

國立臺灣大學理學院地理環境資源學系暨研究所

碩士論文

Department of Geography

College of Science

National Taiwan University

Master Thesis

城市公共自行車使用量與建成環境的關係分析

The Relation between Urban Built Environment and Public
Bicycle Usage

沙昱

Yu Sha

指導教授：蔡博文 博士

Advisor: Bor-Wen Tsai, Ph.D.

中華民國 108 年 1 月

Jan, 2019

國立臺灣大學碩士學位論文
口試委員會審定書

城市公共自行車使用量與建成環境的關係分析
The Relation between Urban Built Environment and Public
Bicycle Usage

本論文係沙昱君（R05008022）在國立臺灣大學地理環境資源學系、所完成之碩士學位論文，於民國 107 年 07 月 20 日承下列考試委員審查通過及口試及格，特此證明。是

口試委員：

蔡博文

（簽名）

指導教授）
沙昱君

洪榮昌

謝誌



能完成這篇文章，我需要感謝我的父母、導師、朋友和自己。

首先是我的父母，因為你們一直以來都非常支持我往上讀書深造。父親您是一個非常頭腦和高瞻遠矚的教授，這點可以從您在網際網路最初興起的時就幫助別人建構網站、從小教我下棋和編程以及這些年來不勝枚舉的中歐合作計劃中體現；母親您則是善良和奉獻的典範，您花了許多時間、精力在我和我父親身上，用您的愛與包容促進了我們一家的和睦相處。我非常感謝你們為我所做的付出，儘管家庭中對於威權和民主、執著和變通的討論一直都有，但沒有你們自始至終對我含辛茹苦的愛和鼓勵，我是不能順利地從台灣大學畢業的。

其次是我的導師蔡博文先生，在107年的夏天我們研究室有六位同學口試，每個人都得到了老師充分的關照。感謝您在地理信息和公民參與上深厚的底蘊，使得您給我們研究生的意見都很有價值。在這兩年來例行的組會報告中，謝謝您陪我們很久，認真聽完各自的報告，給我們許多相關研究議題的進展和意見，這是我覺得我在這段學習日子裡收穫最多的地方。

再來是我的朋友，不可否認在台大的這兩年我生活得很快樂，因為我交了上百位來自五湖四海的好朋友，我能完成這篇論文與你們給我的支持和陪伴是分不開的。有些朋友可以給我有關論文的想法，有些朋友教我統計的知識；你們都是充滿溫度的人，有與我無話不說的逸倫，陪我一起工作鏖戰到天亮的張帆，大家帶給我的鼓勵給了我追繼續尋夢想的勇氣。

最後我一定要感謝我自己。教育，就是用老師交給我的一些工具去尋找夢想，要是失敗了也不要氣餒，要是成功了也要先謙虛，我十分認同這句話。非常慶幸我利用好了這得來不易的學習的機會，探索了地理信息、資料探勘、計算機視覺這些領域，在這片資訊最開放的土地上，思維得到了長足的啟發和進步。

綜合這些，我真誠地十分感謝這些年以來相處過的父母、老師、朋友和自己，在此分享這份喜悅給所有人，謝謝大家！

中文摘要



公共自行車作為城市公共綠色交通工具，因為其短期租賃、健康、便捷的特性，滿足了許多民眾短距離活動的需求，也減輕了一部分環境污染並緩解了城市中其他交通運具的交通負擔。但在提供給大眾便利的同時也帶來了資源分配不均、過度使用或過少使用這類的現實問題，所以關於公共自行車使用量的影響因素的研究可以幫助我們更好地瞭解在不同的環境下公共自行車的使用量，進而更好地規劃和分配停車樁和車輛的數目。過往對於公共自行車的研究，比較多集中在基本歷史發展、選址方案和時空分佈等課題，但對於使用者、自然條件和交通條件等影響因數，以及對應的資料時間跨度不夠全面的問題，過往的研究相對較少。

本論文的研究目的是瞭解建成環境對於公共自行車使用量的影響，以美國紐約市的花旗公共自行車作為研究案例，使用 2017 年 1 月至 12 月完整一年內之每一筆租借資料進行分析，找到各個建成環境因數對於使用量影響的強弱關係。首先透過文獻回顧，探討以往的建成環境對於公共自行車使用的影響因數，而後取得民眾使用公共自行車騎行的時空資料，並借助政府的開放資料取得建成環境所需之資料；接著整理和總結文獻回顧中所提出之影響因數提出假說，並經由地理資訊系統的空間分析的方法構建成環境模型並將資料賦予各個公共自行車站點，以多元回歸的方式對不同建成環境下的自行車使用量進行分析，發現對於公共自行車的使用，建成環境變數中，商業區面積、主要道路長度、自行車道路長度、附近地標建築數量、距離學校距離、興趣點個數、1200 公尺內公共自行車站個數和停車場個數會帶來大幅度的正向影響，居住密度、附近高中個數、自行車道路長度和距離公交車站距離則是小幅度的正向影響，而附近的長椅的分佈會帶來負向影響作用。另外，在天氣控制變數中的氣溫會對使用量產生正向影響，降雪和風速大小則會帶來負向影響作用。

關鍵詞：建成環境、自發式地理資訊、公共自行車、多元回歸

Abstract



Public bicycles, as urban public green transport, have met the needs of many people for short-distance activities because of their “short-term lease”, health, and convenience characteristics, and also reduced the problem of some environmental pollution and the traffic burden of other transport vehicles in the city. In the previous studies of public bicycles, most of them were focused on basic historical development, site selection plans, and spatial and temporal distribution. The impact factors were concentrated on users, natural conditions, and traffic conditions. There were factors for consideration and selection. The time span of the user profile is not comprehensive enough.

