

國 立 交 通 大 學
運 輸 與 物 流 管 理 學 系

碩 士 論 文

不同土地使用下旅運需求型態之探索分析

Exploring Hourly Travel Demand Patterns
under Various Land Uses

研 究 生：游衣芸

指 導 教 授：邱裕鈞

中 華 民 國 一 〇 八 年 七 月

不同土地使用下旅運需求型態之探索分析

Exploring Hourly Travel Demand Patterns under Various Land Uses

研 究 生：游衣芸

Student：Yi-Yun Yu

指導教授：邱裕鈞

Advisor：Yu-Chiun Chiou

國 立 交 通 大 學
運輸與物流管理學系
碩 士 論 文

A Thesis

Submitted to Department of Transportation and Logistics Management

College of Management

National Chiao Tung University

in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master

in

Traffic and Transportation

July 2019

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國一〇八年七月

國立交通大學

博碩士論文電子檔著作權授權書

(提供授權人裝訂於紙本論文書名頁之次頁用)

本授權書所授權之學位論文，為本人於國立交通大學運輸與物流管理學系交通運輸乙組，107學年度第2學期取得碩士學位之論文。

論文題目：不同土地使用下旅運需求型態之探索分析

指導教授：邱裕鈞

本人授權將本著作以非專屬、無償授權國立交通大學、台灣聯合大學系統圖書館及國家圖書館。

論文全文上載網路公開之範圍及時間：	
中英文摘要(延後公開以5年為限)	☒ 立即公開
本校及台灣聯合大學系統區域網路	☒ 中華民國 110 年 8 月 13 日公開
校外網際網路及國家圖書館	☒ 中華民國 110 年 8 月 13 日公開

說明：基於推動「資源共享、互惠合作」之理念與回饋社會及學術研究之目的，得不限地域、時間與次數，以紙本、光碟或數位化等各種方式收錄、重製與利用；於著作權法合理使用範圍內，讀者得進行線上檢索、閱覽、下載或列印。

研究生：游衣芸 (親筆簽名)

指導教授：邱裕鈞 (親筆簽名)

中華民國 108 年 8 月 14 日

國立交通大學 / 國家圖書館

博碩士論文紙本【延後公開】申請書

(提供授權人裝訂於紙本論文電子檔授權書之次頁用)

申請人姓名：游衣芸

學位類別：碩士

指導教授：邱裕鈞

畢業：民國 108 年 7 月

系所名稱：運輸與物流管理學系

論文名稱：不同土地使用下旅運需求型態之探索分析

延後原因：

☐ 已申請專利，專利申請案號：_____，延後公開至：民國 年 月 日

☒ 準備以上列論文投稿期刊，延後公開至：民國 110 年 8 月 13 日

申請人簽名：游衣芸

指導教授簽名：邱裕鈞

研究所所長簽名：



研究所章戳：



圖書館章戳：



申請日期：民國 108 年 8 月 13 日

【說明】

1. 依「國家圖書館學位論文公開閱覽及延後公開處理原則」〈107年1月17日 國圖發字第 10702000120號〉，延後公開以一次為限。
2. 依「教育部100年7月1日臺高(二)字第1000108377號函文」，延後公開須訂定合理期限，請依實際需求設定延後公開日期，自申請日期起算至多5年，若超過5年或未填寫延後公開日期，將逕以函定5年辦理。
3. 以上所有欄位請據實填寫，缺項或簽章不全，恕不受理。

國立交通大學
研究所碩士班
論文口試委員會審定書

本校 運輸與物流管理學系交通運輸 碩士班 游衣芸 君

所提論文 不同土地使用下旅運需求型態之探索分析

合於碩士資格水準、業經本委員會評審認可。

口試委員：吳世宏

鍾易詩

邱毓鈞

指導教授：邱毓鈞

系主任：邱毓鈞 教授

中華民國一〇八年七月十三日

不同土地使用下旅運需求型態之探索分析

研究生：游衣芸

指導教授：邱裕鈞 博士

國立交通大學運輸與物流管理學系交通運輸碩士班

摘要

臺灣人口主要集中在都市計畫區內，呈現高度都市化、人口稠密且交通擁擠狀態，都市重劃與都市更新可能改變當地活動型態和數量與旅運需求，甚至影響運輸系統表現，因此瞭解土地使用對旅運需求之影響為重要議題。

基於此原因，本研究主要探討不同土地使用下每小時旅運需求型態，此外為蒐集旅運需求資料本研究使用信令資料，並以台灣最小行政區-里為單位，估計每小時的起訖矩陣。發展並比較三種模式之旅次出發與旅次到達，第一種模式為24小時旅次出發與旅次到達之多變量迴歸，使用建成環境變數如土地使用、社會經濟與公共運輸系統進行估計。第二種模式為時段旅次出發與旅次到達之多變量迴歸。第三種為兩階段模式，第一階段利用建成環境變數建構日旅次出發與日旅次到達迴歸模式，第二階段依各小時旅次出發與旅次到達比例型態進行集群分析，各里每小時旅次量可藉由估計之日旅次乘上各小時旅次比例獲得。除此之外，使用函數型資料分析方法進一步探索里的旅次出發與到達之時間分布型態，並綜合檢定估計迴歸模式顯著之影響因素。

以台北市為研究案例，顯示日旅次與時間比例型態分群之二階段模式有最好的旅運需求預測準確率，估計模式結果可發現土地變數中，總樓地板面積、商業區樓地板面積比例對於旅次出發與到達為顯著正值，相反地，純住宅區樓地板面積比例、混合住宅區樓地板面積比例與政府機關樓地板面積比例則為顯著負值。集群分析結果則分為五群，住宅區樓地板面積比例較高的里傾向在旅次出發有晨峰、旅次吸引有昏峰，商業區樓地板面積比例較高的里則相反，顯現土地使用因子不僅影響旅運需求量並且影響時間分布型態。

相較於二階段迴歸模式，函數型資料分析模式基本上可以獲得相似的時間分布型態並且確認土地使用對旅運需求的顯著影響，函數型主成分分析提供更深入的晨昏峰變異量調查，表明該模式在檢查和建構函數型資料(如時間分布型態)之優勢。

關鍵字：土地使用、信令資料、旅運需求、線性迴歸分析、函數型資料分析

Exploring Hourly Travel Demand Patterns under Various Land Uses

Student: Yi-Yun Yu

Advisor: Yu-Chiun Chiou

Department of Transportation and Logistics Management
National ChiaoTung University

ABSTRACT

In Taiwan, most of people live in urban planning areas where usually are highly urbanized, densely populated and heavily traffic congested. Urban rezoning and redevelopment may change the type and amount of activities and travel demand, furthermore, the performance of transportation systems. Therefore, it is essential to understand the effect of land use on travel demand.

Based on this, this study aims to explore the hourly travel demand patterns under various land uses. Additionally, in order to collect the travel demand data, this study uses cellular signal data to estimate hourly origin-destination matrices based on the zoning of village (the smallest administration units in Taiwan). Three models for trip departure and arrival are developed and compared. The first model is a multivariate regression model regresses 24 hourly trip departure or arrival on built environmental variables, including land use, social economics, and transportation systems. The second model regresses time-period trip departure or arrival on built environmental variables. The third model is a two stage model, the first part is to regress daily trip departure or arrival on built environmental variables and then to cluster the patterns of the time-of-day trip departure/arrival ratios. The hourly trips departure/arrival of a village can be obtained by multiplying the estimated number of daily trips with time-of-day trip ratios. Additionally, a functional data analysis is then performed to further explore the time-of-day patterns of trip departure/arrival among villages and to comprehensively examine the effect of the factors significantly tested by the estimated regression models.

A case study on Taipei City shows that the two-stage model (daily trip and time-of-day clustering patterns) performs best in terms of prediction accuracy in travel demand. The estimated model shows that in the land-use variables, total floor areas and ratio of commercial floor area have significant positive effect on number of departure and arrival trips; on the contrary, ratios of pure residential floor area, mixed residential floor area, and agency floor area are have significant negative effect. As to the clustering results, a total of five clusters are formed. The villages with higher ratio of residential floor area tend to have time-of-day patterns of morning peak in departure trips and evening peak in arrival trips, while those with higher ratio of commercial floor area tend to have opposite results, suggesting the land-use factors affect not only the amount of travel demand, but also its time-of-day pattern.

Comparing to the two-stage regression models, the functional data analysis models basically can obtain similar time-of-day patterns and confirm the significant effect of land-use variables on travel demand pattern. However, the functional principal component model provides more in-depth investigation on the variations of morning and evening peaks, suggesting the advantage of the model at examining and modeling functional data (i.e., time-of-day trip patterns).

Keywords: Land use, Cellular data, Travel demand, Linear regression analysis, Functional data analysis.

誌謝

能夠完成本篇碩士論文，最感謝敬愛的邱裕鈞老師，老師就算公務繁忙還是笑咪咪迎接我們，給予研究的關鍵指導、耐心地一一回答所有疑惑，在我遇到困難時看出盲點並指正方向，堅定地帶領我走出難關，並且給予我做計畫的學習機會，有幸能親自參與交通的實際改善，在老師的教導下讓我受益良多，祝福老師身體健朗，在交通界繼續造福更多人。還要感謝口試委員林楨家老師與鍾易詩老師，仔細地看完論文初稿，提醒我能再精進的部分，老師們給予寶貴的意見與未來可研究的方向，讓我的論文內容更加完整。謝謝台北校區授課的其他老師，老師們的辛勤教導，讓我這兩年在學術上更進步，對交通領域有更深的了解與啟發。

在學期間感謝系辦柳美智助理協助學校事務，貼心地提醒許多事項，讓我能順利完成論文並且畢業。碩二有幸參加土地案計畫與行人案計畫，在兩個計畫中多虧何玉鳳助理的幫忙，承辦行政事務與經費申請讓計畫得以順利進行。無論是學校課業亦或計畫任務，要特別謝謝詮勳學長，總在我迷惘時鼓勵我，並提出有效解決方法，學長的正面能量總是影響著我。也特別謝謝帶領我的以萱學姊，耐心地從零開始教導程式與開會技巧，並且分享生活的點點滴滴，跟學姊一起工作的期間總是特別充實且愉快。

同儕中多虧有邱 LAB 竹涵、佑星、以恆、東哲的陪伴，在每次的問候中互相打氣，分享進度並一起奮鬥到最後。感謝素絢、宇紋在程式、統計、文書上的協助，以及面對彼此問題的互相討論，論文在每一次的交談中逐漸成形，這些溫暖而珍貴的幫助讓我時常惦念著，跟著你們學到非常多的知識。在計畫中的夥伴也幫助我完成論文，謝謝志豪學長、敬宜的專業協助，讓生疏的都市計畫、地理資訊領域得到解惑，謝謝尚凝在我論文忙碌時，幫助我處理計畫的其他事務，還有彥勳的同甘共苦、相互扶持。感謝班上其他同學這兩年來的陪伴，讓碩士生活充滿活力與歡笑。

特別感激前室友子萱的數學專業，願意遠距離視訊解開難題，補足我缺乏的數學基礎，每次的討論都能滿載而歸，以及前室友庭妤的格式排版幫助，讓論文更加嚴謹，認識你們是我大學最瘋狂美好的事。感謝好友雅婷的陪伴，我們一起在台北各地留下足跡，讓我對論文研究範圍台北地區感到熟悉，你的專業協助讓論文臻至美好。還有其他朋友可婕、意純、欣誼、煜民、博聖的鼓勵與安慰，協助我走過這個特別的時期。

最後要感謝無條件支持我的家人，您們的肯定與栽培，讓我能無憂地在台北生活，這兩年因學校忙碌很少回家，總讓我心懷抱歉與感激，謝謝您們尊重我選擇的道路，給予我追尋的自由，讓我沒經濟壓力專心取得碩士學位，我愛您們！

從入學到畢業成長許多，研究所裡有歡笑也有憂愁，在研究所的日子學會因挫折而堅強、因磨練而蛻變，壓力昇華成進步的推手，提升我的思考邏輯、撰寫程式、分析判斷、辦事處理與時間運用能力。慶幸能在最好的青春裡遇到這麼多貴人，每一次的困難都能迎刃而解，未來將繼續努力，帶著研究所培養的能力對社會有所貢獻，期許自己能真誠踏實地勇往直前。

在此，將本論文獻給我敬愛的師長、家人及朋友，以及一路走來幫助過我的每一個人。

游衣芸謹誌於

國立交通大學運輸與物流管理學系

(研究所)碩士班

中華民國 108 年 8 月

目錄

摘要.....	i
ABSTRACT	ii
誌謝.....	iv
目錄.....	vi
表目錄.....	viii
圖目錄.....	x
第一章 緒論	1
1.1 研究背景與動機	1
1.2 研究目的	2
1.3 研究範圍	2
1.4 研究內容與流程	2
第二章 文獻回顧	5
2.1 土地使用與旅運需求.....	5
2.2 函數型資料分析應用研究.....	15
2.3 小結	20
第三章 研究方法	21
3.1 多變量迴歸分析	21
3.2 集群分析	23
3.3 判別分析	24
3.4 函數型資料分析	25
3.4.1 函數型基本分析.....	25
3.4.2 函數型主成分分析.....	27
3.4.3 函數型線性迴歸模式.....	27
第四章 資料蒐集與基本統計分析	29
4.1 手機信令旅次資料	30
4.2 人口社會經濟資料	36

4.3 公共運輸資料	40
4.4 土地使用資料	42
第五章 旅次出發與到達迴歸模式構建	46
5.1 小時旅次多變量迴歸模式	49
5.1.1 小時旅次出發	50
5.1.2 小時旅次到達	53
5.1.3 小時旅次模式方法預測與比較	55
5.2 時段旅次多變量迴歸模式	58
5.2.1 時段旅次出發	59
5.2.2 時段旅次到達	61
5.2.3 時段旅次模式方法預測與比較	63
5.3 日旅次迴歸模式	66
5.3.1 日旅次出發	67
5.3.2 日旅次到達	74
5.3.3 日旅次模式方法預測與比較	81
5.4 三種模式比較與應用	83
5.4.1 模式比較	83
5.4.2 模式實例應用	86
第六章 函數型迴歸模式構建	91
6.1 函數型基本分析	91
6.2 函數型主成分分析	98
6.3 函數型線性模式分析	105
6.3.1 社會與建成環境變數函數型線性模式分析	105
6.3.2 區變數函數型線性模式分析	115
第七章 模式推估結果比較	121
7.1 社會與建成環境模式比較	121
7.2 區變數模式比較	128
第八章 結論與建議	133
8.1 結論	133
8.2 建議	135
參考文獻	137
簡歷	139

表目錄

表 2 - 1 土地使用與旅運需求文獻彙整表	10
表 2 - 2 函數型資料分析應用研究文獻彙整表	18
表 4 - 1 資料蒐集與定義總表	29
表 4 - 2 手機信令資料範例列表	31
表 4 - 3 信令資料 2.5 個旅次與遺漏值筆數資料.....	31
表 4 - 4 手機信令資料統計分析表.....	35
表 4 - 5 社會經濟變數說明列表	38
表 4 - 6 社會經濟資料統計分析表.....	39
表 4 - 7 公共運輸變數說明列表	41
表 4 - 8 公共運輸資料統計分析表.....	41
表 4 - 9 土地使用變數說明列表	44
表 4 - 10 土地使用資料統計分析表.....	45
表 5 - 1 選定解釋變數相關係數表.....	48
表 5 - 2 旅次出發-小時旅次多變量迴歸估計結果	52
表 5 - 3 旅次到達-小時旅次多變量迴歸估計結果	54
表 5 - 4 小時迴歸模式之驗證-旅次出發與到達 MAPE 值.....	55
表 5 - 5 小時迴歸模式之預測方法-旅次出發與到達 MAPE 值.....	56
表 5 - 6 旅次出發-時段旅次多變量迴歸估計結果	60
表 5 - 7 旅次出發-時段內每小時平均比例.....	60
表 5 - 8 旅次到達-時段旅次多變量迴歸估計結果	62
表 5 - 9 旅次到達-時段內每小時平均比例.....	62
表 5 - 10 時段迴歸模式之驗證-旅次出發與到達 MAPE 值.....	63
表 5 - 11 時段迴歸模式之預測方法-旅次出發與到達 MAPE 值	64
表 5 - 12 旅次出發-日旅次迴歸估計結果.....	67
表 5 - 13 旅次出發-分群小時旅次比例.....	69
表 5 - 14 旅次出發-分群之平均土地使用列表	70
表 5 - 15 旅次出發-五群體之平均旅次比例表	71
表 5 - 16 旅次出發-里分群先驗機率	72
表 5 - 17 旅次出發-分群均值向量與降維矩陣係數	72
表 5 - 18 旅次出發-混淆矩陣.....	73
表 5 - 19 旅次到達-日旅次迴歸估計結果.....	74
表 5 - 20 旅次到達-分群小時旅次比例.....	76
表 5 - 21 旅次到達-分群之平均土地使用列表	77
表 5 - 22 旅次到達-五群體之平均旅次比例表	78
表 5 - 23 旅次到達-里分群先驗機率	79
表 5 - 24 旅次到達-分群均值向量與降維矩陣係數	79

表 5 - 25 旅次到達-混淆矩陣.....	80
表 5 - 26 日迴歸模式之驗證-旅次出發與到達 MAPE 值.....	81
表 5 - 27 日迴歸模式之預測方法-旅次出發與到達 MAPE 值.....	82
表 5 - 28 三種模式方法 MAPE 變化圖比較表	84
表 5 - 29 三種模式方法 MAPE 數值比較表	85
表 5 - 30 變更主要計畫表	87
表 5 - 31 精忠里土地變更狀況表.....	88
表 5 - 32 精忠里變更前後土地使用分區比例表	88
表 6 - 1 函數型基本分析圖對照表.....	96
表 6 - 2 函數型主成分分析圖對照表.....	104
表 6 - 3 函數線性模式分析之解釋變數臨界值與估計結果	106
表 6 - 4 各區土地使用列表	120

圖目錄

圖 1 - 1 研究流程圖.....	4
圖 2 - 1 土地使用與運輸交互影響模式廣義結構圖.....	5
圖 2 - 2 建乘環境之 3D 與 5D 結構圖.....	6
圖 2 - 3 原始資料點分布與 B-spline 基底函數型連續曲線圖.....	16
圖 3 - 1 本研究採用之基底函數圖.....	25
圖 4 - 1 旅次出發-各小時旅次盒鬚圖.....	32
圖 4 - 2 平日旅次出發比較圖.....	33
圖 4 - 3 旅次到達-各小時旅次盒鬚圖.....	33
圖 4 - 4 平日旅次到達比較圖.....	34
圖 5 - 1 迴歸模式研究架構圖.....	46
圖 5 - 2 小時旅次多變量迴歸模式研究架構圖.....	49
圖 5 - 3 小時迴歸模式之驗證-旅次出發與到達 MAPE 比較圖.....	56
圖 5 - 4 小時迴歸模式之預測方法-旅次出發與到達 MAPE 比較圖.....	57
圖 5 - 5 時段旅次多變量迴歸模式研究架構圖.....	58
圖 5 - 6 時段迴歸模式之驗證-旅次出發與到達 MAPE 比較圖.....	64
圖 5 - 7 時段迴歸模式之預測方法-旅次出發與到達 MAPE 比較圖.....	65
圖 5 - 8 日旅次迴歸模式研究架構圖.....	66
圖 5 - 9 旅次出發-各群平均一天內各小時旅次比例圖.....	68
圖 5 - 10 旅次到達-五群體所有旅次比例與平均旅次比例圖.....	75
圖 5 - 11 日迴歸模式之驗證-旅次出發與到達 MAPE 比較圖.....	81
圖 5 - 12 日迴歸模式之預測方法-旅次出發與到達 MAPE 比較圖.....	82
圖 5 - 13 主要計畫基地區位示意圖.....	86
圖 5 - 14 松南營區及周邊土地規劃構想示意圖.....	87
圖 5 - 15 旅次出發-精忠里土地變更前後旅次分布圖.....	89
圖 5 - 16 旅次到達-精忠里土地變更前後旅次分布圖.....	90
圖 6 - 1 GCV 值與 λ 值對應圖.....	91
圖 6 - 2 旅次出發-所有里旅次時間分布函數圖.....	92
圖 6 - 3 旅次出發-平均旅次時間分布函數圖.....	92
圖 6 - 4 旅次出發-旅次時間分布圖之變異數等高線圖.....	93
圖 6 - 5 旅次出發-旅次時間分布圖之變異數透視圖.....	93
圖 6 - 6 旅次到達-所有里旅次時間分布函數圖.....	94
圖 6 - 7 旅次到達-平均旅次時間分布函數圖.....	94
圖 6 - 8 旅次到達-旅次時間分布圖之變異數等高線圖.....	95
圖 6 - 9 旅次到達-旅次時間分布圖之變異數透視圖.....	95
圖 6 - 10 旅次出發-主成分旋轉前後比例圖.....	98
圖 6 - 11 旅次出發-主成分分數圖.....	99

圖 6 - 12 旅次出發-旋轉後第一主成分.....	99
圖 6 - 13 旅次出發-旋轉後第二主成分.....	100
圖 6 - 14 旅次出發-旋轉後第三主成分.....	100
圖 6 - 15 旅次到達-主成分旋轉前後比例圖.....	101
圖 6 - 16 旅次到達-主成分分數圖.....	101
圖 6 - 17 旅次到達-旋轉後第一主成分.....	102
圖 6 - 18 旅次到達-旋轉後第二主成分.....	102
圖 6 - 19 旅次到達-旋轉後第三主成分.....	103
圖 6 - 20 旅次出發-商業區樓地板面積比例截距.....	107
圖 6 - 21 旅次出發-商業區樓地板面積比例變數係數.....	107
圖 6 - 22 旅次出發-商業區樓地板面積比例變數群體比較.....	108
圖 6 - 23 旅次出發-商業區樓地板面積比例變數排列檢定.....	108
圖 6 - 24 旅次出發-純住宅區樓地板面積比例截距.....	109
圖 6 - 25 旅次出發-純住宅區樓地板面積比例變數係數.....	109
圖 6 - 26 旅次出發-純住宅區樓地板面積比例變數群體比較.....	110
圖 6 - 27 旅次出發-純住宅區樓地板面積比例變數排列檢定.....	110
圖 6 - 28 旅次到達-商業區樓地板面積比例截距.....	111
圖 6 - 29 旅次到達-商業區樓地板面積比例變數係數.....	111
圖 6 - 30 旅次到達-商業區樓地板面積比例變數群體比較.....	112
圖 6 - 31 旅次到達-商業區樓地板面積比例變數排列檢定.....	112
圖 6 - 32 旅次到達-純住宅區樓地板面積比例截距.....	113
圖 6 - 33 旅次到達-純住宅區樓地板面積比例變數係數.....	113
圖 6 - 34 旅次到達-純住宅區樓地板面積比例變數群體比較.....	114
圖 6 - 35 旅次到達-純住宅區樓地板面積比例變數排列檢定.....	114
圖 6 - 36 旅次出發-平均旅次時間分布函數截距圖.....	115
圖 6 - 37 旅次出發-各區旅次時間分布函數係數圖.....	116
圖 6 - 38 旅次出發-各區旅次時間分布函數圖.....	117
圖 6 - 39 旅次到達-平均旅次時間分布函數截距圖.....	117
圖 6 - 40 旅次到達-各區旅次時間分布函數係數圖.....	118
圖 6 - 41 旅次到達-各區旅次時間分布函數圖.....	119
圖 7 - 1 旅次出發-商業區樓地板面積比例截距比較圖.....	121
圖 7 - 2 旅次出發-商業區樓地板面積比例係數比較圖.....	122
圖 7 - 3 旅次出發-商業區樓地板面積比例總旅次比較圖.....	122
圖 7 - 4 旅次出發-純住宅區樓地板面積比例截距比較圖.....	123
圖 7 - 5 旅次出發-純住宅區樓地板面積比例係數比較圖.....	123
圖 7 - 6 旅次出發-純住宅區樓地板面積比例總旅次比較圖.....	124
圖 7 - 7 旅次到達-商業區樓地板面積比例截距比較圖.....	124
圖 7 - 8 旅次到達-商業區樓地板面積比例係數比較圖.....	125

圖 7 - 9 旅次到達-商業區樓地板面積比例總旅次比較圖	125
圖 7 - 10 旅次到達-純住宅區樓地板面積比例截距比較圖	126
圖 7 - 11 旅次到達-純住宅區樓地板面積比例係數比較圖	126
圖 7 - 12 旅次到達-純住宅區樓地板面積比例總旅次比較圖	127
圖 7 - 13 旅次出發-臺北市區平均截距比較圖	128
圖 7 - 14 旅次出發-臺北市中山區係數比較圖	129
圖 7 - 15 旅次出發-臺北市文山區係數比較圖	129
圖 7 - 16 旅次出發-臺北市 12 區旅次時間分布比較圖	129
圖 7 - 17 旅次到達-臺北市區平均截距比較圖	130
圖 7 - 18 旅次到達-臺北市中山區係數比較圖	131
圖 7 - 19 旅次到達-臺北市文山區係數比較圖	131
圖 7 - 20 旅次到達-臺北市 12 區旅次時間分布比較圖	131

第一章 緒論

1.1 研究背景與動機

我國因地狹人稠，人口主要分布於平原且集中在都市計畫區內，呈現高度都市化狀態，都市計畫區內部有許多不同的土地使用分區，如住宅區、商業區、政府機關等，並且相同土地使用分區因性質差異，可再細分種類，如商一區、商二區等。土地使用分區影響該地活動特性，進而產生旅運需求，然而台灣目前缺乏土地使用影響旅運需求的數據，無法得知都市計畫區內改變不同的土地使用狀況將影響多少旅運需求，因此本研究欲利用土地使用資料來進行分析。

運輸需求為運輸規劃關鍵的參數，傳統得知旅運需求資料的方法為家戶旅次調查，利用電話訪問、郵寄回函、調查人員拜訪等方法取得民眾的回覆，但傳統方式需花費大量時間、人力與金錢，卻僅獲得低於預期的有效樣本數，並且民眾所回覆之結果容易低估旅次導致調查誤差，結果僅可分析出單日該區之旅次量，無法看出不同時間點旅次量多寡等詳細特性。

隨著科技進步，智慧型手機的普及發展導致人手一機成為常態，手機的訊號客觀地依據持有人動向所移動，這種電信服務生成資料具有成本低、資料量大的特性，不會因受訪者主觀回答的誤差所影響，信令資料經過再次處理可獲得真實旅次起訖點，此外信令資料記錄一天 24 小時狀況，可看出一天內尖離峰時間與特性，調查出不同時間點旅次方向性。

有鑑於此，為解決傳統家戶旅次調查誤差影響旅運需求推估，並呈現出一天 24 小時之旅次分布特性，本研究回顧相關文獻並蒐集所需土地使用、社會經濟、公共運輸等資料，研析都市計畫土地使用與旅運需求量之關聯性，利用信令起訖資料作為旅運需求應變數，進一步探討我國土地使用與旅運需求之關聯，以小時、時段、日作為不同時間範圍模式估方法，目的計算各里每小時旅次出發與旅次到達數量，比較差異並尋找最佳預測模式。同時嘗試函數型資料分析方法，以連續的旅次時間分布型態進行研究，觀察一天內不同時間點之旅次出發、旅次到達，進一步對資料進行函數型主成分分析與變數顯著性檢定。最後比較迴歸估計模式與函數型資料分析，提出結論及建議作為後續研究改善，以期更真實反映土地使用對旅運需求關係，得出各里每小時之旅次出發與旅次到達情形。

1.2 研究目的

根據上述背景與動機，探討我國土地使用與旅運需求關聯、旅次之連續時間分布型態，為目前待研究之課題，有鑒於國內少有對於上述議題進行研究分析，因此本研究擬針對此議題加以探討，以供後續相關研究之參考。

本研究目的主要探討土地使用影響對旅運需求之影響，而旅運需求主要針對人旅次之旅次出發量與旅次到達量進行分析，觀察每小時旅次變化與旅次連續時間之分布型態，具體項目條列為以下二項：

1. 建構土地使用與旅運需求線性迴歸模式，比較不同迴歸模式以找尋最佳估計方法，未來土地變更時能藉由最佳模式預測旅次出發量與旅次到達量
2. 進行函數型資料分析，將離散旅次觀察值轉化為連續旅次曲線，觀察旅次的時間分布型態，並解釋變異量與檢定變數顯著性

1.3 研究範圍

本研究範圍針對臺灣臺北市都市計畫區，以各里的每小時旅次量作為分析單位，使用政府部門近年開放資料，蒐集解釋變數資料如土地使用、人口社會經濟與公共運輸，得出土地使用與旅運需求估計模式，並進行函數型資料分析。

1.4 研究內容與流程

本研究欲探討不同土地使用下的旅運需求型態，並且分別對旅次出發與到達建構估計模式，本小節將介紹研究流程圖中各步驟內容，研究流程圖如圖 1-1 所示，本研究內容敘述如下：

1. 研究目的確立與範圍界定

根據本研究之動機與目的，連結土地使用與旅運需求關係，包含多變量迴歸模式與函數型迴歸模式，並且界定本研究欲探討之範疇，包含研究時間、研究空間、研究內容等。

2. 文獻回顧

為達成本研究之目的，進行相關研究之文獻彙析，主要分為兩部分，其一為土地使用與旅運需求關係，另一為函數型資料分析應用研究，對於國外與國內相關案例文獻進行研讀，整理文獻之異同與特點，作為本研究使用變數、研究方法與估計模式之參考。

3. 資料蒐集

根據文獻決定創建模式所需資料，蒐集信令資料並轉換成旅次起訖資料作為應變數，並利用政府開放之土地使用資料、人口社會經濟資料、公共運輸資料做為解釋變數。

4. 土地使用與旅運需求迴歸模式構建

結合所蒐集資料分別對旅次出發與到達之旅運需求，創建小時旅次多變量迴歸模式、時段旅次多變量迴歸模式與日旅次迴歸模式，推估土地使用與旅運需求迴歸式參數，理解三種模式的差異特性，求得最適迴歸模式後應用於實際案例，利用國內都市計畫區實際案例，了解該都市計畫區範圍之土地變更狀況，並將相關土地使用變數帶入以求解旅運需求，觀察土地使用改變後對旅運需求的影響。

5. 運輸需求之函數型迴歸模式構建

利用上述蒐集之信令資料，將旅次之離散資料利用函數型方法分析，使一日之每小時旅次觀察值轉化為連續旅次時間分布曲線，分別針對旅次出發與旅次到達，進行函數型主成分分析與函數型線性模式參數推估。

6. 模式結果比較

利用本小節研究 4.土地使用與旅運需求迴歸模式構建與 5.運輸需求之函數型關聯模式構建之估計結果進行比較與互補，觀察兩種研究方法對旅次數的時間分布影響。

7. 結論與建議

根據兩種研究方對旅運需求的分析結果，總結本研究成果之結論，並依據研究過程中發生的狀況與問題，研提未來進一步發展與可改進之建議，作為後續相關研究之參考依據。

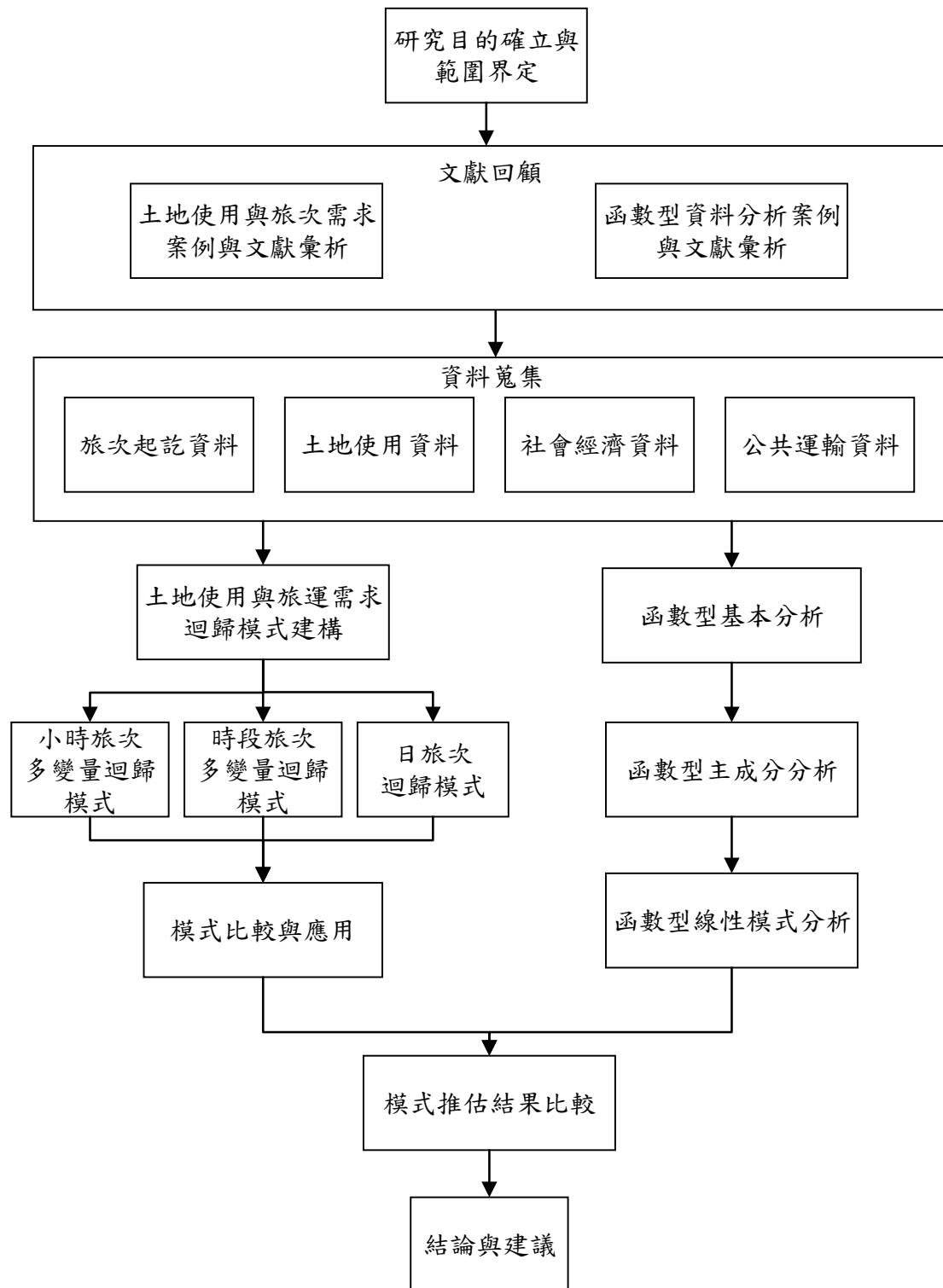


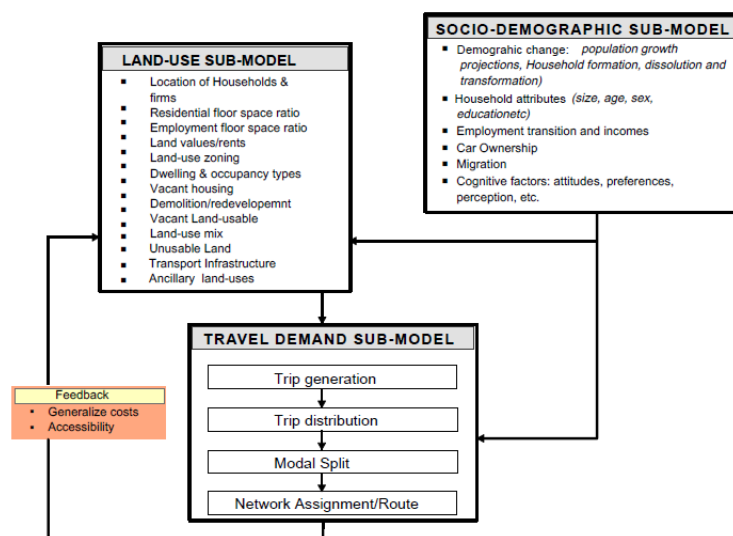
圖 1 - 1 研究流程圖

第二章 文獻回顧

針對第一章之研究動機、研究目的與範圍，本章進行國內外之文獻彙析，以期了解土地使用相關變數如何影響旅運需求，本研究之文獻回顧分為兩小節，2.1 小節討論土地使用與旅運需求關係，藉由文獻了解所使用的土地變數與相關解釋變數預測旅運需求的情況，2.2 小節探討函數型資料分析應用研究，將每小時旅次離散資料延伸為連續性資料，並在各小節末進行文獻彙整，藉由回顧這兩部分文獻作為參考，以利本研究進行發想。

2.1 土地使用與旅運需求

Acheampong and Silva (2015) 匯集 60 年間發表關於土地使用與運輸之交互作用模式文獻研究，並考慮居住與工作地點的選擇，根據古典最大化效用理論，人們會選擇靠近工作區位和可及性高的居住區位以節省通勤成本，居住區位選擇受幾個因素影響，包含：房屋型態、噪音程度、稅率、租金、交通時間、交通成本、發展密度、明星學區、商業程度、混合土地使用情況、所得、鄰里組成、社會路網、家庭成員與結構等，由於這些因素有多種選擇組合，因此為多維度問題，有聯合羅吉特 (Joint Logit)、順序排序法 (Sequential Ordering Method) 與新的潛在結構方法 (Latent structure) 解決此問題。作者歸納出土地使用與運輸的交互影響由三個子模式組成的廣義結構，土地使用子模式、社會人口子模式與旅運需求子模式，如圖 2 - 1 所示，顯示土地使用與運輸之交互作用關聯架構。

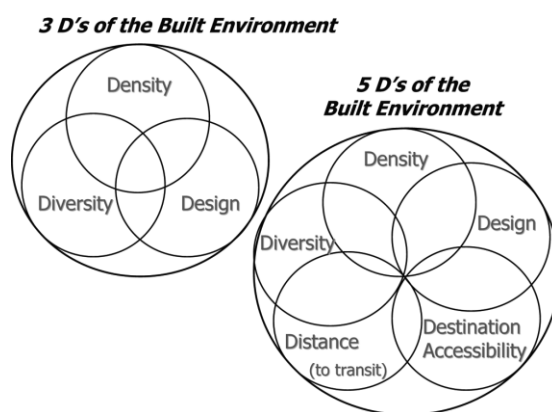


資料來源：Acheampong and Silva (2015)

圖 2 - 1 土地使用與運輸交互影響模式廣義結構圖

Cervero and Kockelman (1996) 研究建成環境影響旅次產生率(Trip rates)與運具選擇 (Mode Choice) 關係，探討美國舊金山灣地區 50 個社區，蒐集旅運、社會經濟與土地使用資料，主要旅次產生率為每家戶延車英里，考慮工作旅次與非工作之家旅次，並使用因素分析將變數進行線性組合，首先提出 3D (Density、Diversity、Design) 面向之定義說明，分別為土地使用強度、土地使用多樣性與友善步行轉乘的行人導向設計，結果顯示土地使用強度、土地使用多樣性與行人導向設計會減少旅次產生率，並刺激非汽車旅運行為，研究顯示建成環境的 3D 與旅運需求間的彈性適中且有關係。

Cervero et al. (2009) 進一步提出 5D 概念，新增 Distance、Destination，代表可至大眾運輸服務範圍距離與目的地之可達性，資料來自於哥倫比亞首都波哥大之運動問卷，利用階層非線性模式預測有目的之步行與自行車活動一天是否超過 30 分鐘，並應用羅吉斯特迴歸模式預測是否使用當地自行車道，分析家戶步行與自行車活動，探討建成環境對步行與自行車之行為影響，結果顯示波哥大的土地利用型態與建成環境 5D 之變數影響該地區民眾行為，並考量研究地點為南美洲發展中國家，深受歷史建設背景影響，作者提出若是高溫且潮濕的東南亞國家，建設步行與自行車之友善環境依然不太能提升意願，然而創造建成環境 5D 之概念依然可供後續研究參考。圖 2-2 為作者所提及之建乘環境 3D 與 5D 結構圖，各面向變數之間有交集，可做為影響民眾旅運需求之建成變數考慮面向。



資料來源：Cervero et al. (2009)

圖 2-2 建乘環境之 3D 與 5D 結構圖

Jiang et al. (2017) 研究探討中國濟南土地使用與道路特性對家戶持車數與使用多寡的影響，使用兩階段模式，首先利用多項羅吉斯特迴歸 (Multinomial Logistic Regression) 模式預測家戶持車數，接著使用 Double-hurdle 模式預測旅次行駛距離，其中 First-hurdle 決定有無車輛使用，Second-hurdle 決定行駛公里數，考慮變數包含家戶社經變數、土地使用、街道形態、位置地點四大類，其中土地形式及街道形式的解釋變數以 3D 與停車相關變數 Demand Management 為考慮依據。研究結果顯示停車供給、鄰里來往通透性與街道設計影響車輛持有數，其中土地使用跟車輛持有數沒有顯著相關，但土地使用與道路型態對旅運長度顯著相關，研究建議 BRT 發展、混合土地使用、友善人本街道與限制停車等方法，有助於降低道路使用者之車輛依賴。

Boarnet and Crane (2001) 探討土地使用對旅運行為的影響，主要分為三種模式進行比較，分別為僅考慮社經變素、同時考慮社經變素與土地使用、考慮前述兩者與旅行時間成本變數，土地使用變數包含市中心距離、密度、路口 1/4 英里內居住比與代表混合土地使用之零售業比、服務業比等。利用美國加州洛杉磯與聖地牙哥兩地的資料，使用二步驟法 (Two-step Method) 進行分析，二步驟法中第一步驟先預測旅次速度與距離，第二步驟藉由旅次速度與距離使用次序普羅比迴歸 (Ordered Probit Regression) 針對離散非工作旅次，研究結果顯示在兩地會有不同效果，在人口密度方面與旅運需求呈現負相關，整體而言土地使用對於旅運需求沒有統計顯著性，可能受樣本數影響。

Boarnet and Sarmiento (1998) 探討土地使用對旅運行為的影響，研究範圍為美國南加州，針對非工作旅次產生率發展迴歸模式，估計方程式的次序普羅比模式，分為僅考慮社會經濟變數、同時考慮社會經濟與街區土地使用變數、同時考慮社會經濟與郵政分區土地使用變數三種，其中街區土地使用變數有：人口密度、混合土地使用（零售業比例）、混合土地使用（服務業比例）、路口 1/4 英里內住戶比，郵政分區土地變數包含：人口密度、混合土地使用（零售業比）、混合土地使用（服務業比），結果顯示郵政分區土地使用在測試時有顯著關係，代表測試的地理層級大小會影響結果。除此之外，為避免選擇居住地區受偏好駕駛行為影響，在最小平方模式產生內生性誤差，使用工具變數解決問題得到一致的估計量，因居住地的選擇受社經條件與設施便利性影響，本研究選擇四種與交通無關之鄰里設施變數，將人口負成長、西裔居住比、1940 年建築比、1960 年建築比作為工具變數，結果顯示最小平方估計與工具變數估計時，土地使用變數對於旅運需求沒有顯著影響。

Ewing et al. (1997) 提出土地使用如何影響旅次產生率，而旅次產生率跟可及性相關，供給跟需求之間的平衡受一般化成本 (Generalized Cost) 與負效用決定，如果旅次需求有彈性，隨著可及性改善旅次產生率增加明顯，若旅次需求無彈性，則旅次增加幅度較小。過去研究將可及性或密度當作土地使用或地區變數之解釋變數，有鑑於考慮變數不一致，導致對汽車旅次產生率有正相關也有負相關，該區可及性提高代表行車旅行時間減少，民眾更會願意使用汽車，造成正相關，然而當密度高度集中，步行與自行車即被視為可能的選項，且因為塞車的緣故導致汽車吸引力降低，造成負相關，而各文獻在應變數選擇上也有不同，有些選擇所有運具的旅次，有些則選擇汽車旅次，有些則針對特定旅次如消費旅次。作者研究範圍對於佛羅里達州兩地區，比較家戶工作旅次與其他旅次，考慮汽車旅次產生率、所有運具旅次產生率，進行 ANOVA 分析，結果顯示土地使用變數之居住密度、混合土地使用、可及性對家戶旅次產生率影響不顯著，證據傾向支持「旅運需求為無彈性且運具模式替代很少」，後續研究在傳統模式上建議再增加其他社會經濟變數一併考慮。

Hu et al. (2016) 研究探討土地使用與設施對大眾運輸與都市規劃的影響，使用新加坡的資料預測大眾運輸的時空需求，大眾運輸主要研究項目為捷運與公車，以兩種粒度的資料進行比較與探討，分別為土地使用類別與設施資料，土地使用類別分為六項：工業區、商業區、住宅區、水、綠地及其他，設施類別分為八項：食物、教育、運輸、醫療、娛樂、財經、商業以及其他，結果顯示設施類別較土地使用有較好的解釋效果。藉由資料測試三種多變量預測模式，(DT decision tree, SVR support vector regression, CF item-based collaborative filtering)，以四種指標進行評估，分別為正確度、通用性、計算時間以及解釋能力，結果顯示 DT 模式預測大眾運輸需求較佳，並使用 DT 模式以 2013 年的資料為基準預測 2030 年旅運需求情形。

黃台生 (2009) 針對臺北市都市計畫道路與土地分區建築物使用關係提出報告，釐清土地使用與道路交通之相互關係，收集 2001 至 2007 年臺北市都計審查案例進行事前事後比較，將土地使用分為住宅區、商業區、工業區、倉儲區與轉運中心及大型展覽區，說明代表性個案開發前預估交通影響與開發後調查，建立各類土地使用參數值比對、開發強度旅次發生模式及基地開發交通衝擊門檻值。

鄭雅潔（2004）研究家戶旅次產生之統計，分析臺北市每日家戶工作旅次產生數，其家戶旅次產生應變數數範圍介於 0 到 17.5 之間，建立迴歸模式（包含多元迴歸模式、Poisson 迴歸模式、負二項迴歸模式）與對數線性模式，迴歸模式顯著變數含總工作人口數、家戶總學生人口數及機動車輛持有數，對數線性模式並考慮變數交互作用影響，發現家戶工作人口數影響家戶工作旅次產生最高，結果顯示對數線性模式平均誤差百分比絕對值（MAPE）最小，其次為 Poisson 迴歸模式、負二項迴歸模式，最差為多元迴歸模式，MAPE 值約 37.9%。

李雪敬（1998）建構中小型都市道路離型規劃案之分析程序，並建立迴歸式之方法簡化旅運需求分析模式，利用影響旅次產生與吸引之主要變數，以就業與業數為例，推估目標年道路流量，並產生適用之道路等級、道路容量，使用中壢平鎮都市計畫區資料校估，利用中型之新竹都市計畫與小型之關西都市計畫區進行驗證，驗證結果顯示分析程序可轉移至同規模都市計畫區，然而對於不同規模都市計畫區並不能移轉，最後以實際案例分析，操評估分析程序之實用性，顯示此分析程序具有可行性。

總結國外土地使用與旅運需求之相關文獻，根據目的使用不同種迴歸模式分析，Cervero and Kockelman（1996）首先提出建成環境 3D 變數影響旅運需求，Cervero et al.（2009）進一步提出 5D 概念，針對步行與自行車活動需求進行解釋，Jiang et al.（2017）使用社會經濟與土地使用估計車輛持有數與使用程度，Boarnet and Crane（2001）、Boarnet and Sarmiento（1998）與 Ewing et al.（1997）則探討旅運行為的旅次量，Hu et al.（2016）說明對於大眾運輸旅次與都市設計影響，Acheampong and Silva（2015）為回顧型文獻，統整先前文獻說明土地使用變數與社會經濟變數作用於運輸規劃的影響，本研究將考慮上述文獻提及之土地使用變數與社會經濟變數作為模式參數推估。國內文獻中，黃台生（2009）、李雪敬（1998）與鄭雅潔（2004）研究我國都市土地利用分區與旅運需求、道路寬度與家戶旅次產生數，了解我國都市計畫區土地使用以及社會經濟影響家戶旅次產生情形，進行分析時將適合我國旅運行為之特性變數做為參考。

本節所參考之文獻彙整分析如表 2-1 所示。

表 2-1 土地使用與旅運需求文獻彙整表

作者（年代）	研究主題與範圍	研究方法	土地使用解釋變數	人口社會經濟解釋變數
Acheampong and Silva (2015)	研究主題： 土地使用與交通相互作用 （本篇為回顧文獻 Review paper）	■ ----	■ 家庭和企業的位置 ■ 住宅樓地板面積 ■ 就業樓地板面積 ■ 土地價值/租金 ■ 土地使用劃區 ■ 住宅和入住類型 ■ 空置住房 ■ 拆除/再建	■ 人口成長率 ■ 家戶大小 ■ 年齡 ■ 性別 ■ 教育程度 ■ 所得 ■ 車輛持有數 ■ 人口遷移數
Cervero and Kockelman (1996)	研究主題： 旅運需求與建成環境 3D 關係 研究地區： 美國加利福尼亞州	■ 迴歸模式：預測 ■ 因素分析：融合變數至三種面向	■ 混合土地使用 ■ 土地使用分區 ■ 商業強度(店家數/面積) ■ 1/4 英里內超商、零售業數 ■ 運輸設施距離	■ 性別 ■ 年齡 ■ 種族 ■ 家戶大小 ■ 家戶所得 ■ 持有駕照 ■ 車輛持有數
Cervero et al. (2009)	研究主題： 5D 建乘環境對步行與自行車之影響 研究地區： 哥倫比亞波哥大	■ 階層非線性模式：預測步行與自行車活動一天是否超過 30 分鐘 ■ 羅吉斯特迴歸模式：預測是否使用自行車道	■ 容積率 ■ 混合土地使用 ■ 自行車設施 ■ 人行設施 ■ 機關店家數目 ■ 運輸設施站數 ■ 運輸設施距離	■ 年齡 ■ 車輛持有數 ■ 自行車持有數 ■ 是否會騎自行車 ■ 教育 ■ 性別 ■ 社會經濟狀況

