, 1997)。

因此「形」在視覺認知研究中為觀察的重要角色目標，以「形」來建立的知覺要素(Element of perception)、表象(Figures)、圖形(Pattern)、被表示的對象(Represented objects)與意象(Image)等方面，就是在空間認知研究被提出探討的重要課題。以經過設計，透過視覺的方式傳達給觀看者，最後反向的回應對於該資訊的意義(Meaning)和辨識(Recognition)等一連串的過程，然後前後反應並且尋找這些重點的邏輯關係(Kroeh, 1987)。

2.1.3.平面與立體

透視學起源於十三世紀後，藝術家在對於表現「空間」、「世界」以及「他們所看到的東西」在創作上開始有了瓶頸(Arnheim, 1974)。因此大量的畫家推動和發展寫實主義，並且嘗試表現在作品上。從這個時期的作品，亦發現這群人在尋找正確「消失點」的歷程。達文西時代，透視的研究到達了頂點：透視圖只不過是處在一塊透明玻璃後面的地方或物體的景觀，在這塊透明玻璃的背後面描繪所見的輪廓。這一個簡單的定義，卻也完整的將透視在最初的發展目的和方法給最直接的表達出來，並且沒有公式與運算，以直觀的方法達成(Angrill & Parramon, 2007)。因此透視在概念上是以玻璃面為空間中的一個無形刀，橫向切開了前後的空間；觀察者的視點在描繪的過程中被玻璃的邊緣所限制，相對地也讓觀察的視覺重心被鎖定，以不移動的目光來完成整個畫面的描繪，得到了一份正確的透視圖面。

消失點為透視表現中重要的元素。因此消失點的位置，因為觀察者與空間的關係而變動。當物體主體有一面或是正面與觀察者的視野畫面為平行的時候，消失點即是視點和地平線的交叉點(Steuer, 1995; Atchison & Smith, 2000)。然而觀察目標主題如果和視野畫面並非平行，而是稍微的傾斜轉向，此時在物件本身所有「平行」的線段並且包含地平線將會左右各交集在同一個點上，然而視野的重心會停留在目標主題的畫面重心上(Steuer, 1995)。此外，在透視加入了俯視和仰視的狀況，則消失點除了左右與地平線的消失點以外，會以視野目標並且垂直地平線上下延伸，並且於該線段與目標主題兩側的邊緣延伸交集成為第三個消失點(Atchison & Smith, 2000; Angrill & Parramon, 2007)。因此當在尋找透視的規則時，找出地平線和視覺的目標重心，為透視構成圖面的最重要概念與思維。

2.2.空間設計

空間設計師在處理與空間的創造過程上，強調透過設計來引導人於空間中能夠去經驗、感受到設計師提供的各種空間效果。因此，各時代所發展出來的媒材，皆在幫助設計師產生新的發想來「創造」新的空間感受。在數位科技的帶動下，建築也進入了數位時代，而這些科技的產品也成為了一種媒材，影響空間形式的發展。如何利用數位科技的概念，來組織具有數位特質所發展出的空間，並且提供新的空間感受，則為數位空間設計師在構築空間過程的挑戰。

設計工具從過去在設計早期階段的傳統紙筆工具，到現在科技輔助的數位軟體，為設計師思考設計實作的幫手(Mitchell & McCullough, 1991; 張基義, 1997)。由於以上的媒材，提供設計師在對於設計過程上刺激想法的資訊線索，並且在各個階段不斷的循環，得以產生更多呈現設計本身的概念。在現今的數位工具的不斷更新，使許多的建築設計師開始思考，如何運用科技發展成為新的設計媒材，以影響空間不同於現今的表現(Harrison & Dourish, 1996)。

數位時代的基本核心架構，基於一個完善共同組合組織的概念(Mitchell & McCullough, 1991)，其中資料的獨立處理和資料的相互提供連接更成為數位媒材使用者研究和發展優先課題。影像在透過數位化的過程與解析後，點陣顯示成為影像顯示表現的最基本單元。在點陣的概念圖像表現上，設備解析度限制著呈現影像的粒子密度，因此當影像的細節研究對於數位點陣本身的資訊限制而表現模糊，甚且對於畫面內容的組成具有解讀辨識的極限(Streitz, Geißler, & Holmer, 1998)。

電腦繪圖以基本「點」、「線」為組織構圖的基本單元。透過數位的繪圖概念，為將每一次所記錄的「資料」，以圖層(Layer)的概念相互堆疊而成，各資料層與層的關係，則受限制於繪圖者對於元件的創建先後，或是編修的過程指令而產生(Mitchell & McCullough, 1991; Ware, 2000)。因此，安排良好的圖層關係，為一個優秀的電腦繪圖

者重要的技巧，由於資料的數位化，繪圖者能讓資料本身以影像的架構模式對於各圖層間相互的跨越並且串聯圖層間的關連性。由於電腦繪圖能夠對影像本身組構並且分解，但也發現到當畫面資料數量的豐富性，也影響了數位繪圖優秀於傳統影像尚未數位化的評價程度(Nacenta et al., 2005)。

數位化對於繪圖上的發展，數位影像在表現上的日益真實，使其從本來單純、被動的工具，進而提升成為互動、模擬的數位虛擬領域(Virtual Reality, 以下簡稱 VR)。VR 研究者大多從技術方面的觀點討論，運用光學科技的手套、頭盔、視點追蹤，遠距遙測等裝置，讓人得以在模擬出來的環境內進行活動(Steuer, 1995)。VR 空間的技術，從最初單純的視覺觀賞，到現今已經延伸到可以加入其他的感官來強化體驗的真實程度認知。因而在後期對於虛擬空間的研究，主要為對於人與科技設備間的互動(Human Computer Interaction)，讓使用者得以「自我」中心觀點進入虛擬環境中(Parush & Bermanb, 2004)。

VR 系統最重要的是和使用者互的過程與人在互動後的感受，因此在設計上面有三種不同的類別形式使用：直接式互動、物理式互動、虛擬式控制。然而在這三類的虛擬環境概念，大多是在處理技術上的發展(Mine, 1995)。Steuer(1995)表示虛擬忽略了使用者本身的內心層面：「虛擬環境開始對於人的本身與設備間在互動的過程，並且對於臨場感受透過哲學和心理學，強調人還是一個空間真正主角的概念思維。」此外，在虛擬空間上的多數互動，是封閉、隔絕的，使用者在體驗的過程中，對於本身所在的環境並無直接的關係或是影響。換而言之，不論上列的何種的模擬環境，事實上只要提供設備並且架設，不論在任何地點，都可以讓人進入設備內的虛擬環境，因此在外在實質空間環境和虛擬空間的內容是無關的。

2.3. 多重串聯顯示環境

多重串聯顯示環境系統(MDE, Multi-Display Environments)為技術人員以設備功能整合為概念，所產生的系統。使用者會透過顯示內容的資訊，來判斷其中連結的各個資訊提供點，與自己本身空間的關係。在這樣的過程中，假設兩台設備的空間位置是接近的，事實上，兩個使用者對於畫面間的許多空間影像關聯的連續與聯想互動，成為了往後 MDE 系統產生的原始想法基礎(Shen, Everitt, & Ryall, 2003)。數位虛擬會議利用該科技，串連異地合作工作的小組間來討論，提升原本僅只單純的影像資料共享，讓影像間的串聯成為了具互動形式的新平台(Shen, Everitt, & Ryall, 2003)。

Stefik 等人(1987)提出「多重串聯顯示就是利用串連的概念，將所有的螢幕顯示通通連結起來」。隨著顯示科技進步與普及，一個環境中往往會有多數的顯示器在運作並且提供資訊(Shen et al., 2003; Nacenta et al., 2006)。電腦科技若能利用位置特性串聯起這些顯示的內容，使得畫面得以於同樣的時間在各個位置都能夠收取到相同但局部的資訊，也就是將一個畫面「分散」到空間中的各個顯示器，形成大型並且非固定比例的顯示成果，則可提升工作的便利性(Nacenta et al., 2006)。

MDE 的研究課題有二。第一是顯示連接過程，畫面的順序是重要的；裝置位置排列必須符合內容，才有可讀性。第二是各個串聯的設備所在位置，其移動不影響影像畫面的內容。換句話說，串聯顯示的內容並不會因為兩個螢幕的角度改變，或是位置上的搬動，而改變顯示的影像資訊。Nacenta 等人(2005)探討各個顯示的「內容關係」，示範在各種不同螢幕排列組合下「合理」的串聯。舉例來說：空間中有兩個串聯的顯示器，系統會計算兩個顯示間的間隙，因此它們所呈現的畫面是斷開的，但是閱讀者能夠從兩個畫面的左右邊緣去尋找相互關聯的資訊，確定兩螢幕上不連續的畫面事實上為相同的(Nacenta et al., 2005)。此外，當螢幕內的滑鼠在做移動在跨越兩個螢幕的間隙時，MDE 系統也會將過程的「飛行距離」加以運算(圖 4)。透過上述的兩種情況，使得 MDE 所產生出來的環境也更逼近真實。



圖 4 MDE 系統設計概念

A 圖在說明兩個螢幕間連續

B 圖為兩螢幕重疊，後面螢幕會延續著前面的軌跡運動

C 圖為有間隙的兩個螢幕，而滑鼠運動的過程會計算中間的軌跡空間

(圖片來源：Nacenta et al., 2006)

此外，MDE 系統在呈現的畫面型態，則依照透視遞減的概念，將觀察者較遠距離的顯示畫面內容「減少」，而反之在較近距離的螢幕則「增加」其內容呈現，並且計算彼此間的資訊關聯，而後呈現出一個「空間」給 MDE 環境的使用者(Nacenta et al., 2005)。假想在一個空間中有多扇相同大小的窗戶，而窗戶與人的距離皆不同，並且假設窗戶們所望出去的環境是相同的，距離人較近的窗戶，有較大的觀景範圍，而較遠的則觀景範圍，然而人從這些窗戶所閱讀到窗外的世界其實是相同的(Angrill & Parramon, 2007)。MDE 系統所組合而成的顯示系統群組，將畫面內環境的「真實」空間，透過技術的運算表現出來。因此，MDE 的研究重心，除了上述的影像環境的關係，也包含視窗、游標運動以及選取資料的方式，動態畫面的分佈與連結，以及各種設備間的螢幕整合。

第三章：影像空間認知實驗

3.1. 實驗設計

根據過去文獻中視覺為感知空間的主要感官(Atchison & Smith, 2000)，本實驗以行為主義為理論基礎。行為主義為了掌握人類的內心感知，以集中注意於人類行為的觀察記錄中，整理出一套可相互對照的感知邏輯(McNeill, Gero, & Warren, 1999)。透過感知的研究分析下，與設計相關的實驗類型有二。歸納型(prescriptive)實驗利用理論行為來定義出現象；描述型(descriptive)實驗藉由實驗的現象，尋找出可依據的原則理論(McNeill et al., 1999)。本階段以描述型做為實驗設計的基本方法，依據實驗的結果做為下一個研究階段的重要因子。實驗假設透過視覺反應的空間感知是具有重複性的，因此不同的空間場景有機會反應出相同的空間感受，透過參與者描述圖片空間特性，根據其口語資料裡，獲得相同的感知的描述線索。因此在實驗後，對於人的空間與感受之間的關係，能有更具體的資訊得以表達。

一般人對於空間的認知感受，不習慣使用口述的方式來表達。然而，空間設計師長期在處理空間元素的分佈和組織。因此，本實驗希望藉由設計師對於空間的敏銳感，指認出具有空間特性的圖像，並且經由口語的方式來輔助說明過程；空間圖片的取得來自於網際網路，或是設計師本身既有的作品等。本實驗的參與者為三位空間設計專業人員，每一位參與者都經過五年完整的建築設計教育，並且近期間仍持續從事空間設計工作。本實驗的目標為：藉由閱讀圖片時的真實感受，轉換成抽象的空間解讀。參與者必須自備有個人使用的電腦，避免發生操作上的障礙。在實驗結束後，對參與者作簡短的訪談，回顧討論實驗期間的心得。

在本實驗中，實驗過程與後續分析結果為本研究對空間解讀上重要的根據。其中實驗過程資料包含，三位參與者挑選的圖片，以及針對於圖片的空間資訊的描述兩者。在實驗數據的收集方式，以麥克風與電腦做連結，錄製口語敘述表達內心思考邏輯和解析圖片的空間組成。利用螢幕錄影軟體，紀錄滑鼠的軌跡和其尋找的圖像的資料。而分析結果則以口語資料的斷句與編碼整理，提出感知和空間的對應原則。

3.2.實驗分析與討論

3.2.1.口語分析

本階段實驗為找出空間組織與空間感受的對應原則，以掌握圖片所呈現之空間的組織方式。因此利用口語記錄的方法，針對參與者所描述的內容，具形容內心的空間感受，進行分析的編碼和整理。由於另外在該資料也包含空間元素的敘述，因此，一份完整的口語實驗數據，其在空間組織的研究，扮演著重要的角色。

目前口語分析已被視為探討設計認知活動的標準研究方法(Ericsson & Simon, 1993; van Someren, Barnard, & Sandberg, 1994; Cross, 1996)。其中 Dorst 和 Dijkhuis (1995) 提出內容導向的方法 (content-oriented approach)，是讓設計師回憶設計過程當中，看到了什麼內容、企圖如何去做或是從中獲得什麼。因此，以內容導向的方法記錄參與者和其影像圖面圖之間的認知互動，並且依照參與者於描述概念類別，做為文字資料的斷句原則。而文字編碼的重點，則引述 Harrison 與 Dourish (1996)對於空間的描述想法，他們認為空間的感受是可以分成空間與場域兩種想法來做為區分，空間是在討論具體的構造物所形成的領域，場域則是偏向於抽象上對於各種建築本質的認知。因此在參與者口語資料的文字編碼，其文字上的空間感受與空間元素的關係，則可先從此部份解讀出來。

