

南華大學管理科學研究所碩士論文  
A THESIS FOR THE DEGREE OF MASTER OF BUSINESS ADMINISTRATION  
GRADUATE INSTITUTE IN MANAGEMENT SCIENCES  
NAN HUA UNIVERSITY

碎形理論應用在博物館展示設計研究  
THE APPLICATION OF FRACTAL THEORY ON EXHIBITING STATUES

指導教授：藍俊雄 博士

ADVISOR: PH.D CHUN-HSIUNG LAN

研究生：魏麗嫻

GRADUATE STUDENT: LI-CHUAN WEI

中 華 民 國 九 十 三 年 六 月

# 南 華 大 學

管理科學研究所

碩 士 學 位 論 文

碎形理論應用在博物館展示設計研究

研究生：魏慶博

經考試合格特此證明

口試委員：藍國柯

于健

吳政'08

指導教授：吳政'08

所 長：傅春聲

口試日期：中華民國 九十三年 五月 十九 日

## 誌 謝

本論文能順利付梓，首先要感謝藍教授 俊雄的細心指導，並於研究期間給予諸多指引與啟發，從論文題目的選擇，研究架構的確立，到資料分析，口試準備等過程，都給予我很大的幫助，從中讓我了解到論文寫作，研究方法及要領，這些寶貴的心得與經驗，對於我未來的工作及發展都將帶來極大的影響與助益。本論文未盡完備之處，承蒙澤宇惠賜諸多寶貴意見，使得本論文能更加完備，特此寄上最誠摯的謝意。

在校兩年期間，對於學校師長及同學之間所共同營造出來的學習氣氛與情誼，是最寶貴與難忘的回憶，這些人與事包括我們一夥經常聚會討論功課的藍氏家族，至忠、亮倫、宜文、熾昌等諸位同學對於我人生經歷及成長帶來相當震撼與影響，他們對我的關懷，協助與付出，我將永銘於心。

研究期間，承 陳國寧老師 的大力幫忙，借助他在博物館業界的人脈，專業知識及經驗，給予多方指導，使得研究得以順利進行，對於本研究的時程掌握，及後續的分析，助益良多，至為感謝。

進修期間，正值人生低潮期，父母親於空難意外雙亡，頓時人生少了努力的目標，學習正好可以轉移悲傷，至少堅強的走過這段沉痛的日子，在此要特別感謝我的工作夥伴們對我的協助，外子 福源的鼓勵及分擔事業上的辛勞，讓我無後顧之憂，順利完成學業，是我精神上最大的支柱，最後謹以此文獻給我親愛的鏘嵐、煜凱，以及所有關心我的朋友，謝謝你們。

魏麗嫻 謹誌於嘉義

# 南華大學管理科學研究所九十二學年度第二學期

## 碩士論文摘要

論文題目：碎形理論應用在博物館展示設計之研究

研究生：魏麗婷

指導教授：藍俊雄 博士

### 論文摘要內容：

一直以來，有關博物館內部美學與藝術管理的空間設計，大多數是來自於設計師本身的設計經驗。而這種以經驗為導向造成的藝術及美學價值，往往缺乏一套可應用的模式來加以實做或落實。本研究所探討的雕塑藝品配置模式（Deploying Statues Model）不僅將群眾展覽路線，雕塑藝品的總數，大小，以及彼此間之距離均納入考量，更技巧性的規劃出雕塑藝品在展覽空間中的擺設位置以追求藝術性的展現。對大多數的設計師來說，一個藝術空間設計的成功與否，往往來自於是否具有簡潔與明快的視覺效果，以便投射給予觀眾一場舒適的藝術饗宴。因此本研究嘗試以「簡單就是美」作為空間美學的主要假設，並藉由空間複雜度（spatial complexity）作為衡量空間簡單性的一種指標，至於衡量空間複雜度之方式則採用碎形維度（Fractal Dimension）之觀念。除此之外，本文運用福傳程式（Fortran Program）發展出一套計算智慧（Computational Intelligence）來實施藝術作品擺置的設計。接著，運用前測實驗設計測試本研究計算智慧的可用性。最後再以位於臺灣嘉義市的祥太文教基金

會文化館作為實例施測對象。透過驗證之結果，顯示出本研究所提出之計算智慧，著實在雕塑藝展覽空間設計的初始思索過程中，扮演極具價值與參考性的角色。

**關鍵詞：**碎形維度、空間複雜度、展示區域、標竿試驗

**Title of thesis:** The Application of Fractal Theory on  
Exhibiting Statues

**Name of Institute:** Graduate Institute in Management  
Sciences, Nan Hua University

**Graduate date:** June 2004      **Degree Conferred:** M.B.A.

**Name of student:** Li-Chuan Wei    **Advisor:**

Ph.D.Chun-Hsiung Lan

## **Abstract**

The design for exhibiting statues in an exhibition area comes from the designer's experience, but such design has no simple criterion to be followed. Our model, Depolying Statues (DSs) model, not only applies the fractal dimension to measure the spatial complexity as its objective, but also considers the traffic flow zone, the number of statues, the average diameter of a statue, and the minimum allowable distance of adjacent statues to deploy the spatial configuration in an exhibition area. The minimal complexity (fractal dimension) is mainly focused because exhibiting designers deem that the spatial simplicity leads to comfortable visions for visitors. In fact, this paper submits an applicable aspect of fractals, and a computerized tool written in Fortran program to perform the spatial arrangement of statues in an exhibition area is provided. A case study through visual reality design for exhibiting Mercy Buddha in Hosanna Museum at Chiayi Taiwan is followed. This study indeed contributes a valuable tool in conducting the pre-stage of thinking process for exhibiting designers to design their

exhibitions.

**Keywords:** fractal dimension; spatial complexity; exhibition area;  
Benchmark study.

# 目錄

中文摘要 .....	i
英文摘要 .....	iii
目錄 .....	v
表目錄 .....	vii
圖目錄 .....	viii
第一章 緒論 .....	1
1.1 研究背景與研究動機 .....	3
1.2 研究目的 .....	5
1.3 研究方法與研究流程 .....	5
1.4 研究限制 .....	7
第二章 文獻探討 .....	8
2.1 科學與藝術 .....	8
2.2 碎形理論 .....	10
2.3 博物館展示規劃 .....	14
2.3.1 展示 .....	14
2.3.2 博物館展示規劃 .....	15
2.4 展示設計的應用 .....	18
第三章 模式建構 .....	22
3.1 假設及符號說明 .....	23

3.2 模式建構 .....	25
3.3 逐步數學演算法 .....	27
第四章 研究結果與討論 .....	30
4.1 研究結果 .....	30
4.2 討論 .....	39
第五章 結論與建議 .....	41
5.1 結論 .....	41
5.2 建議 .....	42
參考文獻 .....	44

## 表目錄

表 4.1 於  $k=1$  具參觀動線之情況下透過計算智慧所模擬而得之建議最佳雕塑藝品之佈置座標點位及部分運算結果 .....33

表 4.2 透過計算智慧(CI)所得之優選雕像佈置座標點位及部分運算結果37

## 圖目錄

圖 1.1 研究架構流程圖 .....	6
圖 2.1 碎形維度計算示意圖( $r$ 與 $N(r)$ 之關係) .....	11
圖 2.2 不同點位型態下之碎形維度值( $D_1$ )。(a)整齊佈置(Regular point pattern) (b)隨機佈置(Random point pattern) (c)隨機叢集佈置(Random clumped point pattern) (d) 集結叢集佈置(Aggregated clumped point pattern) ...	12
圖 2.3 相同數量之物體因分布位置之差異會影響碎形維度 .....	14
圖 3.1 研究方法理論架構圖 .....	23
圖 4.1 展示空間內可佈置雕像位置網格及參觀動線示意圖 .....	31
圖 4.2 二標竿案例之雕塑藝品建議佈置位置圖( $k=1$ 公尺, $r=0.45$ 公尺), (a) 已預先安排參觀動線 (b)無安排參觀動線 .....	34
圖 4.3 二標竿案例之雕塑藝品建議佈置位置圖( $k=0.8$ 公尺, $r=0.35$ 公尺), (a) 已預先安排參觀動線(b)無安排參觀動線 .....	34
圖 4.4 二標竿案例之雕塑藝品建議佈置位置圖( $k=0.6$ 公尺, $r=0.25$ 公尺), (a) 已預先安排參觀動線(b)無安排參觀動線 .....	35
圖 4.5 嘉義市祥太文教基金會文化館實場佈置雕像位置圖( $d_{\min}=0.1$ 公尺, $r=0.15$ 公尺) .....	36
圖 4.6 以計算智慧(CI)所設計之嘉義市祥太文教基金會文化館實場佈置雕像 之虛擬實境(visual reality)鳥瞰圖 .....	36
圖 4.7(a)~(d) 以計算智慧(CI)所設計之嘉義市祥太文教基金會文化館實場佈 置雕像虛擬實境(visual reality)示意圖(各種角度).....	39

## 第一章 緒論

在 1996 年，Dean 曾提及：所謂的展示設計，本身不僅僅是藝術的表現，更是一門將視覺、空間、實物、舒適度及環境融合的科學。然而每個空間設計師，通常均將其本身的審美觀念及經驗，融合成為他個人專屬的展示風格。雖然，每種不同的展示風格都有其成功與過人之處，但卻沒有一個科學的方法可供運用並將其加以解釋。一般來說，這些經驗總需要經過多次不斷的嘗試及修正錯誤始能成型，因此，對設計師而言，往往會重複運用某些重複的擺設概念，抑運用其修正過的審美基礎來實施空間擺設之設計。自然而然，這種概念會一而再，再而三的出現在他的空間擺設之設計中。逐漸地，便演變成為設計師個人的審美概念及風格（Moon 及 Spencer, 1944）。這種個人風格發展的過程，不僅發生在雕塑藝品展覽空間設計上，也一樣出現在配色調和度之設計上（Moon 及 Spencer, 1944; Granger, 1955）。

本文的主旨，在探討藝品展覽空間設計的美學（尤其是探討雕塑品的擺置位置）。當然，屬於人類專屬的審美觀是絕對不容許更不能被取代。因此，本文的目標，旨在幫助策展人員在空間美感佈置設計的初始過程中，如何提供觀賞群一個美感與舒適兼具的展覽空間。根據美學理論心理學者 Santayana (1896) 指出，愉悅 (Pleasure) 可視為美的一種量化的表現，亦即當具美感的事件發生之際，我們可以體驗到令人愉快的感覺。因此若能設計出一具美感的展示空間，事實上，觀賞群的心情自會感到舒適。因此，本文的主要概念，乃根據學者 Birkhoff (1933) 對美感衡

量指標 (Aesthetic Measure, 簡稱  $M$ ) 所下的定義： $M = \frac{O}{C}$ ；其認為美乃決定於複雜度中秩序的比例，亦即美感衡量指標可由秩序因素 (Order, 簡稱  $O$ ) 以及複雜度因素 (Complexity, 簡稱  $C$ ) 的比例來加以衡量。由此觀之，美感衡量指標與複雜度因素係成反比的關係。因此，對系統而言複雜度越小，所呈現之美感衡量指標越高；也就是說，空間內的佈置越簡單 (複雜度越小)，也將更加容易達到高美感度；所以，如何設計簡單明瞭的展示空間以令人感到愉悅，是本研究所欲追求的終旨。

但是，在實務之操作上，如何將構成秩序和複雜度的因素列舉出來以作為美感的量化指標，仍有諸多困難 (常懷生, 1996)。因此可以說在缺乏有效之空間分析理論建構之前，在空間之設計上欲引用 Birkhoff 之理論仍有一段須努力的地方。這樣困窘的情形持續至法國數學家 Mandelbrot 於 1967 年提出碎形維度 (Fractal dimension) 的理論始得有效的解決，因為碎形維度可視為一很好的評估空間複雜度指標之工具 (Mandelbrot, 1983, 1989, 1990; Barnsley, 1988)。

此外，Dean (1996) 亦有提出，一個藝展空間設計的成功，應將視覺舒適度做審慎的考量。當一個失敗藝展空間設計出現時，人們往往會忘記其展示的藝術品有多美麗，多重要，甚至對其展示的物品給予負面的評價。Miles 及 Gosling (1988) 的研究更進一步指出，大多數的觀眾其注意力僅僅只集中在進館的前三十分鐘；他們希望得到的是整個展示的感覺，而不是對個別展品的感受，觀眾停留在單一展品前，大部分少於三十秒鐘。

