

高雄大都會區都市結構之實證分析— 與台北基隆大都會區之比較

Density Function: Empirical and Comparison Analysis of Greater Kaohsiung Metropolitan Area

陳心蘋*

Hsin-Ping Chen

摘 要

眾所週知密度函數依都市結構的假設主要可分為單一中心密度函數與多中心密度函數，而另外延伸的分散性與調整的多中心密度函數則較少被應用。本文首先分析四種不同的密度函數型態與來源，並提供不同的角度來理解這些函數。它們主要的理論基礎根源於傳統的土地使用理論中決策者通勤成本最小化的原則。本文嘗試以土地使用的理論基礎來解釋實證的密度函數來源，目的在填補理論與實證模型間之缺口。在實證部份，本文以高雄大都會區為研究區域，首先界定都會區中的就業中心，再對不同密度函數進行估計。並將結果與台北基隆大都會區的實證結果相比較。結果顯示台北基隆都會區的就業中心規模明顯大於高雄大都會區；兩都會區都較符合多中心模型型態；調整的多中心模型在實證分析上可適度取代估計成本較高的多中心模型。

關鍵詞：密度函數、大都會區

ABSTRACT

This paper theoretically introduce four kinds of density functions which have been applied in the empirical analysis in explaining spatial structure. We give a different point of view in terms of theoretical base, interrelations and the economic meaning of the function forms. We also perform an empirical analysis using Greater Kaohsiung Metropolitan Area data. The empirical results are compared to the results of Greater Taipei Metropolitan Area. We find that both Kaohsiung Metropolitan Area and Taipei Metropolitan Area are better explained by the polycentric model even Kaohsiung Metropolitan Area is much smaller than Taipei Metropolitan Area and has relatively smaller size in its employment center. The adjusted polycentric density function is more manageable in terms of empirical estimation than the polycentric density function.

Key words: Density Function, Metropolitan Area

(本文於1997年10月5日收稿，1998年6月24日審查通過)

* 國立政治大學經濟系副教授。

一、前言

討論都市結構的實證研究中，主要以分析人口或就業的分佈型態為重點；而密度函數則是最普遍被應用來解釋人口或就業分佈型態的函數。依據不同的都市結構假設，有不同的密度函數衡量式，包括傳統的單一中心密度函數(monocentric density function)；容許一個以上的就業中心存在，較符合實際都市結構的多中心密度函數(polycentric density function)；以及根據多中心密度函數變化而來的調整的多中心密度函數(adjusted polycentric density function)與分散式密度函數(dispersive density function)。這些不同的密度函數模型可解釋不同時期的都市空間結構，近年來都市的空間結構由集中的單一中心走向分散化的多中心型態。由密度函數的實證研究不僅可歸納就業與人口分佈的系統性層面，更可透過不同形式密度函數的估計提出空間結構變化的依據。許多文獻曾以這些熟悉的密度函數對不同地區的資料進行估計(Griffith, 1981; Gordon et al., 1986; Small and Song, 1994; Song, 1994)，研究結果顯示多中心模型較單一中心模型有較強的解釋力。本文的目的在以傳統都市經濟理論的觀點，來推展目前實證分析上應用的密度函數及函數之間的相關性；再以高雄大都會區村里別的資料做實證分析，與陳心蘋(1996)文中台北基隆大都會區的估計結果相比較，觀察兩都會區空間結構的異同及其空間結構的異同對不同密度函數估計結果的影響。最後並可了解都市分散化的現象是否也出現在台灣的都會區。

本文第二節為密度函數理論來源的分析，與不同密度函數的定義及相關性；第三節概述本文實證分析所應用的資料；第四節為高雄大都會區的實證結果，及其與台北基隆大都會區的估計結果之比較分析；第五節為結論。

二、密度函數模型

本文以三種不同型態的密度函數(density function)來解釋都會結構，包括最簡單的單一中心模型(monocentric model)；放寬中心數量假設後，Griffith(1981)提出的多中心模型(polycentric model)，以及調整過的分散式模型(dispersive model)。三種不同的模型各有其相對應的密度函數，然三種密度函數都是以區位接近度(accessibility)(或稱之為可及性，後簡稱為接近度)，做為解釋人口或就業分佈的主要工具。傳統的都市經濟學中，家計單位居住地的選擇主要取決於住宅到工作地點的交通成本與住宅價格間的替代結果，同時家計單位偏好居住於便於通勤到周圍就業機會的區域。而衡量一地區到周圍就業機會的方便與否即所謂的可及性(接近度)，本文以到就業中心距離的加權總合衡量接近度。理論上以時間距離為基礎可能較佳，因為地理上的直線或通勤距離為固定，然時間通勤距離會因交通建設的進步而有顯著的改變。本文受資料取得的限制，以空間直線距離衡量接近度。接近度越高的地區，家計單位越偏愛(因通勤成本較低)；進而，此地區的房價會較高；由於房子屬於普通財貨(normal good)，房價越高，消費的數量會越少，人口密度便會越高。由此可推導出接近度與密度間的正向關係，接近度越高密度會越高。依此結果可建立密度函數之型態：

$$D_i = f(A_i) \dots\dots\dots (1)$$

式中 D_i 為地區 i 的人口密度(或就業密度)， A_i 為地區 i 的接近度， f 為單調遞增函數，就業密度在單一中心模型中的分配與人口的分佈型態一樣由中心往外遞減。對廠商而言，市中心的區位利益

包含聚集經濟(都市化與地方化經濟)、運輸便利等因素，而不同的因素對不同性質的產業在區位利益的衡量上會有不同的權數。一般而言，愈接近市中心，區位接近度愈高，廠商愈偏愛。由於愈接近市中心區地價越高，替代效果會造成廠商對土地面積的需求愈少，因此就業密度愈高。Ingram(1971)，Guy(1983)和Song(1995)都曾對接近度的衡量方式加以討論比較，結果顯示，若以解釋力最大為標準，研究中最普遍被應用的負指數函數型態(negative exponential)的接近度是最佳選擇。本文即以此負指數函數為衡量接近度的基礎，依三種不同的模型假設，介紹相對應的密度函數。

(一) 單一中心密度函數(Monocentric density function)

