

國立成功大學都市計劃學系  
碩士論文

應用非負矩陣分解技術探討公共自行車使用之基本型態與  
租賃站點區位因素之影響

Categorizing the Basic Using Patterns of Bicycle Sharing System  
and Investigating the Effects of Location Factors: A Non-Negative  
Matrix Factorization Approach

研究生：羅先豪  
指導教授：李子璋 博士  
中華民國 109 年 1 月

國立成功大學

碩士論文

應用非負矩陣分解技術探討公共自行車使用之基本型  
態與租賃站點區位因素之影響

Categorizing the Basic Using Patterns of Bicycle  
Sharing System and Investigating the Effects of  
Location Factors: a Non-negative Matrix  
Factorization Approach



研究生：羅先豪

本論文業經審查及口試合格特此證明

論文考試委員：

吳哲宇

石永祥  
解翠萍

指導教授：李子海

系(所)主管：張學聖

中華民國 109 年 1 月 7 日

## 摘要

公共自行車系統 (Bicycle Sharing System) 可追溯自 1965 年的阿姆斯特丹，發展至今已成國內外各大城市之永續交通政策的重要環節。公共自行車系統的密集設站與廣泛使用產生了旅運行為的巨量資料 (Big data)，成為分析都市活動的資料來源之一，許多文獻嘗試運用此數據來歸納公共自行車的使用型態，並分析不同因素對各個使用型態的影響關係，然而這些研究大多未針對使用者租用的時間長度或起迄點之間的距離來探討等變數來探討。這些變數可能含有旅次目的資訊，可以用來解讀公共自行車租借站使用者的結構，並推論租借站週邊的土地使用特性。此外，文獻上大多以集群分析的技術來歸納自行車租借站的使用型態，未對租借站的借還行為的組成特性來分析。本研究以這些研究缺口切入，藉以更全面的了解公共自行車使用型態的特性。

本研究之資料來源為臺北市公共自行車系統 YouBike 的營運資料庫，擷取其中 2018 年 3 至 5 月的租借紀錄，共計 7,067,104 筆旅次紀錄進行分析。本研究之分析流程共可分為三個階段：第一階段，本研究利用租用時長、移動距離、平均速度等微觀交通行為變數，將旅次的借還行為分類為「一般借還」、「長時借還」及「原地借還」等三種類型。同時考量了時間背景與旅次發生的型態，將公共自行車的使用情境予以分離，各自彙整成站點層級的使用資料表。第二階段，本研究嘗試使用非負矩陣分解技術將公共自行車的使用資料分解為不同的基本使用型態。該方法限制運算結果不為負數，且分析結果具有稀疏性，可將整體借還使用現象表現為各種類型使用現象之加總疊合。第三階段，本研究收集了各個公共自行車租賃站點週邊的區位因素，包含活動可及性及交通易行性等指標，以多元線性迴歸模型探討各項區位因素對各個基本使用型態的影響關係，並藉此推論各個借還行為的旅行目的與隱含行為意義。

本研究利用非負矩陣分解歸納出 48 個基本使用型態，其表現了各個使用情境下分佈在各個時段的尖峰使用現象。透過時序分佈、空間分佈及區位因素影響等分析，

本研究發現不同旅次借還行為類型具有相當顯著的差異表現，在理解公共自行車之整體使用特性時發揮了強烈的調節作用。而研究結果也顯示整體借還現象可以被解讀為基本使用型態的疊加結構：多個特徵相似的個體旅次構成集體旅運行為，再疊加構成租賃站點的整體使用現象。本研究貢獻前述結論於公共自行車使用行為的知識前緣，增進相關議題的學術理解，並在實務上提供交通與都市計劃領域之規劃者對於自行車相關政策的決策依據。

**關鍵字：**公共自行車、基本使用型態、借還行為、非負矩陣分解、區位因素



# **Categorizing the Basic Using Patterns of Bicycle Sharing System and Investigating the Effects of Location Factors: A Non-Negative Matrix Factorization Approach**

Lo, Hsien-Hao

Lee, Tzu-Chang

Department of Urban Planning, College of Planning and Design

## **SUMMARY**

The use of bicycle sharing systems (BSS) has generated a large amount of data for transport and urban studies. This study aims to categorized BSS using patterns and to evaluate the relationship between location factors and BSS use. Non-negative matrix factorization (NMF) was employed, which can disintegrate a large amount of data into several more comprehensible components. The relationships between BSS uses and surrounding location factors were investigated using linear regression.

Data were extracted using the BSS database from Taipei City, Taiwan. First, the BSS trips were categorized by renting durations and the distances between origin and destination (OD) to differentiate borrow-return behavior patterns. Then, the NMF was performed to decompose the overall temporal distribution of trips in BSS stations into several sets of peak-time using patterns. Each pattern was assumed to represent the urban activities generated from some specific location factors. Finally, linear regression models were built to test the relationship between the BSS using patterns and location factors.

The outcomes of this study show that the overall temporal distribution of trips in a BSS station is aggregated from the trips of several BSS user groups, and the NMF can extract the latent patterns within the overall data. In addition, we used a novel microscopic approach to categorize each trip by its attributes and found that the type of borrow-return behavior plays a significant role on analyzing BSS using patterns. This research contributes to a better understanding of BSS travel behavior, supporting decision making in bicycle policy and urban planning.

**Key words:** Bicycle sharing system, Basic using patterns, Borrow-return behavior, Non-negative matrix factorization, Location factors

## INTRODUCTION

The use of bicycle sharing systems (BSS) has generated a large amount of data for transport and urban studies. Huge amount of literatures aimed to categorized use patterns of BSS and to evaluate the relationship between location factors and BSS use. However, most studies in this field have focused on clustering the BSS stations into several groups and analyzing their spatial characteristics, probably reducing the efficiency of the analysis. Besides, they rarely categorized use patterns with variables may reflect trip purposes, such as durations of renting and distances between origin and destination (OD).

This study follows the framework of analysis stated above, but takes a different approach to fill the research gaps. Variables of trips, including duration of renting, distance between OD and average velocity, were used to classify borrow-return behaviors of BSS use trips. The technique of non-negative matrix factorization (NMF) was employed to decompose whole phenomenon of BSS use into basic using patterns, which can disintegrate a large amount of data into several more comprehensible components. In addition, the relationships between BSS basic use patterns and surrounding location factors were investigated using linear regression.

## MATERIALS AND METHODS

### Data

Data were extracted using the YouBike (BSS in Taipei City) transaction database from Taipei City, Taiwan. The dataset has been anonymized, containing only the trip-level transaction data including the time and location of renting and returning of each trip. The data from 1st March to 31st May 2018 (totally 7,067,104 trips) were selected. In this period, the operation of YouBike is stable, which means that the possible influences of climate, vacations, and system expansion were excluded, i.e. no typhoons hits, no winter and summer vacations, and no added bicycle sharing station.

### Classifying Borrow-return Behaviors

The BSS trips were categorized by renting durations and the origin and destination (OD) distances to differentiate borrow-return behavior patterns. Three types of behavior patterns, which are "ordinary", "long-term" and "same-place" borrow-returns, were then separated. We also considered different conditions of BSS use, such as weekday/holiday and trips production/attraction. 12 using situations were separated by all these conditions. we

aggregated the original trip-level dataset into station-level according to each situation for the further analysis.

### **Categorizing the Basic Using Patterns of BSS**

The NMF was performed to decompose the overall temporal distribution of trips in BSS stations into several sets of peak-time use patterns. We call these peak-time use patterns as "basic using patterns", because the whole using phenomenon can be seen as a combination of these patterns. Besides, this technique forces the elements in matrices it decomposes to be non-negative, ensuring that the results are rational for transportation planning.

### **Investigating the Effects of Location Factors**

Each pattern was assumed to represent the urban activities generated from some specific location factors, including accessibility and mobility. We collected these variables basically from the national land use investigation database, and use linear regression to test the relationship between the decomposed BSS use patterns and location factors around the stations.

## **RESULTS AND DISCUSSION**

48 basic using patterns of YouBike were decomposed with NMF, and their temporal and spatial distribution patterns were observed. The associations of location factors around BSS stations and basic using patterns are tested by linear regression. We found that types of borrow-return behavior play significant roles in such analysis. To better discuss the result, the characteristics of 48 basic using patterns were generalized according to three borrow-return behavior types (See Table 1). The outcomes of this study show that the overall temporal distribution of trips in a BSS station is aggregated from the trips of several BSS user groups, and the NMF can extract the latent patterns within the overall data. In addition, we used a novel microscopic approach to categorize each trip by its attributes and found that the type of borrow-return behavior plays a significant role on analyzing BSS using patterns.

## **CONCLUSION**

This research classified the BSS trips into three types of borrow-return behavior with variables that literatures rarely used before, decomposed whole phenomenon of BSS use

into basic using patterns with non-negative matrix factorization, and investigated the association between BSS basic use patterns and surrounding location factors. Based on these analysis, we found that 48 basic using patterns can conclude with three borrow-return behavior patterns. The quality of each patterns was inferring by observing their temporal and spatial distribution and the correlation analysis with location factors. This research contributes to a better understanding of BSS travel behavior, supporting decision making in bicycle policy and urban planning. Future studies are recommended to analysis this topic with other data sources, especially those which contain user identify information. With the information of user ID, researchers can follow the continual travel behavior on specific user, clarifying the associations between transfer habit of trip-chain and surrounding location factors.



**Table 1 Research conclusion: the quality of three types of borrow-return behavior**

Borrow-return behavior	Ordinary borrow-return	Long-term borrow-return	Same-place borrow-return
Illustration	<p>A 3D cube diagram illustrating Ordinary borrow-return behavior. The vertical axis is labeled 'Time', the horizontal axis is 'Space', and the depth axis is unlabeled. A red curved line starts at a point labeled 'Borrowing at origin station' on the bottom face, goes up to a point labeled 'Returning at destination station' on the top face, and then loops back down to another point labeled 'Borrowing at origin station' on the bottom face.</p>	<p>A 3D cube diagram illustrating Long-term borrow-return behavior. It shows a red curved line starting at 'Borrowing at origin station' on the bottom face, going up to 'Returning at destination station' on the top face, and then looping back down to another point labeled 'Borrowing at origin station' on the bottom face. Along the path, there are labels for 'Possible activities at the third place' and 'Borrowing at origin station' on the middle section of the path.</p>	<p>A 3D cube diagram illustrating Same-place borrow-return behavior. It shows a red curved line starting at 'Borrowing at origin station' on the bottom face, going up to 'Returning at same place' on the top face, and then looping back down to another point labeled 'Borrowing at origin station' on the bottom face. Labels include 'Achieving trip purposes' and 'Borrowing at origin station' on the middle section of the path.</p>
Definition	Trip that the distance between OD is further than 350 meters and the average velocity is faster than critical velocity	Trip that the distance between OD is further than 350 meters but the average velocity is slower than critical velocity	Trip that the distance between OD is closer than 350 meters and the average velocity is slower than critical velocity
Meaning	User often keeps in riding and rarely do anything else during renting.	User spends too much time to achieve the destination, probably have another activity during renting.	User keeps a bicycle for a certain period and returns it at the same place.
Temporal and spatial distribution patterns	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Morning peaks: City periphery → City center</li> <li>• Afternoon peaks: City center → City periphery</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Morning peaks: City periphery → City center</li> <li>• Afternoon peaks: City center → City periphery</li> <li>• Non-peak times: Old town area and Hsimenting shopping district</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Noon: City center</li> <li>• Afternoon: Trips are generated at city periphery; spatial distribution is more uniform than at noon.</li> </ul>
Associations with accessibility	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Morning peaks: Residential → School, college and commercial</li> <li>• Afternoon peaks: School, college and commercial → Residential</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Morning peaks: Residential → College and commercial</li> <li>• Afternoon peaks: College and commercial → Residential</li> <li>• Off-peak times: Leisure → Commercial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Noon: College and commercial</li> <li>• Afternoon: College, commercial and leisure</li> </ul>
Associations with mobility	Train, metro and private transit	Train, metro and private transit	Metro and private transit
Inferring the trip purposes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Home-based trips for work or school, transfer with train, metro and private transit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Home-based trips for work or school, transfer with train, metro and private transit, probably have other activities during renting and prolong the duration</li> <li>• Non-home-based trips for leisure or commercial activities at off-peak times, transfer with metro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dining out from school or workplace at noon and go back soon</li> <li>• Temporary activities, start out from metro station and go back soon</li> </ul>



## 誌謝

一篇百頁有餘的研究論著談何容易，生產過程總是得之於人者太多，請容我用一頁篇幅唱名感謝：

感謝父母、家人的養育，你們是成就這一切的源頭。感謝這篇論文的指導教授子璋老師給予我近乎全面的研究指導，每次討論總是有疑慮獲得化解，或是有新的想法被激盪出來，我在研究方法、態度乃至於人生觀都因您而成長茁壯。感謝臺大土木的聿廷老師，在大學時期啟蒙我的研究之路，即使畢業了依然關心我的狀況，甚至提供研究資料的情報，啟動了這份研究的可能性。

感謝令傑、博群讓我用科技部計畫的名義任意使喚，你們在前期資料收集與處理有著極大的貢獻。感謝俊然、明坤、鼎融、嘉哲、仲耀等人在研究上提供技術協助或是和我討論想法，彼此砥礪、共同成長。感謝曉文、屹翔、宜炆等 TCLab 的成員協助口試現場事宜及論文的校對工作，讓我不會手忙腳亂。感謝論文初審及口試時的評審委員，石豐宇老師、陳彥仲老師、林楨家老師、解巽評老師及閻永祺老師，給予我論文許多回饋與修正建議。感謝臺北市政府交通局提供研究資料，也感謝科技部提供研究經費 (MOST 108-2410-H-006-089) 及參與國際會議的補助 (MOST 108-2922-I-006-285)。

感謝碩一時大實習組員立平、真德、俊然、鵬博和澤豪，很有幸能在進入都計所的一開始就遇到你們，讓我得以快速融入不熟悉的環境。感謝石老研究室的明坤、祥愷、小玥、閔翰、徨仁和坤憲，邀請我參與你們畢業前堪稱紙醉金迷的狂歡時光。感謝仲耀總是很默契的分擔系網工作、協助各式各樣的雜事、陪伴或玩耍，很高興我研究生活的各種面向都有你的參與。感謝成大心輔組的呂苑慈心理師，在我心理狀態最困頓的時候提供諮詢，陪伴走過艱難的時光，讓我建立勇氣面對內心的衝突與挑戰。感謝自己在這段冒險歷程裡的每個決定，不論是否正確或精準，都實實在在的引導我走到這裡。

感謝所有無論列名與否但凡與我有過交流的人，你們在我生命裡的參與，透過經驗的交疊與積累，點點滴滴形塑我的精神人格與這份研究的誕生。謹貢獻本文於宇宙的精神。

羅先豪 謹誌於  
國立成功大學都市計劃學系  
2020 年 5 月 12 日



# 目錄

摘要.....	i
誌謝.....	ix
目錄.....	xi
表目錄.....	xiii
圖目錄.....	xiv
<b>第一章 緒論 .....</b>	<b>1</b>
第一節 研究背景、動機與目的 .....	1
第二節 研究流程、方法與資料 .....	4
<b>第二章 文獻回顧 .....</b>	<b>15</b>
第一節 歸納公共自行車的使用型態 .....	15
第二節 盲訊號分離與非負矩陣分解 .....	25
第三節 公共自行車使用的影響因素 .....	31
第四節 綜合評析 .....	36
<b>第三章 研究設計 .....</b>	<b>39</b>
第一節 分類旅次借還行為 .....	40
第二節 歸納基本使用型態 .....	46
第三節 探討區位因素影響 .....	51
第四節 分析流程 .....	57
<b>第四章 研究結果 .....</b>	<b>65</b>
第一節 時序分佈分析 .....	66
第二節 空間分佈分析 .....	74
第三節 區位因素影響分析 .....	82
第四節 綜合討論 .....	99
<b>第五章 結論與建議 .....</b>	<b>107</b>
第一節 研究總結 .....	107
第二節 研究貢獻 .....	109
第三節 後續研究建議 .....	110
<b>參考文獻.....</b>	<b>111</b>
<b>附錄.....</b>	<b>I</b>
附錄一 基本使用型態的時序分佈 .....	I
附錄二 基本使用型態的空間分佈 .....	III

附錄三之一 區位因素之迴歸分析校估結果（變數修正前） .....	VII
附錄三之二 區位因素之迴歸分析校估結果（變數修正後） .....	VIII



## 表目錄

表 1 臺北市 2018 年每月氣象彙整.....	10
表 2 本研究選定之研究日期範疇.....	11
表 3 相關文獻之分析尺度及方法整理表.....	16
表 4 相關文獻之歸納屬性或變量整理表.....	21
表 5 影響公共自行車使用之可能因素.....	33
表 6 租賃站點區位因素之變數資料來源.....	51
表 7 活動可及性因素變數定義表.....	53
表 8 交通易行性因素變數定義表.....	55
表 9 使用情境分類面向彙整表.....	60
表 10 一般借還基本使用型態之時序分佈.....	68
表 11 長時借還基本使用型態之時序分佈.....	70
表 12 原地借還基本使用型態之時序分佈.....	72
表 13 一般借還基本使用型態的空間分佈.....	76
表 14 長時借還基本使用型態的空間分佈.....	78
表 15 原地借還基本使用型態的空間分佈.....	80
表 16 修正後變數表.....	84
表 17 住宅可及性對各基本使用型態的影響.....	86
表 18 工作可及性對各基本使用型態的影響.....	87
表 19 中小學可及性對各基本使用型態的影響.....	88
表 20 大專院校可及性對各基本使用型態的影響.....	88
表 21 商業活動可及性對各基本使用型態的影響.....	89
表 22 休閒活動可及性對各基本使用型態的影響.....	90
表 23 其他活動可及性對各基本使用型態的影響.....	91
表 24 鐵路轉乘易行性對各基本使用型態的影響.....	92
表 25 捷運轉乘易行性對各基本使用型態的影響.....	93
表 26 公車轉乘易行性對各基本使用型態的影響.....	94
表 27 汽機車轉乘易行性對各基本使用型態的影響.....	95
表 28 道路面積對各基本使用型態的影響.....	95
表 29 公共自行車服務規模對各基本使用型態的影響.....	96
表 30 公共自行車站點密度對各基本使用型態的影響.....	97
表 31 分析結果與討論綜整表.....	100

## 圖目錄

圖 1 研究流程與對應的章節架構.....	5
圖 2 臺北市 YouBike 的基本資訊.....	9
圖 3 旅次資料之欄位屬性示意圖.....	12
圖 4 盲訊號分離的問題框架與本研究問題意識之對應示意.....	28
圖 5 文獻回顧對本研究分析策略之指導.....	36
圖 6 研究設計之章節架構.....	39
圖 7 個別旅次之時空屬性分佈.....	42
圖 8 旅次借還行為類型之分類準則.....	44
圖 9 集群分析 (K-means)、主成份分析及非負矩陣分解之性能測試結果 .....	48
圖 10 本研究之分析流程圖.....	58
圖 11 資料格式轉換示意圖.....	61
圖 12 非負矩陣分解及後處理程序示意圖.....	62
圖 13 弗羅貝尼烏斯範數-成份數量曲線圖.....	65
圖 14 迴歸模型自變數之相關係數.....	83



# 第一章 緒論

## 第一節 研究背景、動機與目的

### 一、研究背景與動機

公共自行車系統 (Bicycle Sharing System) 可追溯自 1965 年的阿姆斯特丹，逐漸在各國城市蓬勃發展 (Shaheen, Guzman, & Zhang, 2010)，歸因於其借還使用的便利性與世界節能減碳的趨勢，現已成為運輸系統中的重要環節。其系統通常由政府或私人企業主導，於都市各處大量設置、投放公用的自行車提供市民租賃使用，而此運具本身適合於中短距離的旅行，搭配高密度的租賃站佈點規劃，使其成為接駁公共運輸最後一哩路的解決方案 (Midgley, 2009)。而在臺灣，公共自行車亦被列入綠色運輸的政策推動範疇，透過推行自行車路網優化、連結自行車與其他大眾運輸場站等措施，期許公共自行車能成為公共運輸的重要一環，將綠色運輸服務滲透至臺灣各地 (臺北市政府交通局，2018；交通部運輸研究所，2019)。由此可見，公共自行車系統發展至今，不論在國外或臺灣的永續交通政策中，皆扮演了極其關鍵的角色。

公共自行車系統的密集設站與電子票證的廣泛使用產生了旅運行為的巨量資料 (Big data)，許多相關文獻嘗試分析其系統所產生的數據，用以歸納公共自行車或其他運具的運輸行為 (Fishman, 2015; Li, Sun, Jing, & Yang, 2018; Romanillos, Zaltz Austwick, Ettema, & De Kruijf, 2015; Yue, Lan, Yeh, & Li, 2014)。現代化的公共自行車系統，例如臺灣的 YouBike 系統 (YouBike, 2020)，通常配置了先進的票務系統，提供使用者以智慧卡、手機等電子票證進行租賃交易。在其交易過程中，使用者之運輸行為資訊，如租借 / 歸還之站點與時間，被系統完整的擷取並儲存。此類運輸行為資訊可用以分析公共自行車的使用樣態、推論運輸時空現象背後的行為意涵，以及週邊土地使用與運輸行為的交互關係等，其涵蓋的大量資訊蘊含了極大的研究價值與應用

潛力。歸納其使用型態，即是為了從大數據中萃取有價值的資訊，增進管理者對其系統運作的理解。在學術上，歸納使用型態可以抽絲剝繭，尋找整體使用現象中的潛在模式，使複雜的現象易於解讀與詮釋；而在實務應用層面，此類研究亦可用於輔助營運管理，透過分離不同使用型態來區分使用群眾，訂定差異化的相應政策，增加公共自行車的運作效率。由此可知，現代化的公共自行車在運行時所產生的巨量資料，在學術研究與實務應用上皆可發揮極大的價值，因而如何將此龐雜的資料精煉、轉化為具有實質效益的資訊，是現今相關研究的重要目標。

另一方面，除了歸納公共自行車的使用型態，理解影響其使用的重要因素亦為此類研究的重要課題。過去文獻曾經研究過的影響因素包含了自然環境、社會經濟、土地利用、交通設施及相關政策等面向。其中，由於都市計畫對都市土地機能的空間佈局與運輸系統的行為現象有著互為因果的強烈聯繫，公共自行車的使用行為可能多來自於其空間區位的機能所影響。例如：住宅區容易於晨峰時段產生通勤旅次，而捷運場站週邊則會吸引許多欲轉乘捷運的自行車旅次。若能充分理解租賃站點的區位因素對使用型態的影響，即可以區位因素預測未來公共自行車的使用情況，使相關營運單位得以根據週邊環境（土地使用、運輸系統等）擬定設站規劃及營運策略。然而，各項區位因素對不同使用型態的影響方向及程度可能有所不同，探討影響公共自行車使用之因素的研究須建立在歸納其使用型態的基礎上，承接其結果，交互分析不同因素對各個使用型態的影響關係。

透過公共自行車借還活動產生之巨量資料歸納其使用型態，並理解影響使用型態的重要因素是上述相關研究的核心目標，然而該類型研究在分析方法及變數選擇上尚有可進一步精進的研究缺口。過去同類型研究常使用集群分析或矩陣分解等數學方法進行分析，但前者在分析效能上有其侷限，後者的處理程序則難以避免產生負值，造成分析結果難以用交通規劃的邏輯進行解讀。此外，個體旅次在借還自行車時產生的部分時空間變數，如使用者租用的時間長度或起迄點之間的距離，可能含有旅次目的

等重要資訊，卻鮮為過往同類型研究所使用。這些研究程序上的缺口可能使歸納公共自行車使用型態的分析產生缺漏，如能調整其研究策略以補足上述缺口，或許可從公共自行車借還活動的巨量資料中萃取出更多資訊。

因此，本文延續過往相關研究的分析架構以探討公共自行車之使用時空特性，但嘗試修改其操作流程的部分細節，藉以補足歸納公共自行車之使用型態的研究缺口。在資料前處理階段，本研究以過往較少使用的時空變數，包含租用時長、移動距離及平均速度，預先分類個別旅次的借還行為類型。在研究方法上，本文提出「基本使用型態」的概念，認為歸納公共自行車的使用型態應以「分解」取代「分類」，以反映整體借還使用現象係由各種類型使用現象之加總疊合所產生。為此，本研究嘗試以盲訊號分離的問題架構轉換歸納公共自行車使用型態之問題的思考方向，並且以非負矩陣分解進行求解。該方法除了限制運算結果不為負數，亦可避免如集群分析假設站點借還活動同質而造成分析效能的限制。此外，本研究收集了公共自行車租賃站點週邊的活動可及性因素及交通易行性因素，以多元線性回歸模型探討區位因素對公共自行車之基本使用型態的影響關係。本文據此建立一套分析公共自行車借還活動的架構，以臺北市 YouBike 系統為操作範圍，歸納其公共自行車之使用型態，並理解影響其活動的重要因素。透過本研究的分析，期能對公共自行車之借還活動特性有更深入的理解，並且於學術及實務層面貢獻本文之發現。

## 二、研究目的

承接前述的研究動機，本研究提出二點主要的研究目的如下：第一，歸納公共自行車借還活動的基本使用型態；第二，探討租賃站點區位因素對基本使用型態的影響。此二研究目的係建構於 Liu 與 Lin (2019) 的研究基礎上，但以下列分析目標及因應策略補足其研究缺口：

(一) 以租用時長、移動距離、平均速度等過去同類型研究較少使用的變數預先分類各別旅次的借還行為，作為歸納基本使用型態的前置作業。

(二) 將歸納基本使用型態的問題引入盲訊號分離的問題框架，使用非負矩陣分解技術協助分離整體使用現象至多個尖峰使用現象的組合。

## 第二節 研究流程、方法與資料

本節旨在初步介紹本文的研究內容，首先將敘述研究的大致流程與相對應的章節架構，再聚焦於本研究主要使用的研究方法，接著說明本文研究的時、空間範圍與資料型態，最後再針對文中易混淆名詞進行釋義。

### 一、研究流程與章節架構

以下介紹本文的研究流程與相對應的章節安排，除了本章敘述的研究動機與目的，後續章節將以「文獻回顧」、「研究設計」、「研究結果」及「結論與建議」之順序進行敘述（另見圖 1）。

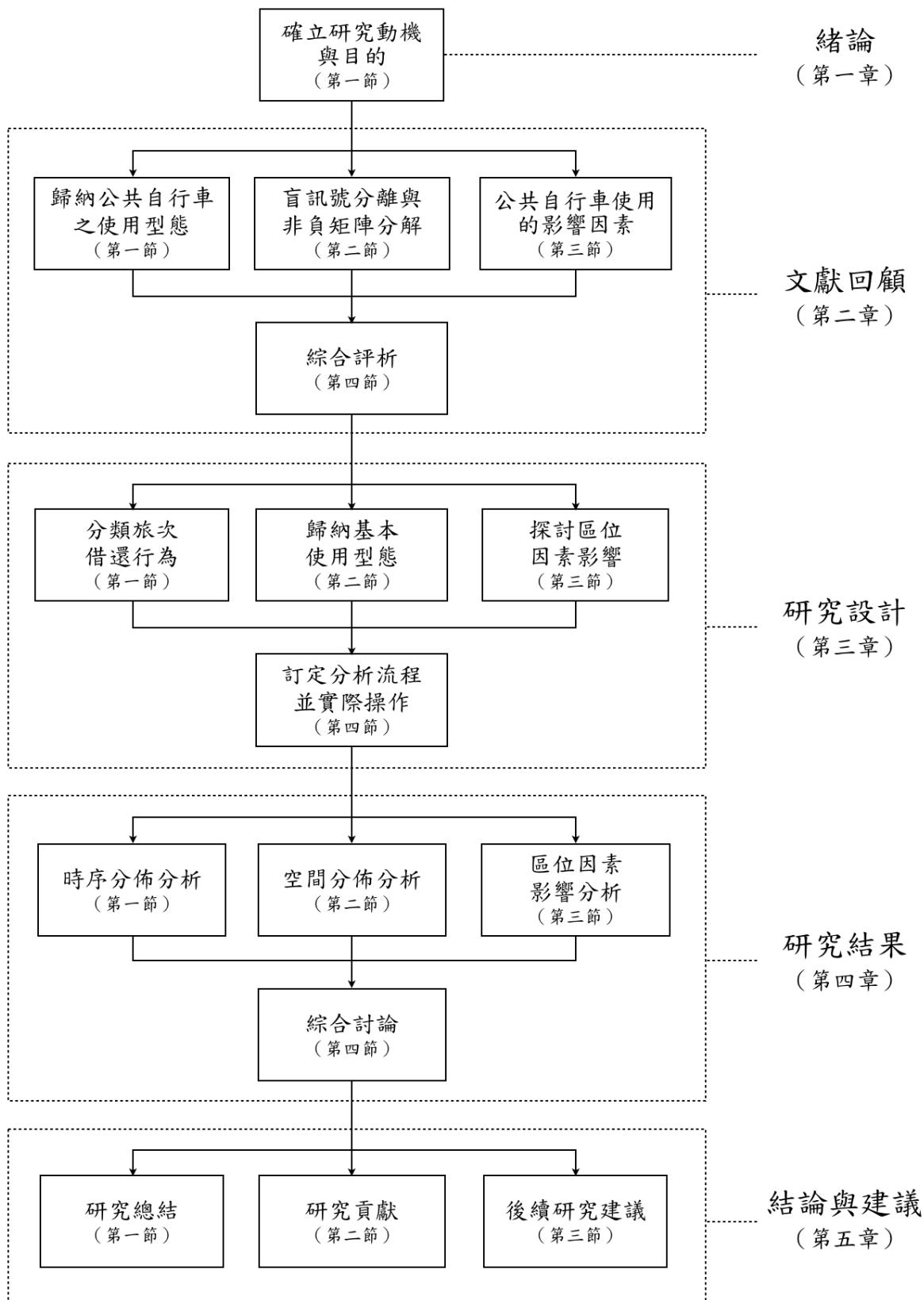


圖 1 研究流程與對應的章節架構

## (一) 文獻回顧

本文第二章之文獻回顧，為了呼應研究目的，分成三個面向分別收集其相關文獻進行探討：第一節之「歸納公共自行車之使用型態」回顧了與本研究目的一相近的研究，整理其分析手段並研析其可能的研究缺口；第二節之「盲訊號分離與非負矩陣分解」則回應前揭研究缺口，引介相關分析技術，探討該方法用於本研究的可行性；第三節之「公共自行車使用的影響因素」則回應本研究目的二，從自行車活動的理論與研究應用層面回顧相關文獻，梳理可能影響公共自行車使用行為的因素，並且提出本研究欲聚焦分析的面向；第四節之「綜合評析」則收斂上述三節之回顧內容，點出其文獻對於本文分析架構的策略指導。

## (二) 研究設計

本文第三章之研究設計，參考相關文獻的實驗架構，將本研究之分析流程分為三個階段，並且用前三節分別論述其尚須探討的設計細節：第一節之「分類旅次借還行為」介紹了資料前處理階段中用以歸納旅次借還行為的分類架構；第二節之「歸納基本使用型態」用一簡單實驗強化論述了非負矩陣分解的可行性，並且介紹其技術應用上的細節與資料後處理方式；第三節之「探討區位因素影響」則提出區位因素的可操作定義，並介紹用以分析其影響關係的線性迴歸模型；第四節之「分析流程」則整合了前揭之各項討論與前實驗，提出完整的分析流程。

## (三) 研究結果

本文第四章之研究結果，分別介紹前述分析流程操作後得出之三項分析結果：第一節之「時序分佈分析」描述了各個基本使用型態的時序分佈特徵，界定各個使用型態所對應的尖峰時刻；第二節之「空間分佈分析」描述了各個基本使用型態的空間分佈特徵，討論臺北市之空間結構對公共自行車使用的影響；第三節之「區位因素影響分析」整理了線性迴歸模型的校估結果，討論區位因素對各個基本使用型態的影響；

第四節之「綜合討論」則統整上述分析結果，提出整合性的結論，並據此探討可能的研究應用。

#### （四）結論與建議

本文第五章之結論與建議，收斂前述章節的研究內容，分成以下三節敘述：第一節之「研究總結」簡短綜整了本文的分析流程與結果；第二節之「研究貢獻」從學術與實務面向分別論述了本研究的價值；第三節之「後續研究建議」則提出本文的研究限制，據以建議後續研究的探討方向。

### 二、研究方法

本文為了回應「歸納公共自行車之基本使用型態」與「探討租賃站點區位因素的影響」等兩大研究目的，分別選用了非負矩陣分解及多元線性迴歸等方法進行分析。以下介紹該二研究方法，尤其論述其方法所回應的研究目標、使用方式與相應的章節。

#### （一）非負矩陣分解

非負矩陣分解係用以歸納公共自行車之基本使用型態，分解其整體使用現象至多個尖峰時段的使用現象之組合。過往相關研究多採集群分析或其他矩陣分解的方式歸納公共自行車的使用型態，但在分析效能與結果詮釋上有不少限制，本文採用非負矩陣分解以回應此一研究缺口。此一分析技術的相關介紹請見第二章文獻回顧之第二節，其方法之性能比較測試與實際操作細節則分別介紹於第三章研究設計之第二節與第四節。

#### （二）多元線性迴歸

多元線性迴歸係用以探討租賃站點區位因素對基本使用型態的影響，該方法可解釋多個自變數對一個應變數的影響方向與程度。本文以前述非負矩陣分解及後處理程序所產生之權重矩陣作為各個迴歸模型的應變數，並以各站點的區位因素作為自變數，

個別校估、檢定其因素的影響關係。該方法的相關介紹與實際操作流程，請見第三章研究設計之第三節與第四節。

### 三、研究範圍與資料

本研究以臺北市及其公共自行車租賃站點作為實證操作的地區範圍及統計單元。目前全臺灣有數套公共自行車系統於不同城市中運行，其中以 YouBike 的服務規模最為廣泛，涵蓋了臺北市、新北市、新竹市、臺中市等七座城市 (YouBike, 2019)。而在所有使用 YouBike 系統的城市中，又以臺北市之佈站密度最高 ( $400$  站/ $271.8\text{ km}^2$ )，加上其完善的公共運輸系統及高度的公共運具使用率，使臺北市成為本研究實證操作地區的首選。

在資料的整備工作上，本研究取得了臺北市政府交通局（下稱市府）所提供之 YouBike 營運資料。該資料之原始格式為個別層級的交易資料，每筆資料皆標記了該次交易之自行車借還時間及站點，但並不包含任何能識別交易對象的個人資料，如姓名、卡號等，故無法透過特定旅次的行為回溯指認特定的對象，或是捕捉轉乘其他運具、續借自行車等連續的旅行行為。以下將依序介紹本研究對此資料進行之空間及時間範圍的篩選方式。

#### （一）空間範圍

在空間範圍的選取上，由於市府提供之資料僅包含自臺北市起租的旅次資訊，無法得知其他縣市跨市借還進入臺北市的完整旅次量，故限縮本研究之空間範圍於臺北市境內，如圖 2 (a)，並且事先剔除跨市借還的旅次紀錄以形成完整封閉的研究空間範疇。