因此，本文所要探討的雕塑藝展配置模式 (Deploying Statues

Model)，是結合美感、舒適，且簡明扼要的空間運用模式。此模式運用碎形維度的計算來衡量藝品展覽空間佈置的複雜程度，進而提出一具效率的空間運用與設計美學。

在本文中，我們將考量藝品展覽空間的規模、參觀動線、雕塑品總數以及雕塑藝品間之距離設置，進而建構出一數理模型「雕塑藝品配置模式」，更進一步發展逐步數學演算法以達到最簡化的藝品展覽空間佈置。本研究運用 Fortran 程式完成上述之逐步演算法。本研究並利用兩種標竿實驗（Benchmark Study）反覆地測試本研究之雕塑配置計算智慧（Computational Intelligence）的可使用性。並以位於臺灣嘉義市的祥太文教基金會文化館為例進行實證佈置。

## 1.1 研究背景與研究動機

博物館的展示可說是博物館四大功能之最，根據漢寶德(民 89)先生在「展示規劃」一書中的陳述；有了展示開門就可能稱為博物館了，博物館的專家們認為沒有展示則博物館就沒有存在的意義，展示是博物館的靈魂，展示規劃是命脈，傳統的展示英文為 Display（陳列）就是擺出來讓人觀看，較為靜態且消極；現代的展示（Exhibit）意思較為積極，涵蓋了內在的意義和外在的觀賞，揚棄了傳統上無價值判斷的陳列方式，而改用主導者身份介入展示策劃，直接影響觀眾，現代博物館有一個重要的任務就是滿足觀眾的需求，每一個人都有權利成為藝術鑑賞者，這是時代的新趨勢，而博物館展示是多元的，觀眾有權選擇多元的展示規劃。一定要審慎行之才能達到設館的目的，要做好展示，事前的規

劃、模擬，讓科技替代人力、減少錯誤、降低成本、縮短策展的時間。因為同樣的展示構想（Concept）和展示結構（Structure）在不同的設計師手裡，可以展現不同的格局和感受，但是動線分析是理性的，可以保留討論空間，而空間造型卻是感性的，獨具個人風格而且沒有絕對標準，即便如此兩者之間還是息息相關。

簡言之，展示是博物館將所收藏的物品和資料，經過整理之後，在一定的空間和時間下，以特定的方式呈現給觀眾欣賞，期待透過展覽和觀眾產生良性的互動與共鳴，所以展示是博物館宣達理念及教育觀眾的重要手段。傳統的博物館展覽是由館內研究人員將研究藏品的成果加以規劃展出，要完成一個展示需要各種專業人員參與，光是展示設計就包括了動線設計、擺設、燈光、展品的文案撰寫等等，投入相當的人力、財力、物力，卻不見得能夠獲得預期的效果，故而如果能通用科學化的管理技巧，運用資訊科技、人工智慧，將複雜艱難的部份交給電腦，由運算模式結合藝術品與空間，將理性的原理運用在感性的展品中不失為省時、省力，事半功倍的良方。

總之，美妙的事物是人類所喜愛的，好奇也是人類的天性，一個好的展覽，往往可以提供一種簡單的效果，讓觀眾可以投入、享受、體驗藝術，因為美學欣賞而產生智慧，又能藉著藝術品的啟發，形成一種樂觀、自信並勇於嚐試。同時博物館也是有能力結合專家、科技、眾人之力量，共同完成的一件藝術品，藉由本研究讓博物館成為一個散佈知識、智慧、與快樂的地方。

## 1.2 研究目的

基於以上之研究背景與動機，本研究主要目的概述如下：有關美學與藝術的空間設計，往往來自於設計師本身的設計經驗。而此種以經驗為導向的藝術美學價值，往往缺乏一套可應用與遵循的模式來加以實做或落實。本研究擬發展出一套量化方法來施行藝術展覽品擺設位置的設計工作。

本研究以「簡單就是美」作為空間美學的主軸，並藉由計算空間複雜度來作為空間簡單性的衡量標準。並藉由碎形維度（Fractal Dimension）之觀念衡量空間複雜度。藉由計算展示區的碎形維度來評估展示佈置是否符合簡單美感之概念。

本研究擬發展出一套計算智慧（CI）來實施藝術展覽品擺設位置的設計工作。並藉由位於臺灣嘉義市的祥太文教基金會文化館（Hosanna Museum）所提供的展示空間與欲展覽的雕塑藝術品做為實例施測的對象。最後再根據測試案例的參數變動檢定來驗證本研究所發展之計算智慧的可用性。

## 1.3 研究方法與研究流程

本研究之研究流程如圖 1-1 所示，透過回顧美學與博物館展示之相關文獻，我們嘗試以空間分析之工具來量化視覺場（Visual field），另外本研究利用計算智慧（CI）解析所建構之數學模型，並以數值案例及實例加以驗證計算智慧（CI）之可適用性。

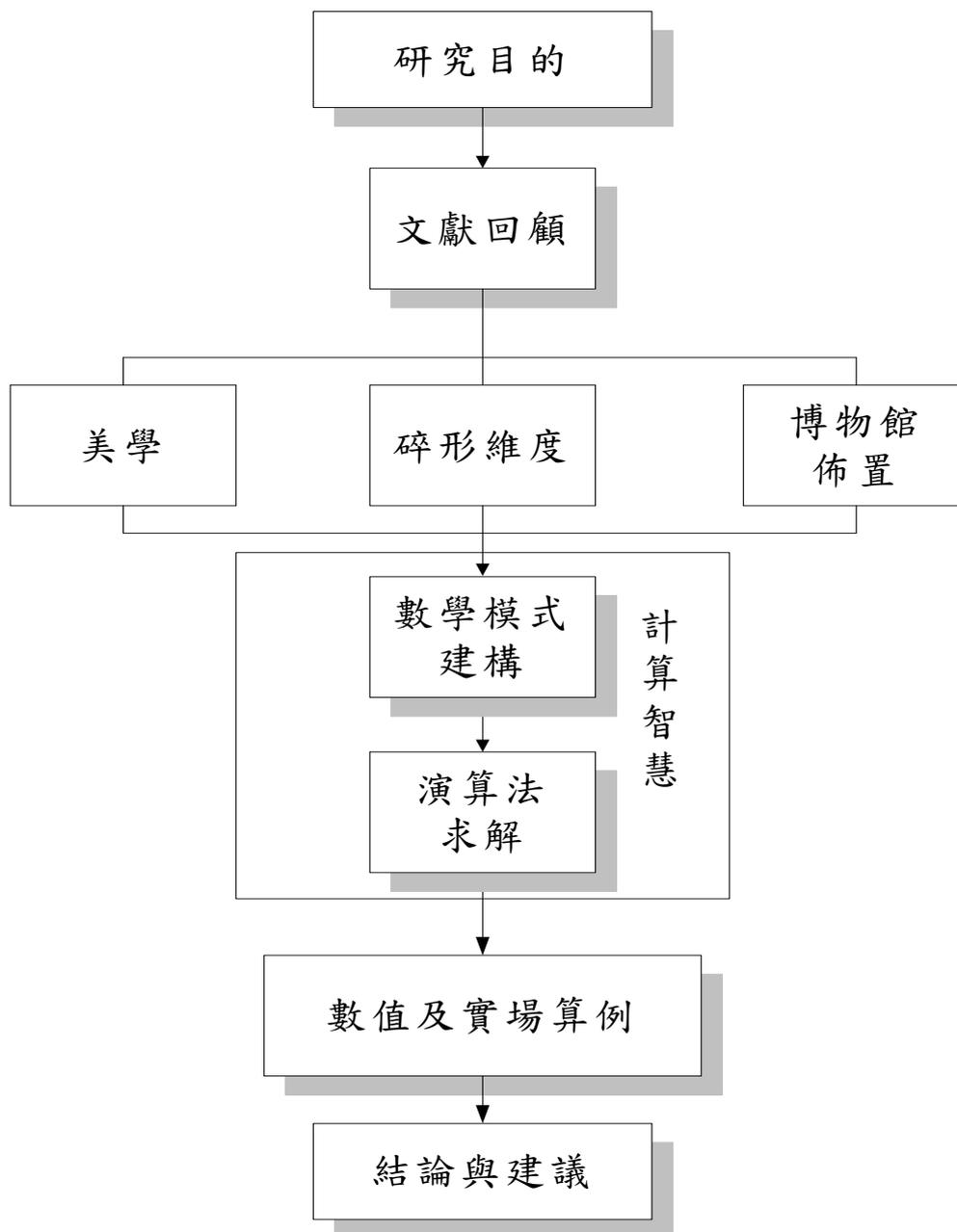


圖 1.1 研究架構流程圖

資料來源：本研究繪製

## 1.4 研究限制

1. 本研究之空間佈置係著重於平面之佈置。
2. 在佈置之前，參觀動線必須先行訂定。
3. 展覽空間本身的主體顏色、設備、照明、燈光等，將不受到不同擺置的影響。
4. 佈置物品應限於同種型態的物品，所謂同種型態其定義指的是，亮度深淺，顏色，結構，及視覺上材質體積皆相近的物品。
5. 由於本研究僅限於討論擺置藝術上的美感，而不將雕塑品本身的美感（或歷史意義）列入考量。

## 第二章 文獻探討

### 2.1 科學與藝術

#### 一、藝術與美感

蘇格拉底及柏拉圖激發了世人對美的感受。他們說，美感是一種共鳴或模仿；而俄國哲學家(Croce 和 Collingwood) 則認為藝術只是一種表現而已。托爾斯泰(Tolstoy)特別深入探討藝術裡如何表達情緒的方法，Bell 等則著重實質的考量；很多藝術的探討都著重在隱藏性的藝術表達上。然而對大多數的人來說藝術與否，是基於藝術品本身的創作過程，事實上對觀賞者的影響，有其自身美感、經驗、方法、想法。因此，美感的定義，對一些人來說即是「藝術」，也就是在於如何去區分「藝術」的以及「非藝術」的表現。大體而言，所謂的「藝術」對社會的影響及價值，同時也是許多美感鑑賞家認定「美感經驗」的認同。美感的情緒、美感的態度、美感的創造或美麗的事物，包括自然事物在內都遠比藝術品的創造要來得重要。

為求因應科技時代的來臨，已有越來越多的藝術家利用科技多媒體來創作，並設法解釋藝術理念，搭起與觀賞者之間溝通、共享之橋樑，博物館在二十一世紀扮演的是協助者的角色，用科學化的觀念，跨越知識和美學鴻溝(McCuaig, 1999)。

#### 二、完形心理學

Dr. Max Wertheimer (1924) 認為完形心理學其原則為簡單 (Simplicity) 之視覺研究受到當時新發現的物理學定律影響，他

認為和物理世界的「場」一樣，在人類的知覺世界裡應該也有一個極為類似的「場」存在。相對於人類視覺世界的便稱為「視覺場」（Visual field）；和人類生活、學習等情境相關的是「知覺場」（Perceptual field）。人們知覺到此一場地，並加以利用再把握這個整體，而至完形（Gestalt），因此「完形」心理學被稱為「場地論」（Field theory）。

「完形」在「視覺場」中的定義是：在「視覺場」中的各種力量組合成一個自我完滿而平衡的整體。在一個「完形」中，任何元素的改變都將影響整體以及各部份之本來特性，因此整體是大於或不等於部份之總和。而「完形」法則證實了 Dr. Max Wertheimer 的視覺觀點：一個物體被人們感覺的方式由它存在於「場」的狀態或條件所決定。也就是說，人類「視覺場」中的諸多元素，不是彼此吸引形成一個整體（Grouping），就是彼此排斥而各自獨立（Not grouping）。「完形」心理學所歸納的認知結論，其實就是描述在「視覺場」中整體（Grouping）的認知如何形成。

Gestalt 這個字源自德文，它有兩種涵義：一是指形狀（Shape）或形式（Form）的意思，也就是指物體的性質；另一種涵義是指一個具體的實體和它具有特殊形狀或形式的特徵。Gestalt 如果用在心理學上，它則代表所謂「整體」（The whole）的概念。而以 Gestalt 為名的「完形」心理學（Gestalt psychology）於 20 世紀初發源於歐洲，它主要是在研究人類知覺與意識上的問題，「完形」心理學反對結構學派（Structuralism）以自我觀察、自我描述等內省的方法分析意識經驗的成份，以及行為主義心理學派

