

大眾運輸導向發展之建成環境對捷運 運量之影響——臺北捷運系統之實證研究

BUILT ENVIRONMENT IMPACTS OF TRANSIT-ORIENTED DEVELOPMENT ON METRO RIDERSHIP: AN EMPIRICAL STUDY OF TAIPEI METRO SYSTEM

林楨家 Jen-Jia Lin¹

施亭仔 Ting-Yu Shin²

(95 年 10 月 13 日收稿，96 年 3 月 22 第一次修改，96 年 4 月 26 日
第二次修改，96 年 11 月 27 日定稿)

摘 要

本研究目的在探討「大眾運輸導向發展 (transit-oriented development, TOD)」建成環境特性與捷運運量及運量時間分散程度間關係，以驗證 TOD「增加大眾運具運量」與「提升運量時間分散程度」之效益。研究以民國 93 年為資料基準時間，臺北市轄區內 46 個捷運站區為樣本，使用線性迴歸模式校估與 t 檢定方法分析資料。實證結果發現：捷運全日運量受總樓地板面積的正向影響以及十字路口比例的負向影響，混合使用變數的影響則不顯著；捷運運量的時間分散程度受人行道長度的正向影響以及服務零售業面積比的負向影響，但密度變數之影響不顯著；非尖峰運量與全日運量分別受到相同因素與方向的影響效果；密度變數與都市設計變數對捷運運量之影響在平日與假日間有顯著差異，而混合使用變數在平日及假日均無顯著影響；各項 TOD 特性對捷

-
1. 國立臺北大學都市計劃研究所教授（聯絡地址：104 臺北市建國北路 2 段 69 號臺北大學都市計劃研究所；電話：02-25009715；E-mail：jenjia@mail.ntpu.edu.tw）。
 2. 國立臺北大學都市計劃研究所研究助理。

運量時間分散程度之影響效果均會因平日或假日而不同；以及，密度及都市設計變數對捷運非尖峰運量之影響於平日及假日具顯著差異，但混合使用變數均無顯著影響。最後，本文進一步討論實證結果的可能應用，包括適合國內環境背景之 TOD 發展策略方向以及特定站區的規劃分析，供都市發展規劃與管理單位參考。

關鍵詞：大眾運輸導向發展；捷運運量；線性迴歸

ABSTRACT

This study aimed at confirming the benefits of transit-oriented development (TOD) on increasing transit ridership and dispersing transit ridership time distribution. To explore the influences of the built environment of TOD on the volume, as well as the time distribution, of metro ridership, this study used 46 metro stations in Taipei city as samples and developed cross-section analyses of the year 2004 with regression models and t-tests. The observed results reached the following conclusions: The daily ridership is positively affected by the area of floor space, negatively affected by the ratio of 4-way intersections and insignificantly affected by mixed land-use variables. The ridership time dispersion is positively affected by the sidewalk length, negatively affected by the area of retail and service floor space, and insignificantly influenced by the density variables. The off-peak hour's ridership presents a similar model of daily ridership; the density and design variable influence on daily ridership is significantly different between weekdays and holidays. The effects of all TOD characters on daily ridership entropy are significantly different between weekdays and holidays, and the influence of density and design variables on off-peak hour ridership is significantly different between weekdays and holidays. Finally, two potential applications of the observed findings: TOD strategy directions corresponding to the domestic conditions, and planning analysis for a specific station area, are discussed for the reference of urban planning and management agencies.

Key Words: Transit-oriented development; Metro ridership; Linear regression

一、前言

近來由於以汽車為主要運具之發展方式對都市的負面衝擊日益嚴重，伴隨國際間永續發展思潮之興盛，世界各國開始轉變以往以汽車為導向的發展方式，朝向「大眾運輸導向發展 (transit-oriented development, TOD)」型態邁進。TOD 係為一種強調結合大眾運輸系統（多為輕、重軌捷運系統或公車）與都市發展的規劃模式，希望透過整合運輸與土地使用部門的規劃管理方式，配合舒適安全之步行空間的規劃設計，建構完整的步行與大眾運輸網絡，藉以提升大眾運輸系統之使用率，並有效引導場站地區土地開發以及都會區空間

結構的永續發展。Cervero 與 Kockelman^[1]將其主要的規劃元素界定為「3D」：(1)「密度 (density)」，即場站周邊地區之緊湊發展；(2)「多樣性 (diversity)」，場站周邊地區適當的土地混合使用；以及(3)「設計 (design)」：舒適的步行與轉乘環境。上述建成環境特性被認為會產生如 Parker 等人^[2]歸納之如下預期效益：增加大眾運輸運量以提高大眾運輸投資效益，分散運具使用時間，藉由大眾運輸連結活動節點以增加移動工具之選擇性，減少「車英里數 (vehicle miles traveled, VMT)」，減少空氣污染與能源消耗，保存資源土地和開放空間，提升公共安全，鼓勵經濟發展，增加家戶可支配收入，提供可負擔住房，以及減少基盤設施投資支出等。其中「增加大眾運輸系統使用量」為最直接之效益，並且為促進其它效益之橋樑，諸如疏解交通壅塞、增進空氣品質、減少小客車使用，增加步行/腳踏車使用之安全性等效益之達成，均必須建立在 TOD 可鼓勵民眾使用大眾運具的前提上。Cervero^[3]一份探討加州大眾運輸系統運量的研究報告發現，在原本藉由汽車通勤的民眾中，居住地點距大眾運輸場站 1/2 英里步行距離的人有 52.3% 會轉向使用大眾運輸工具。結論並指出，配合大眾運輸節點周邊良好的環境設計、高密度發展以及混合使用型態可增進大眾運輸之運量，其相較同區域場站範圍外之地區，運量高了五至六倍。

國內過去以汽車為主的運輸環境與都市發展型態，加上近年來經濟結構的變化、人口與工作者人數之增加，交通壅塞與通勤時間冗長之課題日漸加劇，大眾運輸工具也愈益被重視。國內第一個軌道捷運系統-臺北捷運系統自 1996 年 3 月開始營運，每日平均運量從 5 萬人次 (1996 年) 到現在的 97 萬人次 (2005 年)^[4]。其間運量雖逐年增加，但從每小時運量來看，會發現目前臺北捷運系統平日運量集中於特定時段之現象頗為明顯；而捷運運量發生時間之集中，可能導致系統使用品質的降低，與非尖峰時段系統營運之不經濟。究其原因，或許是源於目前捷運系統主要以解決都市之交通問題為主，並不具有主導整體運輸系統及都市發展之功能與企圖，導致捷運沿線與場站周邊地區之都市設計、土地使用與開發型態未與大眾運輸系統結合。而現今國內的發展議題，若僅著重在增加運輸投資，未來的土地使用型態可能將持續朝典型的蔓延型態發展，造成土地發展外部成本增加、更高度的汽車導向運輸方式與環境破壞，以及運輸系統之無效率使用。是故，交通運輸與土地使用應進行整合式規劃，將都市發展引導至永續之方向。而國內近年來雖有將 TOD 列為重要都市發展政策之倡導聲浪，然而目前國內 TOD 研究多為規劃模式^[5]、發展策略研擬^[6]、可行性評估^[7]等面向，較缺乏 TOD 實際效益分析，無法提供完整且具體的資訊作為政策制訂與評估參考。

概觀國內各都市的大眾運輸建設，其中臺北捷運系統近年來隨著各路線的通車營運已逐漸成形，率先引發都市整體結構重塑之契機，在各方面均成為後續捷運建設或都市發展規劃的參考對象。基於以上研究動機，本研究之目的為以下兩點：一是以臺北捷運系統車站為樣本，實證分析 TOD 建成環境特性對捷運運量以及運量時間分布之影響；二是根據實證分析結論，探討國內都市未來推動 TOD 可考量之規劃策略。本文內容在本段對研究動機與目的做介紹後，第二段說明研究設計，第三段描述樣本資料，第四段進行假說驗證，第五段則為研究結論與建議。

二、研究設計

本段首先進行過去相關文獻結論之綜整，以釐清影響變數與可能的因果關係；繼而提出 TOD 建成環境特性影響捷運運量之理論假說，作為後續實證分析工作進行之基礎。

2.1 文獻綜整

本段綜整過去探討 TOD 與大眾運輸使用之關係以及其他大眾運輸使用行為影響因素之相關實證研究結果，以有系統地歸納相關文獻研究提供之先驗知識。

(一) 大眾運具運量與選擇

綜合 JHK and Associates^[8,9]、Cervero^[3,10]、Cervero 與 Duncan^[11]、Lund 等人^[12]、Cervero 等人^[13]之研究結論，TOD 之高密度、土地混合使用、步行與自行車導向都市設計三個建成環境特性，對大眾運輸之使用量均具正面影響。在 TOD 三項主要特性中，以密度之影響最顯著，而步行品質與土地混合使用則較易由於鄰近場站之因素而削減影響。