單一中心模型是都市經濟學中最傳統、簡單的假設：都市區域中，僅存唯一的就業中心，所有居民都通勤到就業中心工作。根據以上假設，家計單位所關心的居住地的接近度僅指到唯一就業中心的接近度。依此模型假設下，推衍出的密度函數如下：

$$D_i = f(A_i) = f[k \exp(-\lambda d_{io})] = K \exp(-\lambda d_{io}) e^{u_i} \dots\dots\dots (2)$$

式中 k 、 λ 與 K 皆為參數； d_{io} 是地區 i 到唯一就業中心的距離； d_{io} 為函數中的誤差項。估計此單一中心密度函數的方法是將式(2)取對數後，以一般最小平方法估計之。其中負指數函數 $\exp(-\lambda d_{io})$ 被稱為「距離衰落函數」(distance decay function)，用來衡量距離對人口流動的負向影響。對式(2)取對數後如下：

$$\ln D_i = \ln K - \lambda d_{io} + u_i \dots\dots\dots (3)$$

式中參數 λ 代表每從就業中心向外移動一單位的距離，人口密度減少的百分比，稱之為密度傾斜率(density gradient)。當地區 i 是就業中心時， d_{io} 為零，參數 K 代表就業中心的人口密度。家計單位在房價與通勤到就業中心的成本相抵下，最後達到的均衡情況是人口密度的最高點在就業中心，由此向外逐漸下降，而下降的速度表現於密度傾斜率的大小。

(二) 多中心密度函數(Polycentric density function)

將單一中心的假設放寬，容許一個以上的就業中心存在即形成多中心模型。在此放寬的假設下，家計單位仍然偏好居住於接近度高的地點；不同的是，現在接近度的衡量不是只考慮與唯一中心的接近程度，還需包括與其它中心的距離。仍然以負指數函數型態衡量距離的影響，應用簡單的相加方式結合該區到所有中心的接近度，即形成多中心密度函數，亦稱之為相加的密度函數：

$$D_i = f(A_i) = f\left[\sum_{j=1}^M k_j \exp(-\lambda_j d_{ij})\right] = \sum_{j=1}^M K_j \exp(-\lambda_j d_{ij}) + v_i \dots\dots\dots (4)$$

式中 M 是就業中心的數目； k_j 、 λ 與 K_j 為參數； v_i 是隨機項。每一地區的人口密度是該區到所有就業中心接近度的總合，也可看作是該區與所有就業中心對應的負指數密度函數的加總。當地區 i 為就業中心之一(假設為第 M 個就業中心)，且其它就業中心距離地區 i 很遠時，參數 K_M 會非常接近於中心(即地區 i)之人口密度。一般情況下， K_j 應小於中心 j 之人口密度。依此關係，多中心

密度函數可視為該地所有中心密度的加權總合，權數是該地區到各中心通勤距離的負指數函數。

當截距項 K_j 除了有一項不為零外，其它皆為零時，式(4)會減化為單一中心密度函數(式(2))，式(4)即為式(2)之延伸。假設就業中心不只一個時，某地區到所有就業中心的接近度是該區對各就業中心接近度之加總：

$$f\left(\sum_{j=1}^M A_{ij}\right) = \sum_{j=1}^M K_j \exp(-\lambda_j d_{ij}) + v_i = \sum_{j=1}^M D_{ij} + V_i \dots\dots\dots (5)$$

式中 A_{ij} 代表地區 i 到就業中心 j 的接近度， D_{ij} 代表就業中心 j 對地區 i 之接近度所對映的地區 i 之人口密度。地區 i 的人口密度(D_i)是該區對所有就業中心引發的人口密度之總合。從這個觀點看來，參數 λ_j 即代表就業中心 j 在多中心模型中的密度傾斜率(density gradient)，是遠離就業中心 j 一單位距離時，密度下降的百分比。一個都市若是較符合單一中心模型，該都市應屬於較集中化的形式；若該都市屬於多中心模式，則該都市的空間結構屬分散化的情況。透過兩類模型對特定地區的實證研究，可辨別該都市集中化或分散化的現象。

(三) 調整的多中心密度函數(Adjusted polycentric density function)

多中心密度函數中待估計的參數共有 $2M$ 個，當中心數多時，非線性估計費時且不容易找到全區域的最適值(global optimum)。若簡化該式，減少待估計的參數，或可提昇估計結果的正確度。首先假設截距項 K_j 為該區就業量的函數(因其與該區就業量成正比)，再加入一個調整係數，式(5)則簡化如下：

$$D_i = e^{\alpha_1} \left[\sum_{j=1}^M \frac{E_j}{E} e^{-\lambda_j d_{ij}} \right]^{\alpha_2} + V_i \dots\dots\dots (6)$$

式(6)中共有 $M+2$ 個待估計參數： α_1 、 α_2 與 λ_j ，可些許減少非線性估計時起始值誤差所引起的偏誤，然而也可能產生模型簡化對解釋力減弱的情況，有待實證結果比較之，若再假設距離衰減函數中的參數 λ_j 為唯一參數，不因地區 j 之不同而改變，則 M 個待估計參數可減化為1個，如下：

$$D_i = e^{\alpha_1} \left[\sum_{j=1}^M \frac{E_j}{E} e^{-\lambda d_{ij}} \right]^{\alpha_2} + v_i \dots\dots\dots (7)$$

總共的待估計參數由 $2M$ (式(4))減少為3個(式(7))。調整的多中心密度函數依估計參數的不同可分為以上兩式(式(6)與式(7))，本文將分別估計之，觀察非線性估計起始值誤差與模型簡化對估計結果的影響。

(四) 分散式密度函數(Dispersive density function)

單一中心模型假設居民居住地的選擇以距離就業中心越近為原則；而多中心模型因放寬區域內就業中心的數目，因此居民居住地的選擇以距離所有就業中心越近為原則；居住地到所有就業中心的接近度(距離的加權總合)成為家計單位區位選擇的主要標準。分散式密度函數是基於比多中心模型更放寬的假設基礎上：假設工作機會不僅集中於區域內少數的就業中心(多中心模