作者（年代）	研究主題與範圍	研究方法	土地使用解釋變數	人口社會經濟解釋變數
Jiang <i>et al.</i> (2017)	研究主題： 土地使用與街道特性 變數對車輛持有數與 使用之影響 研究地區： 中國山東省濟南市	■ 多項羅吉斯特迴歸模 式： 預測家戶車輛持有數 ■ Double-hurdle 模式：預 測旅次行駛距離	■ 樓地板面積 ■ 建物覆蓋率 ■ 人口密度 ■ 混合土地使用 ■ 便利設施（POI）數 ■ 住房-就業平衡 ■ 土地使用分區 ■ 鄰里區入口數 ■ 家戶停車格	■ 家戶所得 ■ 家戶大小 ■ 家戶就業人口數 ■ 家戶未成年人口數 ■ 家戶老年人口數 ■
Boarnet and Crane (2001)	研究主題： 土地使用對旅運行為 之影響 研究地區： 美國加利福尼亞州	■ 迴歸模式：利用土地變 數與社經變數產生旅次 量 ■ 次序普羅比估計法：處 理離散旅次資訊	■ 人口密度 ■ 路口 1/4 英里內住戶比 ■ 混合土地使用（零售業 比例） ■ 混合土地使用（服務業 比例） ■ 與市中心距離 ■ 住宅比 ■ 商業比 ■ 空地比	■ 性別 ■ 年齡 ■ 種族 ■ 教育程度 ■ 家戶所得 ■ 家戶未成年人口數 ■ 家戶每人車輛持有數 ■ 家戶就業人口數

作者（年代）	研究主題與範圍	研究方法	土地使用解釋變數	人口社會經濟解釋變數
Boarnet and Sarmiento(1998)	研究主題： 土地使用對非工作旅次產生率之影響 研究地區： 美國加利福尼亞州	■ 迴歸模式：利用土地變數與社經變數產生非工作旅次量 ■ 次序普羅比估計法：處理離散非工作旅次 ■ 工具變數：解決內生性誤差	■ 人口密度 ■ 路口 1/4 英里內住戶比 ■ 混合土地使用（零售業比例） ■ 混合土地使用（服務業比例）	■ 性別 ■ 年齡 ■ 種族 ■ 教育程度 ■ 家戶所得 ■ 家戶未成年人口數 ■ 家戶每人車輛持有數 ■ 家戶就業人口數
Ewing <i>et al.</i> (1997)	研究主題： 土地使用影響旅次產生率 研究地區： 美國佛羅里達州	■ ANOVA 分析：分析家戶旅次產生率	■ 人口密度 ■ 住房-就業平衡比	■ 家戶大小 ■ 家戶車輛持有數 ■ 家庭種類
Hu <i>et al.</i> (2016)	研究主題： 土地使用與設施對大眾運輸及都市設計之影響 研究地區： 新加坡	■ Decision Tree 多變量分析：預測大眾運輸搭乘率 ■ Support Vector Regression 多變量分析：預測大眾運輸搭乘率 ■ Item-based Collaborative Filtering 多變量分析：預測大眾運輸搭乘率	■ 土地使用分區 ■ 便利設施（POI）數	----

作者（年代）	研究主題與範圍	研究方法	土地使用解釋變數	人口社會經濟解釋變數
Acheampong and Silva (2015)	研究主題： 土地使用與交通相互作用 （本篇為回顧文獻 Review paper）	----	■ 家庭和企業的位置 ■ 住宅樓地板面積 ■ 就業樓地板面積 ■ 土地價值/租金 ■ 土地使用劃區 ■ 住宅和入住類型 ■ 空置住房 ■ 拆除/再建	■ 人口成長率 ■ 家戶大小 ■ 年齡 ■ 性別 ■ 教育程度 ■ 所得 ■ 車輛持有數 ■ 人口遷移數
黃台生（2009）	研究主題： 都市計畫道路寬度與土地分區建築物使用關係 研究地區： 臺北市	■ 迴歸模式：產生旅次量 ■ 模糊函數：產生旅次量 ■ 灰數機率：產生旅次量	■ 土地使用分區 ■ 面積 ■ 容積率 ■ 各類建物使用樓地板面積	■ 家戶數 ■ 人口數 ■ 所得總額 ■ 所得成長率 ■ 平均家戶所得 ■ 平均個人所得 ■ 自小客車、機車數 ■ 自小客車數、機車成長率 ■ 平均每戶自小客車、機車持有數 ■ 平均每千人自小客車、機車持有數

作者（年代）	研究主題與範圍	研究方法	土地使用解釋變數	人口社會經濟解釋變數
鄭雅潔（2004）	研究主題： 家戶旅次產生統計分析模式之研究 研究地區： 臺北市、新北市、基隆市、桃園市龜山	■ 多元迴歸模式 ■ Poisson 迴歸模式 ■ 負二項迴歸模式 ■ 對數線性模式	----	■ 年齡層人口數 ■ 總工作人口數 ■ 家戶總學生人口數 ■ 年齡層學生人口數 ■ 自小客車車輛持有數 ■ 機車車輛持有數 ■ 自行車車輛持有數
李雪敬（1998）	研究主題： 中小型都市道路雛形規劃案之分析程序 研究地區： 新竹市、桃園市	■ 迴歸模式：產生旅次量	----	■ 就業數人口 ■ 及業數人口

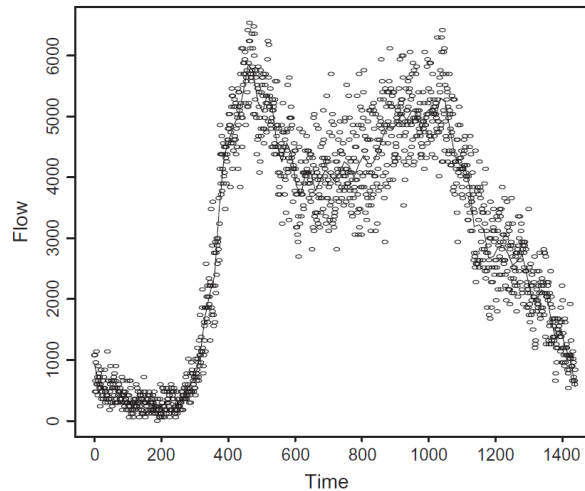
資料來源：本研究整理

2.2 函數型資料分析應用研究

函數型資料分析 (FDA, Functional Data Analysis) 近年常作為分析時間相關資料之研究方法, Ullah and Finch (2013) 回顧 1995 至 2010 年間函數型資料分析相關文獻, 關鍵內容有平滑方法 (Smoothing Technique)、函數型主成分分析 (FPCA, Functional Principal Component Analysis)、集群調整 (Clustering Adjustment)、函數行線性模式 (FLM, Functional Linear Model) 與預測方法, 其發展領域有生物醫藥學、人口統計學、地球科學、氣象學、經濟學、語言學等, 85.7% 的文獻有提及所採用之平滑技術, 其中最熱門方法為 B 樣條法 (B-spline), 60.7% 的文獻使用函數型主成分分析萃取資料, 25% 文獻使用函數型線性模式描述解釋變數與結果之關係, 僅 8.3% 使用函數型資料分析預測時間序列資料, 文獻歸納出函數型資料分析方法在目前研究之應用方向。

Wagner-Muns et al. (2018) 利用 2004 至 2008 年美國明尼蘇達州 I-94 高速公路交通流量資料, 時間單位採用 30 秒一筆資料, 使用函數型資料分析與傳統時間序列預測, 利用函數型主成分分析降低維度來表示其可預測的變化模式, 並產生坐標彼此線性不相關的交通量分佈, 且允許應用單變量預測方法。研究結果顯示其主成分解釋為平假日區別、比平均流量低或高之日、轉移夜間交通量數小時, 該預測方法還可以與現有的動態交通路線系統相結合, 以避開未來交通量大的區域, 更準確的長期交通預測量將產生更好的路線。

Guardiola et al. (2014) 利用 2004 至 2011 年美國明尼蘇達州 I-94 高速公路交通流量資料, 時間單位採用每一分鐘, 使用函數型資料分析, 以 B 樣條 (B-spline) 方法做為基底建立函數, 並採用最小平方法決定基底係數, 以 GCV (Generalized Cross-validation) 準則找尋平滑參數 λ 值得出最佳平滑函數, 如圖 2-3 所示, 將離散分布點藉由基底函數轉換成連續資料。該研究並利用函數型主成分分析降低維度以解釋最大變異, 其主成分解釋為平假日區別、比平均流量低或高之日、轉移夜間交通量數小時, 目的為辨識每日高速公路交通流量資料特性並偵測交通流量改變狀況。



資料來源: Guardiola *et al.* (2014)

圖 2 - 3 原始資料點分布與 B-spline 基底函數型連續曲線圖

Gao & Niemeie (2008) 利用 1997 年美國南加州每日臭氧與氮氧化物循環得知運輸排放狀況，透過函數型資料分析將離散觀察的空氣成分重建為連續性值，使用函數型主成分分析與函數型集群分析，將每小時平均濃度連續化後解釋運輸系統排放狀況。研究結果顯示函數型主成分分析得出的主要影響成分為日間臭氧交通尖峰時刻的變化，其次為日夜對比跟每日離峰時段的波動變化；函數型集群分析利用空間變異、時間變異將各調查點共同特性加以分群，可以分辨出靠近都市地區與靠近海岸迎風地區之調查分類。

Chiou *et al.* (2016) 採用 2011 年台灣國道 5 號 24 小時車輛偵測器資料，使用多變量函數線性迴歸 (mFLR, Multivariate Functional Linear Regression) 分析多變量函數型資料，並使用權重最小平方法估計函數型主成分分數，分別預測巨觀車流模式三要素：流量、速率、密度，使用平均百分比誤差法 (MPE, Mean Percentage Error) 觀察模式結果，將預測軌跡疊加至觀察值並設置預測區間，分別比較早上 8 點與下午 2 點在流量、速率、密度圖之預測結果，可發現隨著時間往後推移，預測區間寬度呈現越窄，原因為蒐集到越多觀察值導致不確定性降低。

Yao & Shen (2017) 利用 2009 年台灣國道 5 號每日交通流量資料發展預測模式，修正函數型集群分析以分辨交通流量縱度資料，估計未來交通流量狀況以因應自動駕駛車趨勢，利用多項羅吉斯迴歸 (Multiclass Logistic Regression Model) 找出相關分群的後驗機率，將訓練資料應用於產生完整交通流量軌跡。研究結果顯示函數型集群分析將交通流量特性分五群，分別為周末、平日與假期最後一天交通流量特性，該實驗方法與先前方法相比減少了 30% 的預測誤差。

游聲德（2016）利用臺灣國道一號高速公路 2006 年事故頻次資料進行函數型資料分析，探討資料的函數型主成分分析、函數型變異數分析並建立函數型線性模式，針對高速公路各路段事故次數一日時間分布進行模化分析。研究結果得出造成事故時間分布變異的主成分為晨峰事故件數增加、昏峰事故件數增加與白天離峰時間事故件數減少；函數型變異數分析結果為曲率因子、車道數因子、固定測速照相因子顯著影響事故時間分布的效果；函數型線性模式分析將事故時間分布以小型車流量、客貨車流量、聯結車流量與重車比例資料進行解釋，結果顯示小型車流量解釋能力最佳。

本小節討論函數型資料分析在交通領域的應用，Wagner-Muns et al. (2018)、Guardiola et al. (2014) 對美國高速公路短期交通流量進行預測研究，Yao & Shen (2017) 研究台灣國道 5 號交通流量曲線，Gao & Niemeie (2008) 將每日臭氧與氮氧化物循環與運輸系統排放關係作比較，游聲德（2016）利用高速公路事故頻次資料時間分布研究。

本小節文獻回顧之函數型資料分析應用研究彙整如表 2 - 2 所示。

表 2-2 函數型資料分析應用研究文獻彙整表

作者（年代）	研究主題與範圍	研究方法	相關變數
Ullah & Finch (2013)	主題： 函數型資料分析應用 （本篇為回顧文獻 Review paper）	■ 函數型主成分分析 ■ 函數型集群分析 ■ 函數行線性分析	■ 應用領域 生物醫藥學、人口統計學、地球科學、氣象學、經濟學
Wagner-Muns <i>et al.</i> (2018)	主題： 高速公路短期交通流量預測研究 地區： 美國明尼蘇達州	■ 函數型主成分分析	■ 主要分析變數 交通流量 ■ 解釋變數 時間 平假日日期（主成分分析）
Guardiola <i>et al.</i> (2014)	主題： 高速公路短期交通流量資料特性與交通流量改變研究 地區： 美國明尼蘇達州	■ 函數型主成分分析	■ 主要分析變數 交通流量 ■ 解釋變數 時間（主成分分析）
Gao & Niemeie (2008)	主題： 運輸系統排放之每日臭氧與氮氧化物循環研究 地區： 美國加州	■ 函數型主成分分析 ■ 函數型集群分析	■ 主要分析變數 臭氧、氮氧化物濃度 ■ 解釋變數 交通流量 時間 地點（集群分析）
Chiou <i>et al.</i> (2016)	主題： 多變量函數型線性迴歸與預測 地區： 台灣	■ 函數型主成分分析 ■ 函數型線性模式	■ 主要分析變數 交通流量 ■ 解釋變數 時間

作者（年代）	研究主題與範圍	研究方法	相關變數
Yao & Shen (2017)	主題：高速公路交通流量曲線研究 地區：台灣	■ 函數型集群分析	■ 主要分析變數 交通流量 ■ 解釋變數 時間 平假日日期（集群分析）
游聲德（2016）	主題：高速公路事故時間分布研究 地區：台灣	■ 函數型主成分分析 ■ 函數型變異數分析 ■ 函數型線性模式 ■	■ 主要分析變數 事故次數 ■ 解釋變數 時間 道路幾何因子（變異數分析） 各車種流量、比例（線性模式）

資料來源：本研究整理

2.3 小結

土地使用與旅運需求文獻資料來源以傳統家戶調查為主，分析單位多為家戶旅次，並且研究皆以一天為基礎之「旅次產生」與「旅次吸引」，屬於較長時間之研究單位，目前較少文獻以信令資料轉換後的旅次量進行分析，且使用小時為較短時間之研究單位。信令資料具有大量、高效率、低成本等特點，資料的客觀性、旅次的時間分布特性為有潛力且待補足之研究缺口，因此本研究以各里做為分析基本單位，由於使用信令資料的起訖點矩陣(O-D matrix)，故以「旅次出發」與「旅次到達」做為應變數名稱，避免與旅次產生吸引矩陣(P-A matrix)定義混淆，參考過去文獻的變數選擇，特別針對各小時的旅次變化量進行模式推估，本研究將使用迴歸模式建構我國土地使用與旅運需求關係，探討臺北市都市計畫區土地使用變數在各時間點之旅次出發與到達關係。

函數型資料分析文獻在交通方面應用大多與車流量有關，橫軸維度皆顯示一日之時間分布，主要使用函數型主成分分析、函數型集群分析與函數型變異數分析，由於國內外文獻較少以旅次數作為縱軸的參考文獻，本研究嘗試使用信令資料來源每小時各里旅次量進行函數型資料分析，將離散的旅次觀察值轉換為連續性質，補足資料缺漏值與不連續狀況，函數型旅次估計模式考慮一天內連續時間的不同變化程度，以期研究內容能解釋一日之中任何時間點之旅次出發與旅次到達狀況。

第三章 研究方法

參考本研究之研究流程與內容，本章將介紹研究方法，主要分為四小節，3.1 小節利用多變量迴歸分析法，以建立土地使用強度與旅運需求之關聯式，藉此推估迴歸模式參數，預測都市計畫區之旅運需求，3.2 小節說明集群分析，目的將特性相似的里分群以供後續旅次計算，3.3 小節為判別分析，用來決定新的觀察里所屬群體並進行旅次計算，3.4 小節使用函數型資料分析，將離散調查資料轉換為連續性資料，其相關內容介紹如下文。

3.1 多變量迴歸分析

本小節根據馮正民與邱裕鈞（2004）說明多變量迴歸分析原理，迴歸分析主要探討兩個或兩個以上自變數對應變數之影響，目的為了解兩種變數之間的關係，利用迴歸分析可以理解此關係之強度，解釋關係具有統計顯著性與否，並且可用來預測應變數。

迴歸分析模式可用下列公式表示：

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \cdots + \beta_m x_m + \varepsilon \quad (3-1)$$

有 n 個樣本資料，可表示為：

$$\begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & \cdots & x_{m1} \\ 1 & x_{12} & \cdots & x_{m2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_{1n} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_m \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{bmatrix} \quad (3-2)$$

$$Y = X \cdot \beta + \varepsilon \quad (3-3)$$

$$[n \times 1] \quad [n \times (m + 1)] \quad [(m + 1) \times 1] \quad [n \times 1]$$

此一迴歸分析模式 $Y = X \cdot \beta + \varepsilon$ 可利用最小平方法求解迴歸係數 β 的數值，藉由使誤差平方和（ESS, error sum of squares）為最小，找出未知係數的數值。

$$\text{Min ESS} = \varepsilon^T \cdot \varepsilon = (Y - X\beta)^T \cdot (Y - X\beta) \quad (3-4)$$

其中， ε^T 為 ε 之轉置矩陣。

迴歸分析模式有以下假設：

1. 自變數係數之正負號與顯著性符合先驗知識
2. 無線性重合問題
3. 誤差項變異數為同質性
4. 無自我相關

5. 誤差項符合常態分配，平均為 0，變異數為 σ^2 之 $N(0, \sigma^2)$

本研究蒐集起訖矩陣資料，欲針對人旅次之出發量與到達量之旅運需求，分別創建小時旅次 24 條多變量線性迴歸式、時段旅次 5 條多變量線性迴歸式與日旅次線性迴歸式，採用 R 軟體之「stats」套件「lm」函數建構模式，將人旅次量作為應變數，利用社會經濟變數、公共運輸以及土地使用變數，找出有統計顯著與解釋程度大的變數與其係數值，參考國內外文獻之變數選擇，決定本研究迴歸模式之解釋變數，旅次估計公式如式（3-5）。

$$Y_t = \beta_{0t} + \beta_{1t}x_1 + \beta_{2t}x_2 + \cdots + \beta_{mt}x_m + \varepsilon_t \quad (3-5)$$

其中：

Y_t ：應變數（人旅次出發量、人旅次到達量）

$X = [x_1 \ x_2 \ \dots \ x_m]$ ：解釋變數（社會經濟、公共運輸、土地使用）

β_{0t} ：截距項

$\beta = [\beta_{1t} \ \beta_{2t} \ \dots \ \beta_{mt}]^T$ ：係數

t：時間（可能為小時、時段或日）

ε_t ：模式之殘差

3.2 集群分析

集群分析 (Cluster Analysis) 目的將資料分成相異性最大的群組，並且要求組間的相似程度最高，集群分析有兩種方法，其一為階層式集群分析法 (Hierarchical Cluster Analysis)，適用於樣本數少時，又分為凝聚階層法 (Agglomerative Hierarchical Methods) 與分割階層法 (Divisive Hierarchical Methods)；另一為非階層式集群分析法，適用於樣本數大的資料，如 200 個以上的樣本，以 K 組平均法 (K-Means) 最常被使用，需決定事先集群數目以進行分群，根據本研究資料數量與特性較適合使用 K-Means 方法。

本研究使用 R 軟體之「stats」套件「kmeans」函數，嘗試不同群組數(K=2~10)之分群結果，最後決定 K 為 5，將 442 個里分成 5 群較能顯現群組間差異，本小節主要針對 K-Means 方法進行說明，根據 Sharma (1996) 與林震岩 (2007)，非階層式 K-Means 集群分析法有以下步驟：

1. 選擇分群變數與分群數目

觀察值進行屬性分群的依據為所選擇的變數，並且需決定 K 個分群數目，生成 K 個初始集群的形心 (centroids) 或種子點 (seeds)。

2. 計算相似性

相似性反應觀察值間的密切程度，需計算每個觀察樣本到各集群形心的距離，距離越近代表兩者越密切，觀察樣本若為等比尺度，適用歐基里德直線距離 (Euclidean Distance)，公式如下：

$$\text{Distance}(X,Y)=\sqrt{\sum_i(X_i - Y_i)^2} \quad (3-6)$$

3. 進行集群

將每一個觀察樣本分派到距離最近的集群，根據事先假定的調整規則，重新分配或重新配置每一個觀察樣本到 K 組集群之中，如果重新分配資料點能滿足調整規則條件，則重複步驟直到資料點無法重新配置。

4. 解釋集群

運用集群分析技術得到分群結果後，集群結果的解釋與命名由人工處理。

3.3 判別分析

判別分析 (Discriminant Analysis) 由一個分類變數 (Grouping Variable) 作為應變數，以及多個計量的判別變數 (Discriminant Variable) 建構出判別函數，目的為建立分類變數與其他判別變數間的對應關係，將事先已分類好的觀察值求出判別函數，利用判別函數將新的分類未知觀察值進行歸類。

林震岩 (2007) 說明判別分析與迴歸分析的異同，兩者皆可用來預測且自變數皆為計量尺度，最大的差異在於應變數的尺度不同，迴歸分析的應變數為計量尺度，而判別分析的應變數為名目尺度，其數學式如下：

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \cdots + \beta_m x_m + \varepsilon \quad (3-7)$$

其中：

Y：判別函數值 (Discriminant Function Value)

又名判別分數 (Discriminant Score)

$X = [x_1 \ x_2 \ \dots \ x_m]$ ：判別變數

β_0 ：截距項，

$\beta = [\beta_{1t} \ \beta_{2t} \ \dots \ \beta_{mt}]^T$ ：判別係數 (Discriminant Coefficient)

ε ：模式之殘差

判別函數的 y 不是原始輸入名目應變數之估計值，輸出的 y 為計量變數以代表在空間上的座標值；判別分析函數往往不只有一個，會隨應變數群組數上升而增加；郭志剛 (2005) 指出判別分析有以下假設：

1. 一個判別變數不能為其他判別變數的線性組合，須避免複共線性問題 (Multi-Collinearity)
2. 各類組間的組內變異數-共變異數矩陣應相等，又名共變異數矩陣相等的均值性假設
3. 各組判別變數之間具有多變量常態分配

本研究欲將土地變更後里重新決定所屬群體，採用 R 軟體之「MASS」套件「lda」函數，根據新的里特性進行分群，以建成環境資料作為判別變數，利用判別函數值以決定所屬群體，使用 Bayes 方法考量群組內樣本數不同，與總體各自出現的機率大小有關，利用先驗機率求出後驗機率。

3.4 函數型資料分析

本小節主要介紹函數型資料分析研究方法，參考 Ramsay et al. (2009) 函數型資料分析介紹，本研究使用 R 軟體之「fda」套件處理資料，目的將離散資料轉換為連續函數進行分析。本小節內容共分為 3 個部分，3.2.1 函數型基本分析說明函數型原理，3.2.2 函數型主成分分析使用主成分觀察資料特性，3.2.3 函數型線性模式分析不同變數對旅次的影響。

3.4.1 函數型基本分析

欲使用函數型資料作為分析來源，必須先將一般離散型資料做轉換，依序為以下步驟：

1. 建立基底函數 (Basis Function)

為了將各個離散觀察點轉換為連續型態需使用函數表示，此函數利用基底函數進行堆疊，由於本研究資料單位為一天各小時旅次變化，研究期間短而沒有明顯週期性，故使用無週期 B 樣條 (B-spline) 基底線性組合，採用階序 (Order) 為 6，橫軸研究範圍為 24 小時，根據 Ramsay et al. (2009) 基本法則，端點資料因為參考值不足，為避免觀察值的兩端點資料影響，基底數為階序數加橫軸範圍減 2，故本研究採用基底數為 28，本研究使用之基底函數如圖 3 - 1 所示。

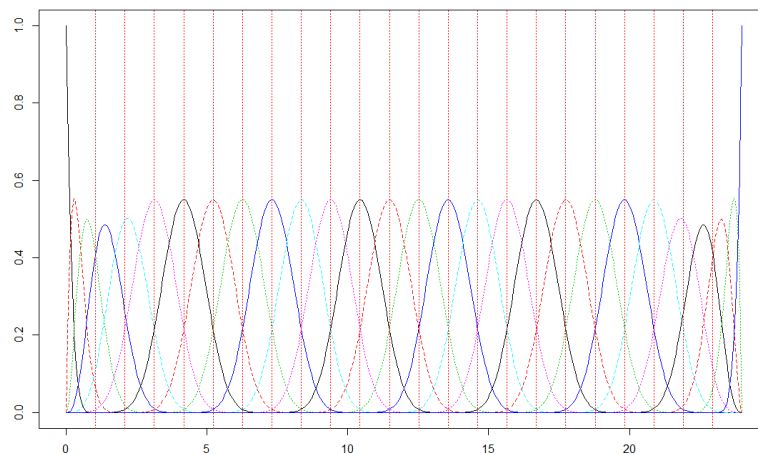


圖 3 - 1 本研究採用之基底函數圖

2. 決定基底平滑函數係數

利用迴歸分析最小化誤差平方和方法，其一般式如式 (3-8)，將平滑函數 x 以基底函數展開形式帶入最小平方估計式，得到公式 (3-9)，並使向量 y 包含 n 個值、向量 ε 包含相對應的殘差值，用 k 乘 n 的矩陣 Φ 包含基底函數值 $\phi_k(t_j)$ ，可得式 (3-10)，而最小平方估計之向量 $\mathbf{c}$ 的係數為式 (3-11)。

$$\text{SEE}(x) = \sum_j^n [y_j - x(t_j)]^2 \quad (3-8)$$

$$\text{SEE}(\mathbf{c}) = \sum_j^n [y_j - \sum_k^K c_k \phi_k(t_j)]^2 = \sum_j^n [y_j - \phi(t_j)' \mathbf{c}]^2 \quad (3-9)$$

$$\mathbf{y} = \Phi \mathbf{c} + \varepsilon \quad (3-10)$$

$$\hat{\mathbf{c}} = (\Phi' \Phi)^{-1} \Phi' \mathbf{y} \quad (3-11)$$

3. 加入粗糙度懲罰

在誤差平方和項考慮粗糙度懲罰 (Roughness Penalty)，其配適準則為式 (3-12)，以基底函數展開形式 $x(t) = \mathbf{c}' \phi(t) = \phi'(t) \mathbf{c}$ 帶入可得式 (3-13)，定義 K 階對稱粗糙度懲罰矩陣為式 (3-14)，因此矩陣代數係數估計式為式 (3-15)，利用 GCV (Generalized Cross-Validation) 尋找平滑參數 λ 值，如式 (3-16)。

$$\mathbf{F}(\mathbf{c}) = \sum_j [y_j - x(t_j)]^2 + \lambda \int [Lx(t)]^2 dt \quad (3-12)$$

$$\mathbf{F}(\mathbf{c}) = \sum_j [y_j - \phi'(t_j) \mathbf{c}]^2 + \lambda \mathbf{c}' [\int \mathbf{L} \phi(t) \mathbf{L} \phi'(t) dt] \mathbf{c} \quad (3-13)$$

$$\mathbf{R} = \int \phi(t) \phi'(t) dt \quad (3-14)$$

$$\hat{\mathbf{c}} = (\Phi' \Phi + \lambda \mathbf{R})^{-1} \Phi' \mathbf{y} \quad (3-15)$$

$$\text{GVC}(\lambda) = \left(\frac{n}{n - df(\lambda)} \right) \left(\frac{\text{SEE}}{n - df(\lambda)} \right) \quad (3-16)$$

3.4.2 函數型主成分分析

函數型主成分分析目的為解釋函數型資料之主要、次要變異量，藉由求出權重函數（Weight Function） ζ ，可使式（3-17）試驗值（Probe score） ρ 擁有最大的可能變異， μ 與 ζ 分別為最大特徵值（Eigenvalue）與特徵函數（Eigenfunction）， ρ 的最大變異與 ζ 關係如式（3-18）所示，並且在數學計算上限制權重函數 ζ 積分為1，符合式（3-19）。故利用函數型主成分分析，解釋本研究之旅次時間分布情況之變異。

$$\rho_{\xi}(x_i) = \int \xi(t)x_i(t)dt \quad (3-17)$$

$$\mu = \text{Max}_{\xi} \left\{ \sum_i \rho_{\xi}^2(x_i) \right\} \quad (3-18)$$

$$\int \xi^2(t)dt = 1 \quad (3-19)$$

3.4.3 函數型線性迴歸模式

函數型線性迴歸模式為一般線性迴歸模式之延伸，因資料為連續函數型態，故以函數線性模式方法做分析，依據資料的應變數與解釋變數種類，可再細分為以下三種類型：

- （1）應變數為純量（Scalar），解釋變數為函數型態
- （2）應變數為函數型態，解釋變數為純量
- （3）應變數與解釋變數皆為函數型態

本研究應變數為一天 24 小時之旅次資料，故應變數以函數型態呈現，所蒐集之解釋變數為不隨時間改變的純量，故適用於種類（2）的方法，根據本研究資料種類，可進行兩種面向之函數單變量分析（fANOVA, Functional Analysis of Variance），分別敘述如下：

1. 社會與建成環境變數

如公式 (3-20) 所示，其解釋變數為相關社會經濟與土地使用，以該變數平均值為界，分為高低兩群體， i 為 1,2 代表為高群體或低群體， j 為不同里樣本， $y_{ij}(t)$ 為在時間點 t 的 i 群體 j 里的函數型旅次， $\mu(t)$ 為總體平均截距， $\alpha(t)$ 為高群體平均與低群體平均的差異， β_{ij} 為係數， $\varepsilon_{ij}(t)$ 為殘差項表達模式無法解釋之變異。限制式 (3-21) 與 (3-22) 代表限制影響效果範圍，高低群效果加總分別為 0 可使平均截距有唯一解，讓不同里有相同的比較基準。

$$y_{ij}(t) = \mu(t) + (-1)^i \alpha(t) + \beta_{ij}(t) + \varepsilon_{ij}(t) \quad (3-20)$$

$$\sum_j \beta_{1j}(t) = 0 \quad (3-21)$$

$$\sum_j \beta_{2j}(t) = 0 \quad (3-22)$$

2. 區變數

解釋變數可依據所屬區分類，並解觀察不同地區 24 小時的旅次效果，如公式 (3-23) 其中 i 為各里樣本， j 代表不同區， t 為時間， $y_i(t)$ 為在時間點 t 的 i 里的函數型旅次， $\beta_0(t)$ 為截距項， x_{ij} 為二元變數 1,0 代表里是否隸屬於該區，為 $\beta_j(t)$ 為係數， ε_{ij} 為殘差項表達模式無法解釋之變異。限制式 (3-24) 識別在 12 個區中的特定影響效果範圍，使平均截距有唯一解，讓不同區有相同的比較基準。

$$y_i(t) = \beta_0(t) + \sum_{j=1}^{12} x_{ij} \beta_j(t) + \varepsilon_i(t) \quad (3-23)$$

$$\sum_{j=1}^{12} \beta_j(t) = 0, \forall t \quad (3-24)$$

第四章 資料蒐集與基本統計分析

本章說明蒐集資料處理與基本統計分析，根據資料種類分為四部分，4.1 手機信令旅次資料、4.2 人口社會經濟資料、4.3 公共運輸資料、4.4 土地使用資料，本研究蒐集臺北市之手機信令旅次資料作為應變數，利用人口社會經濟資料、公共運輸資料與土地使用資料作為解釋變數。

本研究蒐集資料種類與細項統整如表 4-1，並進一步對資料進行統計分析，說明臺北市各種資料狀況與基本特性，包含最大值、最小值、平均值、標準差等，利用上述資料建立社會經濟、公共運輸與土地使用之關聯分析。

表 4-1 資料蒐集與定義總表

變數種類		變數名稱	變數定義	單位
應變數		旅次出發量	各里各小時旅次出發量	個
		旅次到達量	各里各小時旅次到達量	個
解釋變數	社會經濟	里人口數	各里總人口數	人
		里就業人口數	各里工作人數	人
		里平均每人薪資所得	各里平均每人一年薪資所得總額	千元
		里未成年人口比例	各里 0~17 歲人口佔該里總人口比例	比例
		里壯年人口比例	各里 18~64 歲人口佔該里總人口比例	比例
		里老年人口比例	各里 65 歲以上人口佔該里總人口比例	比例
		區成年人自用小客車持有率	各區 18 歲以上人口持有自小客車車輛比例	輛/人
		區成年人機車持有率	各區 18 歲以上人口持有機車車輛比例	輛/人
		區公司登記數	各區公司登記數	間
	公共運輸	公共自行車站數	各里所包含公共自行車站數	站
		公車站數	各里所包含公車站數	站
		捷運站距離	里中心點至附近捷運站最短距離	公尺
		火車站距離	里中心點至附近火車站最短距離	公尺

變數種類		變數名稱	變數定義	單位
解釋變數	土地使用	總樓地板面積	各里所有樓地板面積	平方公尺
		商業區樓地板面積比例	各里商業區樓地板面積占總樓地板面積之比例	比例
		純住宅區樓地板面積比例	各里純住宅區樓地板面積占總樓地板面積之比例	比例
		混合使用住宅區樓地板面積比例	各里混合使用住宅區樓地板面積占總樓地板面積之比例	比例
		政府機關樓地板面積比例	各里政府機關樓地板面積占總樓地板面積之比例	比例
		文教區樓地板面積比例	各里文教區樓地板面積占總樓地板面積之比例	比例
		公園綠地用地面積比例	各里公園綠地用地面積占總樓地板面積之比例	比例

4.1 手機信令旅次資料

隨著科技進步智慧型手機普及化，手機信令資料近年成為旅次分析新興資料來源，有別於傳統旅次調查訪問資料，更能客觀地真實呈現民眾旅次分布，減少受訪回答偏誤，如低估旅次數及忽略夜間旅次等，且手機信令資料有蒐集成本低、樣本數多等優點，故本研究以手機信令資料作為分析，利用手機信令資料所計算出的各里起訖旅次，作為應變數。

信令旅次資料源自手機 CEM (Customer Experience Managemen) 資料，利用基地台之三角定位以確定使用者所在網格，並依據里分界將網格轉換為各里各小時之旅次量。旅次量定義邏輯為用戶於一定點(起點)停留 20 分鐘以上，移動到下個定點(訖點)也停留 20 分鐘以上的數量，所對應時間為離開前定點(起點)的時間，本研究資料為起訖點(O-D)，為避免與旅次產生與旅次吸引(P-A)之定義混淆，將手機信令「起點資料」作為「旅次出發」、「訖點資料」作為「旅次到達」。

本研究欲建構交通需求估計模式，以各里旅次起訖點做為交通需求分析，蒐集我國 2018 年 5 月 21 日至 2018 年 5 月 27 日手機信令資料，蒐集範圍為臺北市每天每小時各里之間的起訖資料，該信令資料包含縣市、區與里之起訖點名稱與發生之旅次，並將旅次發生年齡分為 3 個層級，分別為未滿 18 歲、18 至 64 歲、65 歲以上。

將手機信令資料之手機使用者登記居住地、性別及年齡，以內政部統計處人口統計資料居住地、性別及年齡進行對比，放大倍率來自於同條件下兩處統計數量之比例，將手機信令樣本旅次乘以放大倍率進行放大，如手機信令資料在 A 村 18~64 歲年齡層級共有 400 人，根據內政部統計 A 村 18~64 歲年齡層級共有 800 人，故該里該年齡層放大倍率為 2，手機信令資料型態如下表 4-2 所示。

表 4-2 手機信令資料範例列表

欄位	欄位意義	範例
start_date	旅次發生日期	2018-05-22
travel_hour	旅次發生小時	16
o_c_name	起點縣市市名	臺北市
o_t_name	起點區名	松山區
o_v_name	起點里名	莊敬里
d_c_name	訖點縣市市名	臺北市
d_t_name	訖點區名	士林區
d_v_name	訖點里名	仁勇里
age_group	年齡級距	18-64
enl_od_ct	放大後旅次數	300

為避免在小時旅次數量較少時知道特定使用者個資，信令資料將放大後旅次數小於 5 者以 2.5 個旅次代替，清晨小時容易有 2.5 個旅次的紀錄，起訖點資料中最多有 6 個里有 2.5 個旅次、最少 0 個里有 2.5 個旅次；信令資料同時存在遺漏值，台北市 456 個里有 9 個里 24 時完全沒資料，其餘里在某些特定小時存在遺漏值，這些特定小時存在遺漏值的里，使用填補方法補齊資料以進行後續分析。信令資料 2.5 個旅次與遺漏值筆數資料在起點（旅次出發）與訖點（旅次到達）如表 4-3 所示。

表 4-3 信令資料 2.5 個旅次與遺漏值筆數資料

	時間	0~1	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~7	7~8	8~9	9~10	10~11	11~12	12~13	13~14	14~15	15~16	16~17	17~18	18~19	19~20	20~21	21~22	22~23	23~24
2.5 個旅次筆數	旅次出發	2	3	4	5	4	2	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	旅次到達	2	1	3	6	4	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	2
遺漏值筆數	旅次出發	19	24	26	29	23	15	9	9	9	9	10	11	9	9	9	10	9	9	11	9	9	10	12	10
	旅次到達	15	16	21	35	28	17	12	11	9	12	10	10	10	10	9	9	10	10	9	10	9	9	10	12

手機信令旅次資料統計分析部分，以旅次出發與旅次到達討論臺北市平日之狀況，說明最大值、最小值發生時間與地點，以及利用平均值、標準差數值瞭解旅次分布情況，各類變數統計分析詳述如下：

● 旅次出發分析

以平日星期一到星期五為範圍進行分析，臺北市最高者為臺北市中正區黎明里有 14,210.6 個旅次，最低者為數個里凌晨有 2.5 個旅次，平均值為 415.8 個旅次，標準差為 607.29。

將所有里的旅次出發資料用盒鬚圖（Box Plot）表示於圖 4 - 1，可發現旅次的分布差異非常大，各小時中位數大約低於 1000，但某些里卻超過 10,000 旅次，資料數量主要集中於旅次較低處，呈現右偏狀態。

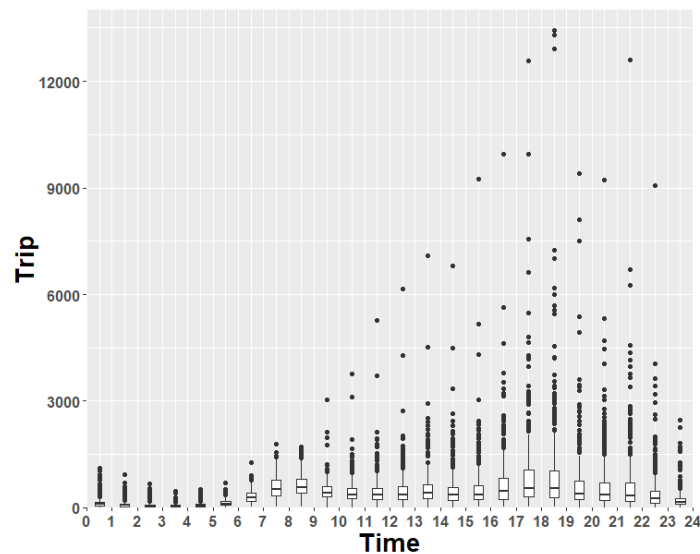


圖 4 - 1 旅次出發-各小時旅次盒鬚圖

● 旅次出發比較

以臺北市松山區松基里與士林區蘭雅里平日旅次出發比較圖為範例，圖 4 - 2 比較兩個不同特性的里在平日的旅次出發狀況，橫軸為一日 24 小時，縱軸為該里之旅次出發數，松山區松基里以實線表示，士林區蘭雅里以虛線表示。

臺北市松山區松基里坐落於復興北路，臨捷運中山國中與捷運南京復興站，附近有銀行商業大樓等建物，商業區樓地板面積比例為 57.1%，可以發現旅次出發尖峰出現於 18~19 點之間，在下午傍晚有較多旅次，為商業區下班時間時間，民眾陸續離開該區導致旅次出發；臺北市士林區蘭雅里則屬住宅區居多，純住宅區樓地板面積比例為 58.4%，旅次出發尖峰發生於 8~9 點間，為一般通學勤民眾出門上班時間，故比其他時段旅次出發較高且集中。

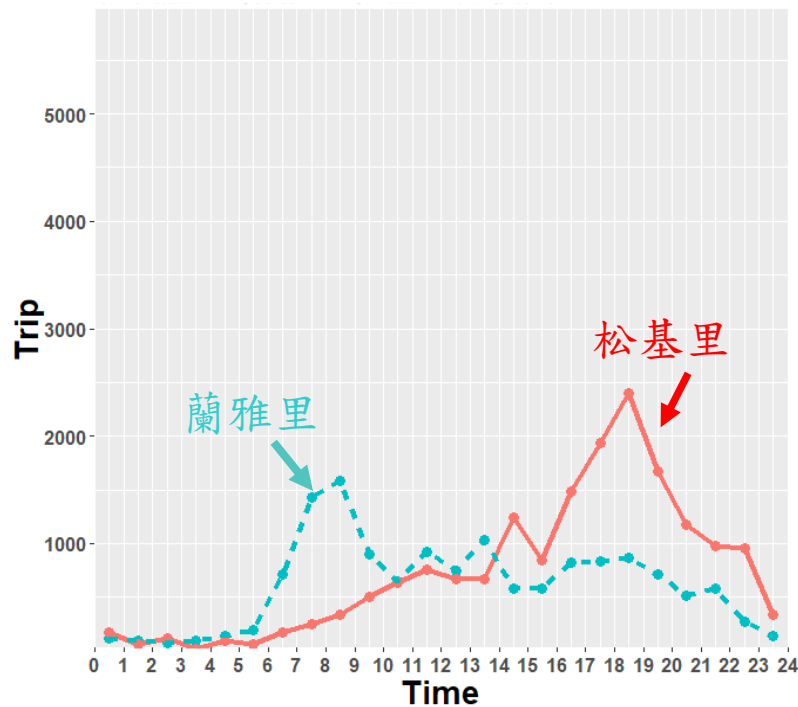


圖 4 - 2 平日旅次出發比較圖

● 旅次到達分析

以平日星期一到星期五為範圍進行分析，臺北市最高者為內湖區港墘里於星期二上午八點有 12,092.3 個到達旅次，最低者為數個里凌晨有 2.5 個旅次，平均值為 416.1 個旅次，標準差為 577.32。

將所有里的旅次到達資料用盒鬚圖（Box Plot）表示於圖 4 - 3，可發現旅次的分布差異非常大，各小時中位數大約低於 1000，但某些里卻超過 10,000 旅次，資料數量主要集中於旅次較低處，呈現右偏狀態。

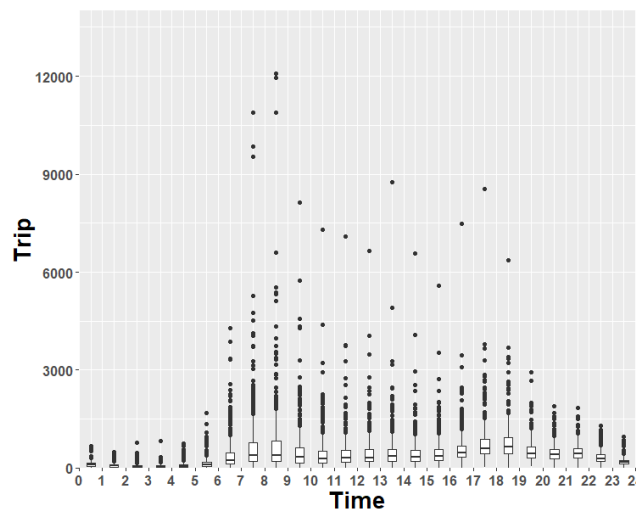


圖 4 - 3 旅次到達-各小時旅次盒鬚圖

● 旅次到達比較

以臺北市松山區松基里與士林區蘭雅里平日旅次到達比較圖為例，圖 4 - 4 比較兩個不同特性的里在平日的旅次到達狀況，橫軸為一日 24 小時，縱軸為該里之到達旅次數，松山區松基里以實線表示，士林區蘭雅里以虛線表示。

臺北市松山區松基里坐落於復興北路，臨捷運中山國中與捷運南京復興站，附近有銀行商業大樓等建物，提供就業機會與經濟活動，可以發現旅次到達尖峰於上午 8~9 點時段，為該商業區上班時間，故有較高旅次到達數；臺北市士林區蘭雅里則屬住宅區居多，旅次到達尖峰發生於 17~18 點，其次為 21~22 點，為一般通學勤民眾下班回家時間，故有比其他時段更高的旅次到達。

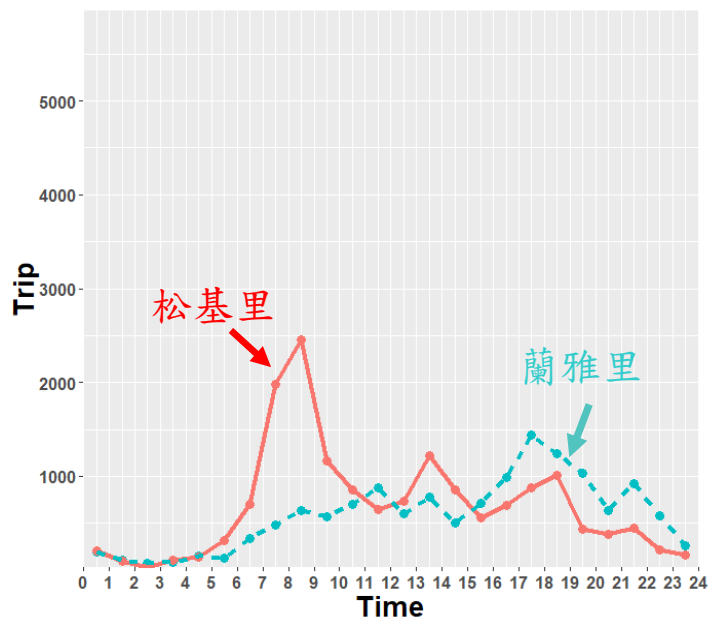


圖 4 - 4 平日旅次到達比較圖

本研究使用手機信令放大後里旅次資料進行分析，使用樣本放大方法作為代表該里母體實際旅次資料，統整上述手機信資料基本統計分析，介紹各類變數之最大值、最小值出現區域，與變數之平均值、標準差，基本統計分析比較總表歸納如表 4 - 4 所示。

表 4 - 4 手機信令資料統計分析表

應變數	最大值	最小值	平均值	標準差
旅次出發	14,210.60	2.50	415.80	607.29
旅次到達	12,092.30	2.50	416.10	557.32

由於各里的旅次變化大，使用 Z-value 判斷旅次出發與旅次到達的離群值，前 5 個里尖峰小時 Z-value 約在 4~10 左右且一半以上的小時中皆為離群值，故不納入考慮，篩除的里數占總樣本資料 1%，包含：台北車站所在地中正區黎明里、內湖科學園區所在地內湖區湖元里及港墘里、信義計畫區所在地信義區西里及興雅里。

4.2 人口社會經濟資料

根據文獻回顧，人口社會經濟資料為旅次之重要解釋變數，若該區人口數眾多且社會經濟富庶繁榮，該區會促使較多經濟活動與休閒活動，影響衍生需求之交通旅次多寡。

本研究人口社會經濟資料來源為臺北市民政局、財政資訊中心與政府資料開放平台，蒐集臺北市 12 個區 456 個里之人口社會經濟統計資料作為里間起訖旅次解釋變數，相關解釋變數詳述如下：

● 里人口數

里人口數是指該里內所有的人口數，人口數可代表該里的特性，人口數越高的地方顯示該地區社經濟活動越頻繁，因活動需求而有較多的交通旅次總數，為交通旅次重要的人口社會經濟解釋變數。

在里人口數變數基本統計分析方面，臺北市最高者為內湖區五分里 11,901 人，最低者為文山區老泉里 981 人，平均值為 5,884 人，標準差為 2,059.50。

● 里就業人口數

里就業人口數是指該里內所有的勞動工作人數，就業人口數的多寡受整體經濟發展影響，就業人口數因特定時間通勤有較固定的旅次特性，就業人口數地區分布將影響里的旅次。

里就業人口數變數基本統計分析方面，臺北市最高者為內湖區五分里 6,508 人，最低者為文山區老泉里 494 人，平均值為 3,078 人，標準差為 1,104.37。

● 里平均每人薪資所得

里平均每人薪資所得代表該里人口平均所得情況，顯示該里總體富裕程度，當富裕程度較高時，越容易持有視為正常財的汽機車，且因消費能力提升也會導致較多活動需求旅次。

里平均每人薪資所得變數基本統計分析方面，臺北市最高者為內湖區寶湖里 539.28 千元，最低者為文山區老泉里 130.32 千元，平均值為 285.70 千元，標準差為 68.33。

● 里未成年人口比例

里未成年人口比例代表該里 0~17 歲人口占總人口年齡結構的百分比，該年齡結構未持有駕照在自主運輸上較弱勢，仰賴家長接送或搭乘公共運輸，且大多為學生，旅次特性與通學與補習時間高度相關。

里未成年人口比例變數基本統計分析方面，臺北市最高者為中正區建國里占 29%，最低者為士林區陽明里占 10%，平均為 16%，標準差為 4%。

● 里壯年人口比例

里壯年人口比例代表該里 18~64 歲人口占總人口年齡結構的百分比，該年齡結構為壯年人口，持有駕照與汽機車且有較高的自主運輸能力，為社會經濟勞動生產、消費主力，有較高的通勤工作旅次與消費旅次，該年齡結構旅次特性依工作性質有較相近的晨昏峰型態。

里壯年人口比例變數基本統計分析方面，臺北市最高者為內湖區內湖里占 74%，最低者為大安區龍門里占 58%，平均為 67%，標準差為 3%。

● 里老年人口比例

里老年人口比例代表該里 65 歲以上人口占總人口年齡結構的百分比，老年人口在自主運輸方面較弱勢，部分需仰賴公共運輸或親友接送，且多數為退休人口，故旅次時間分布較廣且有彈性。