關於運具選擇方面的實證研究結果，Holtzclaw 等人^[14]亦發現密度條件為影響大眾運具選擇的最大因素；Cervero^[15,16]以及 Cervero 與 Kockelman^[1]等三篇文獻則指出，具備高密度、土地混合使用、步行導向都市設計三項特性可達到降低汽車使用率，增加大眾運輸選擇比例之效果。而 Messenger 與 Ewing^[17]亦證實高密度與土地混合使用變數對大眾運具選擇比例的正向影響，但都市設計變數的影響效果卻不顯著。不過就整體而言，相關研究大都證實步行與自行車導向之都市設計對大眾運具之選擇有正面影響。

(二) 大眾運具運量之時間分布

TOD 特性與大眾運輸運量時間分布之關係較缺乏實證研究。但 Parker 等人^[2]在探討 TOD 特性與效益關係之研究中指出，TOD 特性除可提升大眾運具運量外，由於 TOD 會分散旅次發生的起迄點與時間，故也會影響大眾運具運量之時間分布情形，進而達到增加大眾運輸系統整體服務水準與營運效率之效果。而在運具選擇文獻方面，運具使用時間分布之相關理論文獻多就旅運需求之尖峰性進行探討。歸納影響運具使用時間分布之因素為使用者之社會經濟特性、旅次起迄點特性與運輸系統條件三方面，其中旅次起迄點特性指的是運具使用者移動行為起點與終點之環境特性，如建成環境之土地使用形態、都市設計條件等，即本研究主要探討之建成環境特性。

(三) 其他影響大眾運輸使用的因素

由於各項運具之使用為一種衍生性行為，導因於人們對於各項活動而產生的移動需求，因此除了都市建成環境的規劃與佈設，社會經濟條件以及交通運輸服務情形均會影響

大眾運具之使用情形。如 Holtzclaw 等人^[14]與 Cervero^[15]之實證研究結果即顯示，社會經濟與交通運輸服務兩面向之條件包括家戶汽車擁有數、家戶所得、停車供給、大眾運具服務品質等，對大眾運具使用量均存在顯著影響效果。其中社會經濟條件之私人運具有及所得水準皆對大眾運具使用量具顯著負向影響。而運輸系統設施變數亦與大眾運具使用量有強烈相關，公車服務頻率之提升與票價降低可能會削減路線重覆之捷運運量；停車供給情形亦對大眾運具使用量有所影響，停車位充足，則使用私人運具之意願隨之提高，降低大眾運具使用之意願。而在運具使用時間分布方面，其他運具使用方便性亦具影響力。

2.2 假說研提

本段根據先驗知識歸納結果，就三個主題分項闡述，推演本研究探討之理論假說：

(一) 大眾運具運量

統整相關實證研究之先驗知識，可得知國外 TOD 三個主要特性與大眾運具運量間存在正向關係。但基於國內與國外發展背景及條件差異，TOD 強調之步行與自行車導向都市設計，以及高密度、混合土地使用等特性，對大眾運輸運具之影響關係，亦可能存在相當程度之差異。故應對國內現有之 TOD 特性對大眾運具運量之關係進行探討。

(二) 大眾運具運量之時間分布

大眾運具運量發生時間之集中，可能導致大眾運具使用品質的降低以及非運量集中時段系統營運之不經濟。過去相關研究中曾提出，TOD 除了可增加大眾運具使用量外，亦可分散大眾運具使用時間，達到紓緩尖峰運量並增加非尖峰運量之效果，但過去相關實證研究，均未驗證 TOD 在「分散大眾運具使用時間」之效益，故本研究針對此課題進行探討。

(三) 平日與假日之影響差異

人類的旅運行為與日常活動息息相關，平常日與假日之主要活動內容存在相當程度差異；例如，平日民眾以工作或就學為主要活動，假日則以從事娛樂、休閒活動之人口比例較高。根據臺北捷運公司 2004 年年報^[4]之統計資料顯示，臺北捷運之中運量與高運量系統，例假日運量分別為平常日的之 64% 與 86%，顯示平日與假日之活動量與內容存在差異。本研究推論平日與假日間的大眾運具運量與運量時間分布情形不盡相同，而 TOD 特性對捷運運量數量及時間分布情形之影響亦存在差異。

根據上述討論，為探討 TOD 特性對捷運運量之影響以及平日假日間影響差異，以利往後進行討論與策略設計，本研究提出以下六項假說進行驗證：

● 捷運運量

假說一：TOD 特性對捷運運量有正向影響。

● 捷運運量時間分布

假說二：TOD 特性可增進捷運運量於時間上之分散程度。

假說三：TOD 特性可提升捷運非尖峰時段之運量。

● 平日／假日之影響差異

假說四：TOD 特性對捷運運量的影響會由於平常日或假日有所不同。

假說五：TOD 特性對捷運運量於時間上分散程度的影響效果，會因平日或假日有所不同。

假說六：TOD 特性對捷運非尖峰運量之影響效果，會因平日或假日有所不同。

為驗證上述假說關係，本研究首先界定衡量變數（如下段說明），繼而蒐集研究範圍的樣本資料，進行初步統計分析，以了解變數特性與相關性；並進行迴歸模式校估，分析各項 TOD 特性對臺北捷運運量數量、運量時間分布熵值及非尖峰運量關係之校估檢驗結果，用以檢定假說一、二與三；接續進行平日及假日之模式校估分析，利用 t 檢定³ 檢驗 TOD 特性對捷運運量及時間分散程度之影響在平日與假日間是否存在顯著的差異，用以檢定假說四、五及六。

2.3 衡量變數

由於捷運運量變化兼具數量多寡與時間分布特性，本段分就兩項特性進行討論。捷運運量部分，本研究以各捷運站全日運量為應變數之衡量方式。運量時間分布情形則以全日各小時運量占全日運量比例為概念計算而成之 Entropy (熵) 值衡量運量時間分散程度，熵值公式如式 (1)。此外，考量現時捷運各車站運量尖峰性普遍明顯，運量熵值可能無法充分呈現車站間之差異性，故加入非尖峰運量與運量熵值共同衡量運量時間分布情形。當車站之非尖峰運量與運量熵值越大，表示運量之時間分布愈趨平均。

$$E = -\sum_t [P_t (\ln P_t)] \quad (1)$$

P_t ：時段 t 運量占全日運量之比例

此外，考量平日與假日間主要活動型態不同，民眾之移動行為可能存在差異，預期平日與假日之捷運使用行為將有顯著差異。故本研究將捷運運量區分為平日與假日，進一步探討平日與假日間是否存在影響差異。本研究對應變數捷運運量之衡量方式綜整如表 1 所示。

另一方面，本研究自變數描述對象為捷運站周邊地區，包括兩類：一是本研究所關注的 TOD 特性變數，二為其它影響捷運運量之控制變數，變數定義說明並推論變數影響關係如下：

3. 常用的 t 檢定有兩種：一是檢定迴歸模式中某個校估係數是否與某個特定值無明顯差異，另一是檢驗兩母體平均數是否有顯著差異；本文採用前者之 t 檢定方法。

(一) TOD 特性變數

捷運各車站主要運量來源可概分為周邊環境活動衍生之需求以及遠處至此之轉乘需求，TOD 特性變數代表的即是周邊環境影響運量之部分因素。經由文獻回顧可歸納過去實證研究使用的 TOD 特性變數主要分為密度、土地混合使用與都市設計三大類，分述其代表變數如下：

1. 密度

過去實證研究中，最常使用之密度變數主要可分為人地比率以及建物樓層與類型兩大類。人地比率部分，為避免不同活動人口重覆計算問題，本研究分就居住與及業人口密度(即居住人口／住宅樓地板面積，及業人口／工作樓地板面積)探討車站周邊地區活動密集程度。建物樓層與類型部分，為反映建物使用強度，故以車站周邊地區總樓地板面積為另一密度變數。

過去研究之先驗知識顯示，密度變數對大眾運具運量存在正向影響，本研究選取之密度變數：居住密度、及業密度、總樓地板面積，均為數值愈大顯示發展愈密集，故先驗因果推論其對應變數捷運運量存在正向影響。但對於另一面向之應變數—運量時間分散程度，雖密度變數在過去相關文獻中均被認為存在正向影響，但居住密度變數由於居住人口除了通勤時段之旅次外，其他時段發生之日常休閒購物旅次可能對捷運運量時間分散程度有正面影響；而一地之及業密度愈高則可能代表該地由於就業機會集中，旅次發生之時間將集中於某些上下班時段，反而與運量時間分散程度呈負向關係；故及業密度與運量時間分散程度之關係還需驗證。另一變數總樓地板面積，為整體活動密度衡量項目，本研究推論其符合相關文獻認定之正向影響關係。

2. 土地混合使用

過去研究使用頻率較高之土地混合使用變數衡量方式，主要包括混合種類與混合強度二大類：

(1) 混合種類組合

一地區內就業、住宅、零售業與服務業三方面的平衡，可降低長程旅次之發生，影響人們選擇運具之行為。本研究界定變數如下：

A. 住業平衡

若一區的居住面積足以供給就業人口，則通勤旅次可能多為各捷運車站周邊地區短距離之移動型態。本變數之設定如式(2)所示，以車站 i 周邊地區及業人口數 (J_i) 乘上扶養率 (ρ) 以及每人享有樓地板面積 (ω) 計算及業人口之住宅需求⁴，並配合該區住宅供給情形估算住業平衡程度。 J/H 值越趨近 1 者，就業與居住越趨平衡，趨近 0 則表示該區越傾向就業或住宅屬性之土地使用。