型)，或僅集中於唯一市中心(單一中心模型)，區域中的每個地區都可能有工作機會同時也有家計單位居住。因此接近所有的就業中心不再是家計單位居住地選擇的唯一依據，家計單位要居住在「接近」所有地區的地方。簡言之，某地區的人口密度主要受該地到區域內所有地區的「接近度」影響。

$$D_i = f(A_i) = f \left[\sum_{j=1}^N k_j \exp(-\lambda_j d_{ij}) \right] = \sum_{j=1}^N K_j \exp(-\lambda_j d_{ij}) + v_i \dots \dots \dots (8)$$

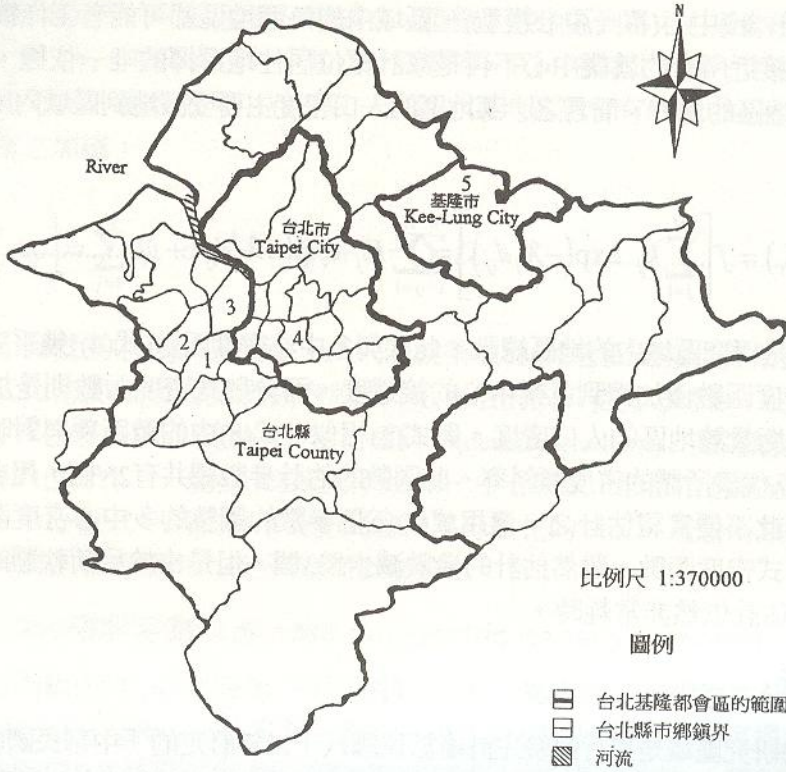
式(8)中參數 N 是研究區域內的地區總數，此式與多中心密度函數(式(4))幾乎完全一樣，唯一不同的是多中心密度函數僅加總到就業中心的接近度，而分散式密度函數則是加總到區域內所有地區的接近度來衡量該地區的人口密度。與式(4)相似，式(8)中的截距項與對映地區的人口密度成正比；而參數 λ 代表所謂的密度傾斜率。此函數的估計參數總共有 $2N$ 個，用非線性方法估計之，非常耗時，因此不便實證估計之。應用式(7)三個參數的調整的多中心密度函數於本式，可推導出調整的分散式密度函數。雖然估計的參數減少為3個，但是由於目前軟體的限制，多數村里(八百多個)的估計依然非常耗時。

三、資料分析

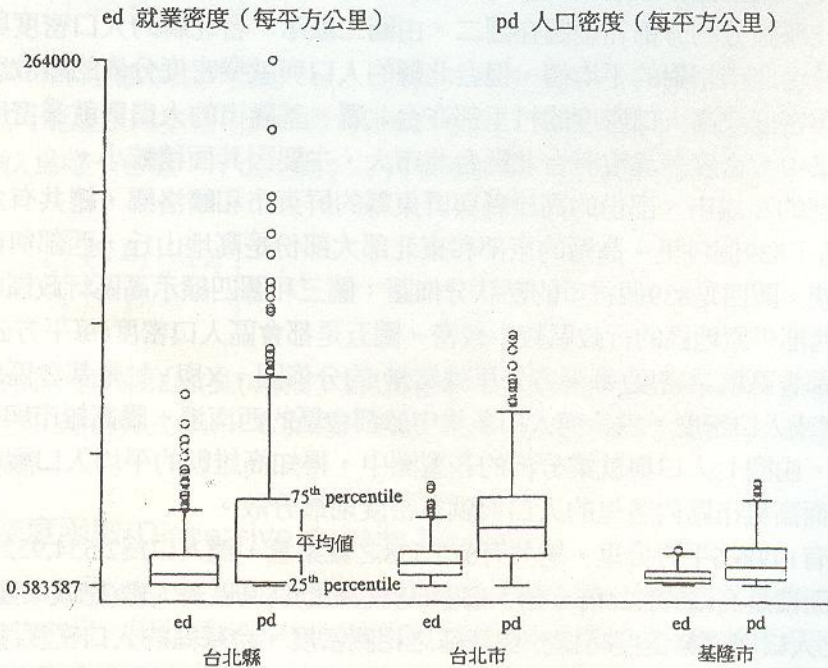
本文所討論的研究區域是以行政院主計處於民國八十二年訂定的「中華民國統計分類」中，劃分的台北基隆大都會區(以下簡稱台基區)與高雄大都會區(以下簡稱高區)，以及附冊(村里統計地區指標)村里別人口數、就業和面積(平方公里)以及台大地理系地理資訊中心估算的兩大都會區中，村里間的地理距離(註1)。台基區包括全部的台北市、基隆市與大部份的台北縣(坪林鄉與鶯歌除外)，總共有45個區或市鄉鎮(如圖一)，包括了1421個村里。台基區的人口與就業依台北市、基隆市與台北縣區分的分佈箱型圖在圖二。由圖二顯示，台北縣的人口密度與就業密度的平均值都大幅低於台北市相對的平均值，但台北縣的人口與就業密度分佈的離散度較台北市大很多，許多高就業密度或高人口密度的村里都在台北縣。基隆市的人口與就業密度都略低於台北縣，且水準較集中，密度差異沒有台北縣台北市大，主要因其面積較小。