(Behaviorism) 過份強調動物實驗，完全排斥心智歷程的作法。一般而言「完形」心理學視心智歷程和結構為心理學的內涵，企圖以比內省法更科學的方法，來分析瞭解人類如何對於視覺刺激產生視覺上的認知概念。此一學派在國內有人以「完形」稱呼，也有人以其發音直譯為「格式塔」心理學。因此「完形」心理學和「格式塔」心理學其實是同一名詞。

「完形」心理學派是以 Gestalt 作為其理論之主軸，他們認為人類對於任何視覺圖像的認知，是一種經過知覺系統組織後的形態與輪廓，而並非所有各自獨立部份的集合。易言之，「完形」心理學的基本理論認為：「部份之總和不等於整體，因此整體不能分割；整體是由各部份所決定。反之，各部份也由整體所決定」。由此一觀念推論，人們在欣賞一幅圖畫或一張攝影作品時，畫面裡的每一個部份形成了各自獨立之視覺元素，如果想讓觀者留下深刻的視覺認知，元素與元素之間必須彼此產生某種形式之關連。人類的認知系統，如何把原本各自獨立的局部訊息串聯整合成一個整體概念，這正是「完形」心理學派主要的研究課題之一。

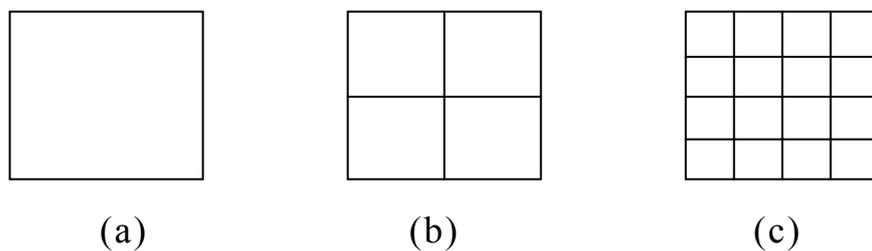
## 2.2 碎形理論

碎形幾何學是近幾年新興的一門數學分支，其在渾沌動態系統 (Chaotic dynamical system) 中佔有很重要的地位。碎形 (Fractal) 是一種數學概念，揭露自然界中潛藏的規則性，以描述自然界的不規則物體在不同尺度下複雜結構的幾何形狀。法裔的美國數學家 Benoit 和 Mandelbrot，在 1967 首創 Fractal 這一名

詞，而該名詞乃由法文中之「破壞」的動詞-Frangere，取其形容詞「Fractus」來的，其意義為「破碎的」、「分裂的」、「不平坦的」，而在數學上之定義則為豪斯道夫維度（Hausdorff dimension）大於拓樸維度（Topological dimension）。

至於碎形之主要特徵為自體相似性（Self-similar）（Stewart, 1999）及具有分數型之維度（Mandelbrot, 1975），而由於其具有描述空間、時間尺度複雜度（Complexity）之特性，因此其應用廣泛包含於工程、財務、醫學、生物、都市規劃等方面（Hung *et al.*, 2002; Anderson, 2002; Lauren, 2002）。

而計算碎形維度之方法之一為盒計法（Box-counting method，簡稱 BCM），利用該法計算求得之碎形維度稱為盒計維度（Box-counting dimension），該維度值乃數學上碎形（Mathematical fractals）維度值之近似。而利用 BCM 所計算得之維度值與  $r$  及  $N(r)$  有關，其中  $r$  為所感興趣之空間其長、寬切割前後之等份數比值，至於  $N(r)$  則意指經過切割  $r$  等份後，所佈置之物體佔據格網之網格數目（Grid numbers），詳可如圖 2-1 所示。



$$r = 1, N(1) = 1 \quad r = 1/2, N(1/2) = 4 \quad r = 1/4, N(1/4) = 16$$

圖 2.1 碎形維度計算示意圖( $r$  與  $N(r)$  之關係)

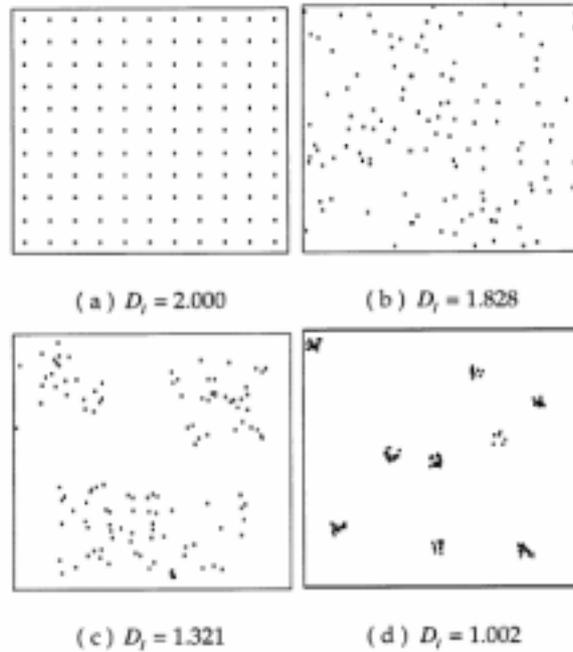
資料來源：本研究繪製

$r$ 、 $N(r)$ 及碎形維度  $D$  之關係可表示如方程式 (2-1) 所示，至於其求解則是將  $N(r)$  與  $\frac{1}{r}$  繪製於雙對數圖上 (Log-log plot)，取該資料點之回歸直線求其斜率即為碎形維度 (Fractal dimension)，該性質可以由方程式 (2-2) ~ (2-3) 導出。另外，根據 Li (2000) 之研究，整齊佈置之型態會有較大之碎形維度值 (如圖 2-2 所示)。

$$N(r) = \frac{1}{r^D} \quad (2-1)$$

$$\log N(r) = D \log \frac{1}{r} \quad (2-2)$$

$$D = \frac{\log N(r)}{\log \frac{1}{r}} \quad (2-3)$$



**圖 2.2** 不同點位型態下之碎形維度值 ( $D_f$ )。(a)整齊佈置 (Regular point pattern) (b)隨機佈置 (Random point pattern) (c)隨機叢集佈置 (Random clumped point pattern) (d) 集結叢集佈置 (Aggregated clumped point pattern)

資料來源：Li, B.L. (2000), Fractal geometry applications in description and analysis of patch patterns and patch dynamics, *Ecological Modelling*, Vol. 132, pp.33-50

數學上之碎形維度存在有相當嚴謹之定義，例如其在空間或時間之尺度上需滿足嚴格之自體相似 (Self-similarity)，然嚴格之自體相似僅僅只能由理論之碎形曲線，如 Koch 曲線中得到 (Sugihara 及 May, 1990; Schroeder, 1991)，自然界之現象卻常是缺乏該特性，因此在應用上大都採用近似的或統計意義上之自體相似性，而 Normant and Tricot (1993) 進一步指出，在空間複雜度之分析上，統計上之自體相似性並非是必要的條件。另外，在眾多之計算碎形維度之方法中，盒計法 (BCM) 是屬於較適合表現空間分布特性的方法，該演算法乃建立於自體相似維度 (Self-Similarity dimension) 之基礎，由於其具有可應用於缺乏嚴格自體相似 (Strict self-similar) 性質時之優點 (Morse *et al.*, 1985)，因此目前已被廣泛應用 (Alligood *et al.*, 1996; Buckzkowski *et al.*, 1998)。至於其他之計算方法，如步進法 (Dividers method)、面積周長比例法 (Area-Perimeter methods) 或變異元法 (Variogram) 等方法則較無法區分出空間之特性，此乃因為這些方法的研究大部分是針對單一的研究單元發展出來的，亦即為計算研究單元其外形破碎程度之方法，以圖 2-3 來看，(a)、(b) 二圖若以步進法或面積周長比例法計算，則其碎形維度值是相同的，而這樣的計算方式並不適合本研究所欲進行之雕塑品佈置分析，而盒計法是屬於研究空間分布特性之計算方法 (陳亮瑜, 2001)。

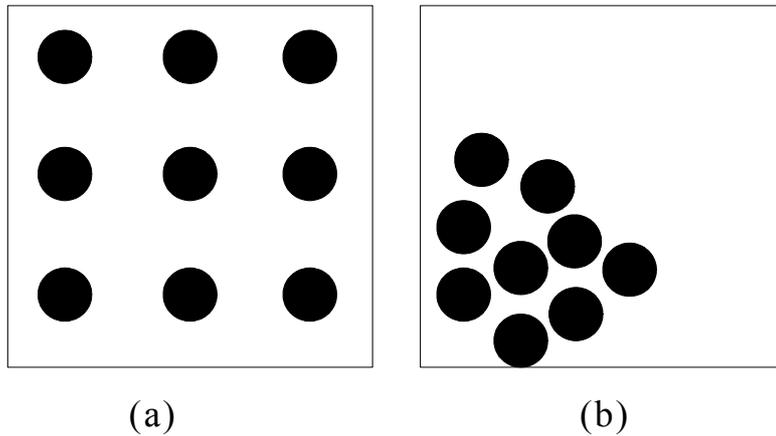


圖 2.3 相同數量之物體因分布位置之差異會影響碎形維度  
 資料來源：轉繪自陳亮瑜(民 90)，碎形維度與空間形態之研究  
 -台灣地區之聚落空間為例，台大地理環境資源學  
 研究所碩士論文。

## 2.3 博物館展示規劃

### 2.3.1 展示

展示在中文上與之相近的詞以展開、展現、展覽、展露等，以示為尾的更多，如誇示、顯示、明示、暗示、提示、開示、揭示、指示、啟示、訓示、告示等。「展」的主要意義是展開，「示」的主要意義是告人，展示的本意即是將原本封閉的張開來告訴人。（黃世輝和吳瑞楓，1992）。

「展示」，顧名思義，就是要把一些事實與觀念，用公開展覽的方法，讓觀眾了解。可是在思考過程，中有幾個蔽障，是不容易避免的(漢寶德，1990)美國現代博物館學者亞當斯博士(Adams，1983)在其「論展覽」一文中指出：「所謂展覽，實指包含有作用之陳列，及有目的之展出等雙重意義」（包遵彭，1987）。日本博物館學家倉田公裕認為，「所謂展示，乃是有積

極意義的陳列方式，來開拓觀賞者的視野，在多種語意上而言，它是意指慎選事物做有目的有組織的陳列。」（伊藤壽朗、森田恆之，1987；張振明，1992）

為了因應資訊科技的發達，人們生活形態的轉變，博物館的角色也跟隨著社會脈動而改變了，博物館的展示可以從本質、現象、實體參個層面去思考，展示的本質面在思考為什麼展示，展示的現象面在思考適切地展示，展示的實體面在思考合理的展示（張崇山，1993）。而展示手法也走向科技化、多元化。（賴明洲，1998）重視的是資訊理念的傳達及展示的效果。未來博物館將藉由科技任意進入不同主題，多功能、多角度去透視一切，未來的展示手法將是講究「新」、「速」、「實」、「簡」的博物館。

展示是一種表現，從以上的資料中可以列整出展示的要素，其實包括了資訊、媒體、空間、表現等要素，而展示設計即是將這些要素，做巧妙組合的行為。

### 2.3.2 博物館展示規劃

博物館的展示起源，早在羅馬帝國時代，貴族為了存放與陳列戰利品而設的場所當時便已有了博物館的雛形，一直到文藝復興時代，因為大量挖掘古物，才出現專門性的博物館，而要到十八世紀，民族風氣盛行以來，才有其正開放給公眾的博物館。台灣則在1980年代先後成立了五座國家博物館。

博物館展示的策略層面，涉及範圍更大，並非單純技術層次而是提高到方法與決策的運用，例如：Bienkowski（1994）提出以軟體系統（Soft system）運用在博物館展示計劃與展示設計過程。對於展示主題的決策探討與展示方法的決定，牽動著博物館的功

能是否能有效發揮（馬佩佩，1998；郭義復，2001）。

陳國寧教授在《博物館學》一書中，提出展示策略有四大原則：（一）知性之處理：量化資料，數據，圖表，實物展出，文字記錄及說明。（二）藝術性處理：美化，感性化、聲、光效果、藝術效果，視覺設計。（三）趣味性處理：卡通化、聲、光效果、故事或劇情化，文學手法，民俗信息、青少年化，童玩化。（四）宣導性之處理：價值判斷及是否具有說服性。