The purpose of this research study is to understand the impact of built environment on the use of public bicycles, using the Citi Public Bicycle in New York City as a research case, and using each rental data from January to December 2017 to analyze, find The impact of each built environmental factor on the impact of usage. First, through a literature review, the impact of the built environment on the use of public bicycles was investigated. Then, spontaneous geo-information was used to obtain the space-time data of citizens using public bicycles to ride and use the government's open data to obtain the information needed for the built environment. Then, after collating and summarizing the impact factors proposed in the literature review, we put forward a theoretical hypothesis and built a built environment model through spatial analysis of geographic information systems and assigned the data to various public bicycle sites in a multiple regression approaches to different built-up environments. The amount of bicycle use was analyzed and its important impact factors were found. Finally, the theoretical hypothesis was verified and the impact of the built environment on the use of public bicycles was explored.

Key words: built environment, spontaneous geographic information, public bicycle, multiple regression.

目錄



論文口試委員審定書	I
謝誌	II
中文摘要	III
ABSTRACT	IV
第一章 緒論	1
第一節 研究動機與背景	1
第二節 研究目的	4
第二章 文獻回顧	5
第一節 自發式地理資訊	5
第二節 建成環境與公共自行車之間的關係	11
第三章 研究方法	23
第一節 研究架構	25
第二節 資料的採集和整理	28
第三節 研究假設	46
第四節 分析方法	49
第五節 研究限制	52
第四章 研究成果及討論	53
第一節 探索性分析	53
第二節 建成環境對公共自行車使用量的影響	56
第三節 控制變數分析	64
第五章 結論與後續建議	72
第一節 結論	72
第二節 後續研究	75
參考文獻	77

圖目錄



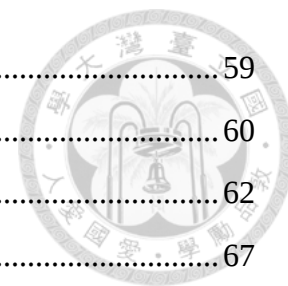
圖 3-1 研究架構圖	25
圖 3-2 研究流程圖	27
圖 3-3 研究區範圍圖	28
圖 3-4 研究區內主要自行車道路網	29
圖 3-5 本研究所使用資料之資料關聯表	32
圖 3-6 本研究對於建成環境研究所考量的主要因素	34
圖 3-7 紐約市調查範圍內密度變數圖	37
圖 3-8 紐約市調查範圍內土地使用多樣性變數圖	39
圖 3-9 紐約市調查範圍內都市設計變數圖	41
圖 3-10 紐約市調查範圍內大眾運輸站點距離變數圖	42
圖 3-11 紐約市調查範圍內交通可及性變數圖	43
圖 3-12 紐約市調查範圍內公共自行車系統分佈變數圖	45
圖 4-1 紐約市公共自行車的月均使用量	54
圖 4-2 紐約市公共自行車一周中每天的使用量	54
圖 4-3 紐約市公共自行車在周間和週末不同時間的使用量	55
圖 4-4 建成環境資料盒須圖	58
圖 4-5 顯著變數回歸方程式的回歸診斷	61
圖 4-6 平均高溫和低溫圖	64
圖 4-7 平均月降雨量	65
圖 4-8 平均月降雪量	65
圖 4-9 當日天氣狀況與用量的關係	66

表目錄



表 2-1 VGI 所研究的相關研究領域.....	7
表 2-2 VGI 所採用的相關技術.....	8
表 2-3 建成環境與公共自行車影響關係的文獻整理.....	14
表 2-4 建成環境所研究的公共自行車系統.....	15
表 2-5 建成環境對公共自行車影響的應變數比較表.....	16
表 2-6 建成環境與公共自行車影響中的閾值比較表.....	17
表 2-7 建成環境與公共自行車影響中的自變數比較表.....	18
表 2-8 建成環境與公共自行車影響中的控制變數比較表.....	19
表 2-9 建成環境與公共自行車影響中的分析方法比較表.....	20
表 2-10 環境變數研究結果比較表.....	21
表 2-11 控制變數研究結果比較表.....	22
表 3-1 紐約花旗公共自行車之使用者資料表示例.....	30
表 3-2 紐約市中央公園每日天氣資料.....	31
表 3-3 記錄旅次起始和終止的時間和地點的資料表.....	31
表 3-4 記錄天氣與旅次關係的資料表.....	31
表 3-5 站點每小時使用狀況表.....	32
表 3-6 本研究之資料來源整理表.....	35
表 3-7 建成環境之密度變數資料.....	36
表 3-8 建成環境之土地使用多樣性變數資料.....	38
表 3-9 建成環境之都市設計變數資料.....	40
表 3-10 建成環境之大眾運輸站點距離變數資料.....	41
表 3-11 建成環境之交通可及性變數資料.....	43
表 3-12 建成環境之公共自行車系統分佈變數資料.....	44
表 3-13 個線性回歸和逐步回歸模型比較表.....	51
表 4-1 建成環境資料表.....	57