里老年人口比例變數基本統計分析方面，臺北市最高者為大安區昌隆里占 27%，最低者為內湖區明湖里占 7%，平均為 17%，標準差為 3%。

● 區成年人自用小客車持有率

區成年人自用小客車持有率係該區自用小客車車輛登記數與成年人數之比例，由於自用小客車車輛登記數的最小統計單位為區，故僅能以區成年人自用小客車持有率作為解釋變數，本研究以持有率進行解釋，以顯現各區每人可駕駛的小客車車輛資源。

區成年人自用小客車持有率變數基本統計分析方面，臺北市最高者為內湖區 0.3172 輛/人，最低者為萬華區 0.1994 輛/人，平均值為 0.2697 輛/人，標準差為 0.0284。

● 區成年人機車持有數

區成年人機車持有率係該區機車車輛登記數與成年人數之比例，由於機車車輛登記數的最小統計單位為區，故僅能以區成年人機車持有率作為解釋變數，本研究以持有率進行解釋，以顯現各區每人可駕駛的機車車輛資源。

區成年人機車持有率變數基本統計分析方面，臺北市最高者為萬華區 0.5365 輛/人，最低者為大安區 0.2955 輛/人，平均值為 0.4276 輛/人，標準差為 0.0662。

● 區公司登記數

區公司登記數可以代表該地區之活動發展程度熱絡與否，公司登記數包含及業人數的意義，代表會在該地上下班的人潮，可以得知旅運需求活動情形，藉此推估旅次出發與旅次到達。

區成年人機車持有率變數基本統計分析方面，臺北市最高者為中山區 36,473 間，最低者為南港區 4,865 間，平均值為 15,459.10，標準差為 10,102.39。

有鑑於資料取得來源與統計方式，本研究共蒐集區及里兩種不同層級的資料，區層級資料種類較多但較粗略，里層級資料種類較少但較細緻，本研究以里資料為主、區資料為輔，研究所使用的人口社經變數、層級、變數名稱、變數定義及變數單位整理如表 4-5 所示。

表 4-5 社會經濟變數說明列表

層級	變數名稱	變數定義	單位
里層級	里人口數	各里總人口數	人
	里就業人口數	各里家戶數*平均每戶工作人數	人
	里平均每人薪資所得	各里平均每人薪資所得總額	千元
	里未成年人口比例	各里 0~17 歲人口佔該里總人口比例	比例
	里壯年人口比例	各里 18~64 歲人口佔該里總人口比例	比例
	里老年人口比例	各里 65 歲以上人口佔該里總人口比例	比例
區層級	區成年人自用小客車持有率	各區持有自小客車車輛數/各區成年人數	輛/人
	區成年人機車持有率	各區持有機車車輛數/各區成年人數	輛/人
	區公司登記數	各區公司登記數	間

將臺北市 12 個區 456 個里之人口社經濟資料進行基本統計分析，介紹各類變數之最大值、最小值出現區域，與變數之平均值、標準差，比較總表歸納如表 4 - 6 所示。

表 4 - 6 社會經濟資料統計分析表

解釋變數	最大值	最小值	平均值	標準差
里人口數（人）	11,901	981	5,884	2,059.50
里就業人口數（人）	6,508	494	3,078	1,104.37
里平均每人薪資所得 （千元）	539.28	130.32	285.70	68.33
里未成年人口比例	29%	10%	16%	4%
里壯年人口比例	74%	58%	67%	3%
里老年人口比例	27%	7%	17%	3%
區成年人自用小客車持有率 （輛/人）	0.3172	0.1994	0.2697	0.0284
區成年人機車持有率 （輛/人）	0.5365	0.2955	0.4276	0.0662
區公司登記數（間）	36,473	4,865	15,459.10	10,102.39

4.3 公共運輸資料

公共運輸系統與都市型態、人口數、土地使用相關，根據交通部 105 年運具次數交叉表，臺北市公共運輸市占率為 42.8%，公共運輸建設為全台最完善，因此公共運輸建設為本研究旅次分析重要解釋變數之一，公共運輸又可細分為公共自行車、公車、捷運、火車四項。

本研究公共運輸資料取得來源為公共運輸整合資訊流通服務平臺、政府資料開放平台，蒐集公共自行車、公車、捷運、火車之站點位置資料，使用 QGIS 軟體得出臺北市各里所擁有站點數以及與公共運輸站點距離，作為各里公共運輸程度之解釋變數，解釋變數詳述如下：

● 公用自行車站數

公用自行車站數代表該里內所擁有之公用自行車（YouBike）站數，提供短程運輸服務，本研究蒐集 2018 年所有公用自行車站資料，分析站點位置資料探討與各里旅次多寡關係是否明顯。

公用自行車站數部分，臺北市最高者為信義區西里 6 站公用自行車站，最低者為萬華區榮德里等 169 個里沒有任何公用自行車站，各里平均值為 0.88 站，標準差為 0.95。

● 公車站數

該里內所擁有之公車站數影響該里起訖旅次，當市區公車各路線的站數越多，可提供較健全的路網規模，提高服務水準促使民眾搭乘，藉由使用公車以滿足各種活動旅次，本研究蒐集 2018 年所有營運之路線公車站資料，分析站點位置資料以解釋各里旅次多寡。

公車站數部分，以某公車路線、某方向、某站牌視為一公車站，臺北市最高者為內湖區湖元里站公車站，最低者為北投區尊賢里等 5 個里沒有任何公車站，各里平均值為 65.87 站，標準差為 71.25。

● 捷運站距離

該里距離捷運站之最短距離影響該里旅運需求，捷運站可提供便捷交通服務，更容易往返其他地區進行活動，通學、通勤與其他活動旅次較容易發生，故蒐集 2018 年 117 站營運站資料，分析站點位置與里界圖關係，計算里中心位置與捷運站之距離。

捷運站距離變數採用里中心至最近的捷運站點距離，臺北市距離最長者為士林區菁山里 7222 公尺，距離最短者為內湖區西湖里 43 公尺，里平均值為 801 公尺，標準差為 834。

● 火車站距離

該里距離火車站之最短距離影響該里旅運需求，火車站可提供便捷交通服務，甚至進行跨縣市活動，通學、通勤與其他活動旅次較容易發生，故蒐集 2018 年 117 站營運站資料，分析站點位置與里界圖關係，計算里中心位置與火車站之距離。

火車站距離變數採用里中心至最近的捷運站點距離，臺北市距離最長者為北投區湖田里 14,790 公尺，距離最短者為大同區建明里 230 公尺，里平均值為 3687 公尺，標準差為 2774。

針對以上所蒐集之公共運輸資料，變數名稱、變數定義及變數單位整理如表 4-7 所示。

表 4-7 公共運輸變數說明列表

變數名稱	變數定義	單位
公共自行車站數	各里所包含公共自行車站數	站
公車站數	各里所包含公車站數	站
捷運站距離	里中心點至附近捷運站最短距離	公尺
火車站距離	里中心點至附近火車站最短距離	公尺

將公共運輸資料進行基本統計分析，說明各類變數最大值、最小值出現區域，與變數之平均值、標準差，比較總表歸納如表 4-8 所示。

表 4-8 公共運輸資料統計分析表

解釋變數	最大值	最小值	平均值	標準差
公用自行車站數（站）	6	0	0.88	0.95
公車站數（站）	593	0	65.87	71.25
捷運站距離（公尺）	7,222	43	801	834
火車站距離（公尺）	14,790	230	3,687	2,774

4.4 土地使用資料

根據 2.1 節土地使用與旅運需求參考文獻，土地使用資料為旅次分析需考量之重要解釋變數，不同的土地使用分區狀況會導致不同的社會經濟活動，這些活動的交通需求旅次有不同的特性，如發生時間、活動年齡層、旅次量等，故利用各里土地使用資料作為里旅次分析之解釋變數。

本研究採用內政部國土測繪中心 107 年 1 月 24 日更新版國土利用調查成果資料，以及內政部營建署城鄉發展分署 106 年都市計畫使用分區圖，藉由國土利用調查成果資料得知不同土地利用面積，並參考都市計畫使用分區圖之法定容積率，作為創建土地使用變數之原始資料。

因研究範圍最小單位為里，將上述兩種資料搭配內政部國土測繪中心之里界圖，作為土地變數研究空間單位劃分依據，以「ArcGIS」軟體進行地理資訊系統疊圖分析，因台北市範圍皆為都市計畫區，計算方法為土地利用面積乘上都市計畫法定容積率，得出各土地使用分區之樓地板面積與總樓地板面積，並轉換為不同土地使用之樓地板面積比例，做為解釋變數以分析旅次變化量，各類土地使用分區變數詳述如下：

● 總樓地板面積

土地使用變數中總樓地板面積反應該里的發展程度，樓地板面積的改變會影響該地的活動發生，進而影響旅運需求，利用總樓地板面積可觀察該里的土地運用量與經濟活動。

在總樓地板面積變數基本統計分析方面，臺北市最高者為南港區中南里 3,638,982.53 平方公尺，最低者為士林區平等里 11,173.44 平方公尺，平均值為 370,133.13 平方公尺，標準差為 362,386.41。

● 商業區樓地板面積比例

商業區容易出現工作或購物旅次，因臺北市建物大多為高樓層，需同時考量使用地面積與樓層數，計算各里總樓地板面積數，作為分析旅次的解釋變數，觀察影響旅次的顯著程度。

在商業區樓地板面積比例變數基本統計分析方面，臺北市最高者為內湖區湖元里（內湖科學園區）81.16%，最低者為信義區大仁里（廣慈博愛院）<0.01%，平均值為 12.10%，標準差為 13.70%。

● 住宅區樓地板面積比例

各里純住宅區多寡影響民眾的家旅次數與分布，一般民眾早晨出門工作直到傍晚回家，因此住宅區旅次起訖時間與方向明顯，可利用各里住宅區樓地板面積做為解釋變數，以建立旅次估計模式。

在純住宅區樓地板面積比例變數基本統計分析方面，臺北市最高者為北投區智仁里 89.95%，最低者為文山區老泉里（政治大學）<0.01%，平均值為 34.89%，標準差為 19.72%。

● 混合使用住宅區樓地板面積比例

我國土地使用有住商混合的特性，因混合使用住宅區兼容了商業區與純住宅區，故採用該變數觀察民眾的旅次數與分布，並了解混合使用住宅區對於旅次出發與旅次到達的影響狀況。

在混合使用住宅區樓地板面積比例變數基本統計分析方面，臺北市最高者為中山區龍洲里 86.28%，最低者為文山區老泉里（政治大學）<0.01%，平均值為 28.61%，標準差為 17.47%。

● 政府機關樓地板面積比例

由於臺北市與有較多中央行政機關辦公室，考量各里政府機關樓地板面積作為土地使用解釋變數，可觀察該區的工作旅次與洽公旅次，作為旅次估計模式之參考變數。

在政府機關樓地板面積比例變數基本統計分析方面，臺北市最高者為南港區新光里 94.47%，最低者為文山區萬興里（木柵動物園）<0.01%，平均值為 4.48%，標準差為 12.78%。

● 學校樓地板面積比例

不同層級的學校用地，可觀察未成年人口旅次與接送學生的家長旅次，且旅次有時間分布集中的特性，透過各里文教區樓地板面積，作為土地使用之解釋變數，以分析各里的旅次。

在學校樓地板面積比例變數基本統計分析方面，臺北市最高者為文山區老泉里（政治大學）99.89%，最低者為南港區中南里<0.01%，平均值為 6.40%，標準差為 11.29%。

● 公園綠地用地面積比例

公園、廣場、綠地等用地可觀察休閒、運動等非通學勤旅次，且該種旅次時間特性與其他旅次不同，可藉由各里公共設施用地面積作為土地使用解釋變數，分析平假日、不同時段之里旅次。

公園綠地用地面積比例變數基本統計分析方面，臺北市最高者為萬華區騰雲里（青年公園）50.44%，最低者為信義區新仁里<0.01%，平均值為2.84%，標準差為4.92%。

針對以上所蒐集之土地使用資料，變數名稱、變數定義及變數單位整理如表4-9所示。

表 4-9 土地使用變數說明列表

變數名稱	變數定義	單位
總樓地板面積	各里所有樓地板面積	平方公尺
商業區樓地板面積比例	各里商業區樓地板面積占總樓地板面積之比例	百分比
純住宅區樓地板面積比例	各里純住宅區樓地板面積占總樓地板面積之比例	百分比
混合使用住宅區樓地板面積比例	各里混合使用住宅區樓地板面積占總樓地板面積之比例	百分比
政府機關樓地板面積比例	各里政府機關樓地板面積占總樓地板面積之比例	百分比
文教區樓地板面積比例	各里文教區樓地板面積占總樓地板面積之比例	百分比
公園綠地用地面積比例	各里公園綠地用地面積占總樓地板面積之比例	百分比

將土地使用資料進行基本統計分析，說明各類變數最大值、最小值出現區域，與變數之平均值、標準差，比較總表歸納如表 4 - 10 所示。

表 4 - 10 土地使用資料統計分析表

變數名稱	最大值	最小值	平均值	標準差
總樓地板面積	3,638,982.53	11,173.44	370,133.13	362,386.41
商業區樓地板面積比例	81.16%	<0.01%	12.10%	13.70%
純住宅區樓地板面積比例	89.95%	<0.01%	34.89%	19.72%
混合使用住宅區樓地板面積比例	86.28%	<0.01%	28.61%	17.47%
政府機關樓地板面積比例	94.47%	<0.01%	4.48%	12.78%
學校樓地板面積比例	99.89%	<0.01%	6.40%	11.29%
公園綠地用地面積比例	50.44%	<0.01%	2.84%	4.92%

第五章 旅次出發與到達迴歸模式構建

本章針對所蒐集起訖資料，進行旅次出發與旅次到達迴歸模式構建，內容共分為四個小節，5.1 小節建構小時旅次多變量迴歸模式，5.2 小節建構時段旅次多變量迴歸模式，5.3 小節建構日旅次迴歸模式，分別討論旅次出發與旅次到達模式之差異，5.4 小節為三種模式比較與應用，利用本研究建構模式應用於實際案例，預估該地區土地使用改變後之旅次出發與旅次到達數。

本章三個模式分別以小時、時段、一天作為時間分析單位，如圖 5-1 所示，橢圓形框格代表迴歸模式，並經過數值處理將時段、一天單位轉換成小時作為基本單位，觀察不同模式計算各小時之誤差，三種方法詳細說明於各小節。

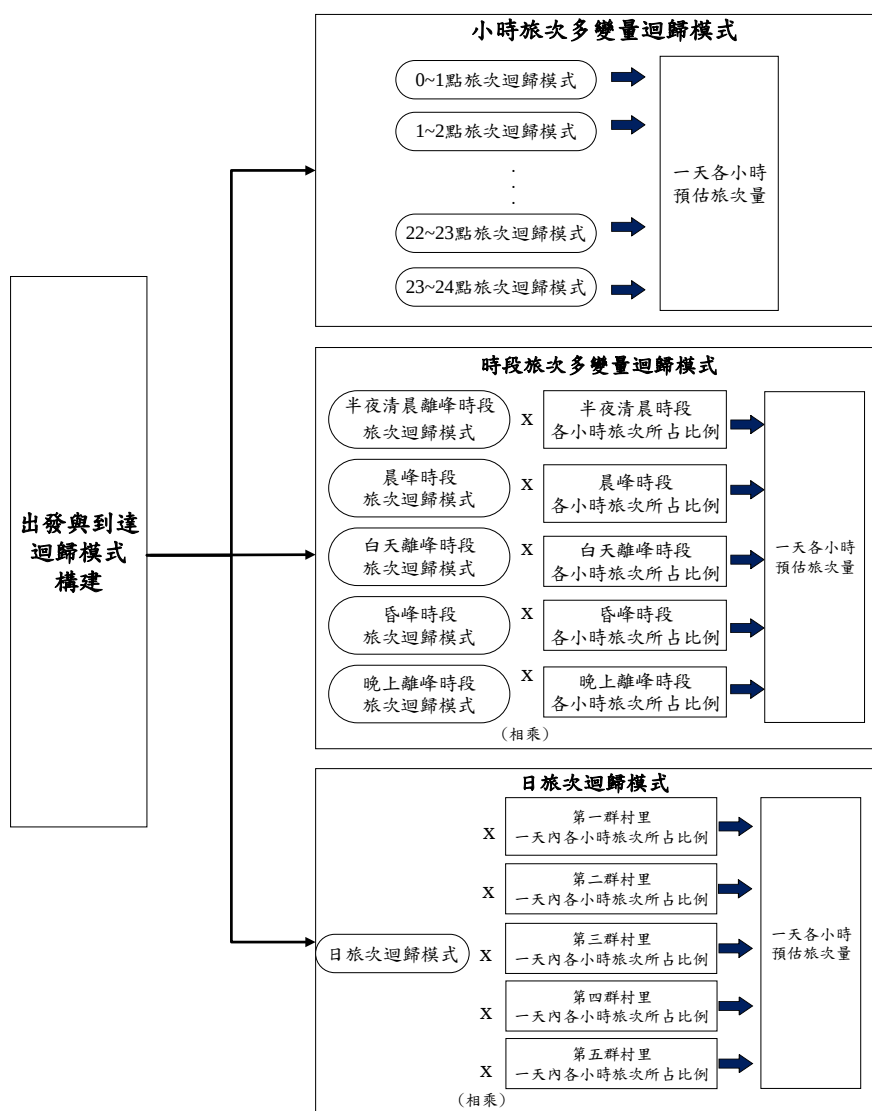


圖 5-1 迴歸模式研究架構圖

本研究旅次推估採用迴歸分析法，並轉換變數單位使係數值位數相近，進行單位轉換的變數：人口數以百人為單位、壯年人薪資所得以萬元為單位、區公司登記數以百間為單位、捷運及火車站距離以百公尺為單位、總樓地板面積以千平方公尺為單位，並將所有連續解釋變數取中心化（Centering），讓解釋變數在平均值的狀態下使截距項具有意義，利用旅次起訖點資料進行平日旅次出發與旅次到達模式推估。

由於人口社會經濟、公共運輸、土地使用解釋變數彼此可能相關，故使用皮爾森積差相關係數法（Pearson Correlation），檢定所有變數之相關程度，因里工作人數與里人口數相關係數超過 0.9、區機車成人持有率與公司登記數相關係數小於-0.7，為避免變數間共線性造成之影響，故不採用里工作人數與區成人機車持有率作為解釋變數，僅保留相關係數低於絕對值 0.6 之變數。

反覆調整模式後，消除各迴歸式中完全不顯著之公共自行車站數、學校樓地板面積比例變數，剩下的變數即為旅次出發、旅次到達模式最終選定變數，所選定之解釋變數相關係數表統整於表 5 -1，並檢定模式變異數膨脹因素（VIF, Variance Inflation Faction），測量迴歸係數之變異數相對於預測變數間的無線性關係膨脹程度，本研究旅次出發與到達模式 VIF 值介於 1~3 之間，因 VIF 值皆小於 10，可避免多重共線性問題。

利用多變量迴歸模式探究土地使用等變數影響旅次出發與到達之關係，在三種模式中皆使用相同解釋變數，觀察解釋變數在各小時、各時段與一天模式中影響旅次量的情況，藉由得知土地使用等變數之改變量，可預測該里不同時間範圍之旅次出發與旅次到達量。

表 5 - 1 選定解釋變數相關係數表

	里人口數	里平均每人薪資所得	區成年人自用小客車持有率	里壯年人口比例	里老年人口比例	區公司登記數	公車站數	捷運站距離	火車站距離	總樓地板面積	商業區樓地板面積比例	純住宅區樓地板面積比例	混合使用住宅區樓地板面積比例	政府機關樓地板面積比例	公園綠地用地比例
里人口數	1	0.2397	0.1543	0.0745	-0.3799	-0.0413	0.0373	-0.2155	0.0238	0.0744	-0.1181	0.2333	0.0780	-0.1194	-0.0441
里平均每人薪資所得	0.2397	1	0.3863	-0.3735	-0.0090	0.3160	0.1652	-0.2270	-0.0016	0.1077	0.0954	-0.0964	-0.0123	0.0054	0.0760
區成年人自用小客車持有率	0.1543	0.3863	1	0.0721	-0.3192	0.4518	0.1923	-0.1107	0.0495	0.1253	0.1478	-0.1212	-0.0167	0.0442	0.0198
里壯年人口比例	0.0745	-0.3735	0.0721	1	-0.3484	-0.2977	0.0864	0.2072	0.1447	0.0047	-0.1397	0.2169	-0.1397	-0.0425	0.0639
里老年人口比例	-0.3799	-0.0090	-0.3192	-0.3484	1	0.2693	-0.0781	0.0055	-0.1054	-0.0619	0.0872	-0.1781	0.1942	-0.0172	0.0242
區公司登記數	-0.0413	0.3160	0.4518	-0.2977	0.2693	1	-0.1253	-0.3007	-0.3860	0.0186	0.3142	-0.3475	0.3933	-0.0818	-0.0700
公車站數	0.0373	0.1652	0.1923	0.0864	-0.0781	-0.1253	1	0.2340	0.2078	0.5058	0.1788	-0.2720	-0.3683	0.1911	0.1497
捷運站距離	-0.2155	-0.2270	-0.1107	0.2072	0.0055	-0.3007	0.2340	1	0.4817	-0.0873	-0.2310	0.1817	-0.4155	0.1255	0.0509
火車站距離	0.0238	-0.0016	0.0495	0.1447	-0.1054	-0.3860	0.2078	0.4817	1	-0.0553	-0.2845	0.2779	-0.4140	0.0578	0.0361
總樓地板面積	0.0744	0.1077	0.1253	0.0047	-0.0619	0.0186	0.5058	-0.0873	-0.0553	1	0.2349	-0.4460	-0.2857	0.5294	0.0182
商業區樓地板面積比例	-0.1181	0.0954	0.1478	-0.1397	0.0872	0.3142	0.1788	-0.2310	-0.2845	0.2349	1	-0.5297	0.0918	-0.1122	-0.1296
純住宅區樓地板面積比例	0.2333	-0.0964	-0.1212	0.2169	-0.1781	-0.3475	-0.2720	0.1817	0.2779	-0.4460	-0.5297	1	-0.2344	-0.2573	0.0004
混合使用住宅區樓地板面積比例	0.0780	-0.0123	-0.0167	-0.1397	0.1942	0.3933	-0.3683	-0.4155	-0.4140	-0.2857	0.0918	-0.2344	1	-0.3157	-0.2369
政府機關樓地板面積比例	-0.1194	0.0054	0.0442	-0.0425	-0.0172	-0.0818	0.1911	0.1255	0.0578	0.5294	-0.1122	-0.2573	-0.3157	1	-0.0057
公園綠地用地比例	-0.0441	0.0760	0.0198	0.0639	0.0242	-0.0700	0.1497	0.0509	0.0361	0.0182	-0.1296	0.0004	-0.2369	-0.0057	1

5.1 小時旅次多變量迴歸模式

本小節模式應變數分析單位為每小時旅次量，模式將小時時間依序排列，利用起點資料建立旅次出發模式、訖點資料建立旅次到達模式，呈現 24 小時多變量迴歸模式，欲得知一天各小時所預估之旅次量，計算旅次出發與旅次到達各 24 條迴歸模式所預估之旅次作為每小時代表，小時旅次多變量迴歸模式研究架構如圖 5 - 2 所示。

由於小時信令資料存在遺漏值，並非每小時每個里都有資料，故 24 小時多變量迴歸模式中，每個迴歸式樣本數目不一致，扣掉離群值後沒有遺漏值的里樣本數為 442 筆，在旅次出發模式中最少有 422 筆資料，旅次到達模式中最少有 416 筆資料。

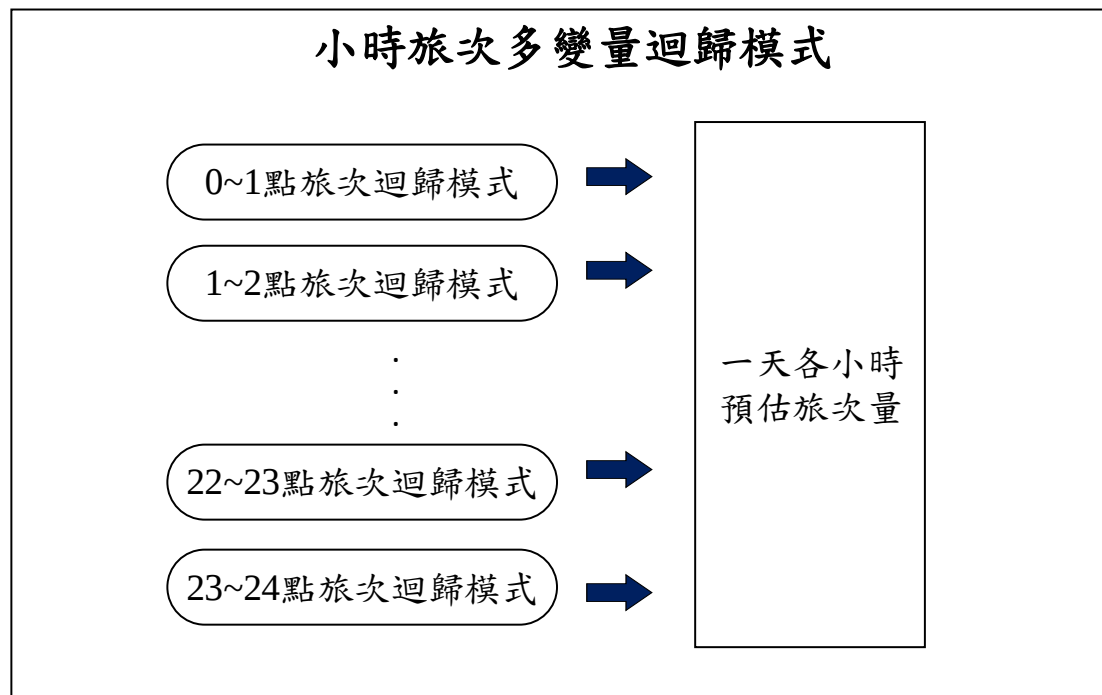


圖 5 - 2 小時旅次多變量迴歸模式研究架構圖

5.1.1 小時旅次出發

將平日小時旅次出發多變量迴歸模式估計結果呈現於表 5 - 2，每一欄代表不同小時間的估計模式，其中著色陰影代表該解釋變數顯著，可得知該變數在旅次出發的不同小時的影響趨勢。

社會經濟變數中，里人口數對於大部分時間點皆有顯著正向影響，代表人口數越多將有越多旅次；里平均每壯年人薪資所得變數負值反應出所得越高的人的旅次出發行為較少；自小客車成人持有率變數在白天及晚上活動時間點為正值，代表持有率變數對旅次有正向作用，不顯著的原因可能為資料單位並非以里為基礎；壯年人口比例變數在上午時間點旅次為正值，代表壯年人口比例於上午時間點對於旅次出發有正向提升關係；老年人口比例變數在晨峰時間點為顯著負值，並且於中午後各時間點皆為顯著正值，可發現壯年人口與老年人口兩種年齡層活動時間不同；區公司登記數在早上顯著負值、下午晚上顯著正值，可以解釋為該區的公司數目越多會提升傍晚下班旅次。

公共運輸變數中，公車站數變數多個時間點為正值代表對於旅次出發有正向影響，公車站數設置越多的里旅次越多；捷運站距離變數多個時間點為負值，且在上下班時間負值係數越大，代表離捷運站距離越近會有較多旅次；火車站距離變數大多正值不顯著，推估原因為臺北市僅有 4 個站點，而靠近火車站與否的里都有高旅次，且現今熱絡發展區域離火車站有一段距離，如大安區位於台北車站與松山車站之間，離火車站較遠但發展繁榮。

土地使用變數在旅次出發小時多變量模式中擁有許多解釋能力，總樓地板面積變數對於大部分時間點皆有顯著正向影響，樓地板面積表示了一個里發展程度，隨著樓地板面積的增加影響該地的活動發生，在不同時間點有旅次出發；商業區樓地板面積比例變數大部分時間點皆有顯著正向影響，尤其晚上數個小時地係數明顯高於其他時間點，代表商業區比例於這些時間點對於旅次出發有較大的正向提升量，可解釋為離開商業區的下班旅次；純住宅區樓地板面積比例變數大部分時間點呈現顯著負向影響，代表該變數對旅次出發量的影響相對於其他土地使用為負向關係；混合使用住宅區擁有住商混合特性，根據解釋變數估計係數得知與純住宅區樓地板面積比例變數特性較相近；政府機關樓地板面積比例變數負值影響時間點為下午至晚上，旅次出發量相對於其他土地使用比較低；公園綠地比例變數於早上有正向影響，可能原因為住宅區附近有規劃公園土地，故在早上對於旅次出發數呈正向影響。

觀察旅次出發的小時多變量迴歸模式估計結果，可發現 Adjusted R^2 最低值 0.127 為半夜 4~5 點迴歸模式，而 0~6 點間的六個模式 Adjusted R^2 皆小於 0.3，代表半夜清晨的各小時模式解釋能力較弱，所選擇變數解釋全體變異量較少。Adjusted R^2 最高值 0.611 為早上 7~8 點迴歸模式，大於 0.5 的迴歸模式為 7~8 點、8~9 點模式，以及 18~19 點模式，表示在尖峰時間點旅次出發的小時多變量迴歸模式有較好解釋能力。

表 5-2 旅次出發-小時旅次多變量迴歸估計結果

變數 \ 時間		0~1	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~7	7~8	8~9	9~10	10~11	11~12	12~13	13~14	14~15	15~16	16~17	17~18	18~19	19~20	20~21	21~22	22~23	23~24
社會 經濟	(截距)	129.759 ***	89.5841 ***	70.5042 ***	59.973 ***	74.4984 ***	128.979 ***	308.172 ***	560.488 ***	610.411 ***	460.837 ***	417.795 ***	438.723 ***	467.164 ***	505.446 ***	474.27 ***	519.028 ***	646.125 ***	849.087 ***	863.642 ***	599.672 ***	543.831 ***	572.881 ***	388.337 ***	218.648 ***
	區人口數(百人)	0.7516 *	0.5536 *	0.3736	0.4584 **	0.6584 ***	1.786 ***	4.4816 ***	9.1359 ***	9.5049 ***	6.4257 ***	4.5729 ***	5.1726 ***	5.1471 ***	5.4769 ***	4.2963 ***	4.5256 ***	5.5454 ***	7.3785 ***	7.4248 ***	5.0896 ***	4.4587 ***	4.0136 **	2.3815 *	1.5413 **
	區平均每人薪資所得(萬元)	-3.671 **	-2.8764 ***	-1.5255 *	-1.5037 **	-1.536 **	-2.8608 ***	-2.8861 *	-2.7298	-0.3454	-1.8239	-1.0364	-3.0372	-6.1784 **	-4.6416	-3.633	-4.7041	-6.0209	-2.334	0.9708	-3.2878	-6.967	-7.9517	-7.2503 *	-4.7019 **
	區自用小客車或人持有率(%)	-3.8796	-2.9502	-3.7999 *	-2.8571 *	-3.9527 *	-3.0169	-1.5367	4.2837	7.4115	5.5837	2.3664	5.2626	2.6762	9.8619	7.0494	1.5607	6.9171	4.6776	14.1957	9.9388	4.8232	0.2497	-6.5842	-6.9866
	區壯年人口比例(%)	2.0887	2.0445	2.5965	2.2418 *	1.1842	1.757	4.9907 *	8.9284 **	10.2409 **	5.2252	0.0802	0.53	-5.6472	-2.9858	-5.2356	-7.7396	-10.934	-13.866	-3.2796	-8.4248	-9.8176	-19.64 *	-7.6903	0.274
	區老年人口比例(%)	1.1408	-0.229	-0.6036	0.062	-3.8467 **	-2.5553	-4.6674	-11.671 **	-6.5339	4.8136	4.6709	12.9721 *	13.6817 *	18.0293 **	16.1352 **	16.3595 *	18.1881	16.9074	27.5675 *	22.1117 *	21.8704 *	20.4076	15.6261 *	3.9797
	區公司登記數(百間)	0.2054 *	0.1583 *	0.1309 *	0.1204 **	0.0976 *	-0.0052	-0.2827 **	-0.4494 **	-0.2473	-0.0875	0.0855	0.1357	0.224	0.4025	0.5046 *	0.4716	0.5882	1.1779 **	1.0742 *	0.5357	0.5214	0.7902 *	0.5239	0.2954 *
公共 運輸	公車站數(站)	0.2099	0.0806	-0.0586	-0.0257	-0.0014	0.0369	0.1448	0.1613	0.2984	0.6537 ***	0.5981 **	0.7153 **	1.1618 ***	1.1617 ***	1.1391 ***	1.5846 ***	2.2845 ***	2.9594 ***	2.2193 ***	1.5599 ***	1.4065 ***	1.4935 **	0.9327 **	0.4769 **
	捷運站距離(百公尺)	-0.1611	0.0661	0.1033	-0.2413	0.2028	-0.3801	-1.0736	-3.1894 *	-3.3432 *	-4.3762 **	-4.6821 **	-4.5387 *	-5.7384 **	-1.8469	-2.2833	-6.187 *	-8.9663 **	-13.31 **	-11.657 *	-9.8134 **	-8.7887 **	-9.5197 *	-5.4521 *	-2.274
	火車站距離(百公尺)	0.4152	0.3389	0.3383 *	0.3261 **	0.2808	0.4533 **	1.0183 ***	1.3358 **	0.037	0.1459	0.9677 *	0.9044	0.8449	0.7724	0.6691	0.8309	-0.0165	-0.826	-0.5373	-0.007	1.0097	1.2789	1.0175	0.4957
土地 使用	綠地地面積(千平方公尺)	0.1033 ***	0.0793 ***	0.0604 ***	0.0455 ***	0.0326 *	0.0182	0.0174	-0.0148	-0.0279	0.0179	0.077	0.0845	0.1481 **	0.1387 *	0.2229 ***	0.2101 **	0.2169 *	0.2625 *	0.3467 *	0.2488 **	0.2861 **	0.363 ***	0.2885 ***	0.1534 ***
	商業區綠地面積比例(%)	2.8078 ***	1.7449 ***	1.3828 ***	0.9238 **	1.2833 ***	1.3775 ***	2.2175 **	1.1231	1.6328	3.1763 ***	3.4224 ***	5.6714 ***	4.316 ***	9.8201 ***	8.1241 ***	8.3415 ***	8.6607 ***	16.4968 ***	29.4802 ***	15.8693 ***	13.025 ***	14.3627 ***	10.3062 ***	4.7186 ***
	純住宅區綠地面積比例(%)	-0.7569	-0.2397	-0.3055	-0.2717	0.121	-0.1547	-0.2267	-0.656	-1.4082	-2.1933 **	-3.7406 ***	-5.3135 ***	-5.9765 ***	-4.1281 ***	-4.5073 ***	-6.31 ***	-9.6335 ***	-11.929 ***	-9.2381 ***	-5.317 **	-5.4355 **	-5.1804 *	-2.9719 *	-1.707 *
	混合使用住宅區綠地面積比例(%)	0.8243	0.8064 *	0.6298 *	0.217	0.3833	-0.4156	-0.5778	-1.7554 *	-1.4632	-3.2786 ***	-3.5848 ***	-3.9976 ***	-4.8397 ***	-2.4563 *	-2.9163 *	-5.0127 ***	-8.55 ***	-13.618 ***	-9.1316 **	-3.5248	-1.5894	-0.4848	0.9143	0.77
	政府機關綠地面積比例(%)	-1.5712 *	-0.9662 *	-0.6427	-0.4612	0.103	0.1057	0.0766	1.1714	2.3714 *	-0.9731	-1.5437	-2.1228	-3.3626 *	-1.6676	-3.5134 *	-3.5793 *	-5.7652 **	-5.4739	-5.1589	-3.1479	-4.3992 *	-4.2507	-3.3534	-2.4863 **
	公園綠地用地比例(%)	1.1272	1.2982	0.7844	0.369	1.7191 *	1.4656	4.0225 **	5.1572 **	5.7615 **	1.5337	2.0681	-0.6485	-2.432	0.0657	-1.3777	-2.6301	-4.3147	-10.339	-5.4701	-4.6963	-3.5987	-2.9674	-1.11	0.0153
R ²		0.2621	0.2142	0.1957	0.2019	0.1578	0.2983	0.4327	0.6242	0.5588	0.4387	0.3817	0.4077	0.4487	0.4601	0.4482	0.4465	0.4629	0.5034	0.5173	0.4684	0.4383	0.3882	0.3628	0.3256
Adj. R ²		0.2355	0.1855	0.1662	0.1725	0.1272	0.2733	0.4127	0.611	0.5433	0.4189	0.3599	0.3868	0.4293	0.441	0.4288	0.4269	0.444	0.4859	0.5002	0.4497	0.4185	0.3666	0.3402	0.3018
Num. obs.		432	427	425	422	428	436	442	442	442	442	441	440	442	442	442	441	442	442	440	442	442	441	439	441
RMSE		122.542	89.872	72.706	54.8201	63.8724	71.7134	135.622	181.236	198.144	183.997	205.536	244.694	257.404	280.119	292.105	341.245	437.876	593.383	652.786	430.512	409.458	511.052	357.919	188.828

註：著色陰影代表統計顯著，***：p-value< 0.001 、 **： p-value<0.01 、 *： p-value<0.05

5.1.2 小時旅次到達

將平日各小時旅次到達多變量迴歸模式估計結果呈現於表 5 - 3，每一欄代表不同時間點的估計模式，其中著色陰影代表該估計變數顯著，可得知該變數在旅次到達的不同小時的影響趨勢。

社會經濟變數中，里人口數所有時間皆有顯著正向影響；里平均每壯年人薪資所得變數負值反應出所得越高的人的旅次到達行為較少；成年人自小客車持有率變數對於旅次到達各小時較不顯著且正負值不固定；壯年人口比例變數在下午晚上時間點有較多正值的旅次到達，可解釋為壯年人口比例高的里擁有較多下班回家旅次到達；老年人口比例變數在大多時間點為正值，可發現壯年人口與老年人口兩種年齡層活動時間不同；區公司登記數在早上有顯著正值，代表早上時段有較多的上班的旅次到達。

公共運輸變數中，公車站數變數多個時間點為正值代表對於旅次到達有正向影響，公車站數設置越多的里擁有越多到達的旅次，捷運站距離變數多個時間點為負值，且在上下班時間為顯著，代表離捷運站距離越近會有較多到達旅次；火車站距離變數大多正值不顯著，推估原因同旅次出發，可能里離火車站較遠但發展較繁榮擁有較多到達旅次。

土地使用變數在旅次到達多變量模式中擁有許多解釋能力，總樓地板面積變數對於大部分時間點皆有顯著正向影響，樓地板面積表示一個里發展程度，隨著樓地板面積的增加會影響該地的活動發生，促使民眾前往；商業區樓地板面積比例變數大部分時間點皆有顯著正向影響，尤其在早上 7~8 點、8~9 點的係數值高於其他時間點，代表商業區比例於晨峰有較大的旅次到達量，可解釋為早上有較多民眾前往該區上班；純住宅區樓地板面積比例變數大部分時間點呈現顯著負向影響，代表該變數對旅次到達量的影響相對於其他土地使用為負向關係；混合使用住宅區為擁有住商混合特性，根據解釋變數估計係數得知與純住宅區樓地板面積比例變數特性較相近，政府機關樓地板面積比例變數於早上呈現負值顯著影響；公園綠地比例變數於晚上有正向影響，可以解讀為公園綠地用地容易有民眾下班後前往運動的到達旅次量。

觀察旅次到達的小時多變量迴歸模式估計結果，可發現 Adjusted R^2 最低值 0.188 為午夜 0 點迴歸模式，而 0~5 點間的五個模式 Adjusted R^2 皆小於 0.3，代表半夜清晨各時間點模式解釋能力較弱，最高值 0.469 為早上 7~8 點迴歸模式，代表晨峰時間點針對旅次到達擁有極佳的解釋能力。

表 5-3 旅次到達-小時旅次多變量迴歸估計結果

時間 變數		0~1	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~7	7~8	8~9	9~10	10~11	11~12	12~13	13~14	14~15	15~16	16~17	17~18	18~19	19~20	20~21	21~22	22~23	23~24
社會 經濟	(截距)	116.795 ***	82.067 ***	67.3619 ***	60.8141 ***	76.7566 ***	145.437 ***	373.363 ***	660.042 ***	666.624 ***	483.319 ***	419.742 ***	432.897 ***	452.481 ***	478.703 ***	434.54 ***	465.386 ***	551.75 ***	717.99 ***	731.938 ***	512.346 ***	444.46 ***	458.49 ***	315.547 ***	189.64 ***
	里人口數(百人)	1.1934 ***	0.9199 ***	0.7432 ***	0.6502 ***	0.7461 ***	1.4457 ***	4.2818 ***	6.236 ***	6.3746 ***	4.4217 ***	3.4771 ***	3.9289 ***	3.5719 ***	3.8339 ***	4.1617 ***	4.5106 ***	5.6971 ***	8.424 ***	8.1656 ***	6.1131 ***	5.5586 ***	5.9596 ***	3.769 ***	2.1147 ***
	里平均每人購買所得(萬元)	-0.8811	-1.8718 ***	-1.723 ***	-0.8922	-0.1823	-0.1894	-3.886	-0.5592	-0.9424	-1.8729	-4.6955	-4.95	-5.805 *	-4.1488	-3.4192	-5.4517 *	-5.3719 *	-6.2108	-6.7913 *	-4.7756 *	-3.4771 *	-4.3151 **	-2.5527 *	-1.7641 *
	區自用小客車成人持有率(%)	-2.2727	-2.4837	-4.1954 **	-4.3769 **	-2.9973	-0.3455	3.0056	12.6991	16.3759	7.9674	-1.8165	1.3617	1.5345	2.9319	-5.0528	-1.5827	1.5471	4.392	10.3327	6.4669	-1.3141	2.1691	-1.5592	-3.9264
	里壯年人口比例(%)	1.932	0.2195	0.6518	-0.7218	-0.9787	-2.1151	-9.2237	-9.4988	0.5921	-9.6896	-8.1215	-6.5061	-11.217 *	-8.1037	-0.5134	-5.3163	-3.3134	-7.3126	-4.4155	2.2117	3.1493	5.9774	8.2515 ***	5.6588 ***
	里老年人口比例(%)	-0.0178	-0.4719	-0.0663	-0.8767	0.0513	1.6015	4.9208	16.5738	27.2824 *	24.3186 **	14.0234 *	16.5751 **	13.3603 *	15.7536 *	12.1412 *	11.2534 *	10.6858	11.964	10.51	1.4486	1.63	-1.0982	3.5502	-0.4601
	區公司登記數(百間)	0.1082	0.11 **	0.1063 *	0.0809	0.0651	0.0302	0.3569	0.9701 *	1.0327 *	0.5053	0.5999 **	0.5011 *	0.5588 *	0.4301	0.4033 *	0.4289 *	0.2501	0.1269	0.1136	0.0361	-0.0809	0.0046	0.0262	0.1414 *
公共 運輸	公車站數(站)	0.0464	0.0791	0.0545	0.0041	0.1394 *	0.4015 ***	1.2024 ***	2.5354 ***	2.2849 ***	1.5716 ***	0.917 **	0.9881 ***	1.2038 ***	1.0997 ***	0.8709 ***	0.8335 ***	0.9628 ***	1.1331 **	0.9683 **	0.8122 ***	0.4861 **	0.3949 *	0.2035	0.2448 **
	捷運站距離(百公尺)	0.2652	-0.3522	-0.284	0.0744	-0.2369	-1.3374	-6.8511 **	-14.314 ***	-12.45 **	-7.207 **	-3.5741	-2.1208	-3.8229	-3.4449	-3.3779	-4.9417 *	-6.0241 **	-8.6351 **	-8.5849 **	-4.5222 *	-3.1594 *	-3.651 **	-2.9511 **	-1.2061
	火車站距離(百公尺)	0.1156	0.1804	0.1382	0.2479	0.059	0.1321	0.6971	-0.5713	0.0816	0.7558	1.6003 *	1.1558	0.7839	0.7732	0.7513	1.0541	0.7438	1.2925	1.2668	1.0098	1.0755 **	1.1536 **	0.9453 **	0.348
土地 使用	總樓地板面積(千平方公尺)	0.0499 **	0.0285 *	0.02	0.0336 **	0.0284	0.0252	0.0861	0.1082	0.2102	0.2206 **	0.2348 ***	0.2191 ***	0.2347 ***	0.2262 ***	0.1587 **	0.1896 ***	0.1503 *	0.2023 **	0.2118 **	0.1134 *	0.0924 *	0.088 *	0.0564 *	0.0588 **
	商業區樓地板面積比例(%)	1.2452 ***	1.0851 ***	1.3381 ***	1.3796 ***	1.1973 ***	2.3508 ***	4.2859 **	15.4342 ***	19.9902 ***	9.4136 ***	8.006 ***	9.2129 ***	7.45 ***	10.1155 ***	8.1608 ***	7.5294 ***	8.963 ***	8.8005 ***	8.913 ***	5.6764 ***	4.3095 ***	3.024 ***	1.7937 **	1.7014 ***
	純住宅區樓地板面積比例(%)	-0.4568	-0.7345 ***	-0.7212 **	-0.5808 *	-1.236 ***	-2.3576 ***	-7.7575 ***	-10.409 ***	-9.5721 ***	-6.4831 ***	-4.6487 ***	-3.9814 ***	-4.0903 ***	-4.3282 ***	-3.918 ***	-3.1126 **	-2.7956 *	-3.7668 **	-3.2722 *	-2.0964 *	-1.6565 *	-1.2704	-1.4159 **	-1.1523 **
	混合使用住宅區樓地板面積比例(%)	-0.3996	-0.63 **	-0.684 **	-0.6603 *	-1.1299 ***	-2.2468 ***	-8.5835 ***	-13.884 ***	-11.056 ***	-5.6929 ***	-2.7708 *	-1.681	-2.4335	-2.2654	-1.0086	-0.8571	-0.9273	-0.9781	0.4822	0.423	0.2573	0.2044	-0.6324	-0.7556 *
	政府機關樓地板面積比例(%)	-0.5509	-0.7719 **	-0.4389	-0.5425	-0.8961 *	-1.2246 *	-4.4577 **	-4.0144	-4.9441	-4.4342 *	-3.491 *	-3.3896 *	-3.264 *	-2.0216	-1.8868	-2.4808	-1.7322	-2.0409	-1.311	-1.3883	-0.7183	-0.415	-0.5682	-0.8974 *
	公園綠地用地比例(%)	0.796	-0.3767	-0.1695	0.2808	-0.5657	0.3928	-1.7124	-11.47 *	-10.463	-5.3585	-1.1396	0.2825	-0.6708	-0.2469	1.3294	1.741	2.3342	0.45	0.2875	1.9363	2.4196	3.5919 *	1.2106	0.4303
R ²		0.2181	0.2869	0.2681	0.218	0.2903	0.378	0.3913	0.4875	0.4786	0.4804	0.4224	0.4327	0.4218	0.4513	0.4126	0.4138	0.3817	0.3906	0.3762	0.3784	0.4022	0.4416	0.3337	0.372
Adj. R ²		0.1902	0.2614	0.2415	0.1887	0.2641	0.3557	0.3698	0.4694	0.4602	0.462	0.402	0.4127	0.4014	0.4319	0.3919	0.3932	0.3599	0.3691	0.3542	0.3565	0.3811	0.4219	0.3102	0.3497
Num. obs.		436	435	430	416	423	434	439	440	442	439	441	441	441	441	442	442	441	441	442	441	442	442	441	439
RMSE		71.8765	54.0348	55.1123	60.0942	68.6987	110.387	325.151	534.642	576.721	352.83	296.24	289.098	298.129	303.596	264.495	258.886	292.021	354.986	361.756	239.743	179.687	169.722	135.296	88.9725

註：著色陰影代表統計顯著，***：p-value< 0.001 、 **： p-value<0.01 、 *： p-value<0.05

5.1.3 小時旅次模式方法預測與比較

藉由小時旅次出發與旅次到達模式，可以發現社會經濟變數與土地使用變數在不同時間點有不同的結果，兩者具有方向性，例如壯年人比例變數於旅次發生模式的早上時間點為正值，且於旅次到達的晚上時間點為正值，搭配土地使用解釋變數係數值，可合理解釋壯年人的上下班日常行為，早上從住宅區樓地板面積比例高的里前往商業區樓地板比例高的里上班，再於黃昏、晚上時段出現反向旅次。

本小節首先將各小時旅次出發與到達迴歸模式進行 K 折交叉驗證(K-Fold Cross-Validation) 以計算模式驗證 MAPE 值，其次將所有樣本資料求出預估的一天各小時旅次量，與實際旅次做比較計算 MAPE 值，以供後續模式方法做為比較基準。

● 迴歸模式驗證

為避免依賴某一特定的訓練和測試資料導致有偏差情況，本研究使用 K-Fold，將資料分為 K 等份，取其中 1 等份作為測試資料 (Test Data)，剩餘 k-1 等份為訓練資料 (Training Data)，把訓練資料代入模式訓練後，利用測試資料觀察結果，並重複進行 K 次取平均的結果，本研究採取 K 為 10，作為旅次出發與旅次到達的模式驗證。

為估計旅次出發與到達模型估計未來值的誤差，使用平均絕對百分比 (MAPE, Mean Absolute Percentage Error) 方法，評估解釋變數的預測效果，根據 Lewis(1982) 將 MAPE 分為四種等級，MAPE 值 < 10% 代表預測能力高精確度，10% < MAPE < 20% 則表示預測能力良好，MAPE 介於 20%~50% 顯示預測能力合理，MAPE 值 > 50% 為不正確，MAPE 公式如下：