另外，在該書中，陳國寧教授亦將陳列與布置的基本展示方式分為「開放式陳列」與「櫥窗式陳列」，「開放式陳列」的優點是使觀眾對展品較易有親切感，但須確定展品的安全性，通常適合大件、不易被移動、不易因觸摸而損壞或不易被盜竊的展品。「櫥窗式陳列」則用於保護小件、珍貴、易破裂之文物，確保文物的安全，或是展品需確保其展出環境需在某種溫、濕度的狀態下時，則必須採用櫥窗式陳列，而以櫥窗式的為主陳列方式。更進一步探討「動線規劃」，說明展覽場地的參觀路線應該自然、順暢地把觀眾帶到每件展品前面，盡量使他們在進行中參觀，不互相妨礙，與展品保持良好的視覺距離和角度，更應避免觀眾產生有抑或無意觸摸、碰撞展品的機會。

漢寶德(2000)先生在《展示規劃-理論與實務》中，提出展示在基本上是一種空間藝術，展示設計要在既定的空間裡創造出人意表的展示效果，完全靠想像力。對於有想像力的設計者，任何古怪的空間都可以有超水準演出。相反的，一個方正無缺的空間，反而缺乏足以激發想像力的機會。越是天才的設計家，越是能克服空間障礙，空間不一定是策展人員的嚴重挑戰。不同型態

的展示雖有其不同之訴求，但是任何展示技巧之運用，皆為了達到展示之目的，展示設計工作者必須有能力使用各種不同形態的空間，能根據空間特質設計出有特色的展示，室內的空間塑造，是空間切割的藝術，與塑造形體的建築藝術完全不同。

博物館「建築」是自由表現度最少，要合乎力學與美學的原則。重視外在的造型，重視與大環境或自然環境的配合，內部動線與空間是一般作業必須考慮的。博物館在建築方面應注意：  
〈一〉舒適、安全、方便，現場容易辨識所處位置。  
〈二〉建築細部要求：內容、面積、大小等。  
〈三〉展覽廳的特殊要求：水、電、氣壓、樓面負荷、樓面共振、照明、消防、殘障設施、展覽品搬運（天花板有起重機可搬運展品）。設計完成時，必須檢查建築與展覽品間界面問題。  
〈四〉特別展覽品的建築要求：高度、樓面負荷等。  
〈五〉對外設施的建築要求：演講廳、臨時展覽館、餐廳等設施的數量。

博物館展示設計是一個新行業，目前仍缺乏專業策展人才，展覽會場屬於空間設計領域，最重要的是內在空間之美，而設計理論則是針對其方法為對象所研究形成的知識，設計不僅僅靠豐富想像力，更不是無中生有，設計應有一定理論基礎來支持設計活動的進行，更須要正確的思維模式來達成設計最終目的。而「展示」則無須尊重幾何原則，因其較重視藝術性，且展示藝術在空間上雖然有固定的限制，但精神上卻是自由的，完全不必考量自然與外型，功能、表現、空間等，在先天上，其自由度遠超過室內設計，和建築佔有同等的重要性。所有展覽多數使用三度空間環境，而所謂三度空間的環境意思是指三度空間的關聯性，其中

物件不能單獨的使人經驗到什麼，它需要與它所在的展出空間及與它一起展出的物件之間有所關聯。

此外，強調展示的美感不只是為吸引觀眾，而且是要以美來感染觀眾。因此，美是一個成功的展示所必須具備的條件。在書中更分析展示空間的特質有五點：（一）限制：為在既有之空間中安排，多已有外緣之限制。（二）自由：外緣之內並無任何限制條件，故具有充分之自由度。（三）動線：動線為空間組成之重要考慮因素。（四）隔絕：適於與自然完全隔絕。（五）無形：沒有明確造型。

規劃是一切管理活動之始，要有一個成功的展示，就必須作好展示規劃。展示規劃之意義乃在將展示計劃中的人、事、時、地、物作合理的安排，使得能交互運作，互相配合產生最大效率。我們再從積極的角度來看，展示規劃之目的在於經濟有效地作業，開拓更寬廣的長期發展空間。

## 2.4 展示設計的應用

### 一、學經驗與藝術鑑賞能力在展示設計應用之相關性

藝術的定義是什麼？日常文化中與美感相遇的經驗時刻發生，不過卻很少訴諸定義概念，更不會對藝術下定義，不過藝術的概念可以從日常行為（Behaviors）和分類（Categories）中去推求。Maquet (1986)認為藝術價值的標準不易言之，但是卻很容易從它是否曾經在博物館展出而判斷它是否是藝術品。

多數專家使用美感的（aesthetic）這個詞，來指涉藝術品的知覺性和經驗等特質，這裡所指稱的專家是指那些長於藝術評論、

藝術史、藝術哲學、心理學的人士，以及對所熟悉的藝術做思考的鑑賞家和策展人，他們對某些主要的美感經驗（Aesthetic experience）抱持一致的看法。這其中最具代表性的要從英國思想家一脈相傳，首推羅傑·福萊（Roger Fry）阿其柏·愛力森（Archibald Alison）到克來福·貝爾（Clive Bell）赫伯·李德（Herbert read）愛德華·布洛（Edward Bullough）和哈洛·奧斯本（Harold Osborne）都以他們的美感經驗作為他們的研究核心，來發展出細緻又複雜的美感經驗知識。

「美」不完全在外物、也不完全在人心，「美」之中要有人情也要有物理。美（Beauty），這個等同於美感特質的日常用語，不僅存在於觀眾眼裡，也存在客體之中。為了帶給觀眾充分的美感反應，客體必須有統整而良好的構思，進一步說就是要先整體設計，才能把線條、形狀、顏色和空間，統合在複雜又契合的整體之中。這項視覺上的整合，是依據數種有秩序的原則及風格，方能達成。某些原則的運用或許和文化背景有關，但原則本身和文化無關，因為以美作為構圖，是以美感體驗到的，即使在不同文化領域，觀眾也可透過視覺全然瞭解。因為其形式都是依照相同的原則加以組織。美感經驗的人類學識是一種認知，它是人類學的重要知識：透過某種研究方法和邏輯過程，在特定論述中表達，並以某些資料為基礎，所建構的一種現實。

早在一九三七年，索羅金（Pitirim A. Sorokin）便曾滿懷雄心壯志，出版了《藝術形式的變動》（Fluctuation of Forms of Art）。他以量化關係研究美學現象也曾被運用在大規模研究上。索羅金的理論可以用幾句話作總結。一個文化中，某一部分比其

他部分優先，以邏輯上來說，只有三種文化前提。感官前提（Sensate premise）認為我們以感官所感知的現實是唯一「現實」；理念前提（Ideational premise）認為感官之外才是「真實」，而世界只是虛幻的表象；至於理想前提（Idealistic premise）則同時肯定我們感官與感官無法觸及的「現實」世界。索羅金用兩種實證方法來分析：一事以他所稱的「邏輯—意義法」（Logico-meaningful method）來作直畫分析，二世界他所謂的「因果—功能法」（Causal-functional method）進行量化分析。「這種結合對他來說，似乎是研究社會科學的唯一健全方法。因為他讓邏輯思考—泛化與分析的思考—自由發揮，而同時，它又檢測了由相關經驗事實推論而得的演繹。」在這段討論中，我們只關心量化的過程。

## 二、空間設計

設計思考的研究重點是設計者解決問題時的內在邏輯狀態與決策過程（Rowe,1987），也因此設計思考的研究向度多集在「設計者如何解決設計問題」上。設計者在設計活動進行之初，思考模式常會啟用先前經驗，想像並構想預期活動的結果。關於設計思考的研究，大致可分成兩種不同的看法，一種是把設計活動視為推理的問題解決的過程（Rational problem solving process），另一類將其視為行動的反映過程（Reflection-in-action）。前者意謂著把設計看成是一種科學，強調的是一種對於設計的嚴密分析工作，是以一種客觀的角度來找尋歸納性的結果；後者則主張每一個設計都是獨一無二，藉由不同設計者不同的處理模式都能找到他們自己所要的解答。在這兩

者之間雖然存在著不同的觀點，但兩都都認同設計是在一個問題空間中去尋找合理的解答。

設計方法論是應用在設計領域中探討各種方法的科學。在英文「Methodology」一字有兩種涵意，壹是方法的科學或研究，貳是特殊學科、藝術或是專業中所使用的各種方法、程序、概念和作業原則，但是設計方法論當中有兩個問題必須先了解，一、設計作業過程的主要結構為何？二、設計過程要如何掌握才能得到有效的成果？事實上設計行為包括各種事務的完成，但是最重要的是，設計乃是一種目標導向（Goal-directed）的推理過程。其論述目的在於提供設計人員概念性的補助工具，以便能有效的組織設計程序。

名室內設計師林志銘(民 89)在空間設計方法專書中提出：空間創造的思考模式，其實就是對於人文層面的思考歷程，集中包括，更廣泛的人文因素，例如地區性使用者或是設計者的主觀意識等，這種思考模式可分為理性分析及感性心靈，理性層次如：準則擬定、組織架構系統化等，在知識和數據為基礎的層面中運作，而感性的層次則在一種綜合性的人文意識中產生。傳統的設計方法往往僅憑個人主觀直覺及個人天賦和經驗去從事創作。但是直覺的心理歷程不但神秘且複雜，缺乏客觀理性難以溝通，何況在面臨問題的刺激下，只綜合零碎的美感經驗，並沒有縝密的分析亦未經過推理，只是把以往記憶與經驗在很短時間內綜合判斷。所以通常要解決較為複雜問題時，有系統的架構及分析清楚表現過程，經過理性推論，在其轉換過程找出活動關係，最後再將其轉變成具體的空間型體。

### 第三章 模式建構

Kiersky and Caste (1995) 曾根據對自然現象之觀察提出一理論架構，以描述自然現象如何透過編碼 (Encoding) 的研究方式形成一理論模型，再由理論之基礎下解碼 (Decoding) 成為自然之現象 (詳圖 3-1)；因此本研究之理論基礎，即利用數學、心理學家 Birkhoff (1933) 對自然現象-美感的觀察所得到的美學度量指標 (Aesthetic Measure, 簡稱  $M$ )  $M = \frac{O}{C}$  為自然界中之美感下定義，再透過 Mandelbrot (1967) 所提出之碎形維度 (Fractal dimension) 理論來計量空間佈置之複雜度 (Complexity) 加以解碼成為美感的量化指標；透過這樣的理論架構模型，本研究提出一計算智慧 (CI)，嘗試透過一簡單的雕塑藝品配置模式 (DSs Model) 來解析複雜的視覺場感受。而在求解 DSs 模式方面，本研究以空間離散 (Space discrete) 之精神提出一演算法，以具體、有限化來加以求解 DSs 模式。以下數節將分述本研究之假設、符號說明、模式建構及求解程序。

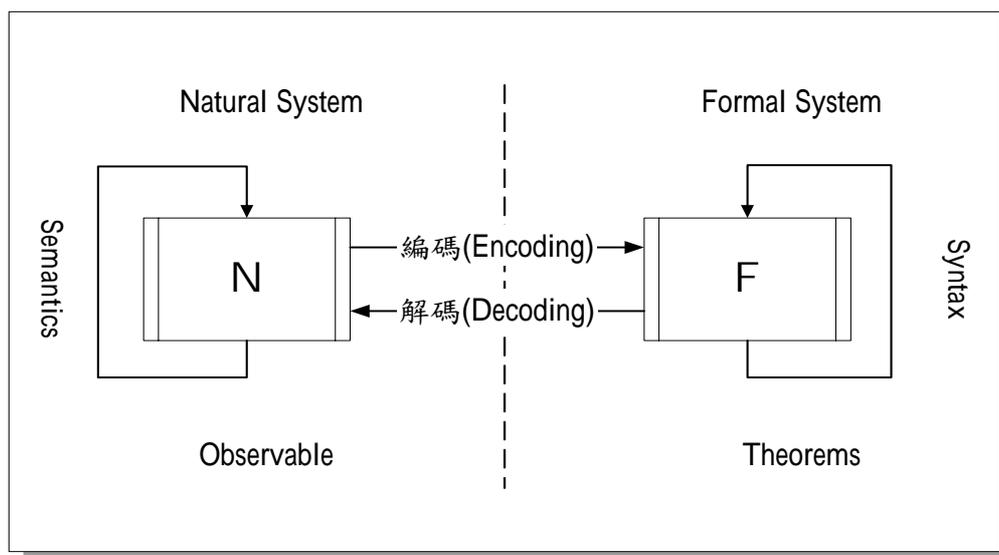


圖 3.1 研究方法理論架構圖

資料來源：Kiersky, J.H. and Caste, N.J. (1995), *Thinking critically : techniques for logical reasoning*, Minneapolis /St. Paul: West Pub. Co.