表 4-2 不同統計模型之間對比表	59
表 4-3 向後回歸模型結果	60
表 4-4 建成環境對公共自行車使用量的實證結果整理表	62
表 4-5 天氣(雨天和晴天)對公共自行車使用量的影響因數分析表	67
表 4-6 天氣(降雪與非降雪)對公共自行車時使用量的影響因數分析表	68
表 4-7 天氣(高溫和低溫)對公共自行車使用量的影響因數分析表	69
表 4-8 不同季節下的影響因數分析表	70
表 4-9 週末與周間影響因數分析表	71



第一章 緒論



本章節以四個部分構成，首先論述本研究研究動機，導出研究目的，接著介紹研究流程和內容，最後說明本研究會使用的研究方法。

第一节 研究動機與背景

在市民的平常生活中，交通通勤是溝通職業地和居住地的媒介；而在城市的運轉中，交通也扮演著連接城市各生產活動要素的角色。而目前因為科技的進步和經濟的發展，世界各國的汽車數量不斷上升，帶給人們帶來便捷的交通聯繫，但也伴隨能源消耗、環境污染和交通擁塞等問題，影響了人們的健康和生活品質。為解決能源消耗問題，目前世界各國家選擇開發更高效的電力系統和使用清潔能源取代傳統的石油作為驅動能源。為解決交通擁堵問題，城市的規劃者們嘗試了不少的解決辦法，有的人建議政府「單雙號限行」，即單號日子城市中只能行駛尾數是單號的車輛，雙號日子城市中只能行駛雙號車輛；也有學者建議對於行駛進城市的私家車徵收「擁堵稅」來緩解交通壓力。近年來，各國開始推動永續發展的概念來應對上述問題。其中的永續運輸 (sustainable transport) 提倡人們使用環保、健康的綠色運輸，鼓勵人們使用公共交通工具，構建環境友好型社會。政府開始看重公共交通的使用和規劃¹，其中公共自行車具有以下優點：1)節能環保：沒有碳排放和能源消耗；2)健康的運動方式：人們前往目的地的交通工具選擇有很多，現代交通工具多力求快速把乘客送往目的地，使用公共自行車對人們來說是一個放鬆的機會也是一個從另一個角度觀察城市的移動方式；3)緩解交通擁堵：相對於速度快體積大的汽車 (在道路上可能會發生擁堵) 和速度慢體積小的步行 (人群流動和疏散的速度慢) 的出行方式，

¹ <https://www.gov.uk/government/news/transport-minister-encourages-people-to-get-on-their-bike-for-cycle-to-work-day>

公共自行車是折中的方式 (Pucker, 2001; Rojas-Rueda, 2012)。綜上所述，公共自行車，或稱共用單車遂成為城市綠色交通的重要角色²。

推行公共自行車對於城市交通來說有積極的意義。一方面其具備公共交通工具的特徵，使用公共自行車作為交通工具，有助於提升公民的環保意識，也可以有效減少資源和道路容量的浪費。另一方面騎行自行車可以在減少資源的消耗的同時放鬆心情、鍛煉身體，所以一經推出便迅速得到了民眾的喜愛。回顧共用自行車的歷史，可以看到從 1965 年荷蘭阿姆斯特丹的「白色自行車計劃」，到 1995 年丹麥哥本哈根的「城市自行車計劃」，再到 2007 年法國巴黎的 Velib 計劃，共用自行車經歷了從無停車樁到有停車樁，從沒有用戶記錄到完整的客戶資訊系統的發展歷程。城市共用自行車因為其實用性、時尚性和便捷性，以及其不斷完善和進步的發展，在這十年間帶動了世界各國人民使用綠色公共交通工具的熱潮。

建成環境是指為了人類活動而建造的人造環境，此處的人造環境既有廣闊性又有聚集性，具備著企業生產、資源消耗和廢物處理等功能，其概念包括了土地使用的密度和混合程度、都市設計、交通狀況等方面。目前已經有大量文獻針對建成環境與旅次行為展開探討，其中 Cervero and Kockelman (1997) 提出 3Ds 概念，包含了發展密度、發展混合程度和對行人友善的都市設計。之後的 Cervero 等在 2009 年提出 5Ds 概念，在原有的三個條件中增加了距離大眾運輸場站距離、訖點的可及性的考量。無疑在這樣的框架下思考建成環境對於旅次行為的影響，可以更全面地瞭解旅次產生的原因。然而，此研究所主要討論的旅次類型是傳統的機動車、公共交通系統、步行、私人自行車等，對於公共自行車的討論有限，並且所涉及的因素也十分有限，因為共用自行車的使用是以一種類似「短期租賃」的共用經濟方式來進行的，一方面，其活動相比較於遵循特定路線的公共汽車和捷運系統更加自由，而且時間上也更加多元化，另一方面，相比較於個人的步行、私人自行車和機動車等交通方式，其活動的目的又不盡相同，所以也會體現出與其他交通工具不同的行為。基於交通