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|\text{實際值} - \text{預測值}|}{\text{實際值}} \times 100\% \quad (5-1)$$

n：為資料筆數

將小時旅次出發與到達小時模式之各小時 MAPE 結果呈現於表 5 - 4，可發現旅次出發於 7~8 點、8~9 點表現合理，MAPE 值約 34.5%，旅次到達於昏峰 19~20 點、20~21 點、21~22 點表現合理，MAPE 值約 47%。

表 5 - 4 小時迴歸模式之驗證-旅次出發與到達 MAPE 值

時間	0~1	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~7	7~8	8~9	9~10	10~11	11~12	12~13	13~14	14~15	15~16	16~17	17~18	18~19	19~20	20~21	21~22	22~23	23~24
旅次出發	1.27	1.43	1.41	1.35	1.19	0.79	0.59	0.35	0.34	0.72	0.75	0.67	0.84	0.64	1.13	0.96	0.95	0.94	0.96	1.02	1.24	1.28	1.17	1.17
旅次到達	0.85	1.03	0.97	1.44	1.16	1.08	1.50	1.55	1.57	1.09	0.85	0.78	0.84	1.04	0.74	0.72	0.82	0.53	0.56	0.45	0.49	0.47	0.64	0.80

註：著色陰影表示 MAPE < 50%，為預測合理範圍

將兩模式驗證 MAPE 變化呈現如圖 5 - 3，可發現清晨時刻數值較高，原因為清晨旅次數較少導致計算分母值小，造成清晨誤差較其他時間大；旅次出發模式驗證的平均 MAPE 值為 96.4%，到達模式驗證的平均 MAPE 值為 91.6%，除了晨峰的旅次出發與昏峰的旅次到達，其他的小時變量模式比理想情況差。

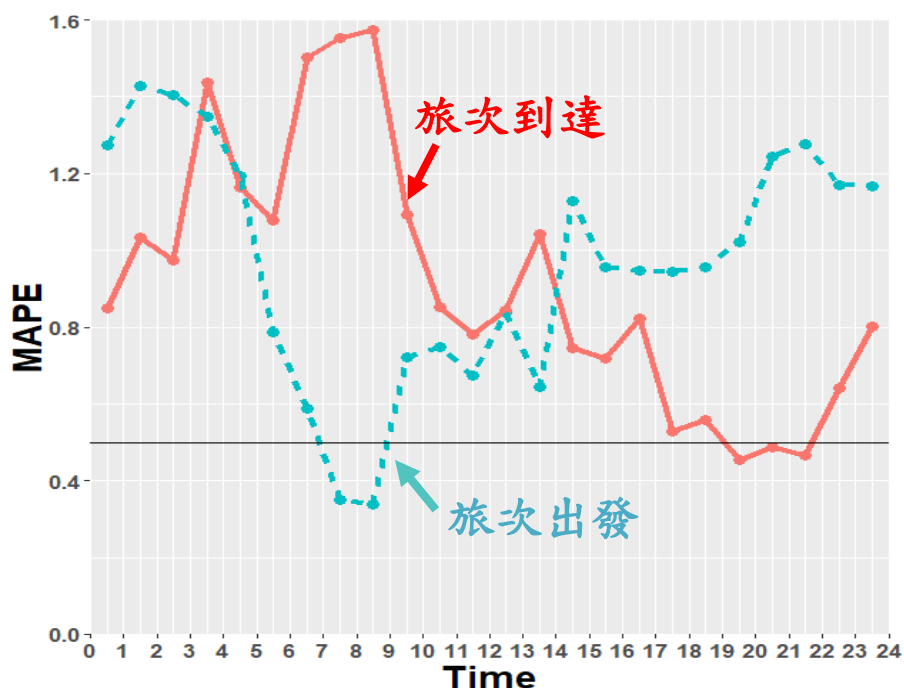


圖 5 - 3 小時迴歸模式之驗證-旅次出發與到達 MAPE 比較圖

● 各小時預測結果

將模式預測出的所有里樣本資料與實際觀察資料進行比對，並再次以各小時為單位計算 MAPE 值，得出結果如表 5 - 5 所示，可發現旅次出發於 7~8 點、8~9 點表現合理，MAPE 值約 33.5%，旅次到達於昏峰 19~20 點、20~21 點、21~22 點表現合理，MAPE 值約 45%。

表 5 - 5 小時迴歸模式之預測方法-旅次出發與到達 MAPE 值

時間	0~1	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~7	7~8	8~9	9~10	10~11	11~12	12~13	13~14	14~15	15~16	16~17	17~18	18~19	19~20	20~21	21~22	22~23	23~24
旅次出發	1.21	1.36	1.34	1.28	1.14	0.75	0.56	0.34	0.33	0.69	0.71	0.64	0.81	0.61	1.08	0.91	0.90	0.90	0.91	0.96	1.18	1.21	1.09	1.11
旅次到達	0.82	0.98	0.93	1.37	1.11	1.04	1.42	1.49	1.48	1.04	0.81	0.75	0.81	1.00	0.72	0.69	0.78	0.50	0.53	0.43	0.47	0.45	0.62	0.77

註：著色陰影表示 MAPE<50%，為預測合理範圍

將所有預測的里樣本資料與實際觀察資料進行比對，小時迴歸模式之預測方法 MAPE 變化呈現如表 5-7，可發現清晨時刻數值較高，原因為清晨旅次數較少導致計算分母值小，造成清晨誤差較其他時間大；旅次出發模式的平均 MAPE 值為 91.8%，到達模式的平均 MAPE 值為 87.6%，除了晨峰的旅次出發與昏峰的旅次到達，其他的小時變量模式比理想情況差。

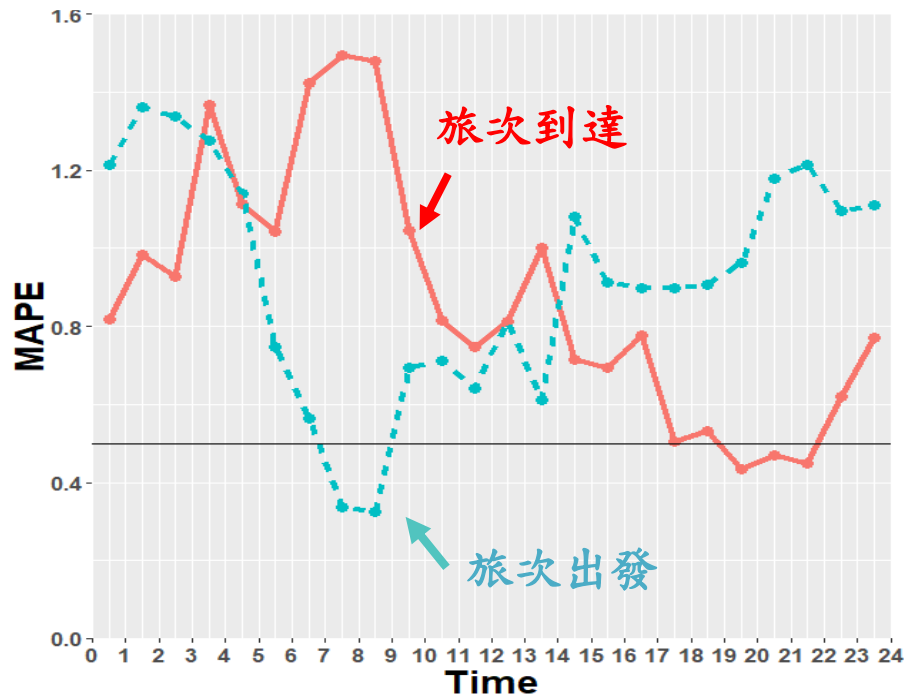


圖 5-4 小時迴歸模式之預測方法-旅次出發與到達 MAPE 比較圖

5.2 時段旅次多變量迴歸模式

本小節應變數分析單位為各時段總旅次量，將一天 24 小時分為 5 個時段，把特性相似的時間合併作為同一時段，分別為：0~7 點半夜清晨時段、7~10 點晨峰時段、10~17 點白天離峰時段、17~20 點昏峰時段、20~24 點晚上離峰時段，利用起訖資料，在旅次出發與旅次到達方面分別建構 5 條多變量迴歸模式，有別於 5.1 節小時旅次多變量模式，以較巨觀的時間單位作為模式觀察估計結果，預估每一時段之旅次出發與旅次到達量。

由於小時的里信令資料存在遺漏值，加總該時段旅次數量時若欠缺任一小時資料會造成誤差，故使用 K-近鄰演算法(KNN, K-Nearest Neighbours)填補，以 K 為 10 尋找最近 10 個相似的里，這些里的其他小時旅次量與遺漏值里相似，該里小時遺漏值的填補數字則利用這 10 個里的該小時平均決定。

欲得知一天各小時所預估之旅次量，將各時段旅次再乘以該時段各小時之平均比例，得出以小時為單位之旅次量，如下圖 5-5 所示，以旅次出發晨峰時段為例，A 里在晨峰時段模式估出 7~10 點間共有 2000 個旅次，7~8 點占整個晨峰時段平均比例為 0.3426，相乘後預測出 A 里在 7~8 點旅次為 685.2。

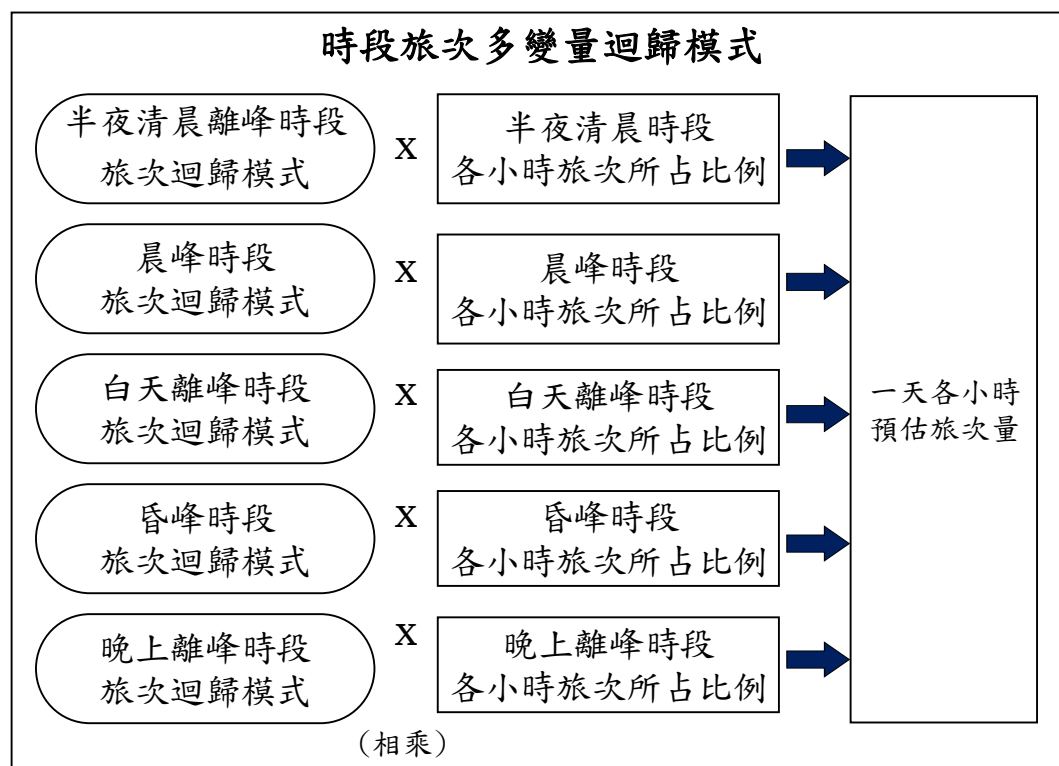


圖 5-5 時段旅次多變量迴歸模式研究架構圖

5.2.1 時段旅次出發

時段旅次出發迴歸多變量模式如表 5 - 6 所示，將五個時段之旅次參數推估說明敘述如下：

半夜清晨時段旅次較少，所以活動旅次解釋變數可能受迴歸式影響，導致某些變數所反映數值較不直觀，主要顯著正值的變數有里人口數、里壯年人口比例、火車站距離與總樓地板面積、商業區樓地板面積比例、公園綠地用地比例，負的顯著為薪資所得、區自小客車成人持有率。

晨峰時段為民眾上班時間，里人口數、壯年人口比例正值且顯著，反映出工作年齡層的民眾有旅次出發，區公司登記數為顯著負值，代表公司多的地區在早上並非主要擁有出發旅次的地方；公共運輸方面公車站數多、離捷運距離越短的地方早上會有旅次出發；土地使用方面，商業區比例為顯著正，其係數與其他時段模式相比較少代表早上時段旅次出發較少，純住宅區比例、混合使用住宅區比例為顯著負，其係數值雖負但相較其他時段模式大，可解釋早上住宅區的旅次出發特性。

白天離峰時段中，可發現壯年人口比例為負值、老年人口比例為顯著正值，老年人口比例較高的里在此時段較容易有旅次出發，可說明兩個年齡層外出活動時不同；公共運輸方面公車站數比例為顯著正值、捷運站距離為顯著負值，皆符合預期；土地使用總樓地板面積商業區樓地板面積比例為顯著正值，純住宅、混合住宅、政府機關樓地板面積比例相較之下為顯著負值。

在昏峰時段中，區公司登記數為顯著正值，代表公司多的地區在下班時段容易有旅次出發；公共運輸方面公車站數比例為顯著正值、捷運站距離為顯著負值，皆符合預期；商業區樓地板面積比例的係數為顯著正值，且係數比其他模式更高為重要解釋變數，純住宅、混合住宅樓地板面積比例相較之下為顯著負值。

晚上離峰時段模式係數與白天離峰時段係數正負值相近，該時段仍然有一波晚歸下班潮，故壯年人口比例多的里比較不會有旅次出發；公共運輸方面公車站數比例為顯著正值、捷運站距離為顯著負值，皆符合預期；土地使用總樓地板面積、商業區樓地板面積比例為顯著正值，純住宅、政府機關樓地板面積比例相較之下為顯著負值。

表 5-6 旅次出發-時段旅次多變量迴歸估計結果

時間 變數		0~7	7~10	10~17	17~20	20~24
	(截距)	861.117 ***	1631.74 ***	3468.54 ***	2313.42 ***	1724.17 ***
社會 經濟	里人口數(百人)	9.005 ***	25.066 ***	34.725 ***	19.74 ***	12.312 **
	里平均每人薪資所得(萬元)	-16.846 ***	-4.899	-29.374	-5.131	-27.354 *
	區自用小客車成人持有率(%)	-21.422 *	17.279	35.795	29.164	-7.882
	里壯年人口比例(%)	16.405 *	24.394 **	-32.128	-26.285	-37.555
	里老年人口比例(%)	-10.623	-13.392	99.969 *	66.269	61.753 *
	區公司登記數(百間)	0.429	-0.784 *	2.406	2.798 *	2.125 *
公共 運輸	公車站數(站)	0.398	1.113 *	8.634 ***	6.706 ***	4.288 **
	捷運站距離(百公尺)	-1.354	-10.909 **	-34.2 *	-34.786 **	-25.904 *
	火車站距離(百公尺)	3.148 **	1.519	5.012	-1.19	3.916
土地 使用	總樓地板面積(千平方公尺)	0.355 ***	-0.025	1.101 **	0.864 *	1.096 ***
	商業區樓地板面積比例(%)	11.565 ***	5.932 *	48.378 ***	61.88 ***	42.485 ***
	純住宅區樓地板面積比例(%)	-1.85	-4.257 *	-39.606 ***	-26.347 ***	-15.186 **
	混合使用住宅區樓地板面積比例(%)	1.774	-6.497 **	-31.329 ***	-26.27 ***	-0.41
	政府機關樓地板面積比例(%)	-3.35	2.57	-21.602 *	-13.872	-14.573 *
	公園綠地用地比例(%)	10.632 *	12.452 *	-9.235	-20.491	-7.595
R ²		0.334	0.606	0.482	0.519	0.414
Adj. R ²		0.311	0.592	0.464	0.502	0.393
Num. obs.		442	442	442	442	442
RMSE		422.959	479.285	1868.64	1599.4	1383.01

註：著色陰影代表統計顯著，***: p-value<0.001、**：p-value<0.01、*：p-value<0.05

建構時段旅次出發多變量迴歸後，需再乘上該時段的各小時平均比例，各小時平均比例計算公式為（5-1），根據旅次出發資料計算表 5-7 時段內每小時平均比例，兩者相乘後可得以小時為單位之預估旅次出發量，後續於 5.2.3 小節說明預估結果。

$$\text{第 } t \text{ 小時平均旅次比例} = \frac{\text{第 } t \text{ 小時平均旅次量}}{\text{第 } t \text{ 小時所屬時段平均旅次量}} \quad (5-1)$$

表 5-7 旅次出發-時段內每小時平均比例

半夜清晨時段	小時	0~1	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~7
	比例	0.142	0.098	0.077	0.070	0.085	0.153	0.376
晨峰時段	小時	7~8	8~9	9~10				
	比例	0.343	0.375	0.282				
白天離峰時段	小時	10~11	11~12	12~13	13~14	14~15	15~16	16~17
	比例	0.136	0.132	0.138	0.149	0.132	0.141	0.171
昏峰時段	小時	17~18	18~19	19~20				
	比例	0.371	0.360	0.269				
晚上離峰時段	小時	20~21	21~22	22~23	23~24			
	比例	0.319	0.316	0.222	0.143			

5.2.2 時段旅次到達

時段旅次到達迴歸多變量模式如表 5 - 8 所示，將五個時段之旅次參數推估說明敘述如下：

半夜清晨時段旅次較少，所以活動旅次解釋變數可能受迴歸式影響，導致某些變數所反映數值較不直觀，主要顯著正值的變數有里人口數、區公司登記數、公車站數、總樓地板面積與商業區樓地板面積比例，負的顯著為捷運站距離、純住區、混合使用住區與政府機關樓地板面積比例。

晨峰時段為民眾上班時間，里人口數正值且顯著，區公司登記數為顯著正值，代表公司多的地區在早上會有較多到達旅次；公共運輸方面公車站數多、離捷運距離越短的里會有較多旅次到達；土地使用方面，商業區比例為顯著正值，其係數比其他時段模式更大，代表晨峰時段旅次到達在商業區比例高的里量多而明顯，純住宅區比例、混合使用住宅區比例為顯著負，其係數值相較其他時段模式小，可解釋早上住宅區的旅次到達數較少的特性。

白天離峰時段中，可發現壯年人口比例為負值、老年人口比例為顯著正值，老年人口比例較高的里在此時段較容易有到達旅次，可說明兩種年齡層結構差異里旅次量的變化；公共運輸方面公車站數比例為顯著正值符合預期；土地使用總樓地板面積與商業區樓地板面積比例為顯著正值，純住宅樓地板面積比例為顯著負值，混合住宅、政府機關樓地板面積比例相較之下為負值。

在昏峰時段中，區公司登記數為正值但數值較其他時段模式還小，代表公司多的地區在下班時段沒有很多到達旅次；公共運輸方面，公車站數比例為顯著正值、捷運站距離為顯著負值，皆符合預期；總樓地板面積、商業區樓地板面積比例的係數為顯著正值，且係數比晨峰、白天離峰時段低，代表下班時段沒有很多旅次到達，純住宅區樓地板面積比例相較之下為顯著負值。

晚上離峰時段仍然有一波晚歸下班潮，故壯年人口比例多的里會有回家的到達旅次；公共運輸方面，公車站數為顯著正值符合預期，捷運站距離為顯著負值符合預期，表示離捷運站越近越有旅次到達，火車站距離正向顯著，離火車站距離較遠容易有旅次到達，可能是臺北市的居住地距離火車站有一段距離；土地使用總樓地板面積、商業區樓地板面積比例為顯著正值，純住宅樓地板面積比例相較之下為顯著負值。

表 5-8 旅次到達-時段旅次多變量迴歸估計結果

時間 變數		0~7	7~10	10~17	17~20	20~24
	(截距)	922.013 ***	1810.58 ***	3236.09 ***	1962.29 ***	1408.03 ***
社會 經濟	里人口數(百人)	9.9 ***	16.992 ***	29.126 ***	22.706 ***	17.402 ***
	里平均每人薪資所得(萬元)	-9.761	-3.763	-33.987 *	-17.766 *	-12.133 **
	區自用小客車成人持有率(%)	-13.513	37.931	-0.789	21.239	-4.589
	里壯年人口比例(%)	-10.458	-19.405	-43.298	-9.522	23.006 **
	里老年人口比例(%)	4.88	68.598 *	93.709 *	24	3.588
	區公司登記數(百間)	0.873 *	2.478 *	3.168 *	0.273	0.09
公共 運輸	公車站數(站)	1.928 ***	6.355 ***	6.861 ***	2.913 **	1.328 **
	捷運站距離(百公尺)	-8.821 *	-33.694 **	-27.341	-21.717 **	-10.945 **
	火車站距離(百公尺)	1.609	0.344	6.893	3.565	3.52 **
土地 使用	總樓地板面積(千平方公尺)	0.275 *	0.547	1.415 ***	0.528 **	0.296 **
	商業區樓地板面積比例(%)	12.945 ***	44.971 ***	59.432 ***	23.395 ***	10.826 ***
	純住宅區樓地板面積比例(%)	-13.616 ***	-26.326 ***	-26.824 ***	-9.136 *	-5.508 **
	混合使用住宅區樓地板面積比例(%)	-14.307 ***	-30.56 ***	-11.943	-0.071	-0.926
	政府機關樓地板面積比例(%)	-8.765 **	-13.524	-18.299	-4.748	-2.607
	公園綠地用地比例(%)	-1.294	-27.01	3.725	2.68	7.663
R ²		0.44	0.505	0.451	0.401	0.467
Adj. R ²		0.421	0.487	0.432	0.38	0.449
Num. obs.		442	442	442	442	442
RMSE		570.534	1392.34	1862.81	913.839	486.306

註：著色陰影代表統計顯著，***: p-value<0.001 、 **: p-value<0.01 、 *: p-value<0.05

建構時段旅次到達多變量迴歸後，需再乘上該時段的各小時平均比例，根據旅次到達資料計算出時段內每小時平均比例如表 5-9 所示，兩者相乘後可得以小時為單位之預估旅次到達量，後續於 5.2.3 小節說明預估結果。

表 5-9 旅次到達-時段內每小時平均比例

半夜清晨時段	小時	0~1	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~7
	比例	0.150	0.101	0.082	0.073	0.082	0.154	0.358
晨峰時段	小時	7~8	8~9	9~10				
	比例	0.364	0.345	0.291				
白天離峰時段	小時	10~11	11~12	12~13	13~14	14~15	15~16	16~17
	比例	0.123	0.129	0.136	0.143	0.134	0.150	0.186
昏峰時段	小時	17~18	18~19	19~20				
	比例	0.363	0.370	0.267				
晚上離峰時段	小時	20~21	21~22	22~23	23~24			
	比例	0.313	0.326	0.266	0.135			

5.2.3 時段旅次模式方法預測與比較

藉由時段旅次出發與旅次到達模式，將具有相似特性的小時合併分析，可以發現社會經濟變數與土地使用變數在不同時段的正負影響程度，且兩種旅次具有方向性，出發與到達的晨昏峰時段的解釋沒有衝突且可互補。

本小節首先將時段旅次出發與到達迴歸模式進行 10-Fold 驗證以計算 MAPE 值，其次將所有樣本資料時段旅次乘上時段旅次比例轉換，求出預估的一天各小時旅次量，並以一天各小時為計算基礎，與實際旅次做比較計算 MAPE 值，作為與其他模式方法的比較基準。

● 迴歸模式驗證

時段旅次迴歸模式經過 10-Fold 驗證後，得出旅次出發與旅次到達各時段 MAPE 值，將各小時之旅次分為時段估計後，結果呈現如表 5 - 10，旅次出發在晨峰時段預測表現最佳，MAPE 數值為 29.5%，旅次到達於晚上離峰時段表現最佳 MAPE 為 33.8%。

表 5 - 10 時段迴歸模式之驗證-旅次出發與到達 MAPE 值

時間	半夜清晨時段 0~7	晨峰時段 7~10	白天離峰時段 10~17	昏峰時段 17~20	晚上離峰時段 20~24
旅次出發	0.399	0.295	0.547	0.809	0.926
旅次到達	0.549	0.999	0.577	0.413	0.338

註：著色陰影表示 MAPE<50%，為預測合理範圍

將兩模式的驗證 MAPE 變化呈現於圖 5 - 6，可發現旅次出發與旅次到達呈現鏡像關係，相同時段在旅次出發模式表現較好卻在旅次到達模式表現不佳，各里的旅次變異在出發與到達模式不同，導致驗證的預測結果有此特性，說明出發與到達模式之各時段差異；使用時段旅次多變量迴歸模式，可得到旅次出發模式驗證的平均 MAPE 值為 59.5%，到達模式驗證的平均 MAPE 值為 57.5%。

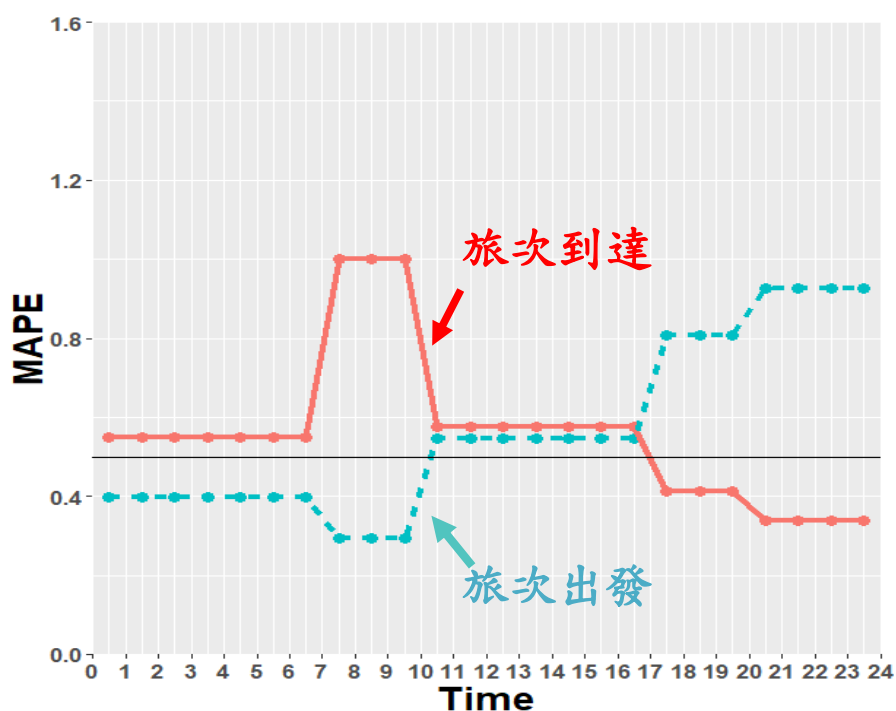


圖 5-6 時段迴歸模式之驗證-旅次出發與到達 MAPE 比較圖

● 各小時預測結果

將時段旅次迴歸模式預測出的旅次數值乘上各時段各小時平均比例，可以得出 24 小時個別的旅次數值，再將轉換後的旅次數值與實際旅次做比較，觀察各小時 MAPE 值結果，數值列表於表 5-11，旅次出發在 7~8 點、8~9 點表現合理，MAPE 值約為 35.5%，旅次到達於 17~18 點、19~20 點、20~21 點、21~22 點表現合理，MAPE 值約為 47.8%，各小時 MAPE 比較圖呈現於圖 5-7。

表 5-11 時段迴歸模式之預測方法-旅次出發與到達 MAPE 值

時間	0~1	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~7	7~8	8~9	9~10	10~11	11~12	12~13	13~14	14~15	15~16	16~17	17~18	18~19	19~20	20~21	21~22	22~23	23~24
旅次出發	1.22	1.23	1.16	1.28	1.11	0.84	0.70	0.37	0.34	0.72	0.87	0.69	0.83	0.65	1.04	0.87	0.80	0.89	0.90	1.03	1.21	1.10	1.08	1.31
旅次到達	1.00	1.23	1.08	1.42	1.07	1.03	1.21	1.44	1.38	1.19	0.77	0.72	0.77	0.96	0.73	0.74	0.91	0.49	0.51	0.47	0.48	0.47	0.61	0.78

註：著色陰影表示 MAPE<50%，為預測合理範圍

將時段旅次迴歸模式預測出的旅次數值乘上各時段各小時平均比例，把所有預測的里樣本資料與實際觀察資料進行比對，時段迴歸模式之預測方法 MAPE 變化呈現如圖 5-7，可發現清晨時刻數值較高，出發與到達準確率隨著時間呈現不同變化，旅次出發的 MAPE 值隨著時間越來高，旅次到達的 MAPE 值隨著時間越來越低；旅次出發模式的平均 MAPE 值為 92.7%，到達模式的平均 MAPE 值為 89.5%，除了晨峰的旅次出發與昏峰的旅次到達，其他小時變量模式比理想情況差。

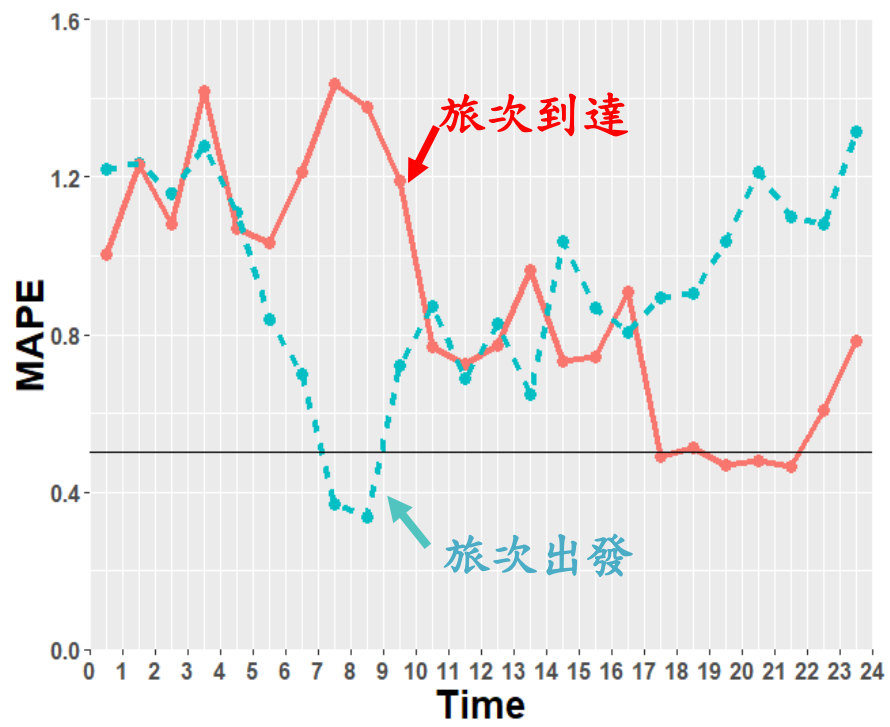


圖 5 - 7 時段迴歸模式之預測方法-旅次出發與到達 MAPE 比較圖

5.3 日旅次迴歸模式

本小節應變數分析單位為一日的總旅次量，將一天 24 小時所有旅次量加總，觀察解釋變數對於旅次出發量與旅次到達量之關係，在旅次出發與旅次到達分別建 1 條迴歸模式。以往文獻迴歸模型以一日為單位，並且分析資料為 PA 表之旅次產生與吸引，本研究在日旅次模式也嘗試以日為單位進行分析，但本研究使用起訖資料 OD 表之旅次出發與旅次到達，故與以往文獻的迴歸模式結果不完全相同。

由於以里為單位的小時信令資料存在遺漏值，加總一日旅次數量時若欠缺任一小時資料會造成誤差，故使用 K-近鄰演算法 (KNN, K-Nearest Neighbours) 填補，以 K 為 10 尋找最近 10 個相似的里，這些里的其他小時旅次量與遺漏值里相似，該里小時遺漏值的填補數字則利用這 10 個里的該小時平均決定。

本模式共分為兩階段，第一階段為日旅次量之預測，欲得知一天各小時所預估之旅次量，將一天總旅次量乘以一天各小時所占平均比例，得出以小時為單位之旅次量，如下圖 5 - 8 所示；第二階段利用集群分析將里的一天各小時旅次比例分布型態進行區分，嘗試不同分群數目與觀察群體旅次比例分布差異程度後，決定將樣本里分為五群。以 A 里為例，欲得知 A 里在 7~8 點預估旅次，先藉由日旅次迴歸模式估出總旅次量為 8000，使用判別分析帶入 A 里的社會經濟與土地使用狀況決定 A 里屬於第二群，乘上第二群 7~8 點比例 0.0753，則 A 里 7~8 點旅次量為 602.4。

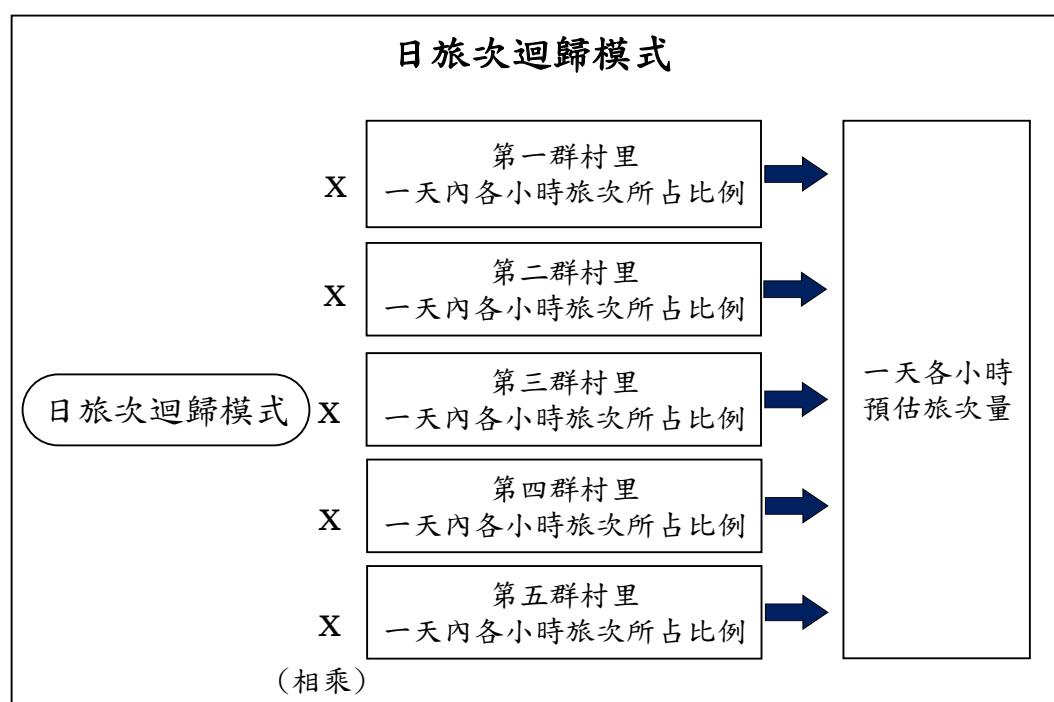


圖 5 - 8 日旅次迴歸模式研究架構圖

5.3.1 日旅次出發

第一階段日旅次出發迴歸估計結果如表 5-12 所示，社會經濟主要顯著正值變數為里人口數；公共運輸主要顯著變數為公車站數與捷運站距離；土地使用變數為主要解釋變數，總樓地板面積、商業區樓地板面積比例皆為顯著正值，代表樓地板面越多、商業區比例越高的里一天內會有更多旅次出發量，純住宅樓地板面積比例、混合住宅樓地板面積比例與政府機關樓地板面積比例相較之下為顯著負值，Adjusted R^2 為 0.483 代表此迴歸模式能夠解釋全體變異量的比例佳。

表 5-12 旅次出發-日旅次迴歸估計結果

時間		一天
變數		
	(截距)	9998.97 ***
社會 經濟	里人口數(百人)	100.848 ***
	里平均每人薪資所得(萬元)	-83.604
	區自用小客車成人持有率(%)	52.934
	里壯年人口比例(%)	-55.168
	里老年人口比例(%)	203.976
	區公司登記數(百間)	6.974
公共 運輸	公車站數(站)	21.139 ***
	捷運站距離(百公尺)	-107.15 **
	火車站距離(百公尺)	12.405
土地 使用	總樓地板面積(千平方公尺)	3.391 **
	商業區樓地板面積比例(%)	170.24 ***
	純住宅區樓地板面積比例(%)	-87.246 ***
	混合使用住宅區樓地板面積比例(%)	-62.733 **
	政府機關樓地板面積比例(%)	-50.827 *
	公園綠地用地比例(%)	-14.236
R^2		0.5
Adj. R^2		0.483
Num. obs.		442
RMSE		4976.05

註：著色陰影代表統計顯著，***: p-value<0.001 、 **: p-value<0.01 、 *: p-value<0.05

建構日旅次出發迴歸模式後，需再乘上所屬分群的各小時平均比例，各小時平均比例計算公式為 (5-2)，根據旅次出發資料分群後每小時平均比例，兩者相乘後可得以小時為單位之預估旅次量，後續於 5.3.3 小節說明預估結果。

$$\text{第 } t \text{ 小時平均旅次比例} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{i \text{ 里第 } t \text{ 小時旅次量}}{i \text{ 里一天旅次量}} \quad (5-2)$$

m：為該分群內之里各數

第二階段利用 K-Means 集群分析將樣本里作分群，分群依據為各里各小時旅次占一天總旅次之比例，以每小時旅次比例做為變數，共考慮 24 個變數進行分群，由於 K-Means 集群分析法的結果會受初始 K 個集群形心或種子點的設定影響，本研究隨機跑 300 次分類，選擇出現次數最多的分類型態作為集群分析結果。

分群後分別計算該群體之平均值作為後續運算，觀察圖 5 - 9 可發現五個群體平均時間旅次比例分布不同，第 1 群有 68 個里，旅次比例時間分布特徵為黃昏、晚上有兩個明顯尖峰；第 2 群有 81 個里，旅次比例時間分布特徵為早上有明顯尖峰；第 3 群有 128 個里，旅次比例時間分布特徵為有晨峰與昏峰，而且晨峰比昏峰比例還高；第 4 群有 70 個里，旅次比例時間分布特徵為擁有明顯昏峰；第 5 群有 95 個，旅次比例時間分布特徵為擁有晨昏、昏峰，昏峰比例比晨峰還高。

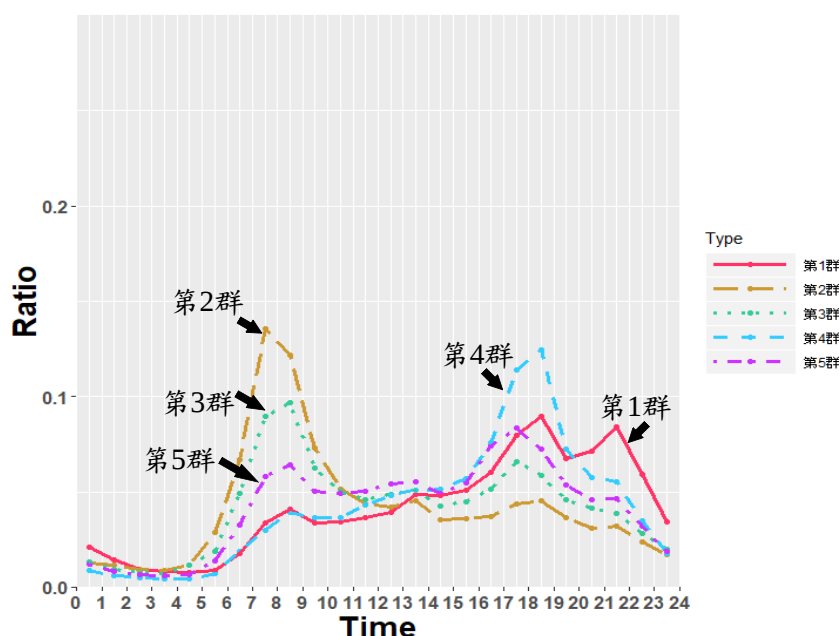
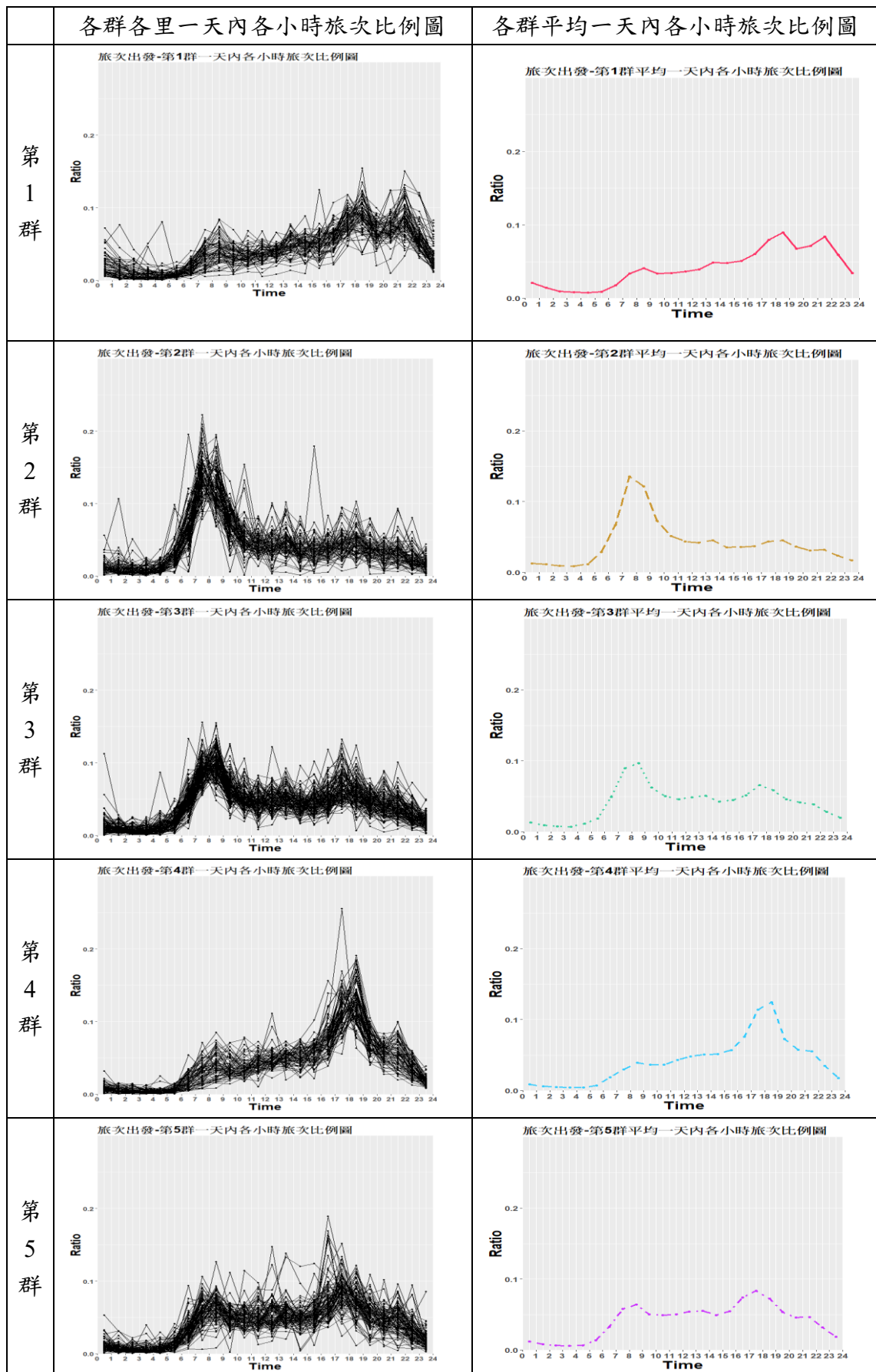


圖 5 - 9 旅次出發-各群平均一天內各小時旅次比例圖

將各群各里一天內各小時旅次比例圖與各群平均一天內各小時旅次比例圖，列表於下做對應，可明顯看出旅次出發中各群體之比較。

表 5-13 旅次出發-分群小時旅次比例



分群里之土地使用狀況列於表 5 - 14，變數數值為各群內所有里之平均，與表 5 - 13 對照後可發現土地使用對旅次比例時間分布型態之影響，同時也代表土地使用影響旅次時間分布型態。

第 1 群商業區、混合使用住宅樓地板面積比例較高，旅次比例時間分布特徵為黃昏、晚上有兩個明顯尖峰；第 2 群純住宅樓地板面積比例較高，旅次比例時間分布特徵為早上有明顯尖峰；第 3 群與第 2 群土地使用比例相似，但純住宅區樓地板面積比例比例較低、其他土地使用樓地板面積比例較高，旅次比例時間分布特徵為有晨峰與昏峰，而第 3 群晨峰低於第 2 群晨峰比例；第 4 群土地使用商業區樓地板面積比例比例最高，旅次比例時間分布特徵為擁有明顯昏峰，第 5 群與第 3 群相似，但商業區樓地板面積比例較高、純住宅區樓地板面積比例較低，旅次比例時間分布特徵為擁有晨昏、昏峰，且昏峰比例比晨峰還高。

歸納上述各群平均之土地使用與旅次比例時間分布型態，當商業區樓地板面積比例越高越容易在傍晚有旅次量，純住宅區樓地板面積比例越高越容易在早上有旅次量，混合住宅區樓地板面積比例越高越容易在晚上 9~10 有與昏峰接近但略低的旅次量，由於政府機關樓地板面積比例與公園綠地用地比例在各群體之間變化不大，故較不容易推斷影響情形，在 6.3.1 節社會與建成環境變數函數型線性模式分析中，也提及政府機關樓地板面積比例與公園綠地用地高低群對旅次時間分布較不顯著，總結出土地使用不僅影響旅次出發量也影響旅次時間分布型態。

表 5 - 14 旅次出發-分群之平均土地使用列表

	第 1 群	第 2 群	第 3 群	第 4 群	第 5 群
總樓地板面積(千平方公尺)	384.49	218.45	325.46	517.21	406.89
商業區樓地板面積比例(%)	<u>20.17</u>	4.49	6.61	<u>24.41</u>	9.04
純住宅區樓地板面積比例(%)	23.97	<u>54.86</u>	<u>43.21</u>	19.29	32.51
混合住宅區樓地板面積比例(%)	<u>42.51</u>	23.92	27.63	26.23	25.01
政府機關樓地板面積比例(%)	1.35	3.75	4.35	5.74	6.72
公園綠地用地比例(%)	1.69	2.58	3.46	2.73	3.26

註：底線為各群體分布型態探討之變數，其數值較高

同圖 5 - 9、表 5 - 13 之結果，將各群平均比例數值列於表 5 - 15，作為後續估計每小時各里旅次出發之分群相乘數值。

表 5 - 15 旅次出發-五群體之平均旅次比例表

旅次出發 平均一天 內各小時 旅次比例	第 1 群	時間	0~1	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~7	7~8	8~9	9~10	10~11	11~12
		比例	0.021	0.014	0.010	0.009	0.008	0.009	0.018	0.034	0.041	0.034	0.034	0.036
		時間	12~13	13~14	14~15	15~16	16~17	17~18	18~19	19~20	20~21	21~22	22~23	23~24
		比例	0.039	0.049	0.048	0.051	0.061	0.080	0.090	0.067	0.071	0.084	0.059	0.034
	第 2 群	時間	0~1	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~7	7~8	8~9	9~10	10~11	11~12
		比例	0.013	0.012	0.010	0.009	0.012	0.029	0.067	0.135	0.122	0.073	0.052	0.044
		時間	12~13	13~14	14~15	15~16	16~17	17~18	18~19	19~20	20~21	21~22	22~23	23~24
		比例	0.042	0.045	0.036	0.036	0.037	0.044	0.045	0.036	0.031	0.032	0.024	0.017
	第 3 群	時間	0~1	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~7	7~8	8~9	9~10	10~11	11~12
		比例	0.014	0.009	0.008	0.007	0.012	0.019	0.049	0.089	0.097	0.063	0.050	0.046
		時間	12~13	13~14	14~15	15~16	16~17	17~18	18~19	19~20	20~21	21~22	22~23	23~24
		比例	0.049	0.051	0.043	0.045	0.051	0.066	0.059	0.046	0.041	0.039	0.028	0.020
	第 4 群	時間	0~1	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~7	7~8	8~9	9~10	10~11	11~12
		比例	0.009	0.006	0.005	0.004	0.004	0.007	0.019	0.030	0.039	0.036	0.037	0.043
		時間	12~13	13~14	14~15	15~16	16~17	17~18	18~19	19~20	20~21	21~22	22~23	23~24
		比例	0.048	0.051	0.051	0.057	0.076	0.114	0.125	0.073	0.057	0.055	0.035	0.018
	第 5 群	時間	0~1	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~7	7~8	8~9	9~10	10~11	11~12
		比例	0.012	0.008	0.006	0.006	0.007	0.014	0.033	0.058	0.064	0.050	0.049	0.051
		時間	12~13	13~14	14~15	15~16	16~17	17~18	18~19	19~20	20~21	21~22	22~23	23~24
		比例	0.054	0.055	0.049	0.055	0.074	0.084	0.072	0.053	0.046	0.047	0.032	0.019

後續在實例應用中，使用判別分析 Bayes 方法分類未知群體的里，旅次出發的里分群先驗機率如表 5 - 16。

表 5 - 16 旅次出發-里分群先驗機率

	第 1 群	第 2 群	第 3 群	第 4 群	第 5 群
群體樣本數	68	81	128	70	95
機率	0.1538	0.1833	0.2896	0.1584	0.2149

利用該里的社會經濟、公共運輸與土地使用變數，標準化後作為判別變數，並計算判別函數值，得到選擇變數對於各群體分類的均值向量與降維矩陣係數，數值顯示於表 5 - 17，降維後得到分量 LD1 權重值為 0.8222、LD2 權重值為 0.0987、LD3 權重值為 0.0578、LD4 權重值為 0.0213，本研究 LD1 佔絕大比重。