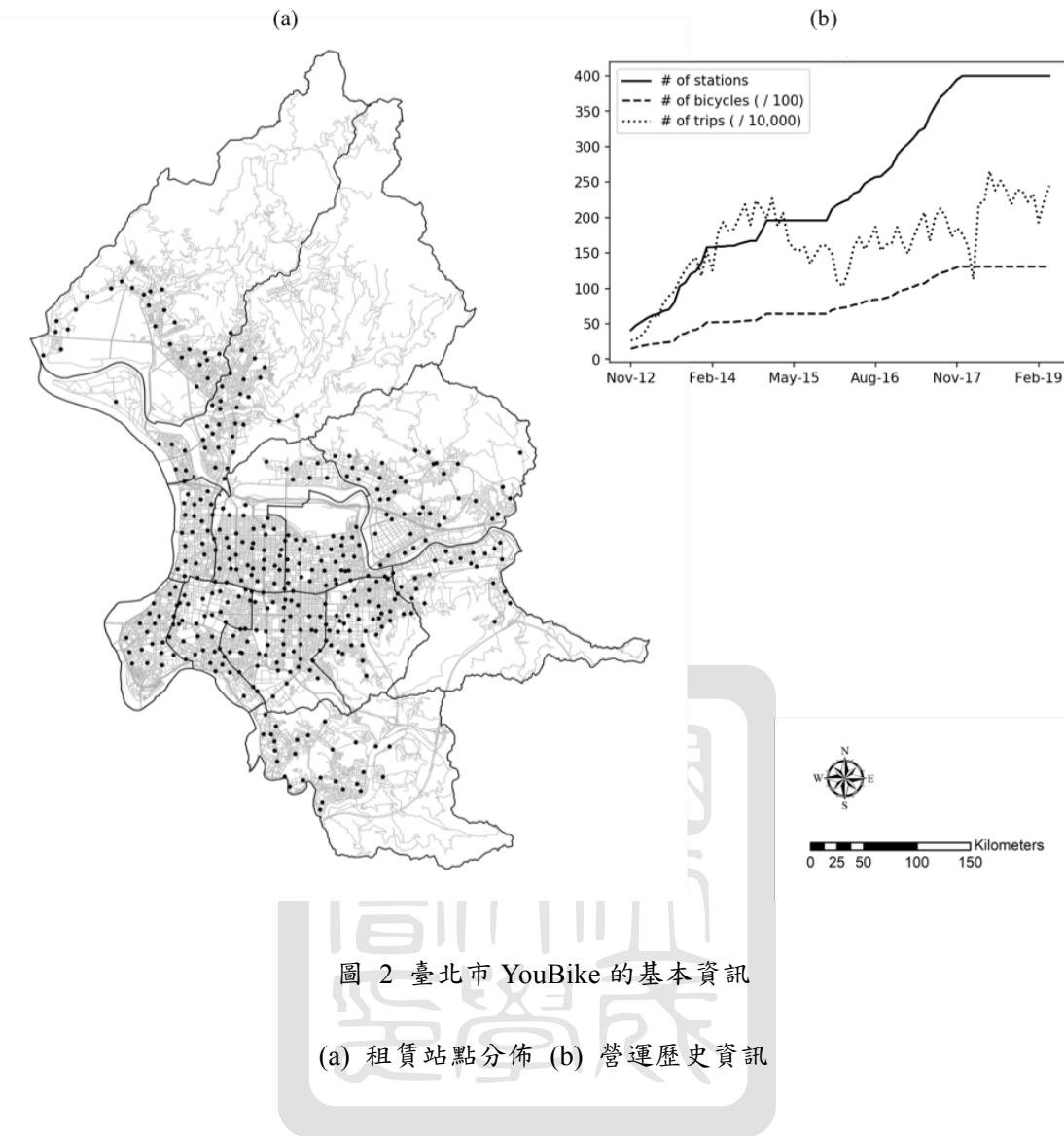


圖 2 臺北市 YouBike 的基本資訊

(a) 租賃站點分佈 (b) 營運歷史資訊

## (二) 時間範圍

在時間範圍的選取上，考量了自行車的租借行為受到了自然環境與生活型態等諸多條件影響，本研究僅擷取了 2018 年 3 至 5 月的租借紀錄。臺北市的公共自行車直至 2017 年 12 月之前處於大量建置的階段，本文假定新站點的投入除了可能需要一段時間宣傳與適應期才能使使用量達到平穩，亦可能分攤掉週邊鄰近站點的使用量，因此避開該時間點之前的營運資料以控制新站點投入造成難以預期的現象（見圖 2 (b)）。2018 年 3 至 5 月之天氣狀況亦比其他月份更為平穩，是為當年雨量及降雨天數較少、日照時數較長的時候（見表 1）。此外，該時間範圍避開了全國性的假期（寒、

暑假及春節假期)、颱風及冬季，因而控制了假期、氣候等季節性的影響。整體而言，此時間段少有可能影響實驗的極端狀況，可代表公共自行車運行的一般情形，使本研究結果之適用性更高。

表 1 臺北市 2018 年每月氣象彙整

月份	溫度 (°C)			雨量 (毫米)	降雨天數 <sup>a</sup> (天)	日照時數 (小時)
	平均	最高	最低			
1	16.9	26.6	8.6	255.8	13	78.6
2	15.6	29.5	7.6	163.6	15	54.5
3	20.6	30.7	11.0	37.3	10	161.1
4	23.5	34.3	13.6	59.6	9	115.8
5	28.2	38.2	20.0	42.0	4	137.3
6	28.5	37.8	22.2	119.8	13	105.7
7	30.3	38.5	24.9	190.3	8	186.1
8	29.5	37.2	24.3	186.8	19	128.0
9	28.2	37.8	20.4	321.9	18	148.1
10	23.3	31.2	16.1	125.1	19	103.8
11	22.7	30.8	16.8	64.4	13	91.0
12	19.5	30.5	12.3	54.4	16	91.1

註：灰色網底為本研究選取之資料時間範圍。

<sup>a</sup> 降水≥0.1 毫米的天數

資料來源：交通部中央氣象局

除了月份尺度的時間範圍選取，本研究亦參酌過去文獻提及平、假日對公共自行車使用之影響，而進一步以單日的時間尺度對研究時間範疇進行篩選，如表 2。2018 年 3 至 5 月中的每一天皆以其週日之性質分為「平日」及「假日」兩類，但其中包含了兒童節與清明節的連續假期，以及勞動節之勞工國定假日。本研究認為其非屬平日，但該日之交通活動亦不宜與一般假日等同視之，且可能影響其前後平日的行為（例如部分大專院校可能安排調整放假，或是個人透過請假以獲取連續假期），因此將其放假日與鄰近的平日一同捨棄以控制該時間難以預期的交通狀況。

表 2 本研究選定之研究日期範疇

月份	週日	日	一	二	三	四	五	六	備註
3月						1	2	3	
	4	5	6	7	8	9	10		
	11	12	13	14	15	16	17		
	18	19	20	21	22	23	24		
	25	26	27	28	29	30	31		
4月	1	2	3	4	5	6	7		兒童節(4/4)、清明節(4/5)
	8	9	10	11	12	13	14		
	15	16	17	18	19	20	21		
	22	23	24	25	26	27	28		
	29	30							
5月			1	2	3	4	5		勞動節(5/1)
	6	7	8	9	10	11	12		
	13	14	15	16	17	18	19		
	20	21	22	23	24	25	26		
	27	28	29	30	31				

註：此為 2018 年之月曆；無色網底表示平日；淺灰色網底表示假日；深灰色網底表示捨棄之日期。

### (三) 旅次資料屬性

為了更深入理解個別旅次借還之間的租用時間長度與空間移動距離，除了保留原本資料集已有的「租用時長」欄位，本研究利用地理資訊系統，參考內政部及交通部提供之「臺灣地區交通路網數值圖資料檔」，以最小成本路徑分析工具逐旅次計算其租借起站與迄站之間的路網距離，命其屬性作「移動距離」，以作為探討各旅次借還行為之空間尺度的理解基礎。

然而旅次借還的租用時間長度與空間移動距離並不能視作兩個獨立的面向而分別探討之。公共自行車之使用者並不必然循著最短路徑抵達歸還站點，甚至可能在起迄兩點之間另尋第三點停留以從事其他活動，在此情況下，實際的騎乘距離將大於起迄之間的路網距離，進而拉長租用時間的長度。此外，該趟旅行的目的亦會影響使用者的騎乘速度，例如使用者可能會放慢速度以達到休閒遊憩的目的，或是提高速度以縮短上班通勤的時間。以上舉例之情形皆會影響公共自行車使用的租借時長與移動距離之間的關係。因此，本研究逐旅次計算其「平均速度」，其定義為各旅次「移動距

離」與「租用時長」的比值。

透過額外地理資訊的輔助運算，原先的旅次資料已具備「租借／歸還之時間」、「租借／歸還之地點」、「租用時長」、「移動距離」及「平均速度」等屬性欄位可供後續研究操作（如圖 3）。

原始資料既有欄位					移動距離 / 租用時長	
租借時間	租借站點	歸還時間	歸還站點	租用時長 (s)	移動距離 (m)	平均速度 (m/s)
2018/01/05 13:00:46	捷運公館站	2018/01/05 13:29:38	基隆長興路口	1732	1113	0.64
2018/04/29 07:05:23	南京東興路口	2018/04/29 08:10:22	捷運市政府站	3899	1538	0.39
2018/10/11 20:31:00	民權瑞光路口	2018/10/11 20:38:10	東陽公園	430	3810	8.86

以最小成本路徑分析工具計算起迄之間的路網距離  
(路網資料來源：「臺灣地區交通路網數值圖資料檔」，  
內政部、交通部)

圖 3 旅次資料之欄位屬性示意圖

#### 四、名詞釋義

本文之研究內容涉及數個意涵較為抽象的名詞，故在此先行解釋：

##### （一）借還行為類型

分類公共自行車旅次之借還行為類型是本文分析架構中資料前處理的步驟之一。本研究依據租用時長、移動距離及平均速度等個體旅次之屬性，將個別旅次分類為「一般借還」、「長時借還」及「原地借還」等行為類型。不同借還行為反映了不同的旅次目的，因而其時序分佈、空間分佈及站點區位因素的影響關係皆有所差異。

## (二) 基本使用型態

基本使用型態為本研究運用非負矩陣分解技術分析公共自行車使用資料之結果，是為特定尖峰時段公共自行車之使用現象。此處理手法不同於其他文獻以集群分析分類各站點之整體使用現象，基本使用型態不是分類站點的結果，而是分解後的部分元素。同一站點的整體使用現象並不只隸屬於單一的使用型態，而是由多種基本使用型態依照特定權重組合而成。透過非負矩陣分解與後處理程序，本文將代表各個租賃站點之使用現象的原始矩陣分解為「基底矩陣」及「權重矩陣」，前者反映了各個基本使用型態的時序分佈狀態，後者則反映了各個基本使用型態對各個租賃站點的貢獻程度，從而將各租賃站點之整體使用歸納成若干基本使用型態疊加而成的組合現象。

## (三) 區位因素

公共自行車租賃站點之區位因素是各個租賃站點週邊支援各種都市活動或連結各項交通方式的機會，本研究將其概念進一步分成「活動可及性」及「交通易行性」。前者代表利用公共自行車可觸及到各項日常活動機能的可能性，後者則代表公共自行車與整體都市運輸系統的整合程度。本文依此蒐集各項解釋變數，以多元線性迴歸模型探討公共自行車之基本使用型態與其租賃站點區位因素之間的影響關係。



## 第二章 文獻回顧

本章節旨在介紹本研究在研究過程中所閱讀的文獻，包含對過去研究的評析、獲得的啟發以及本研究相關的背景知識。依據研究目的，本研究的文獻回顧聚焦在三個主要方向，第一節「歸納公共自行車的使用型態」將從本研究的核心議題出發，回顧研究目的與本文相近的相關文獻；第二節「盲訊號分離與非負矩陣分解」介紹本研究用以歸納公共自行車借還活動之基本使用型態的核心方法與理論；第三節「公共自行車使用的影響因素」回顧影響公共自行車使用的可能因素，藉以發展本研究之探討變項。以下將依照上述架構與順序詳細說明之；第四節之「綜合評析」則整合上述回顧內容，對本研究之分析架構提出相關策略指導。

### 第一節 歸納公共自行車的使用型態

在所有與公共自行車相關的文獻當中，有許多研究藉由其系統之電子票證所收集並且開放研究應用的自行車使用資料，在整體龐大且複雜的使用現象中歸納出具有特徵的使用型態，根據不同型態描述其行為特質、探討其影響因素或是分別提出規劃及營運策略。透過使用型態的歸納，原先龐雜的資訊量可以獲得資料降維，資訊傳達、分析與策略擬定的難度也得以降低許多。從研究的角度來看，將原始物件分門別類的操作有助於人類對於複雜事物之理解，簡化分析之程序至對各類群（型態）的縱觀描述，而無須對每個獨立物件進行微觀的個案分析。

現有研究根據其研究目的、資料精緻度等限制之差異，其用以歸納使用型態的方式也不盡相同。本研究盡可能搜羅自公共自行車開始發展以來至近期的相關研究，尤其限縮在以「歸納公共自行車之使用型態」為目的的文獻，並且以其歸納的「尺度與方法」及「屬性或變量」為視角，嘗試分析這些文獻的異同及限制，進而導出其研究缺口，立定本研究之目標與可能貢獻。以下將以「歸納的尺度與方法」及「歸納的屬

性或變量」之順序分別介紹之。

## 一、歸納的尺度與方法

若從分析資料的尺度層級來看，公共自行車之使用型態可分別由最微觀的旅次或使用者尺度、中觀的租賃站點或站點對尺度，以及最宏觀的系統尺度來進行歸納（見表 3）。通常不同層級的分析尺度所追求的研究目的都不盡相同，分析不同尺度的資料可解析出的資訊自然也有很大的差異；而分析資料尺度的差異同時也影響了樣本的數量，間接干預了研究者在選擇研究方法上的決策。

表 3 相關文獻之分析尺度及方法整理表

分析尺度	分析方法	相關文獻	評論（評估可行性）
營運系統	集群分析	O'Brien, Cheshire, and Batty (2014)	跨國比較研究，須收集各國自行車系統的營運資料，研究規模龐大。
租賃站點	集群分析	Froehlich et al. (2008) 、Vogel et al. (2011) 、Lathia et al. (2012) 、Liu & Lin (2019) 等	依據取得之資料型態，本研究適合以租賃站點尺度進行分析。惟過往同類型研究之分析方法尚有可精進之空間。
	矩陣分解	Shi, Lv, Seng, Xing, & Chen, (2019) 及 Xu et al. (2019) 等	
旅次 / 個體	先驗分類模型	Bordagaray, dell'Olio, Fonzone, and Ibeas (2016) 、Zhang, Brussel, Thomas, and van Maarseveen (2018) 等	該類文獻的資料通常可以追蹤同一使用者的連續交通行為（通勤往返、轉乘等），本研究取得之資料型態僅有個別的匿名旅次資訊，難以效仿其分析架構。

### （一）營運系統尺度

研究目的很大程度影響了資料的分析尺度，O'Brien、Cheshire 與 Batty (2014) 選擇分析全球 38 個公共自行車系統，透過階層式的集群分析，基於其整體、時間及空間特徵歸納各個系統的使用型態，以達到跨國、跨系統之統整與比較的研究目的。然而，絕大多數研究都著重於觀察單一自行車系統的使用特性，除了單一系統的資料較

容易取得之外，將研究範圍限縮於同一城市也能控制住多數容易干擾研究結果的外部因素，例如氣候、地理條件、經濟、文化、國情、系統營運政策等。而諸如此類資料尺度限縮於單一系統的研究，多數目的都在於深入的理解所挑選的城市中，公共自行車使用者的使用特性與影響原因。

## (二) 旅次 / 個體尺度

由於旅次是構成整體交通特性的最小單元，如要探討公共自行車的使用特性並且歸納出使用型態，以旅次或是使用者的資料層級進行分析應最為理想。Bordagaray、dell’Olio、Fonzone 與 Ibeas (2016) 收集了能夠追蹤同一使用者之連續旅行行為的智慧卡資料 (Smart card data)，建立自定義的分類規則建立分類演算法以歸納公共自行車使用者至五種使用類型，並且探討各種使用類型的時空屬性之統計特性。Zhang、Brussel、Thomas 與 van Maarseveen (2018) 則主要以旅次鍊 (trip chain) 為該研究分析的資料層級，同樣以自定義的分類規則歸納出不同的公共自行車使用型態，包含了同站借還、同站轉乘、異站轉乘等。這些以旅次或使用者作為分析層級的研究，通常都需要處理非常大的資料量，因此在歸納分析上通常採用先驗的方式分類樣本，而不以統計模型（如 K-means）類聚樣本，以降低電腦執行分類演算法的複雜度。

此外，這些研究所採用的資料通常都能追蹤同一使用者的連續行為，因而可以旅次鍊的資料層級進行分析。然而在個資保護較為嚴密的地區，如我國，研究者能取得之個體層級的交通行為資料通常已經「去識別化」，意即消去姓名、ID 等能夠識別使用者的個人資訊，因而難以從旅次鍊的尺度進行分析。而無法透過識別資訊串成旅次鍊的個別旅次資料所攜帶的資訊通常非常單純，以臺北市之 YouBike 為例，系統所能提供的資料中，各旅次僅包含其借車與還車的時間及地點，實難以仿照前述之研究方法從個體層級進行使用行為的歸納。因此，大多數研究傾向提高資料的分析尺度至租賃站點或站點對，將同一站點或起迄點的旅次集合起來，以其旅次量、站點車輛數等屬性的時間序列作為歸納時參考的特徵，此種做法乃是透過壓縮其原先資料庫之樣本

數量以換取得以參照的特徵數量。

### (三) 租賃站點尺度

大多數文獻主要以租賃站點的資料層級來歸納公共自行車的使用型態，可能原因是站點尺度的資料比個體使用者的層級更為單純，樣本數較小，分析上較為容易。此類型的研究多以集群分析為主要方法，將具有相似特徵的租賃站點歸納為同一類群，進而描述各個類型的行為有何差異。在資料的選用上，租賃站點的使用資訊通常分為兩種，一種是站點即時資訊，紀錄各個站點各個時間段的現存車輛數或停車格數，通常為公開上網的開放資料；另一種是站點營運資訊，紀錄各個站點各個時間段借出（產生）及歸還（吸引）的旅次量，通常由旅次層級資料彙整而來。採用站點即時資訊的研究（鍾智林、黃晏珊，2016；Froehlich, Neumann, & Oliver, 2008; Lathia, Ahmed, & Capra, 2012; Wong & Cheng, 2015），較多以系統營運面作為出發點，理解站點車輛數或車位數的時序變化所隱含的使用行為意義，但可能面臨到車輛運補所帶來的資料誤差；而採用站點營運資訊的研究（王少谷，2015；劉鴻錡，2017；Liu & Lin, 2019; Vogel, Greiser, & Mattfeld, 2011），由於其資料乃自旅次資料彙集而來，比較能夠以交通行為的觀點探討站點旅次產生及旅次吸引的時序變化，歸納出公共自行車的使用型態。

上述研究以站點作為資料單元進行使用型態的歸納，隱含了同一站點之使用行為具有同質性的假設，本研究對此懷抱著疑問。單一站點的整體行為是為其所有使用者之個體行為的集成，即使是同一個租賃站點，其使用現象也是各式各樣的使用族群的騎乘行為所集結而成，本身就包容著非常多樣的使用型態。每個租賃站點都蘊含複雜的使用行為，構成了獨特的行為表現，使其性質有著極大的差異。部分研究結果之檢討提及，以集群分析難以歸納行為表現較為極端的離群站點，或有群落之間差異不明顯的情況（王少谷，2015；劉鴻錡，2017），展現了集群分析對歸納公共自行車使用型態的侷限。若以集群分析等方法歸納其可能分類的方式難以避免離群站點的產生，可能代表被用於分類租賃站點的屬性，即借還量之時序變化，可能含有更深層的內在

結構值得被發掘。

同一分析尺度的近期研究中，另有一類文獻採矩陣分解的方式歸納公共自行車的使用型態 (Shi, Lv, Seng, Xing, & Chen, 2019; Xu et al., 2019)。此類文獻主要使用類似主成份分析的數學方法，將各個租賃站點的整體使用現象拆解為若干個主要成份及相應的組合權重。由於這類研究通常利用自行車借還量的時序分佈作為分析變數，其方法拆解後的主要成份往往揭示了不同時段的尖峰使用特性，而權重值則反映了各個尖峰時段發生於各個租賃站點的旅次量。此類研究的主要精神不同於前述的「分類站點」，而是將站點的借還活動進行拆解，其作法隱含的假設是「所有站點的借還活動係由少數幾個使用型態組合而成」，其概念更加接近本研究的主張。

此類文獻的研究方法雖然部分克服了集群分析的限制，卻可能產生其他問題。例如，經由特徵分解 (Eigendecomposition) 處理後的研究數據可能無法避免的產生小於零的數值，難以用原有的「使用量」、「旅次」等交通規劃常用單位對數據進行解讀，其成果不易回扣公共自行車的實務應用層面。在保留規劃意涵之解讀空間的前提下，尋求一合適的數學工具或資料處理方式解構整體借還活動並歸納其使用型態，是此類文獻的研究缺口之一。

#### (四) 小結

歸納公共自行車使用型態的相關研究依據歸納的尺度與方法大致可分為「營運系統」、「租賃站點」及「旅次 / 個體」等類型。其中，營運系統尺度的研究規模龐大，而旅次或個體層級的研究仰賴可以追蹤單一使用者連續行為的研究資料，根據本文的研究目的與取得資料，該二種研究尺度都不適宜，因此本研究採「租賃站點」作為主要的分析尺度。

該類型研究通常使用集群分析或矩陣分解等方法分析資料，然而前者之作法隱含了同一站點之使用行為具有同質性的假設，且在分析效能上有所侷限；後者雖無此問

題，但處理後的數值較難以交通規劃的意涵進行解讀，其作法亦有修正的空間。兩者做法各有優缺，在此議題上形成待解決的研究缺口。

因此，本研究提出公共自行車「基本使用型態」的概念，認為站點的整體借還活動包含了多個使用型態的行為組合，而非隸屬於一個特定的類型。因此歸納公共自行車的使用型態應以「分解」取代「分類」，以反映整體借還使用現象係由各種類型使用現象之加總疊合所產生。為了歸納基本使用型態，本研究嘗試使用非負矩陣分解技術作為分析工具，其屬於矩陣分解的工具之一，但在演算時特別限制矩陣元素不得為負，避免結果產生交通規劃上難以解讀的負數。透過資料後處理，該矩陣分解之結果可轉換為「旅次數」及「分佈機率」等具體的數值單位，使分析結果具有較為明確的意涵。透過此一作法的改變，本文嘗試克服前述研究選用方法所產生的侷限。

## 二、歸納的屬性或變量

在整體的框架下歸納個體至若干種有限的型態，除了上述的資料尺度及方法必須為研究者所考慮之外，歸納時所參考的屬性或變量亦相當重要。其決定於研究者發展議題時所關注的面向，或是預先識別個體本身所攜帶的多個屬性中能夠在整體之中展現最大變異的特徵。交通本是人員、貨物或資訊在一定時間內由起點至迄點的移動行為，其同時蘊含了時間維度以及空間維度等兩個面向的變化，因此在歸納公共自行車之使用型態時，絕大多數研究者所採取的屬性或變量都不出這二者之外（見表 4）。

表 4 相關文獻之歸納屬性或變量整理表

時空間變數	相關文獻	評論	本研究可操作之變數
時間面向	旅次或空閒車位數的時序變化 Froehlich et al. (2008) 、 Lathia et al. (2012) 、 Liu & Lin (2019) 及 Vogel et al. (2011) 等	文獻多為租賃站點的研究尺度，使用此變數作為歸納使用型態的依據。	租借 / 歸還的時間，可統整為旅次的時序變化
	租用自行車或轉乘的時間長度 Bordagaray et al. (2016) 及 Zhang et al. (2018) 等	文獻多為使用者個體的研究尺度，可用以推測其隱含的使用行為。	租用時長、平均速度
空間面向	租賃站點的地理分佈 幾乎所有文獻	多於資料探勘後用來研判各個使用型態的空間分佈，須另外考量其空間機能。	租借 / 歸還的站點，透過結合站點座標可知借還地點
	起迄站點或轉乘站點之間的距離 Liu and Lin (2019) 、 Bordagaray et al. (2016) 及 Zhang et al. (2018) 等	該變數可能反映旅次目的，在分析上有納入考量的價值，但分析方式尚有討論空間。	移動距離、平均速度
其他	站點之間的互動關係 Austwick, O'Brien, Strano, & Viana, 2013; Borgnat et al., 2011; Munoz-Mendez, Klemmer, Han, & Jarvis, 2018; Wei, Xu, & Ma, 2019	雖未直接使用空間面向的變量，但透過站點之間的連結關係亦可間接反映使用現象的空間資訊。	無（與本研究目的不同）

### (一) 時間面向

在時間面向上，歸納公共自行車之使用型態的研究所參採的變量大致上包含了旅次數量、空閒車位數等的時序變化以及租用自行車或轉乘的時間長度等兩種（但不限於此）。使用旅次數量、空閒車位數等的時序變化作為變量的研究 (Froehlich et al., 2008; Lathia et al., 2012; Liu & Lin, 2019; Vogel et al., 2011) 可歸納出固定時間尺度（一年、一週、一日等）下，旅次發生之時間分佈相似的使用型態，由於涉及旅次的數量計算，該類型研究多以租賃站點作為研究尺度。

使用租用自行車或轉乘的時間長度作為變量的研究 (Bordagaray et al., 2016; Zhang et al., 2018) 可探討每個使用者租借自行車或兩連續租用行為之間的時間長度

在整體統計分佈下的定位，進而推測其隱含的使用行為，如車況不良以致立即歸還，或是在同站歸還並立即租借以重設租借時間之紀錄來換取更低廉的租賃費用，此類型研究則基本上是以使用者個體為其研究的資料尺度，站點尺度的研究則極少使用此類變數。

以上兩種有關時間面向的變量各自攜帶了不同層次的資訊，在歸納公共自行車之使用型態時皆有納入考量的價值，然而站點尺度的相關文獻往往忽略租用自行車之間長度等變量，是這類文獻可能的研究缺口之一。

## （二）空間面向

在空間面向上，公共自行車使用行為所能萃取的變量則包含了站點的地理分佈、起迄站點或轉乘站點之間的距離等。在本研究所回顧的文獻中，站點的地理分佈幾乎為所有相關文獻所使用，通常做法為在歸納公共自行車之使用型態後，輔以各站點週邊的區位條件進行觀察、分析，梳理容易影響公共自行車使用的因素。另一方面，起迄站點或轉乘站點之間的距離是較少被關注的變量。在分析個體或旅次尺度的研究中，轉乘站點之間的距離可用來分類個體使用者的連續使用行為 (Bordagaray et al., 2016; Zhang et al., 2018)，然而本研究因資料型態的限制難以效仿該分析方式。而在與本文同樣分析尺度的研究中，Liu 與 Lin (2019) 雖有特別納入起迄站點之間的移動距離作為集群分析之參考變量，但其研究結果顯示分群效果尚有改進之處。起迄之間的距離部分反映了使用者在空間上的軌跡，亦關乎到使用者的旅次目的，在分析上有納入考量的價值，但其分析、處理的手段則有持續精進的空間。

而租賃站點的地理分佈在相關研究中所扮演的角色多是在資料探勘的後置處理中用以研判各個使用型態的空間分佈，或是探討各站點週邊的機能定位對使用型態的影響。由於歸納公共自行車使用型態的研究傾向選擇能夠造成樣本變異最大的變量作為分類使用型態的依據，上述文獻顯示了自行車使用行為在時間上的分佈對於識別使

用型態是個比較具有指標性的屬性，這反映了個體活動在時間的向度上具有明顯的規律或週期，而其空間分佈則無法顯現這樣的特性，必須要另外將其空間機能（商業、住宅、學校等）納入考量。

另一方面，有部分研究 (Austwick, O'Brien, Strano, & Viana, 2013; Borgnat et al., 2011; Munoz-Mendez, Klemmer, Han, & Jarvis, 2018; Wei, Xu, & Ma, 2019) 會將整體系統中各站點之間的互動關係視作一網路結構，以社群偵測 (community detection) 的技術識別整體網路中各自互動頻繁、關聯緊密的站點集合，而顯示出來的結果通常在空間中呈現聚集現象，且吻合當地的地貌紋理。其研究雖未直接使用空間面向的變量，但透過站點之間的連結關係亦可間接反映使用現象的空間資訊。

### (三) 小結

綜合本研究的資料型態與上述文獻回顧，公共自行車使用所產生之時間、空間等面向資訊各有其隱含的意義與重要性，若能在歸納使用型態的過程中廣為列入分析，勢必能豐富本研究對公共自行車使用行為的觀察角度。回顧相關文獻的分析架構，其多以使用量的時序變化作為歸納使用型態的主要參考變量，並且透過站點的地理座標觀察各使用型態的空間分佈，此架構已相當完備，惟租用自行車之時間長度、起迄點之間的距離等時空變數仍有列入分析的空間。

根據本研究取得的資料型態，結合站點座標資訊加以計算，可得各借還旅次之「租用時長」、「移動距離」以及「平均速度」等變數。這些變數標記了個體的行為特徵，可能隱含著旅次目的的資訊，例如：通勤旅次可能有較高的平均速度，遊憩旅次則可能有較長的移動距離。然而，若按照前述回顧之分析架構作業，這些記錄個體行為的變數將隨著統整至站點尺度資料的過程而有所失真。因此，本研究擬透過租用時長、移動距離以及平均速度等變數預先分類旅次的借還行為，作為資料預處理的步驟之一。透過這項嘗試，結合前述相關文獻的分析架構，可更加完整的考量公共自行車使用所

產生之時間及空間面向的變數。

### 三、文獻評析：過往研究缺口

綜整以「歸納公共自行車使用型態為目的」之相關文獻，藉由「歸納的尺度與方法」及「歸納的屬性或變量」兩面向分別進行文獻分析，本文梳理出此類文獻可能的研究缺口如下：

#### (一) 研究方法的侷限

集群分析之作法隱含了同一站點之使用行為具有同質性的假設，且在分析效能上有所侷限；而矩陣分解雖無此問題，但處理後的負值結果較難以交通規劃的意涵進行解讀，其作法亦有修正的空間。在此脈絡下，非負矩陣分解技術非屬集群分析，且分離矩陣之元素皆不小於零，本文認為該方法可能具有取代過往方法的潛力。

#### (二) 鮮少使用的變數

公共自行車使用所產生之時間、空間等面向資訊各有其隱含的意義與重要性，但使用者租用的時間長度、起迄點之間的距離等可能隱含旅次目的之時空變數較少被相關研究所考量，而有列入分析架構的空間。本文認為此類變數記錄了旅次的個別行為，在分析流程上應先行以該變數分類旅次的借還行為類型，再整合至站點尺度的資料以供後續分析使用。

本節至此已完整回顧歸納公共自行車使用型態的相關文獻，梳理其研究缺口並提出相應的分析策略。其中，本研究為補足過往分析方法之限制而引入的非負矩陣分解乃屬相關研究中較為罕用的技術，因此下一節將聚焦於此方法，回顧其背景知識與技術細節。

## 第二節 盲訊號分離與非負矩陣分解

本研究為了回應「歸納公共自行車借還活動的基本使用型態」之研究目的，嘗試將原問題置入盲訊號分離的問題架構，並且選擇以非負矩陣分解的技術求解。本節一開始將介紹盲訊號分離的背景知識、數學定理及常見的演算法，並且討論本研究以何種思考脈絡將公共自行車使用型態的議題轉化為盲訊號分離之間題架構。而後從多個盲訊號分離的演算法中，本研究篩選出可能適合於本研究議題的非負矩陣分解，詳細介紹其演算方式與相關應用，最後再進一步討論該方法適用於本研究議題的特點為何。此節介紹的盲訊號分離及非負矩陣分解的背景知識若無特別標明出處，係整理自 Lee and Seung (1999)、Stone (2004) 及 Choi, Cichocki, Park, and Lee (2005) 之著作。

### 一、盲訊號分離

在談論盲訊號分離的問題意識之前，必須先理解其領域最常被拿來舉例的經典案例，雞尾酒會效應 (cocktail party effect)。這個效應意指，人在嘈雜喧鬧的環境中，如派對、街道或市場，仍然能夠辨別出自己感興趣的聲音，並且過濾掉其他「雜音」。這個效應顯示了人類的大腦能夠分析來自雙耳所接收到的混合聲音，將其解析成數個接近原始訊號的聲音，放大聽者所感興趣的聲音，或者弱化其他較不感興趣的聲音(即雜音)。在訊號處理或機器學習等領域，有許多研究者致力於讓電腦具備上述能力，從混合訊號中分離出真正有意義的個別訊號，以進行各式各樣的相關應用，例如：強化音樂製作時的錄音品質、分離談話性節目不同講者的聲音等。這些問題意識與相關技術的集合，我們統稱為「盲訊號分離 (blind signal separation)」。

盲訊號分離假定混合訊號是由原始訊號以某種特定的方式混合而成，如圖 4 所示。盲訊號的「盲」意味著我們能夠直接觀察到的現象僅有混合訊號，原始訊號的樣貌及其混合方式都是未知的，這個特性使盲訊號分離變得極具挑戰性，然而我們可以透過某些合理的假設，將此問題變得單純且可解。

首先，盲訊號分離，或者更廣泛地說是整個訊號處理的研究領域，通常將聲音訊號表述為振幅 (amplitude) 的時序變化，而其訊號之混合方式則假定為線性混合，亦即混合訊號是由原始訊號以特定權重疊加而成的。這些假設使盲訊號分離的問題結構得以用下列數學形式來描述：

$$X = AS$$

其中， $X$ 為 $m \times t$ 的矩陣，代表混合訊號； $S$ 為 $n \times t$ 的矩陣，代表原始訊號， $A$ 則為 $m \times n$ 的矩陣，代表訊號混合的方式。 $m$ 為混合訊號的數量， $n$ 為原始訊號的數量， $t$ 為每個訊號的時序資訊量，通常可以理解為訊號包含了 $t$ 個時間點的振幅值。

透過上述假設與數學表達的發展，研究者對於盲訊號分離的問題意識建立起明確的理論框架。藉此，我們可以重新用更具體的方式描述盲訊號分離問題：假設有 $n$ 個聲源各自發出原始訊號，並且以線性方式疊加成 $m$ 個混合訊號，我們如何從混合訊號 $X$ 中分離出原始訊號 $S$ 及其混合方式 $A$ ？

前述對原始訊號的假設及定義還不足以推演出明確的解法，而透過更多從訊號理論基礎發展出的假設奠定了多種可能解法的產生。例如，主成份分析 (Principal component analysis) 假設原始訊號彼此之間不相關，因而追求能使原始訊號彼此正交的分解方式；獨立成份分析 (Independent component analysis) 認為原始訊號彼此之間必須統計獨立，而以尋求最小化交互資訊為目標進行求解；非負矩陣分解 (Non-negative matrix factorization) 的假設相對寬鬆，認為原始訊號及混合方式之矩陣元素都不得為負值，以此限制追求能組合出最接近輸入混合訊號的兩矩陣乘積之結構。綜觀而論，根據研究者對於原始訊號或其混合方式應具備的性質有不同的期待，即可衍生出不同的盲訊號分離之解法。而這些演算法的選擇，則仰賴研究者對於其應用此技術的情境有著透徹的理解，選擇最符合其問題意識的假設命題。

