

# 應用碎形理論於臺灣建地空間型態 與地形關係之研究

## The Relationship between the Spatial Pattern of Built-up Area and Landform-- An Application of Fractal Theory

李介中\*

蔡博文\*\*

Chieh-Chung Lee

Bor-Wen Tsai

### 摘 要

近年來，碎形理論的興起，帶給地理學者對於空間分佈新的研究取徑，本研究即利用碎形理論發展的碎形維度探討臺灣建地的空間分佈型態，並將之與地形因子結合，驗證其間是否存有顯著的關連，並探討兩者的關連性。

研究結果發現盒計數法適合於該類型的研究，且能減少不同資料間的精準度差異，但在平面上的碎形維度值應介於 0~2 之間，而非 1~2。臺灣地區建地的空間分佈特性，在時間軸的演變上，碎形維度值由南部較高，演變成臺灣西半部皆有高維度值，此與臺灣的社會發展是由南而北，由農業轉換到工商業一致；為驗證地形與建地分佈間是否存有關連，採卡方檢定分析建地與地形的碎形維度，發現兩者間存有顯著的關連性，然而早期是受到農耕文化的牽引，往平坦地發展，後期則因為平坦地開發殆盡，轉而朝向山坡地發展。

**關鍵字：**碎形理論、盒計數法、建地、地形

### Abstract

This study analyzes the spatial distribution pattern of built-up in Taiwan by using fractal theory. The result shows box counting method (BCM) suits spatial distribution researches. South Taiwan has high

---

\* 國立臺灣大學地理環境資源研究所碩士班研究生

Master Student, Institute of Geography, National Taiwan University

\*\* 國立臺灣大學地理環境資源學系助理教授

Assistant Professor, Department of Geography, National Taiwan University

fractal dimension from early age, and the fractal dimension of north Taiwan got high in the later period. The phenomenon coincides with the history of Taiwan development. To prove that there is a noticeable relationship between built-up area and landform, this study uses Chi test ( $\chi^2$ ). But the demands are different between early age and later period. In early age, people lived on plain for agriculture, and people developed toward mountain area in later period because there is no enough space for development on plain region.

**Keywords : fractal theory 、 box counting method (BCM) 、 built-up 、 landform.**

## 前 言

地理學一直以來對於建地總是投以相當程度的關注，從不同的面向切入，進行深入的探討，對於都市的型態提出不同解說，包括發展出同心圓、扇形、多核心等各式各樣的都市結構模式；近年來，隨著電腦科技的進步，以及 GIS 軟體的發展，各種複雜計算的方法得以運用，而碎形理論的研究更是對於空間分佈型態有深厚的幫助。

本研究欲利用碎形理論方法探討臺灣建地從 1927 年到 1994 年間的空間分佈型態演變，瞭解演變狀況，再整合影響建地分佈的重要因子（地形資料）進行分析，驗證兩者是否有顯著關連存在，及剖析兩者的關連性。

## 相關理論與研究

### （一）碎形理論

碎形，又稱為分形，屬於非線性的複雜科學，雖然是一門新興的學科，但卻是研究複雜且不規則現象的重要理論（張志三，1993；顏澤賢，1993）。碎形一詞，按照原創人 Mandelbrot 的解釋是「不規則的」或「支離破碎的」（傅德本，1993），可從看似不規則的事物中，找出整體及局部所遵守的共同規律（林怡利，2004），此共同規律即是「自我相似性」，該重要原理表示碎形在通常的幾何變換下具有不變性（林鴻溢與李映雪，1994），亦即在任何一個觀測尺度下，其形狀會完全一樣，在各個尺度下的形狀可以視為原來圖形的縮小，將觀察中的物件取一小部分放大後，仍同整體的形狀是一樣的（張志

三，1993），圖 1 是 Koch 曲線（張志三，1993）與非洲 Jola 部落的建築型態（Eglash *et al.*，1994），Koch 曲線顯示其如何從平滑直線變成無限長的 Koch 曲線，將局部放大可以得到全域的結構型態，正說明了自我相似性的概念，非洲 Jola 部落的建築型態則說明了聚落在某個尺度內具有自我相似性的結構，超過這個尺度則非碎形的範疇，這樣的現象稱之為準碎形（semi-fractal）。因為人為聚落有準碎形特性，所以可以用碎形理論分析之（Batty，1991；林峰田，1991）。

碎形理論認為傳統歐氏幾何並不適合於描述複雜的大自然，因為使用歐氏幾何的測量方法度量海岸線、雲朵、閃電...的周長時，無法得到一個準確的長度數值，反而隨著測量單位縮小，越貼近真實曲線，卻得到一組發散的數值（Mandelbrot，1983；Bovill，1996；朱曉華等，2001），碎形理論認為無法正確度量的關鍵在於維度，為突破歐氏幾何的限制，故提出在單純的一維、二維、三維之間，還有分數的維度地帶，如 1.23 維，而非只有整數的維度。

碎形維度（Fractal dimension）是碎形理論用以表達空間分數維度的指標，故碎形維度又稱為分維；利用碎形維度值的高低，可以表達出地物形狀或空間分佈的型態（林峰田，1991；Batty and Longley，1994；Berube and Jebrak，1999）。碎形維度的計算大抵可以分為三種方法（Batty and Longley，1994；Kenkel and Walker，1996），分別為：等步進法（Structured Walk Method）、面積—周長（Area-Perimeter）、盒計數法（Box Counting Method，BCM），前兩項方法對於物體的形狀有高度的測量能力，盒計數法雖然對於物體形狀的偵測能力較其他兩者