高區包括全部的高雄市、部份的高雄縣與屏東縣的屏東市和麟洛鄉，總共有28個區或市鄉鎮(如圖三)，包括了839個村里。高區的東部和東北部大部份是高地山丘，西部與西南部則是平原並且臨台灣海峽。圖四是839個村里的點狀分佈圖；圖三和圖四顯示高區行政區的劃分受地形影響，西南部與西部平原地區的行政區較小較密。圖五是都會區人口密度(每平方公里人口數)的分佈圖；圖六是都會區就業密度(每平方公里就業量)的分佈圖。X與Y軸是都會區的地理座標，Z軸代表就業密度或人口密度。就業與人口多集中於都會區的西南邊，屬高雄市與高雄縣，小部分集中在屏東市。由圖七人口與就業分佈的箱型圖中，得知高雄縣的平均人口與就業密度最低且密度較平均，而高雄市區內各里的人口與就業密度則最分散。

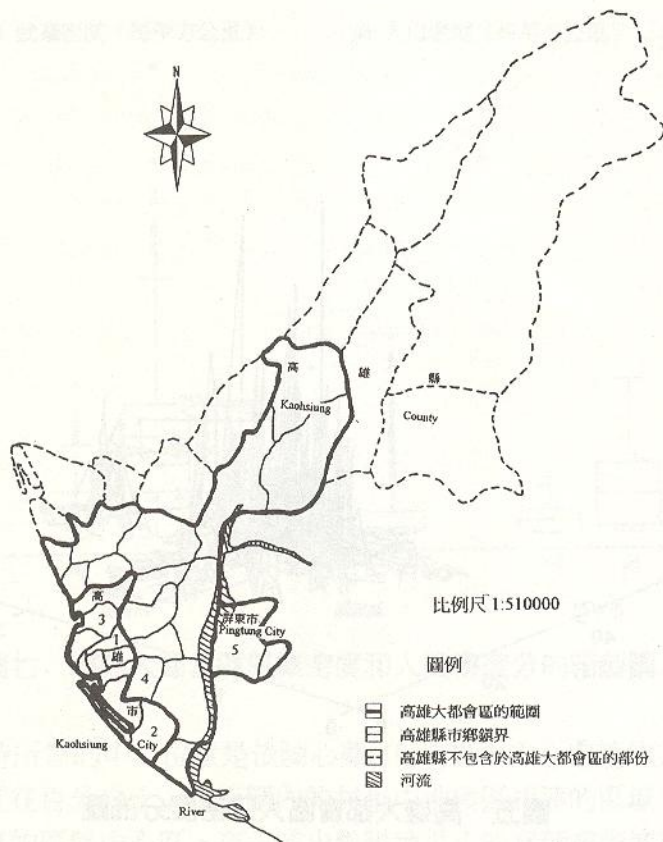
高區總面積有1,006.6平方公里，總共有875,558之就業量，總人口為2,534,952。與台基區相比，台基區的總面積是高區的2.24倍。總人口數(總就業量)為高區總人數(總就業量)的2.4倍(2.59倍)，可見高區之人口與就業密度略低於台基區之相關密度。台基區的人口密度(就業密度)為高區人口密度(就業密度)的1.07倍(1.15倍)。台基區與高區之人口密度與就業密度相關係數為0.989與0.99，兩區的人口與就業分佈都非常接近。



圖一 台北基隆大都會區鄉鎮別圖
(中心：1. 板橋；2. 新莊；3. 三重；4. 大安；5. 基隆)