4. 依臺灣省實施都市計畫地區容積率訂定與獎勵規定審查作業要點第四條規定，以每人 50 平方公尺之住宅樓地板面積作為參數 ω 之依據。

$$\frac{J}{H} = 1 - \frac{\left| \frac{J_i \times \rho_i \times \omega}{J_i \times \rho_i \times \omega} - \frac{H_i}{H_i} \right|}{\left| \frac{J_i \times \rho_i \times \omega}{J_i \times \rho_i \times \omega} + \frac{H_i}{H_i} \right|} \quad (2)$$

J_i ：捷運車站 i 周邊地區之及業人口數

H_i ：捷運車站 i 周邊地區之住宅樓地板面積

ρ_i ：扶養率

ω ：每人享有樓地板面積

B. 零售與服務活動所占面積比

居住與工作地點具備適度的零售與服務業活動，可滿足居住與及業人口日常生活之活動需求，故一地區之零售及服務活動可影響大眾運具之使用行為。本研究以各捷運車站周邊地區之零售與服務活動所占樓地板面積比（零售與服務活動所占樓地板面積/總樓地板面積）與上一項住業平衡為土地混合使用種類組合特性之代表變數。

(2) 混合強度

土地混合使用除由種類多樣性來衡量外，並存在混合強度的特質。本研究利用亂度熵值 (Entropy) 來衡量各捷運車站周邊地區之混合強度，其公式則如式 (3) 所示，當 S 值越大則表示車站周邊地區內的混合強度越大。

$$S = -\sum_k [P_k (\ln P_k)] \quad (3)$$

P_k ：土地使用種類 k 之樓地板面積百分比

過去研究之先驗知識顯示，土地混合使用變數對大眾運具運量及運量時間分散程度均存在正向影響。住業平衡指數、零售與服務業面積比以及混合使用熵值這三項混合使用代表變數均為值愈大表示該地區土地使用型態愈混合，即一地區既有之活動機能愈可能互相支援與滿足，則各目的旅次之發生較不易集中於特定時段，故推論這三個變數捷運運量時間分散程度存在正向影響。但在捷運運量之影響效果部分，本研究雖推論三個變數對捷運運量存在正向影響，但若混合使用程度高至一定水準，有可能造成各項需求可由當地活動滿足，車站周邊地區民眾不須使用運具即可滿足活動需求，反而降低大眾運具之使用量，故混合使用代表變數與捷運運量之影響關係在驗證前尚無法推斷。

3. 都市設計

本研究以路網型態、基地設計與步行、自行車設施供給三個面向衡量都市設計特性。在路網型態與基地設計面向，參考 Cervero 與 Kockelman^[1] 使用十字路口比例（十字路口數/車站周邊總路口數）以及街廓數做為衡量變數；兩變數值愈高，均表示一地區路網型態愈趨近方格路網。步行與自行車設施供給面向則以人行道總長度衡量之，人行道總長度愈長表示利於步行與自行車之使用。而過去實證研究常使用之「周邊道路面積」，考量國內捷運設址大多選擇主要道路路口，以致道路面積變數在各捷運站區間無明顯差異，故不選取該變數。

在變數影響關係的先驗知識上，人行/自行車導向的都市設計型態對大眾運輸使用量與運量時間分散程度存在影響效果。本研究之都市設計變數中，人行道總長度愈長，則愈符合人行／自行車導向之設計概念，故推論其對捷運運量與運量時間分散程度均存在正向影響。十字路口比例與街廓數兩變數方面，則由於方格路網條件在 Boarnet 與 Crane^[18]的推演中，認為對大眾運輸使用行為展現兩面影響：一方面為方格路網便利步行；另一方面方格路網也使私人運具使用者之移動路徑最短，亦可能促使私人運具之使用。故本研究中十字路口比例與街廓數兩變數對捷運運量及運量時間分散程度之影響效果，理論上正負均有可能，還需進一步驗證。

(二)控制變數

捷運車站運量主要是經由周邊環境產生之活動需求以及藉由其他運具自遠處轉乘而來。本研究以 TOD 特性之高密度、土地混合使用以及步行／自行車導向都市設計探討部分周邊活動產生之運量外，亦針對其他周邊環境影響變數與運具轉乘影響變數進行探討。本研究以社會經濟背景因素以及運輸系統設施服務面向設計模式控制變數，社會經濟變數與 TOD 特性同樣為反映引發運量產生之各車站周邊環境變數，主要可分為個人特性與家戶特性兩大類變數內容。由於個人特性之個體資料取得不易，配合考量過去研究變數影響效果，本研究採用家戶特性變數之家戶所得與私人運具持有情形為代表變數；並考量國內機車高度持有與使用情形，將私人運具分為小客車與機車分別探討。

運輸系統設施服務變數用以衡量部分周邊環境影響變數與運具轉乘影響之變數，本研究對車站特性與運具競爭面向進行變數設計⁵。車站特性面向變數，參考臺北市政府捷運工程局之車站分類方式，將車站型態（轉乘站、中間站、端點站）納入考量變數。運具競爭面向，採用停車供給情形（停車位密度）與其他大眾運輸服務強度（公車站位數）為考量變數。此外，由於考量現今捷運與公車轉乘行為普遍，本研究以各車站出口之公車轉乘路線數衡量運具轉乘情形對運量之影響效果。

變數先驗關係之推論部分，社會經濟變數之所得、小客車及機車持有，運輸系統設施服務變數之停車位密度、公車站位數，在過去研究中由於被視為鼓勵私人機動運具或其他大眾運具使用之條件，故推論其對捷運運量存在負向影響；同時由於增加民眾運具使用之選擇性，故推測對捷運運量時間分散程度而言為正向影響。而轉乘公車路線數變數則考量到其同時提升民眾運具接駁、轉乘之便利性與運具使用時間之彈性，可達到提升使用捷運意願以及分散捷運使用行為發生時間之效果，故推論此變數對捷運運量與運量時間分散程度均存在正向影響。此外，本研究基於車站型態不同可能存在之特性與功能差異，推測捷運車站型態對捷運運量以及運量時間分散程度均存在顯著影響。

綜合上述說明，本研究採用之自變數整理如表 1 所示。

5. 過去研究使用之運輸系統設施服務變數大致可分為大眾運輸系統服務、車站特性與運具競爭三個面向。本研究基於捷運系統服務特性如服務強度與乘客座位數，除高、中運量兩個系統間有差異外，同運量系統間存在一致性，故本研究僅考量車站特性與運具競爭面向之內容。

表 1 採用變數綜整

種類	名 稱	衡量方式 (單位)	資料來源 (民國年份)	變數型態	
				①	②
應變數	捷運運量	全日運量平均值 (人次)	臺北捷運公司(93)	X	X
	運量熵值	如式 (1)	臺北捷運公司(93)	X	X
	非尖峰運量	非尖峰時段 ⁶ 運量日平均值 (人次)	臺北捷運公司(93)	X	X
自變數	T O D 變數	居住密度	居住人口數／住宅樓地板面積 (人／平方公尺)	各類使用樓地板面積：臺北市稅捐稽徵處(93)；居住人口數：臺北市政府統計處(93)	$\ln X$ X^3
		及業密度	及業人口數／工作樓地板面積 (人／平方公尺)	各類使用樓地板面積：臺北市稅捐稽徵處(93)；及業人口數：由工商普查資料民國 85 年到 90 年成長率推估(93)	$\ln X$ X^2
		總樓地板面積	樓地板面積總和 (平方公尺)	臺北市稅捐稽徵處(93)	X^2 X^3
		住業平衡	如式(2)	各類使用樓地板面積：臺北市稅捐稽徵處(93)；及業人口數：由工商普查資料民國 85 年到 90 年成長率推估(95)	X^2 X^3
		服務零售業面積比	零售與服務業樓地板面積／總樓地板面積	各類使用樓地板面積：臺北市稅捐稽徵處(93)	X X^2
		混合熵值	如式 (3)	各類使用樓地板面積：臺北市稅捐稽徵處(93)	$\ln X$ $\ln X$
		十字路口比例	十字路口數／總路口數	臺北市都市發展局提供之路網圖與地形圖檔(90)	X $X^{0.5}$
		人行道長度	人行道總長度 (公尺)	臺北市都市發展局提供之路網圖與地形圖檔(90)	X^2 $\ln X$
		街廓數	街廓總數 (個)	臺北市都市發展局提供之路網圖與地形圖檔(90)	$\ln X$ X^3
	控制變數	家戶所得	家戶平均所得 (萬元／戶)	臺北市統計處與地政局(93)	X X
		小客車持有數	登記小客車總數 (輛)	臺北市監理處與民政局(93)	$\ln X$ $\ln X$
		機車持有數	登記機車總數 (輛)	臺北市監理處與民政局(93)	$\ln X$ X^3
		車站型態(轉乘站)	1 為轉乘站，0 為其它	依臺北捷運公司之分類(93)	X X
		車站型態(中間站)	1 為中間站，0 為其它	依臺北捷運公司之分類(93)	X X
		停車位密度	停車位數／總樓地板面積 (個／平方公尺)	停車位數：臺北市交通局停車場管理處(94)；總樓地板面積：臺北市稅捐稽徵處(93)	$X^{0.5}$ $X^{0.5}$
		公車站位數	公車站位數 (個)	臺北市交通局(94)	X X
		轉乘公車路線數	緊鄰車站出入口之公車路線數 (個)	臺北市交通局與臺北捷運公司(94)	X X