3.2.2. 斷句與編碼設計

參與者實驗描述的過程整理，透過 Harrison 與 Dourish 對於空間的定義，使其編碼的範疇依據為「具體空間元素」(space)、「抽象場域感受」(place)兩者。而後，將範疇的大類在細分出「線索」項目，此項目為分析參與者的空間文字描述，強化在範疇分類上的不足點。因此，線索的目標項目為「元素」(element)、「具體描述」(description)、「比照」(comparison)、「認知」(cognition)四者來加以輔助分析(表 1)。

表 1 編碼範疇

範疇	細項	定義
具體空間元素(S)	E(元素)	空間的單元物件
	D(具體描述)	具體的描述
	C(比照)	對照元素間的關係
抽象場域感受(P)	C(認知)	空間整體的感受反應

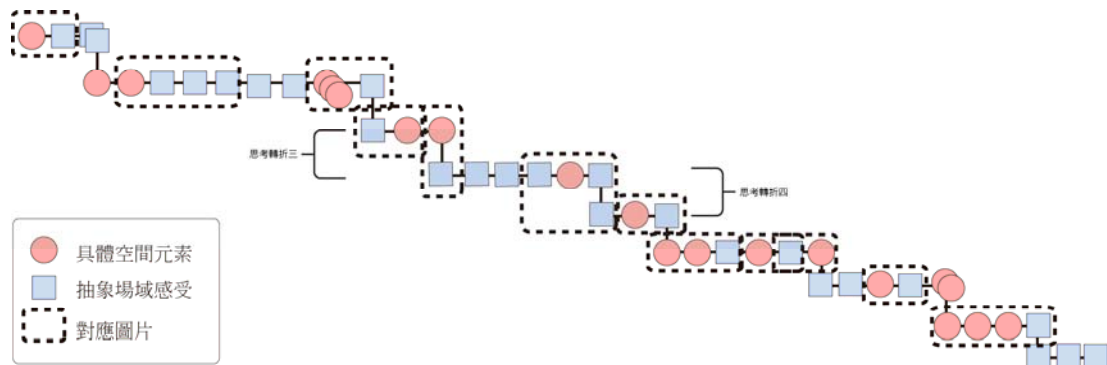
對於參與者的空間感受之敘述為斷句單元概念，將文字改為代碼表示。計算範疇與線索出現的頻率統計，最後以圖示的方法呈現分析結果。其中具體空間元素，以圓圈的圖像表示；以及抽象場域感受，以方塊的圖像表示，並且在參與者搜尋獲得不同的圖形同時，利用虛線加以框選強調出來。詳細的分析結果如圖(圖 5，圖 6，圖 7)。

3.2.3. 分析與討論

在編碼圖形中發現，參與者描述空間的方式，會經過思考的過程，進而前往搜尋得以表達其想法的圖形來佐證。獲得圖形時，會指認出具體的空間元素來組構出空間特性，並且表達在該圖片中或感受到的空間感受。因此針對圖形的分析中推論：完整的空間敘述，必須包含在空間感受描述(抽象)與空間組成元素(具體)同時存在，並且相互對應。

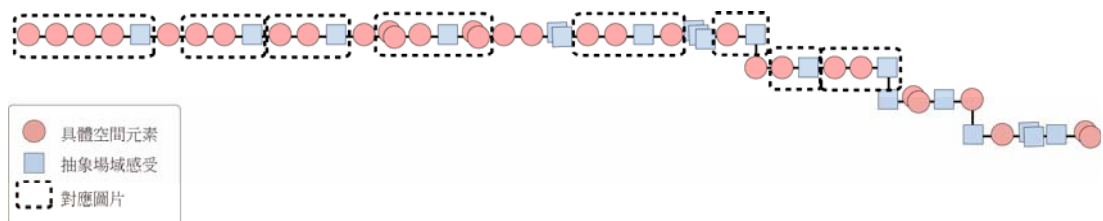
參與者 A

在參與者 A 的口語編碼呈現出，參與者在空間感受的思考上有八次的轉折點。另外，在第三個，以及第四個空間感受的轉折上，試圖透過同一張圖片來表達以兩種不同的感受觀點來解釋相同圖片的空間分析。



參與者 B

在參與者 B 的口語編碼呈現出，該參與者試圖使用一種空間感受的概念下，去表達一個空間所具有的線索分析。因此，在實驗過程中，搜尋了大量的圖形，並且提出兩個以上的具體空間元素來解釋在每張圖片中所反應出來的抽象場域感受概念。



參與者 C

在參與者 C 的口語編碼呈現出，該參與者對於空間感受的解讀上，其重點為感受以及空間元素間交互在相互佐證的特性。在實驗的過程所獲得的圖形，會優先指認出數個具體空間元素，並且提供抽象場域感受，並且再放回強調具體空間元素，最後以抽象場域感受作為結論，來解讀其圖形的空間組成線索。

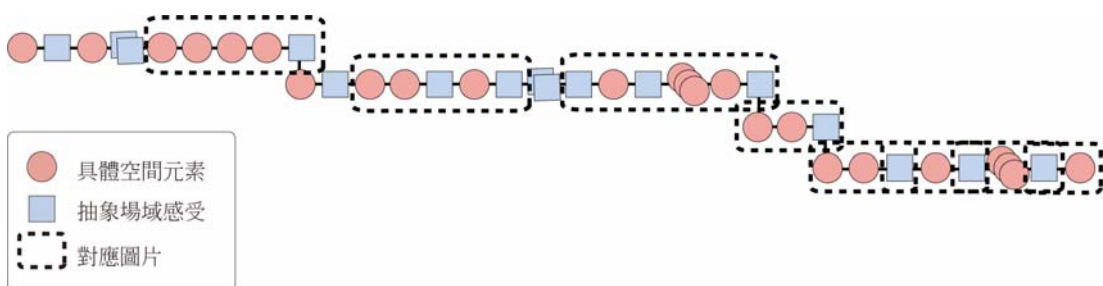


圖 7 參與者 C 口語編碼結果

因此針對上述的分析結果，各抽象場域感受和具體空間元素內容細節，為本實驗在結論上的重點。三位參與者的空間感受分佈，經過文字的整理對照發現了下列三大種類，空間層次感受、空間連續感受以及空間延伸感受。所以，對於詳細的線索數量分佈上，探討三者描述組成上的差異，分別提出討論。

空間層次感

表 2 空間層次感受編碼數量整理

具體空間線索	參與者 A	參與者 B	參與者 C
SE	1	7	1
SD	7	10	2
SC	1	1	1

「具有層次感的空間」為各參與者，對於抽象場域感受(PC)在文字敘述的數量上，屬最高的空間認知反應。在表 2 中參與者 A 與參與者 B 以具體描述(SD)，說明形成空間

層次感受的重點，如色彩、光線等，而後再指認出具備有該形容的空間元素(SE)，以清楚的解析出該圖片形成空間層次感受的原則。另外，由於在空間層次本身的概念，是需要尋找線索的印證。所以，元素間的比照關係(SC)，在數量的呈現上較為少；在參與者 C 對於空間層次感的相關敘述，其數據的顯示量較少。因此，經由本段的統計呈現認為，一個具有空間層次感的圖形，其本身需具空間單元的物件，並且輔以具體的描述，如：牆壁上光影的對比為具有層次感的空間；來完整的表達該空間感受者。擷取參與者 A 的一段描述做為例子：

「這一幅畫就滿有趣的，他的空間層次(PC)，是用了不同的顏色(SD)……去……應該是說……他從平面，用平面 2D 的方式，去詮釋一個 3D 律動的感覺(PC)。那這是一種空間層次的表現那再加上他有，有些空間層次的表現他可能是單色(SE)，譬如說，菸(SE)在空間飛的感覺，那這個部份也是，這張照片也是，也是滿類似的照片，就是……恩……他利用線條(SE)的方式，去……去環繞(SD)……」



空間連續感

表 3 空間連續感受編碼數量整理

具體空間線索	參與者 A	參與者 B	參與者 C
SE	1	0	9
SD	0	0	2
SC	1	0	2

「連續感」在空間的組成上，偏向指稱透過相同元素(SE)所組織的空間。因此，在文字的描述上，大多會強調整體性質，以及位置的因果關係。根據表 3 的線索數量呈現，參與者 A 與 B 在空間連續感的數據，為少量的呈現；因此，針對參與者 C 在空間連續感中空間的單元物件(SE)成為的整個描述的重點，參與者清楚的指認出空間中的元素，並且在提供相同地具體的描述(SD)，以清楚的解讀空間圖片裡產生空間連續感受。此外，

具有空間連續感的圖形，在空間的架構上，其空間的單元物件會依序以串聯的概念，建立起完整的連續關係。擷取參與者 C 的一段描述做為例子：

「有一個 Zaha 的空間還不錯。OH~ 整個房間的感覺一體性(SD)，因為它是連續性的，所以他的空間會有流暢的感覺(PC)。然後其實，某個程度上，桌子(SE)就是凸(SD)出來一塊，床(SE)就是凸(SD)出來一塊，燈藏(SE)在間接光源。他其實乍看之下就是一體，可是他是因應需求，透過隆起的連續，其實某種程度就像是三宅一生所想要做的，他跟他的設計的概念是一樣」

空間延伸感

表 4 空間延伸感受編碼數量整理

具體空間線索	參與者 A	參與者 B	參與者 C
SE	2	1	1
SD	1	0	1
SC	2	3	0

「延伸感」在空間具有擴增的含義，因此在組織的手法上，空間元素透過互相的對應(SC)，強調該空間的特質。表 4 在空間線索的數量分佈上發現，參與者會由於延伸的感受，根據具體的描述(SD)，先將圖形內容的空間元素(SE)分別指認出來，而後強調元素間的比照(SC)，來輔助對於該感受的解讀。因此，本空間感受的描述重點為：空間元素分佈位置的相對關係，與其所形成的空間效果。擷取參與者 A 的一段描述做為例子：

「恩...像這張就是我剛剛說的，利用湖水(SE)去映射(SD)建築(SE)或者是人(SE)，而造就了一種空間感(PC)，或者是加強，了這個空間感而讓這個空間得以延伸，或者是更深遠(SC)，就是藉由水(SE)...湖面(SE)...的映射(SD)，所造成的。如果就把湖面的部份卡掉的話，你會覺得這個空間...是...不大的...是很小的...(SC).他的景深...是沒有來的鏡面的湖水這麼的廣(SC)，這個是一種視覺上的一種，空間的錯覺，或者是，延伸。」

3.3.結論

經過本章實驗，得知設計者對具體空間元素與抽象場域感受的對應的原則，採以交互敘述的方式呈現。並且每種抽象場域感受皆由不同的數量線索比例組成：空間層次為大量的空間元素與大量具體描；空間連續則為單一具體描述和大量的空間元素；以及空間延伸為空間元素的比照關係來形成。舉例來說，空間層次感是由對比的色彩或是利用相同的元素做出細微的調整變化所構成。所以，在本章實驗所獲得的圖形中和各種空間組織的描述，像是顏色與光影對比、連續與軌跡的整體或者是映射與律動的延伸，皆為幫助設計師在解讀空間感受的重要元素線索。

根據上段所敘述的想法，根據本章實驗的結論，由於 MDE 系統為將一個完整的畫面利用數個顯示窗重新框製出新的場景。因此，當以空間圖形，其具有反應出空間感受的空間元素線索，作為各顯示窗呈現的目標(圖 8)。在這樣的重新框製發現，該場景在空間的表現上，並不會失去原本完整的圖片內的空間性，甚且更清楚的強調出該空間，元素間的組織關係。

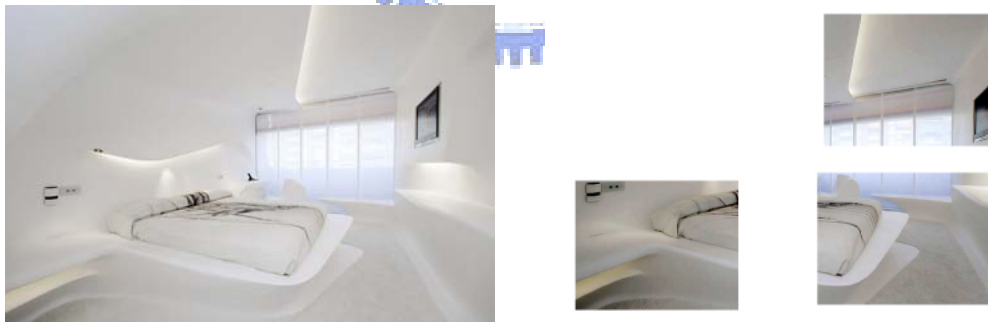


圖 8 空間元素重點表現

第四章：空間認知評估實驗

4.1. 實驗設計

本實驗採用模擬測試的方法來進行。實驗，而後邀請參與者對於各種模擬的場景做出評分。因為 MDE 為硬體技術，其在空間研究的運用上具有立即操作和變化上的限制。所以，本實驗以 3DsMAX 繪製實驗影像場景，並且搭配 Virtual Reality CAVE 設備模擬出 MDE 系統，採直接的方式讓參與者立即感受到場景的空間感受。依據透視的原則，空間的成立是經由視平面和視深度兩者的空間資訊結合而成。因此，本實驗在設計上，基礎於此透視原則上的兩個重點，讓 MDE 的影像畫面能夠立體化，並且可以讓參與者快速地針對所呈現的空間效果進行評估。實驗邀請 24 位參與者來進行，並且提供 MDE 組成的空間環境，利用問卷的方式來針對各個場景的空間效果以五點量表的方式評估。