² <https://www.telegraph.co.uk/news/world/china-watch/technology/sharing-bikes-to-promote-green-transport/>

形式的不同，所以在分析建成環境對公共自行車的使用量影響時，採用其他種類交通運具的影響因數強行帶入分析是不可取的。故本研究希望從總體研究取徑出發，透過更加全面地考量建成環境對於公共自行車使用量的影響，以彌補目前研究的不足。



第二节 研究目的



自發式地理資訊(volunteered geographic information, VGI)和開放資料(open data)運用在地理研究上，相比較於傳統的地理學研究，在資料的處理和知識的產生上都有所不同。以往的建成環境對於公共自行車的研究上，存在兩個問題，使用個體研究取徑存在的樣本數量過少的問題和總體研究取徑中現有因數考量不夠全面的問題。而本研究意圖透過實例研究，應用地理資訊技術，對現有的建成環境展開研究，瞭解建成環境與公共自行車使用上的關係。本研究會依據以下研究目標進行：

一、掌握城市尺度下公共自行車在不同時間尺度下的使用量特徵，進而發掘民眾使用公共自行車的週期性規律。

透過城市中總計 780 個公共自行車車站點於一年內所產生的一千七百萬筆旅次資料進行分析，瞭解在不同時間尺度下的城市使用量特徵，進而知道民眾整體對於公共自行車的使用在時間上的規律。

二、掌握城市建成環境因素對於公共自行車使用量的影響關係，為日後增設站點的地段選擇提供依據。

目前城市共用自行車是最近十年來提出的新型共用模式與綠色交通工具，故相關的研究十分有限並處在一個不斷探索和研究的階段。雖然目前對於建成環境影響的探討所包含的面向越來越多，然而其也受制於資料取得的完整性而缺乏更加深入的探討。本研究結合以往的研究文獻，通盤考量建成環境的各個面向，以完整一年的使用資料進行分析，深入探討建成環境對於使用的影響，增進對其使用量產生重要影響的因數的認識，以補足過往研究的不足。

第二章 文獻回顧



本研究主要透過自發式地理資訊分析建成環境對公共自行車的使用的影響，本章第一節會對自發式地理資訊進行文獻回顧，瞭解其特性與應用範疇，以及探討共用經濟與自發式地理資訊的關係；第二節對建成環境與公共自行車的相關文獻進行回顧，評述相關研究在此課題上的貢獻。

第一節 自發式地理資訊

自發式地理資訊是由 Goodchild 在 2007 年提出的概念，指公眾利用資訊網路提供的平台，採集和利用地理資訊，補充專業的地理資料收集的細節和即時性的問題。其中 Web2.0 是由 O'Reilly Media 在一場法國的國際會議中所提出相對於 Web1.0 的概念，在原有的 Web1.0 架構下使用者在網路上的行為以瀏覽和下載為主，而 Web2.0 則多了使用者自發性地上傳和分享資訊的過程，從此網路進入了「使用者生產內容」(User-Generated Content)的時代，而使用者們透過將自己化作為「人體感測器」(Citizen as Sensor)的方式以公民的力量影響了地理學的發展。而這個概念提出所在的時間也恰好是網際網路技術中的網絡服務、定位技術和位置導向服務所興起和發展的黃金年代。在這樣的背景下，VGI 利用 WebGIS 平台和網絡社交媒體的平台產生了大量、成本低廉、資訊量豐富的資料，這些資料的來源和形式相當廣泛，有如 Open Street Map (OSM) 專業性的地圖，有社交媒體的打卡資料 (check-in data)，有帶有地理標籤 (Geotag) 的照片和影片，甚至有一般人使用的地理詞彙等地理資料。而這些新的地理資訊生產及收集方法，產生了新地理學 (Neo-geography) 的概念 (Turner, 2006)，Turner (2006) 認為，這種地理資訊收集在來源、獲取和程式的改變，影響了地理學的研究方法。並且，由於資料反應了民眾的想法和行為包含許多社會科學的議題，導致其在議題和方法上都對傳統地理資訊科學產生了衝擊。從 Web1.0

時代的網際網路服務提供者的角度上來觀察，這些網際網路機構可以透過對這些公眾資料的分析挖掘出社會的需求，進而更好地為公眾提供網絡服務。本論文意圖透過對於公共自行車和環境的資料進行分析，進而找到其中的關聯性，為潛在的選址考量問題提供參考意見。

當下的 VGI 資料可以分為結構化和非結構化的資料，二者之間的差異點在於資料來源的不同。例如：開放街道地圖 (Open Street Map, OSM) 的資料是透過公眾上傳點位、影像和位置資料，而這些資料都是根據 XML 標準化的定義上傳的；而社交網絡媒體 Twitter 或 Facebook 的資料是由地理資訊、文字、照片、影片等多元異質資料組成，來源更廣泛，而且覆蓋的資料也更多元化，處理的過程也更加複雜。故結構化的資料所具有的特點是：專業的網絡平臺、嚴謹的資料上傳規則以及具有一定專業知識的公眾；非結構化的資料則是廣泛的資料來源和巨大的資料量。因為本論文所取得的資料是由公共自行車公司透過嚴謹的資料記錄規則得到的人們的移動資訊，所以使用的資料是結構化資料。