註：應變數以車站為衡量範圍，自變數以站區為衡量範圍；變數型態表達意思為：①用於解釋捷運運量與非尖峰運量之變數型態；②用於解釋運量熵值之變數型態， X 代表變數。

6. 臺北捷運公司定義之平日營運尖峰時段為 7:00-9:00 及 17:00-19:00。

三、樣本資料

本研究以臺北捷運系統於臺北市轄區內之 46 個車站⁷為樣本，每個車站周邊 500 公尺內地區為「站區」，作為自變數衡量的範圍，進行二手資料蒐集與整理，資料基準時間為民國 93 年底。本研究所需資料取自多個事業主管機關，若無法取得基準時間的資料，則以最接近的時間資料取代，如表 1 之綜整。資料時間包括民國 90、93、94 等年，假設均與民國 93 年狀況無明顯差異。應變數所需之捷運運量資料自臺北捷運公司取得；此外，臺北捷運公司原本提供之車站運量資料，將臺北車站與忠孝復興兩個轉乘站之不同路線出口運量分計⁸本研究則將上述兩車站同站各出口運量合計，做為該站總運量。

TOD 特性之密度及土地混合使用面之變數，所需之臺北市民國 93 年各類使用樓地板面積資料自臺北市稅捐稽徵處房屋稅資料庫取得；稅捐稽徵處將使用別細分為 42 項，本研究則依土地使用特性與本研究之需要將其歸納為 16 種。計算居住與及業密度所需之居住、及業人口數，分別自臺北市政府統計處以及 85 年及 90 年兩年工商及服務業普查^[19,20]及業人口數推估之。都市設計變數乃藉 ArcGIS 9.0 軟體與臺北市都市發展局民國 90 年更新之地形圖與路網圖估計而得。

控制變數部分，由於車站周邊 500 公尺範圍與行政界線劃分不一致，且部分變數資料僅有行政區範圍之資料，必須逐項由行政區的數據推估至站區的數據，才能和整體樣本資料作整合分析。由於所得與運具持有數僅有區之統計資料，故本研究將車站所在區之所得與運具持有數^[21]分別依站區對所在區土地公告現值比例與戶數比例估計站區所得與運具持有數，其中站區戶數係以與站區有交集之里轄戶數依建地面積比例進行推估。上述推估之變數資料可能存在量測誤差，未來若能取得精確資料，可再提高此部分實證關係的可信度。車站型態之分類則參考臺北捷運公司分類方式，分為轉乘站、中間站及端點站。停車位數以臺北市政府交通局停車管理處公私有停車場與路邊停車格地址加以整理計算⁹。此外，公車站位數與轉乘公車路線數依據臺北市政府交通局提供之臺北市分區公車站位圖、交通局「公車路線資訊查詢系統¹⁰」與臺北捷運公司轉乘資訊統計之。

表 2 整理樣本資料之敘述統計量，發現應變數之捷運運量與非尖峰運量存在極端大值，因而使運量變異較大。而觀察樣本散布圖則發現，本研究三項迴歸式之自變數與應變

7. 臺北捷運系統位於臺北市內之車站共 47 個，由於關渡站之 500 公尺站區範圍部份涵括臺北縣，因部分自變數資料統計基準不同或無法取得，故不納入研究樣本，以 46 個車站做為本研究樣本。

8. 臺北車站分為 R13 出口與 BL7 出口；忠孝復興站分為 BL10 出口與 BR4 出口。

9. 其中建築附設停車空間係為建管處推估數，且多不供公共使用，故不計入；又停車位資料因主管單位每年進行基礎資料覆蓋更新，故僅能取得民國 94 年資料進行分析。

10. <http://ezgo.taipei-elife.net/Homepage/emap/program/html/bus.asp>，該網頁由臺北市市民交通旅遊網提供。

數間可能非單純的線性關係。故為決定控制變數之型態，本研究以試誤方法，觀察不同型態（根號、二次項、三次項、對數）自變數與應變數間的相關係數，採用相關係數最高者之型態進入迴歸分析中校估，分別得到捷運運量、運量熵值與非尖峰運量三個模式之變數最佳型態，如表 1 所示，並投入模式中進行後續迴歸校估檢定工作。

表 2 各變數樣本敘述統計量整理表

變數 \ 統計量		平均數	中位數	標準差	最大值	最小值
應變數	捷運運量	14977.28	12423.9	15226.19	92976	834
	運量熵值	2.754115	2.772396	5.63×10 ⁻⁰²	2.8222	2.5879
	非尖峰運量	9265.39	7737.5	9827.89	59916	576
TOD 變數	居住密度	2.75×10 ⁻⁰²	2.94×10 ⁻⁰²	7.47×10 ⁻⁰³	0.0372	0.0056
	及業密度	6.02×10 ⁻⁰²	5.56×10 ⁻⁰²	2.28×10 ⁻⁰²	0.1101	0.0144
	總樓地板面積	3033766	2777196	1471303	6387003	504875.6
	住業平衡指數	0.464	0.4877562855	0.29826	0.922	0.013
	服務零售業面積比	7.47×10 ⁻⁰²	5.92×10 ⁻⁰²	4.57×10 ⁻⁰²	0.2273	0.0086
	混合熵值	1.560964	1.529784	0.347039	2.0912	0.1046
	十字路口比例	0.2659	0.2758	0.154	0.74	0
	人行道長度	4689.711	4384.185	2474.762	10112.24	56.6
	街廓數	79.37	71.5	41.28	153	10
控制變數	家戶所得	412.3202	409.6507	258.5556	1115.192	51.262
	小客車持有數	10236.33	9914.11	4858.48	21545	1392
	機車持有數	16344.35	16473.05	7069.46	33498	2542
	車站型態	轉乘站 6 個，中間站 36 個，端點站 4 個。				
	停車位密度	3.34×10 ⁻⁰⁴	2.73×10 ⁻⁰⁴	2.93×10 ⁻⁰⁴	0.00149	0
	公車站位數	123.13	106	71.75	409	22
	轉乘公車路線	23.76	21	14.26	71	7

四、迴歸分析

本部分首先針對全日運量、運量熵值與非尖峰運量三個應變數進行平日模式之校估，繼而進行平日模式與假日模式之比較，最後根據校估與檢定結果進行假說驗證。

4.1 平日模式

本研究以捷運全日運量、運量熵值以及非尖峰運量為應變數，分別校估三個線性迴歸模式。首先使用「普通最小平方 (ordinary least squares, OLS)」法校估，觀察個別自變數 t 檢定值，逐次刪除不顯著變數來修正模式；繼而由 VIF 值檢驗自變數間共線性，由 DW 值檢驗誤差項是否符合無自我相關假設，由 K-S 檢定確認誤差項是常態分配，由 P-G 檢定確認無誤差項變異異質性問題；最後獲得通過前述檢定之「最佳線性不偏估計式 (best linear unbiased estimator, BLUE)」，如表 3 所示，分別討論如下：

(一) 捷運運量模式

自表 3 之平日運量模式校估結果可看出，全日運量模式中，密度變數之總樓地板面積對全日運量存在顯著正向效果，與事前之因果推論結果相符。而混合使用變數於事前推論：混合的程度越強，當地活動的多樣性程度越高，縮短活動的空間範圍，因而較不須使用私人運具來滿足長程旅次，故能鼓勵捷運系統之使用行為。但在模式分析結果中，混合使用變數之代表變數對捷運全日運量之影響卻不明顯；此結果可能顯示由於國內原就以混合使用為主要發展型態，各捷運站周邊條件差異不大，且國內之土地混合發展缺乏計畫性的導引，故無法掌握適當之混合狀態。亦有可能與過去相關研究結果顯示之「土地混合使用變數較易因大眾運輸車站之鄰近性而削減影響力」有關。而都市設計之顯著變數-十字路口比例，與捷運運量呈負向關係；十字路口比例用來衡量路網方格程度，方格路網在過去相關研究中對大眾運輸使用量展現兩面影響：一方面為方格路網便利步行，進而鼓勵大眾運輸使用行為；同時，由於方格路網也使私人運具使用者之移動路徑最短，亦可能促使私人運具之使用；故於本研究之全日運量模式，十字路口比例存在負影響效果顯示，方格路網對捷運使用之負向影響大過正向影響；但亦可能是因本研究未考量之其他建成環境與交通服務系統，例如道路面積、行人穿越道、交通號誌時相等對步行活動之影響效果。