4.2. 實驗準備

本階段實驗的 MDE 場景，採用前階段實驗空間設計者所選擇圖片以及空間重點描述內容，來安排 MDE 顯示窗。另外，顯示窗的數量設定為三個。以矩形的方式來框選出描述的空間重點。

本章實驗場景設計嘗試，在上一個章節的實驗結論應用中，根據空間感受對應之空間元素重製的畫面(圖 8)，發現到顯示窗，會因為視覺的閱讀上，受到視平面與視深度兩者的影響而有大小以及分佈上不同(圖 9)。MDE 顯示窗的設定以一般的標準顯示設備的比例(4:3)做為原型來重新統一大小。各組場景的實驗設定，則根據視覺搜尋空間線索的視平面、視深度兩個重點，以透視學的為基礎概念，分視平面與視深度兩個項目來進行控制。

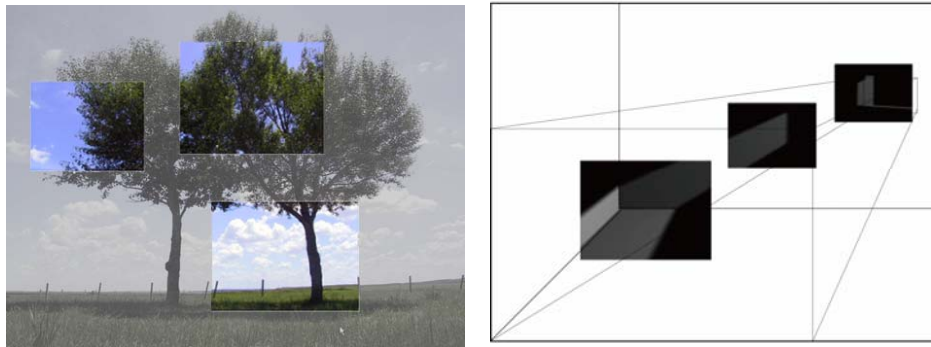


圖 9 空間線索重製圖形
左圖之空間為表現整體的分佈，右圖之空間為表現前後的關係

視平面

整理前段，在設計實驗場景的操作中，所獲得的圖片組合(圖 9)。視平面在透視的概念上，為空間元素經由投影，分佈於視覺畫面的位置關係。因此，先行設定圖 9 中的三個矩形是於相同的平面上，並且為相同的大小，而獲得新的圖片(圖 10)。另外，對於重新製作的圖片，根據空間上的分佈，本項實驗控制各個矩形框選區域重心的連線，為三類的分佈組合：

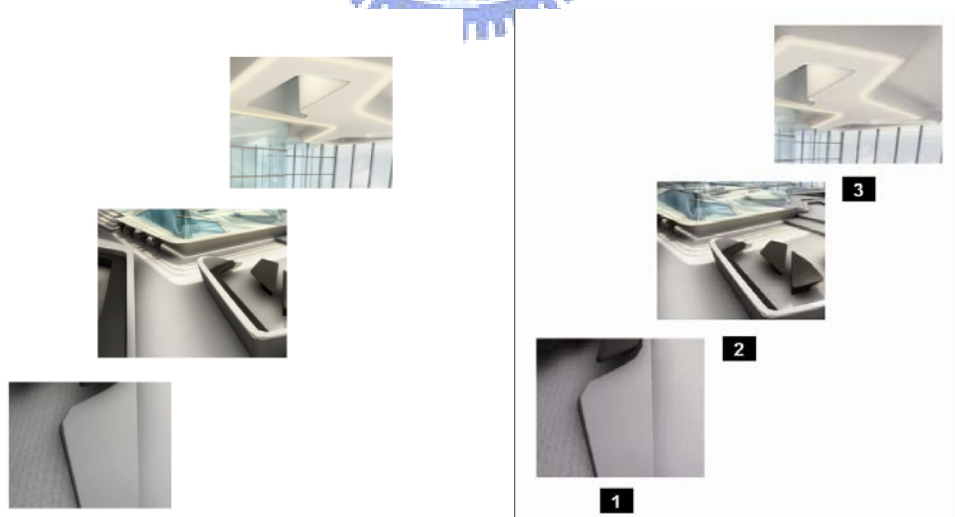


圖 10 實驗圖形設計

- 直線分佈：三個 MDE 顯示窗畫面重心連線平行於 X 軸、Y 軸、 $X=Y$ 和 $(-X)=Y$ 四種軸向場景圖片(圖 11 A)。
- 群組型分佈：MDE 顯示窗中的任意兩個重心連線與 X 和 Y 軸平行，另外一個自由單獨分佈在視覺畫面內，或是同時符合兩個軸向的組合，亦屬於本類(圖 11 B)。
- 不規則分佈：MDE 顯示窗的分佈並無明顯的規則可循，而是自由地分散在視覺畫面內(圖 11 C)。

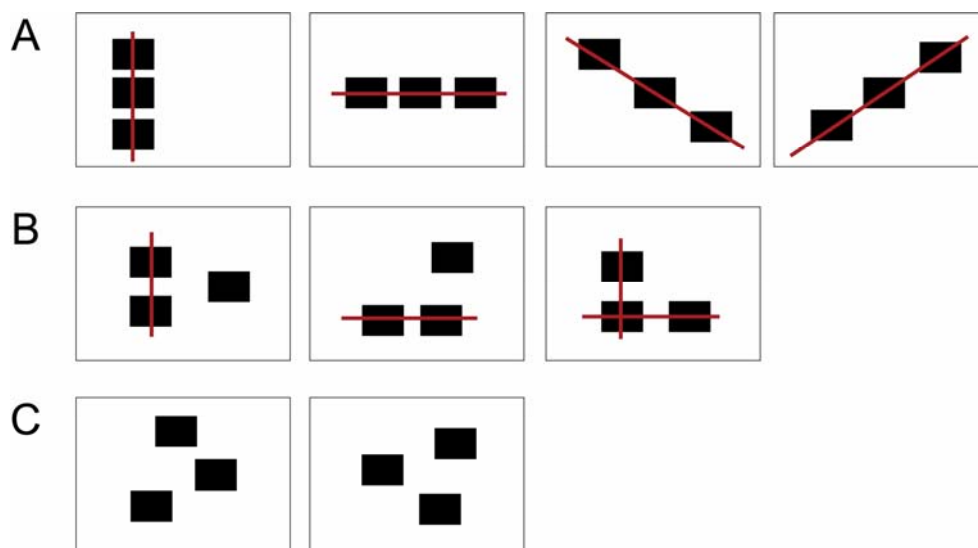


圖 11 視平面空間分佈規則

視深度

空間的組織中，各個單元間的前後關係，為人類在空間的判讀上，重要的指標 (Atchison & Smith, 2000)。因此，安排 MDE 三個顯示窗的前後關係，得以讓空間的表現排列上，獲得不同的感受。根據視距上的研究，以室內空間基準探討，空間物體與觀看者眼睛的距離於 50cm 到 300cm 者，在認知定義上為短距離；而 500cm 上下為中距離，而 1000cm 以上則為長距離空間 (Atchison & Smith, 2000)。因此在三個 MDE 顯示窗的組

合排列，先以平均分佈為基準構成，並且畫面的位置必須各自放置於認知距離的短、中、長三個範圍內(圖 12)。

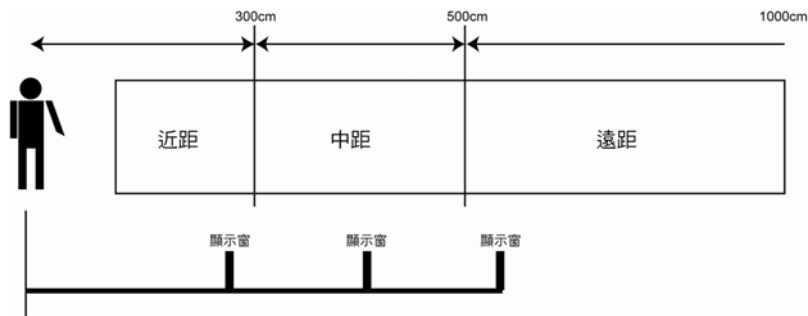


圖 12 視覺距感受遠近的分佈說明

本項實驗控制的第一個設定為，各顯示窗的順序安排。首先，依 MDE 顯示窗中各個畫面內的框選圖片之原始順序關係，對各個視窗間給予編號。顯示窗的內容最近於觀看畫面的參與者為 1 號，以此類推。以排列組合的概念，利用階層關係的對於顯示窗的位置相互改變，形成六種變化(圖 13)。

- I(123)、為基本順序組合，三個顯示窗根據操作後的實驗場景中，各空間元素在內容的排列；以近距顯示窗顯示最近的元素，遠距顯示窗顯示最遠的元素，而中距顯示窗則是顯示相對於最近與最遠的中間元素。
- II(231)、根據基本的順序組合，移動中距以及遠距顯示窗的位置於原始近距以及中距顯示窗的位置，並且將近距顯示窗退至原始遠距顯示窗的位置。
- III(312)、根據基本的順序組合，移動近距以及中距顯示窗的位置於原始中距以及遠距顯示窗的位置，並且將遠距顯示窗進至原始近距顯示窗的位置。
- IV(132)、根據基本的順序組合，近距顯示窗位置不變，並且相互交換中距以及遠距顯示窗的位置。
- V(213)、根據基本的順序組合，遠距顯示窗位置不變，並且相互交換近距以及中距顯示窗的位置。
- VI(321)、根據基本的順序組合，中距顯示窗位置不變，並且相互交換近距以及遠距顯示窗的位置。

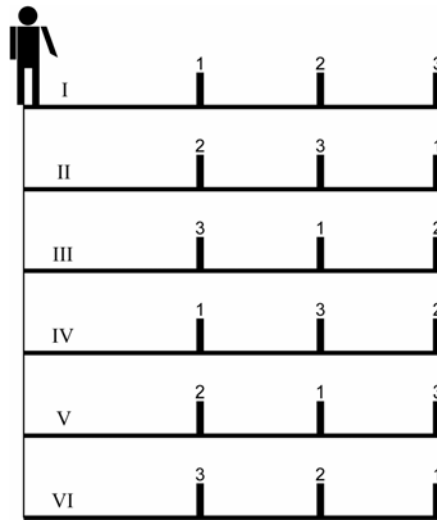


圖 13 實驗場景順序排列組合

在實驗控制的第二個設定，除了排列順序的組合不同之外，物體的遠近並非單純的平均分布。因此，經由以上的論述後，在實驗場景設計中，加入了各顯示窗間的相對視深度比例，總計五種變化如下(圖 14)：

- A、三個畫面位置，近距顯示窗到中距顯示窗的距離 a ，與中距顯示窗到遠距顯示窗的距離 b ，以比例 1 : 1 做為代表等距的組合。
- B、三個畫面位置，近距顯示窗到中距顯示窗的距離 a ，與中距顯示窗到遠距顯示窗的距離 b ，以比例 2 : 3 做為代表畫面距離小於後畫面距離的組合。
- C、三個畫面位置，近距顯示窗到中距顯示窗的距離 a ，與中距顯示窗到遠距顯示窗的距離 b ，以 $a=0$ 做為代表前兩個畫面重疊，並且遠距畫面個別獨立的組合。
- D、三個畫面位置，近距顯示窗到中距顯示窗的距離 a ，與中距顯示窗到遠距顯示窗的距離 b ，以比例 3 : 2 做為代表前畫面距離大於後畫面距離的組合。
- E、三個畫面位置中，近距顯示窗到中距顯示窗的距離 a ，與中距顯示窗到遠距顯示窗的距離 b ，以 $b=0$ 做為代表後兩個畫面重疊，並且近距畫面個別獨立的組合。

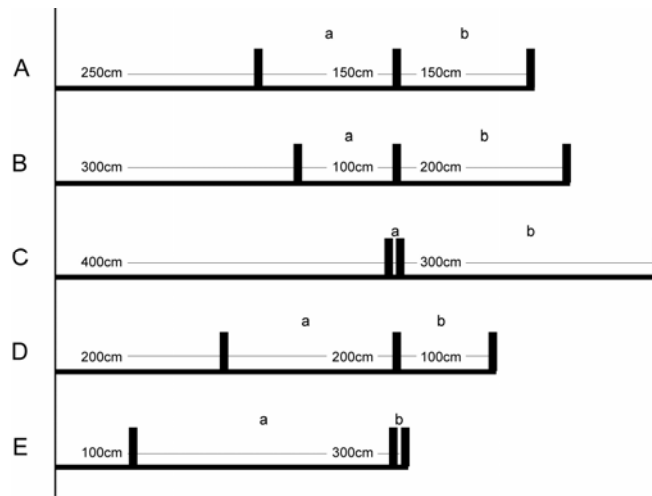


圖 14 視深度比例分佈規則

經過以上針對視覺深度的六種順序排列，以及在視距比例上的五種設定，總計會產生三十組場景。但是，當螢幕具有重疊的組合的情況，會產生出六組重複的結果。因此，實驗設計根據視覺深度兩種條件所產生的設定，每組 MDE 圖片所模擬的空間實驗排列皆有二十四種組合變化(表 5)。