低 (Berube and Jebrak, 1999)，但卻可應用在空間分佈之研究，故本研究採用該演算法，對臺灣三套土地利用資

料進行計算，剖析臺灣建地空間分佈型態的變化。

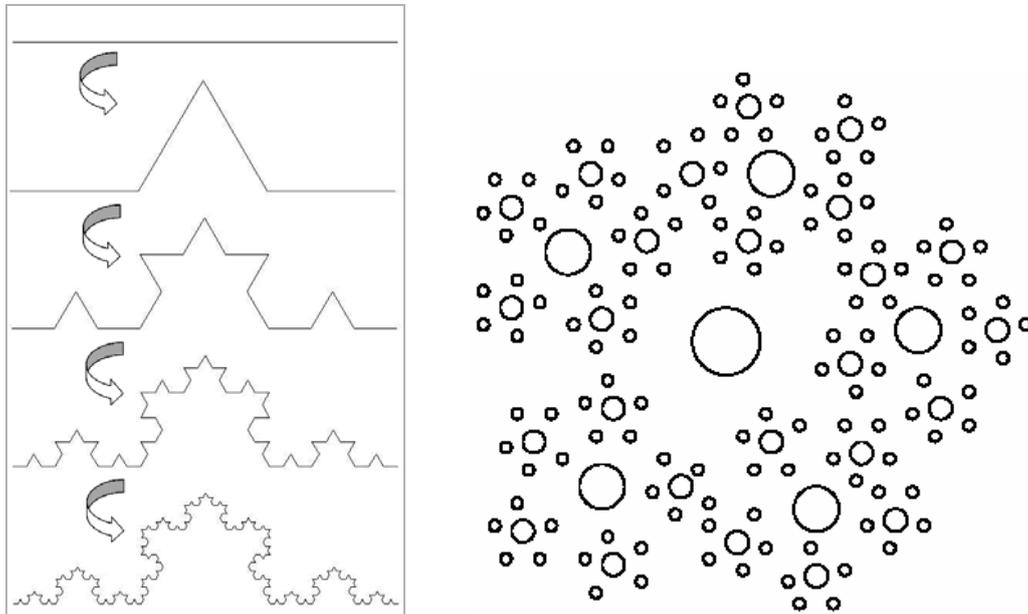


圖 1 Koch 曲線與非洲 Jola 部落的建築型態 (資料來源：張志三，1993; Eglash *et al.*, 1994)

(二) 盒計數法

盒計數法又稱為格子法 (Grid Method)，旨在研究物體及其空間分佈在不同大小邊長的方格 (box) 切割下，所產生的對應關係。由於「面積=格子數×格子大小」，故可用格子數與格子邊長的速率變化來檢測出碎形維度，而導出下列關係式 (Buczowski *et al.*, 1997; Cheng *et al.*, 1999; Shen, 2002; De Keersmaecker *et al.*, 2003)：

$$N(\epsilon) = C \times \left(\frac{1}{\epsilon}\right)^D \dots\dots\dots \text{式 1}$$

$$D = \lim_{\epsilon \rightarrow 0} \frac{\log N(\epsilon)}{\log \left(\frac{1}{\epsilon}\right)} \dots\dots\dots \text{式 2}$$

{ C：常數    ε：格子的邊長    D：碎形維度值  
N(ε)：在 ε 為邊長的情下，切割出的格子數 }

在計算碎形維度上，利用 GIS 軟體將建地資料網格化，求得 ε 與 N(ε) 的關係，如圖 2 所示，不同的 ε 大小對相同的圖形會有不同的 N(ε) 數量，將 ε 與 N(ε) 的變化關係帶入式 2，即可計算出碎形維度值；對於三度空間的地形也採相似方法計算，以立方體取代網格，按照所訂定之一組立方體大小切割數值地形資料，進而得到立方體大小與數量之變化關係，亦帶入式 2，求得地形的碎形維度值 (Cheng *et al.*, 1999)，後文將分析研究地形與建地的碎形維度值，探究其間之關連。

(三) 建地與地形

人類的活動廣泛地受到地形的影響，而聚落是人類活動的具體表徵，人類通常會選取有利的環境居住，如地勢平坦且可免水患的高地、取水便利的河岸或盆地邊緣、土地肥沃的地區，這些現象說明了聚落的分佈與周遭地形有密切關連 (張政亮等人，2004)；臺灣人口不斷攀升，建地隨之擴張，其擴展方向，除了受到社經因素