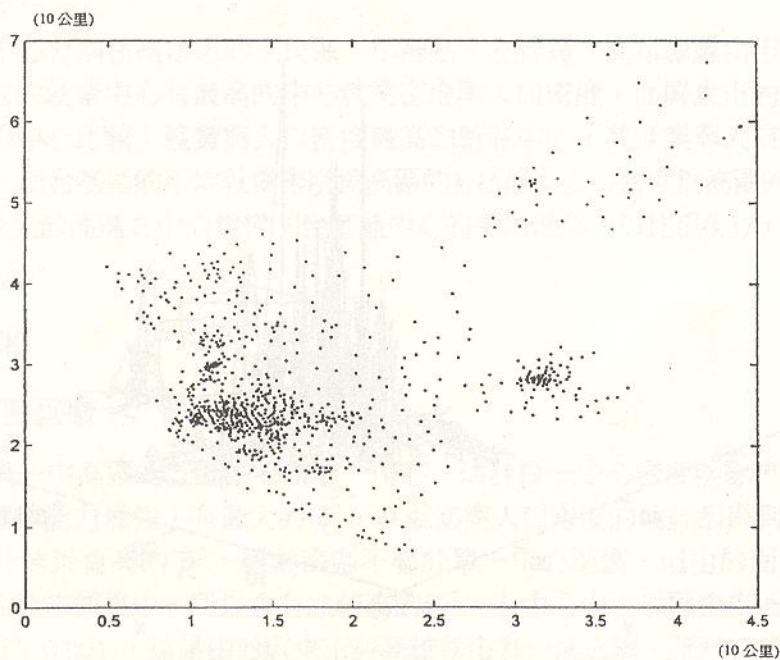


圖二 台北基隆大都會區就業密度和人口密度分佈箱型圖

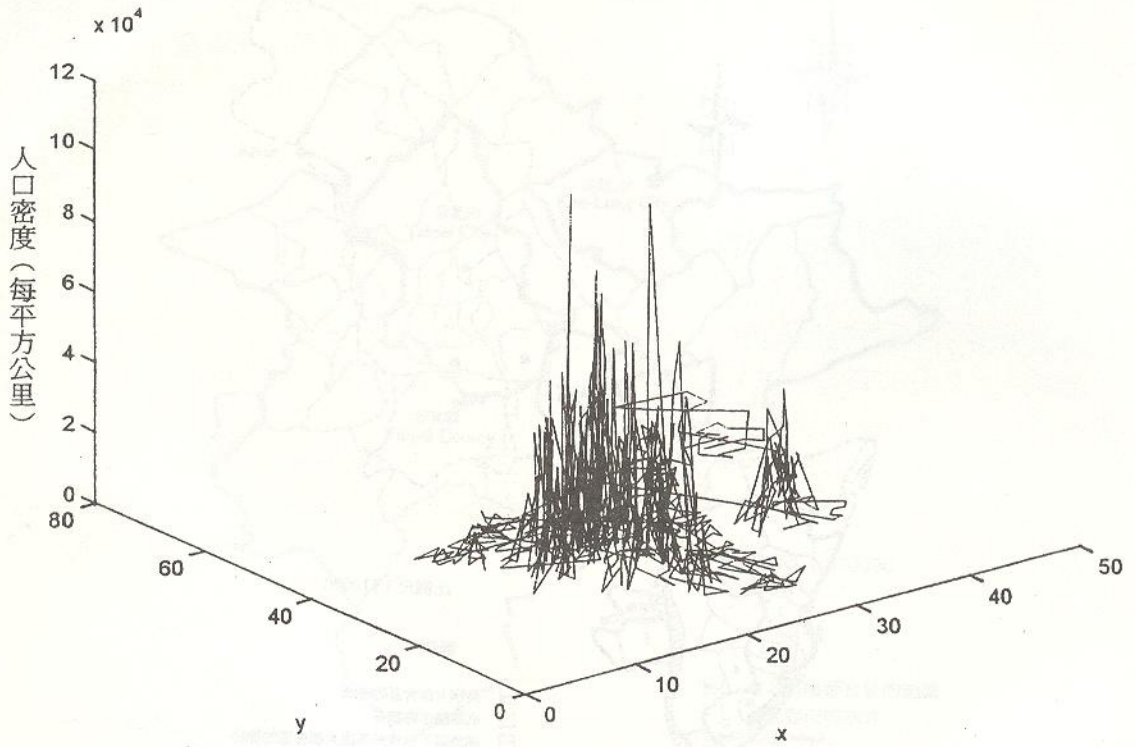


圖三 高雄大都會區鄉鎮別圖

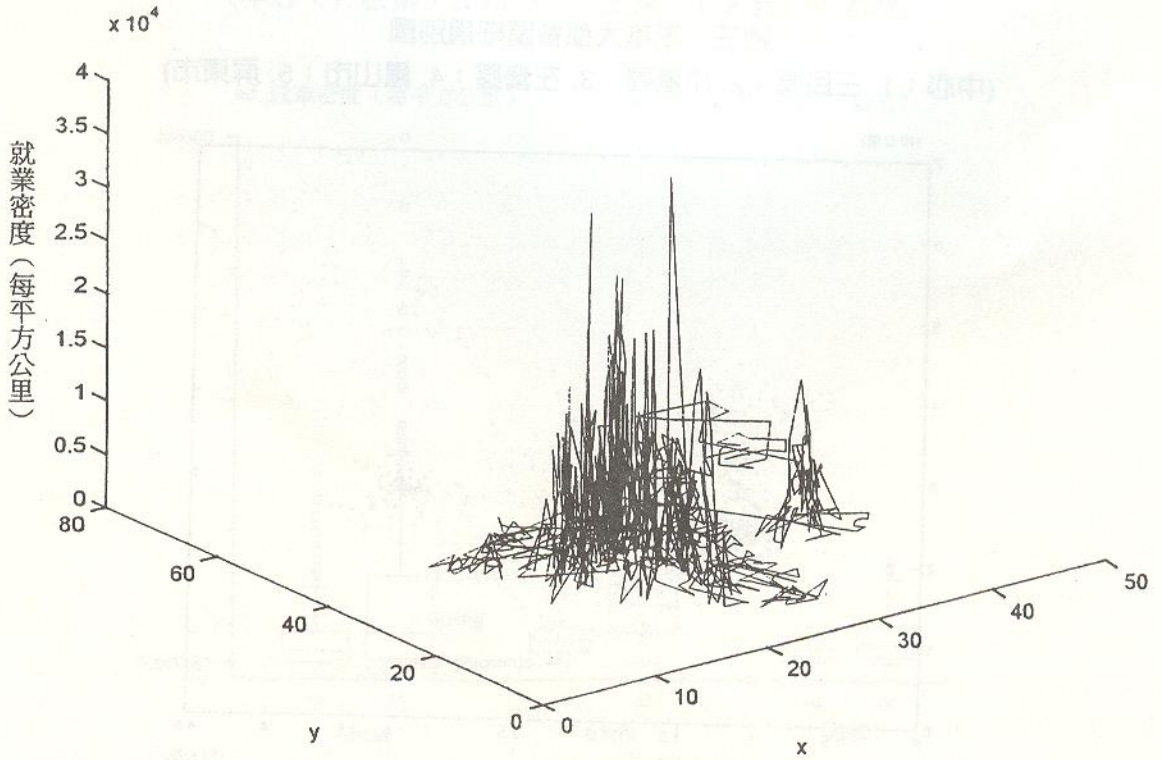
(中心：1. 三民區；2. 小港區；3. 左營區；4. 鳳山市；5. 屏東市)



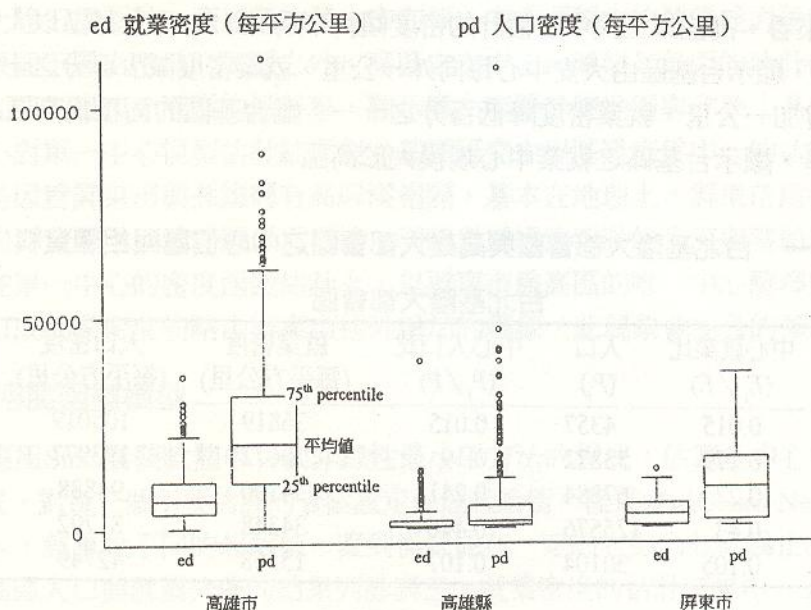
圖四 高雄大都會區村里別點狀圖(839村里)