表 5 - 17 旅次出發-分群均值向量與降維矩陣係數

	分群均值向量					降維矩陣係數			
	第 1 群	第 2 群	第 3 群	第 4 群	第 5 群	LD1	LD2	LD3	LD4
里人口數	-0.306	0.197	0.373	-0.299	-0.138	0.2234	0.2083	0.1713	0.7819
里平均每人薪資所得	0.092	-0.329	-0.043	0.383	0.048	-0.1005	-0.0159	0.1452	0.2017
區自用小客車成人持有率	0.005	-0.079	-0.033	0.417	-0.132	0.0227	0.3765	-0.4477	0.0368
里壯年人口比例	-0.247	0.394	0.290	-0.410	-0.195	0.0960	-0.3533	0.0068	0.5554
里老年人口比例	0.546	-0.531	-0.272	0.270	0.155	-0.3284	0.1099	0.2255	0.1717
區公司登記數	0.801	-0.585	-0.288	0.590	-0.130	-0.4160	-0.4730	0.0817	-0.0067
公車站數	-0.197	-0.377	-0.086	0.360	0.208	-0.2878	0.1885	0.0903	0.0588
捷運站距離	-0.447	0.263	0.053	-0.296	0.259	0.1459	0.0724	0.2225	-0.3040
火車站距離	-0.447	0.334	0.182	-0.355	0.166	0.0587	-0.2995	0.1837	0.0141
總樓地板面積	0.040	-0.419	-0.123	0.406	0.101	-0.1307	-0.2947	0.0802	-0.1665
商業區樓地板面積比例	0.589	-0.555	-0.401	0.899	-0.223	-0.4650	-0.2938	-0.9403	0.0604
純住宅區樓地板面積比例	-0.604	0.962	0.371	-0.842	-0.171	0.6965	-0.6446	-0.7411	-0.3643
混合使用住宅區樓地板面積比例	0.795	-0.269	-0.056	-0.136	-0.206	0.1557	-1.0156	0.3264	-0.0837
政府機關樓地板面積比例	-0.245	-0.057	-0.010	0.098	0.175	0.2549	-0.0621	-0.1565	0.0955
公園綠地用地比例	-0.232	-0.052	0.126	-0.021	0.085	0.1191	-0.0681	0.0664	0.2781

利用判別函數顯示實際與預測結果之混淆矩陣顯示於表 5 - 18，利用混淆矩陣計算判別方法準確值，本研究出發模式的里分群準確率達 54.1%，準確率不如其他判別分析高，探究其因有二：其一分群數目為多組分群且高達五群故準確率會較低，其二判斷錯誤高的群組之間有相似性，如第 2 群與第 3 群同樣為早晨有明顯尖峰，第 3 群與第 5 群為相似擁有晨峰、昏峰之分布特性，所以在考慮到資料群組間仍有部分特徵相似下，判別為結果為合理可接受，在考量相似的群組關係下本研究判別函數為合適之判別分析。

表 5 - 18 旅次出發-混淆矩陣

		預測類別				
		第 1 群	第 2 群	第 3 群	第 4 群	第 5 群
實際類別	第 1 群	40	2	7	14	5
	第 2 群	1	42	35	1	2
	第 3 群	6	25	79	3	15
	第 4 群	17	0	5	38	10
	第 5 群	13	5	31	6	40

5.3.2 日旅次到達

第一階段日旅次到達迴歸估計結果如表 5 - 19 所示，社會經濟主要顯著正值變數為里人口數、老年人口比例與區公司登記數；公共運輸主要顯著變數為公車站數與捷運站距離；土地使用變數為主要解釋變數，總樓地板面積、商業區樓地板面積比例皆為顯著正值，代表樓地板面越多、商業區比例越高的里一天內會有更多旅次到達量，純住宅樓地板面積比例、混合住宅樓地板面積比例與政府機關比例相較之下為顯著負值，Adjusted R² 為 0.479 代表此迴歸模式能夠解釋全體變異量的比例佳。

表 5 - 19 旅次到達-日旅次迴歸估計結果

時間		一天
變數		
	(截距)	9339 ***
社會 經濟	里人口數(百人)	96.127 ***
	里平均每人薪資所得(萬元)	-77.409
	區自用小客車成人持有率(%)	40.278
	里壯年人口比例(%)	-59.676
	里老年人口比例(%)	194.775 *
	區公司登記數(百間)	6.882 *
	區公司登記數(百間)	6.882 *
公共 運輸	公車站數(站)	19.385 ***
	捷運站距離(百公尺)	-102.52 **
	火車站距離(百公尺)	15.93
土地 使用	總樓地板面積(千平方公尺)	3.061 **
	商業區樓地板面積比例(%)	151.57 ***
	純住宅區樓地板面積比例(%)	-81.411 ***
	混合使用住宅區樓地板面積比例(%)	-57.807 **
	政府機關樓地板面積比例(%)	-47.942 *
	公園綠地用地比例(%)	-14.236
R ²		0.497
Adj. R ²		0.479
Num. obs.		442
RMSE		4586.75

註：著色陰影代表統計顯著，***: p-value< 0.001 、 **: p-value<0.01 、 *: p-value<0.05

建構日旅次到達迴歸模式後，需再乘上所屬分群的各小時平均比例，根據旅次到達資料分群後每小時平均比例，兩者相乘後可得到以小時為單位之預估旅次到達量，後續於 5.3.3 小節說明預估結果。

第二階段利用 K-Means 集群分析將樣本里作分群，分群依據為各里各小時旅次占一天總旅次之比例，以每小時旅次比例做為變數，共考慮 24 個變數進行分群，由於 K-Means 集群分析法的結果會受初始 K 個集群形心或種子點的設定影響，本研究隨機跑 300 次分類，選擇出現次數最多的分類型態作為集群分析結果。

分群後分別計算該群體之平均值作為後續運算，觀察圖 5-10 可發現五個群體平均時間旅次比例分布不同，第 1 群有 136 個里，旅次比例時間分布特徵為黃昏、晚上有兩個明顯尖峰，並且早上有較小的高峰；第 2 群有 23 個里，旅次比例時間分布特徵為早上有明顯尖峰；第 3 群有 117 個里，旅次比例時間分布特徵為有晨峰與昏峰，而且中午時間也有一個較小的高峰；第 4 群有 62 個里，旅次比例時間分布特徵為擁有明顯晨峰，並且有較小的中午高峰及較小的昏峰；第 5 群有 104 個，旅次比例時間分布特徵為擁有明顯黃昏與晚上尖峰。

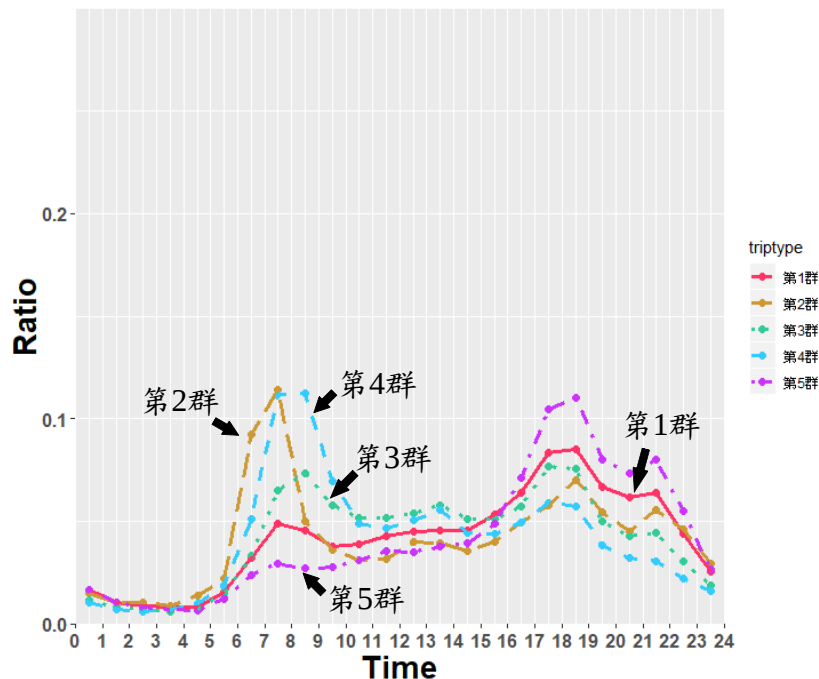
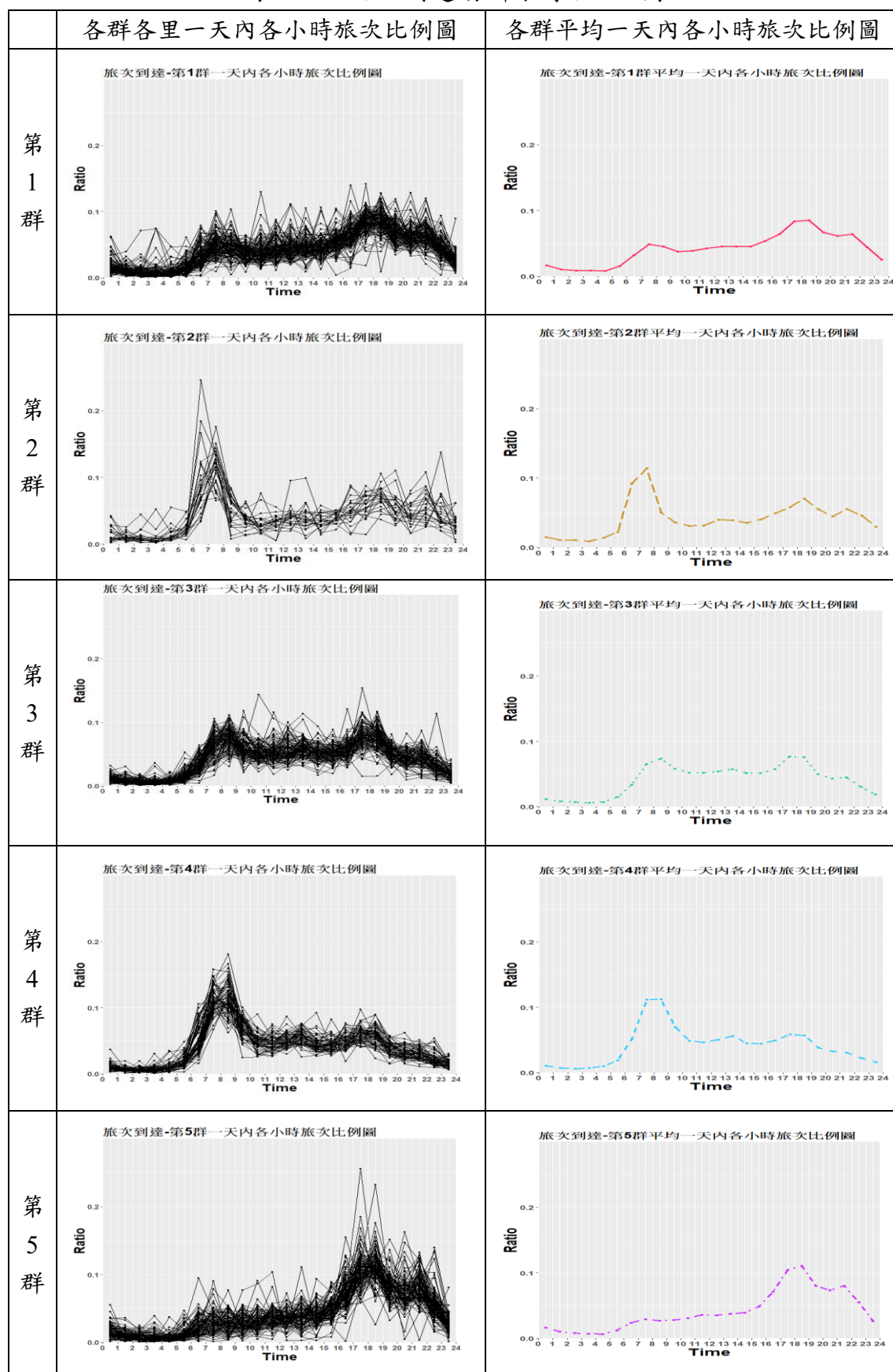


圖 5-10 旅次到達-五群體所有旅次比例與平均旅次比例圖

將各群各里一天內各小時旅次比例圖與各群平均一天內各小時旅次比例圖，列表於表 5-20 做對應，可明顯看出旅次到達中各群體之比較。

表 5-20 旅次到達-分群小時旅次比例



分群里之土地使用狀況列於表 5 - 21，變數數值為各群內所有里之平均，與表 5 - 20 對照後可發現土地使用對旅次比例時間分布型態之影響，同時也代表土地使用影響旅次時間分布型態。

第 1 群純住宅區、混合使用住宅樓地板面積比例較高，旅次比例時間分布特徵為黃昏、晚上有兩個明顯尖峰；第 2 群各項變數數值適中，旅次比例時間分布特徵為早上有明顯尖峰，其次為傍晚、晚上有尖峰；第 3 群商業區樓地板面積比例偏高、純住宅區樓地板面積比例偏低、有最高的混合使用住宅區樓地板面積，旅次比例時間分布特徵為有晨峰與昏峰，而且中午時間有一個較小的尖峰；第 4 群與第 3 群相似，但商業區樓地板面積比例較高、純住宅區樓地板面積比例較低、混合使用住宅區樓地板面積比例較低，旅次比例時間分布特徵為擁有明顯晨峰，並且有較小的中午尖峰及較小的昏峰；第 5 群與第 1 群相似，但商業區樓地板面積比例較低、純住宅區樓地板面積比例較高，旅次比例時間分布特徵為擁有明顯黃昏與晚上尖峰，且第 5 群晨峰較第 1 群晨峰低。

歸納上述各群平均之土地使用與旅次比例時間分布型態，當商業區樓地板面積比例越高越容易在早上有旅次到達量，純住宅區樓地板面積比例越高越容易在傍晚有旅次到達量，混和住宅區樓地板面積比例變數在旅次到達較不容易推斷，由於政府機關樓地板面積比例與公園綠地用地比例在各群體之間變化不大，故較不容易推斷影響情形，在 6.3.1 節社會與建成環境變數函數型線性模式分析中，也提及政府機關樓地板面積比例與公園綠地用地高低群對旅次時間分布較不顯著，總結出土地使用不僅影響旅次到達量也影響旅次時間分布型態。

表 5 - 21 旅次到達-分群之平均土地使用列表

	第 1 群	第 2 群	第 3 群	第 4 群	第 5 群
總樓地板面積(千平方公尺)	321.74	307.35	437.69	539.75	239.03
商業區樓地板面積比例(%)	8.93	7.90	15.63	<u>24.01</u>	4.18
純住宅區樓地板面積比例(%)	<u>42.23</u>	34.51	25.82	20.33	<u>50.24</u>
混合住宅區樓地板面積比例(%)	<u>28.42</u>	21.63	<u>32.97</u>	22.95	28.21
政府機關樓地板面積比例(%)	4.02	4.16	4.83	6.51	3.67
公園綠地用地比例(%)	2.92	4.32	2.69	2.86	2.68

註：底線為各群體分布型態探討之變數，其數值較高

同圖 5 - 10、表 5 - 20 之結果，將各群平均比例數值列於表 5 - 22，作為後續估計每小時各里旅次到達之分群相乘數值。

表 5 - 22 旅次到達-五群體之平均旅次比例表

旅次到達 平均一天 內各小時 旅次比例	第 1 群	時間	0~1	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~7	7~8	8~9	9~10	10~11	11~12
		比例	0.017	0.010	0.009	0.009	0.009	0.015	0.032	0.049	0.046	0.038	0.039	0.043
		時間	12~13	13~14	14~15	15~16	16~17	17~18	18~19	19~20	20~21	21~22	22~23	23~24
		比例	0.045	0.045	0.046	0.054	0.064	0.084	0.085	0.067	0.062	0.064	0.044	0.026
	第 2 群	時間	0~1	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~7	7~8	8~9	9~10	10~11	11~12
		比例	0.015	0.011	0.010	0.009	0.014	0.022	0.093	0.114	0.050	0.036	0.031	0.031
		時間	12~13	13~14	14~15	15~16	16~17	17~18	18~19	19~20	20~21	21~22	22~23	23~24
		比例	0.040	0.040	0.036	0.040	0.049	0.058	0.070	0.055	0.045	0.056	0.046	0.030
	第 3 群	時間	0~1	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~7	7~8	8~9	9~10	10~11	11~12
		比例	0.011	0.008	0.007	0.006	0.007	0.015	0.034	0.065	0.074	0.058	0.052	0.052
		時間	12~13	13~14	14~15	15~16	16~17	17~18	18~19	19~20	20~21	21~22	22~23	23~24
		比例	0.054	0.058	0.051	0.051	0.057	0.077	0.076	0.050	0.043	0.045	0.030	0.019
	第 4 群	時間	0~1	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~7	7~8	8~9	9~10	10~11	11~12
		比例	0.011	0.007	0.006	0.007	0.010	0.019	0.051	0.112	0.113	0.070	0.049	0.047
		時間	12~13	13~14	14~15	15~16	16~17	17~18	18~19	19~20	20~21	21~22	22~23	23~24
		比例	0.051	0.056	0.045	0.044	0.049	0.059	0.057	0.038	0.032	0.030	0.022	0.016
	第 5 群	時間	0~1	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~7	7~8	8~9	9~10	10~11	11~12
		比例	0.017	0.010	0.008	0.007	0.006	0.012	0.024	0.029	0.027	0.028	0.031	0.036
		時間	12~13	13~14	14~15	15~16	16~17	17~18	18~19	19~20	20~21	21~22	22~23	23~24
		比例	0.035	0.038	0.039	0.049	0.071	0.105	0.110	0.080	0.073	0.080	0.055	0.026

後續在實例應用中，使用判別分析 Bayes 方法分類未知群體的里，旅次到達的里分群先驗機率如表 5 - 23 所示。

表 5 - 23 旅次到達-里分群先驗機率

	第 1 群	第 2 群	第 3 群	第 4 群	第 5 群
群體樣本數	136	23	117	62	104
機率	0.3077	0.0520	0.2647	0.1403	0.2353

利用該里的社會經濟、公共運輸與土地使用變數，標準化後作為判別變數，並計算判別函數值，得到選擇變數對於各群體分類的均值向量與降維矩陣係數，數值顯示於表 5 - 24 表 5 - 17，降維後得到分量 LD1 權重值為 0.8549、LD2 權重值為 0.0802、LD3 權重值為 0.0409、LD4 權重值為 0.0240，本研究 LD1 佔絕大比重。

表 5 - 24 旅次到達-分群均值向量與降維矩陣係數

	分群均值向量					降維矩陣係數			
	第 1 群	第 2 群	第 3 群	第 4 群	第 5 群	LD1	LD2	LD3	LD4
里人口數	0.215	-0.313	-0.117	-0.371	0.227	-0.1223	0.4231	-0.1106	0.4760
里平均每人薪資所得	-0.160	-0.336	0.083	0.618	-0.126	0.1608	-0.3786	-0.3709	-0.2136
區自用小客車成人持有率	-0.175	-0.254	0.059	0.430	0.024	0.0429	-0.2771	-0.2973	-0.6811
里壯年人口比例	0.102	0.127	-0.155	-0.500	0.359	-0.1156	0.1206	0.0152	-0.4254
里老年人口比例	-0.160	0.056	0.370	0.235	-0.428	0.3244	0.4301	-0.1071	-0.3587
區公司登記數	-0.199	-0.223	0.356	0.555	-0.429	0.3011	0.2036	0.2281	0.3766
公車站數	-0.153	0.147	0.103	0.413	-0.291	0.2118	-0.0275	0.2390	-0.0394
捷運站距離	0.129	0.217	-0.099	-0.246	0.058	-0.1190	0.3067	-0.3152	0.5339
火車站距離	0.064	0.173	-0.122	-0.165	0.217	0.0320	0.1045	-0.0379	-0.1761
總樓地板面積	-0.134	-0.173	0.186	0.468	-0.362	0.1079	0.1482	-0.6414	0.2336
商業區樓地板面積比例	-0.231	-0.306	0.258	0.869	-0.578	0.4312	-0.4104	-0.6754	0.5961
純住宅區樓地板面積比例	0.321	-0.070	-0.511	-0.789	0.727	-0.7598	-0.5163	-0.8011	0.3753
混合使用住宅區樓地板面積比例	-0.011	-0.400	0.249	-0.324	-0.023	-0.5327	0.5390	-1.0104	-0.1990
政府機關樓地板面積比例	-0.036	-0.025	0.027	0.159	-0.064	-0.2381	-0.1015	-0.2764	0.0468
公園綠地用地比例	0.017	0.301	-0.031	0.005	-0.032	-0.0967	0.1138	0.0411	0.2105

利用判別函數顯示實際與預測結果之混淆矩陣顯示於表 5 - 25，利用混淆矩陣計算判別方法準確值，本研究到達模式的里分群準確率達 52.7%，準確率不如其他判別分析高，探究其因有二：其一分群數目為多組分群且高達五群故準確率會較低，其二判斷錯誤高的群組之間有相似性，如第 3 群與第 4 群同樣有晨峰、昏峰，第 1 群與第 5 群為昏峰比晨峰高，所以在考慮到資料群組間仍有部分特徵相似下，判別為結果為合理可接受，在考量相似的群組關係下本研究判別函數為合適之判別分析。

表 5 - 25 旅次到達-混淆矩陣

		預測類別				
		第 1 群	第 2 群	第 3 群	第 4 群	第 5 群
實際類別	第 1 群	74	3	21	6	32
	第 2 群	7	3	10	0	3
	第 3 群	28	4	64	15	6
	第 4 群	3	0	21	34	4
	第 5 群	39	0	7	0	58

5.3.3 日旅次模式方法預測與比較

在日旅次迴歸模式中，旅次出發與旅次到達模式係數正負號皆相同，本模式以一天之旅次量作為分析基礎預測旅次，因為不考慮一天內的時間變化，導致時間範圍偏大，解釋變數在旅次出發與旅次到達模式的模式中沒有明顯差異。

首先將日旅次出發與到達迴歸模式進行驗證以計算 MAPE 值，其次將旅次模式乘上旅次比例轉換，求出預估的一天各小時旅次量，並以一天各小時為計算基礎，與實際旅次做比較計算 MAPE 值，作為與其他模式方法的比較基準。

● 迴歸模式驗證

日旅次迴歸模式經過 10-Fold 驗證後，得出旅次出發與旅次到達各時段 MAPE 值，如表 5-26 所示，出發模式 MAPE 值為 46.8%，到達模式 MAPE 值為 46.5%，皆為合理模式且無太大差別，繪圖如圖 5-11。

表 5-26 日迴歸模式之驗證-旅次出發與到達 MAPE 值

	日旅次迴歸模式 MAPE
旅次出發	0.468
旅次到達	0.465

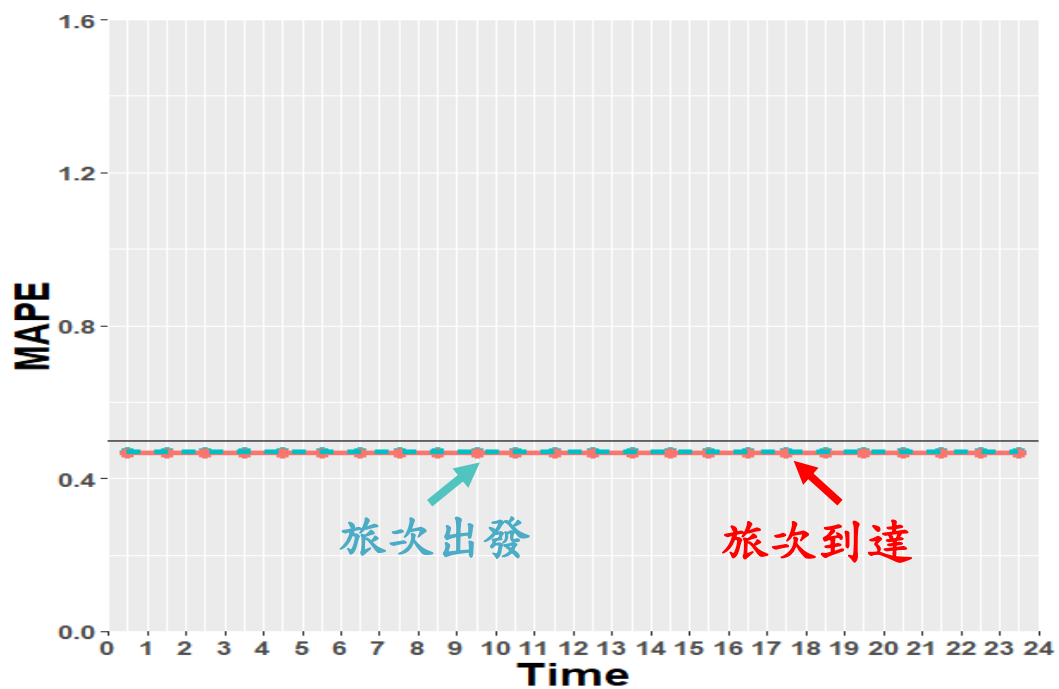


圖 5-11 日迴歸模式之驗證-旅次出發與到達 MAPE 比較圖

● 各小時預測結果

將日旅次迴歸模式預測出的旅次數值乘上分群後各小時平均比例值，可以得出 24 小時個別的旅次數值，再將轉換後的旅次數值與實際旅次做比較，觀察各小時 MAPE 值結果，所有小時 MAPE 值皆大於 50%，數值列於表 5 - 27。

表 5 - 27 日迴歸模式之預測方法-旅次出發與到達 MAPE 值

時間	0~1	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~7	7~8	8~9	9~10	10~11	11~12	12~13	13~14	14~15	15~16	16~17	17~18	18~19	19~20	20~21	21~22	22~23	23~24
旅次出發	1.20	1.34	1.36	1.38	1.40	0.98	0.81	0.55	0.54	0.84	0.78	0.64	0.77	0.60	0.88	0.76	0.68	0.62	0.62	0.72	0.89	0.84	0.80	0.97
旅次到達	0.98	1.14	1.04	1.53	1.04	1.00	1.02	0.79	0.77	0.70	0.66	0.65	0.67	0.82	0.68	0.71	0.87	0.58	0.60	0.54	0.65	0.68	0.86	0.98

註：著色陰影表示 MAPE<50%，為預測合理範圍

有別於小時、時段方法的 MAPE 圖，可發現圖 5 - 12 旅次出發與旅次到達模式 MAPE 值變化不大，在清晨時段 MAPE 值最高，7~21 點的 MAPE 值都在 60%~90% 左右，原因為日旅次出發迴歸模式本身就與日旅次到達迴歸模式相近，兩者解釋變數正負號相同，並且里的旅次比例有依特性先進行分群，故將日旅次按比例相乘出小時旅次後，旅次出發與旅次到達 MAPE 相似；旅次出發平均 MAPE 值為 87.4%，旅次到達平均 MAPE 值為 83.1%，在尖峰時段相較其他模式預測效果不理想。

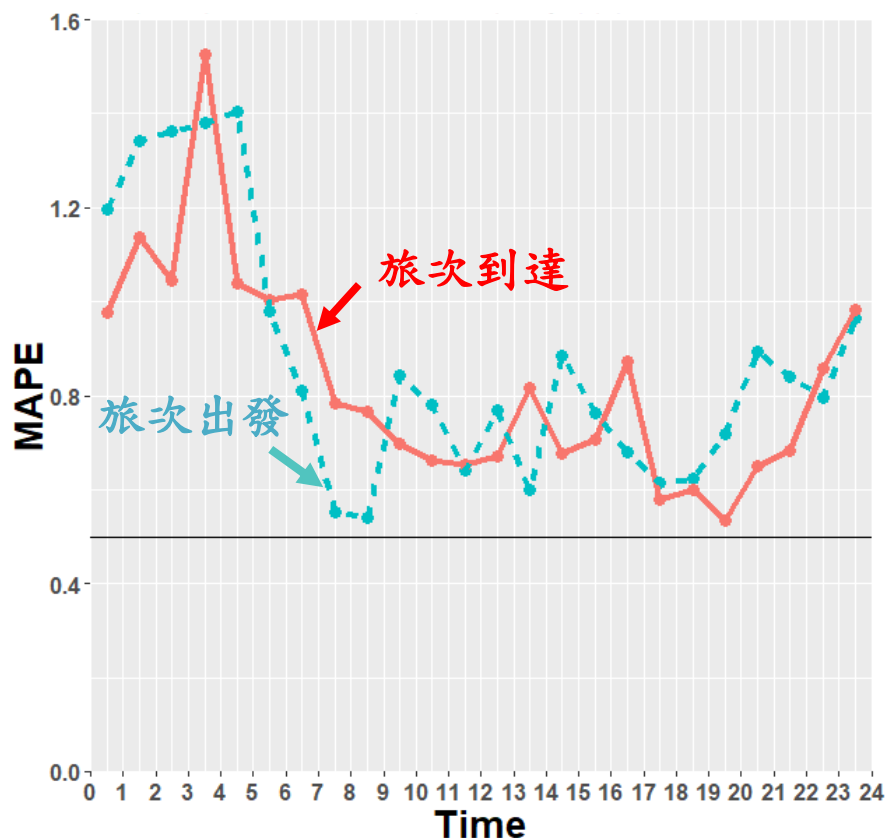


圖 5 - 12 日迴歸模式之預測方法-旅次出發與到達 MAPE 比較圖

5.4 三種模式比較與應用

本小節統整 5.1~5.3 小節的三個模式，說明三種時間範圍模式的特性，以各小時為基本單位探討預估準確率結果，並進行實際案例應用。

5.4.1 模式比較

小時旅次迴歸模式可以針對各小時旅次進行預測，不需要經過其他轉換即可以估計每小時旅次，但是具有各小時獨立的理想假設，與現實狀況有差距，應變數單位為每小時之旅次，然而解釋變數的特性數值不會因小時而變化，並且不同小時模式對於解釋變數極為敏感，有可能出現相鄰兩小時顯著與否、正負號的改變。

在時段旅次多變量迴歸模式中，因為把相近小時旅次做加總，所以變數可以反映該時段內的狀況，使各時段之間較獨立，且避免相同變數前一個小時不顯著但後一個小時卻顯著的問題，也可避免個別迴歸式計算導致前一小時與後一小時正負號不同的情況，將區分為五個時段後，可以解釋一段時間穩定情形，驗證 MAPE 值會比小時模式更佳，但轉換為以小時為單位後 MAPE 值與小時模式相似。

日旅次迴歸模式反映出各里一天的旅次需求量，使用的解釋變數如社會經濟、公共運輸、土地使用等皆為長時間穩定的資料，且分析單位為一天旅次量，可以解釋該里的整體活動情形，因分群依據考慮各里時間旅次特性，使各里使用較適合的分配比例相乘，所以驗證的 MAPE 值結果最佳，轉換成以小時為單位後，各小時之間 MAPE 值變化穩定，且旅次出發與旅次到達個小時的 MAPE 值變化較小。

根據前三小節的 MAPE 變化圖，統整於表 5-28，可比較三種模式之預測準確率結果，左方欄位為模式本身驗證 MAPE 圖，可比較小時旅次 24 個迴歸式、時段旅次 5 個迴歸式、與日旅次 1 個迴歸式，在旅次出發與旅次到達之預測結果；右方欄位為模式轉換方法 MAPE 圖，將小時、時段與日模式轉換為小時基礎，呈現轉換過後各小時之 MAPE 值變化。

表 5-28 三種模式方法 MAPE 變化圖比較表

	模式本身驗證 MAPE 圖	模式轉換方法 MAPE 圖
5.1 小時旅次迴歸模式		
5.2 時段旅次迴歸模式		
5.3 日旅次迴歸模式		

考慮 24 小時平均值，並列舉晨峰 7~8 點、8~9 點與昏峰 17~18 點、18~19 點的小時 MAPE 值，以旅次出發、旅次到達、出發與到達整體平均三個面向，將三種模式方法的比較列於表 5 - 29。

小時旅次多變量迴歸模式方法在旅次出發晨峰 MAPE 表現最好；時段旅次多變量迴歸模式方法在旅次到達昏峰 MAPE 表現最好；日旅次迴歸模式方法的平均 24 小時 MAPE 表現最好，並且在出發與到達整體平均中有絕對優勢。

表 5 - 29 三種模式方法 MAPE 數值比較表

	時間	小時旅次多變量 迴歸模式方法	時段旅次多變量 迴歸模式方法	日旅次 迴歸模式方法
旅次出發	7~8 點	33.6%	36.9%	55.1%
	8~9 點	32.5%	33.5%	54.0%
	17~18 點	89.8%	89.3%	61.6%
	18~19 點	90.8%	90.3%	62.4%
	平均 24 小時	91.8%	92.7%	87.4%
旅次到達	7~8 點	149.5%	143.6%	78.5%
	8~9 點	147.8%	137.6%	76.6%
	17~18 點	50.4%	48.9%	58.0%
	18~19 點	53.1%	51.4%	60.7%
	平均 24 小時	87.6%	89.5%	59.9%
出發與到達 整體平均	7~8 點	91.5%	90.2%	66.8%
	8~9 點	90.2%	85.5%	65.3%
	17~18 點	70.1%	69.1%	59.8%
	18~19 點	71.9%	70.9%	61.1%
	平均 24 小時	89.7%	91.1%	85.2%

註：著色陰影代表三種模式中最佳值

比較以上三種模式的特性與預測準確率結果，選擇「日旅次迴歸模式」做為最佳模式，考量要點如下：

1. 模式在實際情況運用上較合理性，不須考量多變量模式皆獨立的強烈假設
2. 運用集群分析可彰顯出樣本里之間的一天 24 小時差異性
3. 旅次出發與旅次到達在同個小時的預測差距最小
4. 出發與到達整體平均擁有最佳 MAPE 值

5.4.2 模式實例應用

本研究模式將應用於實際案例，探討都市計畫變更之旅次影響，包含不同時間旅次出發與旅次到達的變化，本研究土地資料蒐集年度為西元 2018 年 1 月，臺北市政府在西元 2018 年 8 月 13 日公告發布實施「變更臺北市松山區松南營區及周邊土地機關用地、機場用地、民生社區特定專用區（住宅用地）為特定專用區暨北投區中心新村機關用地及住宅區為保存區」主要計畫案與細部計畫案，本研究依此為案例進行分析，探討變更土地使用前後之影響程度。

該計畫範圍為國防部所擁有之「松南營區」、「慈恩廿六村」、「新通航聯隊」、「慈恩四村」、「富錦營區」、「國泰營區」等共計 6 處軍事基地，地理位置處松山機場南側，西側鄰近敦化南北路特定專用區，以金融辦公服務業為主，匯集許多企業總部及國外駐台辦事處，東側臨接民生社區住宅區，公園綠地繁多，如圖 5-13 所示。另外該計畫範圍也包含「中心新村」，北投區中心新村為少數僅存規模完整之眷村，基地位臺北市三軍總醫院北投分院旁，鄰近新北投捷運站。



資料來源：臺北市都市計畫書主要計畫

圖 5-13 主要計畫基地區位示意圖

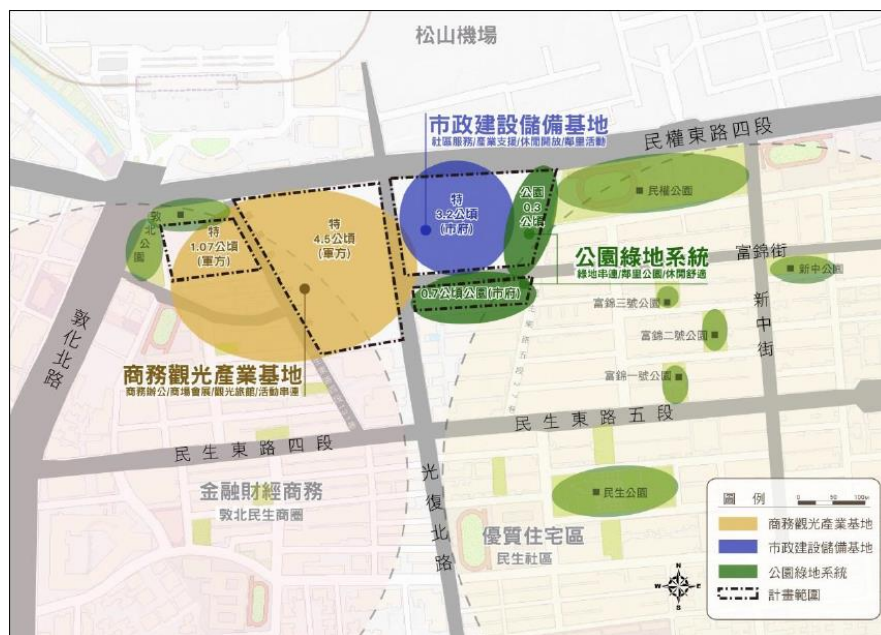
因考量前述 6 處軍事基地閒置或低度利用狀態，臺北市政府檢討位於松山機場南側低度利用之大型公有土地，藉由都市計畫變更活化土地利用，將既有低度或閒置土地資源配合周邊區域發展進行變更，提升該區金融商務競爭力及提供適宜舒適之居住環境，滿足臺北市重要交通、轉運、商業、居住與服務等機能；該計畫所提及之中心新村因具保存與朝向公共使用之潛力，臺北市政府欲提升中心新村之眷村保存與活化，擬變更機關用地與住宅區為保存區，變更主要計畫顯示如表 5-30。

表 5 - 30 變更主要計畫表

所屬地區	變更街廓範圍	原計畫	新計畫	面積（平方公尺）
松山區 東榮里	新通航聯隊	機場用地	特 定 專 用 區	35,043.00
	富錦營區、 慈恩四村	機場用地		7,265.88
松山區 精忠里	松南營區	機關用地（供軍事 機關及相關設施 使用）		33,066.00
	慈恩廿六村	機關用地（供替代 役管理中心及相 關設施使用）		11,936.00
	國泰營區	民生社區特定專 用區（住宅用地）		10,670.00
北投區 林泉里	中心新村	機關用地	保存區	13,156.00
		住宅區		342.00

資料來源：臺北市都市計畫書主要計畫（本研究整理）

本研究模式應用以松山區精忠里作為代表，主要分析光復北路西邊松南營區、慈恩廿六村及國泰營區 3 處基地，上述基地位置於松山機場南側，西側鄰接敦化北路特定專用區，為臺北市主要金融產業廊帶之一；東臨民生社區特定專用區，為住宅區，根據主計畫發展規劃，將構想圖呈現於圖 5 - 14。



資料來源：臺北市都市計畫書主要計畫

圖 5 - 14 松南營區及周邊土地規劃構想示意圖

松山區精忠里為配合敦北民生商圈金融財經、商務定位，根據都市計畫規劃構想圖，將原始機關用地規劃改為商務觀光產業基地，以提供商務辦公、商場會展、活動串聯及觀光旅館為主，並提高使用強度，以增加土地使用彈性，本研究根據細部計畫規定之土地變更、建蔽率與容積率，以表 5 - 31 說明土地變更狀況。

表 5 - 31 精忠里土地變更狀況表

變更街廓範圍	面積（平方公尺）	土地變更前	建蔽率	容積率	土地變更後	建蔽率	容積率	樓地板面積改變
松南營區	33,066.00	政府機關用地	40%	400%	商業區	45%	400%	商業+132,264.00
慈恩廿六村	11,936.00				商業區	45%	400%	商業+47,744.00
國泰營區	9,858.00				商業區	50%	200%	商業+19,716.00
	812.00				廣場用地	--	--	廣場+812.00

資料來源：臺北市都市計畫書細部計畫（本研究整理）

本研究根據精忠里之土地使用改變狀況，統整土地使用變數之總樓地板面積與各土地使用分區比例，如表 5 - 32 所示，可發現土地變更後總樓地板面積上升 2597.5 平方公尺，且商業區樓地板面積比例明顯由 38.11% 提升至 55.15%，而政府機關樓地板面積比例明顯由 32.09% 下降至 15.03%，並進一步作圖分析以觀察土地變更前後旅次不同時間的改變幅度。

表 5 - 32 精忠里變更前後土地使用分區比例表

變數種類	土地變更前	土地變更後
總樓地板面積（平方公尺）	524,559.50	556,766.30
商業區樓地板面積比例	38.11%	71.77%
純住宅區樓地板面積比例	7.50%	7.07%
混合使用住宅區樓地板面積比例	16.84%	15.86%
政府機關樓地板面積比例	32.09%	0%
公園綠地用地比例	1.45%	1.51%

● 旅次出發

根據 5.4.1 小節模式比較，選擇使用日旅次多變量迴歸模式進行估計，期望晨昏峰在旅次出發與旅次到達平均能有較準預測旅次量，精忠里土地變更前後旅次出發如下圖 5 - 15，可判讀出以下資訊：

1. 變更前預估旅次與變更後預估旅次關係

土地變更前預估旅次（短虛線）與變更後預估旅次（實線）分布趨勢相似，並且使各時間點旅次數提升，於 0~9 點旅次上升程度不明顯但之後開始有差距，在下午 5、6 點上升幅度最高，由於精忠里改變後增加商業區樓地板面積比例，導致下班時間旅次量較高，可解釋為精忠里未來將有許多下班離開的旅次，其餘時段有小幅度上升。

2. 變更前實際旅次與變更前預估旅次關係

將變更前實際旅次（長虛線）與變更前預估旅次（短虛線）相比，在清晨兩者相近，而其他時間點變更前實際旅次比變更前預估旅次還高，代表挑選為應用範例的這個里在本研究迴歸模式大部分時段為 Z-value 較大的里，因此需考量未來真實旅次也會高於未來預估旅次的可能。

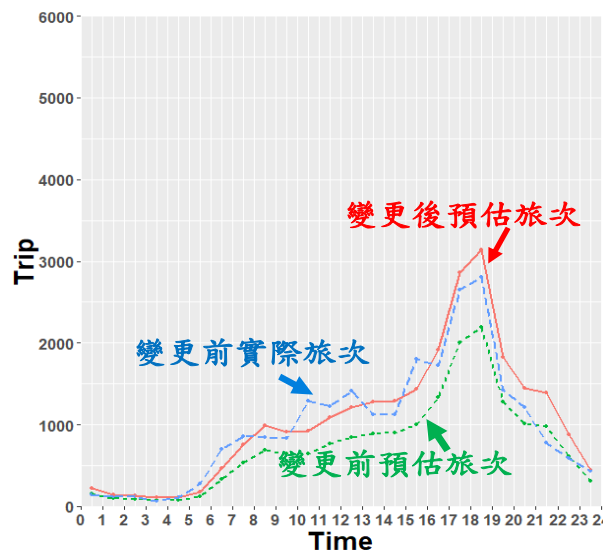


圖 5 - 15 旅次出發-精忠里土地變更前後旅次分布圖

● 旅次到達

根據 5.4.1 小節模式比較，選擇使用日旅次多變量迴歸模式進行估計，期望晨昏峰在旅次出發與旅次到達平均能有較準預測旅次量，精忠里土地變更前後到達旅次如下圖 5 - 16，可判讀出以下資訊：

1. 變更前預估旅次與變更後預估旅次關係

土地變更前預估旅次（短虛線）與變更後預估旅次（實線）分布趨勢相似，並且使各時間點旅次數提升，早上 7~9 點旅次上升幅度最高，其餘時段有小幅上升，由於精忠里改變後增加商業區樓地板面積比例，導致早上時間旅次量較高，可解釋為精忠里未來將有許多前來上班的旅次。

2. 變更前實際旅次與變更前預估旅次關係

在白天時段變更前實際旅次（長虛線）旅次高於變更前預估旅次（短虛線），在清晨及晚上則兩者數值相近，代表挑選為應用範例的這個里在本研究迴歸模式大部分時段為 Z-value 較大的里，因此需考量未來的真實旅次也會高於未來預估旅次的可能。

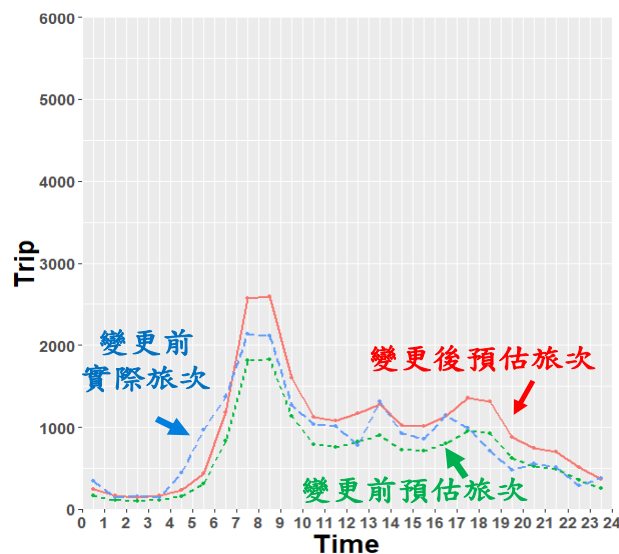


圖 5 - 16 旅次到達-精忠里土地變更前後旅次分布圖

● 出發與到達實例小結

本次計畫土地變更對於松山區精忠里的旅次出發與到達皆為正影響，因商業區樓地板面積比例提升，在出發模式的黃昏與到達模式的早上旅次上升量相較其他時間更劇烈，代表都市計畫的商業區土地變更，明顯造成精忠里的活動旅次增加，特別是上班時間有較多前來旅次，並且於下班時間有較多離開旅次。

第六章 函數型迴歸模式構建

本章為函數型迴歸模式構建，使用函數型資料分析方法，將現有信令資料從離散型態轉換為連續型態，可以表示一天任何時間點之旅次量，6.1 小節先介紹函數型基本分析，6.2 小節利用函數型主成分分析解釋變異，6.3 小節利用函數型線性模式分析構建土地使用變數與旅次關係。

6.1 函數型基本分析

本小節為函數型基本分析，目的將離散觀察資料轉換為函數型資料，並匯出里旅次時間分布函數圖、平均旅次時間分布函數圖、旅次時間分布變異數等高線圖、旅次時間分布圖之變異數透視圖等，利用視覺化圖形呈現函數型資料分布與特性，分為旅次出發與旅次到達兩部分，探討出發與到達旅之平日 24 小時旅次時間分布樣貌，資料採用星期二信令資料為例。

將離散觀察值依序建立基底函數、決定平滑函數係數與粗糙度懲罰後，計算離散資料之最小 GCV 值取平滑參數 λ ，以旅次出發模式為例作圖 6 - 1，決定平滑參數後可將資料轉化為函數形態，進一步產出相關旅次時間分布函數圖。

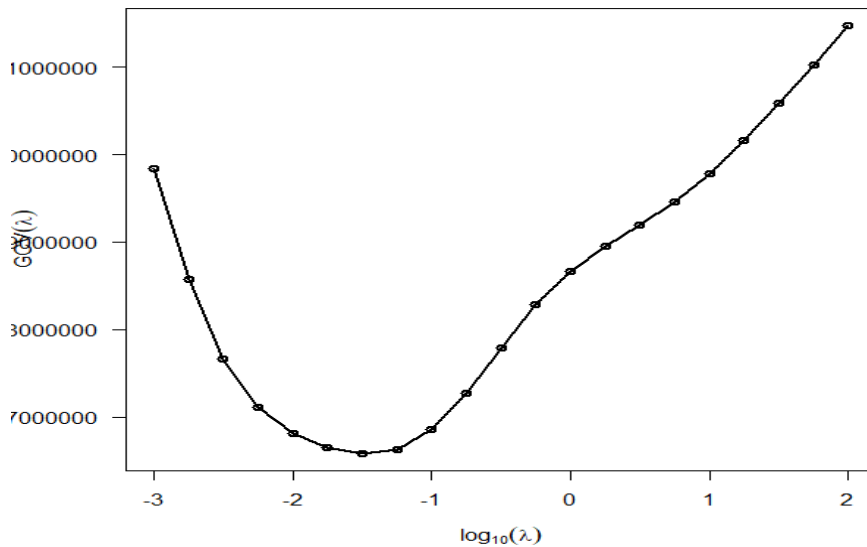


圖 6 - 1 GCV 值與 λ 值對應圖

● 旅次出發

將臺北市所有里的旅次出發資料進行函數型轉換，得出函數圖如圖 6-2 所示，橫軸為一天 24 小時，縱軸為旅次數，各里旅次大部分低於 2500，並且在傍晚 6 點後有昏峰，其他明顯極端值如內湖區港墘里、湖元里為科學園區所在地，以及中正區黎明里為臺北車站所在地，其次為信義區西里、興雅里等信義計畫區所在地，由於五個里的旅次 Z-value 在 4~10 之間，故視為離群值，後續函數型分析不考慮這五個里樣本。

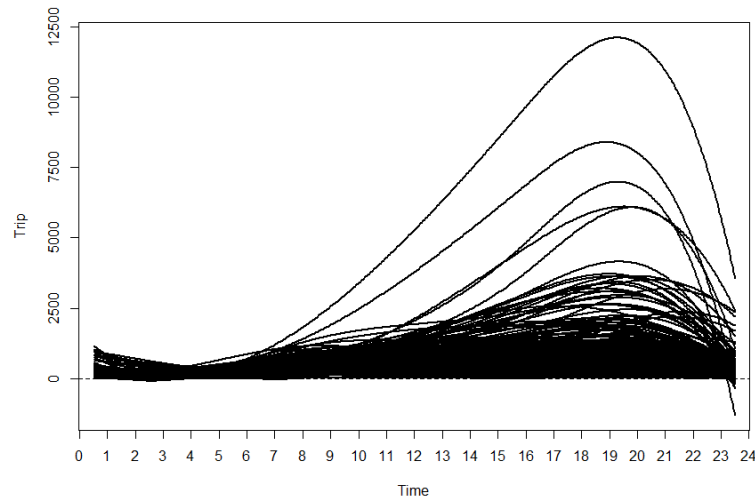


圖 6-2 旅次出發-所有里旅次時間分布函數圖

因所有里旅次時間分布函數圖線段重複堆疊，無法看出平均旅次之樣貌，故拿掉離群值後，另作里的平均時間分布圖，觀察圖 6-3 平均旅次時間分布函數圖，可發現在旅次出發方面，里平均最高旅次約 800，發生於傍晚 6~7 點，最低旅次發生於午夜 4 點。