控制變數部分，家戶所得、車站型態 (是否為轉乘站)、轉乘公車路線數在運量模式中均為正向影響。其中所得變數在研究中原推論具鼓勵私人運具使用效果，應對捷運運量存在負面影響；分析結果呈現正向影響或許是由於臺北市道路過度壅塞，且大眾運輸系統較普及，故高所得者不見得偏好使用私人運具，反而傾向以捷運系統滿足其移動需求。而轉乘公車路線數之正向影響除了顯示公車與捷運系統轉乘接駁之合作效果大於運具競爭效果外，亦可能因為一個捷運站之運量較高時，公車路線會配合捷運出入口設站以增加公車之乘客量，使得公車路線數與捷運運量呈正向關係。

(二) 捷運運量熵值模式

運量熵值反映捷運運量時間分散程度，模式在刪除不顯著變數後，發現具顯著影響力之 TOD 特性變數為混合使用之服務零售業面積比及都市設計之人行道長度。其中人行道長度變數為與先驗知識推論結果一致的正向效果，但服務零售業面積比呈現與之前推論不

符的負影響效果。後者或許是由於零售業的高度聚集產生土地使用的排他性，因而使該地區缺乏其他功能之活動；再加上國內零售業活動之聚集，易形成小型商圈或夜市的活動特質，反而造成人潮於特定時點之集中，故降低捷運運量時間上之分散程度。另外，TOD 之密度變數並未明顯影響運量熵值。

控制變數部分，先前推論小客車與機車持有數以及轉乘公車路線數會增加捷運之外的運具選擇機會，故對捷運運量熵值具正向影響；而捷運車站型態亦應對運量熵值有影響效果。模式結果則顯示，機車持有數與轉乘公車路線數的確存在正向影響；而車站型態（是否為轉乘站、是否為中間站）在運量熵值模式中亦存在顯著影響效果。其中，機車持有數之正向影響可能表示機車之高可及性提升了尖峰時段運具選擇性，故有助於分散捷運使用行為之發生時間；而轉乘公車路線數呈現之正向影響，則代表捷運轉乘公車之轉乘接駁可分散捷運使用行為之發生時間與空間。唯一與先前推論關係不符之變數為小客車持有數，其於模式中之係數符號為負，此現象可能是因為小客車與捷運使用者並未重疊，尖峰時小客車使用令道路壅塞，使尖峰時運具選擇偏向捷運系統，導致尖峰捷運使用量密集；亦或由於小客車與捷運系統未建立便利之轉乘機制，例如車站出入口之轉乘停車位等，以致小客車無法在捷運尖峰時段發揮運具替代與轉乘，分散運量熵值之效果。

(三) 非尖峰運量模式

非尖峰運量模式包含變數與平日運量模式相同，校估結果顯示，混合使用變數均未具顯著影響；密度變數之總樓地板面積為顯著正影響，都市設計代表變數之十字路口比例則為顯著負影響。其中十字路口比例之負向影響效果可能是因方格路網鼓勵小汽車使用之效果，或是其他本研究未探討之建成環境與交通服務系統條件對步行活動造成之影響。

控制變數部分，轉乘公車路線數與家戶所得對非尖峰運量均呈正向影響。兩變數之正向影響或許是基於先前所推論之原因，即直接與間接使運具選擇性增加而產生尖峰運量分散至非尖峰時段之效果。但公車轉乘路線之正向影響效果亦可能是由於轉乘公車路線數多，達到運具轉乘之合作效果，因而提升捷運非尖峰運量。而所得變數之正向影響效果除了基於研究推論之間接影響，還可能是由於所得高者之消費購物行為較頻繁，又基於捷運系統之舒適與便利性，促使高所得者以搭乘捷運進行消費購物行為，故增加捷運非尖峰運量。除此之外，另一控制變數—車站型態（是否為轉乘站）於非尖峰運量模式中亦具顯著影響，此現象可能是由於非尖峰時段捷運班次較不密集，而轉乘站之路線選擇及其他大眾運具之轉乘接駁選擇較多，故具轉乘功能的車站對非尖峰運量之多寡亦具影響效果。

此外，在非尖峰運量模式中具顯著影響力之變數，與全日運量模式之顯著影響變數與影響方向均相同。這或許反映現時臺北捷運系統各車站全日運量與非尖峰時段運量高低情形類似（即全日運量較高之車站，其非尖峰時段之運量均較其他車站來得高），故導致捷運平日之全日運量及非尖峰運量特性相同，變數影響效果亦相似。

表 3 平日模式校估結果彙整

自變數 應變數	居住密度	商業密度	總樓地板面積	住業平衡	服務零售面積比	混合熵值	十字路口比例	人行道長度	街廓數	家戶所得	小客車持有數	機車持有數	車站型態		停車位密度	轉乘公車站路線數	F 值	R ² 值	AdjR ² 值
													轉乘站	中間站					
全日運量	係數	-	$-4.01 \times 10^{-10***}$	-	-	-	-32945.55^{**}	-	-19.478^{***}	-	-	-	14766.001^{***}	-	-	522.319^{***}	19.528^{***}		
	p-value	-	0.025	-	-	-	0.014	-	0.01	-	-	-	0.001	-	-	0.00	0.000	0.709	0.673
運量熵值	係數	-	-	-	-1.298^{*}	-	-	0.0247^{**}	-	-	-0.0428^{***}	$2.44 \times 10^{-15**}$	0.081^{**}	0.0569^{**}	-	-	0.001^{*}	4.028^{***}	
	p-value	-	-	-	0.147	-	-	0.015	-	-	0.002	0.03	0.018	0.03	-	-	0.112	0.002	0.426
非尖峰運量	係數	-	$-2.61 \times 10^{-10***}$	-	-	-	-21087.318^{*}	-	12.068^{**}	-	-	-	9771.783^{***}	-	-	338.165^{***}	19.519^{***}		
	p-value	-	0.025	-	-	-	0.014	-	0.013	-	-	-	0.001	-	-	0.00	0.000	0.709	0.673

註：1. 均為 OLS 校估結果。

2. *** 者表示達 $\alpha=0.01$ 顯著水準；** 者表示達 $\alpha=0.1$ 顯著水準；* 表示達 $\alpha=0.2$ 顯著水準。3. - 表示係數未達 $\alpha=0.2$ 顯著水準或是與其它自變數有明顯共線性關係而自模式中刪除者。

4.2 平日與假日之比較

本段利用 t 檢定檢驗 TOD 特性對捷運運量與運量時間分散程度之影響會因平日、假日有所差異之假說（假說四、五、六）。在進行 t 檢定之前，首先對假日模式進行線性迴歸模式之校估與檢定，過程與平日模式相同。其中全日運量與運量熵值兩模式由於存在誤差項變異「異質性 (heteroscedasticity)」，因此改用「加權最小平方 (weighted least squares estimator, WLS)」法校估模式以獲得最佳線性不偏估計式。校估結果如附錄所示，並依序討論如下：

(一) 全日運量

表 4 顯示，對全日運量具顯著影響之 TOD 變數為總樓地板面積與十字路口比例，兩者於平日與假日模式之影響效果存在顯著差異，均僅於平日發揮影響。此可能是基於假日主要活動型態為不同於平日之購物、休閒行為，使原來在平日時具顯著影響之密度與都市設計變數影響效果被削弱。而密度變數無論在平日或假日均無顯著影響效果。

觀察模式中之控制變數，平日運量與假日運量二個模式具顯著影響之控制變數相同，為家戶所得、車站型態（轉乘站）與轉乘公車路線數。而 t 檢定結果顯示上述各項變數對捷運平日與假日之全日運量均存在顯著差異之影響，且對平日運量之影響明顯高過假日運量之影響效果，原因可能在於平日與假日間主要活動型態之不同，使捷運運量受影響程度產生差異。

表 4 平日與假日全日運量模式係數值與 t 檢定結果綜整

自變數 \ 係數值	應變數		t 值	是否有顯著差異
	平日運量	假日運量	顯著水準門檻 $\alpha = 0.05$ $t_{0.025,40} = 2.0211$	
總樓地板面積	4.01×10^{-10}	不顯著	不須檢定即可判斷有差異	是
十字路口比例	-32945.6	不顯著	不須檢定即可判斷有差異	是
家戶所得	19.478	11.534	$2.130901 > 2.0211$	是
車站型態（轉乘站）	14766	8792.449	$2.782717 > 2.0211$	是
轉乘公車路線數	522.319	8.136	$149.995 > 2.0211$	是

註：平日與假日模式均無顯著影響的自變數不在此列出，有列出係數之顯著性均達 $\alpha = 0.2$ 顯著水準。

(二) 運量熵值

平日與假日間運量熵值模式之影響差異檢定結果顯示（見表 5），混合使用與都市設計變數在平日與假日時均具顯著影響效果，但平日與假日二者顯著之代表變數不同，表示

TOD 之混合使用及都市設計變數在平日與假日對捷運運量熵值之影響均存在顯著差異。其中運量熵值在假日時存在與過去研究相反之負效果，顯示捷運車站周邊地區混合使用強度的增加，在假日反而造成運量發生時間的集中。此外，假日模式中居住密度出現顯著正影響效果，或許是由於假日之旅次發生多為家旅次，且假日之活動較無時間限制，使捷運車站周邊地區之居住密度條件對捷運運量熵值之正向影響得以顯現。