圖五 高雄大都會區人口密度分佈圖



圖六 高雄大都會區就業密度分佈圖



圖七 高雄大都會區就業密度和人口密度分佈箱型圖

在估計密度函數時所需的中心位置是依陳心蘋(1996)文中中心定義的方式，選定高區的中心：將高區中就業密度在百分之十上限範圍內的村里中地理區相連的區域聚集而成，並挑出每個聚集中就業密度最高的區為中心區。單一或少數腹地很小的高就業密度村里，不會被考慮為中心，因為一高密度的區不足以成為本文所定義的「中心」，並引用該文中所選定的台基區之中心位置和估計結果與高區的估計結果相比較。兩大都會區所選定的中心位置與對應之就業與人口密度並列於表一。

高區的五個中心分別在高雄市的三民區、小港區、左營區、高雄縣鳳山市以及屏東市。高雄市三民區所形成的就業中心有最高的中心就業密度與人口密度，而屏東市的人口與就業密度最低。與台基區的中心比較：就業與人口密度最高的新莊中心，其就業與人口密度皆約為高雄市三民區的3.3倍，而台基區的平均就業密度為高區的1.15倍；人口密度為高區的1.07倍，可見台基區的中心規模遠大於高區之中心規模。台基區中心的平均就業人口比為0.37，與高區之平均就業人口比相近(0.35)。

四、實證結果

(一) 單一中心密度函數

我們分別以表一中高區的五個中心為唯一中心，估計單一中心密度函數，估計結果列於表二。三民中心的解釋能力最強，有最大的 \bar{R}^2 ，其就業與人口密度的估計都得到比台基區以大安中心為中心的估計結果更高的 \bar{R}^2 。雖然高區不屬於單一中心地區，但由於面積比台基區小很多，人口與就業的分佈較集中，所以會有比較高的 \bar{R}^2 。五中心中，以屏東市為唯一與中心的估計結果出現負的 \bar{R}^2 (-0.001)，這是由於屏東市與高雄縣市有一溪之隔，雖然被規劃於高區之內，然地理位置上並不相連，因此若以此中心為單一中心進行估計， R^2 非常小接近於零，導致負的

\bar{R}^2 。以就業密度來看，高區以三民中心估計的密度傾斜率為0.112，而台基區以大安中心估計的密度傾斜率為0.16，顯示台基區由大安中心每向外一公里，就業密度減少百分之十六，而高區於三民中心向外每增加一公里，就業密度降低百分之十一；雖台基區的面積為高區之二倍多，卻仍有較高的傾斜率，顯示台基區之就業中心規模大於高區。

表一 台北基隆大都會區與高雄大都會區之中心位置與相關資料

台北基隆大都會區							
地區	就業 (E_i)	中心就業比 (E_i/E)	人口 (P_i)	中心人口比 (P_i/P)	就業密度 (每平方公里)	人口密度 (每平方公里)	就業人口比
板橋	1537	0.015	4357	0.015	36819	105019	0.35
新莊	18862	0.179	53872	0.19	70672	193977	0.36
三重	28399	0.27	67884	0.241	34100	94888	0.36
大安	45305	0.43	125576	0.446	34348	81792	0.42
基隆	11012	0.105	30104	0.107	15568	42749	0.37

高雄大都會區							
地區	就業 (E_i)	中心就業比 (E_i/E)	人口 (P_i)	中心人口比 (P_i/P)	就業密度 (每平方公里)	人口密度 (每平方公里)	就業人口比
三民區	1301	0.217	3592	0.206	21489	59280	0.36
小港區	1225	0.204	3669	0.211	19513	58292	0.33
鳳山市	2031	0.338	6171	0.355	10868	32604	0.33
屏東市	858	0.143	2357	0.135	9386	25935	0.36
左營區	586	0.098	1617	0.093	17537	48412	0.36

表二 單一中心密度函數模型估計結果

$$D_i = D_0 e^{-br_i} e^{u_i}, \quad i=1,2,\dots,N$$

D_i : 就業密度(每平方公里)				D_i : 人口密度(每平方公里)			
地區	截距 ($\ln \hat{D}_0$)	傾斜率 (\hat{b})	\bar{R}^2	地區	截距 ($\ln \hat{D}_0$)	傾斜率 (\hat{b})	\bar{R}^2
三民區(高雄市)	5.86* (58.38)	0.1120* (-26.61)	0.458	三民區(高雄市)	6.97* (76.22)	0.1167* (-27.41)	0.473
小港區(高雄市)	6.11* (45.45)	0.0913* (-20.71)	0.338	小港區(高雄市)	7.25* (58.91)	0.0965* (-21.7)	0.359
左營區(高雄市)	5.88* (44.80)	0.1074* (-18.94)	0.299	左營區(高雄市)	7.00* (58.27)	0.1126* (-19.56)	0.313
鳳山市(高雄縣)	5.89* (53.67)	0.1042* (-24.04)	0.408	鳳山市(高雄縣)	7.01* (70.34)	0.1095* (-25.07)	0.428
屏東市(屏東縣)	4.64* (14.44)	-0.0017 (0.215)	-0.001	屏東市(屏東縣)	5.72* (20.85)	-0.0005 (0.063)	-0.001**

註：地區間距離以公里計。括弧內是t-值。總共有839個觀察值。

*估計值在0.05水準下顯著的異於0。

** \bar{R}^2 是0.001。

高區中，除三民區外，高雄縣的鳳山市在單一中心迴歸中的解釋能力居第二，達百分之四十一；此結果顯示鳳山市為三民區之外，高區之次中心。雖然其截距的估計值小於小港區，但是其傾斜率大於高雄市小港區的傾斜率，顯示鳳山市屬於腹地廣與非狹小高密度的次中心。以屏東市為中心對單一中心模型估計結果與台基區研究中以基隆市為中心的估計結果相仿：負的傾斜率。這是因為屏東市與高雄縣有高屏溪相隔，基本在地理上，屏東市為另一獨立的市鎮。然大都會區的界定不僅以地理關係為根據，同時考慮經濟活動的交流與整體性，因此將屏東市納入高區。在單一中心的密度函數估計上，以屏東市為高區的唯一中心解釋就業或人口密度分佈會顯出人口或就業密度約略由屏東市往外增加的現象，此現象會由負的傾斜率表現出來。