### 3.1 假設及符號說明

#### 一、 研究假設

1. 本研究假設雕塑藝品之展示空間為一方型空間，牆與牆間包含內裝以平方公尺計算 (Dean, 1996)。而看不見或無法運用的櫃子或者幕後的儲物 (如音響設備等) 則不列入空間的考量中。
2. 在雕塑藝品佈置前，參觀動線必須先行訂定，其次，展覽空間本身的主體顏色、設備、照明、燈光等，將不受到不同擺置的影響。
3. 雕塑藝品可根據設計師的經驗，依照其大小順序依次排列。如此可避免體積較小的雕塑藝品被較大的雕塑

藝品在視覺上遮蔽。

4. 為使本研究所提之計算智慧 (CI) 運用得當,我們的討論將限於同種型態的雕塑藝品佈置,所謂同種型態的定義指的是,亮度深淺,顏色,結構,及視覺上材質體積皆相近的雕塑。這些特性,也是視覺藝術上的主要元素 (Dean, 1996)。

## 二、符號說明

茲將本研究所建構之數學模式符號說明如下：

$FD$ : 碎形維度 (Factal Dimension)。

$b$ : 將展示空間於水平及垂直方向各分成  $b$  等份。

$C(b)$ : 展示空間中展覽品所佔據的方格數。

$r$ : 雕塑藝品的平均半徑。

$d_{\min}$ : 兩個雕塑藝品間可容許的最小間隔距離。

$k$ : 兩個雕塑藝品的中點間的最小距離,其中  $k \geq 2r + d_{\min}$ , 另外,  $k$  亦指每個擺置雕塑藝品展區空間之可佈置方格寬度。

$D_l$ : 展示空間的長度。

$D_w$ : 展示空間的寬度。

$N$ : 展示雕塑藝品的總數。

$(i,j)$ : 每個可佈置方格的位置代號,而每個可佈置雕塑藝品位置的方格面積皆為  $k^2$ 。每個可佈置方格皆可在不妨礙觀瞻美感的前提下,擺置一個雕塑。也就是說,在  $k$  是固定的情況下,一個方形展覽空間的可佈置方格總數是可以被決定的。而每個

可佈置方格僅可擺設一尊雕像。其中  $i$  所代表的是由最左下方算起的第  $i$  列，而  $j$  則為第  $j$  排。

$[f]$ :  $f$  取 Gauss 函數。

$A_k$ :  $A_k$ ,  $A_k = \left\{ (i, j) \left| \begin{array}{l} \forall i = 1, 2, \dots, m_k \\ j = 1, 2, \dots, n_k \end{array} \right. \right\}$  指的是在以  $k$  為佈置寬度

下之一方形展覽室的方格所組成的集合，其中  $m_k$

代表長度可分配的格數，為  $\left[ \frac{D_l}{k} \right]$ 。而  $n_k$  代表寬

度可分配的格數，為  $\left[ \frac{D_w}{k} \right]$ 。

$B_k$ :  $B_k$ ,  $B_k = \{(i, j) | (i, j) \text{ 屬於在以 } k \text{ 為佈置寬度下參觀動線區域 } \forall (i, j) \in A_k\}$

$J_k$ :  $J_k$ ,  $J_k = A_k - B_k$ , 則是在以  $k$  為佈置寬度下，展示空間中可佈置方格所成的集合。

$X_k$ :  $X_k$ ,  $X_k = (a_1, a_2, \dots, a_N) \forall a_i \in J_k$  且  $a_i \neq a_j$ , 是指在以  $k$  為佈置寬度下，由  $N$  個可佈置方格所組成之一組向量。

### 3.2 模式建構

本節主要是說明雕塑藝品配置模式 (DSs Model) 之建構過程。式 (3-1) 係本模式之目標函數，其說明了本模式之目標，乃在固定空間與固定雕塑藝品數量的前提下，如何求得雕塑藝品之佈置位置，以使得整體佈置之碎形維度最小。該設計觀點乃站在美感係與空間之複雜度成反比的關係 (Birkhoff, 1933) 下所做的考量，空間複雜度則採用 Mandelbrot (1967) 所提出之碎形維度

(Fractal dimension) 來計量，至於碎形維度之計算於本研究則是利用廣為人知之盒計法 (BCM, box-counting method) 予以求解 (Alligood *et al.*, 1996; Buckzkowski *et al.*, 1998)，因該方法具有可計算當結構物缺乏嚴格自體相似 (Strict self-similar) 之性質時之優點 (Morse *et al.*, 1985)。方程式 (3-2) 所表現的是所欲設計佈置之展示空間，其潛在之佈置點位，由於在該空間中，若以平面佈置而言，其可能佈置之點位有無限多種可能，因此，本文利用將空間分割離散之方式，取得有限之潛在佈置位置，再進而求其佈置雕塑藝品之排列組合。因此  $\left[ \frac{D_l}{k} \right]$  即在以  $k$  為佈置寬度下，水平方向所切割展示空間之等份數，亦即在水平方向切  $m_k$  等份，至於在垂直方向，則切割為  $\left[ \frac{D_w}{k} \right]$ ， $n_k$  等份。因此在該展示空間，所可能佈置之潛在位置為  $m_k \times n_k$  個網格，該值應大於或等於實際上所欲佈置之雕像總數 ( $N$ )。方程式 (3-3) 在說明每一個可佈置雕像位置之網格其長度  $k$  將會比  $2r + d_{\min}$  為大，也就是說，每一個潛在可佈置雕像之網格至少要能夠容納的下雕像之大小，並且該式亦考慮了視覺上的感受，所以有  $d_{\min}$  兩兩雕像所能容忍之最短間距之存在。方程式 (3-4) 則說明了所有要佈置的雕塑藝品之位置可以一  $N$  維的位置向量  $X_k$  來表示。所建構之雕塑藝品配置模式方程式如下所示。

DSs 模式

$$\left\{ \begin{array}{l} \min_{k, X_k} FD = \frac{\log C(b)}{\log\left(\frac{l}{b}\right)} \end{array} \right. \quad (3-1)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} s.t. \left[ \frac{D_l}{k} \right] = m_k \left[ \frac{D_w}{k} \right] = n_k ; \\ m_k \times n_k \geq \text{the number of elements in } J_k \geq N \end{array} \right. \quad (3-2)$$

$$2r + d_{\min} \leq k \quad (3-3)$$

$$X_k \in (a_1, a_2, \dots, a_N) \forall a_i \in J_k, a_i \neq a_j \quad (3-4)$$

此模式中， $r$ 、 $D_l$ 、 $D_w$ 和  $d_{\min}$ ，均為參數，而  $X_k$  及  $k$  代表雕塑配置模式的決策向量以及決策變數。以下將介紹本模式之逐步數學演算法。

### 3.3 逐步數學演算法

在介紹過雕塑藝術品配置模式-DSs 模式以及其限制後，本研究提出一數學演算法以求取 DSs 模式之解，此演算法的主要精神如下。

在求解 DSs 模式之前，需先給定  $d_{\min}$ 、 $r$ 、 $k = 2r + d_{\min}$ 、 $\delta$ 、 $D_l$ 及  $D_w$  之值以為程式求解之初始化過程。其中  $\delta$  表示  $k$  在不同處理時每次所增加的數量。

步驟一：由於  $k$  為給定，所以可以很容易地計算出  $\left[ \frac{D_l}{k} \right] = m_k$  以及  $\left[ \frac{D_w}{k} \right] = n_k$ （即以  $k$  為兩相鄰雕塑藝術品之佈置距離下展示區域 exhibition area）（之長、寬所切割之等份數）。因此， $m_k \times n_k$  即表示以  $k$  為兩相鄰雕塑藝術品之佈置距離下，該展示區可佈置雕塑藝品之潛在位置網格總數。我們可以定義每個網格之位置座

標以  $(i,j)$  表示，其中  $i$  表示以左下角所數之第  $i$  行，而  $j$  則表示第  $j$  列； $m_k$  表示總行數， $n_k$  則表示總列數。接下來，以  $A_k$  集合來表示在以  $k$  為兩相鄰雕塑藝術品之佈置距離下該展示空間所劃分之所有網格位置編號所成的集合；以  $B_k$  集合來表現該展示區域(exhibition area)之參觀動線所佔據的位置方格所成的集合。而  $J_k = A_k - B_k$  即在以  $k$  為兩相鄰雕塑藝術品之佈置距離下，該展示區域(exhibition area)內可供佈置雕塑藝術品之位置編號所成的集合。

步驟二：首先選擇展示區域內可供佈置雕塑藝術品位置之任一網格以為初始值，但此網格不可為先前施行設計已使用充當過初始值的網格。接著進行步驟三以求搜尋第二個最佳設計佈置之點位。

步驟三：我們利用全域搜尋之技巧針對  $J_k$  集合計算出最適當佈置第二座雕塑藝術品之位置，該位置之選定與初始佈置位置是以合併計算時碎形維度為最小的位置點來選定。當找到第二個建議佈置之位置後，我們利用相同的方式，接著搜尋第三個雕塑藝術品位置，第四個，第五個……直至找出第  $N$  個雕塑藝術品之佈置位置。此時，第一次設計即告完成，將此結果儲存。接著，返回步驟二進行新的設計，這樣的設計一直進行到整個可供佈置雕塑藝術品之位置集合（即  $J_k$  集合）中之所有位置元素皆被考量作為初始佈置位置後，以  $k$  為兩相鄰雕塑藝術品之佈置距離下之所有設計的工作才告結束。並選出一組具有最小碎形維度的設計做為候選解，並進入下一步驟。

步驟四：我們將放大可供佈置雕塑藝術品位置之網格大小，並

令其每次增加一個  $\delta$  之長度，亦即網格的大小為  $k=k+\delta$ ，然後進行步驟五。

步驟五：我們檢查可供佈置雕塑藝作品位置之網格總數是否較欲佈置之雕塑藝作品總數  $N$  為小。如果是，即可停止運算，進行步驟六。如果不是，則回到步驟一，重新運算。

步驟六：我們將從所有候選解中挑出一組使得展示空間之碎片維度為最小的一組雕塑藝術品佈置以做為優選設計之佈置座標點位。

## 第四章 研究結果與討論

為了驗證本文所提出之計算智慧(CI)於實場佈置之適用性，因此本研究首先設計二不同狀況(分為展示區域有無規劃安排參觀動線)之案例以為標竿試驗(Benchmark study)來加以驗證。該試驗係模擬於一矩形之展示區域(展場之長寬分別為5公尺及10公尺)佈置10座雕塑藝品之最佳座標點位，至於CI所運算之座標網格係將該展示區以邊長1公尺之格網切割，透過此實場佈置前之前測作業(Pilot study)，可發現經DSs模式所模擬出之建議佈置雕塑藝品之座標位置具有一些有趣的性質，而這些性質皆可符合目前常理之判斷，另外該佈置圖亦可呼應文獻上所記載之藝術家本身之美感邏輯，(詳4.1節)。因此，透過此初步前測結果，可說明本研究所提之計算智慧(CI)於佈置雕塑藝品之可用性。此外，嘉義市祥太文教基金會文化館，實際利用本文所提之CI設計擺置十尊雕像於其展示空間，其結果詳如4.2節所述。

### 4.1 研究結果

#### 一、前測作業

本節將進行案例之模擬以測試本研究所提之雕塑藝品佈置之計算智慧(CI)適用性。我們利用本研究所提出之計算智慧(CI)以求解雕塑藝品配置模式(DSs模式)，首先模擬於 $k=1$ 公尺之情況下佈置10座雕塑藝品，每座雕塑藝品之半徑假設有0.45公尺，則 $k=1$ 公尺亦即表示於該種情況下所允許之雕像兩兩之最小間距為0.1公尺(*i.e.*,  $d_{min}=0.1m$ )，因此預計佈置雕塑藝品之矩