表 5 實驗場景組合

順序 比例	I(123)	II(231)	III(312)	IV(132)	V(213)	VI(321)
A(1:1)	AI	AII	AIII	AIV	AV	AVI
B(2:3)	BI	BII	BIII	BIV	BV	BVI
C(A=0)	CI	CII	CIII	CI(重複)	CII(重複)	CIII(重複)
D(3:2)	DI	DII	DIII	DIV	DV	DVI
E(B=0)	EI	EII	EIII	EI(重複)	EII(重複)	EIII(重複)

根據視平面和視深度的兩個對於實驗場景的控制設定，本實驗選用前階段實驗所得空間畫面，其中製作十二組實驗場景(圖 15)，每個場景有二十四個 MDE 組合安排：

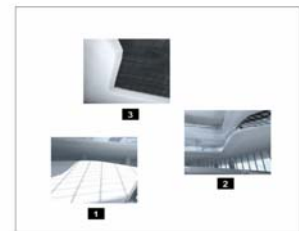
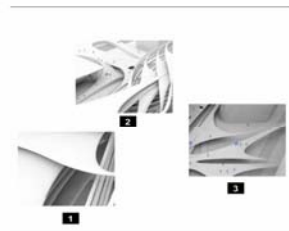
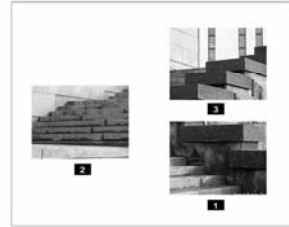
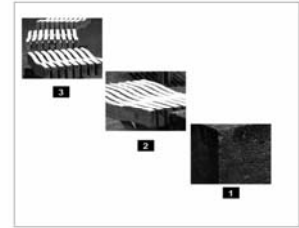
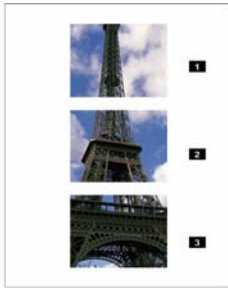
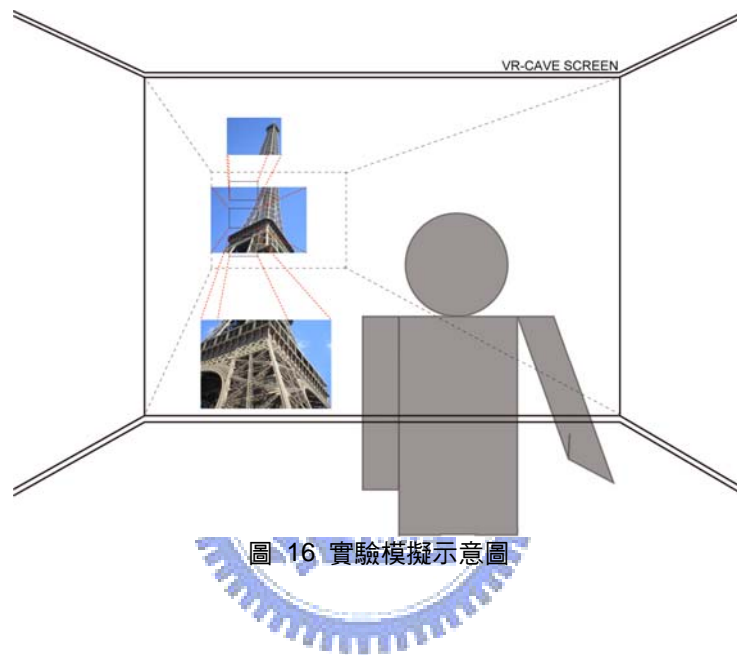


圖 15 實驗場景

上述之十二組實驗場景以及二十四種 MDE 的組合，總計本實驗獲得 288 個實驗空間提供參與者來進行評分，環境如圖 16 所示。實驗從上述 288 個實驗空間任意選擇 50 個讓參與者對進行「空間閱讀順序」、「空間主從關係」和「空間深度效果」的評估。在實驗開始之前，參與者閱讀一頁實驗說明，解釋空間順序、主從空間與空間深度的意義。並且，解說實驗的 MDE 畫面，使其熟悉實驗環境。



4.3.實驗分析

4.3.1.MDE 顯示窗順序控制效果分析

首先針對三個螢幕在空間深度上的順序組合，根據各種不同視平面上的分佈種類，綜合整理出適合的使用組合。

線性分佈場景

線性分佈組合(實驗圖形一到實驗圖形四)中相同場景設定控制所得的評分平均如表 6 所示。MDE 顯示窗設定排列 I(符合原圖近、中、遠順序)，讓場景的空間表現效果較為明顯(平均大於 3.5)。另外，當近距顯示窗或是遠距顯示窗的原始位置做出前後的調度，如組合 III、IV，在評分的分析上獲得到空間的表現較為不明顯(平均小於 3.0)。

表 6 線性分佈數據整理

順序 比例	I(123)	II(231)	III(312)	IV(132)	V(213)	VI(321)
A(1:1)	3.68	3.37	3.00	2.81	3.43	3.31
B(2:3)	3.62	3.50	3.25	3.00	3.81	3.37
C(A=0)	3.68	3.81	3.43	3.68	3.81	3.43
D(3:2)	3.37	3.62	3.00	3.00	3.87	3.56
E(B=0)	3.68	3.6	3.31	3.68	3.6	3.31

群組型分布場景

群組型分佈(實驗圖形五到實驗圖形八)中相同場景設定控制所得的評分平均如表 7 所示。群組型分佈的場景中，大多數的空間效果都明顯(平均大於 3.5)。MDE 顯示窗設定排列 III 將原圖中最遠的內容安排在與參與者最近的距離，但其空間表現卻獲得明顯的效果。進一步分析發現，此排列中場景的原始圖片，均為具有清楚的單一透視消點的空間。另外，排列 II 與 V 兩個組合(中距顯示窗的位置提前於原始近距顯示窗的位置)的空間表現也獲得明顯的效果。檢視該場景的圖片內容發現，其構圖為兩個或是多個消點的。

表 7 群組分佈數據整理

順序 比例	I(123)	II(231)	III(312)	IV(132)	V(213)	VI(321)
A(1:1)	3.50	3.68	4.00	3.43	3.25	3.43
B(2:3)	3.00	3.68	3.81	3.81	3.18	3.68
C(A=0)	3.00	3.50	3.81	3.00	3.50	3.81
D(3:2)	3.87	3.06	3.93	3.93	3.12	3.31
E(B=0)	4.12	4.31	4.18	4.12	4.31	4.18

就透視原則而言，上述實驗結果應該是合理的。當圖形本身具有單一消點時，畫面上的重點則圍繞著該點作四方的延伸；而多消點的畫面中，串聯各個消失點的部份，則為該畫面內容構成的主角。經由上述的分析可歸納，距離參與者最近的 MDE 顯示窗，若能顯示原始圖形的空間組織主角，經由該顯示窗與其他 MDE 顯示窗內容的連結，可明顯地表達出空間感。

不規則分佈場景

不規則分佈(實驗圖形十到實驗圖形十二)中相同的場景設定控制所得的評分平均如表 8 所示。MDE 顯示窗設定排列 III(在遠距顯示窗的位置前移至原始近距顯示窗位置)，具有尚可的空間效果呈現(平均大於 3.0)。排列組合 II(在近距顯示窗的位置後移至原始遠距顯示窗位置)在空間效果呈現則不明顯(平均不足 3.0)。本類場景的內容圖片，在畫面的組織上具有大範圍的主角單元，或是較為分散的空間元素。因此，其與透視的消點數量大多數僅有一個。若顯示該消失點的 MDE 顯示窗，距離參與者最近，則空間效果較明顯。

表 8 不規則分佈數據整理

順序 比例	I(123)	II(231)	III(312)	IV(132)	V(213)	VI(321)
A(1:1)	3.66	3.5	3.58	3.41	3.58	3.75
B(2:3)	3.41	3.0	2.66	3.41	3.41	3.33
C(A=0)	3.58	2.75	3.16	3.58	2.75	3.16

D(3:2)	3.25	3.25	3.41	3.5	3.5	3.41
E(B=0)	3.83	3.33	3.91	3.83	3.33	3.91

4.3.2.MDE 顯示窗距離深度控制效果分析

空間主從關係結果分析

單一主角空間組合

單一主角的圖片(圖 17)，根據表 9 所示，當 MDE 顯示窗排列依照空間中各元素的順序進行安排(I、IV)所得場景的空間感最為明顯(平均大於 3.5 分)。而當顯示窗的深度比例安排為 2:3，即前畫面距離小於後畫面距離的組合，其整體構圖會因為對比的差異性，表現出空間深度上景深拉伸的效果(平均大於 3.5 分)。



圖 17 單一主角空間組合對應場景圖形

表 9 空間主從評估整理一

順序組合 實驗圖形	I(123)	II(231)	III(312)	比例組合	A(1:1)	B(2:3)	C(3:2)
	IV(132)	V(213)	VI(321)		D(A=0)	E(B=0)	
一	3.75	1.56	0.31		0.66	3.66	2.00
四	4.06	2.81	2.50		1.87	3.75	3.43

遠景空間

遠景空間的呈現視野較為寬廣(圖 18)，視覺空間感受的分佈的範圍較大。根據表 10 所示，當 MDE 顯示窗排列能凸顯遠景主題，如排列 III 或是 VI，擇空間整體感明顯(平均大於 3.5 分)。當顯示窗的深度安排為 3:2 或是 $b=0$ (前畫面距離大於後畫面距離)，則具有向後延伸並且左右擴張的空間感受(平均大於 3.5 分)。

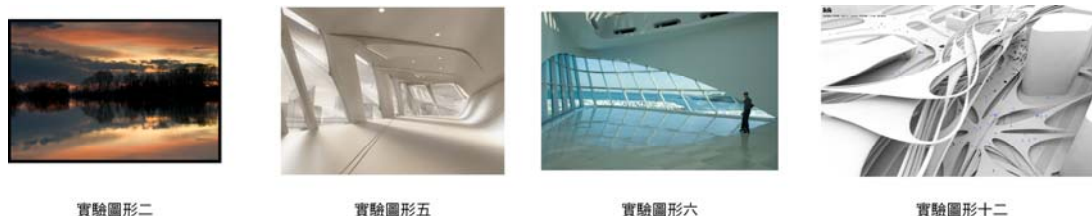


圖 18 遠景空間組合對應圖形

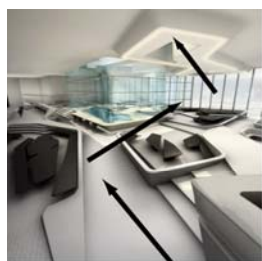
表 10 空間主從評估整理二

順序組合	I(123)	II(231)	III(312)	比例組合	A(1:1)	B(2:3)	C(3:2)
實驗圖形	IV(132)	V(213)	VI(321)			D(A=0)	E(B=0)
二	1.50	1.00	4.25		1.25	3.12	4.06
五	0.93	2.81	4.00		0.93	2.80	4.00
六	2.91	2.90	3.75		2.50	3.70	4.00
十二	2.50	1.50	4.06		1.25	1.50	3.75

空間深度關係結果分析

線性空間

MDE 顯示窗的排列，若能配合引導視覺閱讀空間的順序(圖 19)，根據表 11 所示，如排列 I 的順序，則空間整體感尚可(平均大於 3.0 分)。另外，當顯示窗深度安排為 3:2(前畫面距離大於後畫面距離)，可強化其深度感受(平均大於 3.5 分)。



實驗圖形四



實驗圖形八

圖 19 線性空間對應圖形

表 11 空間深度評估整理三

順序組合	I(123)	II(231)	III(312)	比例組合	A(1:1)	B(2:3)	C(3:2)
實驗圖形	IV(132)	V(213)	VI(321)			D(a=0)	E(b=0)
四	3.30	1.33	1.33		1.00	1.30	3.60
八	3.33	2.50	2.08		0.75	3.00	3.75

元素豐富的空间

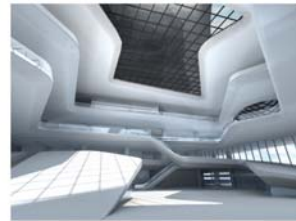
當 MDE 顯示窗的排列順序(圖 20)，根據表 12 所示，依照內容的空間排列順序(排列 I)對應元素間的合理分佈，則空間立體感尚可(平均大於 3.5 分)。另外，當顯示窗深度安排(前畫面距離等於後畫面距離)，則能表現出空間圖片本身空間組織關係(平均大於 2.0 分)。



實驗圖形一



實驗圖形七



實驗圖形十一

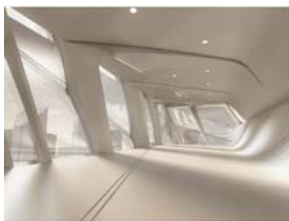
圖 20 元素豐富的空间對應圖形

表 12 空間深度評估整理四

順序組合	I(123)	II(231)	III(312)	比例組合	A(1:1)	B(2:3)	C(3:2)
實驗圖形	IV(132)	V(213)	VI(321)			D(A=0)	E(B=0)
一	3.66	1.33	0.00		2.50	2.91	0.83
七	3.12	3.75	1.25		3.00	0.00	4.00
十一	3.00	1.33	2.00		2.08	3.30	2.50