在廣泛的研究領域中，並非只有聲音訊號可以被表述為前述之數學結構。只要某個物理量隨時間或空間有所變化，即可被稱作廣義的「訊號」，而這些訊號若為研究

者懷疑可能是某些基本訊號透過線性方式混合疊加而成的結構，即可以盲訊號分離的理論框架描述之，並且使用相關的技術進行求解。例如，人臉之影像可被視為各個像素 (Pixel) 之明暗度按照特定空間順序排列的訊號，每張臉部影像即為訊號混合的結果，透過非負矩陣分解則可分析出各個臉部影像共有的基本訊號，並且發現其展現了臉部各個部位的特徵 (Lee & Seung, 1999)。又如蕭金財等人 (2015) 將地下水位之時序資訊理解為多種因素的混合結果，透過獨立成份分析可將其分離出若干個獨立訊號，輔以當地的降雨資訊與抽水紀錄從旁研判其個別訊號的影響因素。以上案例顯示了盲訊號分離從其原本的議題推廣為數學形式後，使其理論框架可包容多元領域的研究問題，因而有著極高的應用性。

本研究之目的之一係為歸納公共自行車借還活動的基本使用型態，並且認為此一研究問題可以盲訊號分離的理論框架描述之。個體的使用行為會因多種因素形塑出特定的行為模式，本身性質相近或者受到同樣因素影響的個體所共同表現出的個體行為即組成了群體的行為。本研究假設公共自行車的使用現象蘊含此一結構，如圖 4，個體旅次可形成群體租借使用之行為模式，多種群體的行為模式則組合出整體的使用現象。本研究取得各個公共自行車租賃站點旅次數量之時序變化，將其視為混合訊號，並且假設其為若干有限數量的基本訊號透過特定權重以線性方式組合而成。此基本訊號即為本研究欲求得之「基本使用型態」，而其組合成各站點整體使用現象的「權重」即為各個基本使用型態貢獻於各個租賃站點的旅次數量。透過此一類比，本研究將原先「歸納公共自行車基本使用型態」之問題轉化為盲訊號分離的結構，並且可以其相關技術求解之。

根據前述之文獻回顧，不同問題在使用盲訊號分離的方法時，應針對自身問題意識有充分的理解，並且據此推論出其原始訊號或混合方式應該具備的數學性質，從而選擇合適的假設及相對應的演算方式。本研究看重非負矩陣分解限制其分解矩陣之元素皆不為負的特性，認為此方法相較於其他的矩陣分解的技術（如主成份分析、獨立

成份分析等)，對於結果意涵的詮釋能力更強，因而有助於理解公共自行車使用的隱含要素。因此，以下將回顧非負矩陣分解的主要定理，並且探討該方法運用在本研究目的之適宜性。

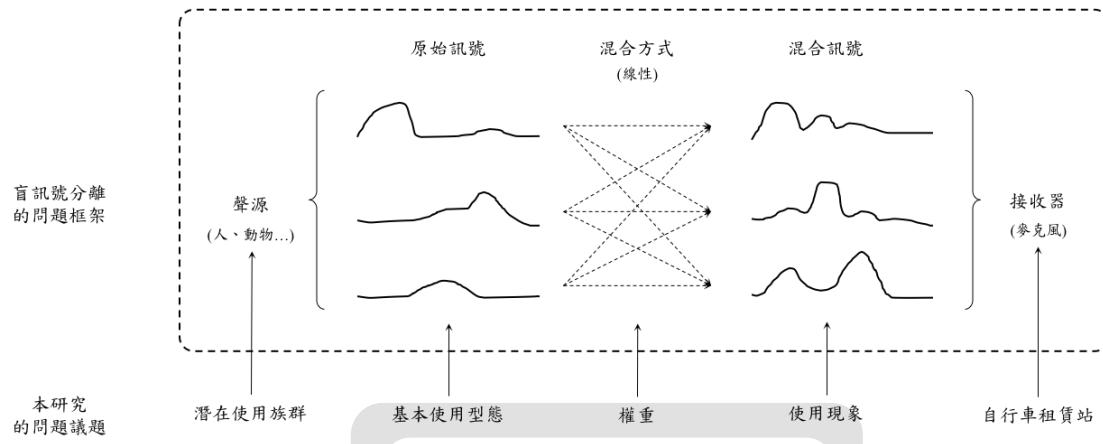


圖 4 盲訊號分離的問題框架與本研究問題意識之對應示意

## 二、非負矩陣分解

非負矩陣分解之原始概念係由 Paatero 與 Tapper (1994) 所提出，其研究認為過往的因素分析 (Factor analysis) 並不能夠完美的擬合環境領域研究的資料，且其方法產生出的因素包含負值，而這在許多定義域介於零至某正值的物理量上難以解釋其意義，遂提出「正矩陣分解 (Positive matrix factorization)」以修正此類問題。Lee 與 Seung (1999) 以此基礎進一步發展出非負矩陣分解的演算法，在讓電腦學習臉部影像的部分特徵以及分析文本的語意特徵都有良好的成效。由於該方法在其應用結果上展現了正向疊加與稀疏性（矩陣元素多為零，僅有部分元素有數值）等特質，其研究認為相較於其他演算法，如主成份分析或向量量化 (Vector quantization)，學習到散佈於整體的特徵，非負矩陣分解能夠展現出構成整體圖像的「部分特徵 (Parts-based representation)」。

在其演算法中，訊號的混合方式被表述為

$$V = WH + E$$

其中， $V$ 為代表混合訊號的原始矩陣； $W$ 為基底矩陣 (Basis matrix)，代表各個基底訊號的特徵； $H$ 為權重矩陣 (Coefficient matrix)，或稱權重矩陣，代表各個基底訊號貢獻於各個混合訊號的係數值； $E$ 則為誤差項，容納其演算過程中的誤差值。演算法規範前三者在過程中都不得小於零，從而滿足其非負數的需求。

扣除掉誤差項，其基底矩陣與權重矩陣之乘積是為重建訊號，其應為混合矩陣的近似值，表述為

$$\Lambda = WH \approx V$$

非負矩陣分解通常以歐幾里德距離 (Euclidean distance)衡量重建訊號與原始訊號之間的差距，並且以此函數之最小化作為演算法的目標函數，即

$$\min \|V - \Lambda\|^2$$

非負矩陣分解之演算步驟簡述如下：給予 $W$ 及 $H$ 之初始值，計算其重建訊號 $\Lambda$ ，以梯度下降法 (Gradient descent algorithm) 分別更新矩陣 $W$ 及 $H$ ，確認其目標函數 $\|V - \Lambda\|^2$ 是否收斂於可接受範圍內：若否，持續更新矩陣 $W$ 及 $H$ ；若是，則結束程序，獲得基底矩陣 $W$ 與權重矩陣 $H$ 。

該方法除了應用於臉部影像及文本語意之特徵識別外，亦有研究用於公共運輸的議題上。Poussevin、Tonnelier、Baskiotis、Guigue 與 Gallinari (2015) 的研究使用了非負矩陣分解技術分析法國巴黎地鐵網路的營運紀錄，以分類不同使用族群與地鐵站的運輸型態。利用了基於機器學習的模型，該研究將旅客搭乘地鐵的使用現象表示為一群辭典原子 (Dictionary atoms) 的活動，並以此基礎進一步分類各個站點，再從中檢查有無異常的運動活動現象。由此可知，非負矩陣分解的方法應用性極高，並且有應用於探討公共運輸及公共自行車活動的潛力。

如同主成份分析、獨立成份分析等方法，非負矩陣分解同樣藉由其演算法立定的特殊限制，將原矩陣分解為兩個低秩矩陣的乘積組合，但該方法卻以其非負數的限制條件使之更合適於部分研究議題之中。如前述之回顧，不論是主成份分析或是獨立成份分析之限制條件（正交性或統計獨立）都未限制產生矩陣之元素的正負號，此性質在數學意義上並無不妥，然其數值結果在某些應用場景中卻難以將其抽象的數學意涵轉變為該應用領域中的具體意義。相較之下，非負矩陣分解在演算過程中所受到的限制條件僅有矩陣元素不得小於零，條件相對寬鬆，卻也讓其結果之數值得以在不同應用領域中解釋出明確的物理或社會意義。因為非負矩陣分解限制矩陣元素不得為負值，所以該方法產生出來的矩陣乘積結構可以被理解為多種基底訊號透過不同權重「疊加」出原矩陣中的混合訊號。

### 三、文獻評析：非負矩陣分解的適用性

延續前面的論述，公共自行車站點使用行為在本研究被表述為其借還量的時序分佈，形式上如同「訊號」，其每一時刻的數值都具有明確的交通規劃意涵，即「旅次數」，因此最小值為零。本研究在選擇研究方法時特別考量，即使透過某些程序將原本的混合訊號分解為基底訊號的疊加狀態，也不應破壞基底訊號之數學形式本身攜帶的交通規劃意義，因此產生之元素數值不得為負。而非負矩陣分解限制元素為非負的條件使其訊號疊加的過程只能以「累積」的方式構成，而不得出現「抵銷」的現象，這種純粹加性的訊號混合構成符合人類對於整體現象的理解來自於對局部訊息之整合的認知模式，並且也恰好符合本研究「歸納公共自行車借還活動的基本使用型態」之目的。在此情形下，非負矩陣分解是解決本研究目的之可行方法。

### 第三節 公共自行車使用的影響因素

本研究為了回應「探討租賃站點的區位因素對公共自行車借還活動之基本使用型態的影響」之研究目的，收集了站點週邊環境中可能影響使用型態的變數，並以統計模型檢驗兩者之間的相關性。本節首先引入相關的活動理論，以理解使用者在租借及歸還自行車以達成其活動目的時所受到的限制；而後梳理公共自行車之相關研究中曾經被探討過的影響因素，觀察其重要的變因以作為後續研究變數選擇之參考。

#### 一、自行車活動之需求及限制

在大多數的情況，運輸行為是個體為了從事某個特定活動而衍生出來的需求。因此，在談論交通運輸時，勢必得理解驅使每個個體產生其交通行為的活動需求為何。Brail 與 Chapin (1973) 認為，人類需求可分為「基本生命需求 (Basis life needs)」及「外在需求 (External needs of basis life)」等兩種。基本生命需求源自於個體生理的限制，使個體需要每日的睡眠、飲食或是偶發的醫療服務需求；而外在需求則是受到文化、社會或是個人因素的影響，使其需要從事工作、學習、拜訪朋友、處理個人事務或是滿足娛樂等活動。然而，這些活動受到了建成環境的限制，亦即能滿足這些活動需求的空間並非隨處可得，因此必須透過移動來獲取這些資源。顯然，都市規劃在空間格局及活動機能上的安排會透過上述的機制，間接影響交通流動的產生。

另一方面，若將活動視作為個體在時間及空間維度中的轉移，則可以時間地理學的角度切入討論此一現象。Hägerstrand (1970) 提出活動主體在其活動時間及空間上之決策時，會受到能力限制 (Capability constraints)、連結限制 (Coupling constraints) 及權限限制 (Authority constraints) 等因素影響。能力限制類似於前段討論之各項需求，是個體受到的生理能力及生理能力及活動所需工具的限制；連結限制強調了個體所欲從事之活動必須與其他個體同時參與之限制；權限限制則是指活動之時間及空間受到其他特定個體或社會群體的控制。這些種種限制驅使活動主體在從事活動之時間

及空間有著可依循的規範或模式，產生了可以研究、歸納或預測的可能性。

綜上所述，個體受到本身及外在環境等多項限制而產生各式各樣的活動需求，又受到空間機能及都市規劃等各項環境因素而誘發交通行為，但其活動本身與活動主體的限制約束了各項活動及交通行為可能存在的時間及空間，進而讓其行為有著特定的時空特性。此套論述暗示了本研究探討公共自行車使用之基本使用型態的可行性，同時也揭示了在選取基本使用型態之影響因素時，應當考量使用者可能參與的活動以及其誘發的交通行為。

## 二、影響公共自行車使用的因素

延續本章第一節所回顧的公共自行車使用型態之相關研究，本研究從中提取有進一步探討影響其使用型態之因素的文獻，再另外補充部分專注於探討特定變量（但因不是歸納使用型態的相關文獻而未被整理於第一節）的研究，梳理其所包含的影響因素，將其分門別類並且彙整於表 5。

透過這些文獻的整理，本研究理解影響公共自行車使用的因素大致包含了「自然環境」、「社會經濟」、「土地利用」、「交通設施」及「相關政策」等面向，並且有以下數點特徵：

1. 自然環境及社會經濟面向之因素通常有顯著影響，但在多數研究中被列為控制因素。顯示這些因素的影響很顯而易見，雖非多數研究之主軸，但若不納入考慮則可能造成研究之偏誤。
2. 土地利用是最為研究者感興趣的影響因素，然而仍有部分可能的研究缺口。  
本節前揭之討論顯示土地利用是透過活動之需求而影響交通行為，但是並非所有研究都有包含到多數重要的活動類型。
3. 交通設施也是為多數研究者所感興趣的重要因素，顯示公共自行車扮演了能

夠接駁各項運具的重要角色。然而這些文獻普遍缺乏城際公共運輸(如高鐵、臺鐵等)之接駁因素的探討，私有運具之接駁因素也較少被討論到。

4. 以相關政策作為探討面向的文獻通常著眼於某一時刻之政策轉變對轉變前後使用狀況之差異，其關注的變因具有高度的偶發性及時效性，研究者若希望避免該因素之干擾則應避免取樣的時間區段橫跨政策轉變的時間點。

表 5 影響公共自行車使用之可能因素

影響因素	內容	相關文獻
自然環境	氣候 降雨量、氣溫等	Faghih-Imani, Eluru, El-Geneidy, Rabbat, and Haq (2014); Liu and Lin (2019)
	地形 海拔高度、坡度等	Froehlich et al. (2008); Liu and Lin (2019)
社會經濟	人口 人口數、及業人口數、學生數、性別、年齡等	Wu, Kang, Hsu, and Wang (2019); Liu and Lin (2019)
	經濟 收入水準、教育水準等	Liu and Lin (2019)
土地利用	住宅、商業、學校、公園綠地等，變數之可能形式包含土地面積、距離、數量等	Faghih-Imani et al. (2014); Zhou (2015); Bordagaray et al. (2016); Liu and Lin (2019); Xu et al. (2019); Wu et al. (2019)
交通設施	自行車設施 自行車道、道路、租賃站數量、站點提供車輛數等	Faghih-Imani et al. (2014); Bordagaray et al. (2016); Liu and Lin (2019); Xu et al. (2019)
	其他運具 捷運、公車、私有運具等	Liu and Lin (2019); Xu et al. (2019); Wu et al. (2019)
相關政策	票價調整、非會員限制等	Lathia et al. (2012); Wu et al. (2019)

### 三、文獻評析：本研究關注的面向

綜合本節前半部對於運輸活動的需求與限制，以及後半部對於相關文獻所探討之重要因素的梳理，本研究認為以自行車使用者欲從事之活動作為出發點，探討各類型活動需求對使用現象的影響；同時考量都市中整體運輸系統與公共自行車的轉乘關係，嘗試理解各項運具與公共自行車的轉乘便利程度是否影響其使用行為。因此，本研究

以各個租賃站的區位因素作為探討公共自行車借還活動之基本使用型態的影響因素，其包含了「活動可及性因素」及「交通易行性因素」兩大面向。

在都市計畫及交通運輸規劃等領域，可及性 (accessibility) 和易行性 (mobility) 是經常被提及的概念，凌瑞賢 (2004) 綜合過去學者對此二名詞的定義，提出下列解釋：「可及性」為某區域至各區域從事特定活動類型的便利程度，其涉及了不同區域之間的距離，且必須考量能夠支援各項活動的土地使用類型；「易行性」則是指為達經濟活動目標而提供之交通設施的便利程度，若以區域為研究尺度則可以運輸系統之供應量作為衡量方式。以下就上述二者進一步討論其對公共自行車使用的意涵以發展出更具體的定義。

### (一) 活動可及性因素

可及性旨在論述研究對象可觸及各項活動的能力，在此精神之下，都市裡支援各項活動的資源以及各項資源距離研究對象的遠近必須被同時考慮。對於公共自行車的使用者而言，其使用自行車之時間前後多以步行方式銜接，因此以合理的步行距離作為可及性指標中的距離衡量應非常合適。因此，本研究之活動可及性因素係指公共自行車租賃站點以步行方式可以觸及到各項日常活動機能的可能性。

根據 Castiglione、Bradley 與 Gliebe (2014) 在活動基礎的交通預測模型中所使用的旅次目的分類架構，旅行目的或活動可以依照該目的在安排日常活動與交通模式的重要性與優先程度被分為三大類組，分別為：

1. 必要性 (Mandatory) 活動：包含了工作與就學，該類型活動通常高度受制於活動的時間安排與固定地點，且活動主體（如職員、學生等）通常有參與該活動之義務，因此必要性活動對其交通行為的決策有強烈的主導性。
2. 維持性 (Maintenance) 活動：包含了醫療、購物及個人事務，雖然不是活動主體的義務行程，但是是維持生活所需之必要活動，因此在活動安排的優先

程度僅次於必要性活動。

3. 自主性 (Discretionary) 活動：包含了飲食、社交及休閒娛樂，其活動之時間與地點安排最具彈性，其強制性最低。

根據上述日常活動的分類架構，不同類型的活動對時間及空間的約束程度有所差異，影響了活動主體在從事活動的時間及空間的選擇，進而產生出特定的交通行為。因此，本研究將以上述之分類架構發展各類型活動的可及性指標。

## (二) 交通易行性因素

易行性旨在強調研究對象能夠以各項運輸方式自由聯絡各地的能力，若以公共自行車之使用者為本位，則其易行性應當反映使用者在租借前或歸還後，其能接駁各項運輸工具的可能性。運輸工具的選擇應囊括整體都市運輸系統的各種運具，從城際至區內運輸、公共至私人運具都必須包含在內，同時也考慮到公共自行車系統本身的服务能力。如同活動可及性之論述，公共自行車使用者在轉乘其他運具之間勢必是以步行銜接，因此上述各項交通工具的轉乘便利程度將建構在公共自行車使用者步行可及的範圍。因此，本研究之交通易行性因素係指公共自行車租賃站點與整體都市運輸系統的整合程度，更具體而言即各租賃站可以步行方式觸及到其他運輸方式的可能性。

這其中包含了：

1. 公共自行車：包含租賃站本身之規模及區域的服務密度。
2. 城際公共運輸：包含高鐵及臺鐵的轉乘。
3. 區內公共運輸：包含捷運及公車的轉乘。
4. 私有機動運具：包含汽車及機車的轉乘及公路的服務能力。

除了上述兩大面向之因素，尚有部分未被涵蓋但仍可能對公共自行車使用產生影響，包含了自然環境、社會經濟及政策因素。為了避免其影響致使探討時產生偏誤，

應該將其列為控制因素，並且詳細討論其應對方式。本節最後所提及之各探討因素的操作定義以及控制因素的控制策略將一併於下一章「研究設計」中討論。

#### 第四節 綜合評析

至此，本文已就各個面向回顧了與此研究相關文獻，透過文獻評析歸結出歸納公共自行車使用型態的研究缺口、可能補足研究缺口的相關技術，以及本文欲關注的公共自行車使用之影響因素。以下，承上述文獻評析對本研究之分析流程的相關指導，本文逐分析流程的各個階段，據以擬定下列分析策略（另見圖 5）。

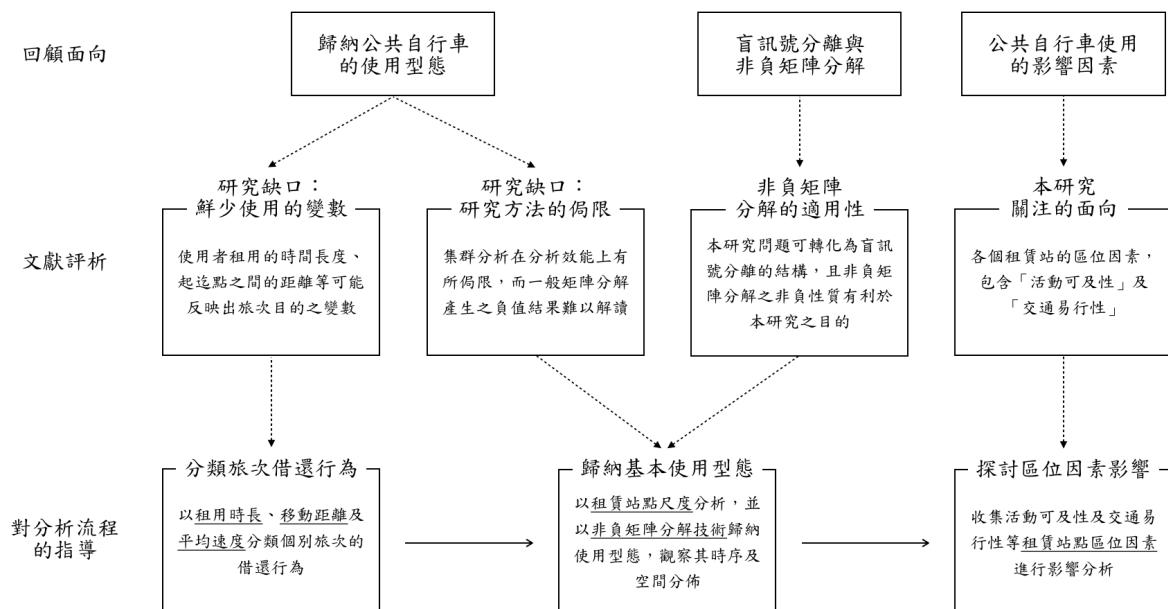


圖 5 文獻回顧對本研究分析策略之指導

#### 一、分類旅次借還行為

過往歸納公共自行車之使用型態的相關文獻在所採用的變數上，較少使用使用者租用的時間長度、起迄點之間的距離等變數。此類變數關乎使用者的個體行為，且可能隱含旅次目的之重要資訊，在分析上應有納入考量的重要性。因此，為了回應此研

究缺口，本文在資料前處理階段，先行考量「租用時長」、「移動距離」及「平均速度」等三項變數，以此分類個別旅次的借還行為類別，嘗試推論其可能的旅次目的，並且以分類結果分別進行後續的操作步驟。

## 二、歸納基本使用型態

過去文獻在歸納公共自行車之使用型態時所採用的方法，在分析效能與數值解讀等層面皆有所侷限。本研究期以「基本使用型態」的概念歸納公共自行車的活動特性，認為此研究課題可轉化為盲訊號分離的問題結構，而非負矩陣分解避免運算結果為負數的性質亦有利於分析結果的詮釋。因此，為了回應上述研究缺口與可能的技術介入，本文嘗試在歸納使用型態的階段，將旅次層級之資料彙整至站點尺度，以非負矩陣分解技術歸納其基本使用型態，再觀察各個基本使用型態的時序及空間分佈狀況。

## 三、探討區位因素之影響

透過閱讀自行車活動的理論與相關研究應用，本文歸結出此研究欲探討之租賃站點區位因素係由「活動可及性因素」及「交通易行性因素」等兩大面向所構成。因此，在探討區位因素影響的階段，本文梳理活動可及性與交通易行性的操作定義並收集相關變數，利用非負矩陣分解得出之各使用型態的空間分佈，納入前述租賃站點區位因素進行影響分析，藉以理解各項區位因素對基本使用型態的影響關係。



### 第三章 研究設計

本章旨在介紹本研究的分析架構與其設計細節。根據研究目的與相關文獻的回顧，本文之分析架構可概分為三大部分：「分類旅次借還行為」、「歸納基本使用型態」及「探討區位因素的影響」，各部分皆有其設計細節尚需前期實驗或討論來釐清，圖 6 示意了本章的大致架構。分類旅次借還行為階段須分類旅次借還行為，包含了借還行為的變數特性、劃定分類準則並探討其行為意涵，將於本章第一節中敘述；歸納基本使用型態包含了非負矩陣分解的性能評估、成份數量之選取及資料後處理程序，將於第二節敘述；探討區位因素影響則包含了影響變數的收集處理、討論控制變因的相關策略以及所採用的分析方法，將於第三節敘述。而本章第四節將綜整上述研究設計的考量，提出完整的分析流程。

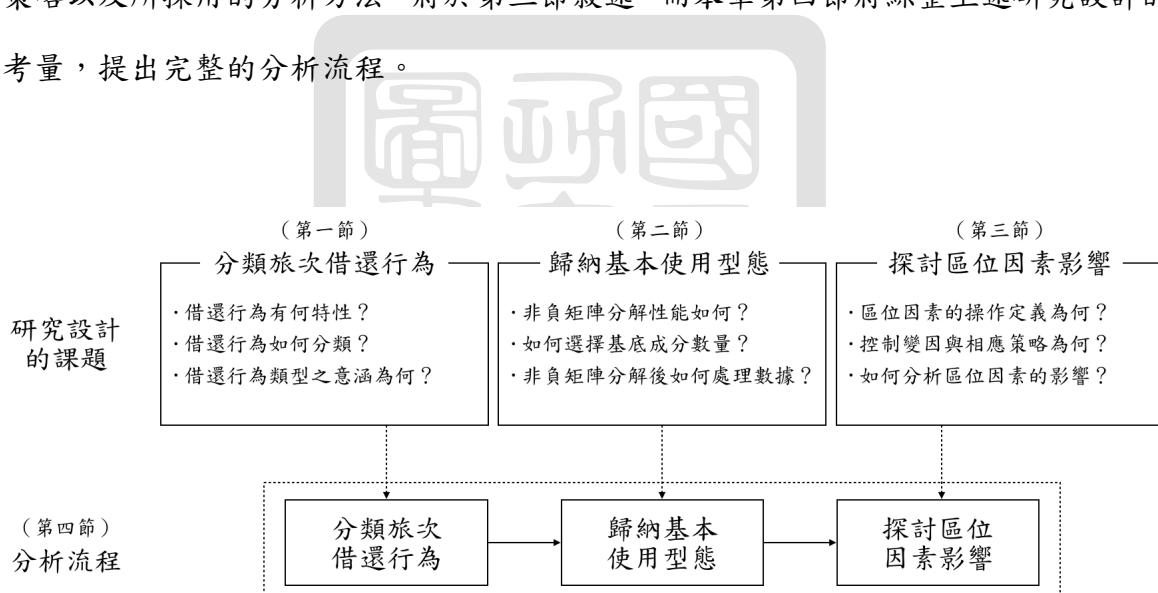


圖 6 研究設計之章節架構

## 第一節 分類旅次借還行為

此步驟作為資料前處理的程序之一，本研究希望依照不同的使用情境將資料予以分離再分別建立分析模型。在此，公共自行車租賃站點的使用情境係根據「時間背景」、「旅次發生」及「借還行為」三方面來論述並且分類，以下將分別討論此三方面的具體定義與代表意涵。

首先，過去文獻及實際的觀察經驗皆指出不同的時間背景對公共自行車的借還行為影響甚巨。延續本章第三節中對不同日常活動種類的探討，一般人平日的時程安排多以必要性活動（上班、上學）為主，假日則有較多的彈性安排自主性活動（社交、休閒娛樂等），因此平日與假日之使用模式應該被分開討論。根據本研究所框定的時間範圍，2018年3至5月中共計有59個平日及26個假日（見表2）。

再者，由於原始較為精緻的旅次資料將會被壓縮為租賃站點的資料尺度，但每個自行車的借還旅次都有一租借之起點與一歸還之迄點，其統計過程中不可避免地必須考量各旅次應歸屬於哪個租賃站點。本研究依據旅次及站點的互動關係將租借及歸還之情形分別作討論，即可將同一旅次同時劃分到其起點與迄點。若從交通規劃的角度來思索，對於一租賃站點而言，使用者從該站點租借一輛自行車離開，意味著該租賃站「產生」了一旅次；另一方面，使用者騎乘自行車至該站點歸還則代表該租賃站「吸引」了一旅次。由此，我們可以明白公共自行車之使用旅次及租賃站點之間具備了「租借／歸還」與「產生／吸引」之體兩面的關係。此一概念之轉化，在資料壓縮後將有助於本研究對分析結果之理解與詮釋。

相較前述二面向，旅次借還行為是過去同類型文獻較少探索的使用情境分類，本研究透過文獻回顧並對資料進行觀察，認為公共自行車使用旅次之借還行為可依據其使用的租用時長、移動距離及平均速度分為三種類型，分別為「一般借還」、「長時借還」及「原地借還」。此為本文較其他相關研究特殊之處，以下將詳細介紹本研究對

公共自行車使用資料的觀察、擬定的借還行為分類準則及不同借還行為的意涵。

## 一、觀察旅次的借還行為特性

本研究以直方圖個別呈現「租用時長」、「移動距離」及「平均速度」等三項屬性之次數分佈，並以一熱力圖呈現移動距離與租借時長的聯合次數分佈，如圖 7。為了讓分佈圖順利以對數尺度成像，同站借還（即移動距離為 0）之旅次並不包含於分佈圖中。

圖 7(b) 和 (c) 分別呈現了各旅次「租用時長」及「移動距離」的次數分佈，其圖形皆為略為正向的偏態，顯示多數旅次傾向以較短距離、短時間的方式使用公共自行車，展示該運具於整體運輸系統的功能定位，但亦有部分旅次為以之進行較長距離、長時間的旅行。

圖 7(a) 呈現了各旅次「平均速度」的次數分佈，圖中以一垂直虛線表示其平均值，約為  $2.10\text{ m/s}$ ，相當於時速 7.56 公里。其圖形有明顯的負偏態，顯示多數旅次選擇以較高的平均速度完成其旅行，但此平均速度受限於生理極限與道路狀況，有較為明顯的上限值。同時，有部分旅次之平均速度較為緩慢，這可能代表該旅次之目的並無受到太多的時間壓力，抑或是該使用者在借還之間有從事其他活動而無保持騎乘狀態。

圖 7(d) 呈現了「移動距離」與「租借時長」的聯合次數分佈，圖中以一斜直虛線表示其平均速度的平均值，同為  $2.10\text{ m/s}$ 。其圖形顯示大部分旅次之平均速度非常集中，不論其騎乘之距離。但平均速度低於平均值  $2.10\text{ m/s}$  的旅次分布較為離散，顯示有部分使用者選擇以較為緩慢的速度使用公共自行車。

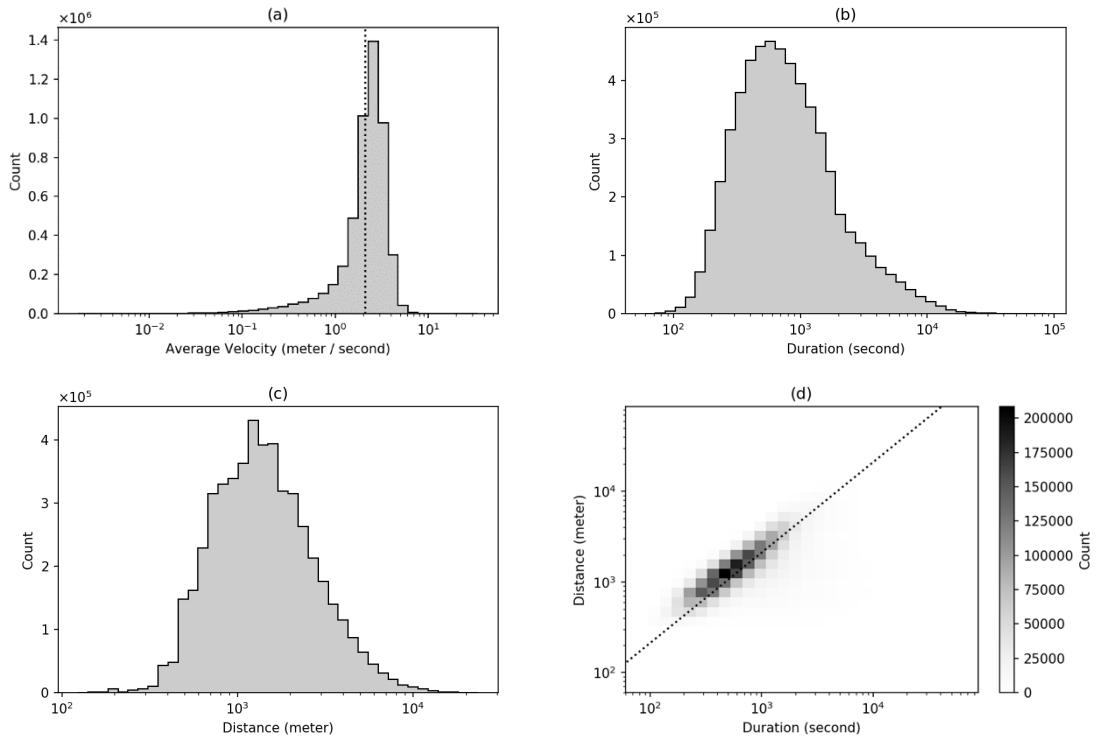


圖 7 個別旅次之時空屬性分佈

(a)~(c) 分別為「平均速度 (Average Velocity)」、「租用時長 (Duration)」及「移動距離 (Distance)」的次數分佈圖，(d) 為移動距離與租借時長的聯合分佈

## 二、分類旅次的借還行為類型

透過上述對公共自行車旅次借還行為特性的深入觀察，本研究認為各旅次使用公共自行車的行為特徵差異甚巨，若等同視之可能會忽略個體使用在租借時間長度與旅行距離等屬性對於歸納基本使用型態的影響，進而在分析上造成偏誤。因此，本研究欲擬定一旅次借還行為類型的分類架構，能同時考量自行車使用的「租用時長」、「移動距離」及「平均速度」等三項特徵。

在空間維度上，起迄之間的移動距離可以反映出一旅次所需之空間跨距，必須考量使用者願付的步行距離及租賃站點的佈設密度。白詩榮 (2017) 以問卷調查臺北都會區民眾對公共自行車之使用偏好，其中包含民眾願意步行至公共自行車租賃站的時

間。結果發現約有 28.9% 的民眾僅接受 5 分鐘的步行距離，54.5% 則可接受 5~10 分鐘的步行距離，並有 12.1% 的民眾願意步行 10~15 分鐘至租賃站。另臺北市政府交通局 (2015) 規劃公共自行車平均每站服務範圍約在方圓 350 公尺以提供步行 5 分鐘可及之運動服務，因此本研究認為 350 公尺是一個以移動距離屬性分類旅次的合理分界點。在 350 公尺的移動距離以內，使用者不必租借自行車即可以步行抵達目的地，此種旅次可能包含了同站借還的行為及臨時放棄租借的旅次。移動距離在 350 公尺以上，公共自行車可能已有足夠的誘因吸引使用者租借以取代步行，形成在不同站點借還的現象。因此，本研究以 350 公尺作為分界點，依照旅次的移動距離屬性區分為兩大區塊。

而在時間維度上，借還之間的租用時長可以反映出一旅次所需的時間長度，此屬性很大程度受到起迄點之間的距離影響，因此改以「平均速度」來分類。該變量控制了聯繫起迄之間所需的距離，因而影響平均速度的重要因素即為使用者本身行為，其中涉及了旅行目的及日常活動和自行車租借的時間安排。使用者若以通勤為目的，則會盡可能以較高的平均速度完成旅行；但若是以休閒遊憩為目的，則其顯示的平均速度可能會較小。另外，使用者若在自行車的租還之間另有其他活動安排於其中，亦可能延長其租用時長，進而拖慢其平均速度。是以，根據先前對旅次平均速度之次數分佈的觀察，本研究認為以其平均數 (2.10 m/s) 作為臨界速度是一個適宜的分類標準。在臨界速度以上的旅次在其租賃時間內的活動安排較大機率以騎乘自行車聯繫起迄兩地為主；而在臨界速度以下的旅次則很有可能於起迄點之外的第三點停留以從事騎乘自行車以外之活動。