Havlik et al.(2013)認為 VGI 在移動端的作用有三種：查詢現有信息、報告發現和接受特殊資訊。首先，人們可以通過不同機構所提供的服務接受資訊，了解所在地的地理資訊；其次，人們也可以藉助個人的興趣和移動端便利性，將各自所調查的數據進行分享；最後，人們更可以藉助 VGI 接受當地感興趣的和危險的資訊。在應用層面，VGI 可以分為三種：自然災害分析、人類行為分析和地表地圖製作。

Klonner et al. (2016) 對於通過 VGI 技術對災害進行預防和修復的文獻進行了回顧。文章首先對研究主題從文獻資料庫中對相關文獻進行了系統性的回顧(取得 725 篇文獻)，然後進行去重處理(取得 434 篇文獻)，接著根據文獻摘要中 VGI 和區域的災害種類、資料類型、使用者參與程度、參與合作的形式進行了分類處理(得到 86 篇文獻)，最後從這些不同類型的文獻中中提取研究對象、研究區、數據類型等要素進行篩選，獲得 11 篇與 VGI 在災害方面的應用相關的文獻。

Luchetti et al. (2017) 將虛擬現實、群眾地圖、社交網路、物聯網和無線偵測器網路技術結合，提出 VGI 應用在氣候和水文地質保護的 Whistland 計劃。計劃的核心是

地理資訊服務器(GeoData Collector)，服務器與使用者手機和 Twitter 進行相連。民眾可通過手機建立無線偵測器網路，接受以虛擬現實技術呈現的當地水文狀況的歷史資訊，并向服務器端反向更新現況信息。系統也會通過與 Twitter 相連，獲取社群媒體上的相關資訊。在管理端，管理者通過服務器端的資料可視化技術，可以對目前的水溫狀況有更直觀和清楚的掌握。

Sosko 和 Dalyot (2017) 的研究展示了 VGI 通過密集的偵測器和密集的空間分佈，建立可反映附近溫度和相對濕度的信息系統，從而可以對荒地中潛在發生的大火進行提前的預警。

VGI 也可以應用在分析人們的空間活動上，Wang et al. (2016) 利用社交媒體微博上的資料，分析了人們在商場打卡時的位置資料和所在商場的位置資料，而後將這些商圈聚集地的位置和大小帶入胡夫模型(Huff Model)，得到不同商圈的中心和界限，最後分析了顧客訪問這些商圈的可能性、商圈的吸引能力和旅行距離。

在 Heikinheimo (2017) 的研究中，作者將芬蘭的 Instagram 照片打卡地點和國家公園的訪客調查進行對比，以檢視公園服務旅客的有效性。通過這些資料，作者掌握了公園內的熱門景點、旅客的活動、時間序列模式、家鄉和旅行動機，從而補充了傳統對於旅客的調查的缺失。

Fonte et al. (2017) 的研究分析了人們利用 VGI 對地圖進行校正、驗證和證明的行為，以及描述了人們對 OSM 資料轉換成為土地覆蓋資料的過程。這種由下而上的地理資訊相比較傳統資料，增加了地圖的準確性。

根據上表中的內容進行歸納整理，得到以下不同面向的分析：

(1) VGI 所研究的研究領域：

表 2-1 VGI 所研究的相關研究領域

研究領域	研究主題	文獻
自然災害分析	Whistland 計劃	Luchetti <i>et al.</i> (2017)
	荒地大火預警	Sosko & Dalyot (2017)
人類行為分析	社交媒體微博	Wang <i>et al.</i> (2016)
	打卡照片分析	Heikinheimo(2017)
地表地圖製作	OpenStreetMap 地圖	Fonte <i>et al.</i> (2017)

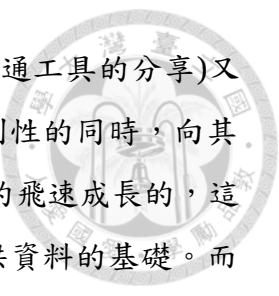


(2) VGI 所採用的相關技術：

表 2-2 VGI 所採用的相關技術

研究主題	相關技術	文獻
Whistland 計劃	虛擬現實、群眾地圖、社群媒體、 物聯網、無線偵測器網路	Luchetti et al. (2017)
荒地大火預警	可感測溫度和濕度的偵測器	Sosko & Dalyot (2017)
社交媒體微博	資料探勘技術、胡夫模型、 社群媒體	Wang et al.(2016)
打卡照片分析	資料探勘技術、社群媒體、 時間序列模型	Heikinheimo (2017)
OpenStreetMap 地圖	地圖校正，偵測器	Fonte et al. (2017)