控制變數影響差異部分， t 檢定結果發現小客車持有數於平日為負影響效果，機車持有數在平日為正影響效果，但兩者對假日運量熵值之影響均不顯著，此現象可能是基於假日之活動發生時間較具彈性，故私人運具對捷運使用行為發生時間之分散效果較無法展現。此外，車站型態（是否為轉乘站、中間站）在平日與假日之影響均顯著，但其間差異並不顯著。而轉乘公車路線數對平日運量熵值與假日運量熵值之影響則存在顯著差異，並在假日呈現較大正向影響。

表 5 平日與假日運量熵值模式係數值與 t 檢定結果綜整

自變數 \ 係數值	應變數		t 值	是否有顯著差異
	平日運量	假日運量	顯著水準門檻 $\alpha = 0.05$ $t_{0.025,40} = 2.0211$	
居住密度	不顯著	923.071	不須檢定即可判斷有差異	是
服務零售業面積比	-1.298	不顯著	不須檢定即可判斷有差異	是
混合使用熵值	不顯著	-5.85×10^{-2}	不須檢定即可判斷有差異	是
十字路口比例	不顯著	-1.46×10^{-2}	不須檢定即可判斷有差異	是
人行道長度	0.0247	不顯著	不須檢定即可判斷有差異	是
小客車持有數	-0.0428	不顯著	不須檢定即可判斷有差異	是
機車持有數	2.44×10^{-15}	不顯著	不須檢定即可判斷有差異	是
車站型態 (轉乘站)	0.081	7.56×10^{-2}	$0.201852 < 2.0211$	否
車站型態 (中間站)	0.0569	8.61×10^{-2}	$1.391905 < 2.0211$	否
轉乘公車路線數	0.001	8.136	$2.373093 > 2.0211$	是

註：平日與假日模式均無顯著影響的自變數不在此列出，有列出係數之顯著性均達 $\alpha = 0.2$ 顯著水準。

(三) 非尖峰運量

非尖峰運量影響差異之分析結果中（見表 6），TOD 之密度與都市設計變數於平日與假日模式間均存在影響差異。其中都市設計之顯著變數—十字路口比例，在平日模式中為負向影響，但在假日模式中則為正面效果。此正負影響差異或許是由於假日以休閒娛樂活動為主之特性，使方格路網型態對捷運非尖峰運量之正面影響效果較大。

控制變數之影響差異檢定結果則顯示，平日與假日模式之家戶所得、車站型態（是否為轉乘站）與轉乘公車路線數均有顯著正向影響，且三項變數對平日與假日模式之影響效果均具顯著差異。三項變數在平日對非尖峰運量之正向影響都明顯超過假日時的影響效果，再次反映了平日與假日間主要活動特性不同產生的變數影響差異。

表 6 平日與假日非尖峰運量模式係數值與 t 檢定結果綜整

自變數 \ 係數值	應變數		t 值	是否有顯著差異
	平日運量	假日運量	顯著水準門檻 $\alpha = 0.05$ $t_{0.025,39} = 2.0229$	
總樓地板面積	2.61×10^{-10}	不顯著	不須檢定即可判斷有差異	是
十字路口比例	-21087.3	4598.505	$7.3741 > 2.0229$	是
家戶所得	12.068	3.125	$6.3426 > 2.0229$	是
車站型態（轉乘站）	9771.783	4607.513	$5.4425 > 2.0229$	是
轉乘公車路線數	338.165	3.369	$243.311 > 2.0229$	是

註：平日與假日模式均無顯著影響的自變數不在此列出，有列出係數之顯著性均達 $\alpha = 0.2$ 顯著水準。

4.3 假說驗證

本研究以臺北捷運系統為實證地區，探討 TOD 特性對捷運運量與運量時間分散程度之影響，確認之假說關係如表 7 所示，並說明如下：

1. 運量模式中，密度之代表變數（總樓地板面積）對捷運運量確有正向影響；但步行／自行車導向都市設計之代表變數（十字路口比例），原推論其值愈高愈傾向步行與自行車導向設計概念，應與捷運運量呈正向關係，但模式分析結果則為負影響。此外，土地混合使用之代表變數對捷運平日運量之影響效果均不顯著。綜合以上實證結果，可判斷假說一僅部分成立。
2. 運量熵值模式校估結果發現，密度變數未具顯著影響效果；都市設計代表變數—人行道路長度之係數值符號為正，與先驗推論之影響效果相符，表示捷運車站周邊適合步行之建成環境，有助於增進捷運運量時間分散程度。混合使用代表變數—服務零售業面積比雖達顯著水準，但呈現與推論效果相異之負影響。綜合實證結果，可判斷假說二僅部分成立。
3. 非尖峰運量模式之校估結果顯示，密度代表變數（總樓地板面積）對捷運運量確有正向影響。而步行／自行車導向都市設計代表變數（十字路口比例）對非尖峰運量則為與先驗知識相悖之負影響。此外，混合使用變數對非尖峰運量之影響並不顯著。綜上所述，可判斷假說三為部分成立。

4. 觀察平日與假日運量模式之係數比較 t 檢定結果，由於平日運量模式中具顯著影響之總樓地板面積與十字路口比例，在假日運量模式未有顯著影響，表示平日與假日時，TOD 之密度變數（總樓地板面積）與都市設計變數（十字路口比例）對捷運運量之影響有顯著差異。而混合使用變數在平日與假日兩模式之影響均不顯著。故可以判斷假說四為部分成立。
5. 運量熵值之 t 檢定分析結果顯示，混合使用與都市設計變數於平日與假日之顯著代表變數不同，表示 TOD 之混合使用及都市設計變數在平日與假日對捷運運量熵值之影響均存在顯著差異。此外，密度變數在平日雖對運量熵值無顯著影響，但居住密度此代表變數在假日時呈現顯著正影響效果。綜上所述，三項 TOD 特性之代表變數對平日與假日之捷運運量時間分散程度均有顯著差異，故可判斷假說五完全成立。
6. 非尖峰運量模式之係數 t 檢定結果，密度變數之總樓地板面積變數及都市設計變數之十字路口比例，在平日與假日模式間均存在影響差異；但混合使用變數在平日與假日之非尖峰運量模式中影響均不顯著。故可判斷假說六部分成立。

表 7 假說驗證結果彙整

假說	內容	TOD 特性			假說驗證結果
		密度	土地混合使用	步行自行車導向都市設計	
假說一	TOD 特性對捷運運量有正向影響	◎			部分成立
假說二	TOD 特性可增進捷運運量之時間分散程度			◎	部分成立
假說三	TOD 特性可提升捷運非尖峰時段運量	◎			部分成立
假說四	TOD 特性對捷運運量的影響會由於平日或假日有所不同	◎		◎	部分成立
假說五	TOD 特性對捷運運量於時間上分散程度的影響效果，會因平日或假日有所不同	◎	◎	◎	成立
假說六	TOD 特性對捷運非尖峰運量之影響效果，會因平日假日有所不同	◎		◎	部分成立

註：◎表假說成立。

五、應用討論

上述實證結果對都市發展規劃有什麼潛在的應用價值？本段討論兩個可能的應用：一是以實證結果之變數影響關係為基礎，利用 TOD 特性、社會經濟條件以及運輸系統服務

三項要素與捷運運量特性之關係，構思吻合國內發展背景之 TOD 策略方向，提供都市研擬綱要計畫或綜合發展計畫之參考。二是直接利用模式估計具體措施之效果，據以進行捷運站區細部計畫之檢討與修正。

(一)策略方向

在土地使用規劃方面，有三個可能的策略方向。首先，由密度變數對臺北市捷運車站運量影響之實證結果發現，捷運車站周邊總樓地板面積對捷運平日之全日與非尖峰運量為正向影響；居住密度則可提升捷運假日運量之時間分散程度，故規劃機關可藉由提高捷運車站周邊地區整體發展密度（如通盤檢討之容積率調整），達到提升捷運運量與運量時間分散程度之效果。但在以提高捷運車站周邊地區活動密集程度方式提升捷運運量、分散捷運尖峰運量的同時，宜衡量捷運車站周邊地區之環境特性及交通服務系統，在維持可接受服務水準之考量下控制發展強度，以避免過度集中發展及其衍生之旅運需求對規劃地區產生衝擊。

其次，本文實證發現在國內環境背景下，混合強度與種類的提升將導致捷運運量發生時間集中之現象。是以在臺灣已有一定程度土地混合使用發展背景下，宜適當抑制捷運站區之混合使用種類與強度。規劃機關須因應各捷運車站周邊環境，可配合適宜進行混合活動種類之研究與各環境條件下之混合強度，利用如土地使用分區管制等相關規定對車站服務範圍內服務與零售業之聚集發展密集度及整體土地混合使用內容做適度的調整與配置。後續則運用成長管理策略，配合捷運系統與其他大眾運具之規劃，方能達到 TOD 之運量效益。