透過上述兩項分類標準，本研究從平均速度及移動距離兩個面向將旅次的時空行為特徵劃分為四個象限，依照各象限的時空特徵命名之，據此分類出了「一般借還」、「長時借還」及「原地借還」等三個旅次借還行為類型，如圖 8。在此三種類型之外，第四個象限的旅次之移動距離小於 350 公尺且平均速度高於臨界速度，可能代表

了臨時放棄租借的使用者，在租借後因某些因素立即且就近歸還自行車，本研究選擇剔除該類型的使用型態。此外，租用時長小於 1 分鐘或長於 24 小時的旅次，本研究也視為不尋常的使用行為而一併剔除之。經篩選後，剩餘之有效資料量為 5,571,104 筆旅次紀錄。

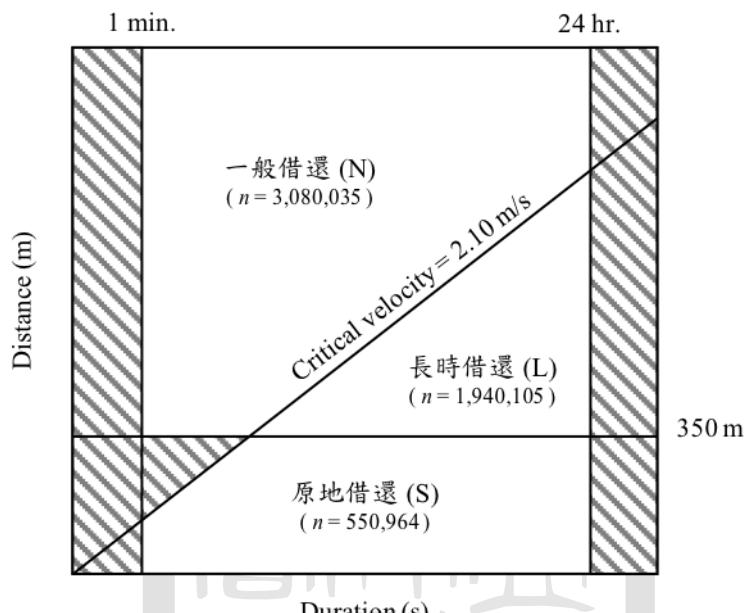


圖 8 旅次借還行為類型之分類準則

### 三、旅次借還行為類型的意涵推論

透過理解上述三種借還行為類型的時空間屬性，我們可以間接推論該類型旅次的行為動機或旅次目的。

首先，「一般借還」旅次（共計 3,080,035 次）定義為平均速度大於等於  $2.10\text{ m/s}$ ，且移動距離大於 350 公尺者，此類型旅次的使用者在自行車租借期間保持騎乘的狀態以至於有較高的移動速度，且在借還之間可能難以安排其他活動進行，可能為就學、就業之通勤旅次。

再者，「長時借還」旅次（共計 1,940,105 次）定義為平均速度小於 2.10 m/s，且移動距離大於 350 公尺者，此類型旅次的起迄距離足以吸引使用者以自行車代步，但其租借的時間長度明顯超過抵達迄點所需之騎乘時間，使用者可能於借還之間另有活動安排以至於並未保持騎乘狀態，或是以休閒遊憩為目的租借自行車。

最後，「原地借還」旅次（共計 550,964 次）定義為平均速度小於 2.10 m/s，且移動距離小於等於 350 公尺者，在此距離下使用者無須以自行車代步，卻租借自行車且佔有了一段時間，該類旅次可能以住家或公共運輸場站為起點，完成旅行目的後歸還原處(或鄰近站點)，反映了自行車作為及門運輸與接駁公共運輸最後一哩路的特殊性質。

值得一提的是，「長時借還」及「原地借還」等旅次使用型態展現了公共自行車及電子票證之巨量資料獨有的現象與議題。傳統理解交通需求的方法為家戶旅次調查，其問卷細緻的收集了調查對象之旅次目的、活動時間安排、使用運具等資訊，但礙於調查成本龐大，難以進行全面性的行為普查；相較之下，電子化的票證紀錄能產生近乎母體的巨量資料，但取而代之，該資料對個體行為的理解程度甚少，上述兩者之使用型態即是在此限制下特別抽取出來探討的現象。

另一方面，公車、捷運等運具之使用者鮮有長時間乘坐或原站點上下車的行為，公共自行車的運具特性相對較適合短時間、短距離的運輸需求，因此較有可能出現上述二種現象。雖然以電子票證所記錄的公共自行車的運輸行為有上述所提之特殊性質，但以往關於公共自行車之文獻卻少有針對此現象進行系統性的研究，因此本研究將利用此分類架構，篩選掉不合理的使用旅次，並且分成「一般借還」、「長時借還」及「原地借還」等三個旅次借還行為類型以進行後續的研究操作。

## 第二節 歸納基本使用型態

本節旨在介紹本研究歸納公共自行車之基本使用型態所使用的方法。本節首先將測試非負矩陣分解的性能，再根據弗羅貝尼烏斯範數（Frobenius norm）選擇該方法中基底成份之數量，最後介紹資料後處理的方法。

### 一、非負矩陣分解的性能測試

在文獻回顧中，本文評析以「歸納公共自行車使用型態」為目的之相關研究，認為目前研究所使用的方法在分析效能上有所侷限，另援引常用於盲訊號分離的非負矩陣分解，透過相關文獻初步評估了該方法取代集群分析等技術的可行性。本文在此應用不同方法（集群分析、主成份分析及非負矩陣分解）處理所收集之同一批資料，透過比較不同方法之結果以檢視非負矩陣分解用於歸納使用型態的適用性。

#### (一) 待測試的分析方法

集群分析（Cluster analysis，又稱聚類分析）(Tan, 2007)是一種基於一群離散物件的屬性及其彼此間之關係歸納物件群集的技術。其主要目的為將屬性差異較大的物件分離成不同群體，並將屬性相似之物件歸結於同一群體。若同一群體具有高度同質性，且群體之間具有高度異質性，則為區別性高之集群結果。使用此方法的相關研究包含了 Froehlich et al. (2008)、Vogel et al. (2011)、Lathia et al. (2012)、Liu & Lin (2019) 等，該類文獻透過集群分析分類不同租賃站點，將旅次發生之時序分佈相似的站點歸納為同一類群。由於集群分析方法繁多，本文在此選以常見的 K-means 演算法作為示範。

主成份分析(Principal components analysis, PCA) (Pearson, 1901)常用於降低資料維度，是為簡化後續資料分析難度的常用前處理方式。該方法將原始的資料進行線性轉換，產生出維度與原先相同但彼此正交（不相關）的變數，即主成份。透過捨棄對整體資料變異程度最低的若干主成份，可在保留足夠資訊的前提下適度降低資料維度。

該方法與獨立成份分析及特徵值分解等技術同屬矩陣分解的範疇，使用矩陣分解技術來歸納公共自行車使用型態的相關研究包含了 Shi, Lv, Seng, Xing, & Chen, (2019) 及 Xu et al. (2019) 等，此類文獻使用矩陣分解技術分析公共自行車的使用資料，捕捉不同特定時段的使用模式。本文在此以主成份分析作為示範。

非負矩陣分解在技術上亦屬矩陣分解的範疇，只是分解過程限制輸入及輸出的矩陣內元素皆不得為負數。Poussevin et al. (2015) 使用該方法分析公共運輸之使用型態，以此識別出不同使用族群的活動習慣。本文在此以非負矩陣分解作為觀察的主要對象，另二種方法則用於比較其方法之性能與分析結果的表現。

## (二) 不同方法的實測結果比較

本測試係為主要研究的前導實驗，使用與後續研究相同的資料來源，但只取其後續分類出 12 種使用情境中的「平日一般借還的旅次產生量 (WPN)」資料集進行測試。本文使用 Python ScikitLearn 0.22.2 套件 (Pedregosa et al., 2011) 之 cluster.KMeans、decomposition.PCA 及 decomposition.NMF 等工具分別進行集群分析、主成份分析及非負矩陣分解的方法測試。為利結果比較，本研究在實際執行時保持三個方法的主要參數為預設值，僅設定各工具的產生群落數或成份數為 5。實測結果如圖 9。

集群分析之結果顯示各群落之間的差異主要反映在總量上，但各群落幾乎都展示了早晨、中午、傍晚、晚上等使用尖峰，難以呈現出不同的時序變化特性，顯示出使用集群分析歸納公共自行車之使用型態的可能侷限。

另一方面，主成份分析的結果則無此問題，各個主成份之間有著明顯不同的時序分佈樣態，使各成份的意涵解讀可以聚焦於特定的尖峰使用。然而，該方法並未限制各成份的內部元素之正負值，其數值為負的部分雖在數理上可接受，但卻無法回歸到「使用量」的實際交通意義，而難以從交通規劃的角度進行分析結果的解讀。

非負矩陣分解的結果則包容上述兩個方法的優點，而無明顯缺陷。其不同成份之

間有著顯著的時序分佈差異，可見各個成份分別掌握了晨峰、中午、昏峰、晚上等不同時段的尖峰使用。另一方面，由於該方法限制分解矩陣之元素皆不得為負，故各個成份之數值在經過標準化等處理後得以視為特定尖峰時段的「旅次數」或「旅次時序機率分佈」，便於研究者以交通規劃的角度詮釋此數值結果。上述特性解決了集群分析和主成份分析等方法應用於歸納公共自行車使用型態的限制，故本研究雖然參考了許多相關文獻的分析架構，但在相關文獻回顧與此性能測試後，特選擇以非負矩陣分解作為主要的分析工具。

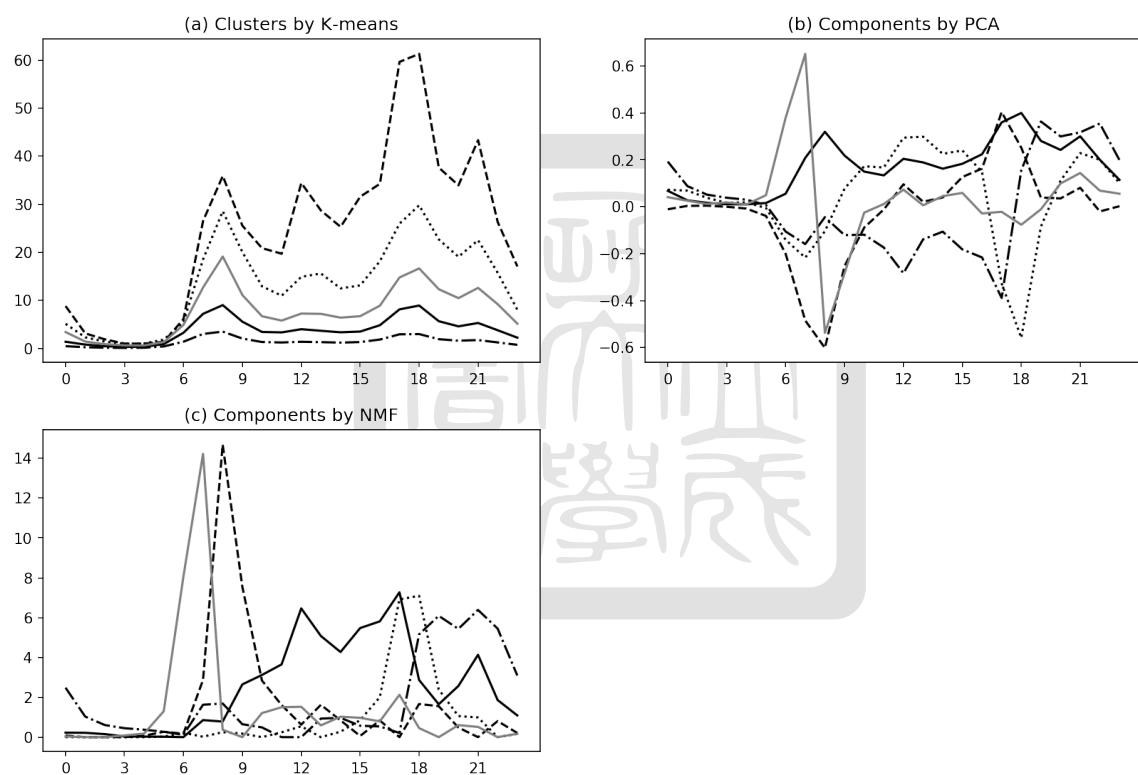


圖 9 集群分析 (K-means)、主成份分析及非負矩陣分解之性能測試結果

## 二、基底成份數量選取

實際應用非負矩陣分解的第一個課題為基底成份數量的選取。在一般盲訊號分離的應用情景中，通常研究者可以從先驗知識中推論出原始訊號(即基底成份)的數量，

如麥克風收音對象的數量是在訊號處理之前可獲得的已知資訊。然而在本研究的脈絡下，公共自行車借還活動的基本使用型態在實際操作前難以得知其潛在數量，因此有必要以其他方式評估基底成份的可行數量。

在非負矩陣分解之演算法迭代計算的過程中，弗羅貝尼烏斯範數（Frobenius norm，下稱「矩陣範數」）衡量了每次迭代的基底矩陣與權重矩陣之乘積以及原始矩陣之間的距離，其計算方式如下：

$$\|A\|_F = \sqrt{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n |a_{ij}|^2}$$

演算法透過不斷縮小此一指標的值來達到目標。而在選擇成份數量的議題上，矩陣範數亦可被當作重要的參考指標：分解的成份數量越少，模型越簡單，運算資源越少，但誤差越大，矩陣範數亦越高；成份數量越多，模型越複雜，但資料之擬合程度越高，矩陣範數便越低。成份數量選取的問題本質即在於「低模型複雜程度」與「高資料擬合程度」之間權衡得失。

本研究反覆以不同的成份數量作為輸入，執行非負矩陣分解並觀察矩陣範數與成份數量的關係趨勢。通常矩陣範數在成份數量少的區段，隨著成份數量增加有較為明顯的下降趨勢，因而在圖中呈現陡坡狀；而在成份數量多的區段，此趨勢便明顯趨緩，曲線變得平緩。顯然矩陣範數的變化趨勢會隨著成份數量的增加而逐漸收斂，因此本研究將選取其曲線明顯轉折處作為成份數量的選擇依據。

### 三、資料後處理：基底矩陣標準化

非負矩陣分解的分析可將 12 個使用情境的時序特徵之原矩陣分解為基底矩陣及權重矩陣之乘積結構，該二矩陣的元素具有非負數之性質，以至於我們可以較容易的解讀分析結果所對應的交通規劃意涵，即「旅次數」。然而，我們難以直接針對基底

矩陣及權重矩陣內的各元素之間進行比較，原因在於基底矩陣中的每個個別基底成份之時序旅次數，其總和並不一致，因此不容易在不同成份之間進行質性與量性的比較；同時，由於各個基底成份之旅次總和的不一致，以至於權重矩陣中各個主要基底成份的元素值亦不能代表各個基底成份組合成各租賃站點整體借還活動的實際比例。

為了使非負矩陣分解之結果得以互相比較與詮釋，本研究將分解出來的基底矩陣進行標準化，其方法為將成份矩陣中的各個元素除以各列元素之和（即各個成份之旅次數總和），同時將權重矩陣中各樣本隸屬於各成份之係數值乘以各個成份之旅次數總和。此步驟可將各個成份之旅次數總和統一化為 1，各成份中的各時序特徵之意義即轉變為「各時段旅次數占全天總旅次數之比例」，原本僅擁有數學意義的「基底成份」自此可被解讀為具有交通規劃意義的「基本使用型態」。而原本各樣本隸屬於各成份之係數值之意義則轉變為「站點全天總旅次數量隸屬於各個基本使用型態的旅次數」，即各基本使用型態出現在各站點的次數。

經由標準化後的各個基底成份，作為公共自行車借還活動的基本使用型態，是組成整體借還活動的最小單元，即一個旅次。其「各時段旅次數占全天總旅次數之比例」的數值內涵則代表了該最小單元出現在各時段的機率。透過觀察其機率之時間分佈，本研究將 12 種使用情境下的各個基本使用型態按照其時序分佈樣態予以分類，並制定代碼系統為其命名以利後續之結果討論。

另一方面，由於各基本使用型態的「量」在標準化的過程中轉而乘進各基底成份之係數值，使得該數值具備了「站點全天總旅次數量隸屬於各個基本使用型態的旅次數」的鮮明意義。此量值代表了各個基本使用型態對於各個站點的總體行為擁有多大的貢獻，真正具備了原先不夠完備的權重性質。

透過上述的討論，我們理解了公共自行車借還活動基本使用型態之定義過程的完整輪廓，接下來必須進一步探討站點週邊區位因素對各個基本使用型態的影響為何。

### 第三節 探討區位因素影響

此節旨在介紹本文如何探討租賃站點區位因素對公共自行車使用之影響。本節首先將梳理區位因素的具體定義，並且討論分析中須控制的變因及因應策略，最後介紹本研究於此階段所使用的分析方法。

#### 一、區位因素的變數定義

本研究透過相關研究的文獻回顧及對公共自行車系統的實際觀察，梳理出可能影響公共自行車基本使用型態的因素，近一步提出操作化的變數定義。此包含了站點週邊能夠支援各項活動機能的「活動可及性因素」、聯繫整體運輸系統的「交通易行性因素」以及其他可能影響借還活動但不在本研究探討範疇內的「控制因素」。考量到公共自行車之使用者在租借前與歸還後必然會以步行方式銜接其所安排的日常活動需求或轉乘其他運輸方式，各項變數的選取與建立，都以自租賃站起步行 350 公尺之路網距離為環域範圍。為了控制時間變遷造成的可能誤差，本研究盡可能收集接近研究時間範圍（2018 年 3 至 5 月）的資料。區位因素的變數資料來源整理於表 6，以下依序介紹活動可及性因素及交通易行性因素的操作型定義。

表 6 租賃站點區位因素之變數資料來源

資料名稱	資料年度	資料來源	需求變數
國土利用調查成果	2015	內政部國土測繪中心	活動可及性因素、交通易行性因素：私有機動運具
高鐵車站	2018	內政部國土測繪中心	交通易行性因素：城際公共運輸
高鐵時刻表	2019	交通部鐵道局	交通易行性因素：城際公共運輸
臺鐵車站	2018	內政部國土測繪中心	交通易行性因素：城際公共運輸
臺鐵班次	2019	交通部臺灣鐵路管理局	交通易行性因素：城際公共運輸
捷運車站	2018	內政部國土測繪中心	交通易行性因素：區內公共運輸
臺北捷運路網圖	2018	臺北大眾捷運股份有限公司	交通易行性因素：區內公共運輸
臺北市公車站牌位置圖	2019	臺北市公共運輸處	交通易行性因素：區內公共運輸
臺北市路外停車場出入口	2019	臺北市停車管理工程處	交通易行性因素：私有機動運具
YouBike 臺北市公共自行車即時資訊	2019	臺北市政府交通局	交通易行性因素：公共自行車

## (一) 活動可及性因素

活動可及性因素係指公共自行車租賃站點以步行方式可以觸及到的各項日常活動機能的可能性。由於運輸行為多來自於日常活動的衍生需求，因此租賃站週邊各項日常活動的機能供給能夠引發不同的旅行目的，進而可能產生不同的借還活動模式。根據 Castiglione et al. (2014) 在活動基礎的交通預測模型中所使用的旅次目的分類架構，本研究提出公共自行車使用者可能參與的日常活動類型如下：

1. 住家活動：休息、家庭活動等必須於住家內從事之活動。
2. 必要性活動：分為「工作」、「中小學就學」及「大專院校就學」。
3. 維持性活動：分為「醫療」、「購物」及「個人事務」。
4. 自主性活動：分為「飲食」、「社交」及「休閒娛樂」。
5. 其他活動：雖有特定需求，但通常不會騎自行車前往從事的活動。

本研究在活動可及性因素的操作化上參考了李亭儀 (2016) 的做法，對於公共自行車的租賃站而言，其站點週邊的土地利用決定了各種活動類型的支援程度，因此很適合作為活動可及性因素的指標。為此，本研究收集了 104 年國土利用調查成果 (國土測繪中心，2015) 於臺北地區的測繪結果以提取所需之變數。該調查結果以三階層之樹狀結構分類土地使用，第一級將土地使用分成 9 大類，第二級依據第一級分類進一步細分成 41 類，而最細緻之第三級分類架構則有 103 類。然而，活動類型與土地使用分類非屬一一對應之關係，例如該分類系統中的「兼商業使用住宅 (代碼：050203)」可同時支援必要性、維持性及自主性等多種屬性的活動，而「休閒娛樂」之活動需求亦可由公園綠地廣場 (070201)、遊樂場所 (070202) 及體育場所 (070203) 等多種土地使用所供給。因此，本研究依照各活動之機能需求標註在各種土地使用分類上，進而建構出土地使用與活動類型的對應關係。據此計算各租賃站週邊環域 350 公

尺之路網距離內可支援各類型活動的土地面積以作為活動可及性因素的指標。詳細之活動可及性因素變數定義見表 7。

表 7 活動可及性因素變數定義表

可及性因素	變數名稱	定義	單位
住家活動	住家活動	各站點週邊土地使用分類屬於住宅 (0502) 的面積	公頃
必要性活動	工作	各站點週邊土地使用可能產生就業通勤需求的土地面積，包含了交通使用土地 (03)、建築使用土地 (05)、公共使用土地 (06) 及遊憩使用土地 (07) 的部分細分類	公頃
	中小學	各站點週邊土地使用分類屬於學校 (0602) 但非屬大專院校 (060204) 的面積	公頃
	大專院校	各站點週邊土地使用分類屬於大專院校 (060204) 的面積	公頃
維持性活動	醫療	各站點週邊土地使用分類屬於醫療保健 (0603) 及社會福利設施 (0604) 的面積	公頃
	購物	各站點週邊土地使用分類中可供消費者消費購物的土地使用面積，包含了農產品展售場 (010403)、商業 (0501) 及兼商業使用住宅 (050203)	公頃
	個人事務	各站點週邊土地使用分類中可供完成平日個人事務，如儲蓄、行政等，的土地使用面積，包含了服務業 (050102)、兼商業使用住宅 (050203)、兼其他使用住宅 (050204)、政府機關 (0601) 及社會福利設施 (0604)	公頃
自主性活動	飲食	各站點週邊土地使用分類中可供餐飲消費的土地使用面積，包含了商業 (0501) 及兼商業使用住宅 (050203)	公頃
	社交	各站點週邊土地使用分類中可供社交的土地使用面積，包含了上述之「飲食」可及性所涵括的土地使用以及宗教 (050401)、社會福利設施 (0604) 及公園綠地廣場 (070201)	公頃
	休閒娛樂	各站點週邊土地使用分類中可供休閒遊憩及從事娛樂活動的土地使用面積，包含了上述之「社交」可及性所涵括的土地使用以及小學 (060202)、中學 (060203)、大專院校 (060204) 及遊憩使用土地 (07)	公頃
其他活動	其他活動	雖有特定需求，但通常不會騎自行車前往從事的活動之相對應的土地使用面積，包含了農業 (01)、水利 (04)、建築 (05)、遊憩 (07) 及礦鹽 (08) 使用土地的部分細分類	公頃

\*本表提及之「週邊」係指以各租賃站點為中心環域 350 公尺之路網距離範圍

## (二) 交通易行性因素

交通易行性因素係指公共自行車租賃站點與整體都市運輸系統的整合程度，更具體而言即各租賃站可以步行方式觸及到的其他運輸方式，包含：

1. 城際公共運輸之轉乘便利性：包含「高鐵」及「臺鐵」的轉乘，為同時考量租賃站與鐵路場站的距離及場站之運輸動能，本研究以單日平均班次數為權重，計算租賃站點週邊高鐵或臺鐵之加權場站數作為變數定義。
2. 區內公共運輸之轉乘便利性：包含「捷運」及「公車」的轉乘，同樣為了考量場站距離及運輸動能，以營運路線數作為權重計算租賃站點週邊捷運之加權場站數；公車轉乘之變數雖無特別以路線數加權，但本研究選擇保留站名相同但位置相異之公車站牌點位，以捕捉不同行車方向或路線分流所代表的公車服務動能。
3. 私有機動運具之轉乘便利性：包含「汽機車」的轉乘及「公路」的服務能力，本研究以站點週邊之路外停車場數量以及範圍內之道路面積作為變數。
4. 公共自行車系統本身之服務能力：包含「租賃站本身之規模」及「區域的服務密度」，前者以各租賃站提供的車位數，後者以環域範圍內之租賃站數量作為變數。

詳細之交通易行性因素變數定義見表 8 。

表 8 交通易行性因素變數定義表

易行性因素	變數名稱	定義	單位
城際公共運輸	高鐵轉乘	站點週邊*高鐵加權場站數，以單日平均班次數為權重值	-
	臺鐵轉乘	站點週邊臺鐵加權場站數，以單日平均班次數為權重值	-
區內公共運輸	捷運轉乘	站點週邊捷運加權場站數，以捷運場站所營運之路線數為權重值	-
	公車轉乘	站點週邊公車站牌數	個
私有機動運具	汽機車轉乘	站點週邊路外停車場數	個
	公路運輸	站點週邊土地使用屬「省道、快速道路 (030302)」及「一般道路 (030303)」之面積	公頃
公共自行車	租賃站規模	該租賃站之車位數	個
	區域服務密度	站點週邊之(包含該站自己的)總租賃站點數	個

\*本表提及之「週邊」係指以各租賃站點為中心環域 350 公尺之路網距離範圍

## 二、控制變因及控制策略

除了前述已經作為變數納入本研究探討範疇內的因素，尚有許多可能影響租賃站點借還活動基本使用型態的潛在因素。以下整理出本研究推測可能影響實驗結果但並非主要探討範疇的重要因素，並且提出因應之控制策略：

1. 社會及經濟因素：包含各區域經濟狀況、人口組成及社會對綠色運具的態度等，本研究將研究範圍限定在臺北市，雖仍難以捕捉市內各區社經狀況的差異，但已控制了區域尺度的異質性。
2. 個人及家庭因素：包含年齡、性別、教育程度、收入、家庭構成，從本研究取得之資料型態無法得知個別使用者之背景，但其巨量資料以搜羅了近乎母體的使用狀況，故假設其因素所造成的誤差微小至足以被忽略。
3. 自然環境因素：包含了氣候條件（溫度、濕度、降雨）及地形條件（坡度、海拔高度），前者在選取資料之時間跨度時已獲得了部分控制，後者則將研

究之空間尺度限縮於臺北市，並且假設臺北市境內之地形條件一致或不致造成顯著誤差。

4. 相關交通政策：臺北市於 2015 年 4 月 1 日取消了公共自行車騎乘前 30 分鐘免費之政策，並且可能改變使用頻率較高的使用者之借還行為(Wu et al., 2019)。本研究在時間跨距的選擇上避免同時包含該時間點前後之旅次以控制該項政策之可能影響。

### 三、區位因素影響的分析方法

由於本文探討因果關係的變量皆為等比尺度，故本研究擬建立多元線性迴歸模型以驗證公共自行車租賃站點週邊區位因素對其借還活動之基本使用型態的影響關係。迴歸分析是統計學上常用於分析多個變數之間是否相關以及相關強度與方向的方法。透過建立應變數 (Y)、自變數 (X) 及兩者之間的關係式 (即模型之架構)，並且利用最小平方法或最大概似法等方法校估模型的參數，即可建立函數來描述應變數與自變數之間的影響關係。

在多元線性迴歸模型中，自變數與應變數的數學關係通常以下列形式呈現：

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \cdots + \beta_p x_{ip} + \varepsilon_i, \quad i = 1, \dots, n$$

其中， $y_i$  代表  $n$  個樣本中其中一個樣本  $i$  的應變數； $x_{i1}, \dots, x_{ip}$  則代表樣本  $i$  的  $p$  個自變數； $\beta$  為每個自變數各自的係數，代表了自變數與應變數之間的線性關係，並且是模型中有待校估的參數； $\varepsilon_i$  代表樣本  $i$  之預測誤差。

整個模型可更加精簡的用矩陣來表示如下：

$$\mathbf{y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \boldsymbol{\varepsilon}$$

其中， $\mathbf{y}$  及  $\boldsymbol{\varepsilon}$  的矩陣大小為  $n \times 1$ ； $\mathbf{X}$  為  $n \times p$ ； $\boldsymbol{\beta}$  為  $p \times 1$ 。

模型參數  $\boldsymbol{\beta}$  之校估方式可以最小平方法或最大概似法等方法進行推導，並且以下

列導出之公式進行估計：

$$\vec{\hat{\beta}} = (\mathbf{X}^T \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{y}$$

本研究以「站點使用量隸屬於各基本使用型態的旅次數」為應變數，以租賃站點週邊各項區位因素為自變數，利用多元線性迴歸分析探討兩者之間的關係。由於迴歸分析限制模型只有一個應變數，故在實際操作上將各個基本使用型態分別建立模型並校估參數。這個動作隱含了各個基本使用型態之間並不互相干擾、衝突的假設，延續先前對基本使用型態的意涵探討，每個基本使用型態意旨在不同的活動情境下特定的旅次時間分佈，是以設定此假設。

進行參數校估後，本研究續以  $t$  檢定測試模型之各項係數是否顯著異於 0，以判別模型中實際對基本使用型態有顯著影響的變數，並且觀察係數之正負號來研判各屬性對各基本使用型態的影響方向。此結果將用於比對盲訊號分離之結果，探討各項租賃站點之區位因素對於各基本使用型態之旅次時序分佈的影響，以及此影響在不同使用情境下的差異為何。

#### 第四節 分析流程

綜合本章前三節之研究設計考量，本文在此提出完整的分析流程如圖 10，依序分為「分類旅次借還行為」、「歸納基本使用型態」及「探討區位因素之影響」等三大部分。分類旅次借還行為旨在將取得之原始資料處理至研究分析所需之格式；歸納基本使用型態之階段應用非負矩陣分解分析資料以歸納出公共自行車的基本使用型態；探討區位因素之影響則承接上一階段之結果，用以驗證租賃站點週邊各項區位因素對其基本使用型態的影響。以下分別敘述其操作步驟。

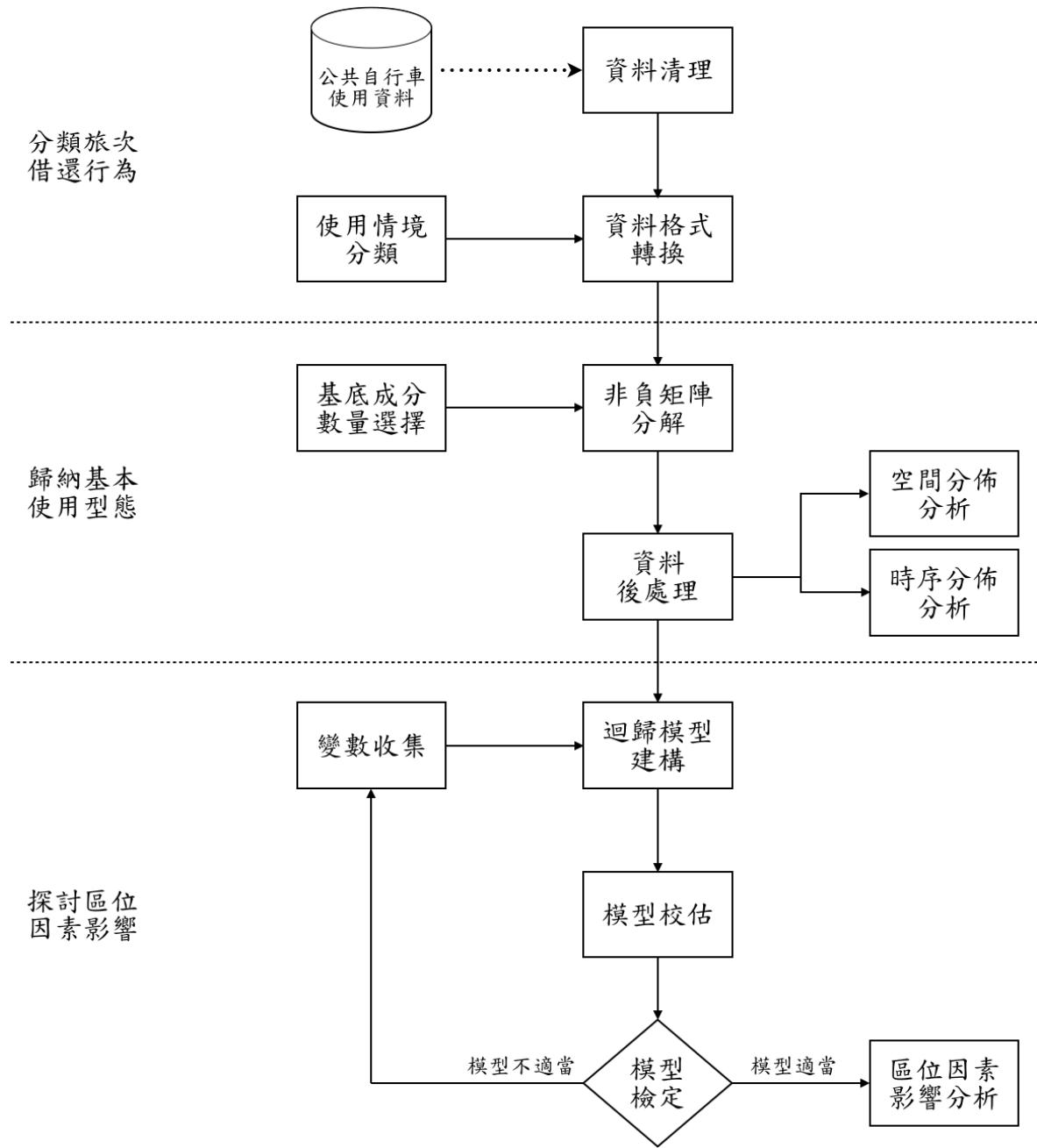


圖 10 本研究之分析流程圖

## 一、分類旅次借還行為

分類借還行為類型作為資料前處理，係為將原始的公共自行車使用資料分類並加工轉變為符合研究目的之資料格式，以利進行後續的分析步驟。此階段可細分為「資料清理」、「使用情境分類」及「資料格式轉換」等步驟：

### (一) 資料清理

在取得臺北市政府所提供之 YouBike 營運資料後，從其原始資料庫中篩選出符合本研究所框定之時間及空間範圍內的旅次紀錄，同時剔除不適宜的資料。關於本研究所選取的時、空間範圍以及資料篩選的原則請詳見本章第一節第二點。

資料清理之後續步驟的操作細節取決於研究所採用的資料分析尺度，因此在制定設計細節之前必須先對本研究之分析層級有所討論。過去文獻為因應所取得之資料格式與研究目的之需求考量，在分析資料之尺度層級上有很大的差異，而本研究為了回應最終探討租賃站點週邊區位因素對基本使用型態之影響的目的，認為應以「租賃站點」之資料尺度進行分析。

### (二) 使用情境分類

本研究依照不同的使用情境將資料予以分離並分別建立分析模型，故此步驟為後續資料格式轉換的預備動作。在此，公共自行車租賃站點的使用情境係根據「時間背景」、「旅次發生」及「借還行為」等三方面來論述並予以分類，如表 9。