而目前發展熱絡的共用經濟模式也是鼓勵民眾「以共用代替擁有」，這些企業透過自身的平台和技術，在沒有庫存和生產線的條件下，透過對有限的資源的合理運用和調配決策，對城市的經濟發展發揮了巨大的作用。而相輔相成地來說，城市中的人口、房產和轎車等資源也為這些公司的商業模式所需的勞力、客戶和商品提供了聚集地，進而實現了兩者共贏。但是，城市和平台之間也不絕對是雙贏的局面，但凡是觸動到了既有利益者的利益的行為必定會帶來兩者的對抗和破壞，最明顯的例子就是 Uber 和 Airbnb 這樣的公司，總是不遺餘力地「破舊立新」，前者在未向交通管理單位註冊的情況下，提供取代城市計程車的代駕服務，並且沒有給其簽約司機提供最低收入保障，後者則是在所提供服務的民宿和旅店徵取「旅館稅」（又被稱為短期佔用稅）。這一系列的舉動說明了共用經濟與傳統經濟之間的衝突，以及對現有的交通或旅館工會的挑戰。有學者就共用經濟的問題調查了城市管理者（市長和議員）對於共用經濟的看法，其中 51%的城市可以與共用經濟融洽相處，33%的城市表示關係並不好。從這個角度看，城市對於共用單車的態度也分為兩極，其中城市透過嚴格的法律和執行力可以保護公共的健康、安全 and 社會福利，但由於對資源的可獲得性的困難和即時性的滯後，讓人們的部分需求沒有得到滿足，此時出現的快速方便的共用經濟便剛好成為了解決之道。並且共用經濟公司在城市中還起到了分享



資料、和交通管理部門合作的作用，而這些作用（比如短租房、交通工具的分享）又是政府部門無法向市民提供的。在民眾使用共用經濟所帶來的便利性的同時，向其貢獻了許多有意義的地理資訊。目前巨量資料時代的 VGI 資料量的飛速成長的，這些大量、有組織、資訊多元化的資料能為地理資訊技術的發展提供資料的基礎。而正是由於這些資料本身所具有的自發性、無序性的特點，需要對重複和冗餘的資料進行處理和篩選其資料本身的質量，因為資料的無序性特點所導致異質化程度高的問題也要在資料分析之前就去掉和排除。並且學者們在分析的時候必須考慮到如何在結構化和非結構化資料之間進行取舍，以及研究對非結構化資料進行有效的管理，是當下 VGI 領域研究的重要課題。因此資料前期的處理會是 VGI 資料處理中重要的過程 (Elwood, 2008)，故研究中會對資料進行處理、篩選和清理，以取得可作業之資料。其中本研究所需考量的資料有 2 類，一類是建成環境資料，由政府部門提供，研究會對這類型的資料進行整理和分類，以及在 GIS 中取得每個站點相對應的地理資訊。另一類是民眾使用公共自行車的資料，本研究會對這類型的資料首先進行篩選，剔除站點的坐標有誤差的旅次資料，而後將這些資料存放在資料庫中進行後續的處理。

在現有的網絡技術條件下，本研究會使用地理資訊和開放資料作為主要的分析素材展開分析，以瞭解建成環境對公共自行車使用量的影響。其中「自發式地理資訊」(Volunteered Geographic Information, VGI)是在 Web2.0 架構下，人與網際網路之間雙向產生並分享資訊的方式，人們與網絡服務提供商透過分享彼此的資訊進而相輔相成地獲益。在本研究中，使用者向公共自行車公司分享個人騎行的時空資訊資料，而這些資料帶有記錄其活動的地理位置的空間特性。經營者透過分析這些人群使用公共自行車資料的變化總結出其中的變化，就能理解使用者的傾向，進而提供更好的服務。本研究使用 VGI 資料結合政府開放資料組織所提供之城市地理資料的方式，以總體取徑進行分析，找出建成環境的影響因數，一方面可以透過歷史資料探討公共自行車的使用需求，向經營者提出系統優化的建議；另一方面可以找出影響其使用量的環境因數，以達到滿足社會民眾的使用需求。



透過如上文所述之研究，本研究希望從 VGI 資料出發，整體上研究城市居民在公共自行車的使用上的使用特徵，以描述民眾的出行習慣和興趣時間點。因為民眾出行在個體上可以表現個人的出行習慣和興趣地點，而在群體中則可以描述某城市居民的出行狀況。其中就有不少學者對人類的行為活動進行過探討，Song *et al.*(2010) 和 Gonzalez *et al.*(2008) 認為，雖然人類的移動行為具有很強的主觀性和無序性，人與人之間的生活習慣和出行特徵也不盡相同，但實際上人與人的行為特徵在時空上都具有規律性和相關性，所以人類的移動行為特徵可以透過模型來描述和表達。Han *et al.* (2011) 使用層次地理模型來分析人們的分佈。也有學者對人類行為時間特性的實證分析和建模，從人類行為的統計角度出發，研究了目前人類行為的空間特性並提出模型，還有 Palmer *et al.*(2013) 透過分析人們在每天不同時段的分佈狀況，進而得出居民在時空上的人口分佈。他們都是透過對於城市人群所產生的巨量資料進行分析，在模型的表現上取得了更好的結果。而透過對於公共自行車不同站點中的資料進行分析，也可以得到公共自行車使用者在時間和空間上的分佈特性。在對於城市中人的移動的研究中，目前主流的研究是以自然人的移動作為載體的 OD 資料 (Origin-Destination Data) 以及透過道路為依據的交通節點資料，這兩種資料主要的生產來源分別是各類公共交通工具與志願者和城市交通道路管理部門。其中，第一種資料(OD 資料)可以更好地體現人群的移動方向性，而在獲取居民復雜的移動方向上面作用有限；第二種資料(交通節點資料)在現實不同路段和街道的人流量、車流量變化和城市交通潮汐規律的偵測上具有很強的意義 (Munizaga *et al.*, 2012; Zheng, 2015)。本研究透過對所取得之 OD 資料(車站與車站之間的旅次資料)進行分析，在宏觀的角度上探討整個城市的用車規律性變化，以及在微觀角度瞭解每個站的用車需求和還車需求，進而掌握城市中對於公共自行車使用量的特徵。