形展示空間（長寬分別為 10 公尺及 5 公尺）將被分割成  $10 \times 5 = 50$  個網格，而這些網格皆為潛在之雕塑藝品佈置位置，繪圖如圖 4-1 所示，左下角之網格位置（元素）座標以  $(1, 1)$  表示，而其對角線之網格座標則為  $(10, 5)$ ，至於參觀動線則為給定（詳圖 4-1 所示）。

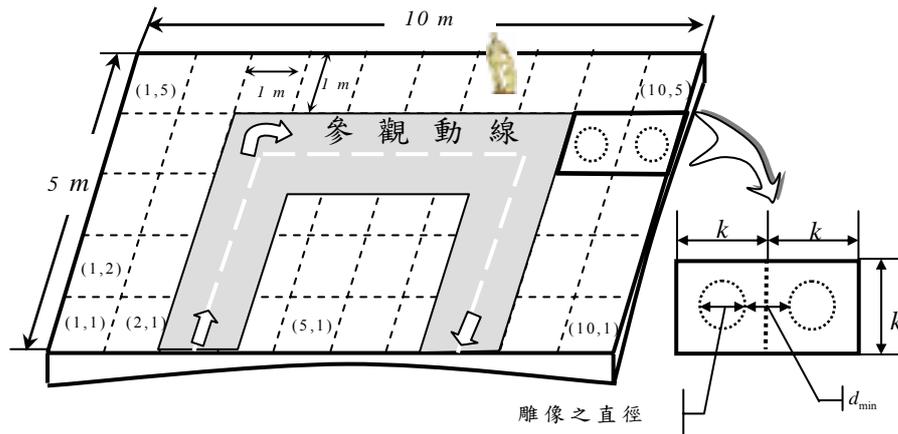


圖 4.1 展示空間內可佈置雕像位置網格及參觀動線示意圖

而所測試之每組案例皆分為有無預先規劃參觀動線。以第一個測試案例 ( $k=1$ ) 於已設定參觀動線之情況，當初始猜測值（即第一座雕塑藝品佈置位置）為座標  $(1, 1)$  時，其對該展示區域所造成之空間碎形維度為 0.3962753，接著我們要對展示區全域（即排除初始猜測點位  $(1, 1)$  及參觀動線所佔據之網格座標後之潛在佈置雕塑藝品位置座標如  $(1, 2)$ 、 $(1, 3)$ 、...、 $(10, 5)$  等座標點位）進行搜尋，以尋找第二個最佳佈置點位，經過計算，座標  $(10, 3)$  被挑選為第二個佈置雕塑藝品之位置，因其較其它座標點位能提供該展示區域較小之碎形維度。依此步驟類推，找出在初始猜測值為  $(1, 1)$  之情況下經 CI 所計算 DSs 模式之 10 個建議最佳解（位置）依序為座標  $(1, 1)$ 、 $(10, 3)$ 、 $(1, 4)$ 、

(10, 2)、(10, 4)、(1, 5)、(10, 1)、(10, 5)、(1, 3) 及 (1, 2)，也就是說，於前述座標網格中皆有一座雕塑藝品之擺置。而該 10 座雕塑藝品將可使得該展示區域具有 1.299374 之碎形維度；此時，該案例於  $k=1$  之情況下之第一次設計即告完成。接著進行第二次之設計，其精神為仿同第一次設計之過程，所不同的是其初始猜測值應與第一次設計不同，亦即可由潛在可佈置雕塑藝品之座標點位刪除第一次之初始猜測點位中選取。因此經計算而得第二次之設計建議之佈置最佳座標點位依序為座標 (1, 2)、(10, 3)、(1, 3)、(1, 4)、(10, 2)、(10, 4)、(1, 1)、(1, 5)、(10, 1) 及 (10, 5)；這樣之設計程序持續至第 30 次設計，即以座標 (10,5) 為初始猜測值所計算而得之建議佈置位置。則由這 30 次設計中，我們可以挑選出展示區域具有最小碎形維度之佈置位置組合，此即  $K=1$  之情況下 CI 所建議之 10 座雕塑藝品佈置位置，計算過程列如表 4-1 所示，所建議之最佳佈置位置座標為 (1, 1)、(10, 3)、(1, 4)、(10, 2)、(10, 4)、(1, 5)、(10, 1)、(10, 5)、(1, 3) 及 (1, 2)，此時之碎形維度為 1.299374，而此時之雕塑藝品佈置圖如圖 4-2(a) 所示。而在完成  $k=1$  公尺之模擬後，接下來我們改變兩兩雕塑藝品之最小間距，亦即將可佈置雕像位置之網格放大（此時該展示區域可供佈置之潛在點位則會減少），亦即使的  $k$  有一單位增加量  $\delta$  ( $\delta=0.1\text{m}$ ) 則在 10 座雕塑藝品半徑皆為 0.45 公尺之佈置案例上，我們持續進行  $k=1.2, 1.3, \dots$  等之模擬設計，直到所選定之  $k$  值所形成可供佈置雕塑藝品位置之網格總數小於所欲佈置之雕塑藝品總數  $N$  時始停止設計。事實上，經過運算結果可發現，當

$k=1$  時所設計而得之最佳解會較其它  $k$  值時所設計之最佳解擁有較小之碎形維度；亦即表 4-1 之最佳解即為雕像半徑為 0.45 公尺之佈置案例時之最佳建議點位。此外，另一無參觀動線之設計案例其經 CI 求解 DSs 模式後所得之建議 10 個佈置位置繪圖如圖 4-2(b)所示。

**表 4.1** 於  $k=1$  具參觀動線之情況下透過計算智慧所模擬而得之建議最佳雕塑藝品之佈置座標點位及部分運算結果

$k$	模擬初始位置	建議之佈置雕塑藝品之位置座標	佈置之雕塑藝品數量	FD
1.0	( 1, 1)	( 1, 1) ∙ (10, 3) ∙ ( 1, 4) ∙ (10, 2) ∙ (10, 4) ∙ ( 1, 5) ∙ (10, 1) ∙ (10, 5) ∙ ( 1, 3) ∙ ( 1, 2)	10	1.299374
	( 1, 2)	( 1, 2) ∙ (10, 3) ∙ ( 1, 3) ∙ ( 1, 4) ∙ (10, 2) ∙ (10, 4) ∙ ( 1, 1) ∙ ( 1, 5) ∙ (10, 1) ∙ (10, 5)	10	1.299374
	:	:	:	:
	( 1, 5)	( 1, 5) ∙ (10, 3) ∙ ( 1, 2) ∙ (10, 2) ∙ (10, 4) ∙ ( 1, 1) ∙ (10, 1) ∙ (10, 5) ∙ ( 1, 3) ∙ ( 1, 4)	10	1.299374
	( 2, 1)	( 2, 1) ∙ (10, 3) ∙ ( 1, 1) ∙ ( 1, 4) ∙ (10, 2) ∙ (10, 4) ∙ ( 1, 5) ∙ (10, 1) ∙ (10, 5) ∙ ( 1, 3)	10	1.327631
	:	:	:	:
	( 2, 5)	( 2, 5) ∙ (10, 3) ∙ ( 1, 5) ∙ ( 1, 2) ∙ (10, 2) ∙ (10, 4) ∙ ( 1, 1) ∙ (10, 1) ∙ (10, 5) ∙ ( 3, 5)	10	1.326715
	:	:	:	:
	( 5, 1)	( 5, 1) ∙ (10, 3) ∙ ( 1, 4) ∙ (10, 2) ∙ (10, 4) ∙ ( 1, 5) ∙ (10, 1) ∙ (10, 5) ∙ ( 1, 3) ∙ ( 1, 2)	10	1.325275
	( 5, 2)	( 5, 2) ∙ (10, 3) ∙ ( 1, 4) ∙ (10, 2) ∙ (10, 4) ∙ ( 1, 5) ∙ (10, 1) ∙ (10, 5) ∙ ( 1, 3) ∙ ( 1, 2)	10	1.324501
( 5, 5)	( 5, 5) ∙ (10, 3) ∙ ( 1, 2) ∙ ( 4, 5) ∙ (10, 2) ∙ (10, 4) ∙ ( 1, 1) ∙ (10, 1) ∙ (10, 5) ∙ ( 3, 5)	10	1.323967	
:	:	:	:	
:	:	:	:	
(10, 5)	(10, 5) ∙ ( 1, 3) ∙ (10, 2) ∙ ( 1, 2) ∙ ( 1, 4) ∙ ( 1, 1) ∙ ( 1, 5) ∙ (10, 1) ∙ (10, 3) ∙ (10, 4)	10	1.299374	

**備註：**所建議之最佳佈置位置表示於表中之註記列，亦即當  $k=1$ ，初始座標位置為 ( 1, 1) 時

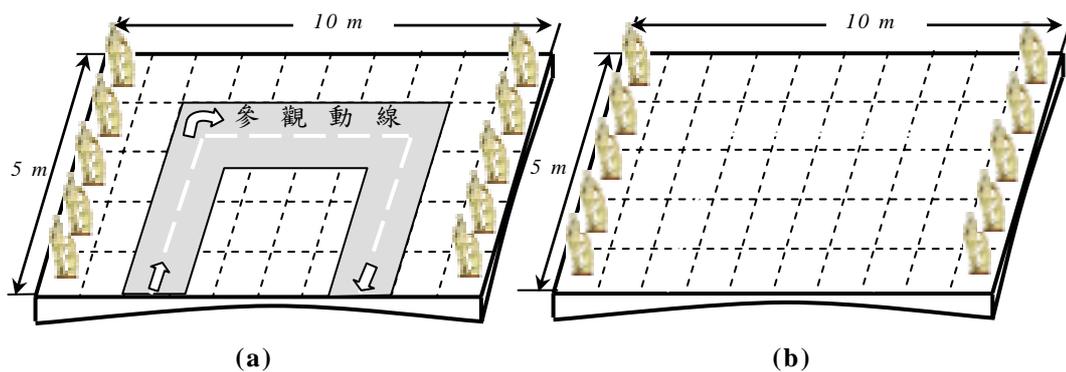


圖 4.2 二標竿案例之雕塑藝品建議佈置位置圖( $k=1$  公尺,  $r=0.45$  公尺), (a)已預先安排參觀動線 (b)無安排參觀動線

另外，我們亦嘗試不同大小之雕像 ( $r = 0.35$  公尺) 在  $k=0.8$  公尺、 $d_{\min}=0.1$  公尺之佈置情形 (亦分為以給定參觀路線及未給定參觀路線)，其運算而得之建議佈置最佳點位則繪圖如圖 4-3(a) 及圖 4-3(b) 所示。最後一組之試驗則測試了  $r = 0.25$  公尺、 $k = 0.6$  公尺及  $d_{\min} = 0.1$  公尺之狀況 (所建議佈置之最佳點位繪圖則如圖 4-4(a) 及圖 4-4(b) 所示)。