元素單純的空間

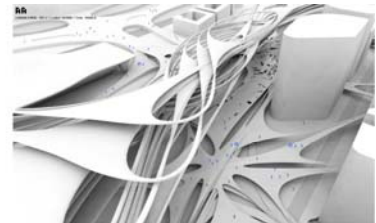
當圖片本身內容的元素資訊線索較少時(圖 21),根據表 13 所示,若使用逆向的 MDE 顯示窗排列 III 或 V(遠距螢幕前移至近距螢幕),擇空間立體感尚可(平均大於 3.分)。當顯示窗深度安排為 3:2(前畫面距離大於後畫面距離)。則能強化空間感受為延伸、寬廣的(平均大於 3.5 分)。



實驗圖形五



實驗圖形六



實驗圖形十二

圖 21 元素單純的空間對應圖形

表 13 空間深度評估整理五

順序組合 實驗圖形	I(123)	II(231)	III(312)	比例組合	A(1:1)	B(2:3)	C(3:2)
	IV(132)	V(213)	VI(321)			D(A=0)	E(B=0)
五	1.33	2.33	3.66		2.08	3.30	4.10
六	2.00	0.66	3.66		1.87	0.00	4.00
十二	3.33	2.50	3.33		1.00	1.00	3.60

4.4.結論

綜合整理本實驗的操作流程：首先，利用上章節口語描述空間的重點，所產生的圖形，運用了視平面的概念下，整合出了各種的分佈型態。而後，在本章根據視深度的特性，歸納出 MDE 的順序和比例原則，呈現出各種不同的空間表現。在實驗的結果上，

MDE 顯示窗在排列的方式與概念上，與透視的原則的關係相當密切。線性分佈的 MDE 顯示窗設定中，圖形空間的順序排列是重要的。如實驗圖片一、四(圖 22)，這兩張圖片除了皆有一個主角來組構起整個畫面，其在方向的引導也非常的清楚。因此，當要使用線性方式安排 MDE 顯示窗時，具有空間主角並且能夠表現方向的圖片，為背景的優先選擇。分布群組以及不規則分佈的 MDE 顯示窗設定，在使用的概念上具有較多的雷同。以實驗圖片的五、六、十二(圖 23)為例，其內容都具有非常明顯的透視，因此在 MDE 系統的使用上，得以針對各個圖形中的消失點數量來判斷排列的方式。

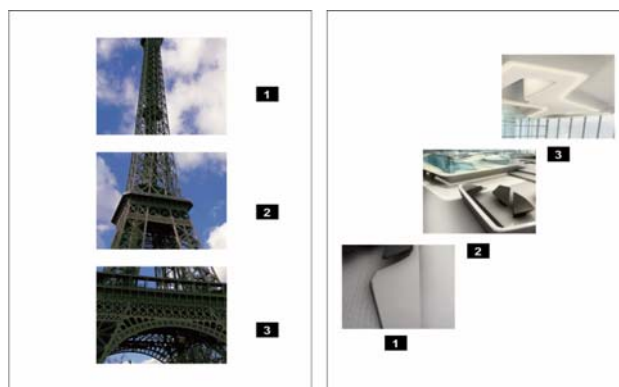


圖 22 線性引導對照圖形

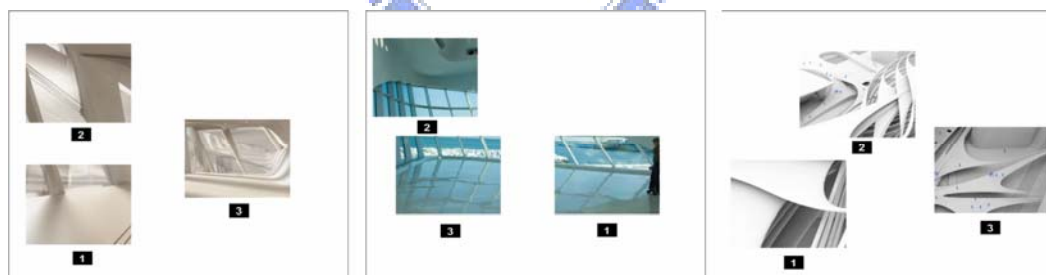


圖 23 透視引導對照圖形

因此，本研究歸納實驗結果提出，未來在選擇圖片場景來創造 MDE 空間時，設計師宜參考下列的挑選想法。第一選用具有空間內容的圖片，能夠使得設計師在分析圖形的空間線索過程，能有較完整對於該圖片的解讀方式；進而在表現空間的設計過程裡，專心於設計重點的呈現。第二、當選擇的圖形，其空間組織的分佈上為線性時，呈現清楚

的空間主角，為連結其他空間元素的關鍵。第三選用圖片有明顯的透視線索者。透視為本研究認為表現出空間的要素，因此對於所使用於 MDE 的背景，具備透視的空間性，得以讓設計師在對於 MDE 空間的特性強化上，有更明顯的呈現。依據上述三點的綜合整理，使用 MDE 做為空間表現的媒材時，其所選擇使用的圖形，若具備上述的重點，在對於空間的呈現上，能夠有較為清楚的掌握。另外，當掌握了原始圖片的空間組織，MDE 的空間則能夠依照設計師的意圖來表現。



第五章：設計準則歸納

經由前面兩個實驗的分析與整理，本章歸納使用 MDE 組構空間的步驟以及方法。並且，針對各種組合的空間，給予所對應空間的參考，提供設計師於未來應用時的參考依據。

5.1. 場景擇選

各式種類的空間場景，因其內容的特色與主題，本應以不同的方式呈現。實驗結果顯示，一個場景內容的「空間基礎」越豐富，則 MDE 顯示窗組合方式，也有較多的對應。因此，本研究認為，選擇「空間」場景是 MDE 表現空間的基本依據，挑選出合適的場景，能使設計師在該系統的使用上，較容易掌握所創造的空間。



場景具有鮮明的主角

空間是由各種元素所組合而成，而人在閱讀空間時會依據感覺，並且利用經驗來尋找對應的空間資訊(Harrison & Dourish, 1996)。本研究實驗歸納，當場景的內容組織，具有強烈的主題性質時，空間設計者能夠直接的指認出來(圖 24)。相對地，當場景含有多種的資訊，空間設計者在解讀的過程，會反覆使用感受與元素的說明，來說明該場景的空間。因此，當場景本身的主題性較為明顯時，若運用 MDE 系統呈現，對於在辨析出空間元素主角，以排列出基於視平面的分佈組合的過程，也較為單一。而若場景無明確主題，有多重的解讀，MDE 的應用則容易落入不適合的排列方式分佈。



圖 24 具備鮮明主題的圖形

試圖以完形主義的概念來說明，當場景有主要的空間元素資訊時，利用 MDE 分離所製造出來的空間，即使螢幕本身為分離的，但仍具有完整的相互關係：連續律與閉合律。而在這樣的 MDE 空間裡，人於該空間中體驗的過程，亦比較容易連結資訊，並且填補想像未呈現出來的空間。所以，選用具備鮮明主角的場景，做為 MDE 系統呈現的背景應用，能取得較為合理的空間呈現。

場景中空間元素的分佈

MDE 顯示窗視平面的三種排列分布中，群組型的分佈所排列的各種組合場景，皆能呈現明顯的空間效果。若以人類對於直觀的感受會有快速的反應(Kuhn, 1970)推論，當影像在內容上的重點元素豐富的並且分佈均勻時，則視覺閱讀過程較長，而在反應其獲得到的感受也會較為多元，造成了群組型的分佈多數的明顯空間感(圖 25)。

MDE 系統為未來設計師創造空間的媒材，在設計上的應用，可創造更多的空間變化。因此，場景內的空間元素分佈，使得 MDE 所創造的空間，具有多種空間感表現。所以，在場景內容裡，空間元素分佈較為分散者，能夠提供較多元的 MDE 設計安排。

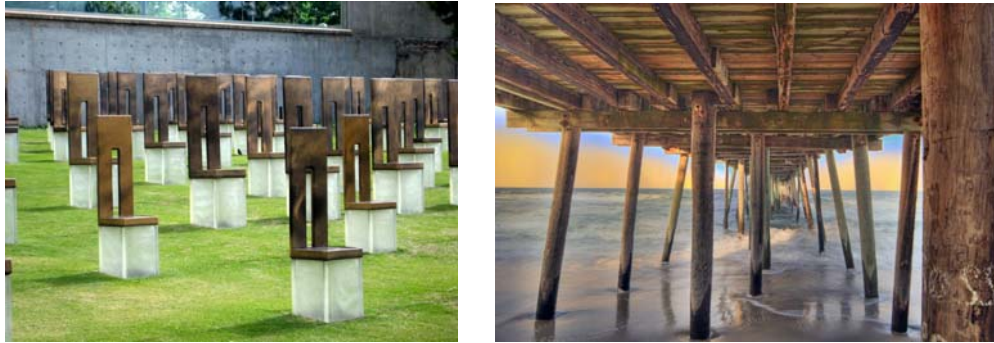


圖 25 空間元素分散分佈的空間圖形
(圖片來源: <http://www.photosig.com/go/main>)

綜合上述兩項關於 MDE 場景選用的重點，空間資訊本身，是影響 MDE 空間特性呈現的重要因子。MDE 所選用的場景，必須是主題明確，或是空間元素的分佈均勻。然而一個合適的場景，也相對地能夠使得設計師在操作空間過程中，能夠專心於利用螢幕間組合，提出多元的空間效果表現，來讓體驗者感受。

5.2.MDE 顯示窗安排原則

MDE 空間在排列分佈上與場景內容空間的透視原則相關。其中螢幕的排列順序決定 MDE 空間呈現的重點，而深度排列的分佈則強化原本場景內的空間線索認知。因此當設計師使用 MDE 來組織空間時，對於螢幕空間位置的分佈原則，依據實驗的分析結果做出以下歸納。

分佈位置與透視消點

透視消失點的數量，影響 MDE 顯示窗的在組織排列方式。具單一消的場景，其消失點的位置會成為人視覺閱讀重點目標；當多消點的場景，視覺則會將連接各消點的空間主角，視為閱讀上的重點(圖 26)。因此，MDE 排列的順序，宜根據場景消點的位置來組

織空間，以符合人判斷空間序列的基本認知。設計師則可對於空間的立體強弱加以變化，來豐富設計的內容。

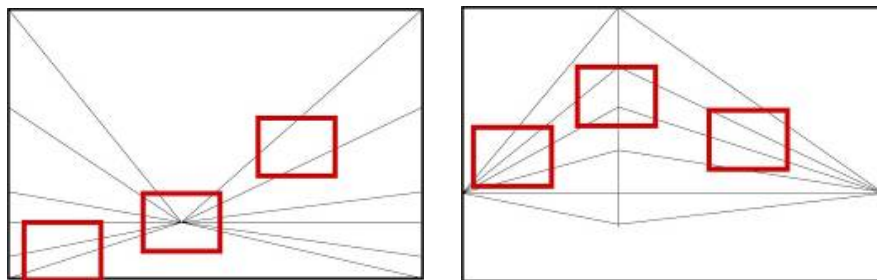


圖 26 依據透視消點做為 MDE 排列組合

分佈位置與邊界範圍

邊界是形塑出空間的基礎，空間體驗者必須先空間範圍後，才接著閱讀其中的元素，進而將元素組構成不同的形式。MDE 顯示窗的位置分佈，宜依據空間的範圍來組織空間(圖 27)，以避免人對於空間資訊無法做出聯想組織。而在具有範圍的場景，設計師亦便於思考空間的組織，利用設計概念上對於空間的大小特性，以 MDE 來控制空間感的變化。

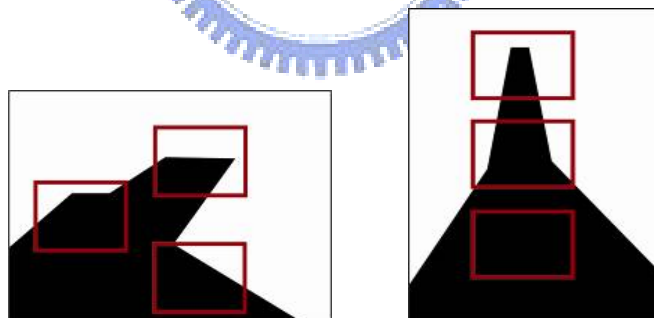


圖 27 依據邊界範圍做為 MDE 排列組合

5.3.設計應用

在掌握了場景內容與空間分佈的應用後，本節以設計師在從事設計的立場上，來探討在使用 MDE 的空間創造過程，其所專注的重點以及使用原則的想法。

第一階段

空間的設計，對於設計師在起步的概念發想階段，首先必須要有刺激，進而進入設計的操作(Atwood, McCain, & Williams, 2002; Kroeh, 1987; Laurie, 1985; Mitchell & McCullough, 1991; 張基義, 1997)。針對 MDE 的使用，刺激的產生，來自於設計師本身對於設計概念的掌握與詮釋，另外也可能因為在場景選擇的過程中，而衍生出設計的新方向。因此，設計師使用 MDE 在創造空間的首要步驟重點，為掌握「場景」。設計師必須預期設計的空間應有的空間氛圍，進而選用具備有該空間感受的場景。此外，在設計概念發想階段，則可藉場景空間圖像的搜尋參考，分析其場景內容的空間元素組成，思考元素與設計概念間的對應關係，進而選定「場景」。