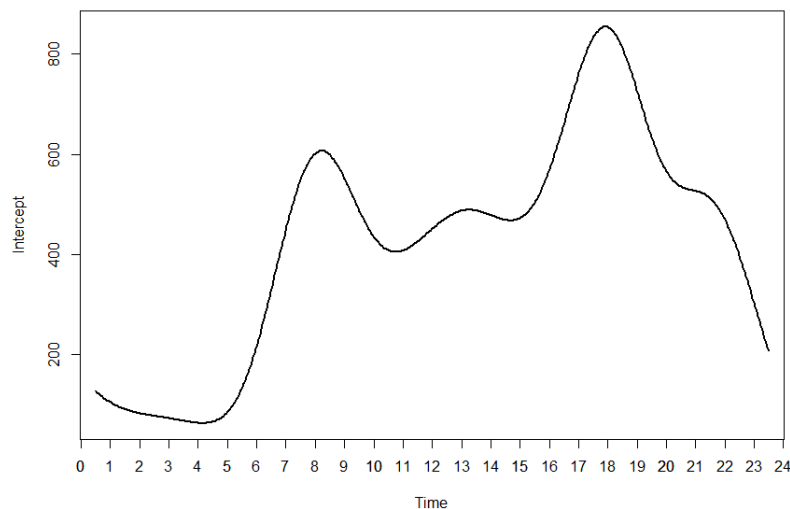


圖 6-3 旅次出發-平均旅次時間分布函數圖

利用圖 6 - 4 旅次出發-旅次時間分布圖之變異數等高線圖與圖 6 - 5 旅次出發-旅次時間分布圖之變異數透視圖，可觀察旅次出發時間分布的變異，變異值代表離散程度，可發現深夜至清晨離散程度小，在早上 7 點開始離散程度變大，離散程度並持續上升，下午 3 點開始到晚上 8 點等高線最密集代表離散程度快速增加，在傍晚 6 點有最大離散程度，表示該時刻各里的旅次差異最大。

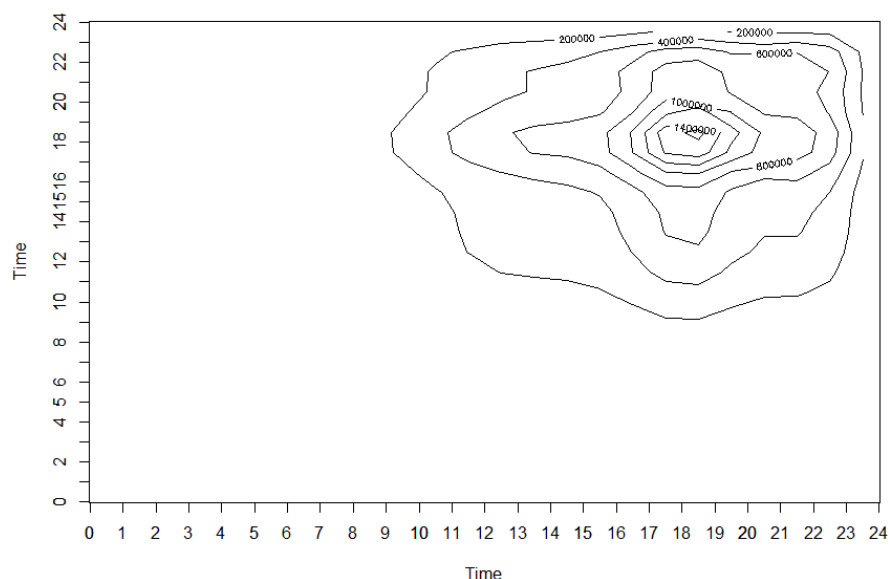


圖 6 - 4 旅次出發-旅次時間分布圖之變異數等高線圖

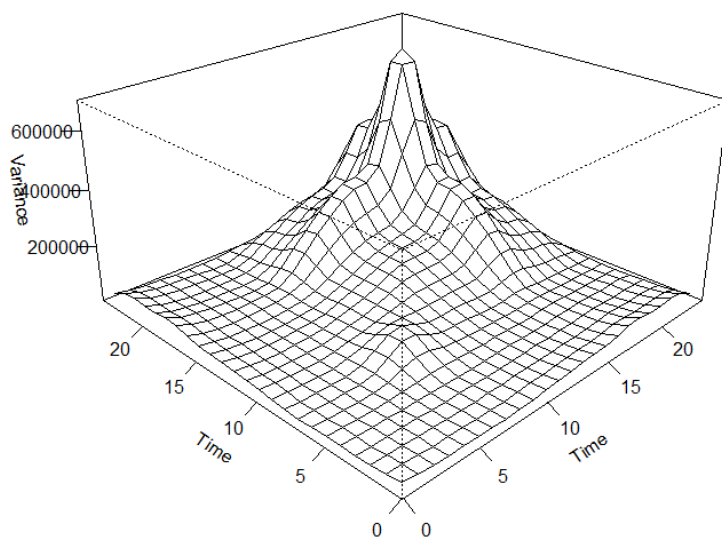


圖 6 - 5 旅次出發-旅次時間分布圖之變異數透視圖

● 旅次到達

將臺北市所有里的旅次到達信令資料進行函數型轉換，得出函數圖如圖 6 - 6 所示，橫軸為一天 24 小時，縱軸為旅次數，各里旅次大部分低於 2500，早上 7~10 點與傍晚 17~20 點皆有起伏。

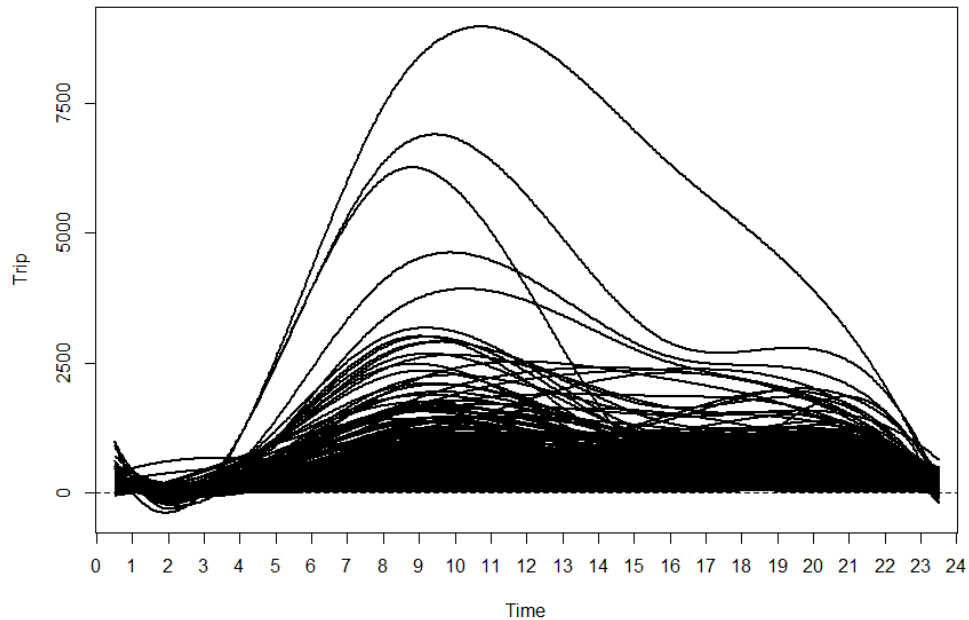


圖 6 - 6 旅次到達-所有里旅次時間分布函數圖

觀察平均旅次時間分布函數如圖 6 - 7 所示，可發現在旅次到達方面，里平均最高旅次約 600，分別與早上 8 點與傍晚 6 點為高峰，中間時段旅次到達略低。將圖 6 - 7 與圖 6 - 3 旅次出發-平均旅次時間分布函數圖比，可發現旅次到達比旅次出發上午尖峰明顯，共同處為清晨時旅次偏低。

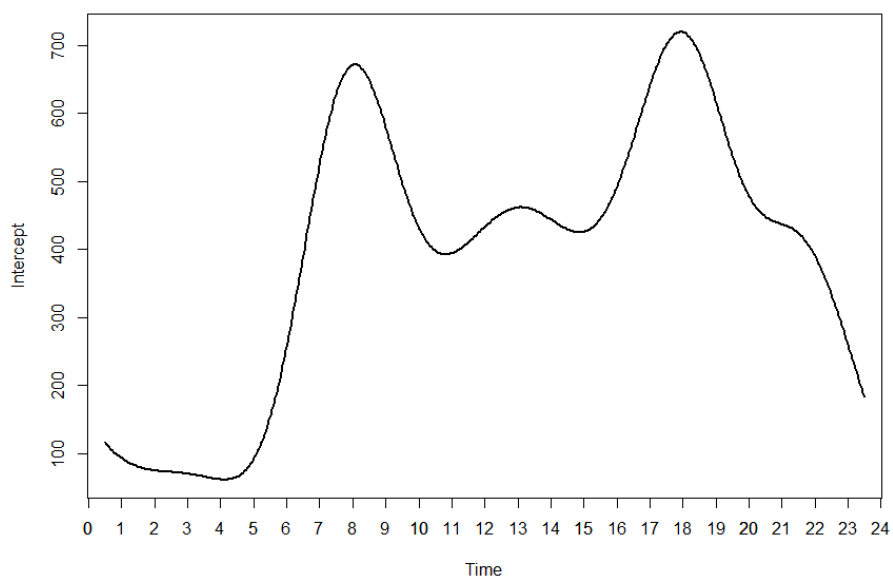


圖 6 - 7 旅次到達-平均旅次時間分布函數圖

利用圖 6 - 8 旅次到達-旅次時間分布圖之變異數等高線圖與圖 6 - 9 旅次到達-旅次時間分布圖之變異數透視圖，可觀察旅次到達時間分布的變異，變異值代表離散程度，可發現深夜至清晨離散程度小，早上 5 點後開始離散程度變大，早上 8 點有最大離散程度。相較於旅次出發圖 6 - 4 與圖 6 - 5 離散程度在昏峰最高，旅次到達在晨峰反而離散程度大。

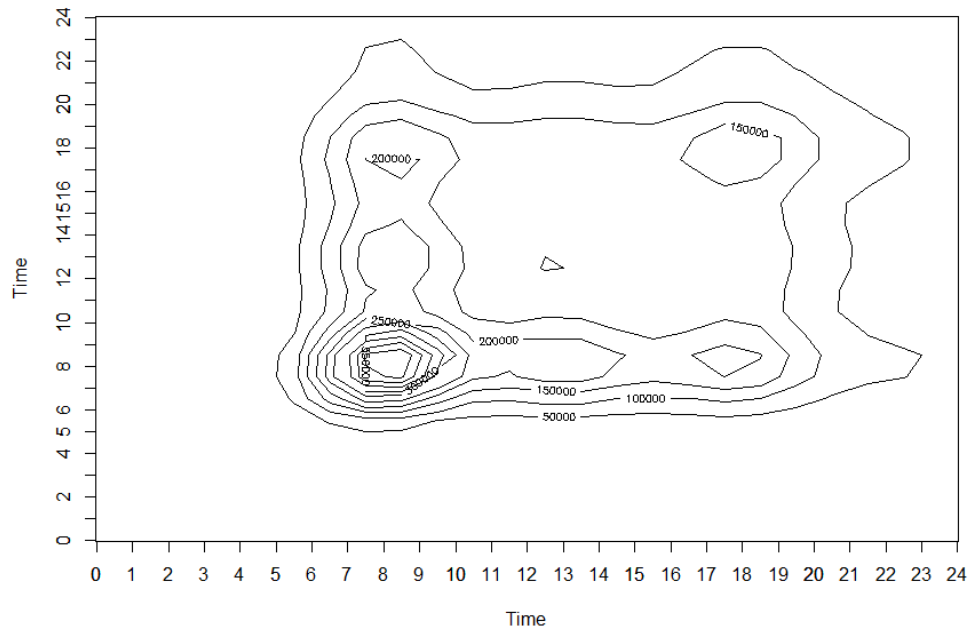


圖 6 - 8 旅次到達-旅次時間分布圖之變異數等高線圖

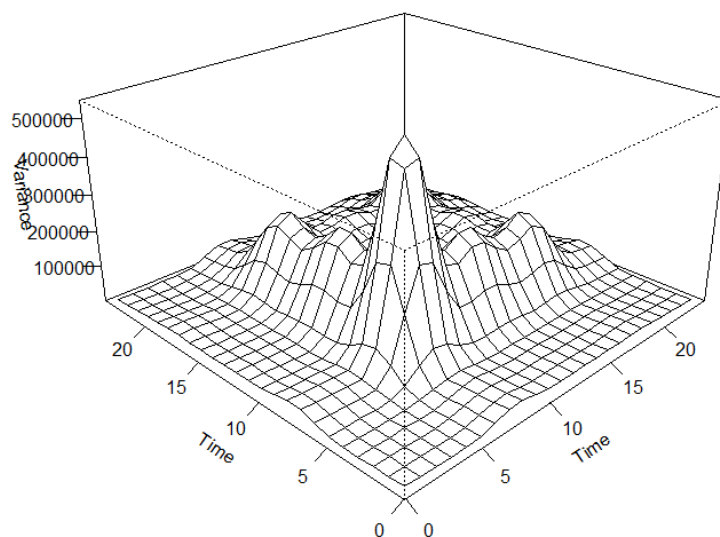


圖 6 - 9 旅次到達-旅次時間分布圖之變異數透視圖

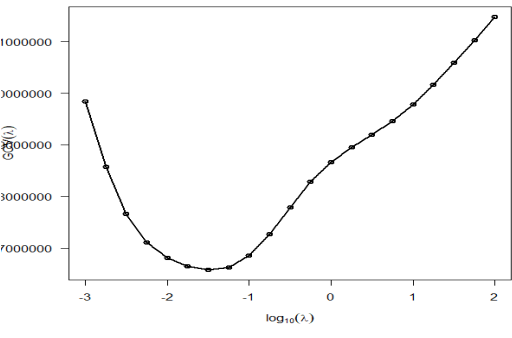
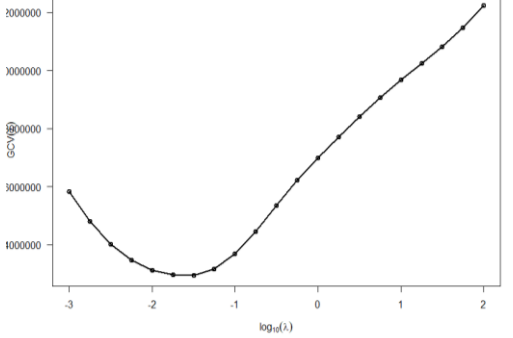
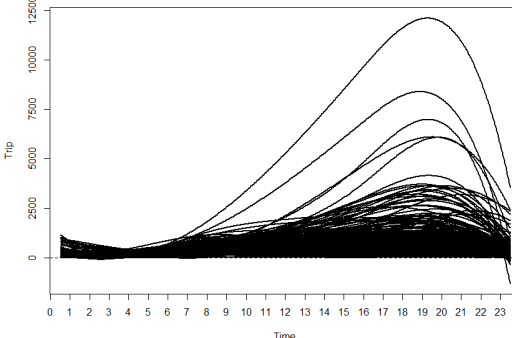
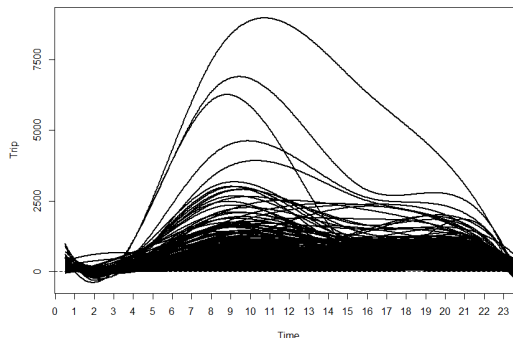
● 旅次出發與到達比較

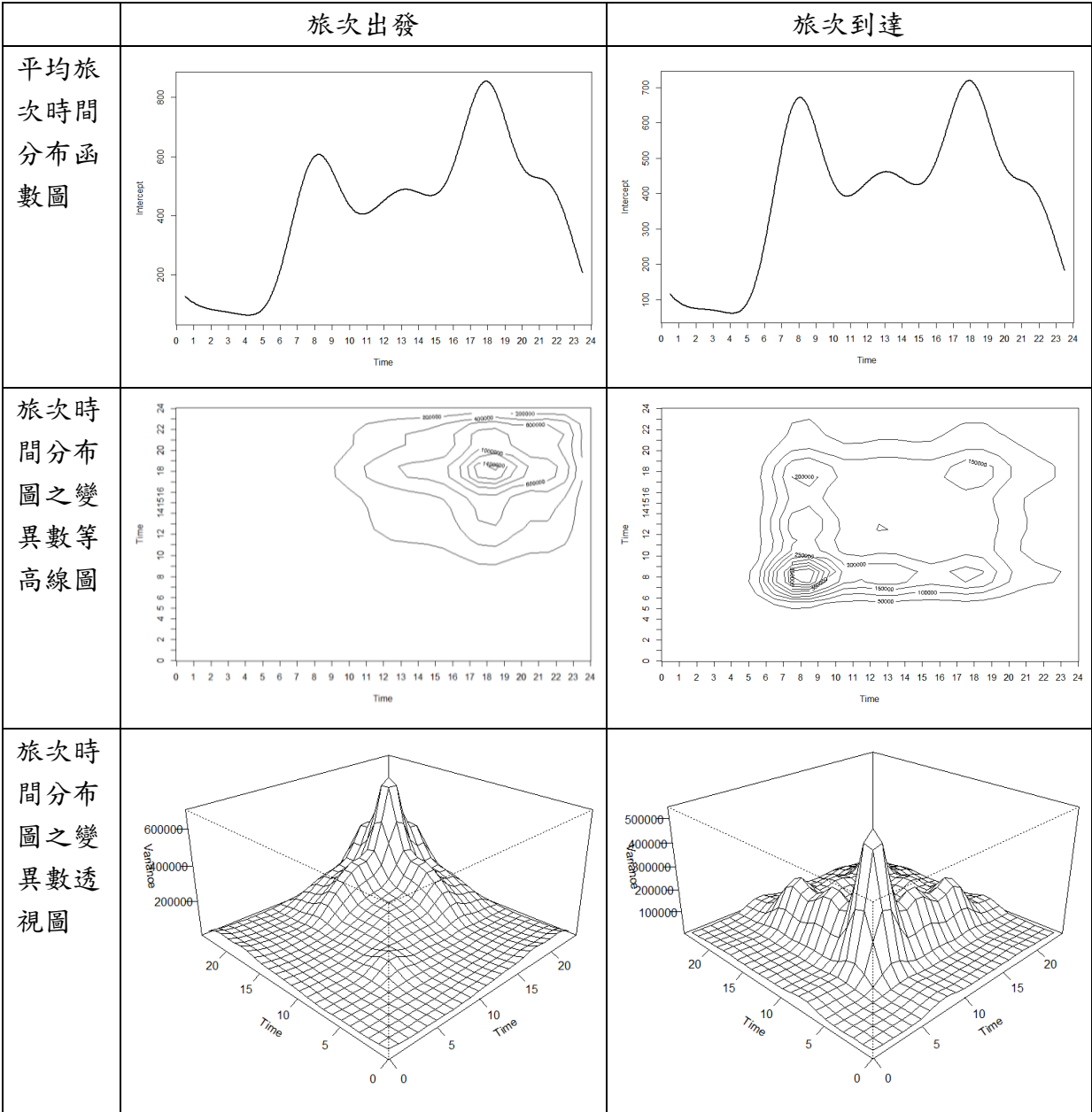
比較旅次出發模式與到達模式函數基本分析圖形，可發現平滑後兩者的旅次時間分布不同，旅次出發尖峰發生於黃昏時段其次為早晨，而旅次到達早晨與黃昏尖峰皆明顯。

在變異方面，旅次出發變異最大發生時間為傍晚，旅次到達變異最大發生於早晨，符合第五章小時迴歸模式與時段迴歸模式計算出 MAPE 的結果，旅次出發在昏峰時段預測表現較差，旅次到達在晨峰時段預測表現較差，當變異越大時預測結果較不準確。

將旅次出發與旅次到達函數型基本圖形結果彙整於表 6 - 1。

表 6 - 1 函數型基本分析圖對照表

	旅次出發	旅次到達
GCV最佳化		
所有里旅次時間分布函數圖		



6.2 函數型主成分分析

函數型主成分分析為萃取函數型資料最常使用之多變量分析方法，屬於資料簡化方法（Data Reduction），將函數資料減少相關解釋變數個數，降低維度以尋找最佳投影進行解釋，用來解釋函數圖形變異的主要成分。

本研究假設潛在因素之間的相關係數為 0，使用正交轉軸（Orthogonal Rotations）之變異數最大（Varimax）旋轉演算法，旋轉後不改變原有函數型資料特性而產生更有意義的變異成分。以下分別針對旅次出發與旅次到達，採用平日星期二資料指令資料，進行旋轉後函數型主成分分析。

● 旅次出發

旅次出發之主成分旋轉前後比例圖如圖 6 - 10 圖 6 - 10 旅次出發-主成分旋轉前後比例圖，橫軸為前三主成分，縱軸為主成分所占比例，旋轉前（虛線）旅次出發函數第一主成分約占 84%，第二主成分約占 6.2%，第三主成分約占 4.4%；旋轉後（實線）旅次出發函數第一主成分約占 60.6%，第二主成分約占 8.5%，第三主成分約占 25.6%，旋轉前後三項主成分加總皆占 94.6%。

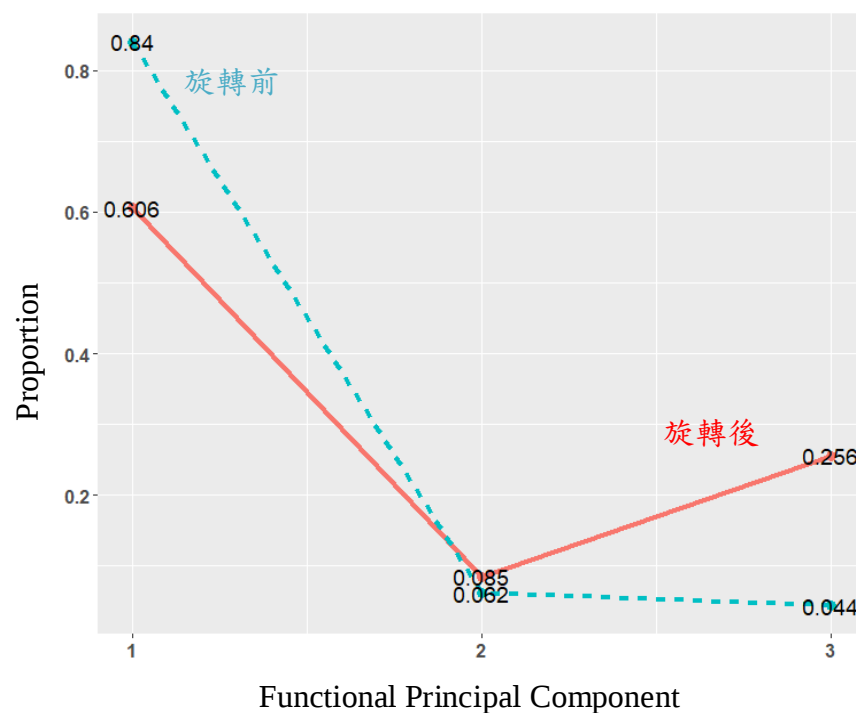


圖 6 - 10 旅次出發-主成分旋轉前後比例圖

旋轉後旅次出發主成分分數 (Score) 如圖 6-11 所示，圖中橫軸為時間、縱軸為主成分分數，第一主成分 (實線) 在 18 時左右呈現大幅度正值，第二主成分 (長虛線) 在 8 點左右呈現大幅度正值，第三主成分 (短虛線) 在 21~22 點呈現大幅度正值。

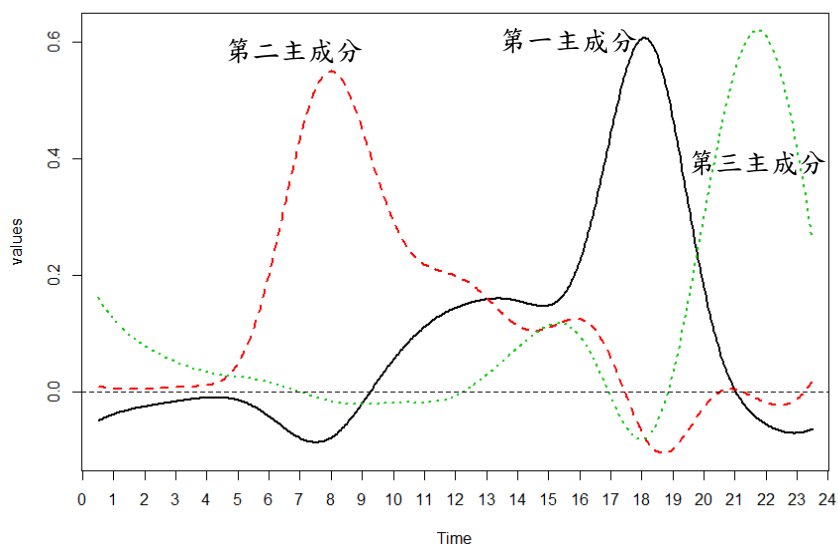


圖 6-11 旅次出發-主成分分數圖

圖 6-12 代表旅次出發旋轉後第一主成分，約占 60.6%，圖中橫軸為時間、縱軸為旅次，實線代表各時間旅次之平均值，當增加第一主成分時 (+符號線段)，可發現下午 6 點後圖形急遽上升，代表第一主成分可解釋下班時段的旅次出發，中午 12 時也有小幅度上升，推測為中午時間外出用餐的旅次。

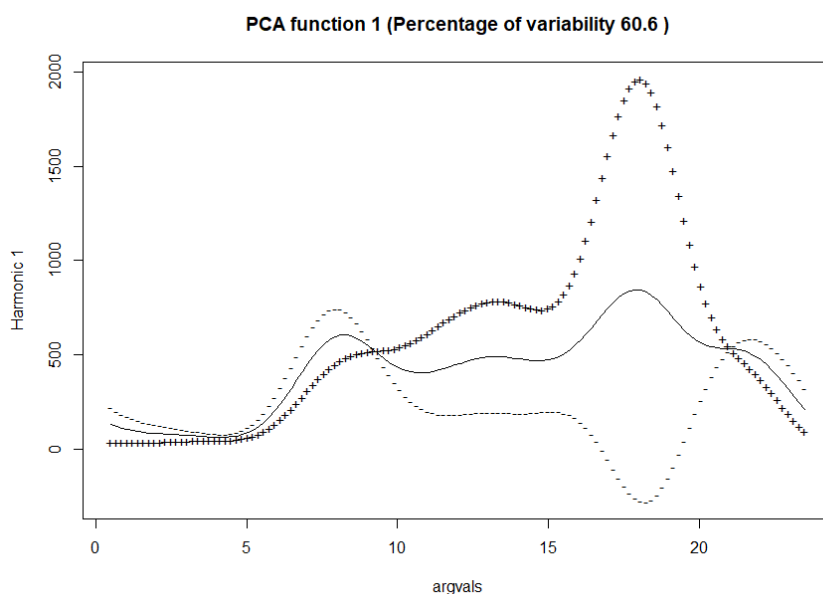


圖 6-12 旅次出發-旋轉後第一主成分

圖 6 - 13 代表旅次出發旋轉後第二主成分，約占 8.5%，當增加第二主成分時（+符號線段），可發現早上 7~8 點間圖形急遽上升，代表第二主成分可解釋早上上班時段的旅次，另外中午 12 時也有小幅度上升。

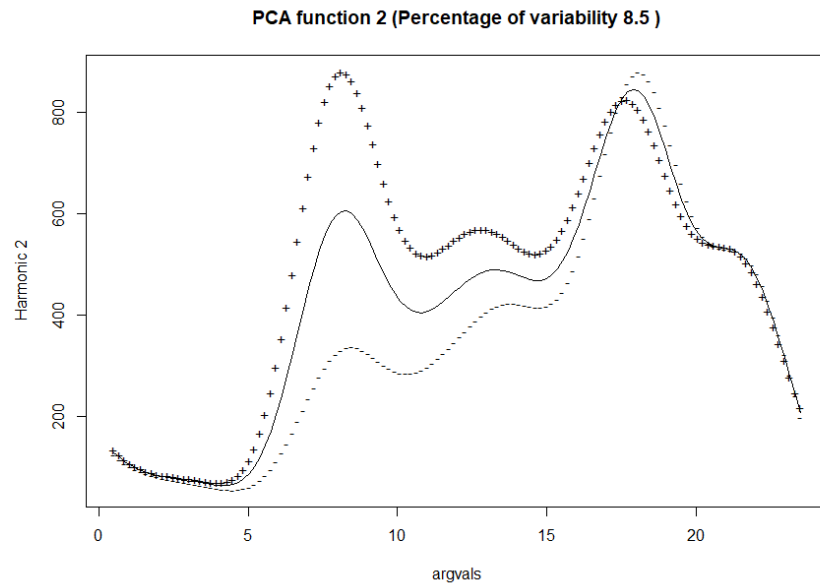


圖 6 - 13 旅次出發-旋轉後第二主成分

圖 6 - 14 代表旅次出發旋轉後第三主成分，約占 25.6%，當增加第三主成分時（+符號線段），在 20 點開始圖形急遽上升，代表第三主成分可解釋較晚下班時段的旅次出發。

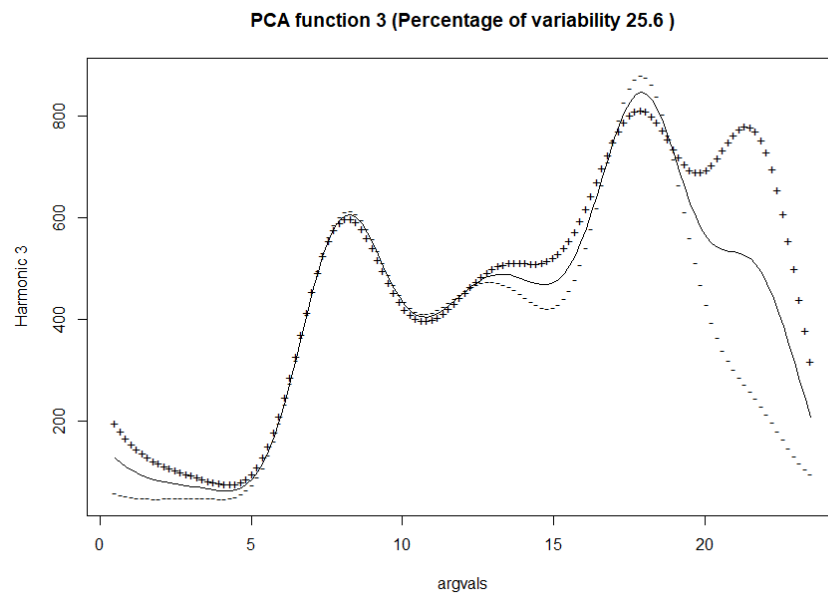


圖 6 - 14 旅次出發-旋轉後第三主成分

● 旅次到達

圖 6-15 為旅次到達之主成分旋轉前後比例圖，橫軸為前三主成分，縱軸為主成分所佔比例，旋轉前（虛線）旅次到達函數第一主成分約占 82.1%，第二主成分約占 10.8%，第三主成分約占 2.8%；旋轉後（實線）旅次到達函數第一主成分約占 38.5%，第二主成分約占 23.9%，第三主成分約占 33.2%，旋轉前後三項主成分加總皆占 95.6%。

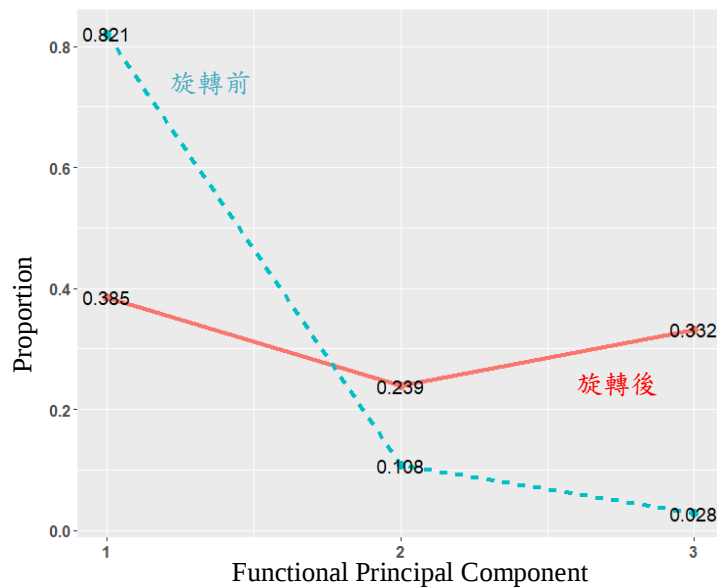


圖 6-15 旅次到達-主成分旋轉前後比例圖

旅次到達主成分分數 (Score) 如圖 6-16 所示，第一主成分（實線）在早上 7 時呈現大幅度正值，第二主成分（長虛線）在下午 6 點呈現大幅度正值，第三主成分（短虛線）在上午 9 點~下午 1 點呈現大幅度負值。

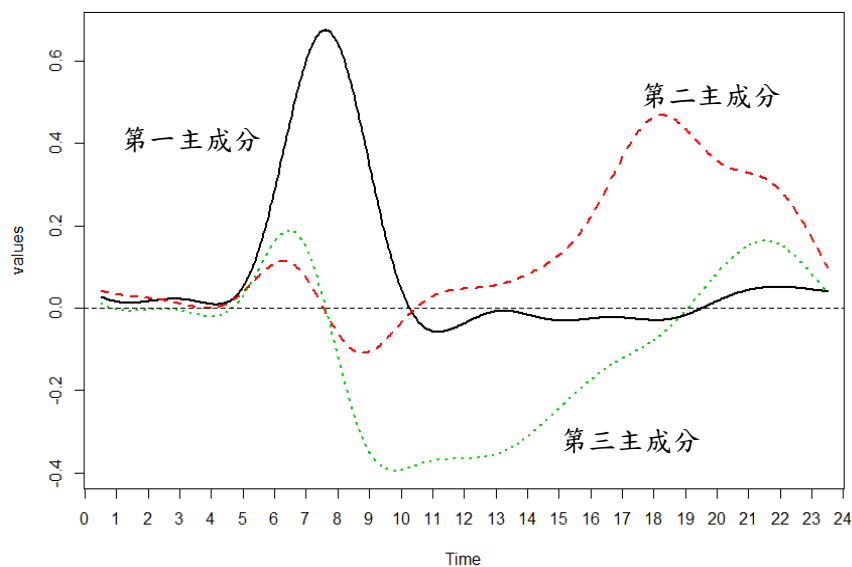


圖 6-16 旅次到達-主成分分數圖

圖 6 - 17 代表旅次到達旋轉後第一主成分，約占 38.5%，圖中實線代表各時間旅次之平均值，當增加第一主成分時（+符號線段），可發現早上 7 點後圖形急遽上升，代表第一主成分可解釋上班時段的旅次到達。

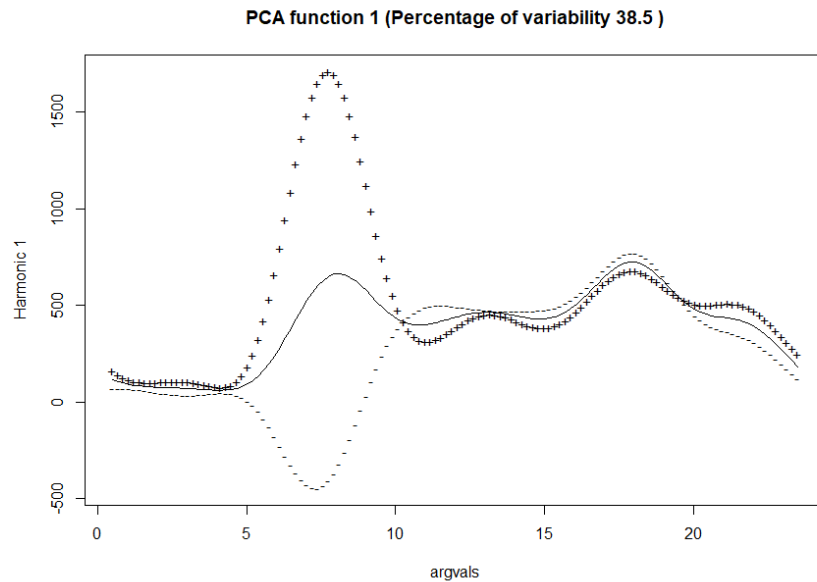


圖 6 - 17 旅次到達-旋轉後第一主成分

圖 6 - 18 代表旅次到達旋轉後第二主成分，約占 23.9%，當增加第二主成分時（+符號線段），可發現下午 6 點後圖形急遽上升，代表第二主成分可解釋傍晚下班時段的旅次到達。

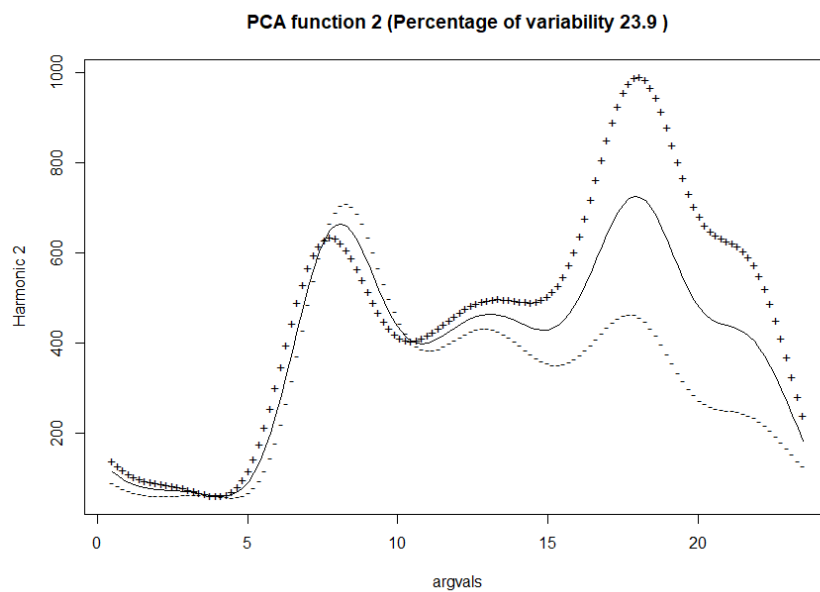


圖 6 - 18 旅次到達-旋轉後第二主成分

圖 6 - 19 代表旅次到達旋轉後第三主成分，約占 33.2%，當增加第三主成分時（+符號線段），可發現上午 9 點~下午 1 點呈現圖形下降，代表第三主成分可解釋中午時段，推測為離峰時刻有較少的到達旅次。

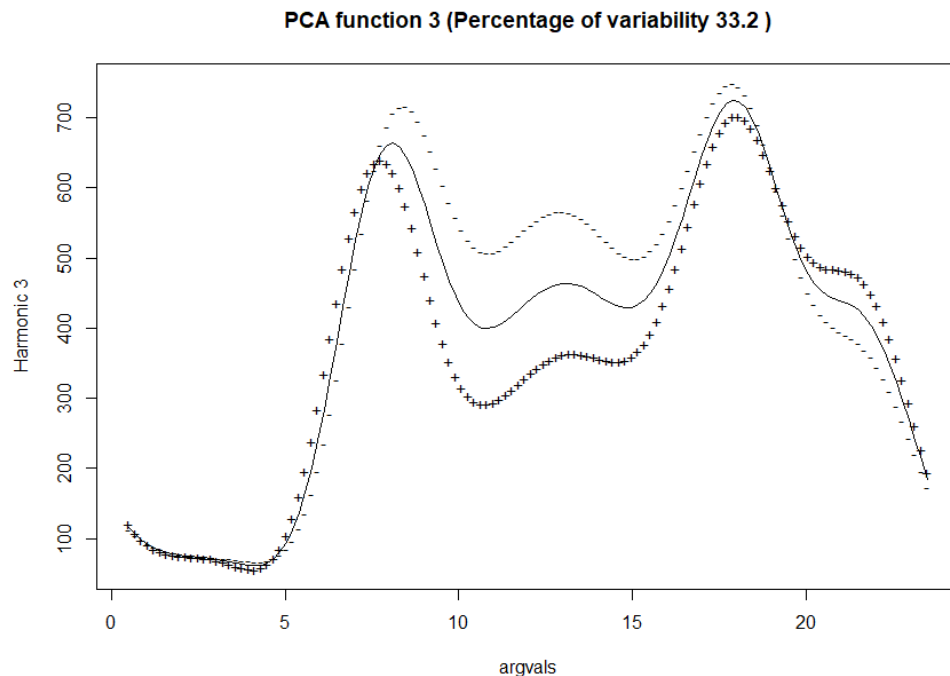


圖 6 - 19 旅次到達-旋轉後第三主成分

● 旅次出發與到達比較

比較旅次出發與旅次到達之函數型主成分分析，可以發現兩種情況前三主成分主要解釋分布於不同時段：第一主成分在旅次出發解釋旅次增加於下午 6 點，在旅次到達解釋旅次增加於早上 7 點；第二主成分在旅次出發解釋旅次增加於早上 7 點，在旅次到達解釋旅次增加於下午 6 點；第三主成分在旅次出發解釋旅次增加於晚上 8 點，旅次到達解釋旅次減少於中午時段。

將旅次出發與旅次到達函數型主成分分析結果彙整於表 6 - 2。

表 6-2 函數型主成分分析圖對照表

	旅次出發	旅次到達
主成分分析之圖形		
第一主成分與平均之差異圖		
第二主成分與平均之差異圖		
第三主成分與平均之差異圖		

6.3 函數型線性模式分析

函數型線性模式可表達函數型資料變數間的關係，本研究中應變數為函數型態、解釋變數皆為純量，本小節探討兩種面向之函數型變異數分析 (fANOVA, functional analysis of variance)，6.3.1 小節分析多變量迴歸模式所使用之解釋變數對函數型旅次影響，6.3.2 小節針對函數型旅次使用區分類觀察各區特性，利用純量矩陣分解函數型應變數的變異，觀察共變項對函數型的影響效果。

6.3.1 社會與建成環境變數函數型線性模式分析

本小節透過土地使用與旅運需求文獻，得知人口社會經濟、公共運輸及土地使用三大種類變數影響旅運需求，利用函數型線性模式分析可檢定兩群體在旅次時間分布上是否存在統計顯著差異。

在本研究公式 (6-1) 中， $i=1,2$ 代表高於平均群組或低於平均群組， $j=1,2,\dots,442$ 代表不同里，以純量矩陣 $Z [442 \times 444]$ 進行運算，442 列代表有旅次資料的里數第 1 欄值為 1 以利截距項計算，第 2 欄利用 1、-1 代表高低群值，其餘 442 欄代表各里效果，函數型參數 $\mu(t)$ 為截距代表總平均值，參數 $\alpha(t)$ 代表不同高低群體隨著時間改變與平均值之差異，並與純量變量 $(-1)^i$ 相乘決定差異之正負值，當 $(-1)^i = 1$ 顯示為高於平均，反之 $(-1)^i = -1$ 顯示低於平均，參數 $\beta_{ij}(t)$ 代表隨著時間改變的里旅次資料並且分別顯示出高低群體與 $\mu(t)$ 之偏差，限制方程式 (6-2)、(6-3) 代表不同里之特定影響效果範圍， $\varepsilon_{ij}(t)$ 為殘差表達模式無法解釋之變異。

$$y_{ij}(t) = \mu(t) + (-1)^i \alpha(t) + \beta_{ij}(t) + \varepsilon_{ij}(t) \quad (6-1)$$

$$\sum_j \beta_{1j}(t) = 0 \quad (6-2)$$

$$\sum_j \beta_{2j}(t) = 0 \quad (6-3)$$

參考 Ramsay et al. (2009) 排列檢定 (Permutation Test)，利用每個時間點 t 的 T 絕對值統計量 (式 6-4)，以隨機洗牌 (Shuffle) 方式重複計算 t ，以建立虛無假設為真時的機率分布，並尋找最大多變量 T 檢定之 $T(t)$ 作為臨界值，以顯著水準 $\alpha = 0.05$ 檢定變數與旅次時間分布之虛無假設。

$$T(t) = \frac{|\bar{x}_1(t) - \bar{x}_2(t)|}{\sqrt{\frac{1}{n_1} \text{Var}[x_1(t)] + \frac{1}{n_2} \text{Var}[x_2(t)]}} \quad (6-4)$$

為了檢定兩群體在旅次時間分布上是否存在統計顯著差異，兩群體之分界定值為里平均值，以里人口變數為例，利用里人口均數為界分為高人口數群體與低人口數群體，並加以檢定旅次出發與旅次到達兩者之顯著性。所有變數估計結果如表 6-3 所示，並於以下說明數個顯著變數之函數線性模式分析結果。

表 6-3 函數線性模式分析之解釋變數臨界值與估計結果

種類	比較變數	臨界值 (里平均值)	旅次出發 p-value	旅次到達 p-value
社會經濟	里人口數(人)	5,884	<0.001*	<0.001*
	里平均每人薪資所得(千元)	285.7	<0.001*	0.025*
	里壯年人口比例	67%	<0.001*	0.005*
	里老年人口比例	17%	<0.001*	<0.001*
	區成年人自用小客車持有率(輛/人)	0.2697	<0.001*	<0.001*
	公司登記數(間)	15,459.10	<0.001*	<0.001*
公共運輸	捷運站距離(公尺)	801.36	<0.001*	<0.001*
	火車站距離(公尺)	3,686.80	<0.001*	0.010*
	公車站數(站)	65.87	<0.001*	<0.001*
土地使用	總樓地板面積	370,133.10	<0.001*	<0.001*
	商業區樓地板面積比例	12.10%	<0.001*	<0.001*
	純住宅區樓地板面積比例	35.90%	<0.001*	<0.001*
	混合使用住宅區樓地板面積比例	28.61%	0.005*	<0.001*
	政府機關樓地板面積比例	4.48%	0.835	0.770
	公園綠地用地比例	2.83%	0.100	0.490

註：*表示統計顯著

● 旅次出發-商業區樓地板面積比例變數

首先討論旅次出發情況，圖 6-20 為商業區樓地板面積比例截距，可發現於昏峰時段旅次較高，圖 6-21 係數代表商業區樓地板面積比例高群係數減低群係數的值，大部時段為正值，(23 時為函數資料端點存在偏差)，表示高於平均的商業區樓地板面積比例變數對於旅次出發有正向影響，在昏峰時段影響最大。

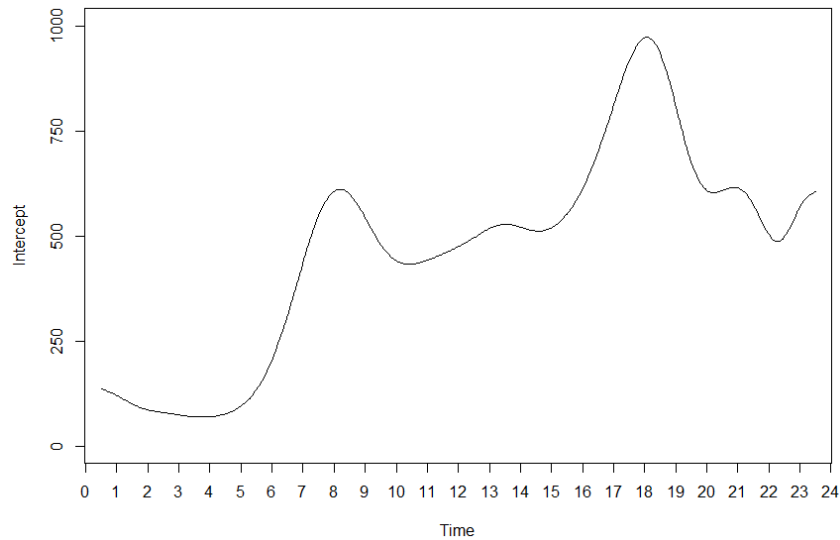


圖 6-20 旅次出發-商業區樓地板面積比例截距

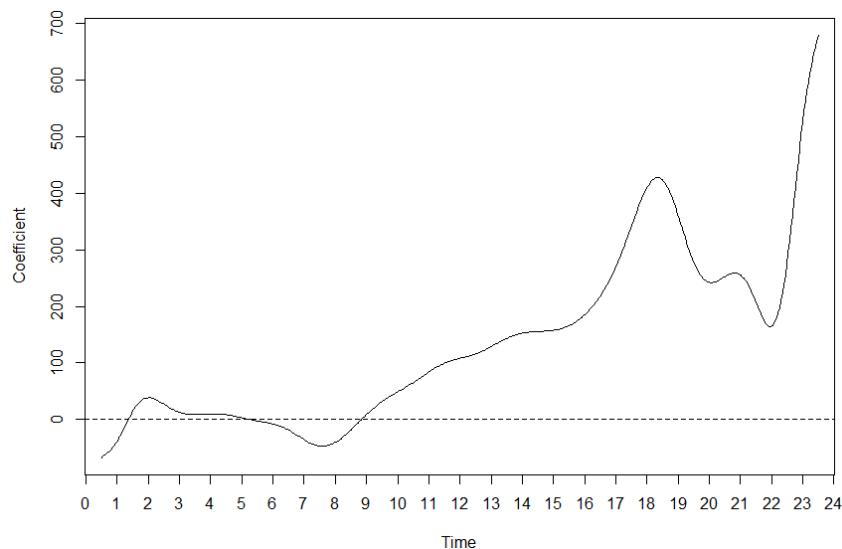


圖 6-21 旅次出發-商業區樓地板面積比例變數係數

利用商業區樓地板面積比例 12.1% 為分界，將高低兩群體之出發旅次差異如圖 6-22 所示，可發現在傍晚出現尖峰變化，圖 6-23 說明排列檢定， p 值 < 0.001 表示該變數顯著影響旅次，查看各時段排列檢定，函數樣本值（實線）超過統計臨界值（虛線）表示該時段有顯著。