再者，自車站型態變數與平日和假日捷運運量、運量熵值與非尖峰運量影響關係之實證結果可知，整體而言，臺北捷運系統具轉乘特性之車站於平日與假日之全日運量和非尖峰運量較不具轉乘特性之車站來得高；而在運量熵值的部分，車站特性為轉乘站與中間站之運量時間分散程度較端點站來得高。因此，在進行 TOD 站區選擇時，建議以轉乘車站為優先，其次選擇中間站，而端點站並非有效率的推薦地點。

在運輸計畫方面，有兩個可能的策略方向。首先，實證顯示方格路網對捷運運量與運量時間分散程度，以負向影響為主。顯示方格路網型態在臺北市提升個人運具使用方便性之效果超過改善行人步行環境之效果。但考量臺北市市區中方格路網型態很普遍，且方格路網之方向識別性亦較高，故規劃機關在捷運車站附近車道系統為方格路網時，宜配合私人運具動線之設計，適度抑制方格路網鼓勵私人運具使用之效果。此外，由於人行道長度有助於分散捷運運量時間分布情形，故亦建議可搭配便利之步道系統，如於較大街廓中設置人行穿越步道系統、十字路口劃設交叉人行穿越道等。

其次，實證結果發現，捷運車站之轉乘公車路線數在平日與假日均可提升捷運全日運量、運量熵值與非尖峰運量。故公車業者與捷運營運機關可因應平日與假日，藉由公車路線安排，輔以轉乘機制之建立以及轉乘票價優惠等手法鼓勵公車與捷運間的轉乘行為，整合大眾運輸系統，使捷運周邊轉乘公車得以充分發揮運具接駁轉乘功能，達到提升捷運運

量及分散捷運尖峰運量之效果。

(二) 站區規劃

在進行捷運站區規劃方案分析時，表 3 與表 4 之模式有可能被應用於估計方案內容對捷運運量的影響效果，據以評估規劃內容的組合與程度。為檢視此項應用之可能性，本文以捷運麟光站區為例進行討論。

捷運木柵線各車站在民國 93 年平日運量平均值如圖 1 所示，顯示在麟光站以南的車站運量明顯較六張犁站以北為少。雖然麟光站區仍位於市區，但其運量僅約為相鄰六張犁站之三分之一，若都市發展局擬對木柵線沿線地區作大眾運輸導向發展走廊之規劃，麟光站區該進行什麼具體措施？進行的具體措施得達到什麼程度？假設以六張犁站之運量為目標，麟光站應再增加原有的兩倍運量。表 3 顯示顯著影響全日運量之因素為總樓地板面積（正向）、十字路口比例（負向）、家戶所得（正向）、是否為轉乘站（正向）以及轉乘公車路線數（正向），其中十字路口比例與是否為轉乘站受限於運輸路網整體布局，改變較不容易，所得跟居民組成有關，亦難以用政策干擾，因此提高總樓地板面積與轉乘公車路線數是兩項較可行的措施。麟光站區的土地使用分區管制以住三跟住三之一為主，容積率上限分別為 225% 與 300%；而六張犁站區除住三與住三之一外，尚有商三特，容積率上限達 560%；因為土地使用分區管制的差異，使麟光站區總樓地板面積約為六張犁站區的三分之一弱¹¹。若麟光站區採行改變土地使用分區或提高容積率上限的手段來增加樓地板面積，可以利用表 3 模式推估運量的可能改變；由圖 2 顯示，樓地板面積提高原來的一倍後，運量只提高到比原來多約八成，尚無法達到六張犁站的規模，但此時樓地板面積已超過六張犁站區，表示還得搭配其它措施才能達到目標。若進一步同時增加轉乘公車路線數，將原來的 12 條路線加倍，由圖 2 顯示，運量可增加兩倍，達到與六張犁站相近水準。由於六張犁站區轉乘公車路線數為 27 條，將部分路線延伸到麟光站區以增加後者的路線數應為可行。因此，臺北市政府對麟光站區可考慮兩項措施，一是由都市發展局檢討改變土地使用分區或直接調高容積率管制上限，使總樓地板面積有機會提高為既有的兩倍；二是由交通局檢討增加轉乘公車路線數為既有的兩倍。

前述具體措施是假設其它條件不變的情況下所進行的推測，雖然本文模式校估已檢視自變數間無強烈共線關係，但自變數間仍有可能互相影響。例如因容積率調升而增加樓地板面積後，有可能提高此地房地價格，而增加此地家戶所得，由表 3 全日運量模式可知，會更提高運量。因此對運量的估計只能作為討論規劃內容的參考。

11. 民國 93 年麟光站區樓地板面積為 1,984,629.6 m²，六張犁站區為 3,152,601.8 m²。

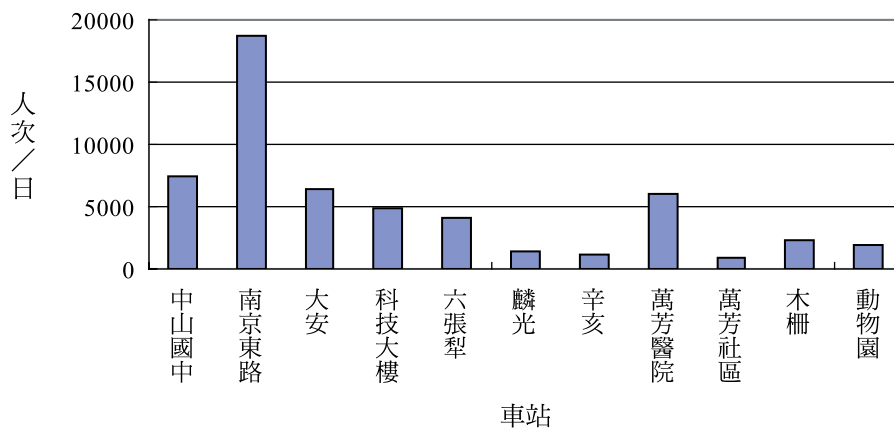


圖 1 捷運木柵線民國 93 年平日運量平均值

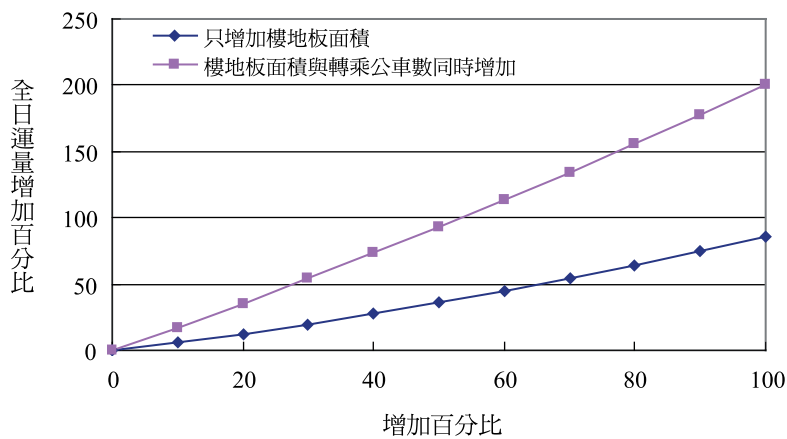


圖 2 麟光站區規劃分析

六、結論與建議

目前文獻上所倡導的大眾運輸導向發展之建成環境特性，在臺灣的環境背景下，是否均能提高大眾運具運量與分散運量之時間分布？為回答這個問題，本研究以臺北捷運系統 45 個站區為樣本進行實證分析，發現只有部分特性可產生預期作用：高密度發展可增加捷運全日運量與非尖峰運量，步行/自行車導向都市設計可分散捷運運量時間分布，其餘特性與影響關係則呈現不顯著或與預期相反之關係。同時亦發現，密度與都市設計對運量與運量時間分布的影響會因平日或假日有所差別，土地混合使用則僅在運量時間分布的影響上存在平日與假日的差異。這些實證發現顯示，國外的 TOD 發展內容並不全然適合於臺灣，

國內在發展 TOD 時，必須對其發展內容進行調整。

本研究實證結果與國外文獻間的最明顯差異在土地混合使用的影響上，在第二段所回顧北美城市的實證調查多發現土地混合使用可以增加大眾運具的被使用機會，而我們在臺北捷運的調查卻顯示住業平衡、服務零售業面積比以及混合熵值對捷運運量沒有顯著影響，甚至後兩項特性會分別在平日與假日使運量的時間分布趨向集中。這個差異來自兩個可能性：一是援引自北美城市研究的變數設計不適當或是只代表某種混合特性，致使所顯示效果有偏誤。二是臺北市的環境背景與北美城市有差異，導致不同的影響關係；因為土地混合使用在多數的華人城市是很普遍的情形，所以在此高度混合使用環境下的調查結果常與北美城市以單純且區隔的土地使用環境調查結果不同，例如 Zhang^[22] 在香港的調查顯示混合使用不是顯著影響運具選擇的因素，郭子齊^[23]、蕭博正^[24] 以及林楨家與楊恩捷^[25] 對臺北市的分析亦發現某些混合使用特性對大眾運具選擇有不顯著或負向影響。上述兩種可能性有待後續作更深入與廣泛的探索與嚐試來確認，同時也突顯經由實證調查來發展本土性 TOD 策略的必要性。