的影響之外，往往也受到地形的影響 (陳美鈴，1987)。

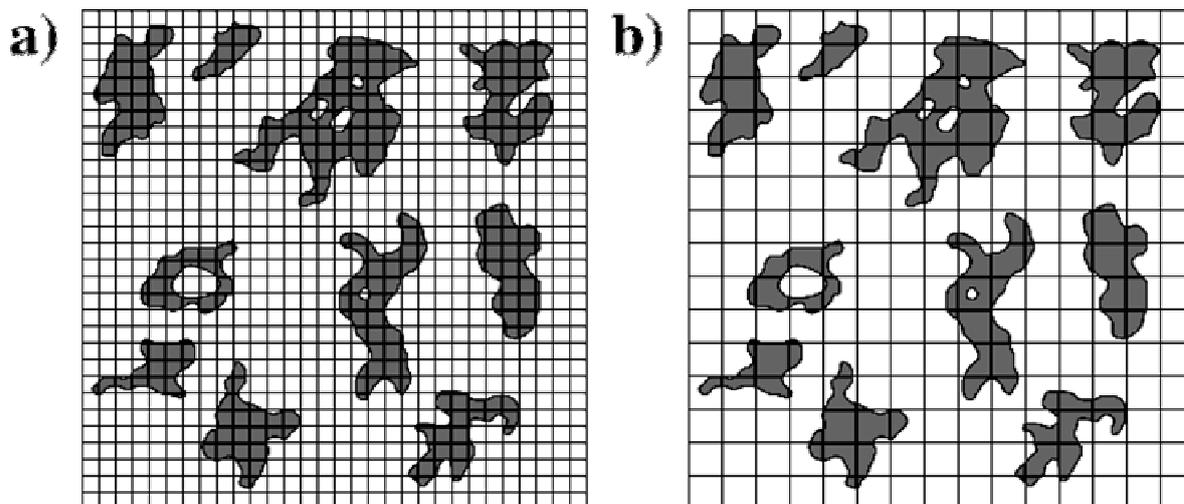


圖 2 盒計數法的示意圖 (資料來源：Kenkel and Walker, 1996)

為驗證建地的碎形維度值 (後統稱建地分維) 與地形的碎形維度值 (後統稱地形分維) 兩者間是否存在有顯著的關連性，採用統計的假設檢定分析，可是檢定方法不採用線性的回歸分析，因為地勢越平坦的地區雖然越適合發展聚落，但該處往往也是河水氾濫之處，且不易防守，或取水不若河谷階地方便，所以地勢平坦處未必會產生聚落 (陳美鈴，1987)，而現代的都市也有公園等無法興建建築物之處，是故不宜利用回歸方法分析，因此採用卡方 ( $\chi^2$ ) 檢定。依照卡方檢定的隨機性檢定 (test for randomness)，假設  $H_0$  是建地與地形兩者間呈現隨機性， $H_1$  假設兩者的關係非隨機，而是有顯著之關連存在，然後依照卡方統計量是否大於查表值，決定接受或拒絕  $H_0$ ，進而釐清臺灣整體的聚落開發及變遷是否受地形之影響。

由於卡方檢定要求每組之樣本不得低於五個，所以將低於五個樣本的組別合併至鄰近的組別，避免造成統計基本假設的違反，但礙於篇幅，本文僅列出未合併之前的數據，而未列出合併分組之數值。

## 研究方法

本研究採用的土地利用資料有以下三套：(1) 日本帝國陸地測量部於 1924~1927 年所調繪的二萬五千分之一臺灣地形圖；(2) 1981~1984 年，原省農林廳林務局農林航空測量所拍攝的像片基本圖數值資料，慣以民國 71 年稱該資料，故以 1982 年稱呼；(3) 行政院內政部為建立全國土地利用現況之基本資料並定期更新，作為政府訂定土地政策及土地利用規劃、管理之參考，故於 1991~1994 年所進行的國土利用調查資料，該資料庫無北高兩市的資料。茲將三類資料特性分述如下，並將其特性整理於表 1。圖 3 為三套資料的建地分佈。

為了要與地形因子做相關分析，所以除了上述的土地利用資料外，另外還採用了林務局農林航空測量所製作完成的臺灣地區數值地形模型資料 (Digital Terrain Model, DTM)。

對空間分佈研究而言，必須有一研究範圍。前人在建地的碎形研究上，多以行政區為統計單元 (Shen, 2002; 陳亮瑜, 2002)，方便將之與社會經濟層面的資料進行統計分析，但對於社經資料與建地分維間複雜現象的描述始終有所侷限，難以突破社經資料空間外顯程度低，及均一化行政區內部資訊等限制，加上建地是受到

多種複雜因子同時作用，此方法難以闡述其中複雜的作用，僅能檢驗是否存在相關性，故本研究轉而從有具體空間的地形因子著手，探討單一因子與建地的關係，進而更深入剖析二者間的關連。考量到 (1) 避免過大範圍，模糊化建地空間分佈的特性、(2) 碎形理論應用於

臺灣地形時，10.24~20.48 公里是最佳的尺度 (Cheng *et al.*, 1999)，故不採用縣市等行政區為統計範圍，而取地形最適尺度的平均值 15.36 公里為統計單元大小。

空間分佈研究需要一個研究的範圍，所有考量的尺度應該要以空間統計單元為主，而不是物件，故本研究

表 1 土地利用數值資料

資料名稱	建置時間	涵蓋範圍	調繪方式	分類數	備註
台灣地形圖	1924~1927	台灣西部與東北部	大地測量	26 類	日治時期繪製 1/25000
林務局 航空測量 數值資料	1981~1984	分為平地與山坡地 兩套資料	航照判釋後實地抽 樣檢核	75 類	分類主要以農業使 用為考量 1/5000
國土利用 調查	1991~1994	台灣省境內，不含北 高兩市	實地調查	10 大類 45 中類 93 小類	建地分類較細 1/5000

(整理自：賴進貴、孫志鴻，1994；蔡博文、范毅軍，2001)



圖 3 1927 年、1982 年、1994 年的建地分佈

的方格大小，最大等同統計單元，最小則避免進入太細部的組成，基於「周長 $\propto$ 面積<sup>1/2</sup>」的關係式，將資料中的每一塊建地的面積加總，求取平均數的平方根，做為最小邊長的下限，不低於該限制，計算後得到 74.26 公尺的數值，為配合地形資料，故取 80 公尺做為最小邊長。

因此，本研究採用的  $\varepsilon$  範圍介於 15.36 公里~80 公尺，其間數值採行多數研究採用的二倍數遞增之規則，亦即邊長以 80 公尺為底限，其餘數列為 80x2、80x4、80x8、...80x192 (=15,360)；但倍數遞增的  $\varepsilon$  會呈現邊