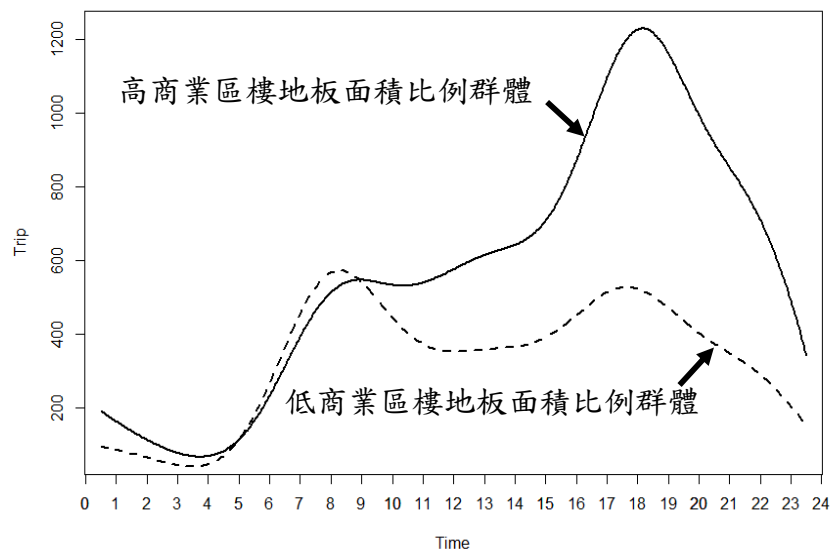


圖 6-22 旅次出發-商業區樓地板面積比例變數群體比較

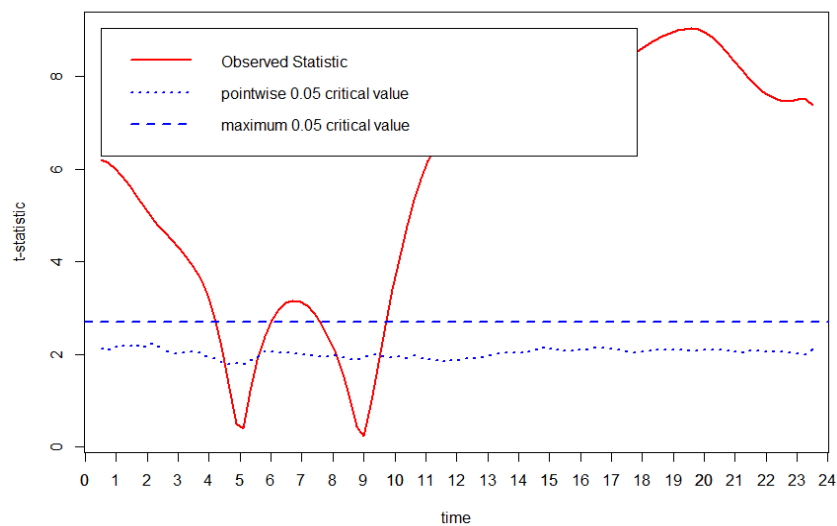


圖 6-23 旅次出發-商業區樓地板面積比例變數排列檢定

● 旅次出發-純住宅區樓地板面積比例變數

在旅次出發方面，圖 6-24 為純住宅區樓地板面積截距，截距項在昏峰時段旅次較高，圖 6-25 係數大部時段為負值，表示高於平均的純住宅區樓地板面積比例里對於旅次有負向影響，且最負時段為昏峰，(23~24 時為函數資料端點存在偏差)，可得知低純住宅區比例里旅次會較高並且在傍晚出現最大差異。

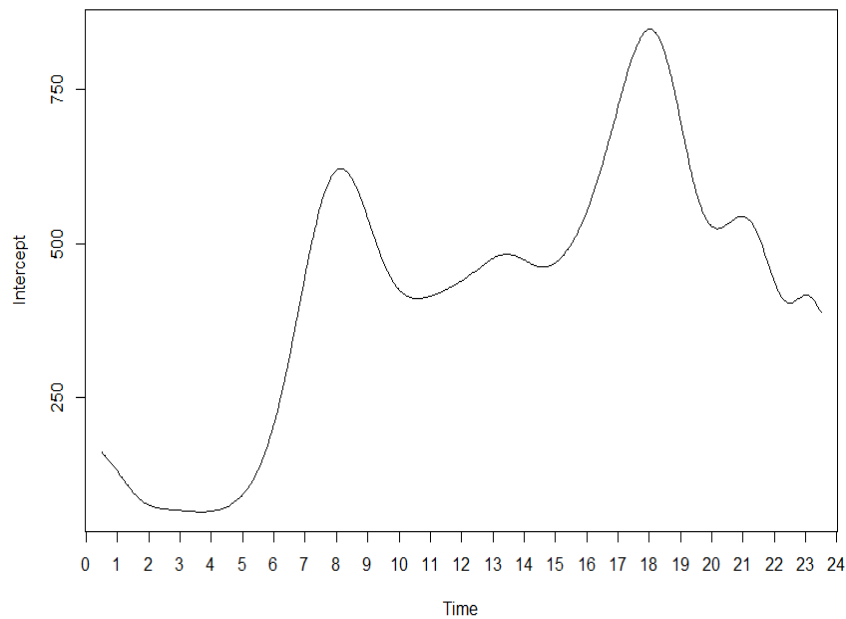


圖 6-24 旅次出發-純住宅區樓地板面積比例截距

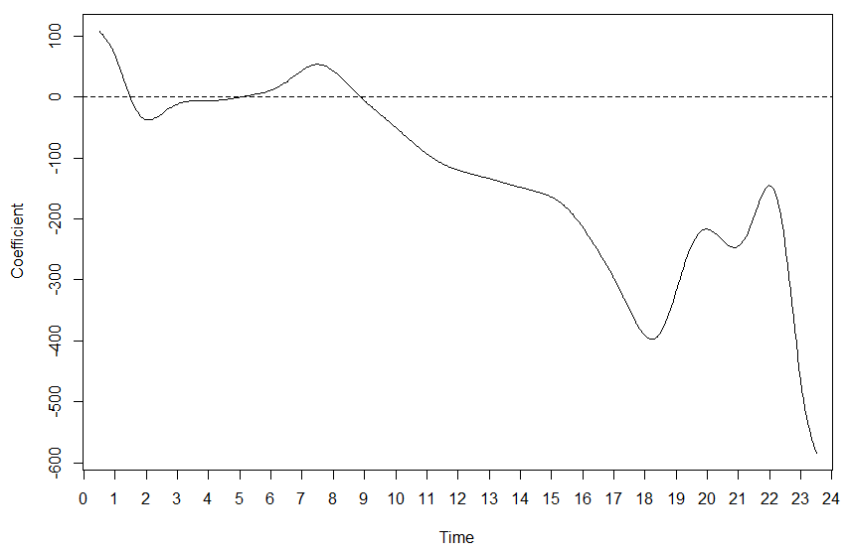


圖 6-25 旅次出發-純住宅區樓地板面積比例變數係數

利用純住宅區樓地板面積比例 35.9% 為分界，低群體的旅次出發比高群體多如圖 6 - 26 所示，圖 6 - 27 說明排列檢定， p 值 <0.001 表示該變數顯著影響旅次，觀察各時段排列檢定，函數樣本值（實線）超過統計臨界值（虛線）表示該時段為顯著影響。

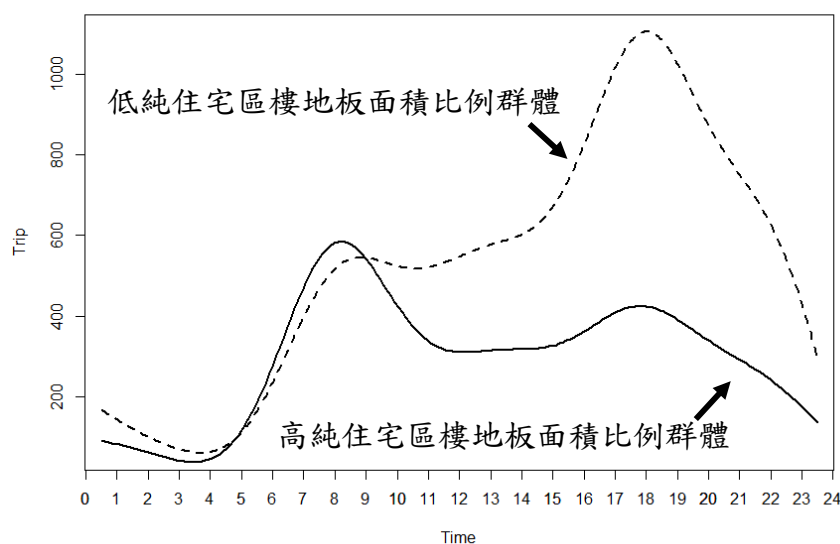


圖 6 - 26 旅次出發-純住宅區樓地板面積比例變數群體比較

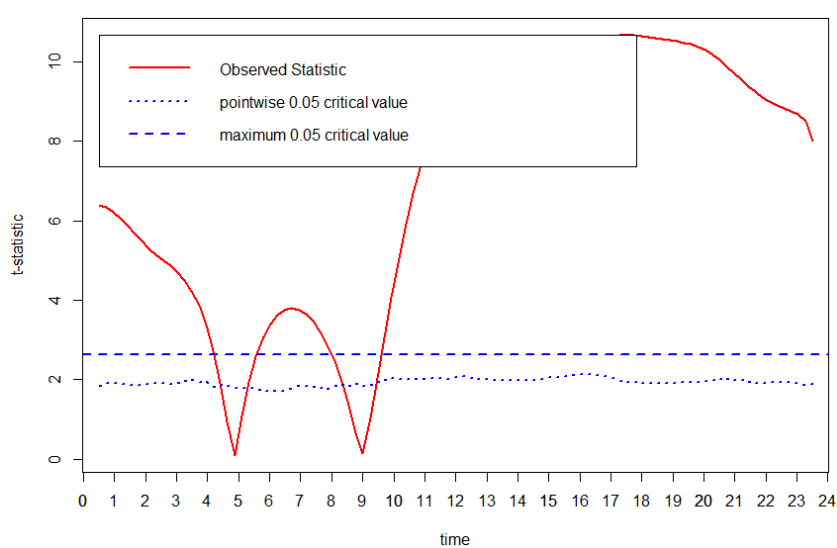


圖 6 - 27 旅次出發-純住宅區樓地板面積比例變數排列檢定

● 旅次到達-商業區樓地板面積比例變數

在旅次到達方面，圖 6-28 為商業區樓地板面積比例截距，可發現截距項存在晨昏峰，圖 6-29 係數大部分時段為正值，表示商業區樓地板面積比例高的里對於旅次到達有正向影響，並且在早上影響最大。

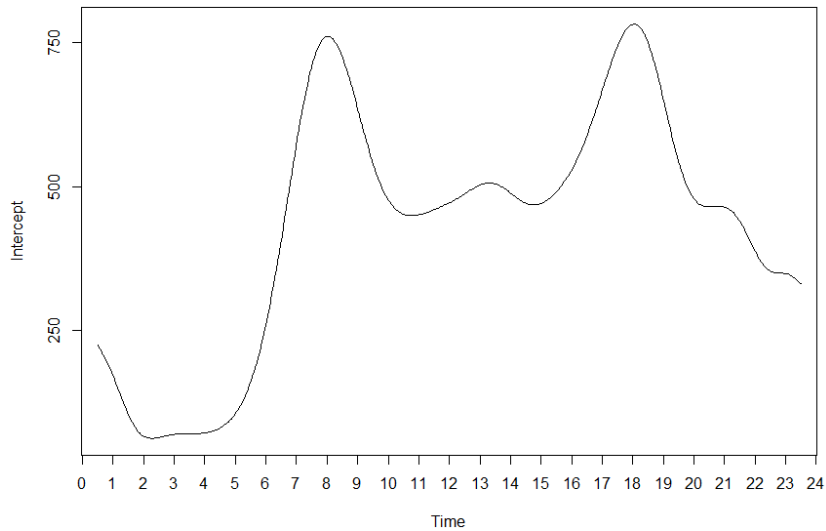


圖 6-28 旅次到達-商業區樓地板面積比例截距

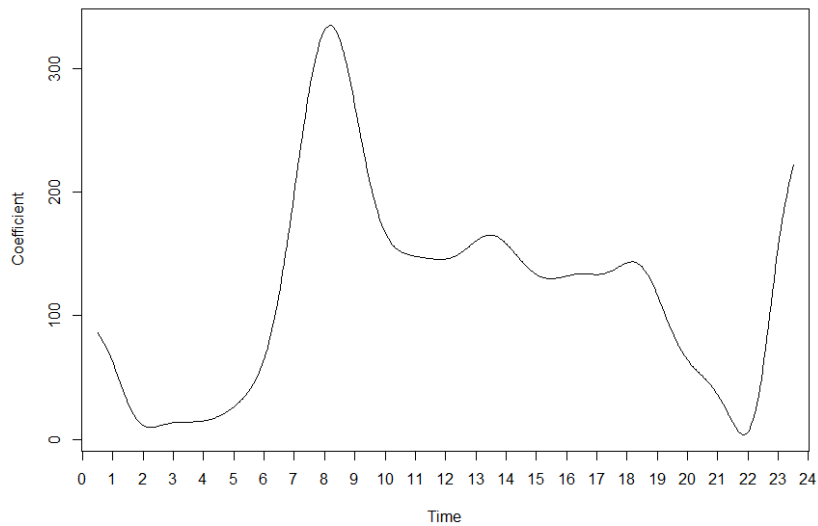


圖 6-29 旅次到達-商業區樓地板面積比例變數係數

利用商業區樓地板面積比例 12.1% 為分界，兩群體之旅次到達差異如圖 6-30，高商業區樓地板面積比例群體平均旅次較第群體高，且晨峰變化大，圖 6-31 說明排列檢定， p 值 < 0.001 表示該變數顯著影響旅次，查看各時段排列檢定，函數樣本值（實線）超過統計臨界值（虛線）表示該時段有顯著。

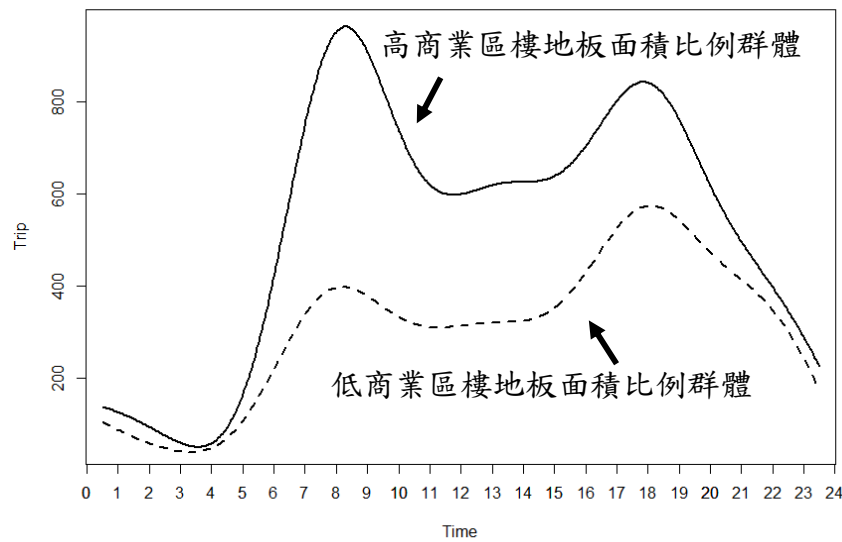


圖 6-30 旅次到達-商業區樓地板面積比例變數群體比較

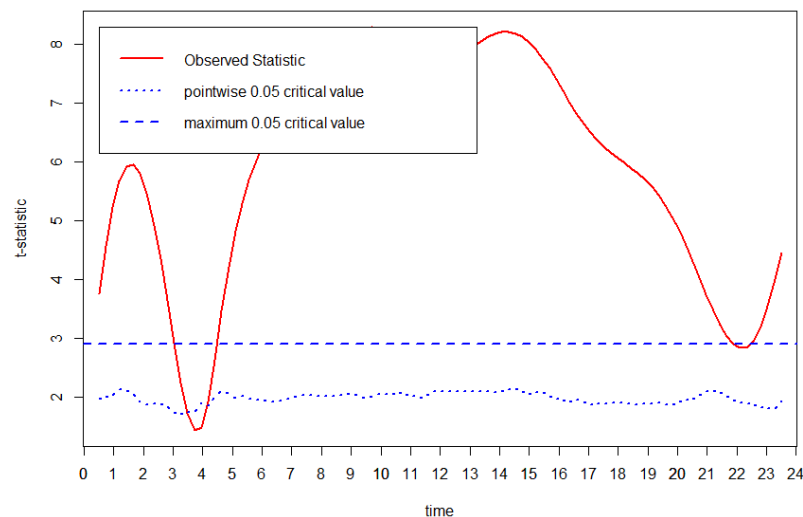


圖 6-31 旅次到達-商業區樓地板面積比例變數排列檢定

● 旅次到達-純住宅區樓地板面積比例

在旅次到達方面，圖 6-32 為純住宅區樓地板面積截距，截距項在早上及傍晚有尖峰旅次，圖 6-33 係數大部時段為負值，表示高於平均的純住宅區樓地板面積比例里對於旅次到達有負向影響，且在早上時段影響最大，低純住宅區比例里旅次會較高並且在早上時段與高純住宅區比例里群體差異最大。

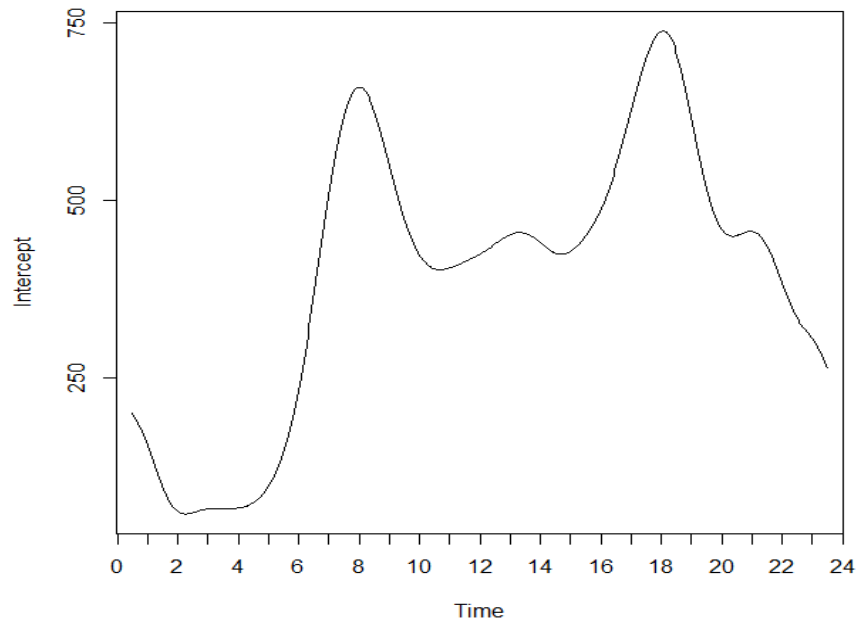


圖 6-32 旅次到達-純住宅區樓地板面積比例截距

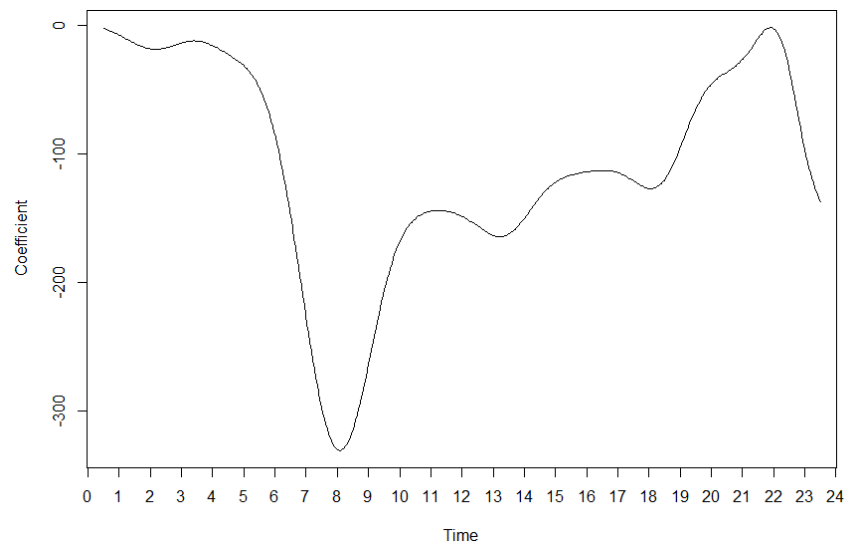


圖 6-33 旅次到達-純住宅區樓地板面積比例變數係數

利用純住宅區樓地板面積比例 35.9% 為分界，如圖 6-34 所示，低純住宅區樓地板面積比群體的旅次到達比高群體多，且於晨峰差異最大，圖 6-35 說明排列檢定， p 值 < 0.001 表示該變數顯著影響旅次，觀察各時段排列檢定，函數樣本值（實線）超過統計臨界值（虛線）表示該時段有顯著。

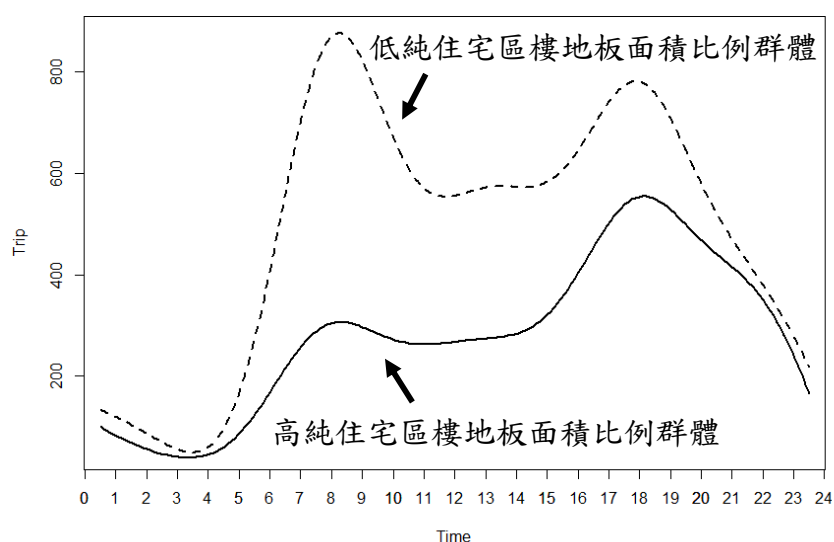


圖 6-34 旅次到達-純住宅區樓地板面積比例變數群體比較

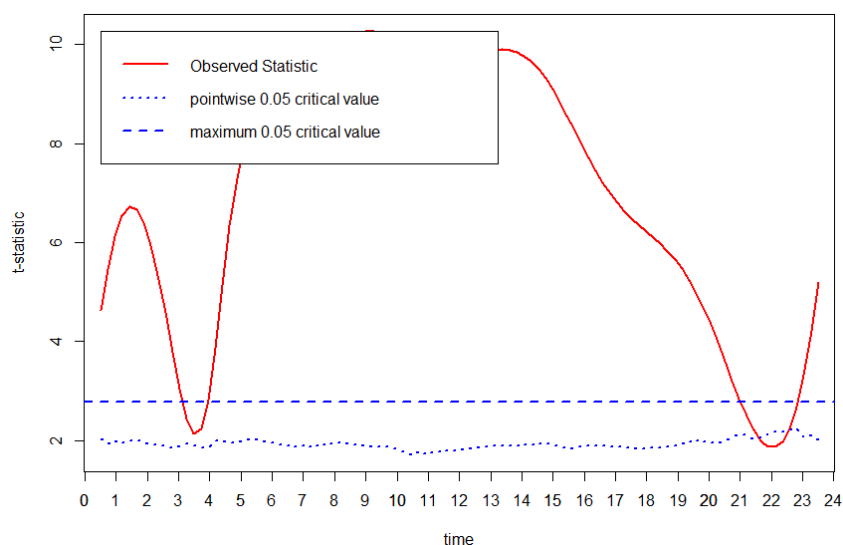


圖 6-35 旅次到達-純住宅區樓地板面積比例變數排列檢定

6.3.2 區變數函數型線性模式分析

除了 6.3.1 小節各變數探討面向，另外針對區變數進行線性模式分析，將臺北市以里為單位的信令資料使用區作為分隔，可進一步觀察 12 個區對函數型信令資料的影響。

在本研究公式 (6-5) 中，函數型應變數 $y_i(t)$ 代表函數型旅次出發與到達曲線， x_{ij} 值為 0 或 1，在純量矩陣 $Z[442 \times 13]$ 中，442 列代表現有信令資料里的數目，第 1 欄所有 x_{ij} 值皆為 1，目的求出所有里資料的平均，其餘 12 欄中唯有該筆資料所屬區欄 x_{ij} 才顯示 1，目的將所有資料進行區之分類， $\beta_0(t)$ 為截距項，為 $\beta_j(t)$ 為係數，限制式 (6-6) 識別在 12 個區中的特定影響效果範圍，使不同區有相同比較基準， $\varepsilon_{ij}(t)$ 為殘差項表達模式無法解釋之變異。

$$y_i(t) = \beta_0(t) + \sum_{j=1}^{12} x_{ij} \beta_j(t) + \varepsilon_i(t) \quad (6-5)$$

$$\sum_{j=1}^{12} \beta_j(t) = 0, \forall t \quad (6-6)$$

● 旅次出發

由上述公式可繪製圖型表達函數時空分布狀態，圖 6-29 表達 $\beta_0(t)$ 截距項，亦即圖 6-3 旅次出發-平均旅次時間分布函數圖，代表線性模式中未考慮各區變數之圖型，為各區各里之平均旅次時間分布狀態，昏峰時段平均旅次量較晨峰時段高。

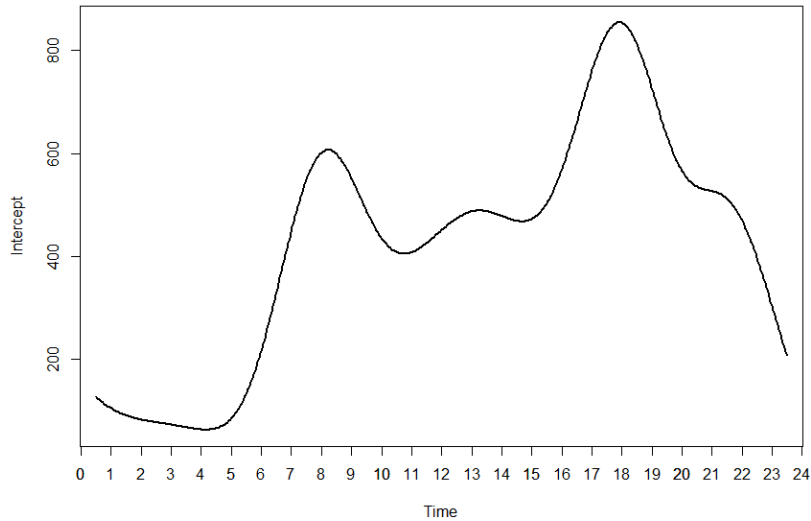


圖 6-36 旅次出發-平均旅次時間分布函數截距圖

將臺北市 12 個區旅次出發時間分布函數係數依序呈現如圖 6 - 37，可觀察不同區係數差異，正值代表大於平均旅次，負值代表小於平均旅次，大多數區在一天之時間旅次分布時而高於平均時而低於平均，歸類各區旅次時間分布特性可看出區之定位與性質。

大安區、中山區、中正區與松山區大部分時間高於平均，且旅次出發在傍晚有極高值，推估這些區有極高昏峰下班之旅次；士林區、大同區、文山區、北投區與萬華區大部分時間低於平均但在早上時段旅次較高，推估這些區主要為上班之旅次；內湖區、南港區早晨與下午旅次出發皆高於平均，信義區雖大部分時間低於平均但是晚上時段旅次出發量大於平均。

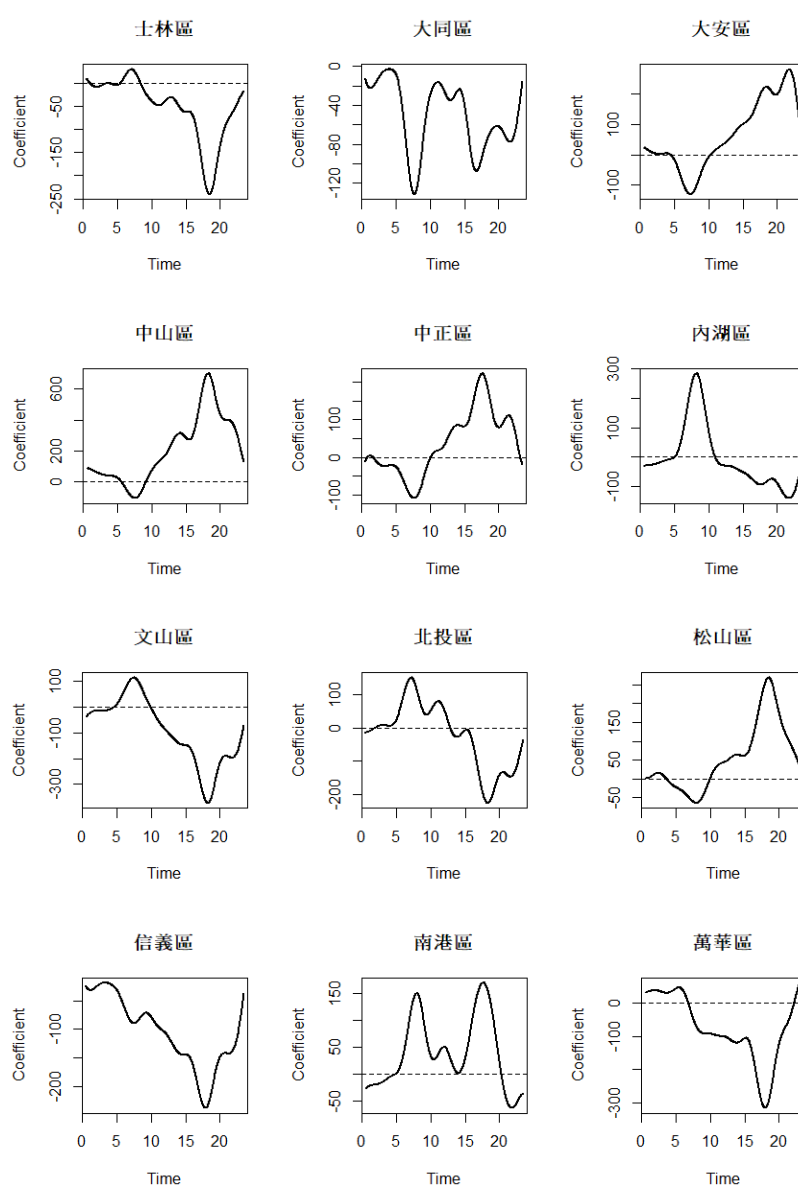


圖 6 - 37 旅次出發-各區旅次時間分布函數係數圖

將上述旅次出發模型截距項圖與各區係數圖合併後，可得 12 個區旅次時間分布之函數如圖 6 - 38 所示，由於 12 個區曲線相互交錯標示不易，故以下午 6 點時段說明各區，由高到低依序為：中山區、中正區、內湖區、松山區、大安區、南港區、大同區、信義區、士林區、北投區、萬華區、文山區，由此可見不同區之旅次出發多寡與時間分布狀態。

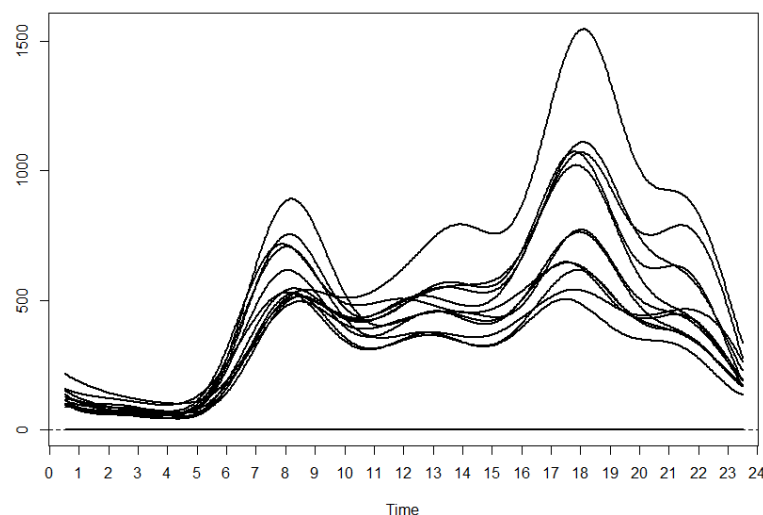


圖 6 - 38 旅次出發-各區旅次時間分布函數圖

● 旅次到達

在旅次到達方面，圖 6 - 39 表達 $\beta_0(t)$ 到達旅次的截距項，亦即圖 6 - 7 旅次到達-平均旅次時間分布函數圖，代表線性模式中未考慮各區變數之圖型，為各區各里之平均旅次時間分布狀態，出發分布型態與到達分布型態有差異，晨峰與昏峰平均旅次相近。

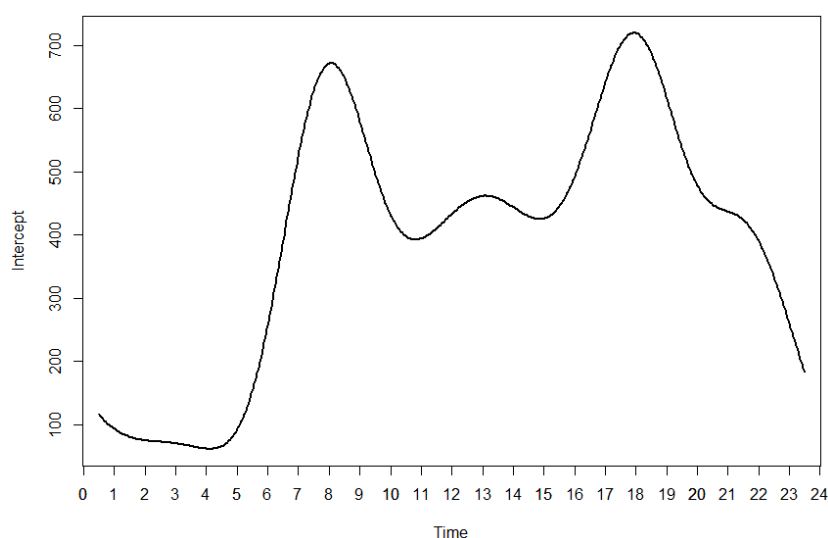


圖 6 - 39 旅次到達-平均旅次時間分布函數截距圖

將臺北市 12 個區旅次到達時間分布函數係數依序呈現如圖 6-40，大安區、中山區、中正區、內湖區與松山區大部分時間高於平均，且旅次到達在早上有極高值，推估這些區有極高晨峰上班之旅次；士林區、大同區、文山區、北投區與萬華區大部分時間低於平均但在下午晚上時段旅次較高，推估這些區主要為下班回家旅次；南港區早晨與下午旅次出發皆高於平均，信義區大部分時間低於平均但早上時段相較到達量較大。

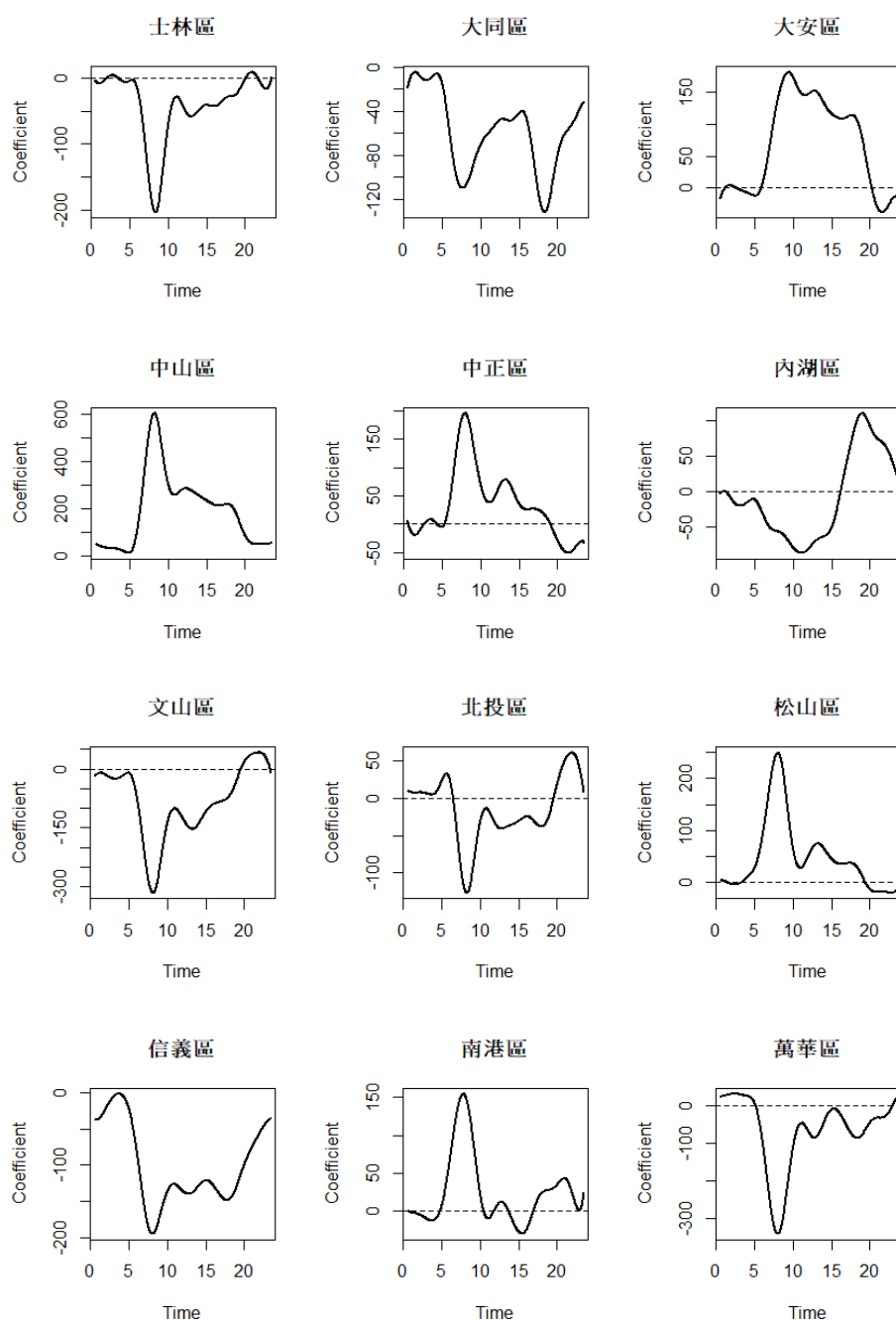


圖 6-40 旅次到達-各區旅次時間分布函數係數圖

將上述旅次到達模型截距項圖與各區係數圖合併後，可得 12 個區旅次時間分布之函數如圖 6-37 所示，由於 12 個區曲線相互交錯標示不易，故以早上 8 點時段說明各區，由高到低依序為：中山區、中正區、內湖區、松山區、大安區、南港區、信義區、大同區、北投區、士林區、文山區、萬華區，由此可見不同區之旅次到達多寡與時間分布狀態。

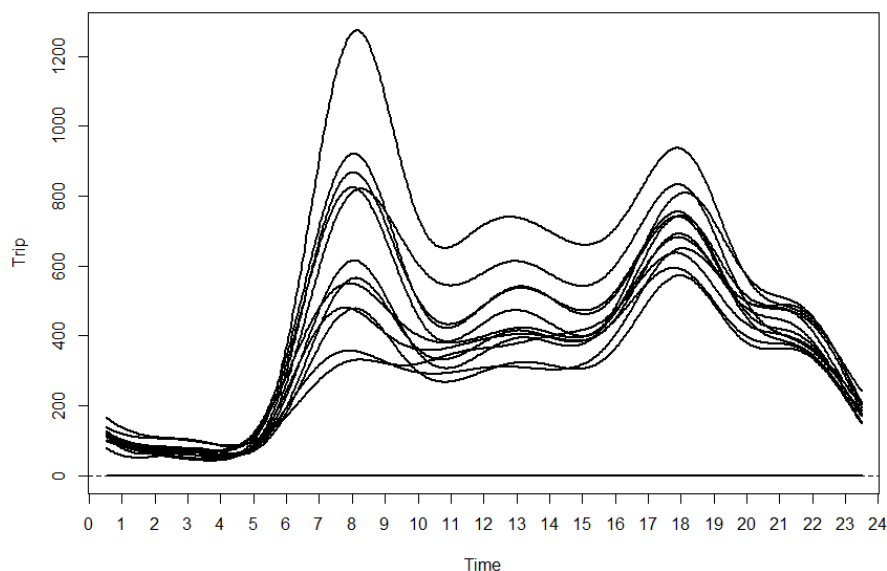


圖 6 - 41 旅次到達-各區旅次時間分布函數圖

比較旅次出發與到達的區變數函數型線性模式，可發現函數變化圖形可主要分為兩群：

- (1) 大安區、中山區、中正區、內湖區、松山區
- (2) 士林區、大同區、文山區、北投區、萬華區

將分析結果與土地使用相比，表 6 - 4 深色部分為高於平均之區，可發現群體與土地使用的商業區、純住宅區樓地板面積比例高群體相似，代表不同區的函數型旅次時間分布受土地使用影響，特別是商業區與純住宅區。

表 6 - 4 各區土地使用列表

土地 使用 區域別	總樓地板面積	商業區樓地 板面積比例	純住宅區樓地 板面積比例	混合住宅區樓 地板面積比例	政府機關樓地 板面積比例	學校樓地板 面積比例	公園綠 地比例
士林區	336546.94	6.8%	43.2%	20.3%	5.7%	9.0%	2.9%
大同區	324495.57	14.2%	31.7%	38.4%	2.0%	5.1%	1.2%
大安區	303836.38	14.5%	28.7%	39.3%	3.0%	7.0%	1.9%
中山區	511960.54	22.9%	20.3%	39.0%	3.7%	3.7%	2.5%
中正區	413072.84	14.7%	32.9%	23.8%	9.5%	4.3%	3.7%
內湖區	393473.26	12.0%	44.2%	24.3%	1.3%	7.4%	3.4%
文山區	342551.52	4.2%	45.4%	18.8%	5.8%	11.6%	3.6%
北投區	384259.64	6.9%	45.1%	17.1%	4.1%	8.4%	3.0%
松山區	275367.90	17.6%	29.0%	37.8%	2.2%	2.8%	2.4%
信義區	331262.26	10.9%	32.8%	32.7%	3.8%	4.8%	3.3%
南港區	705430.14	13.1%	29.0%	17.9%	18.4%	5.0%	3.8%
萬華區	280608.97	11.1%	42.3%	32.6%	0.8%	4.1%	2.7%
臺北市	370133.13	12.1%	35.9%	28.6%	4.5%	6.4%	2.8%

註：深色陰影代表高於臺北市平均值

第七章 模式推估結果比較

本章將多變量線性迴歸模式與函數型線性迴歸模式做比較，其內容分為兩小節，7.1 小節說明社會與建成環境之模式比較，7.2 小節說明區變數模式比較，利用圖形結果視覺化呈現兩種分析方法的旅次時間分布，觀察圖形在 24 小內各時間的變化程度。

7.1 社會與建成環境模式比較

本小節比較兩種研究方法之社會與建成環境變數，探討特定變數高於或低於平均值時，兩群體對旅次的影響，產出圖形包含各時間點截距項、係數效果與總旅次變化，因研究變數個數眾多，故以顯著的土地使用變數之商業區與純住宅區樓地板面積為例，分別呈現兩種研究方法對旅次出發與旅次到達的作圖。

● 旅次出發-商業區樓地板面積比例變數

以各時間點旅次出發資料作為應變數，商業區樓地板面積比例變數為解釋變數，判斷該里商業區樓地板面積比例資料是否大於平均值，藉此分為高於平均群體與低於平均群體，作圖呈現截距項、係數效果與總旅次變化。多變量線性迴歸模式創建 24 條迴歸模式代表一天 24 小時，並依序擷取迴歸模式參數呈現於左側圖形，函數型線性迴歸模式根據離散觀察點計算，利用參數繪出連續平滑曲線呈現於右側。

兩種模式皆取自於相同資料，如圖 7-1 所示，橫軸為一天 24 小時，縱軸為截距項，因模式使商業區樓地板面積比例高低群變數之係數效果相加為 0，故截距項亦為旅次出發平均數，且在傍晚呈現旅次出發尖峰，可發現兩種模式在午夜端點有誤差，其他時間作圖趨勢相近。

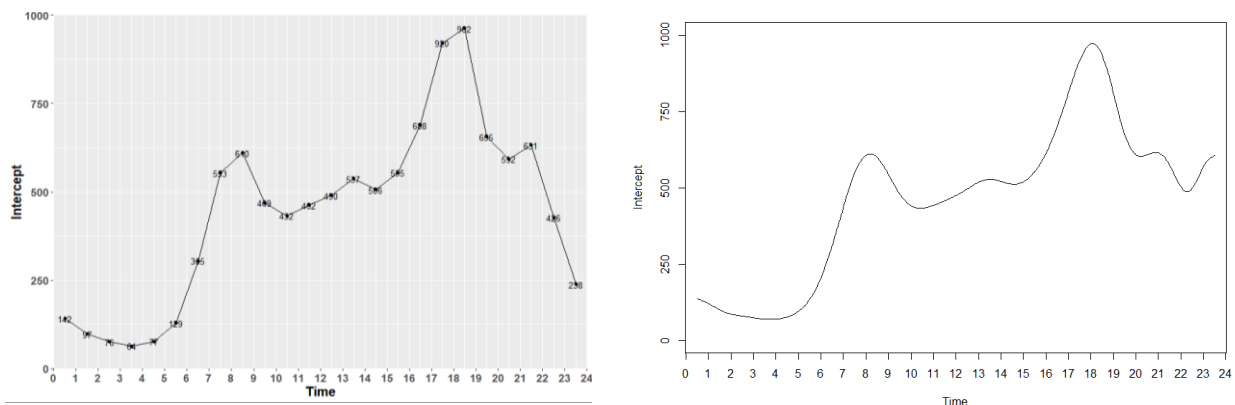


圖 7-1 旅次出發-商業區樓地板面積比例截距比較圖

商業區樓地板面積比例變數之係數呈現如圖 7-2，橫軸為一天 24 小時，縱軸為係數項，可發現下午四點前係數變化沒有急遽改變，因此左右兩側圖形趨勢相近，並且發現右側函數型分析係數圖資料兩端點（0 時與 23 時）與左側多變量線性迴歸模式係數圖不同，因函數型線性迴歸分析利用點的前後資訊計算出連續函數，但兩端點僅有單邊資訊，故 0 時、23 時與左側多變量線性迴歸模式係數圖有明顯差異。

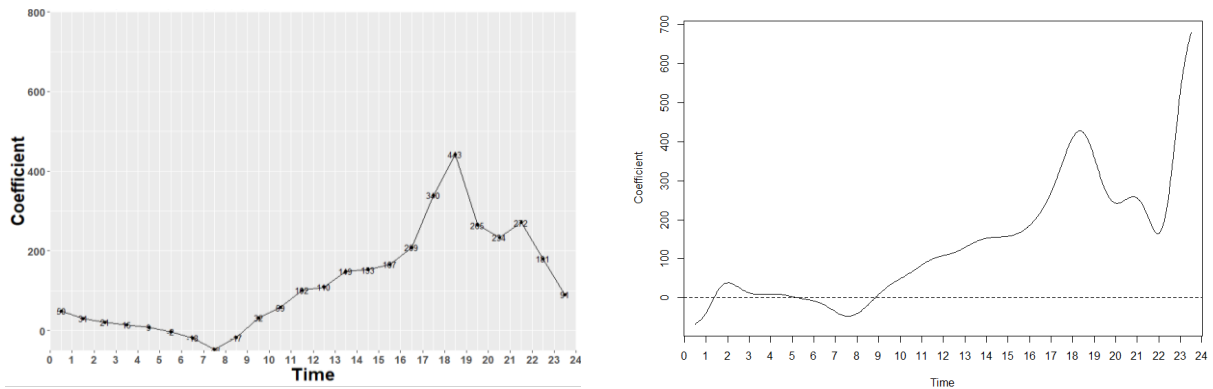


圖 7-2 旅次出發-商業區樓地板面積比例係數比較圖

利用商業區樓地板面積比例分高低群後，可繪出兩群體的旅次出發結果，圖 7-3 中實線為高群體、虛線為低群體，橫軸為一天 24 小時，縱軸為旅次數，在傍晚 5~7 點時，高群體旅次出發變化大，代表商業區樓地板面積比例高的里群體在傍晚有較多旅次，可解釋為離開商業區的下班旅次，右側函數型線性迴歸分析圖形比左側多變量線性迴歸分析圖形還平滑，且在傍晚 6 點尖峰值呈現旅次比左側還低。