設計概念、感受的呈現以及媒材的使用，三者的相互影響下，設計才得以產生。大多數的設計師認為，一個設計的成敗關鍵點在設計概念的起步上(施植明, 1992; 張基義, 1997)。所以，在使用 MDE 做為空間設計的媒材來表現空間，第一階段中的場景選擇，非常重要。合適的場景，設計師則可根據其場景內容的元素分佈、空間呈現，進行分析，以挑選出空間重點來安排 MDE 顯示窗。顯示窗的安排則如前節(5.2.)原則，依場景透視消點與邊界範圍，將該選擇場景的空間特性表現出來。

第二階段

排列空間為 MDE 的使用上，設計師發揮設計想法的階段。由於在第一階段中，對於場景的分析上所獲得的資料，成為在本階段中，創造空間的各種素材因子。因而，設計師運用各種因子來創造，能夠對應其設計想法的 MDE 空間。試圖在場景的分佈上，所組合的各螢幕前後基礎，思考如何強化場景本身的立體性質。透過比例上的安排，獲得各種不同的效果。

在這個階段的討論中，則是回到針對設計的呈現來討論。因此，所謂 MDE 的第二階段運用，可以當作設計的媒材上使用。其用途同等於目前構築空間的材料一般。空間設計者可以針對設計概念的想法上，並且把握在上個章節中 MDE 所呈現的特色空間，自由的發揮。



第六章：結論與建議

6.1.研究成果

透過文獻與實驗分析歸納，提出應用 MDE 於空間設計的原則，期待 MDE 系統能成為設計師在空間設計過程，思考搭配組織設計的媒材。MDE 顯示窗的安排，與「視覺焦點區域」相關，其排列的順序，以圖片的透視為基礎，而顯示窗前後距離的控制，能夠強化出空間特性的效果表現。本研究結果，綜合上述的 MDE 使用上的概念整理，使設計師的空間組織上，新增 MDE 系統為主軸的空間設計可能。

回到顯示系統設備，其具備區分實體空間的物理特性。在本研究中，MDE 在空間相關的運用中，呈現實體與虛擬空間結合的概念上，提出了使用的原則構想。另外，經過實驗分析的結論，整理不同場景的影像，其空間組織關係搭配。在上述的兩個成果上，MDE 系統在設計運用上，獲得了更多元的自由度，以供設計師使用。

6.2.研究限制

本研究僅以單一觀察者的立場，探討垂直於觀察者視線的多個平行的 MDE 顯示窗所呈現的空間感，是本研究限制之一。此外，本次研究中的 MDE 系統為以 VR-CAVE 來進行模擬，排除實際使用 MDE 系統時，會面臨到外在環境的干擾或是在硬體技術障礙，因此，本研究提出之 MDE 設計應用準則，仍需實務應用加以檢證。

6.3.未來研究建議

本研究僅探討垂直且相互平行的 MDE 顯示面，而建築空間中有許多不相平行的面。因此，對於空間設計與 MDE 的互相搭配，結合建築空間的畫面與 MDE 顯示產生的各種設計可能，將可延伸本研究的成果，深入探討 MDE 新媒材的可能。此外，本研究僅探索靜態空間的呈現，若能夠提升而進入動態的空間呈現，使得空間達到「動」的行為，可延伸探討建築空間的可變性與動態變化。

在設計空間中，可嘗試置入更多組的 MDE 系統，並且掌握多組圖片，以相同組織的背景，來輪流的切換，造成更多樣化的空間效果。這樣的效果，反應出體驗該空間的人，能夠於一個相同的空間，獲得多重的空間感受。如此，設計師有機會讓未來的空間形式，以不同的想法與概念去做表達。此外，人對於空間感受的認知，也許也會因為在空間的多元條件下，可能有新的體驗。

科技本身的快速進步，讓現代人的生活方式也跟著在改變。然而人類的想法，事實上也是會隨著時代在演進的。每個時代的空間設計師，都嘗試的使用於該時代所研發出來的技術，來置入空間中。因此，在這個數位化的時代裡，如何結合以及使用新的技術來創造空間，提供人類不同的相關感受。本研究認為，這樣的過程，是設計者在每個時代中，皆會思考並且嘗試去實行的目標之一。

參考文獻

- Angrill, M. C., & Parramon, J. M. (2007). 《透視》(陸谷孫 & 黃勇民, Trans.). 臺北市: 三民.
- Arnheim, R. (1974). *Art and Visual Perception*. USA: University of California Press.
- Atchison, D. A., & Smith, G. (2000). *Optics of the Human Eye*. Boston, USA: Oxford Press.
- Atwood, M. E., McCain, K. W., & Williams, J. C. (2002). How does the design community think about Design. *Proceedings of the Conference on Designing interactive systems: Processes, Practices, Methods, and Techniques*. June 25-28, 2002, London, England.
- Camurri, A., Mazzarino, B., & Volpe, G. (2004). Expressive Interfaces. *Cognition Technology & Work*. 6(1):15-22.
- Chomsky, N. (1975). *Reflections on Language*. New York, USA: Pantheon.
- Cross, N. (1996). Natural intelligence in design. *Design Studies*. 20(1):25-39.
- Ericsson, K. A., & Simon, H. A. (1993). *Protocol Analysis: Verbal Reports as Data*. London: MIT Press.
- Eysenck, M. W., & Keane, M. T. (2003). 《認知心理學》(李素卿, Trans.). 台北: 五南.
- Gombrich, E. H. (1997). 《藝術的故事》(雨云, Trans.). 台北市: 聯經出版公司.
- Gregory, R. L. (2006). 《視覺心理學》(瞿錦春 & 張芬芬, Trans.). 台北市: 五南.
- Harrison, S., & Dourish, P. (1996). Re-place-ing space: the roles of place and space in collaborative systems. *Proceedings of the 1996 ACM conference on Computer supported cooperative work*. November 16-20, 1996, Boston, United States.
- Koffka, K. (1935). *Principles of Gestalt Psychology*. New York: Harcourt, Brace & World.
- Kuhn, T. S. (1970). *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: University of Chicago Press.
- Laurie, M. (1985). *An Introduction to landscape Architecture*. New York, USA: Elsevier Publishing Company.
- McNeill, T., Gero, J. S., & Warren, J. (1999). Understanding conceptual electronic design using protocol analysis. *Research in Engineering Design*. 10(3):129-140.
- Mine, M. R. (1995). *Virtual Environment Interaction Techniques*. *Technical Report TR95-018*. University of North Carolina, Chapel Hill Department of Computer Science.

- Mitchell, W. J., & McCullough, M. (1991). *Digital Design Media*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Nacenta, M. A., Aliakseyeu, D., Sriram, S., & Gutwin, C. (2005). A Comparison of Techniques for Multi-Display Reaching. *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*. April 02 - 07, 2005, Oregon, USA.
- Nacenta, M. A., Sallam, S., Champoux, B., Subramanian, S., & Gutwin, C. (2006). Perspective cursor: perspective-based interaction for multi-display environments. *Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in computing systems*. April 22 - 27, 2006, Québec, Canada.
- Parush, A., & Bermanb, D. (2004). Navigation and orientation in 3D user interfaces: the impact of navigation aids and landmarks. *International Journal of Human-Computer Studies*. 61(3), 375-395.
- Schön, D. A., & Wiggins, G. (1992). Kinds of seeing and their function in designing. *Design Studies*. 13(2):135.
- Shen, C., Everitt, K., & Ryall, K. (2003). Ubitable: Impromptu Face-to-Face Collaboration on Horizontal Interactive Surfaces. *UbiComp 2003: Ubiquitous Computing*. October 12-15, 2003, Seattle, WA, USA.
- Stefik, M. J., Foster, G., Bobrow, D. G., Kahn, K., Lanning, S., & Suchman, L. (1987). Beyond the chalkboard: Computer Support for Collaboration and Problem Solving in Meeting. *Communication of the ACM*. 30(1):32-47.
- Steuer, J. (1995). Defining Virtual Reality: Dimensions Determining Telepresence. *Communication*. 42(4):73-93.
- Streitz, N., Geißler, J., & Holmer, T. (1998). Roomware for cooperative buildings: integrated design of architectural spaces and information spaces. *Cooperative Buildings. Integrating Information, Organization, and Architecture: First International Workshop, CoBuild'98*. February 02-05, 1998, Darmstadt, Germany.
- van Someren, M. W., Barnard, Y. F., & Sandberth, J. A. C. (1994). *The Think Aloud Method: a Practical Guide to Modelling Cognitive Processes*. London: Academic Press.
- Ware, C. (2000). *Information Visualization - Perception for Design*. San Fransisco, USA: Morgan Kaufmann.
- Wundt, W. M. (1939). 《心理學導言》(吳頌皋, Trans.) 台北市: 商務印書館。
- 施植明. (1992). 解構主義: 建築理論的困境. 《設計學報》1:79-85.

- 張基義. (1997). 蛻變中的設計-Eisenman 事務所的電腦運用. 《Dialogue 建築雜誌》9:59.
- 彭一剛. (1990). 《建築空間組合論.》台北市: 地景企業股份有限公司.
- 鄭昭明. (2006). 《認知心理學-理論與實踐》台北市: 桂冠圖書.



附錄

附錄一、口語資料整理

參與者 A

時間	斷句	圖片	編碼順序
0513	.....一種導引的關係。像這張照片，我覺得它有一種空間的律動.....		SC-PC
0657	.....是用顏色的方式去表達他空間的層次。空間的層次.....一種從平面的關係，而衍伸出一種空間層次.....		SD-PC-PC-PC
0828	.....白色根灰色，和更深的灰色.....造成這一幅的構圖。		SD-SD-SD-PC
0928	.....衍生出的一些深度，那那個深度可能不是傳統的透視，的關係.....		PC-SC

時間	斷句	圖片	編碼順序
1058	.....一朵玫瑰花，可是當你近看.....那就看從什麼樣的角度去看這樣的東西		SE-PC
1157	.....他的空間層次，是用了不同的顏色.....去詮釋一個3D律動的感覺。那這是一種空間層次的表現		PC-SD-PC-PC
	...利用線條的方式，去...去環繞出，一個3D向度的事情，而他去把他的軌跡給記錄下來.....		SE-PC
1659	.....舞者是在一些淺淺的水面上，做出舞蹈的動作.....映射的關係，而讓這個空間感得以有延伸的感覺.....		SE-SD-PC
1952	利用湖水去映射建築或者是人.....這個空間感而讓這個空間得以延伸.....		SE-PC
2135	.....還滿強烈的，應該說....我詮釋的不是很好。.....變的更大，這景圍感覺變的更寬闊更大		PC-SC

時間	斷句	圖片	編碼順序
2322	.....線條.....而讓他有方向感		SE-PC
2531	.....一些微小狀態的一種空間變化.....紋理是垂直的.....利用了顏色.....塑造出一種空間的層次		SC-SD-SD-PC

參與者 B

時間	斷句	圖片	編碼順序
	.....一個全黑的空間，之後在牆上開一個開口然後讓光產生出來.....空間感從此開始產生		SD-SE-SD-PC
0917	.....他的牆是可以界定出他的空間範圍加上陽光，.....看起來是一個很協調的狀況		SE-SD-PC



時間	斷句	圖片	編碼順序
1042	有周遭牆的界定的狀況，還有光線灑進來。讓人能夠感受到.....		SE-SD-PC
	樹下.....透過樹跟光線，這兩件事情所構成的空間感，再加上光線照射在樹上所造成的陰影		SE-SE-SD-PC-SD-SD
1408	.....把尺度放大一點，一個大草原裡面的樹.....也是有空間感的。所以，光線的帶入		SC-SE-PC-SD
1445	.....光線.....所以這個畫面讓我感受到一個很開闊的空間感。		SD-PC
1558	.....陰影.....毫無邊際的....空氣...但是...這些要素之下都需要有光線這個要素，才能夠被成立，這個空間感.....		SD-SE-PC

時間	斷句	圖片	編碼順序
	有透視.....透視也會影響空間感形成的另外一個很重要的要素		SC-PC
2250	在樹後面....往後延申的畫面我感覺是有		SE-SC-SC

參與者 C

時間	斷句	圖片	編碼順序
2101	既一貫的風格.....如說打摺、明亮或是用一塊布，連續性的感覺.....		SC-SD-SD-SE-PC

時間	斷句	圖片	編碼順序
			
3202	.....人體的關節節點.....用不同的線連起來，其實那些線，他其實點是一樣的位置，可是他線連接的方式，過程不一樣，所以我覺得他回應到他說的那件事情.....連接出.....他想要表示的這個概念。		SE-SE-PC-SC-PC
3859	整個房間的感覺一體性，因為它是連續性的，所以他的空間會有流暢的感覺.....桌子就是凸出來一塊，床就是凸出來一塊，燈藏在間接光源。他其實乍看之下就是一體，可是他是因應需求，透過隆起的連續感覺		PC-SC-PC-SE-SE E-SE-SD-PC
	利用鏡面的反射來達到他的延續性		SE-SD-PC
	一種動態的美.....光的層次，然後，又有連續性的空間流動感.....		PC-SD-PC

時間	斷句	圖片	編碼順序
5402	他是種流動的空間，需要扶手究龍起來，天花板就凹進去，要樓梯就折斜板，因為功能需求而改變空間，造成空間流動的感覺.....		PC-SE-SE-SE-PC
	它是一體的，.....同一個元素上面去做變化。		PC-SE



附錄二、MDE 模擬空間評分整理(1)