特別留意，時間背景與旅次發生的情境分類係參考相關研究的架構而來，而借還行為之分類則是為了回應文獻評析，特取各旅次的租用時長、移動距離及平均速度等過去研究較少使用的變數進行分類，其詳細分類方式請詳見本章第一節。

表 9 使用情境分類面向彙整表

情境分類面向	分類項目	代碼	分類考量或可能代表意涵
時間背景	平日使用	W	可能產生較多必要性目的之旅次
	假日使用	H	可能產生較多自主性目的之旅次
旅次發生	旅次產生	P	旅次於該站租借自行車
	旅次吸引	A	旅次於該站歸還自行車
借還行為	一般借還	N	可能為就學、就業之通勤旅次
	原地借還	S	可能以住家或公共運輸場站為起點，完成旅行目的後歸還原處
	長時借還	L	可能在借還之間另有活動安排，或是以休閒遊憩為目的

### (三) 資料格式轉換

依據前述之使用情境分類，若同時考量三個面向，共可組合出 12 種租賃站點的使用情境。依此，本研究使用 MySQL 8.0 將原始資料轉換為 12 個站點尺度的資料表，如圖 11。每個資料表各紀錄了一種使用情境，其縱軸之各列為各租賃站點，橫軸之各欄位則為一日中的 24 個小時區段，表格之內容則為該情境下各租賃站、各時段的日均旅次量。日均旅次量定義為該情境該租賃站該時段之總旅次數 / 該情境之天數。後續之研究將以此資料格式為基礎，繼續進行實驗操作。

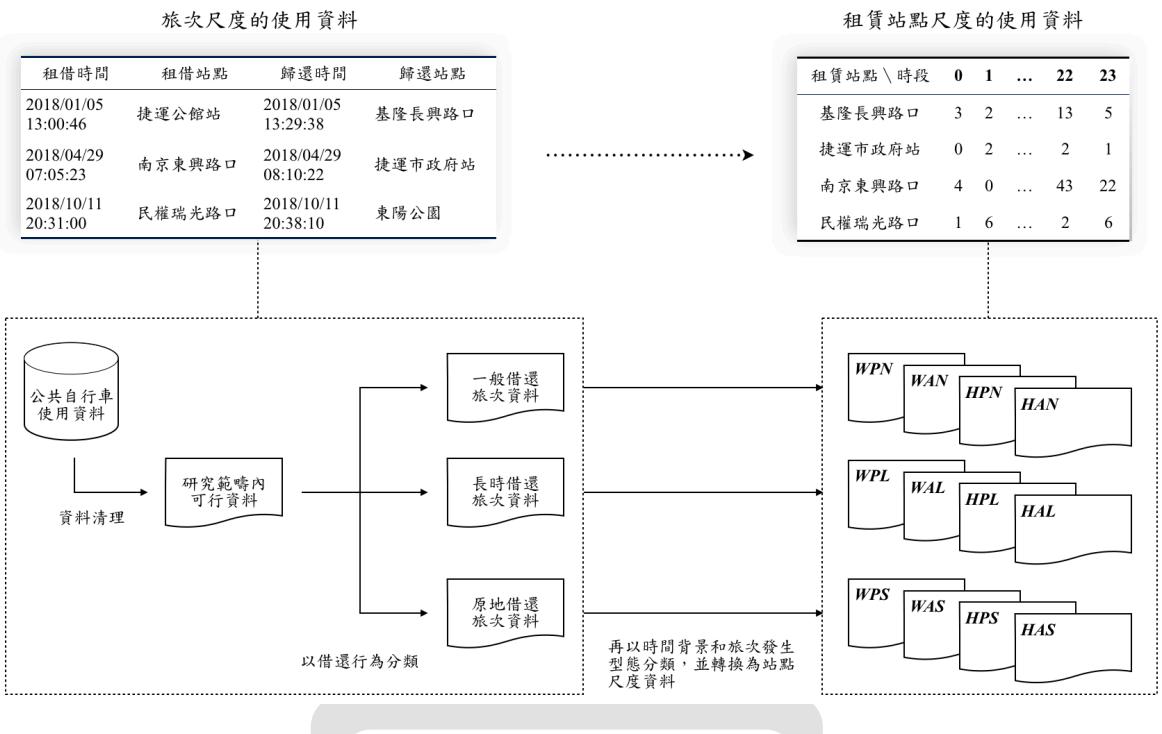


圖 11 資料格式轉換示意圖

## 二、歸納基本使用型態

歸納基本使用型態係為回應研究目的，利用非負矩陣分解技術解析公共自行車的整體使用現象，歸納其使用型態。此階段可細分為「基底成份數量選擇」、「非負矩陣分解」、「資料後處理」、「時序分佈分析」及「空間分佈分析」等步驟：

### (一) 基底成份數量選擇

在實際進行非負矩陣分解進行分析之前，本研究先行就基底成份數量的參數選擇上進行測試。本文輸入不同的基底成份數量參數值重複執行非負矩陣分解的運算，並且以弗羅貝尼烏斯範數評估各參數輸入對分析結果的影響。繪製該範數隨參數的變化曲線，選擇曲線肘點之參數值作為實際運行時的基底成份數量選擇。相關的討論請詳見本章第二節第二點。

## (二) 非負矩陣分解及資料後處理

經由前述測試並選取最佳基底成份數量後，本文遂以 Python Scikit-learn 0.22.2 套件 (Pedregosa et al., 2011) 中的 decomposition.NMF 工具進行分析，針對 12 種使用情境之資料表作為原始訊號矩陣，分別執行非負矩陣分解。由於該演算法使用梯度下降法進行運算，為了避免演算結果落入區域最佳解，實際操作時已先行輸入不同的隨機起始值並且確定運算結果足夠收斂。

為利其數值結果得以客觀的比較與詮釋，本研究在進行非負矩陣分解後，利用基底矩陣內各成份的旅次總和對權重矩陣及基底矩陣之元素進行後處理，如圖 12。經過後處理的基底成份始可被解讀為「基本使用型態」，而係數值則轉換為各基本使用型態發生於個租賃站點的旅次數。關於此後處理的詳細操作與意涵討論詳見本章第二節第三點。

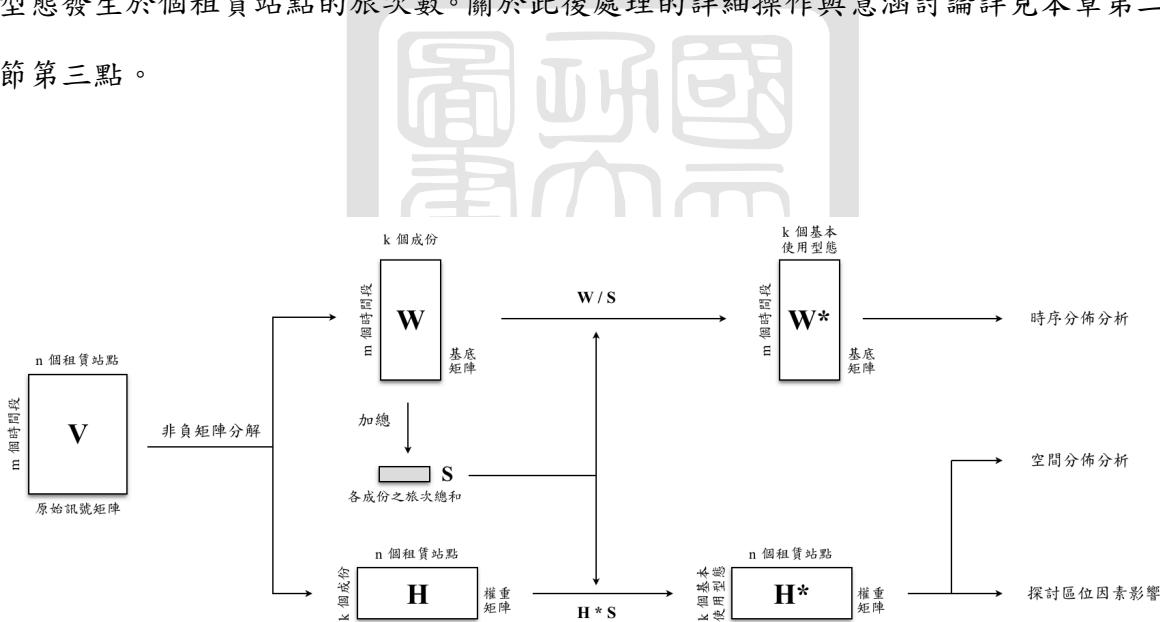


圖 12 非負矩陣分解及後處理程序示意圖

## (三) 時序及空間分佈分析

經過分解後的公共自行車基本使用型態，本研究將進一步觀察其於時間及空間上的分佈樣態，以嘗試理解不同使用型態的行為意涵。時序分佈分析係透過基底矩陣觀

察各個基本使用型態的時序分佈，以辨別各個使用型態的尖峰時段；而空間分佈則是透過權重矩陣觀察各個租賃站點發生各個使用型態的旅次量，以觀察各個使用型態的空間分佈現象。此二面向的觀察將有助於本研究推論各個基本使用型態背後可能的租賃行為動機及對應到的使用族群，然而此推論需要更充足的證據輔佐，因此本研究進一步探討區位因素對基本使用型態的影響。

### 三、探討區位因素影響

探討區位因素影響係為回應研究目的二，探討公共自行車各租賃站點週邊之區位因素對其使用型態的影響。此階段可細分為「變數收集」、「迴歸模型建構」、「模型校估」、「模型檢定」及「區位因素影響分析」等步驟：

#### (一) 變數收集與迴歸模型建構

本文根據研究目的與文獻回顧，提出本研究所關切的租賃站點區位因素包含了活動可及性與交通易行性等兩大面向，沿此架構收集相關的變數資料。初步的變數選定詳見本章第三節第一點，然而實際使用的變數將依據後續模型檢定的結果進行調整。

延續本章第三節第三點的討論，本研究選以多元線性迴歸模型進行此一階段的分析。其自變數為前揭梳理、收集之各租賃站點的活動可及性與交通易行性因素，而應變數則為上一階段之權重矩陣，即各基本使用型態發生於個租賃站點的旅次數。本文假設各個基本使用型態的發生係受到租賃站點週邊之特定區位因素所驅動，遂建立線性迴歸模型以探討各項因素對各個基本使用型態的實際影響。

#### (二) 模型校估與檢定

模型的參數校估上，本研究使用 Python Statsmodel v0.11.1 套件 (Seabold & Perktold, 2010)，逐各個基本使用型態建立無截距項之多元線性迴歸模型，並以最小平方法進行模型的參數校估。

而模型檢定則如本章第三節第三點所述，除了觀察各模型的 R-square 值及調整後 R-square 值，亦以顯著性檢定 (F-test) 檢視模型的整體適配度。各個變數的參數值除了以 t 檢定判斷各區位因素是否對基本使用型態有顯著影響，亦會事先計算各個自變數之間的相關係數以識別並避免迴歸模型有過高的共線性。如各項檢定結果顯示模型建立足夠合適，即進入後續的區位因素影響分析；反之，則返回修正變數並重新建立模型。

### （三）區位因素影響分析

區位因素影響分析係為整理迴歸分析之結果，梳理不同使用情境下各項區位因素對基本使用型態的影響差異。除了進一步推論各個基本使用型態的行為意涵與可能旅行目的，亦整合前述之時序及空間分佈分析結果，提出綜整的研究發現。

## 四、小結

透過上述研究架構，本研究之目的可被完整達成。本文提出之分析架構主要承襲 Liu 與 Lin (2019) 之研究，但為了切合本研究之目的，此一分析流程有以下二點較為明顯的改變：

- （一）本研究使用過去文獻較少探討的變數（租用時長、移動距離及平均速度）來分類各旅次的借還行為，並且以此使用情境分類作為整體實驗的前置作業。
- （二）本研究使用非負矩陣分解取代其他工具作為主要的分析方法，以預先將租賃站點的整體使用現象分解成不同時段的使用尖峰。

以上改變係根據文獻回顧中對相關研究的評析而來，後續的研究結果與討論將詳細討論此修改對實驗結果的影響，以及所產生的研究發現。

## 第四章 研究結果

本章節旨在報告本研究之具體成果及結果的分析與討論。根據研究設計，在實際操作非負矩陣分解之時，本研究逐分解成份數計算弗羅貝尼烏斯範數（Frobenius norm，下稱「矩陣範數」）以決定各個站點使用情境應產生多少個基本使用型態。結果如圖 13 所示，每個情境之曲線都呈現凹向上，矩陣範數數值隨成份數量越多而越低且逐漸趨緩。本文依照圖中各曲線的明顯轉折處（肘點）來決定所要分析的成份數量。其曲線趨勢主要因旅次的借還行為類型而異，本研究選擇在「一般借還 (N)」的情境下產生 5 個成份；在「長時借還 (L)」的情境下產生 4 個成份；在「原地借還 (S)」的情境下產生 3 個成份。分解後的成份經過標準化的程序可轉變為本研究所定義的「基本使用型態」，因此，12 個使用情境共可分解出 48 個基本使用型態。

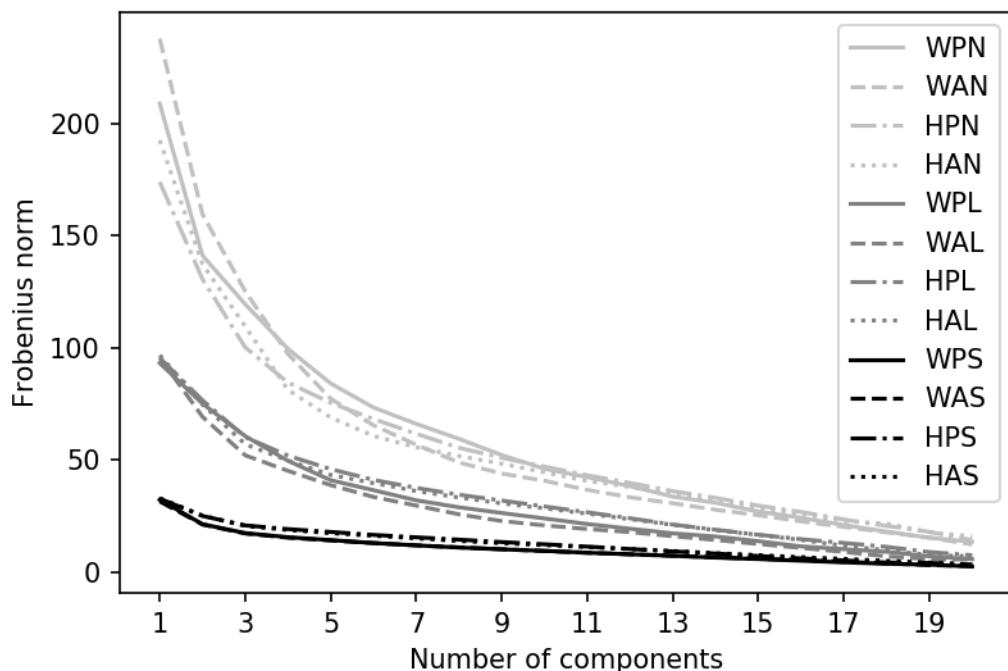


圖 13 弗羅貝尼烏斯範數-成份數量曲線圖

非負矩陣分解之結果包含兩個矩陣，一為各基本使用型態的時序機率分佈的基底矩陣，二為各個站點隸屬於各基本使用型態之旅次數量的權重矩陣。前者展示了各個基本使用型態所包含的使用行為主要座落的時段定位，是本章第一節所要陳述的重點；後者則展示了各個基本使用型態對於各站點之整體使用情形的貢獻量，是為本研究的中間產出，後續將以此觀察基本使用型態的空間分佈，並且用於作為迴歸分析的應變數以探討基本使用型態與站點區位因素的相關性，此部分之結果將分別於第二及第三節報告。第四節則綜整前三節之成果與討論，提出綜合性的觀點陳述與研究應用。

## 第一節 時序分佈分析

各基本使用型態的時序機率分佈總覽呈現於附錄一，各基本使用型態以其時間背景、站點行為、旅次型態及流水號之編碼組合為其代碼，如基本使用型態「WPN\_1」代表平日 (W) 站點產生 (P) 一般租借 (N) 旅次的第一個基本使用型態。由於流水號本身並不具實質意義，為利後續結果討論，本研究按照其時序機率分佈的尖峰時刻為之分類，共分為「晨峰」、「午前」、「中午」、「下午」、「昏峰」、「晚上」及「其他」等七種。

分析結果顯示出旅次借還行為類型（即一般借還、長時借還及原地借還）在識別公共自行車的基本使用模式時扮演了相當重要的角色，此一觀點可從弗羅貝尼烏茲範數所建議成份數量的不同及非負矩陣分解識別之基本使用型態的時序分佈的差異中獲得驗證。因此，為有利後續之討論，囊括所有基本使用型態的附錄一將依照旅次借還行為類型的不同，重新整理並呈現在表 10 、表 11 及表 12 中。

在這三張表格內，「總數」代表了各使用情境下被用於分析的旅次數，由於在資料前處理階段已使用日數取平均，故不為整數；「比例」代表各基本使用型態所包含的旅次數佔總數之比例；「剩餘」代表經由非負矩陣分解後未被歸納為特定成份的殘餘量佔總數之比例；「時序分佈」為各基本使用型態所描述的使用行為分佈於一日中

24 小時區段中的機率分佈。以下將以「一般借還」、「長時借還」、「原地借還」的順序分別就結果進行討論。

### 一、一般借還

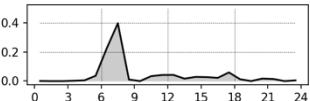
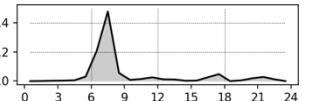
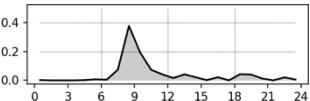
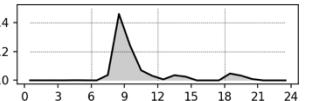
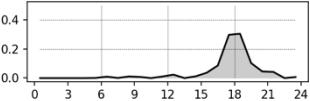
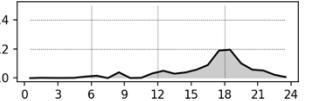
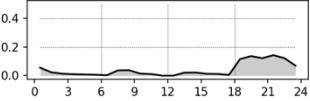
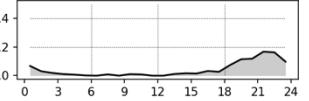
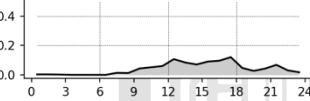
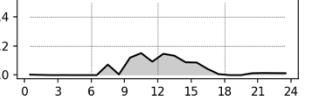
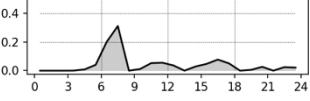
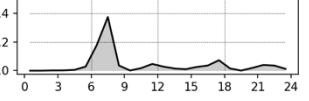
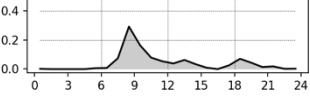
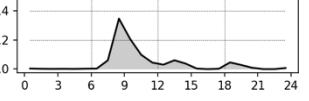
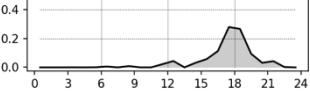
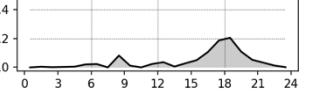
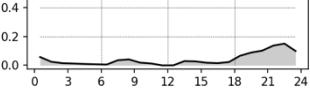
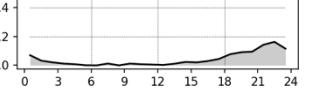
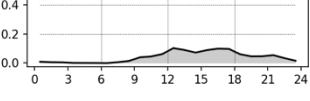
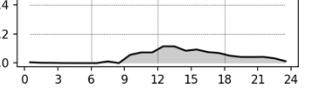
「一般借還」旅次之定義為移動距離大於 350 公尺且平均速度大於等於臨界速度者，此類型旅次的使用者在自行車租借期間保持騎乘的狀態以至於有較高的移動速度，且在借還之間可能難以安排其他活動進行，可能為就學、就業之通勤旅次。透過非負矩陣分解從一般借還旅次歸納得出的基本使用型態，不論時間背景（平、假日）或是站點行為（旅次產生或旅次吸引），都具有極為類似的時序機率分佈樣態，包含了「晨峰」、「午前」、「昏峰」、「晚上」及「其他」等五種，展示於表 10 。

「晨峰」代表了早上 7 點至 8 點的旅次，而「午前」則代表了早上 8 點至 9 點的旅次。兩者同為早上尖峰時段的借還行為，但在一般借還的使用情境下卻被非負矩陣分解識別為不同的基本使用型態，暗示了早上具有兩個不同的使用客群分別在「晨峰」及「午前」時段以公共自行車通勤。

「昏峰」代表了下午 5 點至 7 點的旅次，而「晚上」則代表了下午 7 點至午夜的旅次。兩者涵蓋了下午及晚間時段通勤返家的運輸行為，在時序分佈上延時相較於早上尖峰時段更長，暗示了下班、下課通勤返家並不限於特定時間的現象。

「其他」旅次搜羅了多個時段的旅次，可能代表了非屬一般通學、通勤的運輸行為。另值得注意的是，一般借還旅次的基本使用型態未包含的「中午」及「下午」之非通勤時段，間接強化了一般借還旅次代表了通勤旅次的推論。

表 10 一般借還基本使用型態之時序分佈

分佈時間		產生 (P)		吸引 (A)	
平假日	時段	時序分佈	比例	時序分佈	比例
平日 (W)	晨峰		11.0%		9.2%
	午前		20.9%		16.7%
	昏峰		13.2%		35.1%
	晚上		23.8%		23.0%
	其他		30.6%		15.8%
	剩餘	—	0.5%	—	0.2%
總數		36528		36528	
假日 (H)	晨峰		10.2%		9.3%
	午前		21.7%		17.5%
	昏峰		11.4%		19.6%
	晚上		24.9%		25.1%
	其他		31.3%		28.3%
	剩餘	—	0.4%	—	0.1%
總數		35572.4		35572.4	

## 二、長時借還

「長時借還」旅次之定義為移動距離大於 350 公尺且平均速度小於臨界速度者，此類型旅次的起迄距離足以吸引使用者以自行車代步，但其租借的時間長度明顯超過抵達迄點所需之騎乘時間，使用者可能於借還之間另有活動安排以至於並未保持騎乘狀態，或是以休閒遊憩為目的租借自行車。透過非負矩陣分解從長時借還旅次歸納得出的基本使用型態較為多元而複雜，包含了「午前」、「午後」、「昏峰」、「晚上」及「其他」等時段分類，展示於表 11。

在平日裡，基本使用型態在旅次產生及旅次吸引之間有較為明顯的不同，其差異主要午後至晚上的時段。旅次產生有顯著但旅次佔比較小的「昏峰」現象，「午後」的旅次也較為明顯；而在旅次吸引中這兩者則被混雜在一種基本使用型態中，但本研究仍因其旅次較集中於下午 5 點至 7 點而將其分類於「昏峰」之中。此外，旅次吸引有較為突出的「晚上」旅次，旅次產生的「晚上」旅次則較為扁平，甚至涵蓋到了部分的下午時段旅次。由於長時租借本身的性質，使用者極有可能在自行車的借還之間另行安排其他活動，加上本研究目前分離出的基本使用型態較為多樣且複雜，實有必要收集更多證據以推論其運輸行為的實際意涵。

長時借還旅次在假日裡的基本使用型態較為單純，不論旅次產生或旅次吸引都有「午前」、「午後」、「昏峰」及「晚上」等基本使用型態。特別值得留意的是，其旅次產生超過半數集中於「午前」及「午後」時段；旅次吸引則超過半數集中於「昏峰」及「晚上」時段。這個現象展現了，以下午大約 6 點為分界，多數的長時租借旅次在傍晚之前租借，且在落日之後歸還，暗示了假日租借自行車從事休閒娛樂等性質活動長達一整個下午的運輸行為。

表 11 長時借還基本使用型態之時序分佈

分佈時間 平假日 時段	產生 (P)		吸引 (A)	
	時序分佈	比例	時序分佈	比例
午前		18.5%		9.5%
午後		21.8%	—	—
平日 (W) 昏峰		12.5%		42.3%
晚上		46.9%		29.1%
其他	—			18.7%
剩餘	—	0.3%	—	0.4%
總數		21985.8		21985.8
午前		15.6%		11.6%
午後		50.0%		19.9%
假日 (H) 昏峰		9.5%		47.8%
晚上		24.6%		20.4%
剩餘	—	0.2%	—	0.2%
總數		24728.6		24728.6

### 三、原地借還

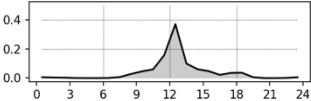
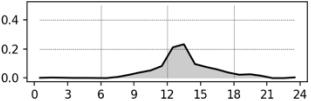
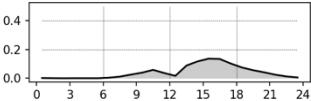
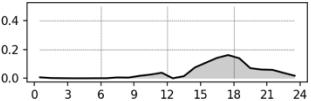
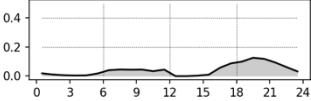
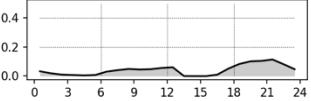
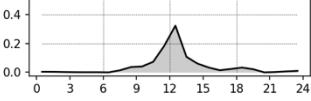
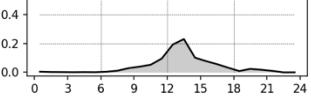
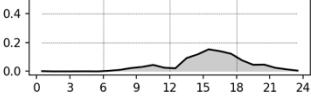
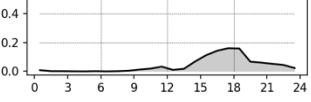
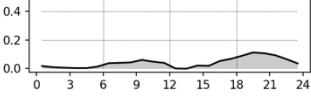
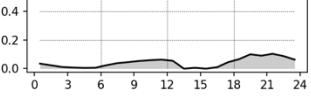
「原地借還」旅次之定義為移動距離小於等於 350 公尺且平均速度小於臨界速度者。在此距離下使用者無須以自行車代步，卻租借自行車且佔有了一段時間，該類旅次可能以住家或公共運輸場站為起點，完成旅行目的後歸還原處（或鄰近站點），反映了自行車作為及門運輸與接駁公共運輸最後一哩路的特殊性質。透過非負矩陣分解從原地借還旅次歸納得出的基本使用型態，不論時間背景（平、假日）或是站點行為（旅次產生或旅次吸引），都具有極為類似的時序機率分佈樣態，包含了「中午」、「午後」及「其他」三種，展示於表 12。

不論平假日，「中午」的基本使用型態代表在下午 12 點至 1 點的時段產生旅次，並且在 12 至 1 點吸引旅次。後者較前者有約一小時的時間差，暗示了中午外出用餐並且返回原地的運動行為。

「午後」的基本使用型態延時較長，不論在平假日都大約涵蓋了自下午 1 點至晚上 8 點的旅次。然仔細觀察其分佈可發現旅次產生的時序分佈集中得較早，最大尖峰落在下午 3 點至 5 點；而旅次吸引的時序分佈集中得較晚，最大尖峰落在下午 5 點至 7 點，暗示了部分旅次於下午時段騎乘自行車約兩小時並歸還至原地，可能是以休閒娛樂或其他個人事務為目的之運動行為。

「其他」旅次搜羅了多個時段的旅次，大致包含了整個上午時段及晚上時段的旅次，其旅次佔比約有三分之一，但實際代表的行為意涵則有待討論。

表 12 原地借還基本使用型態之時序分佈

分佈時間 平假日 時段	產生 (P)		吸引 (A)	
	時序分佈	比例	時序分佈	比例
中午		24.7%		31.7%
平日 (W)		44.4%		37.6%
		30.6%		30.5%
	—	0.3%	—	0.1%
總數		6343.7		6343.7
假日 (H)		24.8%		30.0%
		40.6%		38.4%
		34.5%		31.6%
剩餘	—	0.2%	—	0.1%
總數		6795.7		6795.7

#### 四、小結

整體而言，應用非負矩陣分解所識別出的各個基本使用型態在一日內的不同時段呈現出相當明顯的尖峰特性，使本研究得以聚焦在特定幾個重要的時間點來探討公共自行車的運輸行為。若某個使用情境下可分離出某特定時段的基本使用型態，則代表該使用情境的借還行為容易集中於該時段內發生，形塑出可被演算法觀測的行為模式。

本研究觀察到，依據其旅次發生之時序機率分佈的集中程度，不同基本使用型態會呈現出特定的趨勢：晨峰、午前、中午及昏峰等時段的基本使用型態通常有較為集中的時序分佈，在圖上形成緊湊的尖峰；而午後、晚上及其他時段的基本時段通常延時較長，在圖上則形成較為綿長的分佈。本文推論，前者多發於典型的通勤尖峰與午間時段，可能展現了通學、通勤的交通，或是利用午間休息時段外出的人潮；而後者多發生在非通勤時段，可能捕捉到了其他非以上班上學為旅次目的的交通行為。

本文認為，經由此研究提出的分析架構所識別的公共自行車之基本使用型態可以視為描述公共自行車系統整體運輸行為的基本探討單元，並且從其展現出的時序特性可以間接推論出各個基本使用型態的可能旅次目的。然而目前的討論尚缺空間面向的討論，因此接下來將探討各個基本使用型態的空間分佈。

## 第二節 空間分佈分析

延續前一節對各個公共自行車借還活動的基本使用型態之時序特性探討，本節轉而聚焦討論其基本使用型態的空間分佈現象。根據本文研究設計中的討論，非負矩陣分解後的權重矩陣經由標準化程序後可轉換為各基本使用型態對於各租賃站點的貢獻量，在交通規劃的意涵上相當於各站點所發生之各個基本使用型態的旅次數。此一資料若搭配租賃站點的地理位置資訊，則可於地理空間上視覺化呈現公共自行車基本使用型態的分佈狀況。

各基本使用型態的空間分佈總覽呈現於附錄二，同樣按照其時序機率分佈的尖峰時段排列。圖中各租賃站皆以其路網距離 350 公尺之範圍作為該站的面狀圖徵 (polygon feature)，鄰近站點的重疊處以其二點之間的中垂線為分界。各圖徵以黑白漸層之明度顯示該站點發生特定基本使用型態的(經對數處理之)旅次數，明度越低(越接近黑色) 旅次發生量越高。

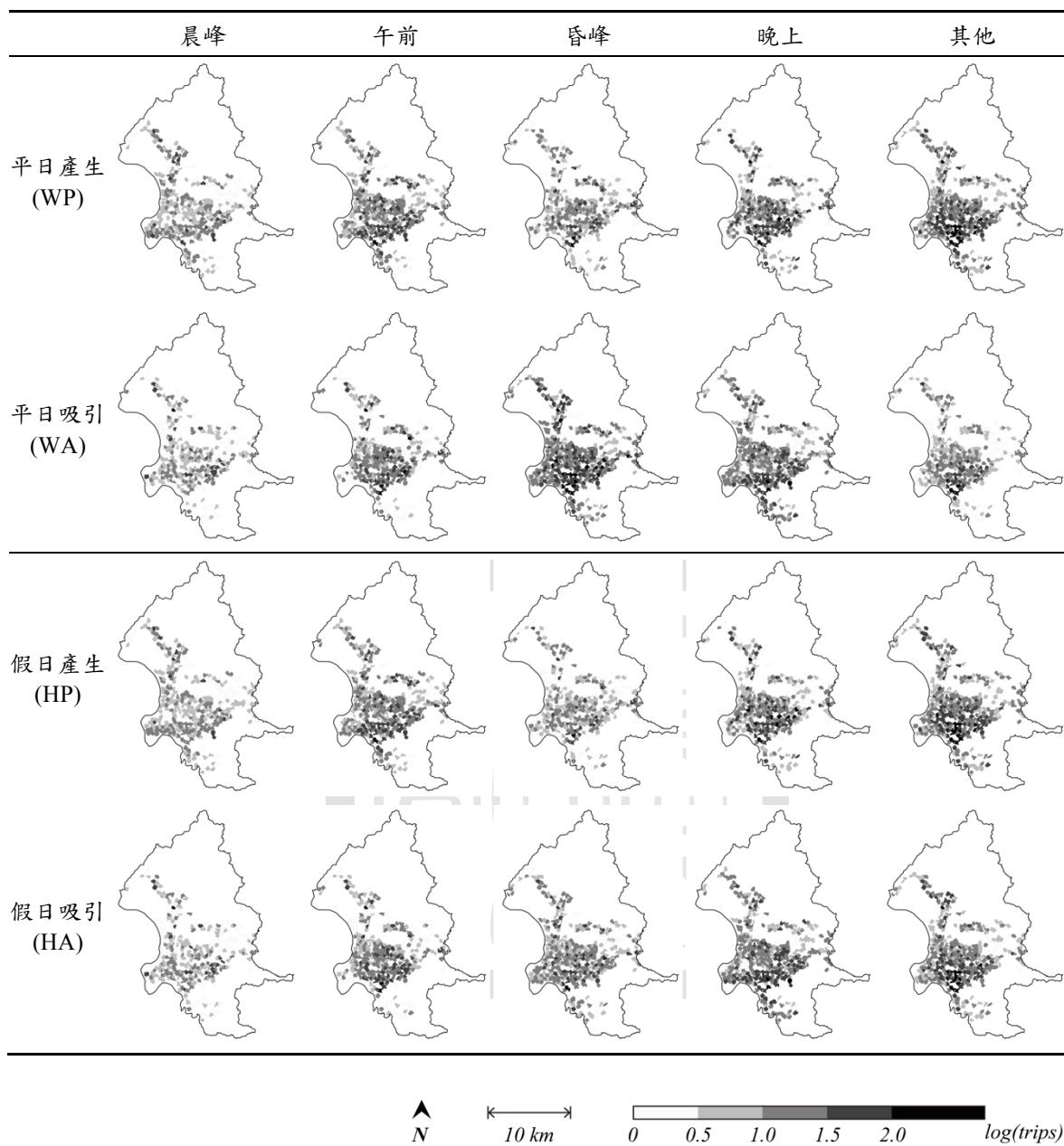
附錄二顯示多數基本使用型態的旅次發生量都有空間變異的現象，多集中於臺北市之核心地區（如大安、松山、信義一帶），反映其為都市機能與人口分佈之重心，而臺北市之邊陲地區（如文山、萬華一帶）顯示的基本使用型態旅次量較不穩定，容易隨時間而有明顯變化。延續前一節的討論，以下同樣以各個旅次行為類型為單元分別討論其基本使用型態的空間分佈特性，為了便於討論，本文將附錄二的內容重新編排、整理至表 13 、表 14 及表 15 中。

## 一、一般借還

表 13 展示了一般借還之各個基本使用型態，結果顯示該旅次行為類型之空間分佈狀況，在旅次產生與吸引的面向上有較為明顯的區別。不論平日或假日，其旅次產生的現象在晨峰及午前時段之空間分佈較為均勻，未有較大尺度的空間變異現象；然而至昏峰時段，旅次產生則較明顯集中於都市的核心地區，晚上則再度趨於均勻分佈。另一方面，旅次吸引的空間分佈於晨峰及午前時段較集中於都市核心地區，而至昏峰及晚上時段則趨於均勻分佈。此結果揭示了公共自行車的一般借還旅次分別在早上與晚間時段有著相反的流動方向。