界疊合，導致空間位置判斷錯誤的現象，特別是對於集中在中心附近與散落在四個角落的兩種情形，詳見圖 4，當此情形發生，則邊長與格子數的關係會相同，連帶碎形維度值亦相同，為避免此現象發生，另外加入一組數列，此數列的規則為上一組數列前後兩者的平均值。因此，本研究採用之邊長為 80、120、160、240、320、480、...、15,360 公尺等，將所有邊長與其對應之格子數帶入式 2，求得每個統計單元內建地的碎形維度值，也就是該統計單元的建地分維。

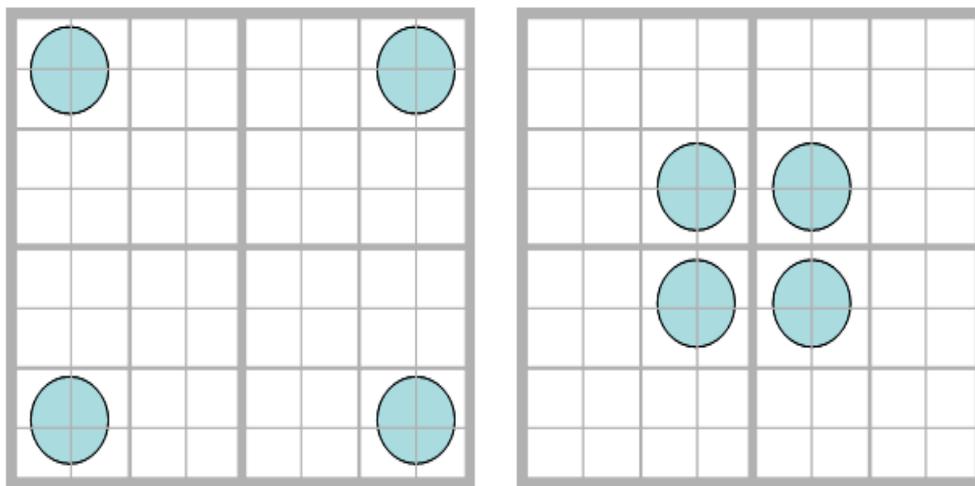


圖 4 二倍數變化之邊長無法分辨的狀況

計算後，發現 1927、1982、1994 年的臺灣建地分維大於 0 者分別有 82、112、158 個單元，平均單元數為 117，根據統計學上取組數的公式（徐銘傑、張子傑，2003）：

$$\text{組數} = 1 + 3.322 \times \log(\text{樣本數}) \dots\dots\dots \text{式 3}$$

將平均樣本數 117 帶入式 3，得到組數為八，故將地形分維與建地分維各分成八組。因為地形變動的程度較低，故假設從 1927 年至今的地形維持大致相同的起伏狀態，三年代都可使用相同的地形資料，將臺灣地形分維的範圍 2~2.7889 等分成為八組；三年度的建地分維差異較大，因此採用理論上的範圍 (0~2) 分組。分組範圍列於表 2，且將計算所得之地形分維值以面量圖的

形式，按表 2 的分組規則繪製於圖 5，表 3 為地形分維與建地分維的列聯表 (contingency table)，並將卡方統計量列於其上。

表 2 地形分維與建地分維分組

地形分維	建地分維
A : 2.0000~2.0986	a : 0.001~0.250
B : 2.0987~2.1972	b : 0.251~0.500
C : 2.1973~2.2958	c : 0.501~0.750
D : 2.2959~2.3945	d : 0.751~1.000
E : 2.3946~2.4931	e : 1.001~1.250
F : 2.4932~2.5917	f : 1.251~1.500
G : 2.5918~2.6904	g : 1.501~1.750
H : 2.6905~2.7889	h : 1.751~2.000

## 結果與討論

### (一) 碎形維度值範圍

當地理學引用由數學發展的碎形理論時，前人認為二維平面空間分佈的維度值應遵循數學的維度範圍，不會低於 1，但許多研究都出現維度值低於 1 的現象，(Shen, 2002; De Keersmaecker *et al.*, 2003)，究其原因在於數學的虛擬空間是以研究的物件為主，而地理學的實體空間是以研究範圍為主體。客體為碎形，客體存在的空間還是經典維數 (顏澤賢, 1993)，亦即客體存在的空間維度會大於客體自身的碎形維度；存在於平面空間的碎形維度，在以物體為主的數學領域中，範圍為 1~2，其計算偏重結構體的細部組成，該部份與地物的破碎程度有關，而非空間分佈面向 (Batty, 1991; Buczkowski *et al.*, 1998)，可是在以空間範圍為主的地理學領域，空間分佈則會有點 (零維)、線 (一維)、面 (二維) 的結構存在 (林鴻溢、李映雪, 1994; 劉繼生、陳彥光, 1999; De Keersmaecker *et al.*, 2003)。且聚落建地僅為準碎形系統，非數學領域製作的完美碎形，兩者間有所不同。

地形分維與建地分維兩者計算過程之差異，在於方格內若無建地則以 0 計數，而地形分維卻因為就算地形平坦，但總有小起伏，故高度值近乎 0 的平坦處，亦以 1 計數，致令將地形或建地分佈的極端狀況帶入式 2，可以得知地形分維的範圍在 2~3 之間，與建地分維介於 0~2 的範圍不同。

### (二) 臺灣建地空間分佈的特性

按照式 2 計算每個統計單元的建地分維，依維度值高低，將 0~2 的範圍分為八組繪製於圖 6，圖中的 A、B、C 各自代表該年度維度值最高的前三個位置與其數值，在 1994 年的圖上，亦標示出無建地資料的北高兩市所覆蓋之統計單元。