(二) 多中心密度函數模型

本研究應用Stata套裝軟體中有關非線性最小平方法的程式，估算多中心密度函數。針對某一特定的模式，對每一個所要估計的參數設定一個起始值，程式會以Gauss-Newton法進行調整。如果無法收斂，就重設不同的起始值，直到模式能在一定的次數內收斂為止(註2)。以多中心密度函數解釋高區人口與就業分佈的結果列於表三。就業密度的估計結果中， \bar{R}^2 由單一中心模型的0.458增加到0.70，可見高區與台基區一樣屬多中心的都市結構。估計結果顯示高區的小港中心對都會區的人口與就業分佈比其它四個中心有較多的影響，而屏東市(與台基區之基隆市一樣)相對其它中心，對都會區內的人口與就業分佈如預期的有最小的影響。

表三 多中心密度函數模型估計結果

$$D_i = \sum_{j=1}^M K_j e^{-\lambda_j d_{ij}} + v_i, i=1,2,\dots,N$$

就業					人口				
地區	人口密度 (每平方公里)	截距 (\hat{K}_j)	傾斜率 ($\hat{\lambda}_j$)	影響程度 (1000s)	地區	人口密度 (每平方公里)	截距 (\hat{K}_j)	傾斜率 ($\hat{\lambda}_j$)	影響程度 (1000s)
三民區(高雄市)	21489	12.76* (2.46)	0.119 (1.46)	2219.638	三民區(高雄市)	59280	32.16* (6.58)	0.144* (3.54)	4408.182
小港區(高雄市)	19513	3.65 (0.13)	-0.014 (-0.19)	5521.088	小港區(高雄市)	58292	-8.14 (-0.78)	-0.034 (1.34)	23800
左營區(高雄市)	17537	-7.61 (0.22)	0.002 (0.11)	-7368.587	左營區(高雄市)	48412	49.68* (2.30)	3.825* (2.35)	21.007
鳳山市(高雄縣)	10868	5.38 (0.81)	0.089 (0.67)	1309.397	鳳山市(高雄市)	32604	18.33 (1.59)	0.106 (1.23)	3688.403
屏東市(屏東縣)	9386	8.67* (4.67)	0.432* (2.54)	187.909	屏東市(屏東縣)	25935	25.57* (4.48)	0.480* (2.69)	469.295
$\bar{R}^2=0.7026$					$\bar{R}^2=0.7170$				

註：地區間距離以公里計。括弧內是t-值。總共有839個觀察值。

*估計值在0.05水準下具顯著的異於0。

高區的面積僅台基區之一半，且五個中心中除屏東中心外，地理上都非常接近，導致中心斜坡多重疊的現象，難明確顯現每個中心的「坡度」，故傾斜率無法正確的估計。雖然估計結果解釋力(\bar{R}^2)比台基區高(0.69)，然代表傾斜率的估計參數不像台基區之估計結果，全部達到百分之五的顯著水準。就業密度部份僅屏東中心的傾斜率達顯著水準，這是因為屏東中心相對都會區中其它的中心是地理上最獨立的，不像其它四個中心聚集在一起。因此在多中心模型的假設下，截距與傾斜率的估計結果都比其它中心的對應估計結果來的正確清楚。可見多中心密度函數的估計方式解釋力指標(\bar{R}^2)，與參數估計值的顯著與否並不一定成正相關。都會區中中心位置的分佈情形會影響參數值的估計結果。由於上述問題，雖小港區與鳳山市的估計參數值皆未達百分之五的顯著水準，並不代表這兩個地區不足為高區的次中心；由估計的「影響程度」可見鳳山市與小港區在多中心密度函數的估計仍可符合衛星市鎮的角色。應用多中心密度函數解釋都會區之人口或就業分佈時，須考慮研究區的面積與中心的數目，若研究區的面積較小，而中心數多時，傾斜率的估計結果不能代表各中心的坡度。我們將五個中心簡化為三個中心：三民區、鳳山市與屏東市，再重新估計多中心模型。結果顯示估計截距與傾斜率，除人口變數下鳳山市的傾斜率未達顯著水準，其它皆達顯著水準。由此可知，合併重疊性較高的中心區可改進估計的結果。

表四 多中心密度函數模型估計結果

$$D_i = \sum_{j=1}^M K_j e^{-\lambda_j d_{ij}} + v_i, \quad i=1,2,\dots,N$$

就業				人口			
地區	就業密度 (每平方公里)	截距 (\hat{K}_j)	傾斜率 ($\hat{\lambda}_j$)	地區	就業密度 (每平方公里)	截距 (\hat{K}_j)	傾斜率 ($\hat{\lambda}_j$)
三民區(高雄市)	21489	47.27* (12.43)	0.254* (6.35)	三民區(高雄市)	59280	131.36* (11.68)	0.242* (6.14)
鳳山市(高雄縣)	10868	14.82* (3.95)	0.248* (1.61)	鳳山市(高雄縣)	32604	45.05* (4.18)	0.24 (1.68)
屏東市(屏東縣)	9386	31.81* (3.53)	0.848* (0.344)	屏東市(屏東縣)	25935	97.17* (3.6)	0.892* (2.59)
$\bar{R}^2=0.6959$				$\bar{R}^2=0.7016$			

註：地區間距離以公里計。括弧內是t-值。總共有839個觀察值。

*估計值在0.05水準下具顯著。

(三) 調整的多中心密度函數

以相同五個中心對調整的多中心密度函數進行估計，估計結果列於表五與表六。調整的多中心密度函數共有七個參數，比原本多中心模型簡化，然而估計結果卻比多中心模型之結果解釋力高。就業密度的估計結果 \bar{R}^2 是0.7243，人口密度的估計結果 \bar{R}^2 是0.7305；同時所有的估計

參數值皆達百分之五的顯著水準。調整的多中心密度函數之解釋能力高於其他密度函數的原因，並非全受等式右邊解釋變數(就業密度比(E_j/E))與被解釋變數(D_i)有高度相關所致。因為就業密度比(E_j/E)乃每中心區之就業密度比，並非每觀察區的就業密度比(E/E)，因此並無直接的高度相關。我們認為主要原因是，調整的多中心密度函數以各中心就業密度比取代函數中的截距項，此截距項根據前節討論與對應的該中心人口或就業密度呈正相關，因此以就業密度比取代函數中的截距項有助於簡化模型並提高解釋力。