根據實證結論，本研究提出三項土地使用規劃可考慮的策略方向，包括：適度提高捷運車站周邊地區活動密集程度，以提升捷運全日運量與非尖峰運量，達到鼓勵捷運使用行為以及分散捷運尖峰運量之目標；控制捷運車站周邊地區之服務與零售業活動發展與土地混合使用程度，以抑制捷運運量時間的集中情形，提升臺北捷運系統運量時間分散程度；以及，優先選擇轉乘站或中間站做為 TOD 發展地區。另外，並提出二項運輸規劃可考慮的策略方向，包括：對捷運車站周邊地區之路網進行私人運具行車動線之調整與配置，以抑制方格路網鼓勵私人運具使用之效果，並配合便利步行系統之提供，達到提升系統運量與運量時間分散程度之效果；以及，鼓勵公車業者經營捷運轉乘路線，並建立良好轉乘機制，使捷運轉乘公車可充分發揮提升捷運運量及增進運量時間分散程度之功效。上述方向可提供國內進行大眾運輸導向發展時，在綱要計畫階段構思本土化發展策略之參考。

為了對 TOD 策略作更深入的了解，本文在研究範圍上提出六個未來可能擴展的研究方向：首先是在臺北縣資料可完整取得之情形下，對臺北捷運系統全線之車站進行實證調查與分析，不僅可增加樣本數，又可比較縣市間的差異。其次是捷運車站之實際服務範圍可能超過半徑 500 公尺（尤其是轉乘之乘客），本研究雖使用公車轉乘路線數來反映轉乘運量，但後續可再配合捷運車站腹地範圍研究，以求更深入探討影響捷運各車站運量之因素。第三，除了本研究之橫斷面資料分析，未來在捷運路線數增加，或各系統均營運至一定年期以上後，進行時間序列之探討，可以進一步展現捷運營運對周邊環境發展之長期影響效果；而由長期的角度來看，捷運運量與周邊環境特性間可能有互為因果的影響關係，例如發展密度雖即時影響運量，但長期而言運量可能會回過頭來影響站區發展密度，因此探討長期影響關係可能適合使用路徑分析 (path analysis) 或聯立迴歸 (simultaneous regression) 方法。第四，建議後續實證研究可於未來通車路線增加，車站數較多時對車站作更多樣的分類，例如不同捷運路線、路線分段等方式討論運量影響差異。第五，針對單一特性深入探討 TOD 特性內容對捷運運量之影響，例如就混合使用而言，可細分不同混合

組合，調整了解何種組合之混合型態可最有效提升捷運之運量與時間分散程度。最後，雖然 TOD 最直接之效益反映在大眾運輸運量上，但其他效益與 TOD 特性間關係之研究亦有助於國內環境下 TOD 規劃內容之設計與調整，故有深入研究探討之價值。

參考文獻

1. Cervero, R. and Kockelman, K., "Travel Demand and the 3Ds: Density, Diversity, and Design", *Transportation Research A*, Vol. 2, No. 3, 1997, pp.199-219.
2. Parker, T., McKeever, M., Arrington, G. B., and Smith, H. J., *Statewide Transit-Oriented Development Study: Factors for Success in California*, Business Transportation and Housing Agency, California Department of Transportation, Sacramento, CA., 2002.
3. Cervero, R., *Ridership Impacts of Transit Focused Development*, Report to the California Department of Transportation and the University of California Transportation Center, University of California at Berkeley, Institute of Urban and Regional Development, 1993.
4. 臺北捷運公司，**臺北捷運公司 2004 年年報**，民國九十五年。
5. 李家儂、林楨家，「用於都市地區活動分布之灰色 TOD 規劃模式」，**運輸計劃季刊**，第三十四卷，第一期，民國九十四年，頁 63-91。
6. 張學孔、錢學陶、杜雲龍，「大眾運輸導向之都市發展策略」，**捷運技術半年刊**，第二十一期，民國八十九年，頁 1-16。
7. 陳勝智，「以大眾運輸導向發展理念進行車站地區都市再發展之探討」，成功大學都市計劃研究所碩士論文，民國九十年。
8. JHK and Associates, *Development-Related Survey I*, Washington Metropolitan Area Transit Authority, Washington, D.C., 1987.
9. JHK and Associates, *Development-Related Survey II*, Washington Metropolitan Area Transit Authority, Washington, D.C., 1989.
10. Cervero, R., "Rail-oriented Office Development in California: How Successful", *Transportation Quarterly*, Vol. 48, No. 1, 1994, pp. 33-44.
11. Cervero, R. and Duncan, M., "Residential Self-Selection and Rail Commuting: A Nested Logit Analysis", Working Paper 604, University of California at Berkeley: University of California Transportation Center, Berkeley, CA., 2002.
12. Lund, H. M., Cervero, R., and Willson, R. W., *Travel Characteristics of Transit-Oriented Development in California, Statewide Planning Studies: Final Report*, Bay Area Rapid Transit District and California Department of Transportation, Oakland, California, 2004.
13. Cervero, R., Murphy, S., Feerell, C., Goguts, N., and Tsai, Y. H., *Transit-Oriented Develop in the United States : Experiences, Challenges, and Prospects*, Transit Cooperative Research Program 102, Transportation Research Board, Washington, D.C., 2004.
14. Holtzclaw, J., Clear, R., Dittmar, H., Goldstein, D., and Haas P., "Location Efficiency:

- Neighborhood and Socioeconomic Characteristics Determine Auto Ownership and Use — Studies in Chicago, Los Angeles and San Francisco”, *Transportation Planning and Technology*, Vol. 25, 2002, pp. 1-27.
15. Cervero, R., “Land-use and Travel at Suburb And Activity center”, *Transportation Quarterly*, Vol. 45, No. 3, 1991, pp.479-491.
16. Cervero, R., “Mixed Land-uses and Commuting: Evidence from the American Housing Survey” , *Transportation Research A*, Vol. 30, No. 5, 1995, pp.361-377.
17. Messenger, T. and Ewing, R., “Transit-oriented Development in the Sun Belt”, *Transportation Research Board*, No. 1552, 1996, pp. 145-153.
18. Boarnet, M. G. and Crane R., *Travel by Design: The Influence of Urban Form on Travel Demand*, Oxford University Press, New York, 2001.
19. 行政院主計處，**中華民國八十五年工商及服務業普查**，民國八十七年。
20. 行政院主計處，**中華民國九十年工商及服務業普查**，民國九十二年。
21. 交通部統計處，**中華民國交通統計年鑑**，民國九十四年。
22. Zhang, M., “The Role of Land Use in Travel Mode Choice”, *Journal of the American Planning Association*, Vol. 70, No. 3, 2004, pp. 344-360.
23. 郭子齊，「都市土地使用型態對消費性旅次運具選擇行為之影響」，成功大學都市計劃學系碩士論文，民國八十八年。
24. 蕭博正，「臺北市土地混合使用特性對旅運需求之影響」，臺北大學都市計劃研究所碩士論文，民國九十二年。
25. 林楨家、楊恩捷，「都市型態對旅運需求影響之結構化分析」，**運輸學刊**，第十八卷，第四期，民國九十五年，頁 391-416。

附錄
捷運假日運量模式校估結果

自變數 應變數		居住 密度	及 業 密 度	總樓 地板 面積	住業 平衡	服務 零售 業面 積比	混合 熵值	十字路口 比例	人行 道長 度	家戶 所得	小 客車 持有 數	機 車 持有 數	車站型態		停車 位密 度	公車站 位數	轉乘 公車 路線 數	F 值	R ² 值	AdjR ² 值
													轉乘站	中間站						
全日運量	係數	-	-	-	-	-	-	-	-	11.534***	-	-	8792.449***	-	-	-	8.136**	46.322	0.893	0.873
	顯著性	-	-	-	-	-	-	-	-	0.004	-	-	0.000	-	-	-	0.023	0.000		
運量熵值	係數	923.071**	-	-	-	-	-5.85×10 ^{-2*}	-1.46×10 ^{-2*}	-	-	-	-	7.56×10 ^{-2***}	8.61×10 ^{-2***}	-	-	-	6.859	0.468	0.40
	顯著性	0.034	-	-	-	-	0.104	0.12	-	-	-	-	0.008	0.000	-	-	-	0.000		
非尖峰運量	係數	-	-	-	-	-	-	4598.505*	-	3.125**	-	-	4607.513***	-	-	-	3.369**	55.154	0.892	0.876
	顯著性	-	-	-	-	-	-	0.194	-	0.032	-	-	0.00	-	-	-	0.019	0.000		

1. 全日運量與運量熵值為 WLS 校估結果，非尖峰運量為 OLS 校估結果。
2. *** 者表示達 $\alpha = 0.01$ 顯著水準；** 者表示達 $\alpha = 0.1$ 顯著水準；* 表示達 $\alpha = 0.2$ 顯著水準
3. - 表示係數未達 $\alpha = 0.2$ 顯著水準或是與其它自變數有明顯共線性關係而自模式中刪除者。