第二節 建成環境與公共自行車之間的關係



在交通運輸領域，建成環境對於旅次的影響已經有不少學者做過相關的研究，這些研究主要集中探討了旅次發生、旅次行為的分佈、旅次運具的選擇以及交通量指派上。針對選擇使用自行車作為交通運具的出遊行為，目前已有不少文獻在探討建成環境對於旅次的影響。但公共自行車因為其公共所有、異地還車、按時收費的特性，與傳統的私人的自行車在使用的目的、路程、長度等方面存在著不小的差距。故此問題需要用公共自行車作為研究對象，目前有些學者就針對公共自行車系統作為研究對象，探討建成環境因數對其的影響強度。

公共自行車對人們出行的最大貢獻，在於其透過「短期租賃」的形態滿足了人們的出行需求，相比傳統的公共交通運具，自行車能夠更加自由地規劃行程選擇時間和地點，打破了人們規劃行程以適應既定服務的傳統的公共交通的出行方式。並且藉著星羅棋布的站點，推出了可以「異地還車」的功能，滿足了許多人「最後一哩路」的出行需求。近年來，對公共自行車領域的研究比較多在以下方面：有包括對於公共自行車這一交通行為的描述和使用意向調查，也有使用量化和巨量資料 (Big Data) (Romanillos *et al.*, 2015) 進行分析的研究。其中分析的角度有以下這幾類：使用特徵 (Nikitas *et al.*, 2015; Fishman, 2016; Fishman, 2016; Faghih-Imani *et al.*, 2016)、選址方案 (Chen *et al.*, 2018; Cetinkaya, 2017)、時空分佈 (Saber *et al.*, 2018; Faghih-Imani *et al.*, 2014; Zhou, 2015)、流量預測 (Faghih-Imani *et al.*, 2015; Sarkar *et al.*, 2015)。在影響因數的討論中，主要是在自然條件 (Kim, 2018; Kaplan, 2015;)、交通系統、土地環境等因素 (Faghih-Imani, 2016;)、建成環境對自行車移動的偏好影響 (Mattson & Godavarthy, 2017; Zhao *et al.*, 2014) 這些方面。而對於建成環境的影響的討論則比較少。

Maurer (2011) 觀察了美國明尼蘇達州的 Nice Ride MN 系統，調查分析車站方圓 400 公尺以內的建成環境因素，使用多元線性回歸分析，得到與公園距離近會促進車輛之使用，站點的車位數量、收入、高收入工作機會、零售業工作機會、私有車家

戶比例和多樣通勤工具也對車輛之使用有著正向的影響關係，而對於工作機會和非白人人口則會對車輛的使用有著負面的影響。

Daddio (2012) 也對華盛頓 Capital BikeShare 的用車資料展開分析，其時間範疇選擇在 2011 年 10 月，分析了車站周圍 400 公尺道路距離範圍內的建成環境，使用多元線性回歸分析的方式考量了飯店房間、休閒娛樂場館、零售商店、大學、公園、公車站牌、地鐵站這七大主要要素的數量，以及人口結構、收入和出行習慣等資料，最後找出四個正向影響因數：零售商店、地鐵站、距離市中心距離以及 20-39 歲人口和一個負向影響因數：非白人人口。

Rixey (2013) 選取了美國三個城市的三家公共自行車的第一集資料，方圓 400 公尺距離內建成環境展開分析，其中有美國華盛頓的 Capital BikeShare，丹佛的 Denver Bcycle 以及明尼蘇達的 Nice Ride MN 公共自行車系統，主要考量其人口工作機會、可及性的因數，透過二元線性回歸分析和多元線性回歸分析得到了附近擁有大學校園、自行車道的長度、公車站牌的數量、與自行車車站距離越短、人口數、工作機會和多元化通勤工具這四個正向影響因數和降雨天數和非白人人口這兩個負向影響因數。

Faghih-Imani 等 (2014) 分析了加拿大的蒙特利爾市的方圓 250 公尺內的建成環境對公共自行車使用的影響，選取的時間範圍是 2012 年 4 月 8 月的平均小時流量(包含租借量和歸還量)。重點考量了其建成環境中的交通因素、公共自行車車站因素和交通可及性因素，並根據資料的特性嘗試分析了不同時間段中的人們的旅行需求。其採用多階層線性回歸的方式對資料進行分析，得到了人口密度、地鐵站數量、餐廳數量、自行車車道長度、自行車車站數量、次要道路長度、氣溫這七個正向影響因數，以及主要道路長度、距離中心商業區距離(越近)、降雨量和濕度這四個負向影響因數。