主從空間評估



實驗圖形	場景	評分一	評分二	評分三	評分四	平均
—	AI	4	3	4	4	3.75
—	BI	4	3	5	3	3.75
—	CI	2	5	4	3	3.50
—	DI	4	4	2	4	3.50
—	EI	4	4	3	5	4.00
—	AII	4	3	3	4	3.50
—	BII	4	5	5	3	4.25
—	CII	4	5	5	4	4.50
—	DII	4	4	3	1	3.00
—	EII	4	3	2	4	3.25
—	AIII	2	3	2	3	2.50
—	BIII	4	3	2	2	2.75
—	CIII	4	4	4	2	3.50
—	DIII	3	4	3	1	2.75
—	EIII	3	5	1	2	2.75
—	AIV	3	4	2	3	3.00
—	BIV	4	4	5	4	4.25
—	DIV	3	5	3	4	3.75

實驗圖形	場景	評分一	評分二	評分三	評分四	平均
—	AV	4	3	3	5	3.75
—	BV	4	5	3	3	3.75
—	DV	3	4	3	3	3.25
—	AVI	4	3	1	3	2.75
—	BVI	5	4	3	3	3.75
—	DVI	3	5	2	2	3.00
—	AI	1	5	4	3	3.25
—	BI	2	1	5	2	2.50
—	CI	2	2	5	5	3.50
—	DI	4	5	5	3	4.25
—	EI	4	5	4	2	3.75
—	AII	5	3	1	1	2.50
—	BII	2	4	4	4	3.50
—	CII	2	4	4	2	3.00
—	DII	4	4	3	1	3.00
—	EII	5	4	3	5	4.25
—	AIII	5	5	3	5	4.50
—	BIII	2	4	4	4	3.50

實驗圖形	場景	評分一	評分二	評分三	評分四	平均
二	CIII	2	3	5	5	3.75
二	DIII	5	1	4	4	3.50
二	EIII	5	5	2	5	4.25
二	AIV	2	4	2	3	2.75
二	BIV	2	4	1	2	2.25
二	DIV	2	4	3	3	3.00
二	AV	2	2	4	3	2.75
二	BV	3	4	2	5	3.50
二	DV	4	2	3	4	3.25
二	AVI	5	5	4	3	4.25
二	BVI	2	4	4	5	3.75
二	DVI	5	4	5	4	4.50
三	AI	2	4	3	5	3.50
三	BI	3	2	5	4	3.50
三	CI	2	4	4	4	3.50
三	DI	3	2	4	4	3.25
三	EI	3	3	1	3	2.50
三	AII	4	3	4	3	3.50

實驗圖形	場景	評分一	評分二	評分三	評分四	平均
三	BII	2	4	2	3	2.75
三	CII	4	4	3	4	3.75
三	DII	3	4	2	1	2.50
三	EII	4	4	3	3	3.50
三	AIII	4	4	5	5	4.50
三	BIII	1	2	3	4	2.50
三	CIII	3	2	2	3	2.50
三	DIII	3	3	2	2	2.50
三	EIII	4	5	4	3	4.00
三	AIV	1	4	5	2	3.00
三	BIV	2	3	2	2	2.25
三	DIV	3	2	1	4	2.50
三	AV	4	2	4	5	3.75
三	BV	3	5	4	5	4.25
三	DV	5	5	4	4	4.50
三	AVI	3	4	5	2	3.50
三	BVI	3	4	5	2	3.50
三	DVI	4	4	1	2	2.75

實驗圖形	場景	評分一	評分二	評分三	評分四	平均
四	AI	3	4	2	4	3.25
四	BI	4	4	4	5	4.25
四	CI	4	4	5	4	4.25
四	DI	2	2	4	1	2.25
四	EI	4	3	4	3	3.50
四	AII	5	4	4	4	4.25
四	BII	2	5	4	4	3.75
四	CII	4	5	5	3	4.25
四	DII	5	2	3	5	3.75
四	EII	3	4	4	4	3.75
四	AIII	4	2	1	4	2.75
四	BIII	3	3	3	4	3.25
四	CIII	2	1	2	5	2.50
四	DIII	4	2	4	4	3.50
四	EIII	3	3	5	4	3.75
四	AIV	2	5	2	3	3.00
四	BIV	2	3	2	5	3.00
四	DIV	5	2	3	3	3.25

實驗圖形	場景	評分一	評分二	評分三	評分四	平均
四	AV	5	5	4	5	4.75
四	BV	4	5	4	4	4.25
四	DV	5	5	5	4	4.75
四	AVI	1	5	1	4	2.75
四	BVI	2	2	2	4	2.50
四	DVI	5	4	4	3	4.00
五	AI	3	3	2	4	3.00
五	BI	4	1	2	4	2.75
五	CI	4	3	4	3	3.50
五	DI	4	2	2	4	3.00
五	EI	4	3	5	4	4.00
五	AII	5	4	4	4	4.25
五	BII	3	4	3	5	3.75
五	CII	3	4	5	5	4.25
五	DII	2	4	4	4	3.50
五	EII	3	5	5	4	4.25
五	AIII	4	5	4	5	4.50
五	BIII	4	3	5	5	4.25

實驗圖形	場景	評分一	評分二	評分三	評分四	平均
五	CIII	3	3	4	4	3.50
五	DIII	5	5	2	5	4.25
五	EIII	4	4	5	5	4.50
五	AIV	5	4	2	3	3.50
五	BIV	2	3	5	3	3.25
五	DIV	2	5	2	4	3.25
五	AV	4	4	2	4	3.50
五	BV	3	2	3	5	3.25
五	DV	3	5	2	3	3.25
五	AVI	2	5	3	3	3.25
五	BVI	4	5	3	4	4.00
五	DVI	3	3	2	5	3.25
六	AI	2	3	5	4	3.50
六	BI	4	4	3	3	3.50
六	CI	2	2	2	3	2.25
六	DI	4	3	5	5	4.25
六	EI	5	5	3	4	4.25
六	AII	3	3	4	3	3.25

實驗圖形	場景	評分一	評分二	評分三	評分四	平均
六	BII	2	4	1	4	2.75
六	CII	4	1	2	3	2.50
六	DII	3	2	2	2	2.25
六	EII	4	5	3	4	4.00
六	AIII	4	4	4	4	4.00
六	BIII	4	4	3	3	3.50
六	CIII	4	5	1	5	3.75
六	DIII	4	3	5	4	4.00
六	EIII	3	5	3	3	3.50
六	AIV	2	3	5	4	3.50
六	BIV	4	5	1	4	3.50
六	DIV	4	5	5	4	4.50
六	AV	2	2	2	4	2.50
六	BV	4	2	2	3	2.75
六	DV	3	3	2	3	2.75
六	AVI	4	4	2	3	3.25
六	BVI	4	4	3	4	3.75
六	DVI	4	2	5	4	3.75

實驗圖形	場景	評分一	評分二	評分三	評分四	平均
七	AI	4	4	3	4	3.75
七	AI	2	2	5	3	3.00
七	BI	3	4	4	3	3.50
七	DI	5	4	4	4	4.25
七	EI	4	5	4	5	4.50
七	AII	4	5	2	5	4.00
七	BII	4	4	5	4	4.25
七	CII	4	3	5	5	4.25
七	DII	4	3	3	4	3.50
七	EII	5	4	4	5	4.50
七	AIII	4	3	5	2	3.50
七	BIII	4	4	5	4	4.25
七	CIII	4	4	4	4	4.00
七	DIII	4	3	4	4	3.75
七	EIII	4	5	5	5	4.75
七	AIV	3	3	3	3	3.00
七	BIV	3	3	5	4	3.75
七	DIV	4	4	4	4	4.00

實驗圖形	場景	評分一	評分二	評分三	評分四	平均
七	AV	3	5	4	4	4.00
七	BV	3	4	4	4	3.75
七	DV	4	3	3	4	3.50
七	AVI	4	5	4	1	3.50
七	BVI	4	3	3	2	3.00
七	DVI	3	4	2	2	2.75
八	AI	3	3	5	4	3.75
八	BI	4	2	3	4	3.25
八	CI	2	4	5	2	3.25
八	DI	4	3	5	4	4.00
八	EI	4	4	3	4	3.75
八	AII	4	2	4	3	3.25
八	BII	5	4	2	5	4.00
八	CII	2	3	4	3	3.00
八	DII	4	4	2	2	3.00
八	EII	4	5	4	5	4.50
八	AIII	5	4	2	5	4.00
八	BIII	3	5	2	3	3.25

實驗圖形	場景	評分一	評分二	評分三	評分四	平均
八	CIII	3	5	5	3	4.00
八	DIII	3	3	4	5	3.75
八	EIII	3	4	4	5	4.00
八	AIV	3	4	4	4	3.75
八	BIV	5	5	4	5	4.75
八	DIV	4	3	4	5	4.00
八	AV	2	2	4	4	3.00
八	BV	3	5	2	2	3.00
八	DV	3	3	1	5	3.00
八	AVI	4	4	4	3	3.75
八	BVI	4	5	2	5	4.00
八	DVI	3	4	5	2	3.50
九	AI	3	3	4	5	3.75
九	BI	2	3	2	3	2.50
九	CI	4	3	2	4	3.25
九	DI	3	5	4	4	4.00
九	EI	5	5	4	4	4.50
九	AII	4	5	2	3	3.50

實驗圖形	場景	評分一	評分二	評分三	評分四	平均
九	BII	4	2	4	3	3.25
九	CII	2	2	4	5	3.25
九	DII	4	4	4	4	4.00
九	EII	4	4	5	4	4.25
九	AIII	2	4	3	2	2.75
九	BIII	4	3	4	3	3.50
九	CIII	4	1	3	5	3.25
九	DIII	2	2	4	1	2.25
九	EIII	3	4	3	3	3.25
九	AIV	1	4	3	5	3.25
九	BIV	4	3	1	3	2.75
九	DIV	3	3	4	3	3.25
九	AV	3	5	3	3	3.50
九	BV	2	5	4	3	3.50
九	DV	5	5	1	4	3.75
九	AVI	3	3	2	3	2.75
九	BVI	2	1	2	4	2.25
九	DVI	4	3	4	2	3.25

實驗圖形	場景	評分一	評分二	評分三	評分四	平均
+	AI	4	3	4	4	3.75
+	BI	2	3	1	5	2.75
+	CI	4	3	3	5	3.75
+	DI	3	2	2	3	2.50
+	EI	3	4	4	2	3.25
+	AII	4	4	4	3	3.75
+	BII	3	3	4	3	3.25
+	CII	4	4	2	2	3.00
+	DII	3	4	1	2	2.50
+	EII	4	5	3	1	3.25
+	AIII	3	3	3	3	3.00
+	BIII	3	3	4	1	2.75
+	CIII	2	3	3	4	3.00
+	DIII	4	3	3	5	3.75
+	EIII	4	5	3	3	3.75
+	AIV	4	2	5	4	3.75
+	BIV	4	2	4	4	3.50
+	DIV	3	2	2	4	2.75

實驗圖形	場景	評分一	評分二	評分三	評分四	平均
+	AV	4	4	4	4	4.00
+	BV	4	5	4	4	4.25
+	DV	3	4	2	3	3.00
+	AVI	3	3	3	3	3.00
+	DVI	3	4	5	2	3.50
+	DVI	4	3	5	4	4.00
+-	AI	5	4	3	3	3.75
+-	BI	5	5	3	3	4.00
+-	CI	3	2	4	5	3.50
+-	DI	4	4	2	4	3.50
+-	EI	3	4	5	5	4.25
+-	AII	4	4	3	3	3.50
+-	BII	3	2	2	3	2.50
+-	CII	3	1	3	5	3.00
+-	DII	2	4	5	2	3.25
+-	EII	4	5	3	3	3.75
+-	AIII	5	5	2	3	3.75
+-	BIII	3	2	1	5	2.75

實驗圖形	場景	評分一	評分二	評分三	評分四	平均
十一	CIII	4	3	5	3	3.75
十一	DIII	3	1	4	2	2.50
十一	EIII	4	3	5	5	4.25
十一	AIV	4	3	3	2	3.00
十一	BIV	3	2	3	5	3.25
十一	DIV	3	5	4	5	4.25
十一	AV	4	4	3	3	3.50
十一	BV	4	3	3	5	3.75
十一	DV	4	4	4	4	4.00
十一	AVI	4	5	3	4	4.00
十一	BVI	3	2	2	5	3.00
十一	DVI	3	2	1	4	2.50
十二	AI	3	4	4	3	3.50
十二	BI	4	4	2	4	3.50
十二	CI	4	3	4	3	3.50
十二	DI	3	4	4	4	3.75
十二	EI	4	3	4	5	4.00
十二	AII	3	4	3	3	3.25

實驗圖形	場景	評分一	評分二	評分三	評分四	平均
十二	BII	3	3	3	5	3.50
十二	CII	2	3	1	3	2.25
十二	DII	3	3	5	5	4.00
十二	EII	4	2	4	2	3.00
十二	AIII	5	4	3	4	4.00
十二	BIII	2	3	2	3	2.50
十二	CIII	2	4	4	3	3.25
十二	DIII	5	3	4	4	4.00
十二	EIII	4	4	4	3	3.75
十二	AIV	3	5	3	3	3.50
十二	BIV	3	5	2	4	3.50
十二	DIV	5	2	3	4	3.50
十二	AV	2	4	3	4	3.25
十二	BV	2	3	1	3	2.25
十二	DV	5	3	2	4	3.50
十二	AVI	5	4	4	4	4.25
十二	BVI	3	5	3	3	3.5
十二	DVI	2	3	5	5	3.75

附錄三、MDE 模擬空間評分整理(2)