搭配前一節之討論，一般借還旅次可能代表了通勤旅次，此一論述可從其空間分佈的時序變化趨勢中獲得印證。進一步從都市結構的角度論之，臺北市之核心地區包含了舊城區、東區商業帶及信義計畫區等商業活動繁盛的區域，有著高密度的商業機能與就業機會，亦有許多大專院校與中、小學，在上午尖峰時段形成強大的運輸拉力，吸引通勤族群騎乘自行車前往。而臺北市之邊陲地區，包含文山、萬華、北投等區域，多以純住宅區為主，在上午尖峰大量產生通勤旅次，並且於晚間時段吸引通勤族群返家。

表 13 一般借還基本使用型態的空間分佈

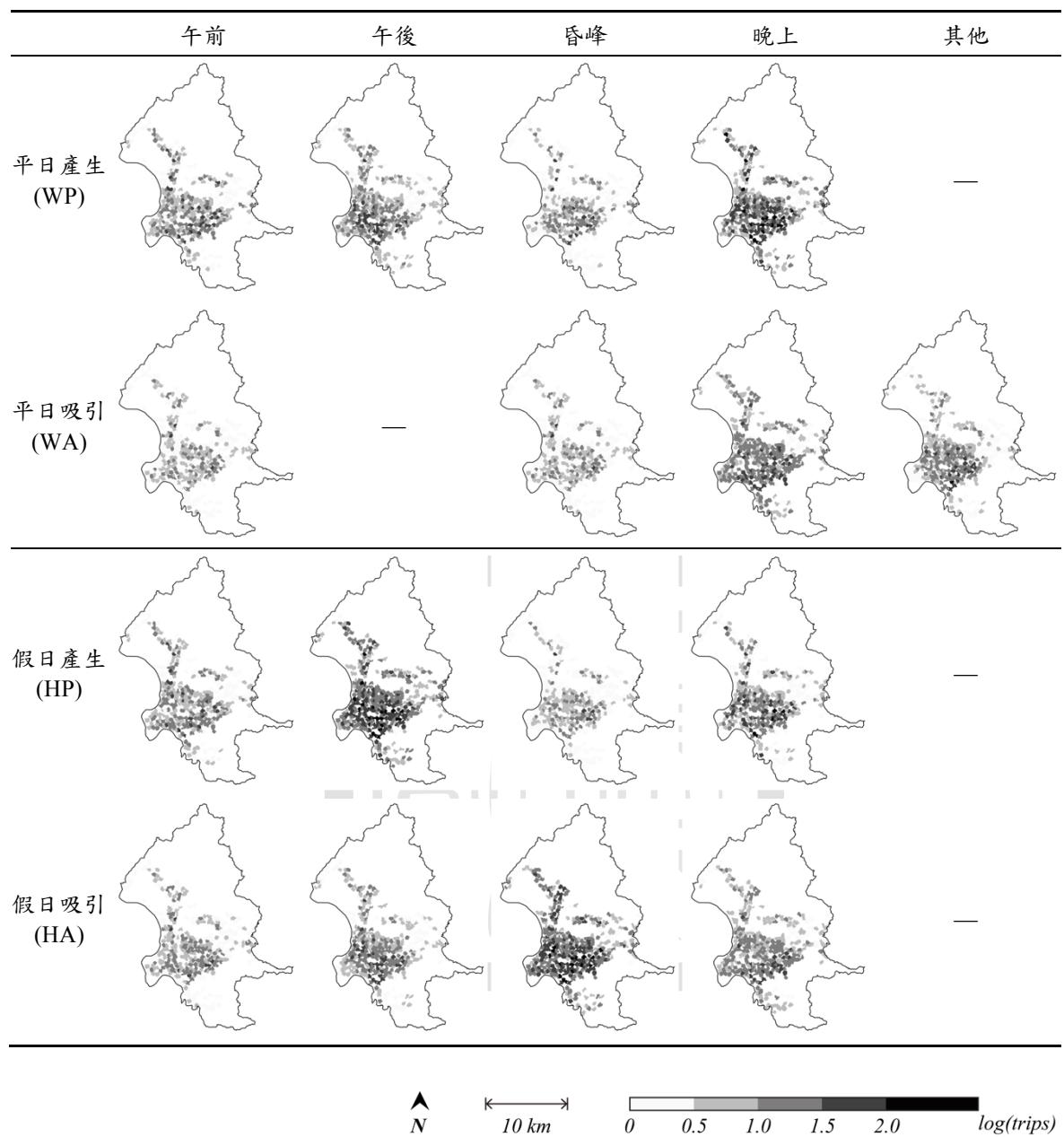


## 二、長時借還

表 14 展示了長時借還的各個基本使用型態，結果類似於一般借還旅次，其空間分佈狀況在旅次產生與吸引的面向上有較為明顯的區別。不論平日或假日，在午前時段其旅次吸引點較為集中於都市核心，而在昏峰時段亦容易有較集中的旅次從都市核心產生。延續前一節的探討，雖然長時借還旅次的時序分佈特性較為多樣而複雜，但搭配其空間分佈則可察覺出該類型旅次的時空分佈行為部分類似於一般借還旅次，顯示長時借還旅次可能也代表了一部分的通勤目的，只是使用者在借還自行車之間另有安排中途停留點或其他活動，例如外帶餐點或日常用品等快速採買。

除此之外，長時借還旅次的空間分佈狀況在都市核心地區有較細微的變動趨勢：不論平日／假日或產生／吸引，都市核心地區的西側在上午時段通常有較少旅次發生，直到中午過後才有較多的旅次發生集中於此區域。都市核心地區的西側包含了舊城區及西門商圈，國家級的政府機構集中於前者，而後者則以休閒娛樂行的商業活動為主要機能。因此，長時借還的自行車使用者亦可能是以上述土地機能所能供給的活動(如行政事務、購物等)作為其旅次目的。

表 14 長時借還基本使用型態的空間分佈

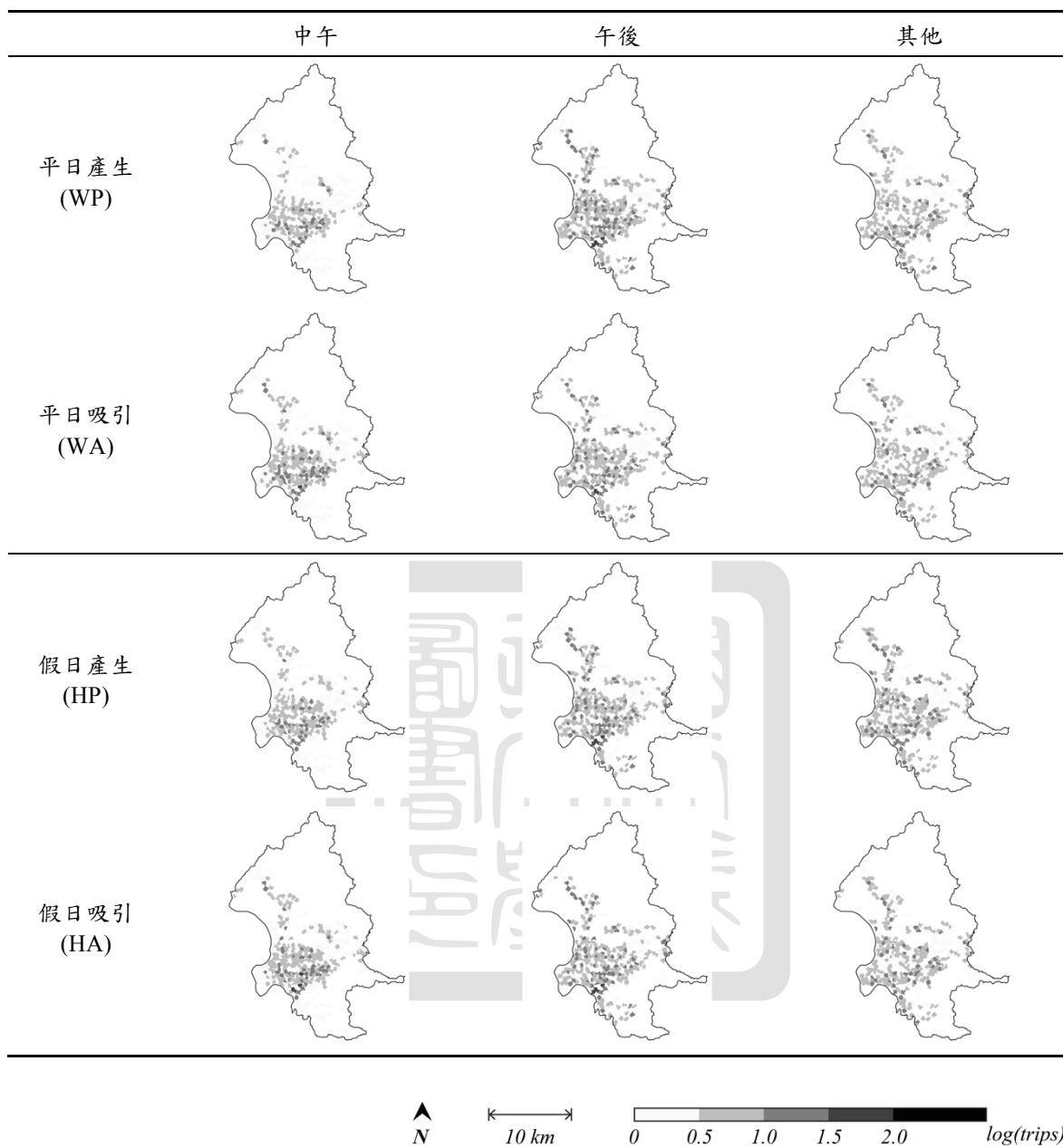


### 三、原地借還

表 15 展示了原地借還的各個基本使用型態，其空間分佈特性與時序變化不論在平日 / 假日或是旅次產生 / 吸引都有極為相似的趨勢。原地借還旅次於中午時段高度集中發生於都市核心地區，擁有較高住宅比例的都市邊陲地區則幾乎沒有此類旅次的發生，可能印證了前一節推論其該旅次為中午自工作地點外出用餐的假說。此外，午後時段內都市邊陲地區始有原地借還旅次的發生，使其整體的空間分佈變得較為均勻，搭配前一節的討論，此有可能是從住家或公共運輸站點出發，以維持性或自主性活動為目的並且歸返原處的旅次。

另值得注意的是，其空間分佈之態勢雖然明顯隨一日之時序而有明顯變化，但其旅次流動的方向似乎並不受到時間影響，此現象與一般借還及長時借還旅次有很大的差異。原地借還旅次的自行車借還地點相同，因此單從交易紀錄無法看出此類旅次行進的方向。然而除了上述特性，此現象亦可能源自於原地借還之行為背後所隱含的旅次目的。延續前一節的討論，從原地借還旅次的時空持續特性與時序分佈樣態來看，其旅次目的幾乎不會是上班或上學等必要性活動的通勤往返，而其旅次發生的空間分佈進一步佐證了此一推論。

表 15 原地借還基本使用型態的空間分佈



#### 四、小結

整體而言，大多數的基本使用型態之旅次發生都有明顯的空間變異現象，並且可以概括地將臺北市分為「都市核心」與「都市邊陲」來論述。首先，不論何種基本使用型態，旅次發生多集中於都市核心地區（如大安、松山、信義一帶），反映出臺北市都市活動與人口的重心之所在。然而，同一使用情境之基本使用型態的空間變異現

象容易隨時間產生變化，且多發生於都市邊陲地區（如文山、萬華一帶），這使本研究得以透過交互參考旅次產生及吸引的時空分佈而觀察到「城—郊」之間的通勤交通流動。除此之外，在午後、晚上等非通勤尖峰時段，多數基本使用型態的旅次發生都有較為均勻的空間分佈，其旅次產生及吸引亦在時間與空間上無明顯的方向性，可能展現了非通勤旅次的運輸現象。

另一方面，本研究觀察到上述三種旅次行為類型展現了極為不同的時空間現象，並且據此推論其借還行為所隱含的旅次目的。一般借還旅次於上午尖峰時段會由都市邊陲地區流向都市核心地區，而在下午尖峰時段則呈現相反的流向，可能反映了以從事必要性活動（上班、上學等）為目的之通勤交通需求。長時借還旅次亦展現出部分通勤交通的現象，但在都市核心地區的空間聚集有隨時間產生些微變動的趨勢，本研究推論其為以從事維持性活動（個人事務、購物等）為目的的運輸行為。原地借還旅次於中午時段高度聚集於都市核心地區，但在午後時段則呈現較為均勻的空間分佈，可能展現了以自主性活動（飲食等）為目的的運輸行為。三種旅次之借還行為係基於各旅次之租用時長、移動距離及平均速度等三項屬性進行分類，並且在其時空分佈上產生明顯的差異。此結果顯示，在分析公共自行車借還行為的時空分佈特性時，應同時考量其借還資料所涵括的個體旅次之微觀行為變數，以完整掌握其運輸特性。

最後，上述討論皆奠基於研究者對臺北市都市結構的既有理解，但其中仍有部分細微的空間分佈變化有被觀察到，例如都市核心區域的局部差異，但難以透過粗略的都市結構考察宏觀描述其地理現象的發生原因。由此可知，在探討公共自行車基本使用型態的旅次發生之空間變異成因時，無法脫離對研究地區之都市結構或都市機能的考究。此一體察引導本研究進一步納入公共自行車租賃站點的區位因素，期以更細緻的尺度探討各基本使用型態之旅次發生產生空間變異的成因，此部分之研究成果將於下一節陳述。

### 第三節 區位因素影響分析

非負矩陣分解的權重矩陣展現了各個基本使用型態貢獻了多少旅次數以拼湊出各站點之整體使用情形，在本研究中用於作為迴歸分析的應變數以探討基本使用型態與站點區位因素的相關性。此節將報告本研究操作迴歸分析之模型建構結果，並且探討各項因素對公共自行車之基本使用型態的影響。

#### 一、迴歸模型之建構

本研究建立的迴歸模型無截距項，校估方式為最小平方法 (Least squares method)，依據前揭實驗分離得出的基本使用型態，共計建立了 48 個迴歸模型，各模型之應變數為站點整體使用量隸屬於該基本使用型態的旅次數。分析樣本為臺北市 400 個公共自行車租賃站點。初步建構的迴歸模型中，每個樣本皆包含了 11 項活動可及性因素及 8 項交通易行性因素，共計 19 項自變數。

初步模型校估的結果完整呈現於附錄三之一。各模型的顯著性檢定 (F-test) 皆在 99% 的信心水準下拒絕模型係數全部為 0 的虛無假說，顯示本研究各模型皆具有一定之預測能力。而各模型的判定係數 R-square 值及調整後之 R-square 值普遍高於 0.5，顯示了本研究建立的迴歸模型配適度良好。

然而各個自變數之間的相關係數則顯示部分變數之間有過高的相關性，如圖 14 (a)。此現象可能造成模型校估產生共線性的情況，影響分析結果的判斷。是以，本文重新調整自變數的定義，合併或縮減相關程度高的變數，如表 16。修正後之變數包含了 7 項活動可及性因素及 7 項交通易行性因素，共計 14 項自變數，圖 14 (b) 的相關係數顯示此舉成功降低了各個變數之間的相關程度。修正變數後的模型校估結果完整呈現於附錄三之二。

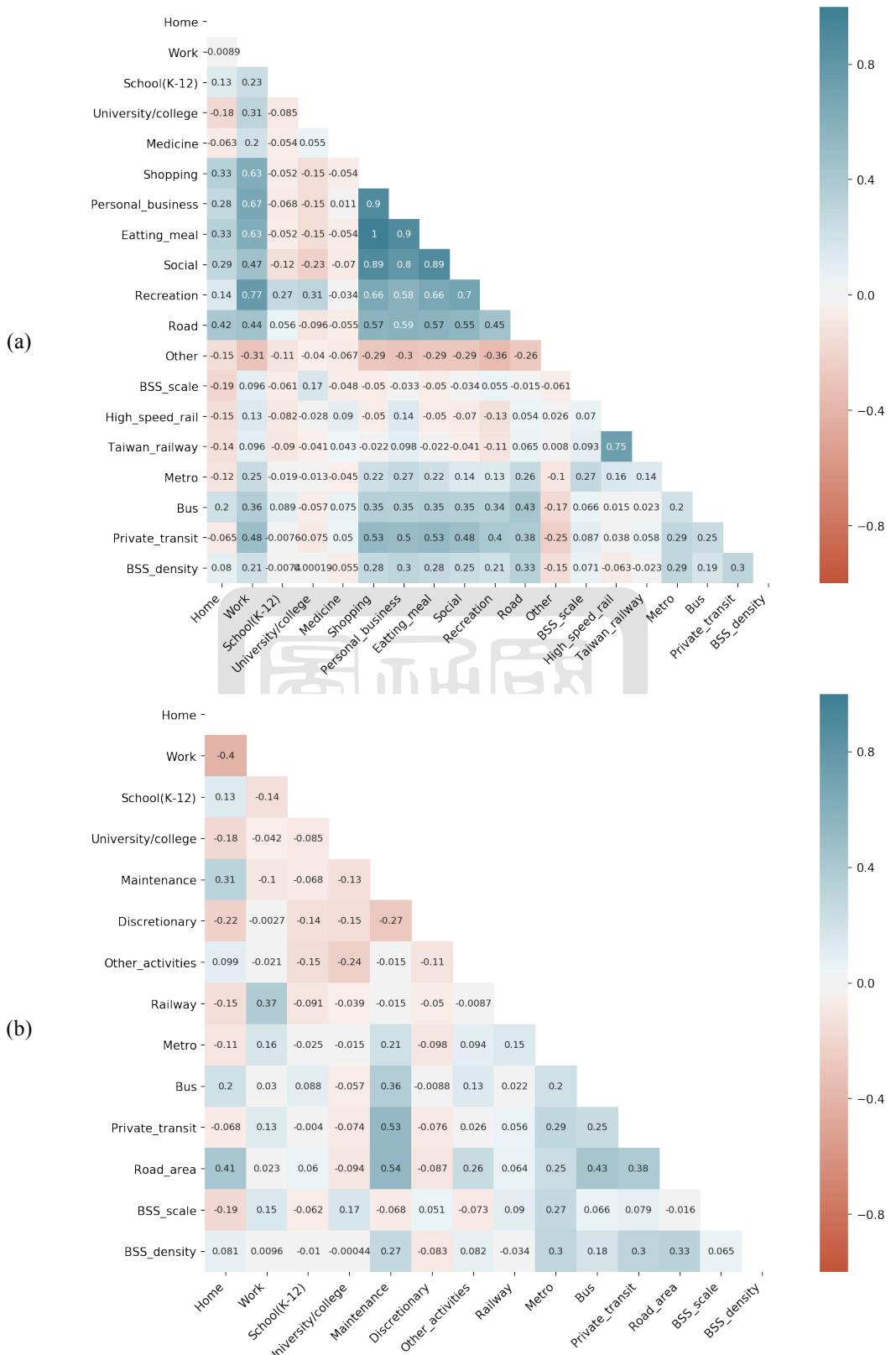


圖 14 迴歸模型自變數之相關係數

(a) 變數修正前 (b) 變數修正後

表 16 修正後變數表

區位因素	變數名稱	代號	操作定義	單位
<b>活動可及性因素</b>				
住家活動	住宅可及性	Home	各站點週邊土地使用分類屬於住宅 (0502) 的面積	公頃
必要性活動	工作可及性	Work	各站點週邊提供工作機會的土地使用面積，包含部分交通使用土地 (03)、工業 (0503)、政府機關 (0601) 及公用設備 (0605)	公頃
	中小學可及性	School(K-12)	各站點週邊土地使用分類屬於學校 (0602) 但非屬大專院校 (060204) 的面積	公頃
	大專院校可及性	University/college	各站點週邊土地使用分類屬於大專院校 (060204) 的面積	公頃
維持性活動	商業活動可及性	Maintenance	各站點週邊提供消費活動的土地使用面積，包含商業 (0501)、兼商業使用住宅 (050203)、醫療保健 (0603)、社會福利設施 (0604)	公頃
自主性活動	休閒活動可及性	Discretionary	各站點週邊提供休閒遊憩活動的土地使用面積，包含宗教 (050401)、大專院校 (060204) 及遊憩使用土地 (07)	公頃
其他活動	其他活動可及性	Other_activities	非屬以上特定類型活動的土地使用面積	公頃
<b>交通易行性因素</b>				
城際公共運輸	鐵路轉乘易行性	Railway	站點週邊臺、高鐵加權場站數，以單日平均班次數為權重值	-
區內公共運輸	捷運轉乘易行性	Metro	站點週邊捷運加權場站數，以捷運場站所營運之路線數為權重值	-
	公車轉乘易行性	Bus	站點週邊公車站牌數	個
私有機動運具	汽機車轉乘易行性	Private_transit	站點週邊路外停車場數	個
	道路面積	Road_area	站點週邊土地使用屬省道、快速道路 (030302) 及一般道路 (030303) 之面積	公頃
公共自行車	系統規模	BSS_scale	該租賃站之車位數	個
	站點密度	BSS_density	站點週邊之（包含該站自己的）總租賃站點數	個

為有利後續之討論，附錄三之二依照站點區位因素的不同，分別整理在表 17 至表 30 中。在這 19 個表格內，以各基本使用型態的時間背景（及平、假日）及分佈時段為列，以站點行為（即旅次產生或吸引）及該因素對各基本使用型態的影響方向為欄，並且以代號標示各個顯著受到該因素影響之基本使用型態的旅次使用型態。若該基本使用型態被列為「誘發 (+)」代表該因素在該基本使用型態之迴歸模型中的係數為正，若為「抑制 (-)」則代表係數為負，本研究以 90% 的信心水準作為判別各因素影響顯著與否的標準。本節後續篇幅將逐項討論各區位因素對基本使用型態的影響。

## 二、活動可及性因素

活動可及性因素是公共自行車租賃站點以步行方式可以觸及到的各項日常活動機能的可能性，包含了「住家活動」、「必要性活動」、「維持性活動」、「自主性活動」及「其他活動」等五類，並且可更細分成 7 項變數。以下將逐各項活動可及性因素，理解各因素對不同使用情境下的基本使用型態有何影響，推論該影響關係所隱含的行為意涵，並且討論可能的誤差來源以供後續研究參考修正。

### (一) 住家活動

「住家活動」之可及性係為各站點週邊土地使用分類屬於住宅 (0502) 的面積。如表 17 所示，不論平日或假日，該因素都容易誘發中午之前的旅次產生及晚上的旅次吸引，並且抑制其他時段旅次之產生與吸引，暗示了通勤旅次的運輸行為。同時，其在通勤尖峰時段所誘發的旅次型態多為一般借還及長時借還，而非原地借還，更加強化了其代表通勤旅次的推論。

表 17 住宅可及性對各基本使用型態的影響

分佈時間		誘發 (+)		抑制 (-)	
平 / 假日	時段	產生 (P)	吸引 (A)	產生 (P)	吸引 (A)
平日 (W)	晨峰	N	-	-	-
	午前	N L	- -	- -	N -
	中午	-	-	-	-
	午後	- -	-	- -	-
	昏峰	- -	- -	N L	- -
	晚上	- -	N L	- -	- -
	其他	- S	- - S	- -	- - -
假日 (H)	晨峰	N	-	-	-
	午前	N L	- -	- -	N -
	中午	-	-	-	-
	午後	- -	- -	- -	- -
	昏峰	- -	- -	N -	- -
	晚上	- -	N L	- -	- -
	其他	- S	- S	- -	- - -

註：「N」、「L」、「S」分別代表該變數對「一般借還」、「長時借還」及「原地借還」之旅次型態有顯著影響；「-」為該變數對該基本使用型態無顯著影響；空格代表沒有相對應的基本使用型態。

## (二) 必要性活動

必要性活動係為高度受制於活動之時間安排與固定地點，且活動主體（如職員、學生等）通常有參與義務之活動類型，即就學或就業。本研究依據活動從事時間的彈性程度將其因素細分為「工作可及性」、「中小學可及性」及「大專院校可及性」。

工作可及性係為各站點週邊提供工作機會的土地使用面積，包含部分交通使用土地 (03)、工業 (0503)、政府機關 (0601) 及公用設備 (0605)。本研究挑選了其中可能產生第二及第三級產業之就業通勤需求的分類細項之面積作為變數，但為避免與「商業活動可及性」有過多相關性，此變數定義不包含商業用地。如表 18 所示，不論平日或假日，該因素普遍容易抑制各種借還行為的旅次發生，可能源自於本研究為該工作可及性所選取之土地使用類型不易以公共自行車前往。然而在此普遍趨勢下，亦可觀察到該因素對上午通勤尖峰之旅次吸引並無顯著的抑制效果，可能展示了部分工作以公共自行車通勤的現象。

中小學可及性係為各站點週邊土地使用分類屬於學校 (0602) 但非屬大專院校 (060204) 的面積。如表 19 所示，該因素容易於晨峰時段吸引一般借還旅次，並且於晚上時段抑制各種旅次的發生，展示了中小學學生通勤的活動時序。

大專院校可及性係為各站點週邊土地使用分類屬於大專院校 (060204) 的面積。如表 20 所示，該因素容易在多個時段誘發不同旅次型態的產生與吸引，暗示了大專院校之課程活動安排較不固定，以及該類土地可支援多種不同的活動機能（如上學及休憩）的特殊性質。

表 18 工作可及性對各基本使用型態的影響

分佈時間		誘發 (+)		抑制 (-)	
平 / 假日	時段	產生 (P)	吸引 (A)	產生 (P)	吸引 (A)
平日 (W)	晨峰	-	-	N	-
	午前	-	-	N	L
	中午	S	-	-	-
	午後	-	-	-	S
	昏峰	N	-	-	N L
	晚上	-	-	N	L
	其他	-	-	-	-
假日 (H)	晨峰	-	-	N	-
	午前	-	-	N	L
	中午	-	-	-	-
	午後	-	-	-	S
	昏峰	-	-	-	N L
	晚上	-	-	N	L
	其他	-	-	-	-

註：「N」、「L」、「S」分別代表該變數對「一般借還」、「長時借還」及「原地借還」之旅次型態有顯著影響；「-」為該變數對該基本使用型態無顯著影響；空格代表沒有相對應的基本使用型態

表 19 中小學可及性對各基本使用型態的影響

分佈時間		誘發 (+)		抑制 (-)	
平 / 假日	時段	產生 (P)	吸引 (A)	產生 (P)	吸引 (A)
平日 (W)	晨峰	-	N	-	-
	午前	-	-	-	-
	中午	-	-	-	-
	午後	-	-	-	-
	昏峰	N	-	-	-
	晚上	-	-	N L	N -
	其他	-	-	-	L -
假日 (H)	晨峰	-	N	-	-
	午前	-	-	-	-
	中午	-	-	-	-
	午後	-	-	-	L -
	昏峰	-	-	- L	- -
	晚上	-	-	N L	N L
	其他	-	-	-	-

註：「N」、「L」、「S」分別代表該變數對「一般借還」、「長時借還」及「原地借還」之旅次型態有顯著影響；「-」為該變數對該基本使用型態無顯著影響；空格代表沒有相對應的基本使用型態

表 20 大專院校可及性對各基本使用型態的影響

分佈時間		誘發 (+)		抑制 (-)	
平 / 假日	時段	產生 (P)	吸引 (A)	產生 (P)	吸引 (A)
平日 (W)	晨峰	-	-	-	-
	午前	-	N L	-	-
	中午	S	S	-	-
	午後	L S	S	-	-
	昏峰	N -	N L	-	-
	晚上	N -	N L	-	-
	其他	N S	N L S	-	-
假日 (H)	晨峰	-	-	-	-
	午前	N -	N L	-	-
	中午	S	S	-	-
	午後	L S	L S	-	-
	昏峰	N -	-	-	-
	晚上	-	N L	-	-
	其他	N S	N S	-	-

註：「N」、「L」、「S」分別代表該變數對「一般借還」、「長時借還」及「原地借還」之旅次型態有顯著影響；「-」為該變數對該基本使用型態無顯著影響；空格代表沒有相對應的基本使用型態

### (三) 維持性活動

維持性活動係為維持生活所需但又不若必要性活動有強烈限制的必要活動，本研究原將其因素細分為「醫療」、「購物」及「個人事務」，後於修正變數時合併為「商業活動」。商業活動可及性係為各站點週邊提供消費活動的土地使用面積，包含商業(0501)、兼商業使用住宅(050203)、醫療保健(0603)、社會福利設施(0604)。

如表 21 所示，該因素於上午時段容易誘發旅次吸引，抑制旅次產生；於中午至午後時段誘發原地借還的旅次發生；並且容易於昏峰及晚上時段產生成旅次。該現象的時序型態可能與商業活動的相關從業人員，再考量該變數所涉及之土地使用包含許多第三集產業之活動地點，研判此為相關工作者的通勤旅次與中午休息、用餐的旅次。此外，該因素自午後至昏峰時段亦容易吸引旅次，其旅行方向與上述通勤者相反，研判可能展示了其他民眾購物、尋求服務的旅行需求。

表 21 商業活動可及性對各基本使用型態的影響

分佈時間		誘發 (+)		抑制 (-)	
平 / 假日	時段	產生 (P)	吸引 (A)	產生 (P)	吸引 (A)
平日 (W)	晨峰	-	-	N	-
	午前	-	N L	-	-
	中午	S	S	-	-
	午後	- S	S	-	-
	昏峰	N L	- L	-	-
	晚上	- L	-	-	-
	其他	-	- L -	-	-
假日 (H)	晨峰	-	-	N	-
	午前	-	N L	-	-
	中午	S	S	-	-
	午後	- S	L S	-	-
	昏峰	N L	- L	-	-
	晚上	- L	-	-	-
	其他	-	-	-	-

註：「N」、「L」、「S」分別代表該變數對「一般借還」、「長時借還」及「原地借還」之旅次型態有顯著影響；「-」為該變數對該基本使用型態無顯著影響；空格代表沒有相對應的基本使用型態

#### (四) 自主性活動

自主性活動係為滿足個體休憩需求的活動，本研究原將其因素細分為「飲食」、「社交」及「休閒娛樂」，後於修正變數時合併為「休閒活動」。休閒活動可及性係為各站點週邊提供休閒遊憩活動的土地使用面積，包含宗教 (050401)、大專院校 (060204) 及遊憩使用土地 (07)。如表 22 所示，該因素容易誘發午後及其他時段的原地借還之旅次發生，其時序分佈幾乎散佈於全日各時段，可能展示了從事休閒活動並不限制於特定時間的特性。

表 22 休閒活動可及性對各基本使用型態的影響

分佈時間		誘發 (+)		抑制 (-)	
平 / 假日	時段	產生 (P)	吸引 (A)	產生 (P)	吸引 (A)
平日 (W)	晨峰	-	-	-	-
	午前	-	-	-	-
	中午	-	-	-	-
	午後	L	S	S	-
	昏峰	-	-	-	-
	晚上	-	-	-	-
	其他	-	S	-	-
假日 (H)	晨峰	-	-	-	-
	午前	-	-	-	-
	中午	-	-	-	-
	午後	-	S	-	S
	昏峰	-	-	-	-
	晚上	-	-	-	-
	其他	-	S	-	S

註：「N」、「L」、「S」分別代表該變數對「一般借還」、「長時借還」及「原地借還」之旅次型態有顯著影響；「-」為該變數對該基本使用型態無顯著影響；空格代表沒有相對應的基本使用型態

## (五) 其他活動

其他活動之可及性因素係為雖有特定需求，但通常不會騎自行車前往從事的活動，其操作定義為非屬以上特定類型活動的土地使用面積。如表 23 所示，該因素在不同時間都會抑制不同旅次型態的產生及吸引，回應了該類型活動通常不會以公共自行車前往的假設。

表 23 其他活動可及性對各基本使用型態的影響

分佈時間		誘發 (+)		抑制 (-)	
平 / 假日	時段	產生 (P)	吸引 (A)	產生 (P)	吸引 (A)
平日 (W)	晨峰	-	-	N	N
	午前	-	-	N L	N L
	中午	-	-	S	S
	午後	-	-	L S	S
	昏峰	-	-	N L	N L
	晚上	-	-	N L	N L
假日 (H)	其他	-	-	N S	N L -
	晨峰	-	-	N	N
	午前	-	-	N L	N L
	中午	-	-	S	S
	午後	-	-	L S	L S
	昏峰	-	-	N L	N L
	晚上	-	-	N L	N L
	其他	-	-	N S	N -

註：「N」、「L」、「S」分別代表該變數對「一般借還」、「長時借還」及「原地借還」之旅次型態有顯著影響；「-」為該變數對該基本使用型態無顯著影響；空格代表沒有相對應的基本使用型態

## 三、交通易行性因素

交通易行性因素係指公共自行車系統與整體都市運輸系統的整合程度，更具體而言即各租賃站可以步行方式觸及到的其他運輸方式，包含了「城際公共運輸」、「區內公共運輸」、「私有機動運具」之轉乘便利性及「公共自行車」系統本身之服務能力，並且可更細分成 7 項變數。以下將逐各項交通易行性因素，理解各因素對不同使用情境下的基本使用型態有何影響，推論該影響關係所隱含的行為意涵，並且討論可能的

誤差來源以供後續研究參考修正。

### (一) 城際公共運輸

城際公共運輸的轉乘交通易行性包含高鐵及臺鐵的轉乘便利程度，本研究同時考量站點與鐵路場站的距離及其運動能，故以單日平均班次數為權重，計算租賃站點週邊高鐵及臺鐵之加權場站數，合計為「鐵路轉乘易行性」。如表 24 所示，該因素容易於上午尖峰時段產生旅次，並且於昏峰時段產生及吸引旅次，展示了鐵路與公共自行車之轉乘服務能力。

表 24 鐵路轉乘易行性對各基本使用型態的影響

分佈時間		誘發 (+)		抑制 (-)	
平 / 假日	時段	產生 (P)	吸引 (A)	產生 (P)	吸引 (A)
平日 (W)	晨峰	N	-	-	-
	午前	N L	-	-	-
	中午	-	-	-	-
	午後	-	-	-	-
	昏峰	-	N L	-	-
	晚上	N	- L	-	-
	其他	-	-	-	L -
假日 (H)	晨峰	N	N	-	-
	午前	N	-	-	-
	中午	-	-	S	-
	午後	-	-	-	-
	昏峰	-	N L	-	-
	晚上	N L	N L	-	-
	其他	-	-	-	-

註：「N」、「L」、「S」分別代表該變數對「一般借還」、「長時借還」及「原地借還」之旅次型態有顯著影響；「-」為該變數對該基本使用型態無顯著影響；空格代表沒有相對應的基本使用型態

## (二) 區內公共運輸

區內公共運輸的轉乘交通易行性包含「捷運」及「公車」的轉乘便利程度，同樣為了考量場站距離及運動動能，以營運路線數作為權重計算租賃站點週邊捷運之加權場站數；公車轉乘之變數雖無特別以路線數加權，但本研究選擇保留站名相同但位置相異之公車站牌點位，以捕捉不同行車方向或路線分流所代表的公車服務動能。如表 25 所示，捷運轉乘因素在各個時段都能誘發不同旅次型態產生及吸引，顯示了捷運與公共自行車對彼此有著高度的轉乘需求。相比之下，如表 26 所示，公車轉乘因素則對基本使用型態幾乎無任何顯著影響，可能代表公車與公共自行車的轉乘需求並不強烈，抑或可能是由於臺北市有極高密度的公車站牌，致使其於模型中的影響力被自我抵銷而產生誤差。