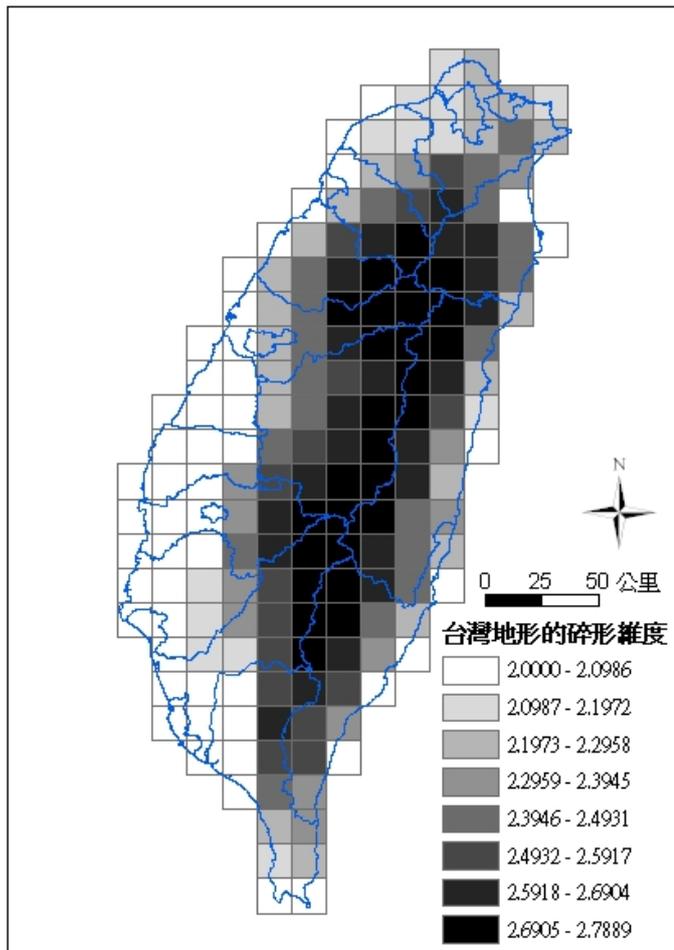


圖 5 台灣地形的碎形維度

表 3 地形分維與建地分維關係及卡方值

1927 年	A	B	C	D	E	F	G	H	合計	%
a	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
b	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
c	—	—	1	—	2	1	—	—	4	4.9%
d	—	—	1	—	4	—	—	—	5	6.1%
e	10	5	4	—	4	—	1	—	24	29.3%
f	22	4	7	4	1	—	—	—	38	46.3%
g	10	1	—	—	—	—	—	—	11	13.4%
h	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
總計	42	10	13	4	11	1	1	—	82	
%	51.2%	12.2%	15.9%	4.9%	13.4%	1.2%	1.2%	0.0%		100.0%
$\chi^2=46.36 > \chi^2(12, 0.005)=28.30$										
1982 年	A	B	C	D	E	F	G	H	合計	%
a	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
b	—	—	—	—	1	—	1	—	2	1.8%
c	—	—	—	1	—	1	1	—	3	2.7%
d	—	—	1	—	2	3	—	—	6	5.4%
e	—	1	2	3	6	2	1	—	15	13.4%
f	12	5	3	4	7	3	2	—	36	32.1%
g	27	3	8	2	1	—	—	—	41	36.6%
h	5	3	1	—	—	—	—	—	9	8.0%
總計	44	12	15	10	17	9	5	—	112	
%	39.3%	10.7%	13.4%	8.9%	15.2%	8.0%	4.5%	0.0%		100.0%
$\chi^2=81.75 > \chi^2(30, 0.005)=53.67$										
1994 年	A	B	C	D	E	F	G	H	合計	%
a	—	—	—	—	—	—	—	2	2	1.3%
b	—	—	—	—	—	—	—	2	2	1.3%
c	—	—	—	—	—	—	—	3	3	1.9%
d	—	—	—	—	2	3	7	5	17	10.8%
e	6	—	3	4	2	6	8	2	31	19.6%
f	9	4	4	4	9	4	2	—	36	22.8%
g	23	6	8	3	6	1	—	—	47	29.7%
h	11	3	5	1	—	—	—	—	20	12.7%
總計	49	13	20	12	19	14	17	14	158	
%	31.0%	8.2%	12.7%	7.6%	12.0%	8.9%	10.8%	8.9%		100.0%
$\chi^2=167.75 > \chi^2(35, 0.005)=60.27$										