深度空間評估



實繪圖形	場景	評分一	評分二	評分三	評分四	加總
—	AI	4	4	5	4	4.25
—	BI	4	5	4	3	4.00
—	CI	2	2	5	4	3.25
—	DI	4	3	3	4	3.50
—	EI	3	3	3	4	3.25
—	AII	2	3	3	2	2.50
—	BII	2	3	1	2	2.00
—	CII	3	2	3	3	2.75
—	DII	3	2	4	2	2.75
—	EII	2	2	2	2	2.00
—	AIII	2	3	2	2	2.25
—	BIII	4	2	2	2	2.50
—	CIII	4	3	4	2	3.25
—	DIII	2	2	3	2	2.25
—	EIII	2	1	2	2	1.75
—	AIV	2	4	3	4	3.25
—	BIV	3	3	5	3	3.50
—	DIV	3	3	4	4	3.50

實繪圖形	場景	評分一	評分二	評分三	評分四	加總
—	AV	4	4	4	4	4.00
—	BV	2	2	2	3	2.25
—	DV	2	3	3	2	2.50
—	AVI	2	1	1	2	1.50
—	BVI	5	3	2	1	2.75
—	DVI	2	2	2	3	2.25
—	AI	5	5	5	1	4.00
—	BI	3	1	4	2	2.50
—	CI	4	2	3	5	3.50
—	DI	4	3	5	2	3.50
—	EI	4	2	3	3	3.00
—	AII	5	1	2	3	2.75
—	BII	2	4	4	4	3.50
—	CII	2	3	3	1	2.25
—	DII	3	2	4	2	2.75
—	EII	2	3	2	3	2.50
—	AIII	3	5	4	4	4.00
—	BIII	2	4	3	5	3.50

實繪圖形	場景	評分一	評分二	評分三	評分四	加總
三	CIII	2	4	2	5	3.25
三	DIII	4	4	2	5	3.75
三	EIII	3	1	1	2	1.75
三	AIV	2	4	2	3	2.75
三	BIV	1	4	1	3	2.25
三	DIV	4	4	4	4	4.00
三	AV	4	2	4	2	3.00
三	BV	3	4	4	5	4.00
三	DV	4	4	4	4	4.00
三	AVI	5	4	4	4	4.25
三	BVI	2	4	5	5	4.00
三	DVI	1	3	2	2	2.00
三	AI	4	5	5	5	4.75
三	BI	2	2	3	3	2.50
三	CI	2	3	3	4	3.00
三	DI	4	4	5	5	4.50
三	EI	3	3	5	2	3.25
三	AII	4	3	4	5	4.00

實繪圖形	場景	評分一	評分二	評分三	評分四	加總
三	BII	2	4	2	4	3.00
三	CII	4	2	4	3	3.25
三	DII	2	4	2	3	2.75
三	EII	2	4	3	3	3.00
三	AIII	3	2	2	4	2.75
三	BIII	2	2	5	2	2.75
三	CIII	2	2	5	3	3.00
三	DIII	3	2	3	4	3.00
三	EIII	4	3	3	2	3.00
三	AIV	4	2	3	1	2.50
三	BIV	2	4	5	2	3.25
三	DIV	4	1	1	2	2.00
三	AV	4	3	4	5	4.00
三	BV	4	4	2	3	3.25
三	DV	3	4	4	4	3.75
三	AVI	3	5	5	2	3.75
三	BVI	2	3	5	3	3.25
三	DVI	4	2	4	2	3.00

實驗圖形	場景	評分一	評分二	評分三	評分四	加總
四	AI	3	5	2	2	3.00
四	BI	3	4	5	3	3.75
四	CI	4	3	5	3	3.75
四	DI	4	5	3	5	4.25
四	EI	4	5	3	5	4.25
四	AII	4	3	2	3	3.00
四	BII	2	3	3	2	2.50
四	CII	4	5	2	2	3.25
四	DII	5	4	2	4	3.75
四	EII	2	2	3	4	2.75
四	AIII	2	2	4	3	2.75
四	BIII	2	3	4	3	3.00
四	CIII	3	1	4	5	3.25
四	DIII	3	3	1	3	2.50
四	EIII	3	1	5	4	3.25
四	AIV	2	4	4	3	3.25
四	BIV	3	4	4	5	4.00
四	DIV	4	4	2	3	3.25

實驗圖形	場景	評分一	評分二	評分三	評分四	加總
四	AV	4	4	4	5	4.25
四	BV	4	5	3	3	3.75
四	DV	4	4	5	5	4.50
四	AVI	1	4	3	3	2.75
四	BVI	2	4	2	4	3.00
四	DVI	4	4	2	3	3.25
五	AI	2	4	2	3	2.75
五	BI	2	1	4	3	2.50
五	CI	2	2	2	4	2.50
五	DI	3	4	2	5	3.50
五	EI	3	4	5	5	4.25
五	AII	4	5	5	3	4.25
五	BII	3	4	5	5	4.25
五	CII	3	4	5	5	4.25
五	DII	4	4	4	3	3.75
五	EII	4	3	3	3	3.25
五	AIII	4	5	4	4	4.25
五	BIII	4	4	5	4	4.25

實驗圖形	場景	評分一	評分二	評分三	評分四	加總
五	CIII	3	2	3	5	3.25
五	DIII	4	4	1	5	3.50
五	EIII	3	3	5	4	3.75
五	AIV	3	4	4	3	3.50
五	BIV	3	3	4	3	3.25
五	DIV	4	5	3	4	4.00
五	AV	4	5	3	3	3.75
五	BV	3	4	5	5	4.25
五	DV	5	5	3	3	4.00
五	AVI	2	5	3	2	3.00
五	BVI	4	5	3	4	4.00
五	DVI	5	5	2	5	4.25
六	AI	3	2	5	2	3.00
六	BI	2	4	2	1	2.25
六	CI	1	2	2	3	2.00
六	DI	4	2	4	4	3.50
六	EI	4	1	4	4	3.25
六	AII	3	3	3	2	2.75

實驗圖形	場景	評分一	評分二	評分三	評分四	加總
六	BII	1	3	2	3	2.25
六	CII	3	2	2	3	2.50
六	DII	2	2	1	2	1.75
六	EII	3	1	3	2	2.25
六	AIII	4	3	4	3	3.50
六	BIII	4	2	2	3	2.75
六	CIII	2	3	1	2	2.00
六	DIII	4	4	5	4	4.25
六	EIII	3	1	4	4	3.00
六	AIV	3	2	5	3	3.25
六	BIV	4	4	1	3	3.00
六	DIV	4	3	3	4	3.50
六	AV	4	4	3	4	3.75
六	BV	4	3	2	2	2.75
六	DV	2	3	3	2	2.50
六	AVI	4	4	2	4	3.50
六	BVI	4	4	2	4	3.50
六	DVI	3	3	5	5	4.00

實驗圖形	場景	評分一	評分二	評分三	評分四	加總
七	AI	4	3	4	4	3.75
七	AI	3	3	3	3	3.00
七	BI	3	3	4	3	3.25
七	DI	4	4	2	5	3.75
七	EI	3	2	4	4	3.25
七	AII	4	4	5	5	4.50
七	BII	2	4	3	3	3.00
七	CII	2	3	3	4	3.00
七	DII	4	4	3	5	4.00
七	EII	3	3	5	4	3.75
七	AIII	3	4	2	2	2.75
七	BIII	3	3	3	3	3.00
七	CIII	3	4	3	3	3.25
七	DIII	5	4	4	2	3.75
七	EIII	3	2	4	5	3.50
七	AIV	4	4	4	2	3.50
七	BIV	3	3	5	3	3.50
七	DIV	4	4	5	5	4.50

實驗圖形	場景	評分一	評分二	評分三	評分四	加總
七	AV	4	5	3	4	4.00
七	BV	3	4	4	3	3.50
七	DV	3	4	4	5	4.00
七	AVI	3	5	3	1	3.00
七	BVI	4	2	3	3	3.00
七	DVI	3	3	1	2	2.25
八	AI	4	3	5	5	4.25
八	BI	4	2	4	3	3.25
八	CI	2	3	4	2	2.75
八	DI	4	4	5	5	4.50
八	EI	4	2	4	4	3.50
八	AII	3	4	2	4	3.25
八	BII	5	4	4	5	4.50
八	CII	2	2	3	3	2.50
八	DII	3	3	2	2	2.50
八	EII	2	1	4	5	3.00
八	AIII	5	5	3	3	4.00
八	BIII	4	4	2	4	3.50

實驗圖形	場景	評分一	評分二	評分三	評分四	加總
八	CIII	3	5	2	3	3.25
八	DIII	4	3	5	5	4.25
八	EIII	3	1	4	3	2.75
八	AIV	3	3	4	5	3.75
八	BIV	2	5	5	5	4.25
八	DIV	4	4	5	5	4.50
八	AV	3	4	3	4	3.50
八	BV	4	4	4	2	3.50
八	DV	3	3	4	5	3.75
八	AVI	4	4	3	1	3.00
八	BVI	4	2	3	5	3.50
八	DVI	2	2	3	2	2.25
九	AI	1	2	3	5	2.75
九	BI	3	3	2	2	2.50
九	CI	3	2	1	4	2.50
九	DI	4	5	4	3	4.00
九	EI	3	2	4	1	2.50
九	AII	3	5	4	2	3.50

實驗圖形	場景	評分一	評分二	評分三	評分四	加總
九	BII	2	3	4	3	3.00
九	CII	3	2	2	5	3.00
九	DII	2	2	3	4	2.75
九	EII	3	4	5	2	3.50
九	AIII	2	3	2	2	2.25
九	BIII	3	4	2	3	3.00
九	CIII	2	1	2	5	2.50
九	DIII	3	4	2	5	3.50
九	EIII	3	3	3	2	2.75
九	AIV	1	4	2	5	3.00
九	BIV	3	2	2	3	2.50
九	DIV	2	2	2	2	2.00
九	AV	3	5	4	3	3.75
九	BV	4	4	4	3	3.75
九	DV	2	4	1	3	2.50
九	AVI	3	3	5	2	3.25
九	BVI	4	3	3	4	3.50
九	DVI	3	2	3	5	3.25

實驗圖形	場景	評分一	評分二	評分三	評分四	加總
+	AI	3	3	4	2	3.00
+	BI	3	2	2	4	2.75
+	CI	1	3	1	4	2.25
+	DI	3	3	2	3	2.75
+	EI	2	3	4	2	2.75
+	AII	2	2	4	3	2.75
+	BII	3	4	3	1	2.75
+	CII	2	2	3	1	2.00
+	DII	2	2	1	1	1.50
+	EII	2	2	4	2	2.50
+	AIII	2	3	1	2	2.00
+	BIII	3	3	3	2	2.75
+	CIII	2	1	1	2	1.50
+	DIII	2	4	4	3	3.25
+	EIII	2	3	4	2	2.75
+	AIV	4	4	5	3	4.00
+	BIV	4	3	3	4	3.50
+	DIV	4	4	3	4	3.75

實驗圖形	場景	評分一	評分二	評分三	評分四	加總
+	AV	3	3	2	3	2.75
+	BV	2	2	1	3	2.00
+	DV	3	3	2	1	2.25
+	AVI	3	3	2	3	2.75
+	DVI	4	1	2	2	2.25
+	DVI	3	2	5	2	3.00
+-	AI	5	5	4	3	4.25
+-	BI	3	5	4	3	3.75
+-	CI	3	2	3	4	3.00
+-	DI	4	5	3	5	4.25
+-	EI	3	3	5	3	3.50
+-	AII	2	4	3	4	3.25
+-	BII	3	1	1	4	2.25
+-	CII	3	1	2	4	2.50
+-	DII	2	3	5	1	2.75
+-	EII	4	2	4	2	3.00
+-	AIII	5	5	3	3	4.00
+-	BIII	3	2	4	5	3.50

實驗圖形	場景	評分一	評分二	評分三	評分四	加總
十一	CIII	4	3	3	4	3.50
十一	DIII	5	2	4	4	3.75
十一	EIII	4	3	5	3	3.75
十一	AIV	4	4	5	3	4.00
十一	BIV	3	2	4	4	3.25
十一	DIV	5	5	4	3	4.25
十一	AV	5	4	4	4	4.25
十一	BV	4	4	4	5	4.25
十一	DV	1	1	1	1	1.00
十一	AVI	3	3	5	3	3.50
十一	BVI	2	3	4	5	3.50
十一	DVI	2	3	1	3	2.25
十二	AI	3	4	3	2	3.00
十二	BI	4	4	2	3	3.25
十二	CI	3	3	5	3	3.50
十二	DI	3	4	5	4	4.00
十二	EI	2	3	3	4	3.00
十二	AII	3	4	3	3	3.25

實驗圖形	場景	評分一	評分二	評分三	評分四	加總
十二	BII	3	4	4	4	3.75
十二	CII	3	3	5	3	3.50
十二	DII	4	2	1	5	3.00
十二	EII	2	3	5	3	3.25
十二	AIII	3	2	4	4	3.25
十二	BIII	3	3	2	4	3.00
十二	CIII	3	3	3	1	2.50
十二	DIII	5	3	5	3	4.00
十二	EIII	4	3	3	5	3.75
十二	AIV	3	5	3	3	3.50
十二	BIV	3	5	3	3	3.50
十二	DIV	3	4	4	5	4.00
十二	AV	2	4	1	4	2.75
十二	BV	3	4	3	4	3.50
十二	DV	4	3	4	1	3.00
十二	AVI	2	3	3	3	2.75
十二	BVI	3	4	3	2	3.00
十二	DVI	3	2	5	5	3.75