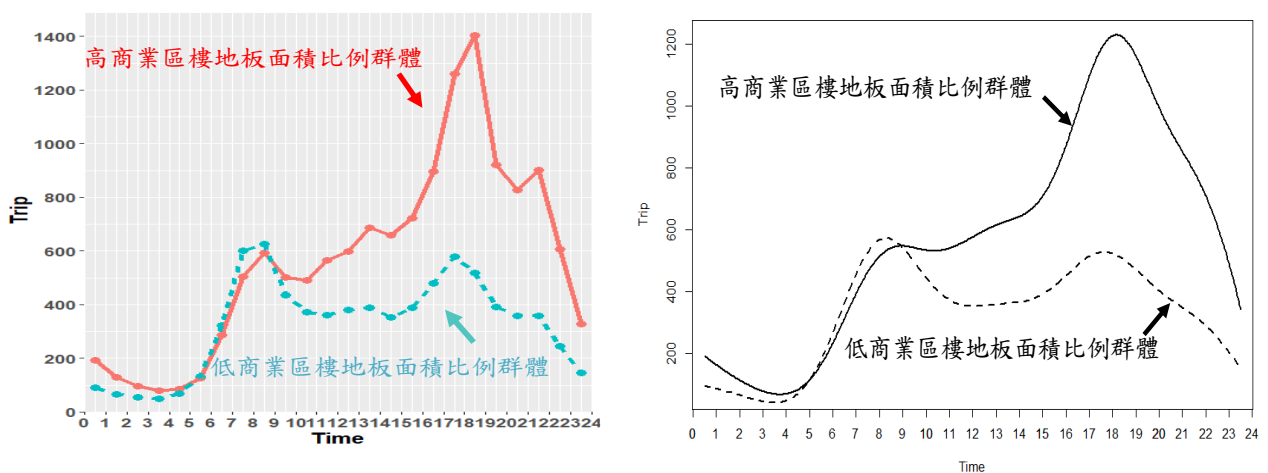


圖 7-3 旅次出發-商業區樓地板面積比例總旅次比較圖

● 旅次出發-純住宅區樓地板面積比例

將旅次出發資料另舉其他變數呈現，以純住宅區樓地板面積比例變數為解釋變數，判斷該里純住宅區樓地板面積比例資料是否大於平均值，藉此分為高於平均群體與低於平均群體，作圖呈現截距項、係數效果與總旅次變化。

純住宅區樓地板面積比例截距比較圖呈現如圖 7-4 所示，可發現函數型線性迴歸分析方法在末端值與多變量線性迴歸分析圖有差異，其他時間點趨勢大致相同。

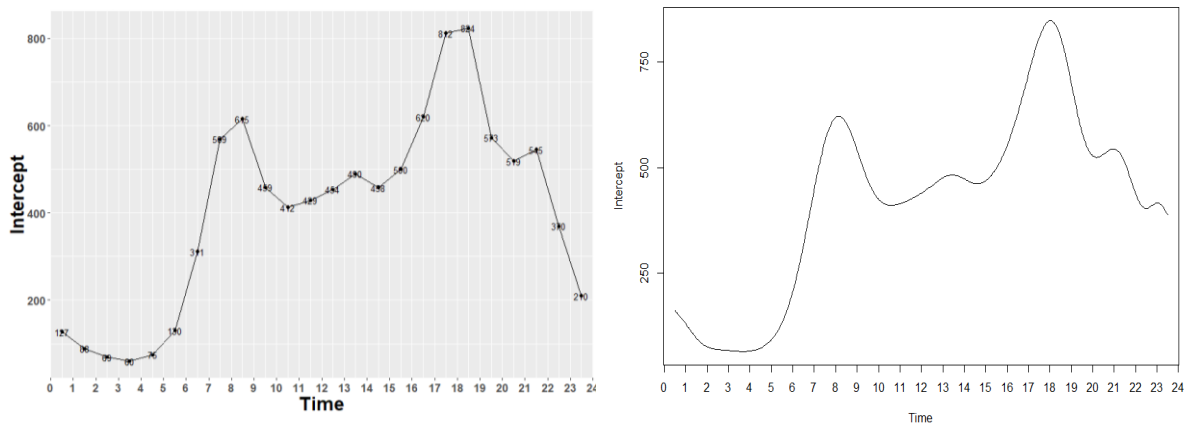


圖 7-4 旅次出發-純住宅區樓地板面積比例截距比較圖

純住宅區樓地板面積比例變數之係數呈現如圖 7-5，在早上時段係數值為正，代表純住宅的高群體較低群體在早上時段較低群體有較多旅次出發，可解釋為純住宅區樓地板面積比例較高的里群體早上離開該區去上班的旅次明顯，發現右側函數型分析係數圖資料兩端點（0 時與 23 時）與左側多變量線性模式係數圖不同，其他時間點係數分布大致相近。

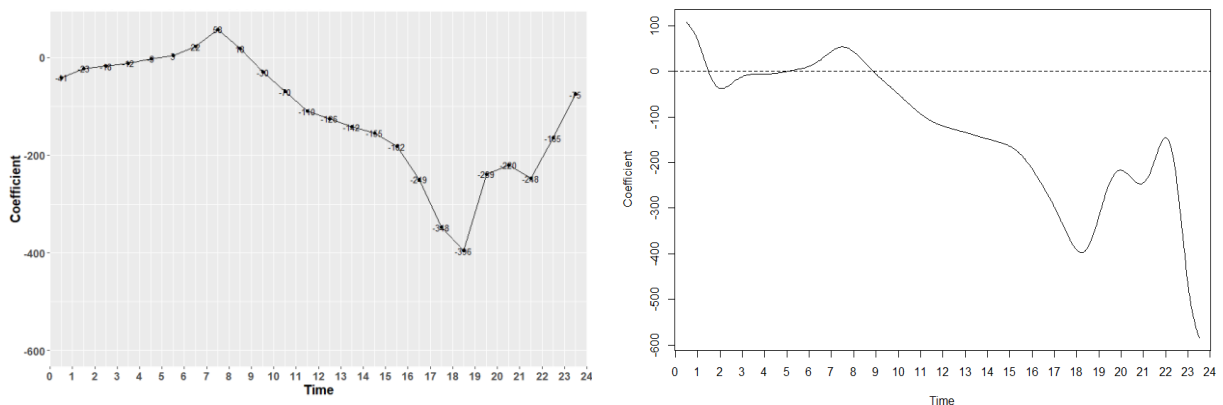


圖 7-5 旅次出發-純住宅區樓地板面積比例係數比較圖

利用純住宅區樓地板面積比例分高低群後，可繪出兩群體的旅次出發結果，圖 7-6 中實線為高群體、虛線為低群體，在傍晚時低群體旅次出發變化大，純住宅區樓地板面積比例較高的里群體在傍晚時旅次較少，可解釋為傍晚時段住宅區樓地板面積比例越大沒有較多的旅次出發，代表住宅區比例高的里在傍晚時段不是主要有旅次出發的地區，將右側函數型線性迴歸法與左側多變量線性迴歸法作圖相比，可發現觀察值轉換為曲線後起伏很小，沒有記錄出很多細小的波形。

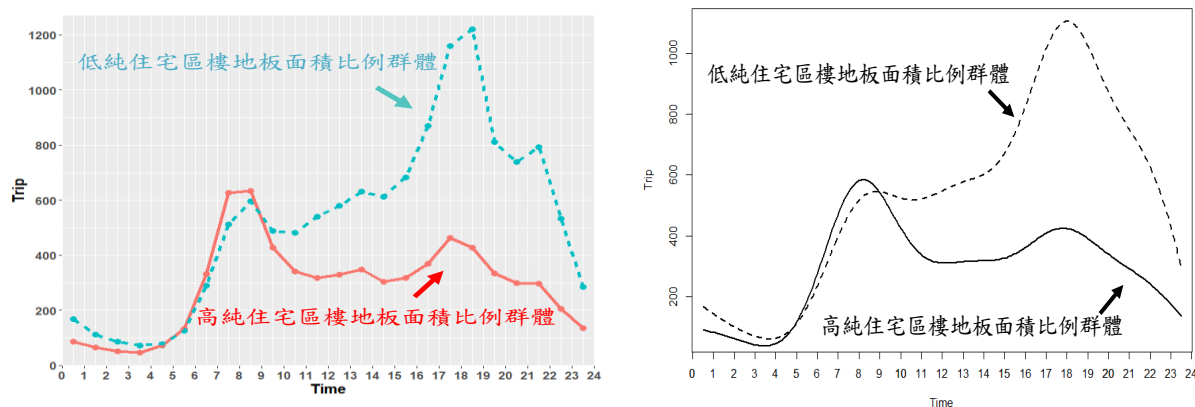


圖 7-6 旅次出發-純住宅區樓地板面積比例總旅次比較圖

● 旅次到達-商業區樓地板面積比例變數

以各時間點旅次到達資料作為應變數，其分析方法及原理與旅次出發一致，以商業區樓地板面積比例變數為解釋變數，判斷該里商業區樓地板面積比例資料是否大於平均值，藉此分為高群與低群，作圖呈現截距項、係數效果與總旅次變化。

圖 7-7 顯示旅次到達中商業區樓地板面積比例截距比較圖，橫軸為一天 24 小時，縱軸為截距項，因模式使商業區樓地板面積比例高低群變數效果相加為 0，故截距項亦為旅次到達平均數，呈現早上尖峰與傍晚尖峰，比較左側線性迴歸圖形與右側函數型圖形可發現兩者趨勢相近。

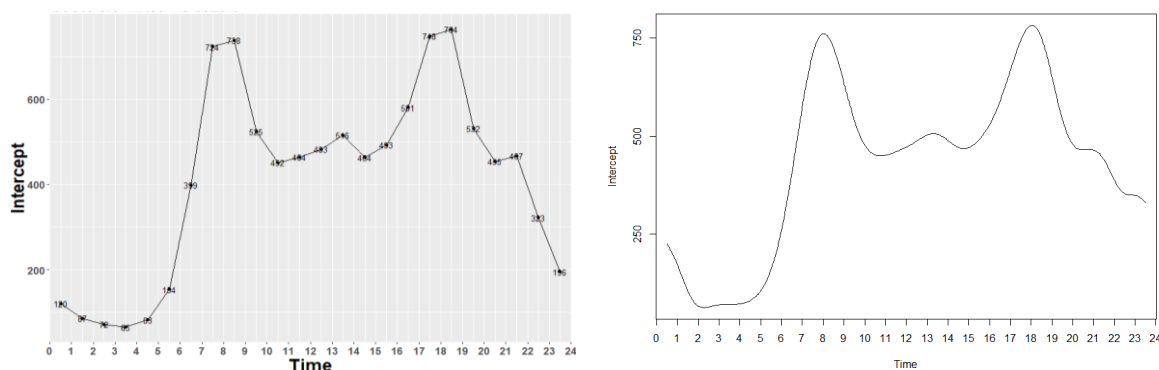


圖 7-7 旅次到達-商業區樓地板面積比例截距比較圖

係數比較部分如圖 7-8 所示，橫軸為一天 24 小時，縱軸為係數項，呈現商業區在早上 8 點時段影響係數最高，代表商業區樓地板比例面積高的里相較於低的里在早上時有較多旅次，可解釋為商業區特性高的地區有許多上班到達旅次，而右側的函數型線性模式分析圖依然與左側圖形在端點（0 時與 23 時）顯示有誤差。

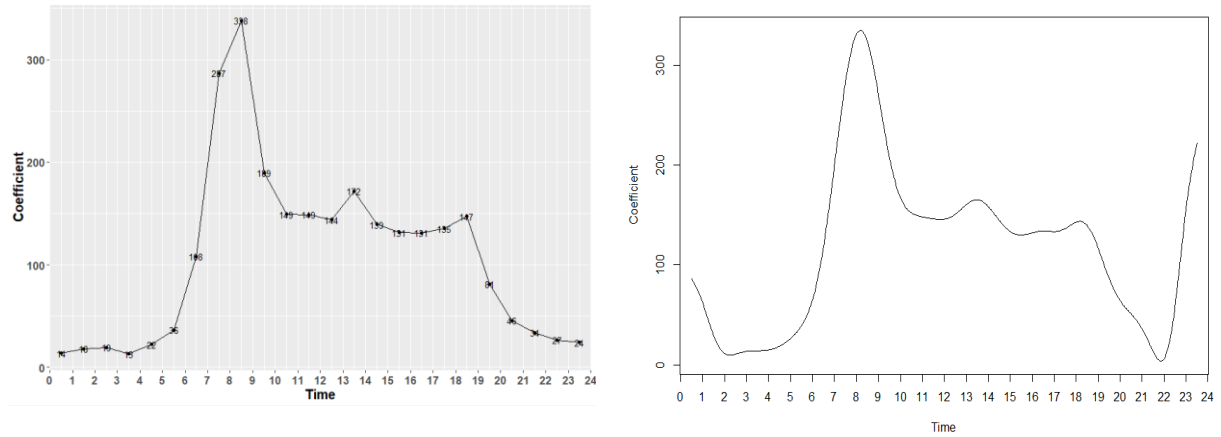


圖 7-8 旅次到達-商業區樓地板面積比例係數比較圖

利用商業區樓地板面積比例分高低群後，可繪出兩群體的旅次到達結果，圖 7-9 中實線為高群體、虛線為低群體，橫軸為一天 24 小時，縱軸為旅次數，在早上 8 點時段高群體旅次出發變化大，右側函數型線性迴歸分析圖形比左側多變量線性迴歸分析圖形更平滑。

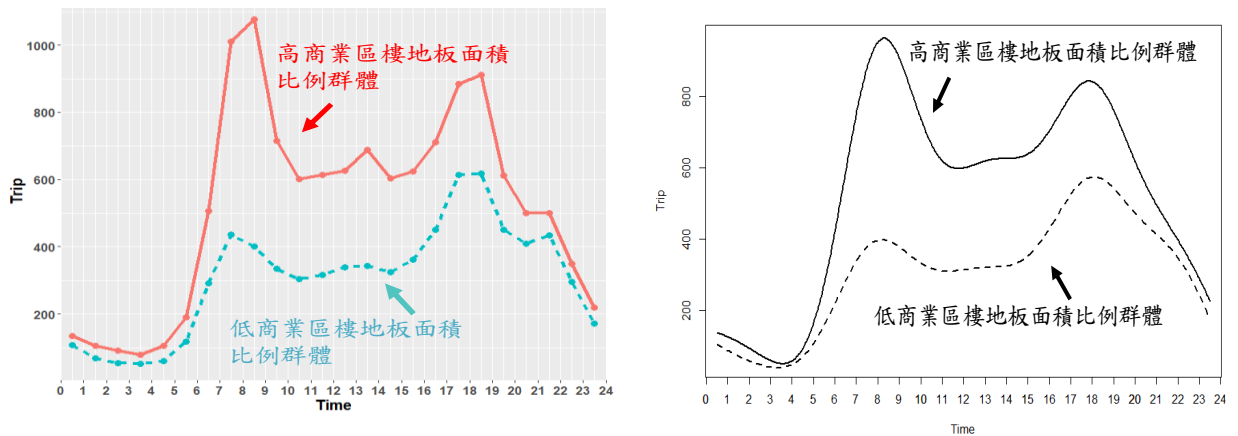


圖 7-9 旅次到達-商業區樓地板面積比例總旅次比較圖

● 旅次到達-純住宅區樓地板面積比例

將旅次到達資料另舉其他變數為例，以純住宅區樓地板面積比例變數為解釋變數，判斷該里純住宅區樓地板面積比例資料是否大於平均值，藉此分為高群與低群，作圖呈現截距項、係數效果與總旅次變化。

純住宅區樓地板面積比例截距比較圖呈現如圖 7 - 10，呈現早上尖峰與傍晚尖峰，傍晚尖峰較早上尖峰略高，可發現函數型線性迴歸分析方法與多變量線性迴歸分析法圖形大致相同。

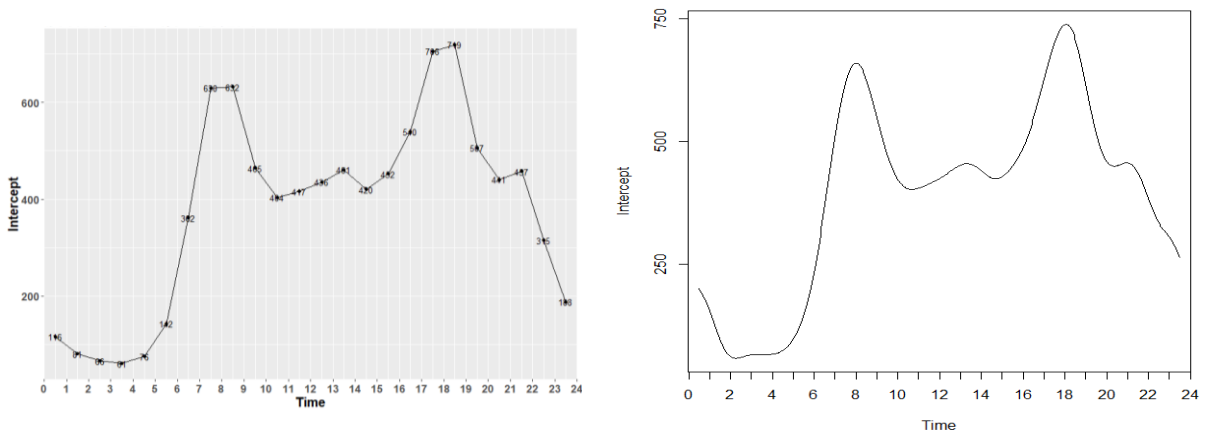


圖 7 - 10 旅次到達-純住宅區樓地板面積比例截距比較圖

係數比較部分如圖 7 - 11 所示，在早上 8 點時段影響係數呈現最低負值，顯現純住宅區土地面積比例高的群體較低的群體有更少到達旅次，代表在早上時段住宅區比例高的特性沒有很多的旅次到達，與多變量線性迴歸分析圖相比，函數型線性迴歸分析圖在兩邊端點有些許誤差。

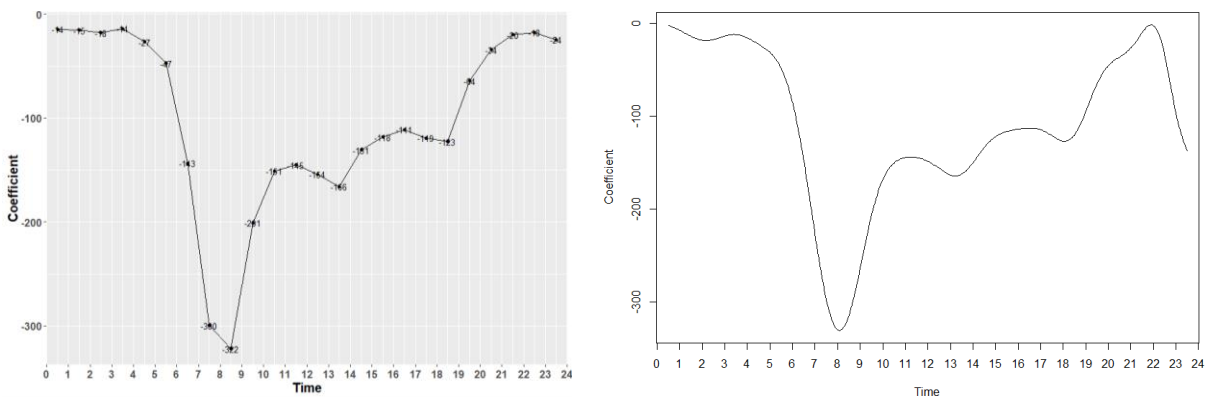


圖 7 - 11 旅次到達-純住宅區樓地板面積比例係數比較圖

利用純住宅區樓地板面積比例分高低群後，可繪出兩群體的旅次到達結果，圖 7-12 中實線為高群體、虛線為低群體，在早上 8 點時段低群體旅次到達變化大，右側函數型線性迴歸分析圖形比左側多變量線性迴歸分析圖形還平滑。

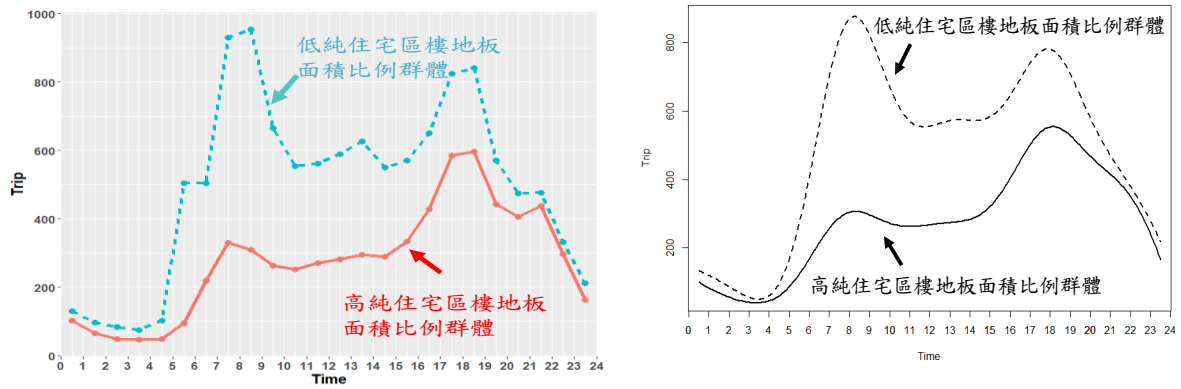


圖 7-12 旅次到達-純住宅區樓地板面積比例總旅次比較圖

7.2 區變數模式比較

本小節比較兩種研究方法之區變數模式，探討臺北市 12 個區對於旅次的影響，產出圖形包含各時間點臺北市平均之截距項、各區係數效果與總旅次變化，舉例中山區與北投區做為代表，分別呈現兩種研究方法對旅次出發與旅次到達的作圖。

● 旅次出發

以各時間點旅次出發資料作為應變數，使用臺北市 12 個區為解釋變數，判不同區對於旅次出發的影響，作圖呈現截距項、係數效果與總旅次變化。多變量線性迴歸模式共創建 24 條迴歸模式代表一天 24 小時，並依序擷取迴歸模式參數呈現於圖形左側，函數型線性模式根據離散觀察點計算，繪出連續平滑曲線呈現於圖形右側。

兩種模式皆取自於相同旅次出發資料，如圖 7-13 所示，橫軸為一天 24 小時，縱軸為截距項，因模式使各區變數效果相加為 0，故截距項亦為臺北市旅次出發平均數，旅次在傍晚時間較早上時間較高，兩者圖形趨勢相似。

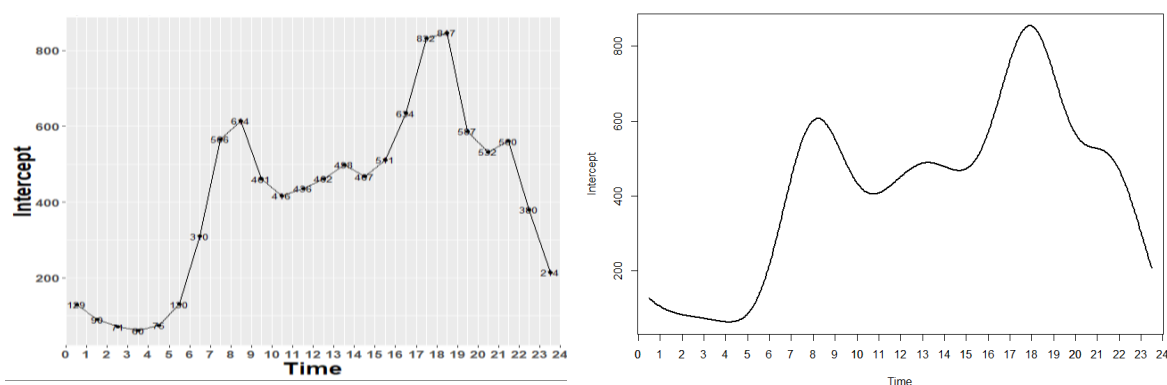


圖 7-13 旅次出發-臺北市區平均截距比較圖

係數效果舉例兩個區作比較，分別為圖 7-14 中山區與圖 7-15 文山區，中山區係商業區樓地板面積比例最高之區，文山區係純住宅區樓地板面積比例最高之區，其中圖形係數正負值代表高於或低於平均截距的效果，舉傍晚 6 點為例，中山區為正 600 左右，文山區為負 500 左右，代表中山區在傍晚 6 點比平均高於 600 多旅次，文山區比平均低 500 多旅次，可藉由一天之區係數圖型判別區特性。

除了圖 7-14 與圖 7-15 兩區差異，進一步比較同一種區之左側多變量線線性分析圖形與右側函數型分析圖形，兩者趨勢相近，但函數型分析圖形使線段更平滑，並且最大值的數值比多變量線線性分析還低。

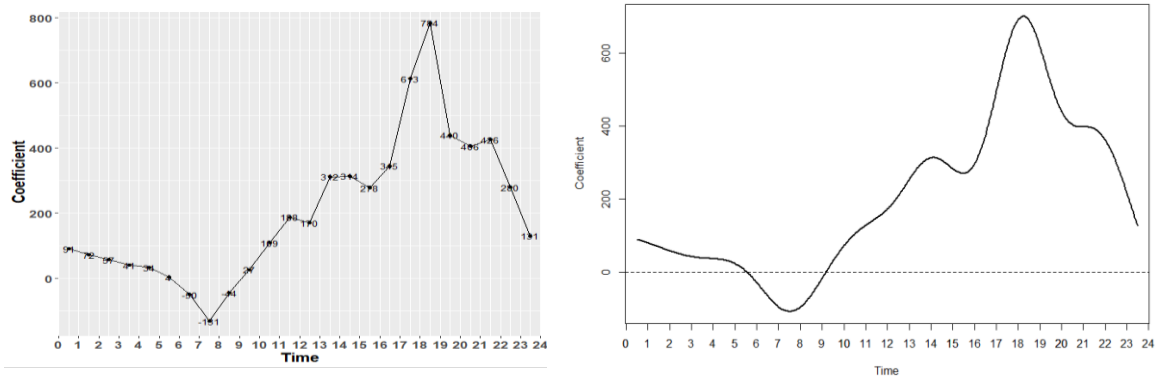


圖 7-14 旅次出發-臺北市中山區係數比較圖

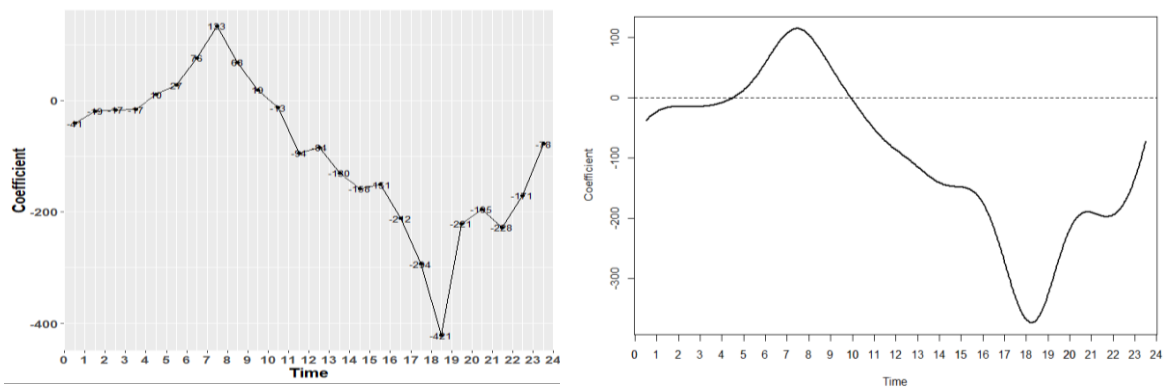


圖 7-15 旅次出發-臺北市文山區係數比較圖

所有區之平均旅次數顯示如圖 7-16，以下午 6 點為基準由高到低依序為：中山區、中正區、內湖區、松山區、大安區、南港區、大同區、信義區、士林區、北投區、萬華區、文山區，由此可見不同區之旅次出發多寡與時間分布狀態。

比較兩種不同分析方法的旅次時間分布圖，右側函數型分析圖形將左側多變量線性模式分析圖形以更平滑的連續曲線呈現，並將觀察點間急遽變化的狀態以更緩和的曲線代替。

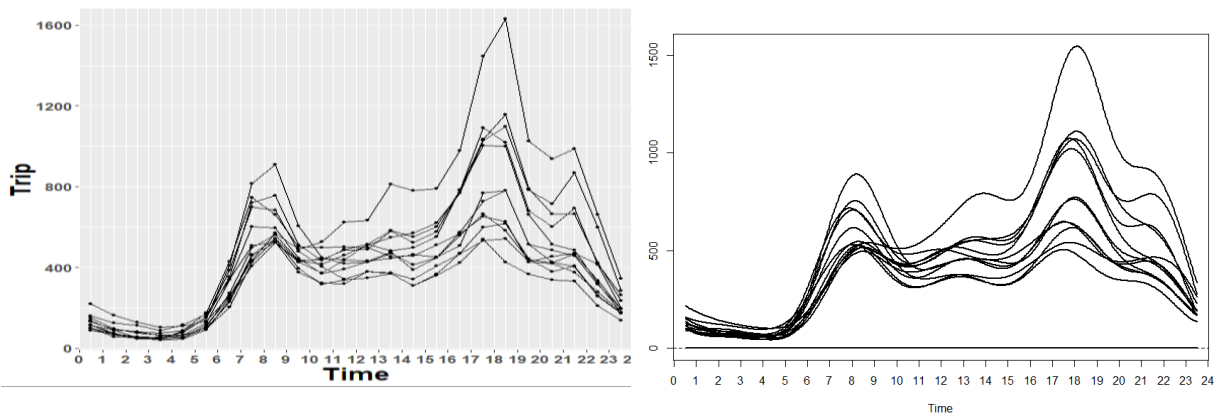


圖 7-16 旅次出發-臺北市 12 區旅次時間分布比較圖

● 旅次到達

使用各時間點旅次到達資料作為應變數，以臺北市 12 個區為解釋變數，判不同區對於旅次到達的影響，作圖呈現截距項、係數效果與總旅次變化。

截距項比較圖如圖 7 - 17 所示，橫軸為一天 24 小時，縱軸為截距項，因模式使各區變數效果相加為 0，故截距項亦為臺北市旅次到達平均數，平均截距旅次在早上 8 點與傍晚 6 點呈現尖峰，兩種模式圖形相似。

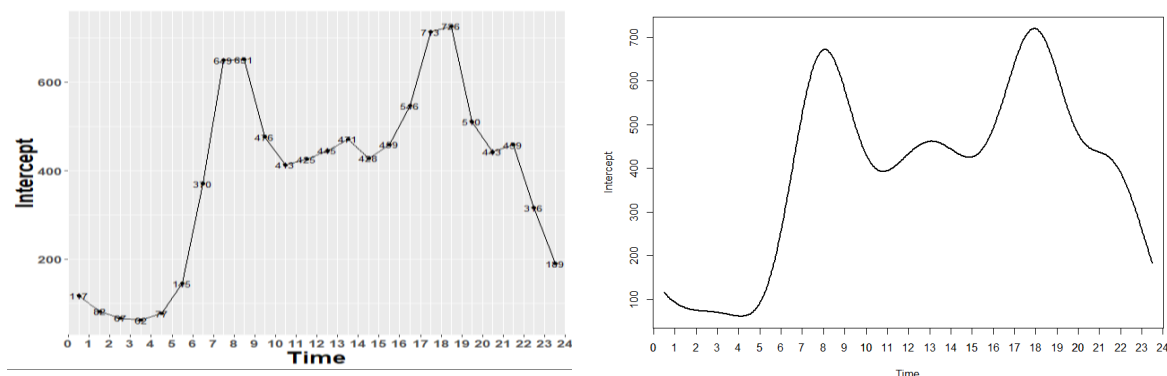


圖 7 - 17 旅次到達-臺北市區平均截距比較圖

區的旅次到達係數效果舉例兩個區作比較，分別為圖 7 - 18 中山區與圖 7 - 19 文山區，中山區係商業區樓地板面積比例最高之區，文山區係純住宅區樓地板面積比例最高之區，中山區與文山區圖形係數正負值趨勢差異極大，中山區在早上 8 點值為 500 多，代表早上到達旅次比臺北市平均還高，可能為早上有上班旅次至商業區；文山區相較之下在晚上 7 點後係數為正值，代表晚上時段有比平均還高的到達旅次，可解釋為晚上有回家之旅次，可藉由一天之區係數圖型判別區特性。

除了圖 7 - 18 與圖 7 - 19 兩區差異，進一步比較同一種區之左側多變量線線性分析圖形與右側函數型分析圖形，兩者趨勢相近，但函數型分析圖形使線段更平滑，並且最大值的數值比多變量線線性分析還低，其中臺北市中山區在多變量線線性分析圖形從早上 9 點至下午 4 點呈現微幅鋸齒向下的變化，在函數型分析則轉換為連續向下的係數，可以發現函數圖形在轉換時呈現小幅度的改變較不明顯。

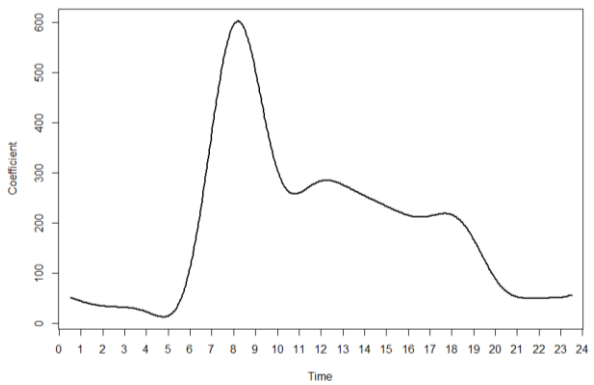
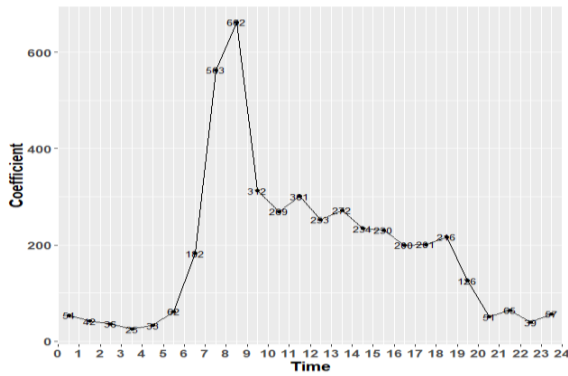


圖 7-18 旅次到達-臺北市中山區係數比較圖

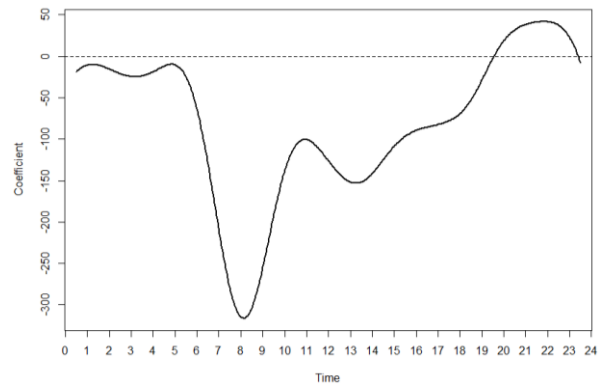
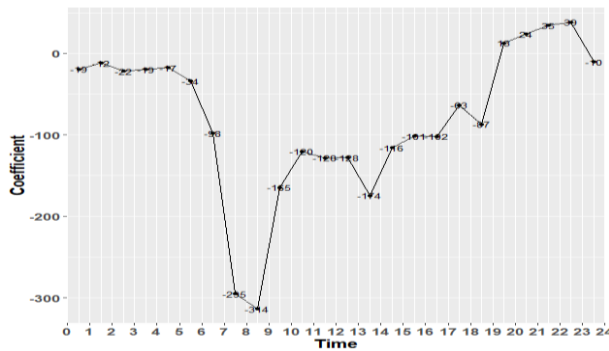


圖 7-19 旅次到達-臺北市文山區係數比較圖

將所有區之平均旅次數繪於圖 7-20，以上午 8 點為基準，早上 8 點時段說明各區，由高到低依序為：中山區、中正區、內湖區、松山區、大安區、南港區、信義區、大同區、北投區、士林區、文山區、萬華區，由此可見不同區之旅次到達多寡與時間分布狀態。

比較兩種不同分析方法的旅次時間分布圖，右側函數型分析圖形將左側多變量線性模式分析圖形以更平滑的連續曲線呈現，並將觀察點間急遽變化的狀態以更緩和的曲線代替。

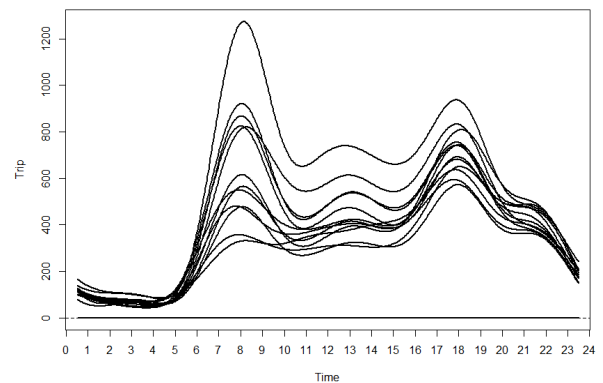
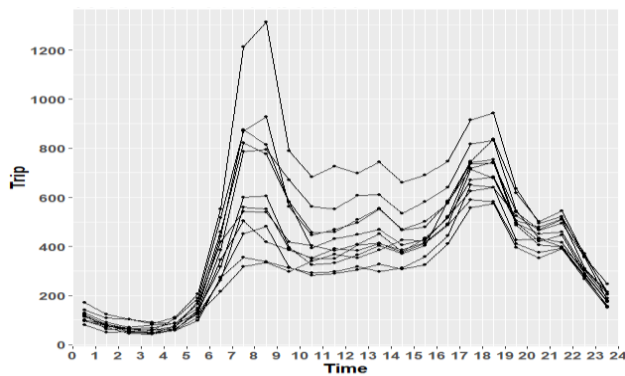


圖 7-20 旅次到達-臺北市 12 區旅次時間分布比較圖

綜合 7.1 小節說明社會與建成環境與 7.2 小節為區變數之模式比較，多變量迴歸模式與函數型迴歸模式大致上趨勢圖形非常類似，某些狀況下仍有些許差異，列舉差異說明如下：

1. 端點值誤差

在數筆觀察值資料中，函數型分析方法頭尾兩端點的值可能存在誤差，因在創建連續曲線時，兩端點僅能參考單邊資訊計算。

2. 極端值減緩

函數型分析方法畫曲線的高低峰時，會考慮數個鄰近觀察點數值，因此當某個觀察值為極大值或極小值時，函數型曲線會降低極大值或提升極小值。

3. 微幅變動資料處理

當資料有微幅的鋸齒狀變化時，函數型分析方法會轉換為連續漸進曲線，而不會呈現太細微的波形差異。

第八章 結論與建議

本研究利用迴歸模式探索信令資料的旅運需求，蒐集臺北市各里信令資料、人口社會經濟、公共運輸與土地使用資料。使用三種時間範圍迴歸分析方法探討土地使用與旅運需求關係，藉此找出最佳推估模式作為未來土地變更後的旅運預測；利用函數型分析方法將 24 小時離散觀察值利用函數轉為連續形式，包括函數型基本分析、函數型主成分分析與函數型線性模式分析。最後，比較兩種分析方法對於信令資料的旅次時間分布型態差異，本研究根據整個研究流程及分析結果，得到以下結論與建議。

8.1 結論

根據本研究之內容與分析結果，列舉研究結論。

1. 多變量線性分析結果

本研究使用三種時間範圍模式的估計方法，可觀察土地變數在不同時間單位下的影響程度，三種估計模式各有不同的優點與特性：小時旅次迴歸模式針對各小時旅次量直接預測，有模式不受其他小時影響的假設，在尖峰小時旅次出發與旅次到達預估準確率呈兩極結果；時段旅次多變量迴歸模式中，將具有相似特性的小時合併計算旅次，可解決小時迴歸模式假設各小時皆獨立的問題，但預測結果不如其他模式佳；日旅次估計模式利用二階段方法，首先反映當地里的一日旅運需求，其次考慮各里的旅次比例特性分群，故整體平均的準確率較佳，且旅次出發與旅次到達預估準確率差異較小。

日旅次估計模式方法為最終選定之模式，第一階段為估計各里日旅次出發與到達量，在旅次出發與旅次到達模式之土地變數顯著性與正負號沒有明顯差異，結果可發現總樓地板面積、商業區樓地板面積比例對於旅次出發與到達為顯著正值，相反地，純住宅區樓地板面積比例、混合住宅區樓地板面積比例與政府機關樓地板面積比例則為顯著負值。第二階段進行各里旅次比例特性分群，分為五群後可發現尖峰個數、尖峰旅次數差距與出現時段各異，歸納出住宅區樓地板面積比例較高的里傾向在旅次出發有晨峰、旅次吸引有昏峰，商業區樓地板面積比例較高的里則相反，顯現土地使用因子不僅影響旅運需求量並且影響時間分布型態。

2. 函數型資料分析結果

函數型主成分分析降低資料維度以尋找最佳投影進行解釋，在函數圖形變異的主要成分中，旅次出發資料大部分解釋傍晚下班時間之變異，其次為早上上班時間變異，旅次到達資料中主要解釋早上上班時間變異，其次為傍晚下班時間之變異。

建成環境變數函數型線性模式可檢定某一變數，其數值的高或低群體在旅次時間分布上是否存在統計顯著差異，利用多變量線性迴歸所挑選的變數種類進行分析，分別觀察該變數對旅次出發與旅次到達的影響，可發現無論是旅次出發或是旅次到達模式，社會經濟、交通建設種類變數皆顯著，土地使用變數中唯有政府機關樓地板面積比例與公園綠地面積不顯著。

區變數函數型線性模式顯現出臺北 12 個區的特性，估計區係數變化，可依據區內一天之旅次分布型態分為兩群，如大安區、中山區、中正區等為一群，士林區、文山區、北投區等為另一群，觀察兩群體區的樓地板面積土地使用狀況，可發現兩群分別代表商業區比例高與住宅區比例高的區，故知不同區土地使用跟旅次時間分布關係。

3. 模式圖形比較

使用建成環境線性模式與地區線性模式，將多變量線性迴歸分析圖與函數型線性迴歸分析圖作比較，可發現函數型資料分析方法提供較平滑的資料曲線，由於函數型資料的兩端計算僅參考單邊資訊，所以在開始與結束的午夜參數推估較不精準，而極大值或極小值會因函數曲線建構也考慮鄰近觀察值資料而使該數值不極端，但其他時段皆呈現良好且形狀相似的分佈圖形。總結上述兩種方法，建議使用線性迴歸分析預測旅運需求量，利用函數型資料分析作為輔助，以獲得相似的時間分佈型態，並且確認土地使用對旅運需求的顯著影響，並能進一步解釋晨昏峰變異量。

8.2 建議

根據本研究之內容與分析結果，歸納出以下待改進建議，供後續研究做參考。

1. 信令資料

由於信令資料來源為部分手機資料進行等比放大，不是完全為母體資料；並非每個人都持有手機，特別是青少年與老年的年齡層資料有較不準確的疑慮；信令資料以網格為單位轉換成里單位時會存在誤差；信令資料判斷旅次起訖點邏輯為待在該里超過 20 分鐘，存在與真實性之間的差異問題，所以後續利用信令資料時須考慮此種與其他種邏輯判斷方式對旅次資料的影響。

2. 解釋變數資料

有些解釋變數資料因取得來源問題，沒有以里為層級的單位，由於一個區包含幾十個里會導致該變數無法顯著反映出里旅次；有些資料存在時間不同步問題，無法拿到每月更新的資料，而以每年更新的資料作為代替，後續研究在變數取得上須考慮解釋變數時間點是否一致，對於實際旅次可推估較正確的參數。

3. 模式改進

本研究模式主要以土地使用變數為基礎，使用長時間穩定的變數去估較小的時間單位旅次，導致日、時段模式在驗證預測上有待改進，可能欠缺其他關鍵變數，後續研究可針對欲分析旅次之時間單位篩選適合的解釋變數，如：有小時變化的公共運輸班次供給資料用於小時預測，藉此解釋運數需求量結果。

4. 研究方法改進

本模式採多變量線性迴歸分析，因迴歸分析方法有樣本「獨立性」的假設，但實際上同一個區的里特質會較相似，因此後續可使用多層次模型（Multilevel Model），考慮總體層次下的個體層次關係，以避免相依性過高所造成的推估誤差；另外也可考慮使用主成分分析、支援向量機（SVM, Support Vector Machine）等方法預估，利用改變維度尋找解釋資料的最大變異量。

5. 研究觀察時間面向

本研究主要著重於平日旅次資料的出發與到達模式比較，然而假日活動型態與平日型態不同，因此建議後續研究可以比較平假日之旅次分布差異，以期更了解旅次分布型態特性。

6. 研究觀察空間面向

本研究模式主要分析以里為單位之旅次量，尚未考量空間異質性假設，即未考慮里的所在位置對模式的影響，欲探討變數之係數隨地理位置改變的現象，有待使用其他方法進行解釋，如地理加權迴歸給予觀察樣本權重，允許任何位置有獨自的迴歸係數，可對空間變化性有良好的係數校估，進而提高旅次量之合理解釋能力。

7. 函數型迴歸模式方法

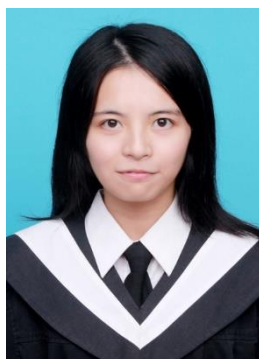
本研究使用建成環境與區兩種層面的函數型單一變數分析，屬於函數型單變量分析（FANOVA），未來可進一步尋找函數型多個變數共同估計的線性模式，並且尋求能避免端點值誤差的函數型修正分析方法，可進一步與現有多變量迴歸模式做圖形比較。

參考文獻

- 李雪敬（1999），「中小型都市道路離形規劃案之分析程序」，交通大學交通運輸研究所碩士班，碩士論文。
- 鄭雅潔（2004），「家戶旅次出發統計分析模式之研究」，中華大學科技管理研究所，碩士論文。
- 林震岩（2007），多變量分析：SPSS的操作與應用，智勝文化。
- 郭志剛（2005），社會統計分析方法：SPSS軟體應用，中華人民大學出版社。
- 凌瑞賢（2001），運輸規劃原理與實務，鼎漢工程顧問股份有限公司。
- 馮正民與邱裕鈞（2004），研究分析方法，新竹市：建都文化。
- 黃台生（2009）臺北市都市計畫道路寬度與土地分區建築物使用關係之研究。臺北市政府交通局委託之專題研究成果報告（標號：1009801795）。臺北市：臺北市政府交通局。
- 游聲德（2016），「高速公路事故時間分佈研究-以函數型資料分析方法」，交通大學交通運輸研究所碩士班，碩士論文。
- Acheampong, R. A., & Silva, E. M. (2015). Land use–transport interaction modeling: A review of the literature and future research directions. *Journal of Transport and Land Use*, 8 1-28.
- Boarnet, M., & Crane, R. (2001). The influence of land use on travel behavior: specification and estimation strategies. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 35 (9), 823-845.
- Boarnet, M. G., & Sarmiento, S. (1998). Can Land-use Policy Really Affect Travel Behaviour? A Study of the Link between Non-work Travel and Land-use Characteristics. *Urban Studies*, 35 (7), 1155-1169.
- Cervero, R., & Kockelman, K. (1997). Travel demand and the 3Ds: Density, diversity, and design. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 2(3), 199-219.
- Cervero, R., Sarmiento, O. L., Jacoby, E., Gomez, L. F., & Neiman, A. (2009). Influences of built environments on walking and cycling: lessons from Bogotá. *International journal of sustainable transportation*, 3(4), 203-226.
- Chiou, J. M., Yang, Y. F., & Chen, Y. T. (2016). Multivariate functional linear regression and prediction. *Journal of Multivariate Analysis*, 146, 301-312.
- Ewing, R., Deanna, M., & Li, S.-C. (1996). *Land Use Impacts on Trip Generation Rates* (Vol. 1518).
- Gao, H. O., & Niemeier, D. A. (2008). Using functional data analysis of diurnal ozone and NO_x cycles to inform transportation emissions control. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 13 (4), 221-238.

- Guardiola, I. G., Leon, T., & Mallor, F. (2014). A functional approach to monitor and recognize patterns of daily traffic profiles. *Transportation Research Part B: Methodological*, 65, 119-136.
- Hu, N., Legara, E. F., Lee, K. K., Hung, G. G., & Monterola, C. (2016). Impacts of land use and amenities on public transport use, urban planning and design. *Land Use Policy*, 57, 356-367.
- Jiang, Y., Gu, P., Chen, Y., He, D., & Mao, Q. (2017). Influence of land use and street characteristics on car ownership and use: Evidence from Jinan, China. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 52, 518-534.
- Lewis, C. D. (1982). *Industrial and business forecasting methods: A practical guide to exponential smoothing and curve fitting*. Butterworth-Heinemann.
- Ramsay, J., Hooker, G., & Graves, S. (2009). *Functional data analysis with R and MATLAB*. Springer Science & Business Media.
- Sharma, S., & Sharma, S. (1996). *Applied multivariate techniques*.
- Ullah, S., & Finch, C. F. (2013). Applications of functional data analysis: A systematic review. *BMC medical research methodology*, 13 (1), 43.
- Wagner-Muns, I. M., Guardiola, I. G., Samaranayake, V. A., & Kayani, W. I. (2018). A Functional Data Analysis Approach to Traffic Volume Forecasting. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 19 (3), 878-888.
- Yao, S. N., & Shen, Y. C. (2017, July). Functional data analysis of daily curves in traffic: Transportation forecasting in the real-time. In *2017 Computing Conference* (pp. 1394-1397). IEEE.

簡歷



姓名：游衣芸

籍貫：宜蘭縣，台灣

出生日期：1995/02/08

電子信箱：a9352849@gmail.com

簡歷：

2019 年7 月國立交通大學運輸與物流管理學系碩士班交通運輸組畢業

2017 年7 月國立交通大學運輸與物流管理學系畢業