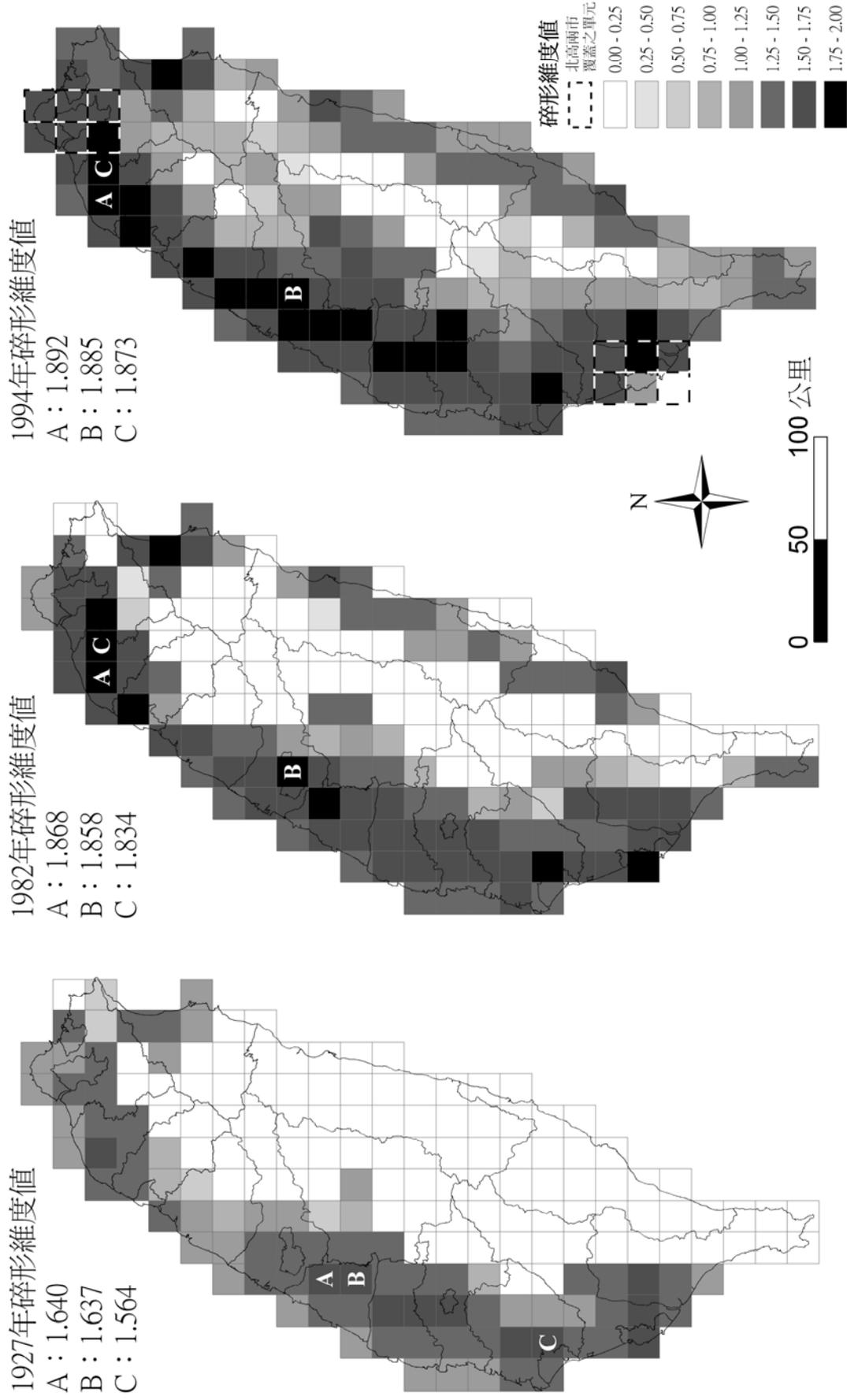


圖 6 三年代的建地分維分佈

從三個年代的碎形維度值分佈變化可以發現，1927年時，維度值高的地方主要在臺灣的西南平原一帶，到了1982年時，整個臺灣的西半部非山區都顯示出高建地分維的現象，時至1994年，各地的維度值再升高，且建地分佈往山區擴張顯著，西半部山區的建地分維也提高，且範圍擴大。特別的是在1982年與1994年維度值最高的前三者變化不大，其值介於1.834~1.892間，可以得知在以15.36×15.36平方公里的尺度下，分析臺灣建地碎形維度值時，最高的維度值莫約是1.9左右；之所以不會達到理論的極值2，是由於土地利用不可能使用到每一吋土地，包括水體、公園...等都是建地未能分佈到的地區。

從整個臺灣開發史來看，臺灣南部地區是以農耕為主要產業型態，最早從鄭成功時期便實行屯田制度發展臺灣的農業(鄭雅方, 2003)，在1927年時，臺灣南部地區各縣市的碎形維度值普遍較其他地區為高，與南部是早期建設發展的重鎮有關，從鄭成功登陸安平開始，甚至是清代漢人的開墾，都是從南部開始，所以南部地區是臺灣最早開發的地區，而後由於政治中心轉移及工業化的結果，使得臺灣發展的重心向北移動(華國鼎, 2002)，北部的碎形維度值也因此升高；另一個臺灣發展變化的解釋是地形限制，由於南部是平原地形，所以建地分佈均勻散佈在縣市界內，不似北部地區受地形限制較高(劉克智與董安琪, 2003)。

### (三) 建地分維與地形分維

採卡方檢定分析，計算卡方統計量，相關數值詳見表3，三年度的卡方統計量分別為46.36、81.75、167.75，皆大於個別自由度在顯著水準0.005下的卡方值(28.3、53.67、60.27)，表示存有相當顯著的差異，充分顯示各地形分維的建地分維分佈並非隨機存在，建地分維會偏好出現在特定的地形分維範圍，建地與地形間存有顯著關連，亦即驗證前述建地的分佈型態會受到地形的影響，且隨時代演進，平地逐漸飽和，建地往山區邁進，破碎、起伏大的山區有較小的建地分維存在，各地形分維分組的建地分維之差異越顯著。

綜觀三個年代，建地分維越大者所分佈的地形分維偏低，而建地分維越小則分佈在地形分維越高的地方，此現象越到晚期越明顯，建地分維接近1者(e、f型)的分佈則是近乎各種地形分維都會出現，但仍舊維持建地分維越高，所處地形分維越低的現象。建地分維低者分佈的地形狀況較廣，但隨著時間演變，平地大量開發，甚至是往山坡地地區開發，所以除了建地分維高者偏向地形分維低者外，也有地形分維高者出現建地分維高於1的狀況。