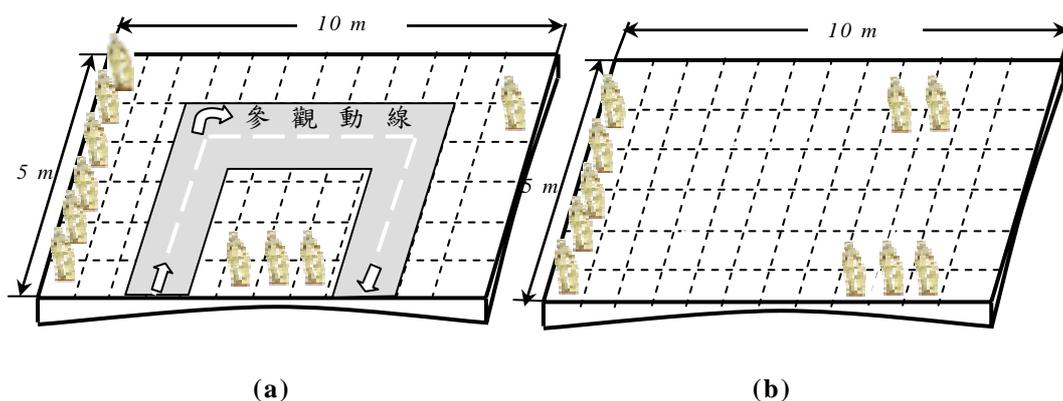


圖 4.3 二標竿案例之雕塑藝品建議佈置位置圖( $k=0.8$  公尺,  $r=0.35$  公尺), (a)已預先安排參觀動線 (b)無安排參觀動線

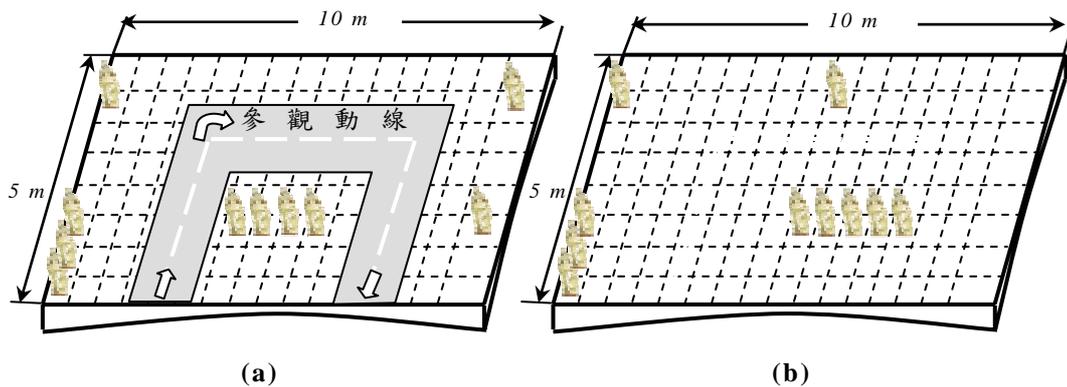


圖 4.4 二標竿案例之雕塑藝品建議佈置位置圖 ( $k=0.6$  公尺,  $r=0.25$  公尺), (a) 已預先安排參觀動線 (b) 無安排參觀動線

## 二、實場佈置

本節乃嘉義市祥太文教基金會文化館，實際利用本文所提之 CI 設計擺置十尊雕像之運算過程及其佈置圖。而所欲展示佈置雕像之展示場係為一長 10 公尺寬 5 公尺之矩形空間，另外該展場之參觀動線乃已事先給定，該動線寬為 1.5 公尺，詳細規格如圖 4-5 所示。至於雕像平均之尺寸大小為直徑 30 公分，而兩兩雕像之最小間距設定為 10 公分（亦即並不允許兩兩雕像有相接鄰之情況發生）。

經過利用前述之 CI 運算結果，所建議之最佳雕像佈置座標點位及部分運算結果列如表 4-2 所示，由表 4-2 可知，建議佈置雕像之最佳位置係兩兩雕像之間距最小為 10 公分的情況（*i.e.*,  $d_{min}=0.1m$ ），亦即該展場可以邊長 0.4 公尺（ $k=0.4m$ ）予以切割，而該展場所切割出之網格，係指每個可佈置雕像之位置（即圖 4-5 之格網）。所運算而得之建議佈置雕像位置圖繪如圖 4-5 所示。當如此佈置之際，將可使得該展示區域所呈現出之碎形維度為最

小 ( $FD=0.84452202$ )，亦即在視覺上整個展示會感到較為美觀；至於佈置會場之鳥瞰圖及虛擬實境佈置圖詳圖 4-6~圖 4-7 所示。

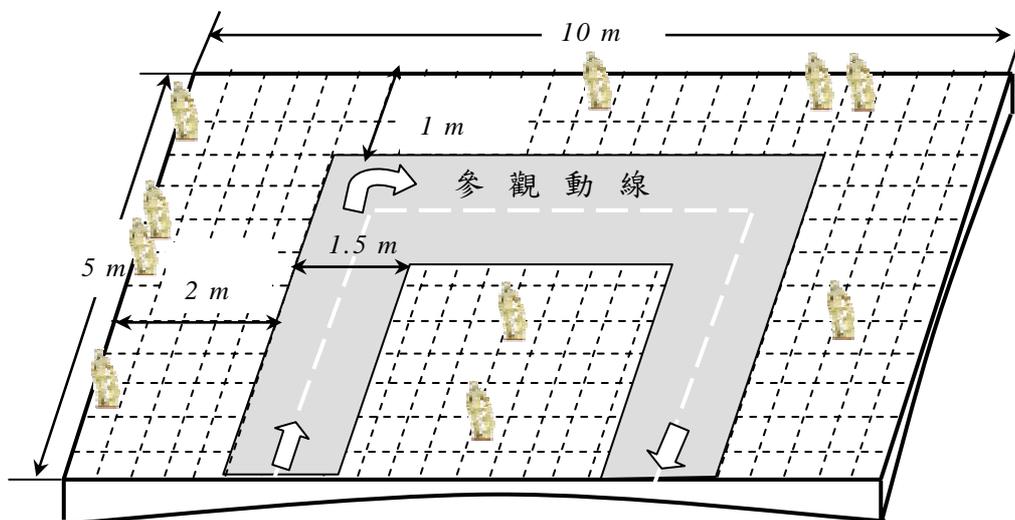


圖 4.5 嘉義市祥太文教基金會文化館實場佈置雕像位置圖  
( $d_{\min}=0.1$  公尺,  $r=0.15$  公尺)



圖 4.6 以計算智慧(CI)所設計之嘉義市祥太文教基金會文化館實場佈置雕像之虛擬實境(visual reality)鳥瞰圖

表 4.2 透過計算智慧(CI)所得之優選雕像佈置座標點位及部分運算結果

$k$ ( $m$ )	候選解之佈置雕塑藝品之位置座標	佈置之雕		備註
		塑藝品數	$FD$	
0.4	(20, 12)·(13, 5)·(13, 12)·(1, 7)·(1, 3)· (1, 11)·(13, 2)·(23, 5)·(21, 12)·(1, 8)	10	0.844522 02	優選解
:	:	:	:	:
:	:	:	:	:
0.6	(2, 6)·(9, 2)·(15, 7)·(7, 4)·(7, 8)· (15, 4)·(2, 2)·(15, 2)·(2, 8)·(2, 4)	10	0.924485 2	---
:	:	:	:	:
:	:	:	:	:
1.0	(9, 4)·(2, 3)·(9, 3)·(3, 5)·(7, 5)· (2, 1)·(9, 1)·(5, 1)·(9, 5)·(5, 2)	10	0.930561 2	---
:	:	:	:	:
1.1	---	---	---	可允許佈 置之網格 數目<雕 像總數

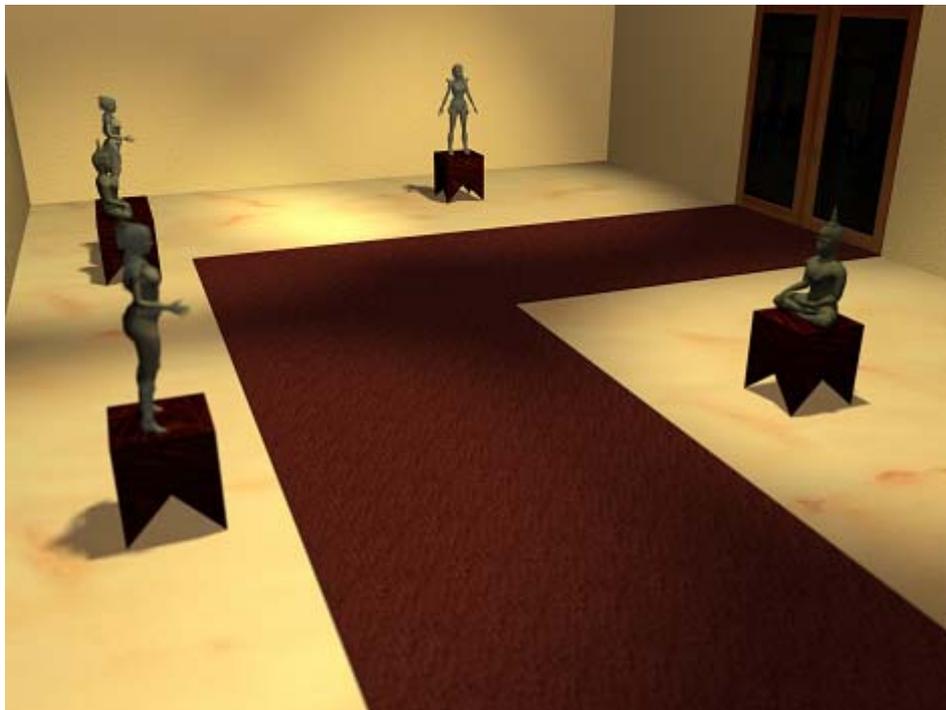


圖 4.7(a)



圖 4.7(b)

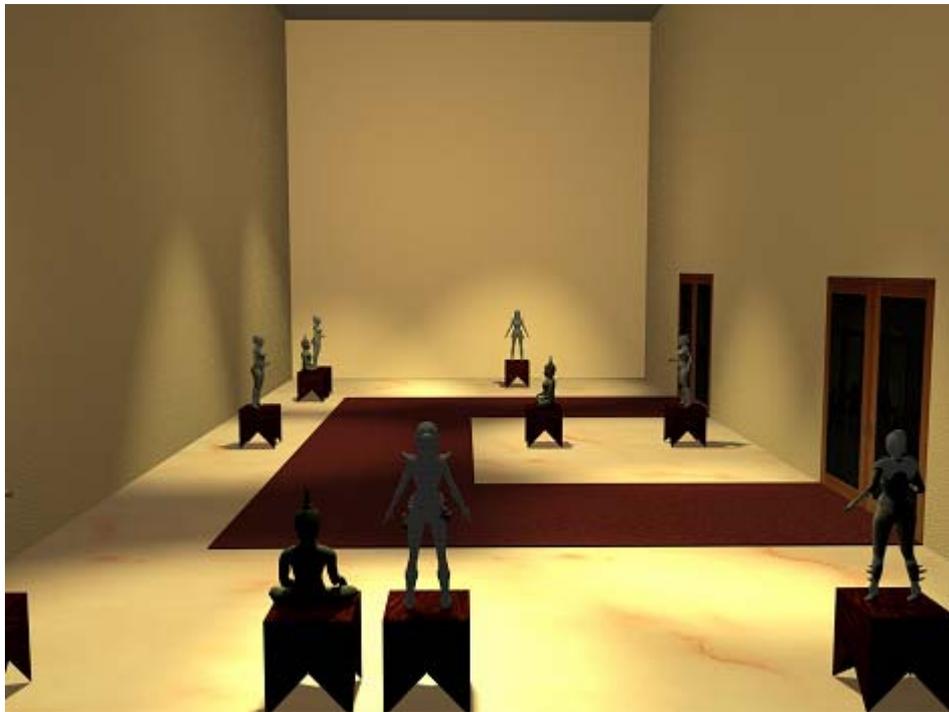


圖 4.7(c)



圖 4.7(d)

圖 4.7(a)~(d) 以計算智慧(CI)所設計之嘉義市祥太文教基金會文化館實場佈置雕像虛擬實境(visual reality)示意圖(各種角度)

## 4.2 討論

事實上，由前測作業結果-圖 4-2(a)及圖 4-2(b)所表現出之雕塑藝作品平面佈置圖其佈置結構是相當有意思的，我們可以發現該二設計圖其所建議之佈置雕塑藝作品之位置皆是靠著展覽區域之「邊牆」，並且以構成一「面」的形式來呈現該展示（對圖 4-2(a)言則甚至可以說是沿著參觀路線）。這樣的模擬結果呼應了已故名建築師 Mies Van Der Rohe, Ludwig (1886-1969) 之設計手法，亦即把展示物與展示面結合為一體，使展示面消失於無形，而該類展示手法常會令人感到感動（漢寶德，2000）。而 Van Der Rohe 之名言：「Less is more」亦即隱含著將展示品之佈置位置整合為一「面」，具一整體觀感意思，而這樣的佈置亦也回應了簡單就