台基區的結果與高區相反，台基區之多中心密度函數的估計結果反而比調整的多中心模型有較高的 \bar{R}^2 ，且在人口密度函數的估計中，調整的密度函數之估計參數僅 α_2 達百分之五的顯著水準。最簡化的調整的多中心模型(三個估計參數)之估計結果均達百分之五的顯著水準(表六)，

表五 調整的多中心密度函數估計結果

$$D_i = e^{\alpha_1} \left[\sum_{j=1}^M \frac{E_j}{E} * e^{-\lambda_j d_{ij}} \right]^{\alpha_2} + e^{\varepsilon_i}$$

 D_i ：就業密度(平方公里)

估計參數(中心)	估計值	t 值
α_1	17.002*	14.15
α_2	12.241*	8.86
λ_1 (三民區)	0.040*	11.04
λ_2 (小港區)	1.591*	7.04
λ_3 (左營區)	2.611*	6.16
λ_4 (鳳山市)	0.011*	8.55
λ_5 (屏東市)	0.125*	5.10
$\bar{R}^2=0.7243$		

 D_i ：人口密度(平方公里)

估計參數(中心)	估計值	t 值
α_1	17.560*	16.11
α_2	11.433*	9.01
λ_1 (三民區)	0.039*	10.87
λ_2 (小港區)	1.501*	6.90
λ_3 (左營區)	2.456*	6.03
λ_4 (鳳山市)	0.011*	8.59
λ_5 (屏東市)	0.128*	4.98
$\bar{R}^2=0.7305$		

*估計值在0.05水準下具顯著。

表六 調整的多中心密度函數估計結果

$$D_i = e^{\alpha_1} \left[\sum_{j=1}^M \frac{E_j}{E} * e^{-\lambda_j d_{ij}} \right]^{\alpha_2} + e^{\varepsilon_i}$$

 D_i ：就業密度(平方公里)

估計參數	估計值	t 值
α_1	10.074*	45.69
α_2	0.764*	8.16
λ_1	0.252*	7.60
$\bar{R}^2=0.6580$		

 D_i ：人口密度(平方公里)

估計參數	估計值	t 值
α_1	11.111*	58.49
α_2	0.740*	8.27
λ_1	0.253*	7.76
$\bar{R}^2=0.6702$		

*估計值在0.05水準下具顯著。

然其解釋力由多中心之0.70降為0.66。模型的簡化犧牲了百分之四的解釋力，但是卻得到統計上較顯著的估計結果。有趣的是高區與台基區在三個參數的調整的多中心模型之表現非常接近，以就業密度之估計為例，台基區之 \bar{R}^2 為0.6767，其估計之結果為： $\alpha_1=10.834$ ， $\alpha_2=0.696$ ， $\lambda=0.258$ （皆達顯著水準）。 λ 值代表研究內之中心傾斜率，兩都會區之估計 λ 值皆近於0.25，高於單一中心的估計傾斜率(0.112)。

五、結論

本文的實證結果顯示高區與台基區皆屬多中心都市型態，除唯一的中心區外，都會區中並包含其他的次中心。由解釋力較優的多中心或調整的多中心密度估計結果顯示，高區與台基區皆呈現都市分散的現象。由於資料的限制，我們無法對兩個時點以上的同一都會區做實證研究並比較結果，而不同時點的比較才可說明是否有分散化的趨勢。估計參數值受到都會區中中心的空間分佈重疊與否的影響很大，然整體的解釋能力(\bar{R}^2)並不會受到影響。都會區中各中心區的地理分佈與腹地之獨立程度，會影響密度函數中截距項與傾斜率之估計值之正確程度與顯著與否，然估計之各中心的「影響程度」仍可依序顯示各中心在該都會區的整體影響力。此類實證研究可應用於研究交通建設或者都市政策對都市空間裏，各中心區規模與對該都會區影響力的預測與估計。交通的建設可改變都會區中村里間通勤成本，近而影響各區的可及性(接近度)，由估計的「影響程度」可預測交通政策對都會區中各中心在區域中主導性的影響。此外，當各中心的腹地重疊性較低時(如台基區)，多中心密度的係數更可適度的解釋各中心之密度集中度與腹地大小。透過交通政策或者都市人口規劃到政策的模擬，可討論該政策對各中心空間型態的影響。調整的多中心模型之解釋能力高於多中心模型，顯示多中心模型中的截距項與對應之各中心的就業密度有高度相關性。

本文以高區為研究區域，對不同的密度函數進行估計，並與台基區之估計結果相比較。結果顯示，由於高區的面積是台基區的一半，相對於台基區的人口就業分佈較為集中，因此在單一中心密度函數以三民中心為唯一中心的估計中得到較高的 \bar{R}^2 ；台基區就業中心的規模明顯大於高區(新莊中心最高就業密度是高區三民中心最高就業密度的三倍半)，台基區之估計傾斜率略高於高區的估計傾斜率。屏東市由於地理上位居高雄縣之外，以單一中心模型的估計結果如預期般的無解釋力；然在多中心模型的估計結果中，比其它四個中心有更正確的截距項與傾斜率。這是由於高區內除屏東市外的四個中心，位置非常接近，影響力重合性很高，因此即使多中心模型的估計結果有明顯優於單一中心模型的解釋力($\bar{R}^2=0.7026$)，然各中心之截距項與傾斜率卻難以分別，故難達顯著水準。同時與台基區的估計結果不同，以調整的多中心模型解釋高區的人口就業分佈時，模型簡化反而得到更高的 \bar{R}^2 ，顯示調整的多中心模型在都市結構的分析上，在某些情況下，是可適度取代多中心模型。依本實證結果顯示，最簡化的調整的多中心模型僅包含三個參數，在中心數目較多的情況下，估計調整的多中心模型較簡便，且並未犧牲太大的解釋力。

註 釋

註 1：行政院主計處八十二年編印的統計地區標準分類與附冊的資料是根據台灣地區八十年底所蒐集的各市鄉鎮之村里人口數、面積、都市化設施查報資料及村里行政界線圖，並利用臺閩地區七十九年戶口及住宅普查結果之村里職業別人口數及各市鄉鎮之通勤比率資料，修正各項分類。

註 2：Stata內設值為99次。