早期的建地型態比較相近，大抵為c型到g型間的類型，後期的型態則較為發散，從a型到h型都有，是因為後期開發到原本不適合開發的地方，如山區跟海岸邊，而這些開發是小規模且零散的。

在1927年之前，臺灣地形平緩之處幾已開發，故從1927年到1994年間，地形分維A組僅增加了7個統計單元，詳見表3；張政亮等人(2004)對臺北地區漢人聚落拓墾與地形的研究指出，早期聚落選址除了港灣與河口的前哨站外，大多依附在河階地、沖積扇端等良好的地勢與位置，往後的水田開墾，使漢人轉向選址於能滿足安全、灌溉和有利生產活動的平坦地勢，而農耕型態也使得臺灣南部從早期(1927年)就開始出現高建地分維的現象，詳見圖6。而在1927~1982年間，臺灣建地的分佈型態，往山區移動的程度不高，建地的變化主要在地形分維中低程度之處，在地勢平緩之處擴張建地的分佈範圍，該時段向山區擴張僅是小聚落發展，山區的聚落數量不多、規模小，且建地分維大抵低於1，還未能算是徹底發展到山區；1982~1994年間，平坦地區的A、B、C三組地區的建地分維還在提高，且往少數還未開發的單元擴展，這三個地區的維度值頗高，多數屬於f、g、h三個建地分維類型，該時期的地形分維F、G等地形起伏較大之處，建地分維多在1以上，顯示已經從點狀發展成線型的聚落型態，甚至有些地區也已經朝面狀發展，且地形分維H的地區有大規模的增加(14個統計單位)，顯然該時期臺灣的平地已經進入全面開發階段，部分開發需求轉向山區，致使山坡地的開發強烈。

1982~1994 的十二年間建地往山坡地開發的程度 (地形分維 G 組增加 12 個單元, H 組增加 14 個單元) 遠較 1927~1982 的五十五年間還要強烈 (地形分維 G 組僅增加 4 個單元), 詳見表 3, 而 1983 年後, 也正是臺灣山坡地管制法令成熟階段 (蕭惠聲, 2000)。

建地在平原地區的維度值較高, 但受到河流等無法建築處之影響, 仍舊會出現低維度的地區, 而在地形分維是 2.0987~2.1972 之間的 B 地區, 建地的分佈型態容易開發成爲高維度的狀況。對於整個臺灣而言, 由早期從南部平原發展, 到後期往北部丘陵, 甚至是地形起伏較大的山坡地地區擴展, 換言之, 早期建地的開發會受到地形的影響較重, 但長期而言, 因爲人口壓力與發展的需要, 迫使聚落突破地形的限制, 開發原先不適合開墾之地, 地形的影響仍在, 但限制受突破而減少, 亦即聚落對環境的要求有所轉化, 此與陳美鈴 (1987) 對臺北市建地型態的研究相符, 但與張政亮等人 (2004) 比較, 與早期的漢人因爲農耕文化, 由取水、防禦等需求轉向到地形平緩處發展不同, 後期的漢人是因爲平地開發殆盡, 又朝山區發展, 顯示兩時期間的發展需求與環境限制有所轉化。

## 結 論

利用盒計數法做爲空間分佈測量上, 有一個非常重要的優點, 各個土地利用資料建立時, 會受到其目的、方法等的影響, 對不同土地覆蓋物 (land cover) 之分類與概括化程度有所不同, 本研究使用三個年度的資料做爲分析的對象, 自然不能避開資料間比例尺概括化的問題, 但只要避免偏重物體的細部結構, 將有助於減少該問題所產生的誤差。

數學領域對物件的碎形維度探討, 是視物體本身爲測量基礎, 進行分析探討, 但地理學則以統計單元的範圍爲基礎, 這是因爲兩者的觀察切入面向不同, 數學是研究物件的碎形型態與結構, 而地理學卻是研究整體範圍的碎形型態與分佈狀況, 故使用盒計數法度量二維平

面的空間分佈時, 數學領域得到的範圍爲 1~2, 而地理學的碎形維度值範圍卻介於 0~2 之間。

臺灣南部地區的建地型態從早期即爲高維度的地區, 晚期北部才漸漸發展成高建地分維, 然而兩地區發展的主因卻不相同, 早期南部地區是因爲農墾而發展, 晚期北部地區則因政治中心轉移及工業化得以發展, 這些都反映在建地的空間型態上。1927 年到 1982 年間, 平原的建地持續成長, 提高了平原地區的碎形維度值, 也受到政治中心轉移及工業化的影響, 北部迅速發展, 造成兩年度間, 碎形維度值變化最大之處在西北部的現象; 1982 年到 1994 年時, 受到人口壓力、社經開發的需求影響, 加上平原地區開發已趨飽和, 建地開發擴張至山坡地, 碎形維度值變化最大之處轉移到山區。

陳美鈴 (1987) 的研究結果表示臺北市的建地擴展、建屋型態在長期發展上確實會受到地形的影響, 但越近期則受到法規、交通、居住習慣... 等人文因素較大的影響, 本研究也披露出全臺灣有相同的現象存在, 但近期開發移往山區的主要原因在於平地開發趨於飽和, 受到人口壓力與社會經濟發展的需要, 所以轉向山坡地發展; 張政亮等人 (2004) 對臺北市聚落發展也出相似的結論, 指出漢人入墾臺北地區, 先以天然的港灣與河口爲登岸的前哨, 而初墾聚落的地點選擇則是僅依附著自然環境, 尋求良好的地勢與位置, 特別是取水方便的河階地形, 後來在水田文化的精緻農業與灌溉技術發展影響下, 轉化了聚落對自然條件的傳統依賴, 變換成以能滿足安全、灌溉和有利生產活動的平坦地勢, 但本研究的時間點較晚, 反映出的不是由河階地、沖積扇轉向平原的歷程, 而是因爲平原開發殆盡, 轉而又朝向山坡地開墾的過程。