表 25 捷運轉乘易行性對各基本使用型態的影響

分佈時間		誘發 (+)				抑制 (-)			
平 / 假日	時段	產生 (P)	吸引 (A)						
平日 (W)	晨峰	-	N	-	-	-	-	-	-
	午前	N	L	-	-	-	-	-	-
	中午	-	S	-	S	-	-	-	-
	午後	L	S	-	S	-	-	-	-
	昏峰	-	L	N	L	-	-	-	-
	晚上	N	L	-	L	-	-	-	-
	其他	N	S	-	-	S	-	-	-
假日 (H)	晨峰	-	-	N	-	-	-	-	-
	午前	N	L	-	-	-	-	-	-
	中午	-	S	-	S	-	-	-	-
	午後	L	S	-	L	S	-	-	-
	昏峰	-	L	N	L	-	-	-	-
	晚上	N	L	-	-	-	-	-	-
	其他	N	S	N	S	-	-	-	-

註：「N」、「L」、「S」分別代表該變數對「一般借還」、「長時借還」及「原地借還」之旅次型態有顯著影響；「-」為該變數對該基本使用型態無顯著影響；空格代表沒有相對應的基本使用型態

表 26 公車轉乘易行性對各基本使用型態的影響

分佈時間		誘發 (+)		抑制 (-)	
平 / 假日	時段	產生 (P)	吸引 (A)	產生 (P)	吸引 (A)
平日 (W)	晨峰	-	-	-	-
	午前	-	-	-	-
	中午	-	-	-	-
	午後	-	-	-	-
	昏峰	-	-	L	-
	晚上	-	-	-	-
	其他	-	-	-	-
假日 (H)	晨峰	-	-	-	-
	午前	-	-	-	-
	中午	-	-	-	-
	午後	-	-	-	-
	昏峰	-	-	-	-
	晚上	-	-	-	-
	其他	-	-	-	-

註：「N」、「L」、「S」分別代表該變數對「一般借還」、「長時借還」及「原地借還」之旅次型態有顯著影響；「-」為該變數對該基本使用型態無顯著影響；空格代表沒有相對應的基本使用型態。

### (三) 私有機動運具

私有機動運具的轉乘交通易行性包含汽機車轉乘易行性及道路面積，前者以站點週邊之路外停車場數量作為變數，後者則為各站點週邊土地使用分類屬於省道、快速道路 (030302) 及一般道路 (030303) 的面積。如表 27 及表 28 所示，汽機車轉乘易行性容易誘發多個時段之不同旅次型態的產生與吸引，顯示除了公共運輸，私有運具使用者亦可能有轉乘公共自行車的需求；而道路面積僅於少數時段誘發旅次之發生，顯示公路之服務能力對公共自行車使用型態之影響較為薄弱。

表 27 汽機車轉乘易行性對各基本使用型態的影響

分佈時間		誘發 (+)				抑制 (-)			
平 / 假日	時段	產生 (P)	吸引 (A)						
平日 (W)	晨峰	-	-	-	-	-	-	-	-
	午前	N	-	N	L	-	-	-	-
	中午	-	S	-	-	-	-	-	-
	午後	-	-	-	-	-	-	-	-
	昏峰	N	L	-	-	-	-	-	-
	晚上	-	L	-	L	-	-	-	-
	其他	-	-	-	L	-	-	-	-
假日 (H)	晨峰	-	-	-	-	-	-	-	-
	午前	N	L	N	L	-	-	-	-
	中午	-	S	-	-	-	-	-	-
	午後	-	L	-	L	-	-	-	-
	昏峰	-	L	-	-	-	-	-	-
	晚上	-	L	-	L	-	-	-	-
	其他	-	-	-	-	-	-	-	-

註：「N」、「L」、「S」分別代表該變數對「一般借還」、「長時借還」及「原地借還」之旅次型態有顯著影響；「-」為該變數對該基本使用型態無顯著影響；空格代表沒有相對應的基本使用型態

表 28 道路面積對各基本使用型態的影響

分佈時間		誘發 (+)				抑制 (-)			
平 / 假日	時段	產生 (P)	吸引 (A)						
平日 (W)	晨峰	-	-	-	-	-	-	-	-
	午前	-	-	-	-	-	-	-	-
	中午	-	-	-	-	-	-	-	-
	午後	L	-	-	-	-	-	-	-
	昏峰	-	-	-	-	-	-	-	-
	晚上	-	-	-	-	-	-	-	-
	其他	N	-	N	L	-	-	-	-
假日 (H)	晨峰	-	-	-	-	-	-	-	-
	午前	-	-	-	-	-	-	-	-
	中午	-	-	-	-	-	-	-	-
	午後	L	-	-	-	-	-	-	-
	昏峰	-	-	-	-	-	-	-	-
	晚上	-	-	-	-	-	-	-	-
	其他	N	-	-	-	-	-	-	S

註：「N」、「L」、「S」分別代表該變數對「一般借還」、「長時借還」及「原地借還」之旅次型態有顯著影響；「-」為該變數對該基本使用型態無顯著影響；空格代表沒有相對應的基本使用型態

#### (四) 公共自行車

公共自行車系統本身之服務能力包含租賃站本身之「服務規模」及區域的「站點密度」，前者以各租賃站提供的車位數，後者以環域範圍內之租賃站數量作為變數。如表 29 及表 30 所示，公共自行車之服務規模因素可誘發所有基本使用型態發生，係因各站點提供的車位數在設站規劃時即參考了該站點區位的使用潛力，因此結果合乎認知；相較之下，站點密度則無如此強烈的影響力。

表 29 公共自行車服務規模對各基本使用型態的影響

分佈時間		誘發 (+)			抑制 (-)	
平 / 假日	時段	產生 (P)	吸引 (A)		產生 (P)	吸引 (A)
平日 (W)	晨峰	N	N	-	-	-
	午前	N L	N L	-	-	-
	中午	S	S	-	-	-
	午後	L S	S	-	-	-
	昏峰	N L	N L	-	-	-
	晚上	N L	N L	-	-	-
	其他	N S	N L S	-	-	-
假日 (H)	晨峰	N	N	-	-	-
	午前	N L	N L	-	-	-
	中午	S	S	-	-	-
	午後	L S	L S	-	-	-
	昏峰	N L	N L	-	-	-
	晚上	N L	N L	-	-	-
	其他	N S	N S	-	-	-

註：「N」、「L」、「S」分別代表該變數對「一般借還」、「長時借還」及「原地借還」之旅次型態有顯著影響；「-」為該變數對該基本使用型態無顯著影響；空格代表沒有相對應的基本使用型態

表 30 公共自行車站點密度對各基本使用型態的影響

分佈時間		誘發 (+)		抑制 (-)	
平 / 假日	時段	產生 (P)	吸引 (A)	產生 (P)	吸引 (A)
平日 (W)	晨峰	-	-	-	-
	午前	-	-	-	-
	中午	-	-	-	-
	午後	-	-	-	-
	昏峰	-	-	-	-
	晚上	-	-	-	-
	其他	-	-	-	-
假日 (H)	晨峰	-	-	-	-
	午前	-	-	-	-
	中午	-	-	-	-
	午後	-	-	-	-
	昏峰	-	-	-	-
	晚上	-	-	-	-
	其他	-	-	-	-

註：「N」、「L」、「S」分別代表該變數對「一般借還」、「長時借還」及「原地借還」之旅次型態有顯著影響；「-」為該變數對該基本使用型態無顯著影響；空格代表沒有相對應的基本使用型態。

#### 四、小結

前述結果以各區位因素為單元來陳述，在此本文將聚焦於三種借還行為類型，再次統整公共自行車的租賃站點區位因素對基本使用型態的影響關係，並且延伸本章前二節的討論，嘗試從此結果驗證各個借還行為類型之旅次目的與可能運輸行為的推論。

##### (一) 一般借還

從活動可及性來看，一般借還類型的旅次於上午尖峰容易由住家產生，並且受到中小學、大專院校及商業活動場所吸引，而下午尖峰則呈現相反的運動方向，由此可推論一般借還旅次主要代表了必要性活動為目的之通勤運動需求。而從交通易行性來看，各項交通運動工具都可能在各個時段誘發公共自行車的一般借還旅次發生，顯示以通勤為目的之公共自行車使用者對各種運動工具皆有轉乘需求。因此，一般借還旅次代表了通勤時段的運動行為，此類公共自行車的使用者往往以聯繫住家與工作、上學之地點為目的，搭配鐵路、捷運及私有運動具進行接駁轉乘。

## (二) 長時借還

從活動可及性來看，長時借還類型的旅次於上午尖峰容易由住家產生，並且受到大專院校及商業活動場所吸引，而下午尖峰則呈現相反的運輸方向，可能代表了以必要性活動為目的之通勤運輸需求，此與一般借還旅次相仿。然而在非通勤尖峰時段，則容易受商業活動場所吸引，或是由休閒活動場所產生，展現了以維持性活動與自主性活動為目的的運輸需求。而從交通易行性來看，各項交通運輸工具都可能在各個時段誘發公共自行車的長時借還旅次發生，顯示除了通勤旅次，以維持性及自主性活動為目的之公共自行車使用者亦對各種運輸工具有轉乘需求。因此，長時借還旅次代表了部分以工作及就學為目的之通勤旅次，以及非通勤尖峰時段以商業或休閒活動為目的之旅次，搭配鐵路、捷運及私有運具進行接駁轉乘。

## (三) 原地借還

從活動可及性來看，大專院校及商業活動場所容易於中午及午後時段誘發原地借還的旅次，雖然其目的地無法直接觀測，但從時間推論此類旅次代表了學生或上班族群於午休時段外出用餐、購物的運輸行為。另休閒活動場所亦容易於非中午時段誘發此類旅次之發生，推論為以休閒活動為目的之運輸行為。而從交通易行性來看，捷運的誘發效果幾乎發生於各時段，此結果可推論出部分旅次從捷運場站出發，向外從事其他活動再返回搭乘捷運的運輸模式。相較之下，鐵路運輸對原地借還旅次沒有誘發效果，顯示上述運輸模式不會發生自城際運輸的場站。此外，私有運具則易於中午時段誘發原地借還旅次，顯示中午用餐之運動活動亦可能以私有運具搭配公共自行車進行轉乘。因此，原地借還旅次至少包含了兩種運動型態：一為中午時段自學校及工作地點外出用餐並返回原處；二為自捷運場站出發，向外滿足某些活動需求後再返回搭乘捷運。此結果顯示了公共自行車的代步特性，可能增加了使用者中午用餐地點的選擇，並且擴大捷運站的服務範圍，滿足公共運動最後一哩路的需求。

## 第四節 綜合討論

至此，本文已就時序分佈、空間分佈及區位因素的影響等三大面向，探討公共自行車基本使用型態的性質。本節將統整前三節之結果討論，並且進一步推展此結果，對研究意涵提出綜合性的探討以及公共自行車系統的政策建議。

### 一、結果綜整

本研究以公共自行車旅次的借還行為類型為單元，分別就其時空間的持續性質、斷點性質，以及影響關係顯著的活動可及性因素及交通易行性因素進行探討。上述各面向的實證結果以及相關的意涵探討，在此綜整陳列於表 31 。



表 31 分析結果與討論綜整表

借還行為 類型	一般借還	長時借還	原地借還
示意圖			
定義	移動距離大於 350 公尺且平均速度大於等於臨界速度者	移動距離大於 350 公尺且平均速度小於臨界速度者	移動距離小於等於 350 公尺且平均速度小於臨界速度者
分類意義	使用者在自行車租借期間保持騎乘的狀態因而有較高的移動速度，且在借還之間可能難以安排其他活動進行	起迄距離足以吸引使用者以自行車代步，但其租借的時間長度明顯超過抵達迄點所需之騎乘時間	在此距離下使用者無須以自行車代步，卻租借自行車且佔有了一段時間
時序分佈及空間分佈特性	<ul style="list-style-type: none"> <li>上午尖峰： 都市邊陲→都市核心</li> <li>下午尖峰： 都市核心→都市邊陲</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>上午尖峰： 都市邊陲→都市核心</li> <li>下午尖峰： 都市核心→都市邊陲</li> <li>非通勤尖峰：旅次發生集中於舊城區及西門商圈</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>中午：集中於都市核心</li> <li>午後：都市邊陲始有旅次發生，整體空間分佈趨向均勻</li> </ul>
顯著影響的活動可及性因素	<ul style="list-style-type: none"> <li>上午尖峰： 住家→中小學、大專院校、商業活動</li> <li>下午尖峰： 中小學、大專院校、商業活動→住家</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>上午尖峰： 住家→大專院校、商業活動</li> <li>下午尖峰： 大專院校、商業活動→住家</li> <li>非通勤尖峰： 休閒活動→商業活動</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>中午： 大專院校、商業活動</li> <li>午後及其他： 大專院校、商業活動、休閒活動</li> </ul>
顯著影響的交通易行性因素	鐵路、捷運、私有運具	鐵路、捷運、私有運具	捷運、私有運具
推論旅次目的或隱含行為	<ul style="list-style-type: none"> <li>「家—工作」或「家—上學」旅次，搭配臺鐵、捷運及汽機車進行接駁轉乘</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>搭配臺鐵、捷運及汽機車的「家—工作」或「家—上學」旅次，可能於借還之間另有活動安排而拉長租用時間</li> <li>非通勤尖峰時段搭配捷運轉乘的非家旅次，以商業及休閒活動為目的</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>中午時段自學校及工作地點外出用餐並返回原處的運動行為</li> <li>自捷運場站出發，向外從事某些活動後再返回原處的運動行為</li> </ul>

## 二、意涵探討

經由前述的分析結果與討論，本文在此提出此研究的重要發現，以延伸研究成果的學術意涵，並且嘗試銜接目前公共自行車使用特性之相關文獻的研究缺口：

### （一）公共自行車旅次之借還行為類型對整體借還現象之理解影響甚巨。

從研究成果中可發現，在用以分離使用情境的三個分類面向中，旅次的借還行為類型（一般借還、長時借還、原地借還）影響公共自行車借還時空特性的理解最為明顯，其次為旅次發生之型態（旅次產生或旅次吸引），最後為借還的時間背景（平日或假日）。此現象體現在各使用情境之基本使用型態的數量選擇、各基本使用型態的時序分佈與空間分佈，乃至於站點區位因素的影響。造成此結果的可能原因是，借還行為類型反映了個別旅次的目的以及潛在的使用族群，從最根本處影響了交通行為的表現；站點之旅次產生與吸引則關乎人類生活機能的空間分佈，亦很大程度影響了旅次分佈的狀況；而以平日／假日區分使用自行車的時間背景可能難以反映出現代複雜多元的生活型態，致使影響較為薄弱。

本研究提出之旅次借還行為類型係建立在個別旅次的租用時間長度、移動距離及平均速度等屬性中。這些屬性通常只有在以個體旅次層級為主的研究才會被充分考量，而其他同以站點層級為主的研究通常較少列入分析。然而公共自行車的使用者可以非常自由地決定騎乘的時間與歸還車輛的站點，因而產生長時間租用或是歸還於原站的特殊行為。此一現象罕見於其他公共運具，加深了這些行為屬性對分析結果的影響程度，在分析公共自行車的使用行為時不得不重視。

是以，本研究在沿用過去文獻所建立的分析架構時，嘗試通盤地考量公共自行車借還使用的時空間屬性。透過文獻回顧，本文發現其借還行為的時空屬性除了時序與空間之分佈，亦包含使用者租賃的時間長度與移動距離，前者多用於站點尺度分析之研究，後者則普遍為個體旅次之分析研究所用。在此基礎上，本研究擬定了一系列的

分析策略以完整掌握上述時空屬性，並且發現以租用時長、移動距離等變數所分類的借還行為類型在後續的分析中展現出迥異的特性：各借還行為類型的行為表現、時空分佈及影響因素皆有明顯差異。因此，本研究提出此一論點，並且建議後續相關研究在分析公共自行車之使用特性時將個別旅次之借還行為類型納入考量。

## （二）公共自行車之整體借還現象可以被解構為基本使用型態的疊加結構。

回顧相關文獻，為了理解公共自行車使用的行為規律，將其複雜的整體現象進行歸納與分類是此類型研究的共同目標。過去研究者常以集群分析類聚時序特徵相似的站點，或是透過主成份分析探詢使用資料的潛在結構。然而，使用類聚分析的做法忽略了整體現象中的個體或潛在族群的行為，並且可能出現不易分類的離群站點，或是發現各群落之間趨勢差異不明顯的狀況；而使用主成份分析等工具，其分析結果很有可能包含負值而使研究者難以詮釋其數值意涵。如何能以合適的數學工具分析、描述公共自行車的整體行為模式，是當前相關文獻仍待解決的研究缺口。

在此脈絡下，本研究提出公共自行車「基本使用型態」的概念，嘗試將「歸納公共自行車的基本使用型態」的問題結構引入盲訊號分離的思考框架，並且應用非負矩陣分解的技術求解之。其方法限制分解出的矩陣元素皆不得小於零，規範了時序特徵的疊加僅能以純粹累積的方式構成，讓計算結果能以交通規劃的意涵進行解讀。此外，矩陣分解的使用亦突破了過往類聚分析必須嚴格指派各物件（在此研究即租賃站點）必須隸屬於單一類組的限制。此在分類的意義上如同「軟性」分類，亦即各個租賃站點皆以不同權重大小隸屬於每一個群落之中。應用此技術，本研究嘗試找尋這些租賃站點背後組構出系統整體圖像的基本組成，將整體使用現象「解構」為基本使用型態。

本研究應用了前述的分析架構與方法，輸入各租賃站點借還量的時序分佈作為變數，成功捕捉不同時段的尖峰特性，此一實驗示範了公共自行車基本使用型態的解析流程與其成果的具體面貌。我們或可將公共自行車的使用現象理解為：多個特徵相似

之個體旅次的旅運行為構成一特定使用族群的集體行為，而多種使用族群的集體行為則疊加構成一個租賃站的整體使用現象。

### 三、研究應用與政策建議

透過上述討論，我們已理解公共自行車的借還行為可以租借時長及移動速度等變量進行分類，同時站點的整體使用現象可被視為多個基本使用型態的組合結果。延此論述，本文針對公共自行車系統之相關營運或發展政策，嘗試提出策略建議，期能在提升國內綠色運輸使用的目標下貢獻本研究於實務應用。

#### (一) 以租用時長、移動距離等變數識別通勤旅次，精準訂定差別定價

公共自行車的旅行目的、使用族群多元，若能捕捉特定使用族群的行為特徵即可訂定更加細緻的優惠政策以吸引使用。例如，許多民眾習慣以公共自行車通勤，若系統可識別出通勤目的的借還旅次，即可制定出有利於通勤族群的差別定價，提升該類族群的使用比例。本研究在分析中以租用時長、移動距離等變數分類各個旅次的借還行為，其中「一般借還」旅次展現了通勤運輸的需求。此結果提供了足以有效辨識通勤旅次的分類準則，相關營運單位可據以訂定不同使用族群的票價優惠，以吸引更多通勤族群使用公共自行車。

#### (二) 紿予租賃期間消費優惠，共榮自行車租賃與週邊消費活動

延續上一點建議，本研究亦識別出「長時借還」與「原地借還」等公共自行車才會發生的特殊使用行為，反映出借還之間可能有其他經濟活動產生。此結果顯示公共自行車的借還活動與週邊消費活動可能有密切關係，再加上智慧卡具有可同時用於搭乘公共運輸與支付小額消費的便利性，或可制定適當的優惠策略，鼓勵特定消費族群使用公共自行車，共同提升公共自行車之使用與週邊消費活動。在此前提下，本研究辨識出長時借還與原地借還等使用型態的時序分佈及空間分佈，將可輔助鎖定此類容易產生額外消費活動的時段與租賃站點，在此政策推行時給予相應的資訊。惟須注意

的是，推動此一政策時應避免過多優惠活動可能間接鼓勵使用者持車不還，而違背公共自行車之「共享」精神，故建議此政策需搭配靈活的運補策略以保持足量的自行車週轉，在自行車及停車位供需平衡的前提下給予優惠措施。

### （三）辨識自行車之交通瓶頸地區，檢討站點週邊空間規劃

為利通勤族群使用公共自行車服務，識別出交通瓶頸地段並給予便捷的自行車通勤環境是非常重要的工作。本研究識別之「一般借還」旅次反映出上班、上學的通勤交通流動，此類使用行為訴求快速便捷的運輸服務；而「長時借還」的行為可能代表該起迄站點之間有通勤需求，但其路徑並不便捷，以致使用者花費更多時間才得以抵達。本研究已識別出這兩種借還行為頻繁發生的空間分佈，相關單位可據此盤點可能存在自行車交通瓶頸，檢討其路徑支援自行車使用的便利程度，適度給予自行車支援設施與系統規劃，如自行車專用道、直截暢通的路網規劃、配合自行車騎乘速度的連鎖號誌規劃等。

### （四）不同租賃站點區位條件下的自行車運補策略

本研究將站點整體借還行為分解為不同尖峰時段的旅次發生，可以聚焦於特定時段探討各個區位因素對旅次發生的影響。研究結果顯示不同的站點區位因素會在不同的時間產生或吸引不同的借還行為，相關單位可根據各站點周邊的環境判別可能產生的使用行為與時間分佈，研擬相對應的設站規劃與車輛運補策略。在此針對不同的設站區位條件提出粗略的運補策略建議：

1. 住宅區：該類型土地使用容易於上午尖峰時段產生，並在下午尖峰時段吸引通勤旅次，因此應於上午尖峰維持較多可租借車輛，且於下午尖峰維持較多空閒車位。
2. 學校、商業活動場所：該類型土地使用容易於上午尖峰時段吸引，於下午尖峰時段產生通勤旅次，且於中午時段發生原地借還旅次，因此應於上午尖峰

維持較多空閒車位，於下午尖峰維持較多可租借車輛，並於中午及午後時段密集留意運補需求

3. 休閒遊憩場所：該類型土地使用容易於非通勤尖峰時段誘發旅次發生，因此應於非通勤時段留意運補情況
4. 交通運輸場站：該類型土地使用於全日各時段均容易誘發旅次發生，因此應隨時留意週邊站點的運補需求，並且考慮私有運具的轉乘（如停車場）及步行環境的品質以提升公共自行車的轉乘機會。

此外，本研究提出單一站點的整體借還行為是由不同尖峰時段的旅次發生所加總而成，再考量臺灣之都市型態有高度的土地混合使用，上述之規劃與營運策略應盡可能隨各個站點彈性調整、混合實施。





## 第五章 結論與建議

### 第一節 研究總結

本研究提出了一個理解公共自行車使用行為的分析架構，藉以歸納其借還活動的基本使用型態，並且以線性迴歸模型探討租賃站點週邊區位因素對基本使用型態的影響。此分析架構較以往研究有以下二點特色：

#### 一、設計分類架構以細分各旅次的借還行為，更精確分析站點層級之旅次特性

過往，租用時長、移動距離等個體公共自行車旅次所產生之微觀旅行行為變數較多為個體旅次層級之分析所用，並可從中探索不同類型旅次之間的差異性；然而，以租賃站點為分析對象的巨觀交通行為研究較少將其納入分析架構中，其模型可能損失微觀行為的重要資訊，造成研究上的偏誤。本研究的分析架構係以站點尺度分析公共自行車的旅行特性，但本架構突破了過往同類型研究的限制，利用租用時長、移動距離等個體旅次尺度的變數預先將旅次特性進行分類。此步驟可將特性迥異之借還行為予以分離，如原地借還及長時借還，使本研究架構可分別分析不同類型之旅次，以降低模型內個體旅行行為的異質性。

#### 二、運用非負矩陣分解技術解讀智慧卡資料庫，深入了解都市交通之空間特性

過往研究多以集群分析之手法「分類」出不同交通特性的租賃站點，然此方法難以呈現出單一站點內部的旅行行為差異；本研究則轉以「分解」之思維剖析公共自行車的使用資料，力圖萃取各租賃站點中的異質性。因此，本研究運用盲訊號分離的技術將公共自行車的借還數據解構為數種基本使用型態，以了解公共自行車使用者之集體特性，再進一步探究週邊地區的區位特性，藉由租賃站點之地理資料探究自行車使用與其區位因素的關聯。此研究將公共自行車的使用資料轉譯為都市空間特性的資訊，裨益其資料庫資訊之加值及相關人員對都市特性的分析。

而在實證分析上，本研究取得臺北市之公共自行車系統 YouBike 的營運資料，實際操作本文提出的分析架構，並且分別從時序分佈、空間分佈及租賃站點區位因素的影響等面向探討基本使用型態的性質。本文主要的研究成果可分為兩個面向說明：

### **一、本研究架構可分類不同類型之使用旅次並推論出其使用目的及隱含行為**

本研究在進行租賃站點尺度之分析前，預先將各旅次分類為一般借還、長時借還及原地借還等三種借還行為類型。透過後續的分析，本研究發現此三種借還行為之特性迥異：其借還行為的表現、使用者的組成比例、時空分佈特性皆不同。另透過迴歸分析連結各個基本使用型態的使用量與租賃站點週邊之區位因素，發現顯著影響各個借還行為類型的因素亦有極大差異，以致可以推論出截然不同的旅次目的或隱含行為特徵。例如，原地借還行為通常發生在中午時段之大專院校及商辦區，可推論出其代表了午間休息時段外出用餐的學生及上班族群（詳見表 31）。

### **二、非負矩陣分解之技術可以適切的剖析公共自行車租賃站的借還時空特性**

本研究引入非負矩陣分解技術以分析公共自行車之使用特性，該方法嚴格限制矩陣元素為非負數，致使分析結果自然產生矩陣的稀疏性與正向疊加的特性 (Lee and Seung, 1999)，此數學特性恰好符合公共自行車使用的社會特性：旅次數量恆為正數，分解出的基本使用型態各自集中趨向特定尖峰時段的使用，且其整體使用為各尖峰時段使用的組合。例如：一般借還之使用型態拆解成的五種基本使用型態，可解釋為晨峰、午前、昏峰、晚上及其他等使用時段（詳見表 10）。此工具之特性可協助研究者直觀地描述公共自行車的交通行為，並應用於交通分析之實務需求。

## 第二節 研究貢獻

本研究貢獻前述結論於公共自行車使用行為的知識前緣，增進相關議題的學術理解，並在實務上提供交通與都市計劃領域之規劃者對於自行車相關政策的決策依據。以下將以學術及實務兩方面，論述本研究成果的具體貢獻。

### 一、學術貢獻

根據文獻回顧中所列舉之文獻評析，本文沿襲並修改過去相關研究的分析架構，獲得以下分析成果，是為本研究於此學術脈絡上的突破：

- (一) 在站點層級的分析下引入租借時長、移動距離等變數，將借還行為分類，減少分析的雜訊並增加分析的精確度。
- (二) 以分解的概念取代分類以解析租賃站點的整體借還活動，並且測試非負矩陣分解技術於此議題的適用性。

### 二、實務貢獻

本文期以增進公共自行車與整體公共運輸系統使用量為目標，貢獻本研究結論於實務制度。本研究之主要實務貢獻係從公共交通系統之資料庫中萃取出具參考價值之旅行行為資訊，透過此一資訊之揭露可裨益各部門對都市特性進行分析，從而推動更符合實際需求的公共交通政策。據此，本文提出相關的政策建議如下：

- (一) 針對不同使用族群與借還行為之時空特性，以精準的優惠策略增加吸引力，例如：針對通勤族群的差別定價，以及搭配週邊消費活動的聯合優惠政策。
- (二) 依據不同的站點區位條件，施行相應的公共自行車運行策略，例如：辨識並打通可能產生的交通瓶頸，以及應對不同區位條件的運補計畫。

### 第三節 後續研究建議

本研究受到了時間、資料取得、分析技術等種種資源的限制，部分議題未能完善處理，在此提出本研究中有待突破之限制以及可能得以繼續延伸的探討面向，以供後續研究參考。

#### 一、去識別化之旅次資料的限制

本研究所取得的公共自行車之旅次使用資料經過完全去識別化的處理，使個別旅次紀錄完全獨立，無法追蹤同一使用者（無論具名或匿名）之連續的借還行為或是與其他公共運輸工具的轉乘行為。若能使用電子票證（如悠遊卡、一卡通等智慧卡）的旅次資訊，即可透過（匿名）卡號串連多個旅次，理解其連續行為或轉乘特性。輔以本研究之分析架構應可創造更大的研究貢獻。

#### 二、以土地使用推論活動可及性的限制

本研究在提出租賃站點區位因素時，以國土利用調查成果之資訊判別各活動類型對應的土地使用，然部分活動所對應的土地使用有高度重疊的現象。例如「零售批發(050101)」之土地使用可同時支援工作、購物、飲食、社交及休閒娛樂等多項活動類型，此狀況並非來自於土地的高度混合使用，而是因為單從土地使用無法得知其業種業態資訊。若能取得更加精緻的業種業態資訊或以興趣點 (point of interest, POI) 資訊作為輔助，本研究架構中活動可及性因素的變數建立將會更加精準，減少可能之誤差。

## 參考文獻

1. 王少谷（2015）。公共自行車租用與都市土地使用型態關聯性之探討（碩士論文）。取自 Airiti Library 華藝線上圖書館。
2. 白詩榮（2017）臺北公共自行車使用行為特性分析與友善環境建構之研究（碩士論文）。取自 <http://nccur.lib.nccu.edu.tw/handle/140.119/64389>
3. 交通部運輸研究所（2019）。2020 年版運輸政策白皮書。
4. 李亭儀（2016）。探討混合使用發展對於混合使用之影響—以臺南市為例（碩士論文）。取自 Airiti Library 華藝線上圖書館。
5. 凌瑞賢（2004）。運輸規劃原理與實務（第二版）。鼎漢國際工程顧問。
6. 臺北市政府交通局（2015 年 3 月 23 日）。YouBike 設站有準則 今後選點標準一致。【新聞稿】2020 年 8 月 15 日，取自 [https://www.dot.gov.taipei/News\\_Content.aspx?n=D739A9F6B5C0AB95&sms=72544237BBE4C5F6&s=9D0009D2FE920FAD](https://www.dot.gov.taipei/News_Content.aspx?n=D739A9F6B5C0AB95&sms=72544237BBE4C5F6&s=9D0009D2FE920FAD)
7. 臺北市政府交通局（2018）。臺北市政府交通政策白皮書。
8. 劉鴻錡（2017）。建成環境對公共自行車使用時空型態之影響（碩士論文）。取自 Airiti Library 華藝線上圖書館。
9. 蕭金財、蔡瑞彬、陳宇文、張良正、陳祐誠（2015）。應用獨立成分分析法分離地下水位成份之研究—以蘭陽平原為例。中國土木水利工程學，27(4)，345-355。
10. 鍾智林、黃晏珊（2016）。開放式數據為基礎之公共自行車營運特性分析：以臺北 YouBike 為例。運輸學刊，28(4)，455-478。
11. YouBike（無日期）關於 YouBike。2020 年 8 月 15 日，取自 <https://taipei.youbike.com.tw/about/youbike>
12. Austwick, M. Z., O'Brien, O., Strano, E., & Viana, M. (2013). The structure of spatial networks and communities in bicycle sharing systems. *PloS one*, 8(9), e74685.
13. Bordagaray, M., dell'Olio, L., Fonzone, A., & Ibeas, Á. (2016). Capturing the conditions that introduce systematic variation in bike-sharing travel behavior using data mining techniques. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 71, 231-248.