是美的概念。換句話說，整體線條越簡潔之展示，則展示就越突出。事實上，能夠稱的上一個好的展品佈置，應能結合展示空間與展品本身，亦即使的展品能融入展示空間中（如本例以面的型態呈現其佈置），使不覺得有所突兀而互相輝映。而此初步的前測作業顯示本研究所提出之雕塑藝品佈置之計算智慧（CI）是極具利用價值的。此外，我們亦嘗試不同大小之雕像（ $r = 0.35$  公尺）在  $k=0.8$  公尺、 $d_{\min}=0.1$  公尺之佈置情形（亦分為以給定參觀路線及未給定參觀路線），以重新檢視是否仍具有前述之觀察發現；而經運算而得之建議佈置最佳點位則繪圖如圖 4-3(a)及圖 4-3(b)所示。最後一組之試驗則測試了  $r = 0.25$  公尺、 $k = 0.6$  公尺及  $d_{\min} = 0.1$  公尺之狀況(所建議佈置之最佳點位繪圖如圖 4-4(a)及圖 4-4(b)所示)。而這些測試案例之模擬最佳佈置點位之計算結果，顯示在使得展示區域空間之複雜度為最小之設計前提下，透過 CI 所解得之建議佈置位置在在皆呼應了 Van Der Rohe 之設計手法，即展品之佈置會以構成「面」的形式呈現。

而在本研究所提出之計算智慧（CI）實證上，本研究接著進行專家意見的詢問，將圖 4-6~圖 4-7 的 10 尊雕像的佈置草圖向嘉義市祥太文教基金會文化館之佈置設計師詢問其效果，佈置設計師認為本研究所優選的佈置設計之建議，具有不錯的佈置效果。因此，也間接加強了本研究計算智慧（CI）的可用性。

## 第五章 結論與建議

### 5.1 結論

本研究針對古典空間設計理論提出了一具備科學化發展的方法。本科學化的方法是在一展示空間中以單純考量空間配置後的複雜度（碎形維度）為設計主體的一數量化的藝術品展示設計系統。本研究在固定佈置藝術展品數量下，以追求一個整體空間設計越簡單越好的概念下加以發展，也就是說在「簡單即是美」的假設理念下架構出本研究。事實上，空間設計多以經驗與美學理論並用且因人而異。因此本研究旨在為藝術展覽品佈置設計師發展一電腦化的工具來施行固定佈置藝術展品數量限制下，佈置設計思考過程中初始階段（佈置點位之決定）之佈置參考。

本研究對於博物館的展示規劃與管理，係以設計管理的角度來應用在博物館的展示組織規劃當中，深度思考展示設計方法的應用，不論從管理或實際需求，都值得去全面觀照，國內博物館界在實務與設計方面的研究不在少數，從過去封閉式到現在多元展示手法，以古觀今，所隱含的未來趨勢為何，亦是將來研究焦點（Bendo 及 Bendo, 1999）。

本研究的主要貢獻列述如下：首先，本研究所發展之方法可為藝術展品之空間設計提出一具備科學化、結構化與數量化的方式。其次，為迅速求解，本研究以福傳（Fortran）程式語言發展一電腦化程式藉以幫助在搜尋與計算優選解過程中的所有複雜與耗時的計算工具。事實上，本研究所提的 DSs 模式與數學演算法實為固定藝術展品數限制下空間設計與佈置之計算智慧

(CI)。並施行專家意見詢問，以測試本計算智慧之適用性，而其結果是符合專家美學之觀點。最後，透過本研究發展之智慧型工具所得的建議佈置可視為固定藝術展品數空間設計與佈置前之初步參考準則。

綜言之，本計算智慧 (CI) 乃固定藝術展品數空間設計與佈置之研究，其具備多種優點，現將這些優點列述如下。第一，自然 (人類) 智慧不易複製到他人身上採用，而計算智慧 (CI) 可以。第二，自然 (人類) 智慧易受外在環境因素的影響，造成現階段的設計與不同時空下的設計或許會有所不同；簡言之，其設計的一致性較計算智慧差。第三，計算智慧執行設計佈置的速度比自然 (人類) 智慧快，因此在此快速競爭的商業環境下，以商業的角度來看，計算智慧具有較佳的競爭優勢。

雖說計算智慧較自然智慧具有上述這些優勢，並且可作為藝術展品佈置科學化之先驅。話雖如此，但其依然無法取代藝術家的智慧。誠如 Birkhoff (1968) 所言「若藝術美學可視為科學的話，其必可從分析的觀點來實施探討」。顯然地，藝術美學並無法由分析法加以全面性的闡明與解釋。因此，本研究所提出之計算智慧 (CI) 僅僅是一輔助性的工具，且僅做為幫助藝術展覽品佈置設計者在佈置設計初階段 (佈置點位的決定) 的思考過程中之一參考依據，以及企圖提供這一方面努力與方向。

## 5.2 建議

本研究乃嘗試以科學量化之方式來模擬人類視覺美觀之感受，並已初步得到具體結果，至於後續之研究方向可大致羅列如

後所述。

1. 建議在實場佈置之後進行專家意見之評比，並加以檢定本設計（計算智慧）與藝術設計師（人類智慧）之異同。
2. 建議將本研究所提出之計算智慧進行三度空間之佈置模擬，以滿足實務上之需求。
3. 建議將本研究所提出之計算智慧後續能在動線之規劃上加以模擬，以進而決定出最佳之觀賞空間，以科學化評估，創造出「有效的展示」經驗，累積展覽策略的豐富性。
4. 建議能將雕塑品本身的美感（或歷史意義）列為限制式之考量，則該計算智慧於實務之操作上將更具商業價值。
5. 最後，若能考量美學之其他量化因子，將可使得本研究所提出之計算智慧更臻完美。

## 參考文獻

### 一、中文文獻

包遵彭(民76)，博物館學，正中書局，台北。

伊藤壽朗、森田恆之(民76)，博物館概論，學苑社。

漢寶德(民89)，展示規劃-理論與實物，田園城市文化事業，台北市。

黃世輝和吳瑞楓(民81)，展示設計，三民書局，台北市。

張振明(民81)，展覽概念的研究，博物月刊P25-35。

張崇山(民82)，博物館的展示規劃，博物館學季刊，第七卷第三期。

常懷生(民85)，建築環境心理學，田園城市文化事業，臺北。

賴明洲(民87)，科技博物館展示空間之規劃設計，東海學報39(6)P15-37。

馬佩佩(民87)，科技博物-第二卷第五期，博物館展示-展示方法的決定。

戴明興主講 翁俊德整理(民88)，博物館的整體規劃，科技博物，第三卷第二期。

Alex McCuaig主講 陳玟芬整理(民88)，博物館與展示設計的趨勢與方向，科技博物第三卷第三期。

王昭仁譯(民88)，設計思考，Peter G. Rowe著，台北市，建築情報雜誌社，頁52。

林志銘(民89)，空間·設計方法，臺北：田園城市文化事業。

漢寶德(民89)，展示規劃-理論與實務，臺北：田園城市文化事業。

郭義復(民90)，(新博物館學展示觀)，博物館學季刊，國立自然科學博物館11(4):64-73。

陳亮瑜(民90)，碎形維度與空間形態之研究-台灣地區之聚落空間為例，台大地理環境資源學研究所碩士論文。

徐純譯(民90)，Planning for People in Museum Exhibition/ Kathleen McLean著，如何為民眾規劃博物館的展覽，屏東:國立海洋生物博物館，220 pp.。

陳國寧(民92)，博物館學，空中大學，臺北。

袁汝儀、武珊珊、王慧姬等譯(民92)，美感經驗——一位人類學者眼中的視覺藝術，賈克·瑪奎原著，台北市：雄師美術。

## 二、英文文獻

1. Adams, M.J. (1983), Mediating Our knowledge, Curator, vol. 26(4), pp. 275-285.
2. Alligood, K.T., Sauer, T.D. and Yorke, J.A. (1996), Chaos: An Introduction to Dynamical Systems. Springer Press, New York.
3. Anderson, E.J. (2002), Markov chain modelling of the solution surface in local search, Journal of the Operational Research Society, Vol. 53, pp. 630-636.
4. Barnsley, M. (1988), Fractals Everywhere. Academic Press, New York.
5. Bendo, J. and Bendo, E. (1999), Museum exhibitions: past imperfect, future tense, Museum News, Vol. 78(5), pp. 38-43.
6. Bell, J. (1991), Planning for interactive exhibition galleries. Museum. Spring, pp.24-29.
7. Bienkowski, P. (1994). Soft systems in museums: a case study of exhibition planning and implementation processes, Museum management and curatorship, vol. 13(3), pp. 233-250.
8. Birkhoff, G.D. (1933), Aesthetic measure. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.
9. Birkhoff, G.D. (1968), Collected Mathematical Papers. Vol. 3. New York: Dover Publications.
10. Buczkowski, S., Kyriacos, S., Nekka, F., and Cartilier, L. (1998), The modified box-counting method: analysis of some characteristic parameters, Pattern Recognition, Vol. 31, pp. 411-418.
11. Dean, D. (1996), Museum exhibition: theory and practice. London; Routledge, New York.
12. Granger, G.W. (1955), The Prediction of Preference for Color

- Combination, Journal of Optics in General Psychology, Vol. 52, pp. 213-222.
13. Hung, M.S., Shanker, M., and Hu, M.Y. (2002), Estimating breast cancer risks using neural networks, Journal of the Operational Research Society, Vol. 53, pp. 222-231.
  14. Kiersky, J.H. and Caste, N.J. (1995), Thinking critically : techniques for logical reasoning, Minneapolis/St. Paul : West Pub. Co.
  15. Lauren, M.K. (2002), Firepower concentration in cellular automaton combat models-an alternative to Lanchester. Journal of the Operational Research Society, Vol. 53, pp. 672-679.
  16. Li, B.L. (2000), Fractal geometry applications in description and analysis of patch patterns and patch dynamics, Ecological Modelling, Vol. 132, pp.33-50.
  17. Mandelbrot, B.B. (1967), How long is the coast of Britain? Statistical self - similarity and fractal dimension, Science, Vol. 156, pp. 636-638.
  18. Mandelbrot, B.B. (1975), Stochastic models for the Earth's relief, the shape and the fractal dimension of the coastlines, and the number-area rule for islands. Proc. Nat. Acad. Sci.U.S.A., vol. 72, pp. 3825-3828.
  19. Mandelbrot, B.B. (1983), The Fractal Geometry of Nature. W.H. Freeman, San Francisco, CA.
  20. Mandelbrot, B.B. (1989), Fractal geometry: what is it, and what does it do? Proc. R. Soc. Lond. A423, 3-16.
  21. Mandelbrot, B.B. (1990), Negative fractal dimensions and multifractals, Physica A, Vol. 163, pp 306-315.
  22. Maquet, J. (1986), The aesthetic experience : an anthropologist

- books at the visual arts , New Haven and London : Yale University Press.
23. Miles, R. S. and Gosling D. C. (1988), Design of Educational Exhibits, London : Unwin Hyman.
  24. Moon, P. and Spencer, D. E. (1944), Geometric Formulation of Classical Color Harmony, Journal of the Optical Society of America, Vol. 34, pp. 46-59.
  25. Morse, D.R., Lawton, J.H., Dodson, M.M., and Williamson, M.H. (1985), Fractal dimension of vegetation and the distribution of arthropod body lengths, Nature, Vol. 314, pp. 731-733.
  26. Normant, F. and Tricot, C. (1993), Fractal simplification of lines using convex hulls. Geogr. Anal., Vol. 25, pp. 118-129.
  27. Rowe, P. G., Design thinking (1987), Cambridge, Mass. : MIT Press, 229 pp.
  28. Santayana, G. (1896), The Sense of Beauty: New York, (R 1955).
  29. Schroeder, M. (1991), Fractals, chaos, power laws. Minutes from an infinite paradise. Freeman, New York.
  30. Sorokin, P. A. (1937), Social and cultural dynamics, vol. 1: Fluctuation of Forms of Art, New York, N.Y.-Cincinnati, Ohio: American Book Company.
  31. Stewart, I. (1999), Life's Other Secret: The New Mathematics of the Living World, 285pp.
  32. Sugihara, G. and May, R.M. (1990), Applications of fractals in ecology. Trends Ecol. Evol., Vol. 5, pp. 79-86.
  33. Wertheimer, M., Über Gestalttheorie [an address before the

Kant Society, Berlin, [7th December, 1924], Erlangen, 1925. In the translation by Willis D. Ellis published in his "Source Book of Gestalt Psychology," New York: Harcourt, Brace and Co, 1938. Reprinted by the Gestalt Journal Press, New York 1997