對於整個臺灣而言, 由早期從南部平原發展, 到後期往北部丘陵, 甚至是地形起伏較大的山坡地地區擴展, 顯然地對於整個臺灣而言, 早期的建地分佈受到地形的影響顯著, 隨著世代時移, 原有的聚落地區已經面臨發展飽和的窘境, 人口壓力、社經發展需求... 等迫使建地的開發越來越往土地利用風險大之處移動, 藉由工

程技術的進步，將原本受到地形、地質、河流...等限制，不適合發展的地區，開發成爲大型社區等建地。換言之，早期建地的開發會受到地形的深重影響，但近期人口壓力與社會經濟發展的需要，迫使聚落突破地形的限制，開發原先較不適合開墾的地區，地形的影響仍在，但限制受突破而減少，亦即聚落對環境的依賴與需求與早期不同，又有所轉化。

## 引用文獻

- 朱曉華、王建、陳霞 (2001) 海岸線空間分形性質探討—以江蘇省爲例，*地理科學*，21 (1): 70-75。
- 林峰田 (1991) 空間混和度之準碎形指標，*國立臺灣大學建築與城鄉研究所學報*，6: 9-17。
- 林鴻溢、李映雪 (1994) 分形論—奇異性探索，北京：北京理工大學出版社。
- 華國鼎 (2002) 臺灣地區都市等級體系變遷之研究，中國文化大學建築及都市計畫研究所碩士論文。
- 徐銘傑、張子傑 (2003) 應用統計學，臺北：鼎茂圖書。
- 陳美鈴 (1987) 臺北市的建地擴展、建屋型態與地形，*國立臺灣師範大學地理學研究所碩士論文*。
- 陳亮瑜 (2002) 碎形維度與空間型態之研究—臺灣地區之聚落空間爲例，*國立臺灣大學地理學研究所碩士論文*。
- 張志三 (1993) 漫談分形，湖南：湖南教育出版社。
- 張政亮、鄧國雄、吳健蘭 (2004) 臺北地區漢人聚落拓墾與地形之相關研究，*師大地理研究報告*，40: 67-89。
- 劉克智、董安琪 (2003) 臺灣都市發展的演進—歷史的回顧與展望，*人口學刊*，26: 1-25。
- 劉繼生、陳彥光 (1999) 城鎮體系空間結構的分形維數及其測算方法，*地理研究*，18 (2): 171-178。
- 蔡博文、范毅軍 (2001) 臺灣北部海岸地區土地利用歷史資料庫建立之研究 (III)，行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告，臺北：行政院國家科學委員會。
- 蕭惠聲 (2000) 山坡地社區開發及其問題之研究—以大屯山麓山坡地社區爲例，*國立臺灣大學地理學研究所博士論文*。
- 鄭雅方 (2003) 臺灣南部農田水利事業經營之研究，*國立成功大學碩士論文*。
- 賴進貴、孫志鴻 (1994) 臺灣地區數值土地利用資料庫建立之研究，*國立臺灣大學地理學研究所*。
- 顏澤賢 (1993) 現在系統理論，臺北：遠流。
- Mandelbrot, B. B. (1983) 大自然的 $\frac{1}{D}$ 分形幾何學 (*The Fractal Geometry of Nature*)，陳守吉與凌復華合譯 (1998)，上海：上海遠東出版社。
- Batty, M. (1991) Cities as fractals: simulating growth and form, In : *Fractals and Chaos*, ed. Crilly, A. J., Earnshaw, R. A. and Jones H.: 43-69, New York: Springer Verlag.
- Batty, M. and Longley, P. (1994) *Fractal Cities : A Geometry of Form and Function*, San Diego: Academic Press.
- Berube, D. and Jebrak, M. (1999) High precision boundary fractal analysis for shape characterization, *Computer and Geosciences*, 25: 1059-1071.
- Bovill, C. (1996) *Fractal Geometry in Architecture and Design*, Boston: Birkhauser.
- Buczowski, S., Hildgen, P. and Cartilier, L. (1998) Measurements of fractal dimension by box-counting: a critical analysis of data scatter, *Physica A*, 252 : 23-34.
- Cheng, Y. C., Lee, P. J. and Lee, T. Y. (1999) Self-similarity dimensions of the Taiwan Island landscape, *Computer and Geosciences*, 25: 1043-1050.
- De Keersmaecker, M. L., Frankhauser, P. and Thomas, I. (2003) Using fractal dimensions for characterizing intra-urban diversity: the example of Brussels, *Geographical Analysis*, 35: 310-328.

Eglash, R., Diatta, C. S. and Badiane, N. (1994) Fractal structure in Jola material culture, *Ekistics*, 61 (368/369): 367-371.

Kenkel, N. C. and Walker, D. J. (1996) Fractals in the biological sciences, *COENOSES*, 11: 77-100.

Shen, G. (2002) Fractal dimension and fractal growth of urbanized areas, *International Journal of Geographical Information Science*, 16 (5) : 419-437.

94年09月21日 收稿

94年10月14日 修正

94年10月22日 接受