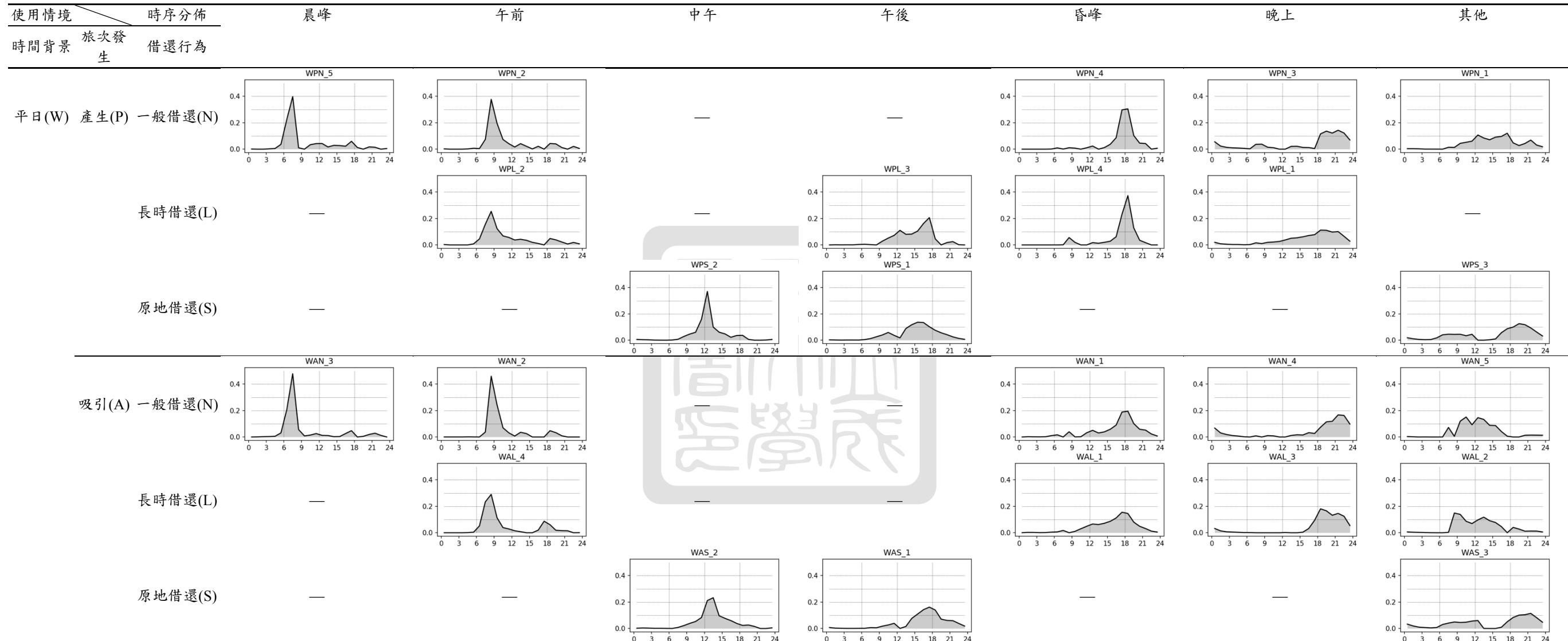
14. Borgnat, P., Abry, P., Flandrin, P., Robardet, C., Rouquier, J.-B., & Fleury, E. (2011). Shared bicycles in a city: A signal processing and data analysis perspective. *Advances in Complex Systems*, 14(03), 415-438.
15. Brail, R. K., & Chapin, F. S. (1973). Activity Patterns of Urban Residents. *Environment and Behavior*, 5(2), 163-190. doi:10.1177/001391657300500203
16. Castiglione, J., Bradley, M., & Glibe, J. (2014). *Activity-Based Travel Demand Models: A Primer*. Washington, DC: The National Academies Press.
17. Choi, S., Cichocki, A., Park, H.-M., & Lee, S.-Y. (2005). Blind source separation and independent component analysis: A review. *Neural Information Processing-Letters and Reviews*, 6(1), 1-57.
18. Faghih-Imani, A., Eluru, N., El-Geneidy, A. M., Rabbat, M., & Haq, U. (2014). How land-use and urban form impact bicycle flows: evidence from the bicycle-sharing system (BIXI) in Montreal. *Journal of Transport Geography*, 41, 306-314.
19. Fishman, E. (2015). Bikeshare: A Review of Recent Literature. *Transport Reviews*, 36(1), 92-113. doi:10.1080/01441647.2015.1033036
20. Froehlich, J., Neumann, J., & Oliver, N. (2008). Measuring the pulse of the city through shared bicycle programs. *Proc. of UrbanSense08*, 16-20.
21. Hägerstrand, T. (1970). What about people in regional science? *Papers in Regional Science*, 24(1), 7-24.
22. Lathia, N., Ahmed, S., & Capra, L. (2012). Measuring the impact of opening the London shared bicycle scheme to casual users. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 22, 88-102. doi:<https://doi.org/10.1016/j.trc.2011.12.004>
23. Lee, D. D., & Seung, H. S. (1999). Learning the parts of objects by non-negative matrix factorization. *Nature*, 401(6755), 788-791. doi:10.1038/44565
24. Li, T., Sun, D., Jing, P., & Yang, K. (2018). Smart Card Data Mining of Public Transport Destination: A Literature Review. *Information*, 9(1), 18. doi:10.3390/info9010018
25. Liu, H.-C., & Lin, J.-J. (2019). Associations of built environments with spatiotemporal patterns of public bicycle use. *Journal of Transport Geography*, 74, 299-312. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2018.12.010>

26. Midgley, P. (2009). The role of smart bike-sharing systems in urban mobility. *Journeys*, 2(1), 23-31.
27. Munoz-Mendez, F., Klemmer, K., Han, K., & Jarvis, S. (2018). Community structures, interactions and dynamics in London's bicycle sharing network. *arXiv preprint arXiv:1804.05584*.
28. O'Brien, O., Cheshire, J., & Batty, M. (2014). Mining bicycle sharing data for generating insights into sustainable transport systems. *Journal of Transport Geography*, 34, 262-273. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2013.06.007>
29. Paatero, P., & Tapper, U. (1994). Positive matrix factorization: A non-negative factor model with optimal utilization of error estimates of data values. *Environmetrics*, 5(2), 111-126.
30. Pearson, K. (1901). LIII. On lines and planes of closest fit to systems of points in space. *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*, 2(11), 559-572. doi:[10.1080/14786440109462720](https://doi.org/10.1080/14786440109462720)
31. Pedregosa, F., Varoquaux, G., Gramfort, A., Michel, V., Thirion, B., Grisel, O., . . . Dubourg, V. (2011). Scikit-learn: Machine learning in Python. *Journal of machine learning research*, 12(Oct), 2825-2830.
32. Poussevin, M., Tonnelier, E., Baskiotis, N., Guigue, V., & Gallinari, P. (2015). Mining ticketing logs for usage characterization with nonnegative matrix factorization *Big Data Analytics in the Social and Ubiquitous Context* (pp. 147-164): Springer.
33. Romanillos, G., Zaltz Austwick, M., Ettema, D., & De Kruijf, J. (2015). Big Data and Cycling. *Transport Reviews*, 36(1), 114-133. doi:[10.1080/01441647.2015.1084067](https://doi.org/10.1080/01441647.2015.1084067)
34. Seabold, S., & Perktold, J. (2010). *Statsmodels: Econometric and statistical modeling with python*. Paper presented at the Proceedings of the 9th Python in Science Conference.
35. Shaheen, S., Guzman, S., & Zhang, H. (2010). Bikesharing in Europe, the Americas, and Asia: past, present, and future. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*(2143), 159-167.
36. Shi, X., Lv, F., Seng, D., Xing, B., & Chen, J. (2019). Exploring the Evolutionary Patterns of Urban Activity Areas Based on Origin-Destination Data. *IEEE Access*, 7, 20416-20431.

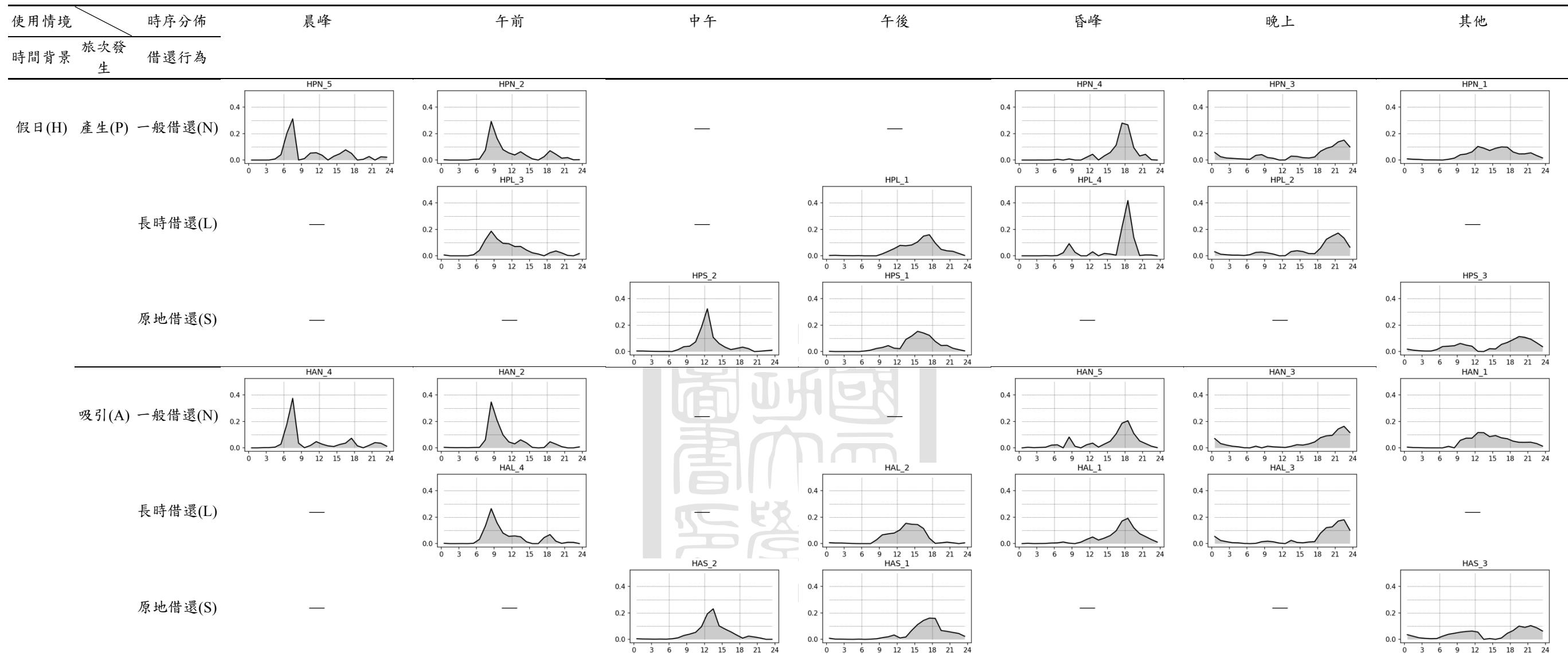
37. Stone, J. V. (2004). *Independent component analysis: a tutorial introduction*: MIT press.
38. Tan, P.-N. (2007). *Introduction to data mining*: Pearson Education India.
39. Vogel, P., Greiser, T., & Mattfeld, D. C. (2011). Understanding bike-sharing systems using data mining: Exploring activity patterns. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 20, 514-523.
40. Wei, S., Xu, J., & Ma, H. (2019). Exploring public bicycle network structure based on complex network theory and shortest path analysis: the public bicycle system in Yixing, China. *Transportation Planning and Technology*, 1-15.
41. Wong, J.-T., & Cheng, C.-Y. (2015). Exploring activity patterns of the taipei public bikesharing system. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 11, 1012-1028.
42. Wu, Y.-H., Kang, L., Hsu, Y.-T., & Wang, P.-C. (2019). Exploring trip characteristics of bike-sharing system uses: Effects of land-use patterns and pricing scheme change. *International Journal of Transportation Science and Technology*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijtst.2019.05.003>
43. Xu, Y., Chen, D., Zhang, X., Tu, W., Chen, Y., Shen, Y., & Ratti, C. (2019). Unravel the landscape and pulses of cycling activities from a dockless bike-sharing system. *Computers, Environment and Urban Systems*, 75, 184-203.
44. Yue, Y., Lan, T., Yeh, A. G., & Li, Q.-Q. (2014). Zooming into individuals to understand the collective: A review of trajectory-based travel behaviour studies. *Travel Behaviour and Society*, 1(2), 69-78.
45. Zhang, Y., Brussel, M. J., Thomas, T., & van Maarseveen, M. F. (2018). Mining bike-sharing travel behavior data: An investigation into trip chains and transition activities. *Computers, Environment and Urban Systems*, 69, 39-50.
46. Zhou, X. (2015). Understanding Spatiotemporal Patterns of Biking Behavior by Analyzing Massive Bike Sharing Data in Chicago. *PloS one*, 10(10), e0137922. doi:[10.1371/journal.pone.0137922](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0137922)

## 附錄

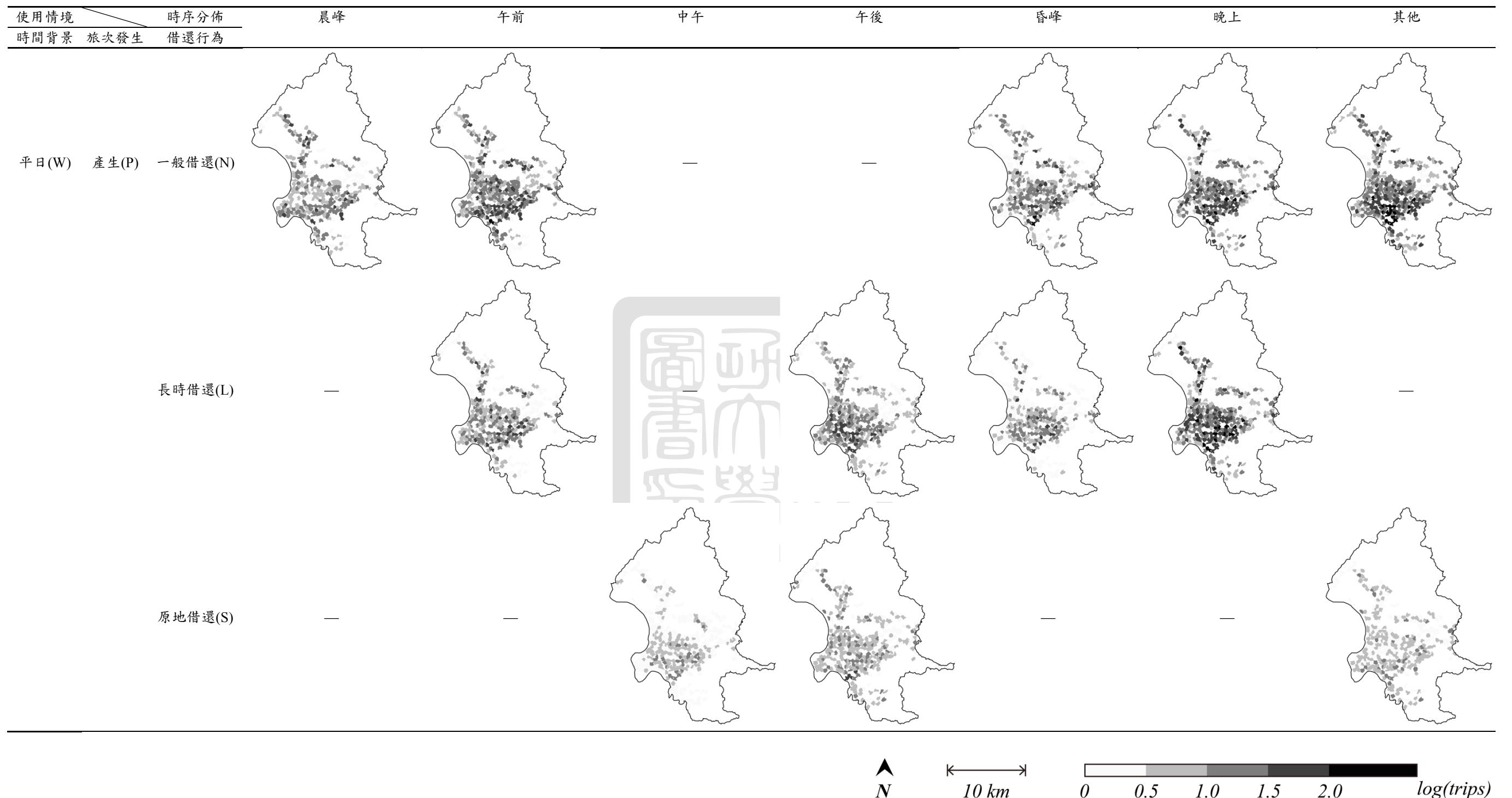
### 附錄一 基本使用型態的時序分佈



## 附錄一 基本使用型態的時序分佈（續）



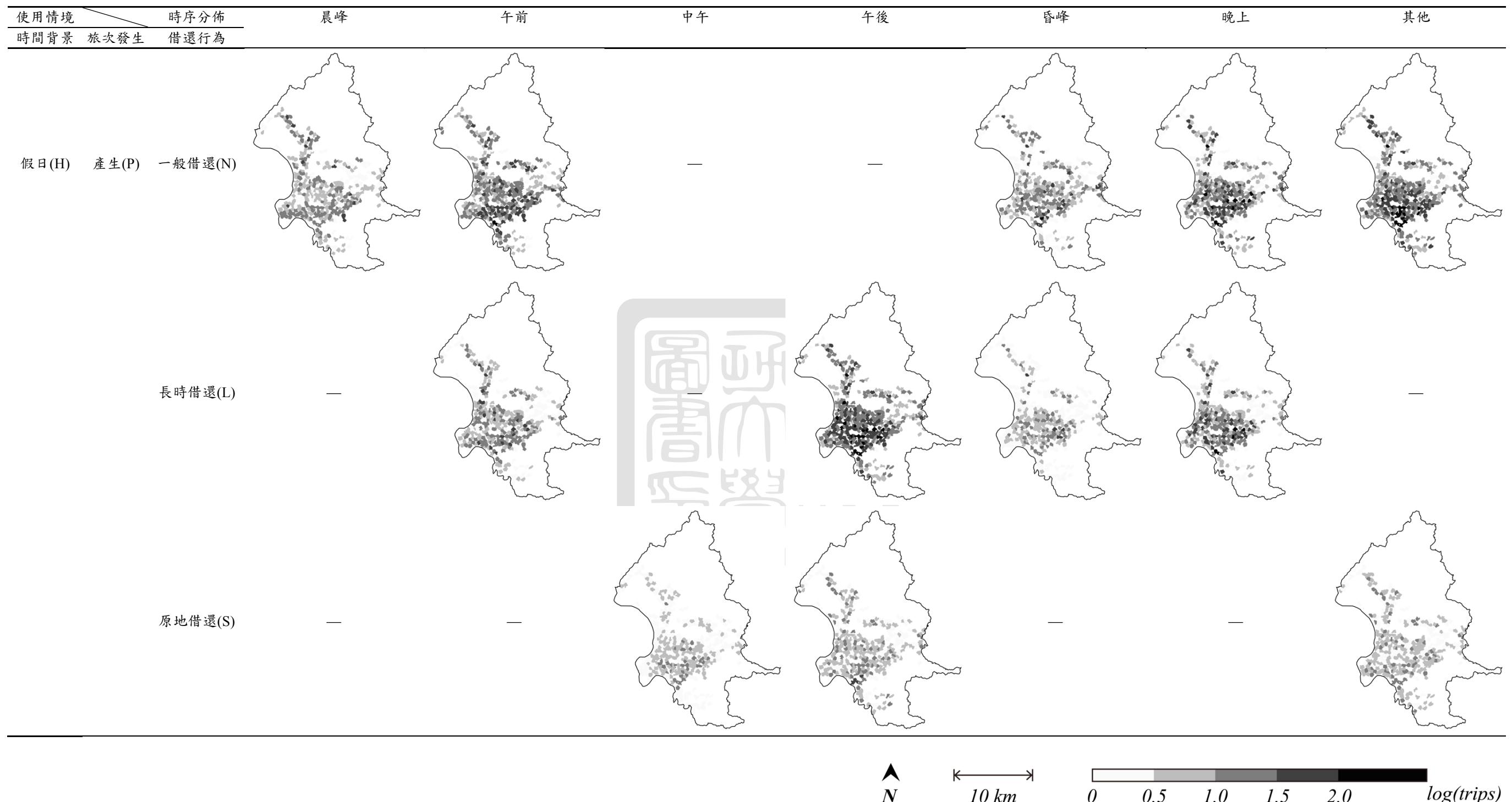
## 附錄二 基本使用型態的空間分佈



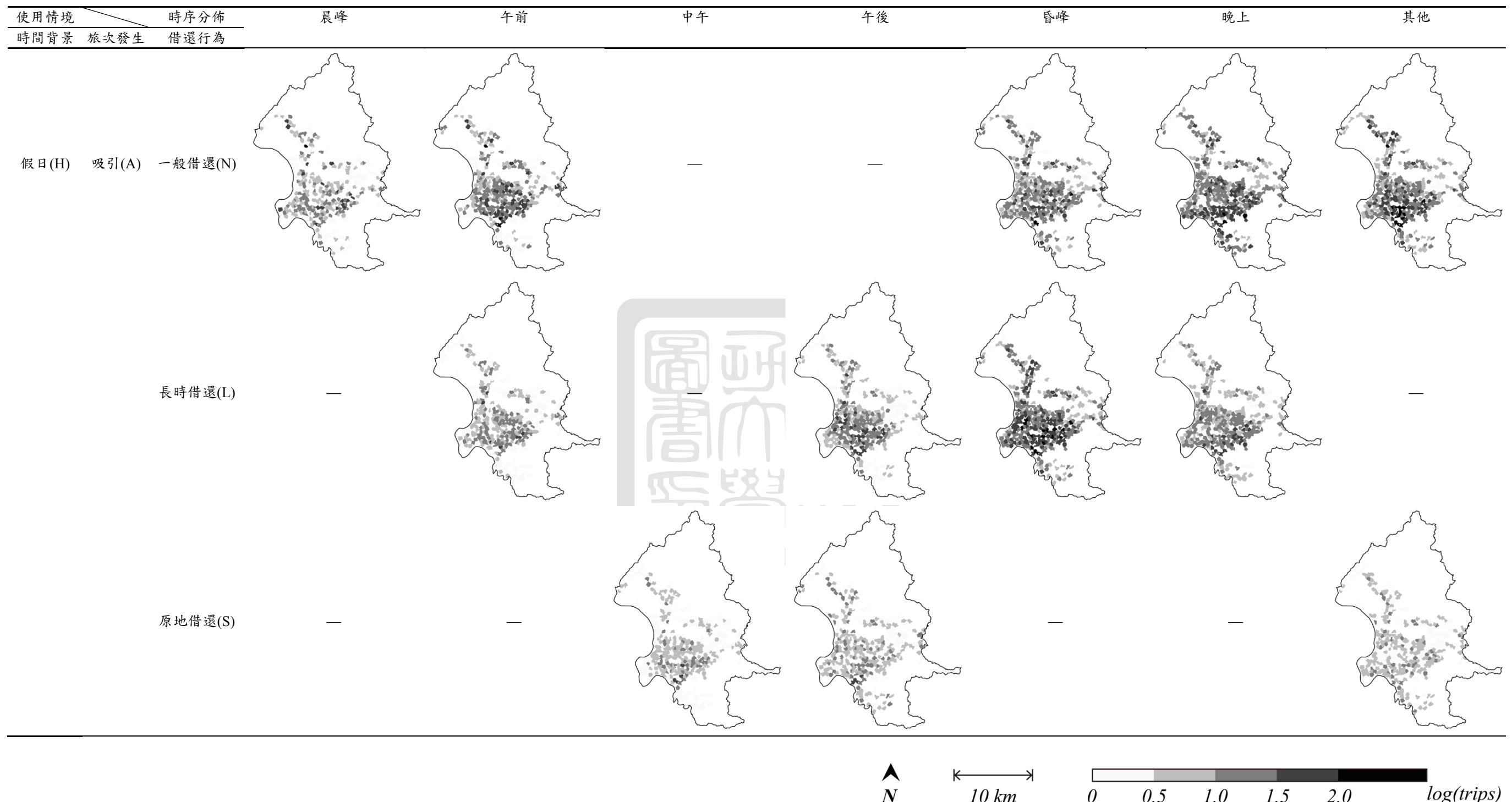
## 附錄二 基本使用型態的空間分佈（續）



## 附錄二 基本使用型態的空間分佈（續）



## 附錄二 基本使用型態的空間分佈（續）



### 附錄三之一 區位因素之迴歸分析校估結果（變數修正前）

			活動可及性												交通易行性						模型適配程度							
			住宅			義務性活動			維持性活動			自主性活動			其他		公共自行車		城際公共運輸		區內公共運輸		私有機動運具		R-square	adj. R-square	F-value	F-test
			工作	中小學	大專院校	醫療	購物	個人事務	飲食	社交	休閒娛樂			服務規模	服務密度	高鐵	臺鐵	捷運	公車	汽機車	道路							
一般借還(N)	平日(W)	產生(P)	午後 WPN_1	-0.840	-1.966	0.516	11.996***	0.329	-21.514	1.121	22.235	-1.472	1.581	-2.878*	0.549***	-0.048	0.188	-0.060	9.165***	0.291	0.447	1.028	0.618	0.599	32.19	***		
		吸引(A)	午前 WPN_2	1.500***	-1.118	0.239	1.772*	-1.351	0.380	0.647	0.402	-0.744	0.495	-1.311	0.404***	0.804	-0.070	0.103***	3.509**	-0.246	0.590*	-1.512*	0.605	0.585	30.50	***		
		晚上 WPN_3	-0.261	-0.516	-0.626	3.247**	-1.930	-3.447	-1.061	7.082	-0.346	-0.206	-3.462***	0.629***	0.558	-0.279*	0.163***	10.884***	0.256	0.462	-2.316**	0.596	0.575	29.32	***			
		昏峰 WPN_4	-1.038***	0.348	0.821	2.614***	-1.080	-1.078	0.962	1.037	0.372	-0.136	0.047	0.302***	-0.822	-0.186*	0.049*	-0.154	-0.246	0.390	-0.531	0.549	0.527	24.24	***			
		晨峰 WPN_5	1.318***	-0.630	-0.490	-0.188	-0.362	46.838**	0.176	-47.054**	-0.568	0.972*	-0.824*	0.176***	0.129	-0.130**	0.090***	-0.308	0.115	0.167	-1.091**	0.632	0.614	34.20	***			
	假日(H)	吸引(A)	昏峰 WAN_1	0.687	-1.303	0.214	5.813***	-1.427	-7.740	-2.042	10.878	-0.714	1.204	-3.747**	0.660***	2.537	-0.198	0.274***	11.604***	0.229	0.234	-1.797	0.578	0.557	27.25	***		
		午前 WAN_2	-1.005***	0.395	-0.063	3.390***	-1.658	-9.559	1.791**	9.609	0.211	-0.483	-0.684	0.304***	0.761	-0.212*	0.034	-0.609	-0.316	0.957***	-0.659	0.580	0.559	27.51	***			
		晨峰 WAN_3	-0.148	0.422	1.135	0.006	0.575	-5.602	-0.099	5.581	0.260	-0.267	-0.735	0.195***	-1.123	-0.128	0.055**	3.68***	0.176	0.053	-0.649	0.451	0.424	16.37	***			
		晚上 WAN_4	2.248***	-1.721***	-0.044	4.436***	-0.572	-34.169	0.935	34.774	-1.009	1.066	-0.390	0.246***	0.372	0.044	1.094	-0.088	0.372	-0.581	0.741	0.728	56.70	***				
		其他 WAN_5	-0.728**	-0.409	0.175	8.040***	-0.872	-8.116	-0.576	8.989	0.818	-0.328	-1.759*	0.271***	1.753	0.111	-0.034	2.407	-0.053	0.336	0.403	0.568	0.547	26.18	***			
長時借還(L)	平日(W)	產生(P)	其他 HPN_1	-0.905	-1.974	0.202	12.519***	-0.161	-23.291	0.395	24.072	-1.181	1.844	-2.867*	0.526***	0.672	0.262	-0.074	9.141***	0.141	0.475	1.210	0.604	0.584	30.30	***		
		午前 HPN_2	1.757***	-1.235	-0.013	2.333**	-1.043	1.974	0.877	-1.558	-0.777	0.815	-0.833	0.353***	0.528	-0.078	0.088**	3.079**	-0.233	0.537*	-1.503*	0.611	0.592	31.26	***			
		晚上 HPN_3	-0.228	-0.553	-0.668	2.444*	-1.751	-5.497	-1.169	9.323	-0.335	-0.175	-3.595***	0.661***	0.500	-0.313*	0.203***	11.678***	0.438	0.408	-2.768**	0.590	0.569	28.64	***			
		昏峰 HPN_4	-0.822***	0.059	0.299	1.179*	-0.229	-0.701	0.916	0.704	-0.117	0.209	0.026	0.245***	-0.585	-0.172**	0.051**	0.757	-0.101	0.214	-0.159	0.541	0.518	23.44	***			
		晨峰 HPN_5	1.158***	-0.587*	-0.268	0.167	-0.298	43.934***	0.197	-44.204***	-0.457	0.832*	-0.597*	0.156***	-0.013	-0.093*	0.069***	-0.515	0.115	0.147	-0.887**	0.674	0.658	41.20	***			
	假日(H)	吸引(A)	其他 HAN_1	-0.658	-1.057	0.298	10.321***	-1.449	-4.811	-1.346	6.278	1.121	0.059	-3.342**	0.497***	2.563	0.140	0.022	8.383***	0.168	0.397	-0.050	0.538	0.515	23.15	***		
		午前 HAN_2	-0.978***	0.308	0.025	4.088***	-1.177	-10.342	1.601*	10.215	0.214	-0.243	-0.931	0.282***	0.881	-0.185	0.023	-0.071	-0.293	0.811***	-0.397	0.566	0.544	25.91	***			
		晚上 HAN_3	2.461***	-1.830***	-0.141	4.520***	-0.589	-37.767	0.921	38.396	-1.020	1.266	-0.449	0.231***	0.904	-0.009	0.051*	0.509	0.065	0.391	-0.934	0.739	0.726	56.44	***			
		晨峰 HAN_4	-0.109	0.413	0.902	0.266	0.664	-4.666	-0.321	4.723	0.319	-0.214	-0.768	0.192***	-1.182	-0.107	0.057***	4.010***	0.200	0.014	-0.696	0.475	0.449	18.02	***			
		昏峰 HAN_5	0.443	-0.658	-0.193	0.916	-1.050	-2.590	-1.539	4.931	-0.734	0.807	-2.291**	0.413***	0.359	-0.125	0.191***	8.007***	0.176	0.144	-1.238	0.570	0.548	26.35	***			
原地借還(S)	平日(W)	產生(P)	晚上 WPL_1	-0.240	-1.189	-1.820	1.565	-1.665	7.186	0.447	-3.510	1.241	-3.944***	0.746***	-2.905	-0.278	0.133**	13.115***	0.352	0.941**	-2.499*	0.617	0.597	32.00	***			
		午前 WPL_2	0.783***	-0.488	-0.904	-0.415	-0.599	-2.018	0.860	2.322	-1.066	0.942	-0.838*	0.162***	-0.342	-0.099	0.053***	3.983***	0.077	0.246	-1.006**	0.572	0.550	26.57	***			
		午後 WPL_3	-0.355*	-0.332	-0.769	0.930*	1.224	-5.518	1.388***	4.237	-1.147	1.702***	-0.943*	0.176***	-2.360**	0.060	-0.035*	3.907***	0.113	0.281	0.629	0.676	0.660	41.49	***			
		晨峰 WPL_4	-0.442***	-0.018	-0.118	0.350	-0.279	3.290	1.294***	-3.279	-0.572	0.078	-0.477	0.196***	-0.420	-0.135**	0.013	2.127***	-0.093	0.367***	-0.417	0.564	0.542	25.73	***			

### 附錄三之二 區位因素之迴歸分析校估結果（變數修正後）

			活動可及性										交通易行性					模型適配程度					
			住宅		義務性活動		維持性活動		自主性活動		其他	公共自行車		城際公共運輸		區內公共運輸		私有機動運具		R-square	adj. R-square	F-value	F-test
			工作	中小學	大專院校	商業活動	休閒活動					服務規模	服務密度	鐵路	捷運	公車	汽機車	道路					
一般借還(N)	平日(W)	產生(P)	午後	WPN_1	-0.611	-1.170	-0.386	11.025***	-0.661	-0.661	-2.968***	0.637***	1.591	-0.018	9.177***	0.459	0.439	3.546**	0.628	0.614	46.21	***	
			午前	WPN_2	1.519***	-1.211**	-0.717	0.693	-0.594	-0.594	-1.382***	0.460***	1.862	0.065***	3.048**	-0.177	0.651**	0.139	0.607	0.593	42.37	***	
			晚上	WPN_3	-0.243	-1.858**	-1.815**	1.795**	0.856	0.856	-2.430***	0.735***	2.303	0.065**	10.491***	0.441	0.652	0.017	0.595	0.580	40.23	***	
			昏峰	WPN_4	-0.893***	0.842*	0.915*	2.612***	1.076***	1.076***	-0.587*	0.313***	-0.138	-0.001	-0.240	-0.236	0.408*	0.084	0.544	0.527	32.67	***	
			晨峰	WPN_5	1.305***	-0.924***	-0.299	-0.020	-0.495**	-0.495**	-0.481**	0.194***	0.812	0.046***	-0.619	0.161	0.210	-0.530	0.621	0.608	45.01	***	
	吸引(A)		昏峰	WAN_1	0.602	-3.044***	-0.502	4.868***	-0.387	-0.387	-2.667***	0.799***	4.225	0.165***	10.459***	0.483	0.459	0.904	0.578	0.563	37.60	***	
			午前	WAN_2	-0.883***	0.715	-0.315	2.964***	1.312***	1.312***	-1.037**	0.327***	1.811	-0.013	-0.504	-0.285	0.996***	0.546	0.572	0.556	36.67	***	
			晨峰	WAN_3	-0.139	0.195	1.172**	-0.009	0.208	0.208	-0.825***	0.231***	-0.615	0.018	3.215***	0.309	0.093	0.019	0.452	0.432	22.66	***	
			晚上	WAN_4	2.355***	-1.032**	-0.958*	3.503***	-0.591	-0.591	-0.956***	0.278***	1.025	0.019	1.039	-0.130	0.338	0.467	0.739	0.730	77.84	***	
			其他	WAN_5	-0.584	-0.503	-0.862	6.936***	0.078	0.078	-1.513***	0.326***	2.496	-0.013	2.332	0.050	0.387	1.657*	0.573	0.557	36.76	***	
假日(H)	產生(P)		其他	HPN_1	-0.692	-1.345	-0.456	11.795***	-0.741	-0.741	-2.810***	0.614***	2.051	-0.018	9.141***	0.295	0.482	3.620**	0.611	0.597	43.04	***	
			午前	HPN_2	1.798***	-1.076*	-0.758	1.499***	-0.562	-0.562	-1.216***	0.402***	1.526	0.051***	2.581*	-0.186	0.573*	0.005	0.611	0.597	43.07	***	
			晚上	HPN_3	-0.207	-2.044**	-1.903**	0.942	0.956	0.956	-2.588***	0.776***	2.447	0.089***	11.258***	0.642	0.599	-0.343	0.589	0.574	39.36	***	
			昏峰	HPN_4	-0.707***	0.529	0.474	1.289***	0.761***	0.761***	-0.575**	0.256***	0.064	0.004	0.647	-0.081	0.214	0.358	0.536	0.520	31.74	***	
			晨峰	HPN_5	1.167***	-0.720***	-0.155	0.266	-0.489**	-0.489**	-0.419**	0.170***	0.580	0.036***	-0.786	0.153	0.175	-0.420	0.665	0.653	54.41	***	
	吸引(A)		其他	HAN_1	-0.500	-1.657	-1.306	8.603***	-0.348	-0.348	-2.698***	0.608***	3.951	0.031	7.834***	0.380	0.522	2.387	0.544	0.528	32.74	***	
			午前	HAN_2	-0.850**	0.610	-0.082	3.834***	1.196***	1.196***	-1.133***	0.308***	1.922	-0.017	0.041	-0.243	0.845***	0.781	0.562	0.547	35.26	***	
			晚上	HAN_3	2.548***	-1.283**	-0.960*	3.680***	-0.496	-0.496	-0.848**	0.263***	1.583	0.034**	0.447	0.005	0.364	0.053	0.737	0.727	76.88	***	
			晨峰	HAN_4	-0.114	0.074	0.979*	0.297	0.198	0.198	-0.807***	0.230***	-0.719	0.023*	3.522***	0.338	0.059	-0.048	0.477	0.457	24.97	***	
			昏峰	HAN_5	0.332	-1.994***	-0.398	0.541	-0.183	-0.183	-1.540***	0.500***	1.291	0.119***	7.276***	0.337	0.303	0.405	0.567	0.551	35.88	***	
長時借還(L)	平日(W)	產生(P)	晚上	WPL_1	-0.148	-2.015**	-2.299**	0.781	1.360**	1.360**	-3.041***	0.852***	-0.483	0.045	13.275***	0.525	1.084**	0.350	0.623	0.609	45.25	***	
			午前	WPL_2	0.777***	-0.587*	-0.640	-0.264	0.098	0.098	-1.029***	0.200***	0.495	0.024**	3.852***	0.140	0.279	0.175	0.576	0.560	37.20	***	
			午後	WPL_3	-0.271	0.230	0.451	2.125***	0.107	0.107	-1.273***	0.202***	-1.612	-0.013	4.012***	0.229	0.245	1.640***	0.680	0.668	58.15	***	
			晨峰	WPL_4	-0.376**	0.319	-0.153	0.238	0.446**	0.446**	-0.749***	0.210***	0.294	-0.014	2.152***	-0.053	0.373***	0.338	0.556	0.540	34.40	***	
	吸引(A)		昏峰	WAL_1	0.080	-1.320*	-0.999	1.193*	1.104**	1.104**	-2.477***	0.617***	-1.298	0.048**	11.915***	0.696*	0.526	0.282	0.660	0.648	53.30	***	
			其他	WAL_2	-0.251	0.259	-1.100***	1.972***	0.607**	0.607**	-0.898***	0.176***	-0.215	-0.019*	-0.027	-0.136	0.789***	1.19**	0.652	0.639	51.36	***	
			晚上	WAL_3	1.539***	-0.865**	-0.662	1.318***	0.254	0.254	-1.036***	0.229***	0.527	0.025**	1.749*	-0.007	0.367*	0.330	0.720	0.710	70.51	***	
			午前	WAL_4	0.009	0.209	0.208	0.338*	0.296*	0.296*	-0.316**	0.076***	-0.194	0.003	0.243	0.063	0.184*	0.162	0.484	0.465	25.71	***	
			吸引(A)	HPL_1	-0.646	-0.58																	