Faghih-Imani & Eluru (2015) 對美國芝加哥的公共自行車進行了分析和觀察，其中主要考量公共自行車系統之鄰近車站距離和停車樁數目、道路的長度和附近設施(公園、商鋪和 CBD)的可及性，並將註冊用戶和非註冊用戶分開進行分析。結果發現，路網距離小、人口密度較低的站使用量更大，註冊用戶和非註冊用戶在使用習

慣上有著明顯的區別。而且發現非註冊用戶更喜歡前往較小容量的車站，而註冊用戶傾向於擁有大停車樁容量的車站。

Wang et al. (2015) 再次分析了美國明尼蘇達的 Nice Ride MN 系統，其使用 2011 年各站點日均借車和還車的總量加總，調查分析了 400 公尺道路距離內的建成環境，採用對數線性回歸分析和負二項回歸分析的方法，分析了車站與河流湖泊、中心商業區 (CBD)、公園、自行車站的最短距離，考量分析其環境周遭的校園、餐廳、大學、道路和輕軌的地理資訊並得出結論。根據其研究結果發現，其與河川湖泊、中心商業區、公園的距離越短，越容易有更多的借車和還車量，而周圍如果有大學校園、道路覆蓋、餐廳、更多的白人人口和工作機會也會增加用車需求，而若是有較高的幼年和老年的人口則會降低公共自行車的使用。以上關於建成環境對於公共自行車使用的影響的文獻部分整理如下表：

表 2-3 建成環境與公共自行車影響關係的文獻整理

文獻	應變數	自變數	建成環境閾值	分析方法
		建成環境變數		
Faghih-Imani (2015)	各站點 2013 年包含超過 750,000 次旅行	附近自行車設施長度	方圓 300 公尺	多項式邏輯模型
		主要道路長度 周圍的站數量 附近公園面積 距離 CBD 距離 自行車道長度		
Maurer (2010)	各站點 2010 年 8 月總結車輛之自然對數	大學校園周邊之娛樂場館數量	方圓 400 公尺	多元線性回歸分析
		距公園最近距離 距地鐵站最近距離 轉乘強度 公車站牌數量 自行車道長度 站點車位數量		
Daddio (2012)	各站點 2011 年 10 月均租借車次之平方根	飯店房間數	400 公尺道路距離	多元線性回歸分析
		休閒娛樂場館數量 零售商店數量 大學數量 公園數量 公車站牌數量 地鐵站數量 自行車道長度 距市中心點的距離		
Rixey (2013)	各系統各站點 2011 年第一季度的月均租借量自然對數	自行車道長度	方圓 400 公尺	二元線性回歸分析 多元線性回歸分析
		公車站牌數量 與其他公共自行車站最近距離 是否有大學 是否有公園		



根據上表中的內容進行歸納整理，得到以下不同面向的分析：

本研究以美國紐約市之花旗公共自行車 (CitiBike) 為研究案例，文獻回顧中所研究之公共自行車的系統也是主要集中在北美，所以在設計建成環境變數和控制變數的時候可以參考前人所做之研究。

表 2-4 建成環境所研究的公共自行車系統

研究區域	公共自行車系統	文獻
美國華盛頓	Capital BikeShare	Daddio (2012)
		Rixey (2013)
美國芝加哥	Divvy Bikes	Faghih-Imani & Eluru (2015)
美國明尼蘇達	Nice Ride MN	Maurer (2011)
		Rixey (2013)
		Wang et al. (2015)
美國丹佛	Denver B-Cycle	Rixey (2013)
加拿大蒙特利爾	BIXI	Faghih-Imani et al. (2014)

公共自行車在使用上可以進行異地還車，根據這個特性，城市中的民眾在使用的時候便會根據使用需求進行使用，其中租借的資訊會發生在旅次的起始點，歸還的資訊會在旅次的終止點產生，而系統所記錄之租借和歸還的資訊也不盡相同，所以根據這樣的特性，在分析建成環境對於公共自行車的使用的時候便需要注意其使用的應變數，而對應變數做自然對數或平方根處理也是為了後續計算的簡便。在下表中詳細列出了文獻中有關應變數的定義。

表 2-5 建成環境對公共自行車影響的應變數比較表

應變數	變數作業	文獻
每小時租借車次	無	Faghih-Imani et al. (2014)
每小時歸還車次	無	Faghih-Imani et al. (2014)
每日租借車次	無	Faghih-Imani & Eluru (2015)
每日租借和歸還車次	無	Wang et al. (2015)
每月租借車次	自然對數	Maurer (2011)
		Rixey (2013)
	平方根	Daddio (2012)

在地理資料的處理中，主要有兩方面的主要資料。首先是使用者透過自發式地理資訊所產生之公共自行車的使用資料，其中包含了使用者的使用時間、開始時間、停止時間、開始站、開始站名稱、開始站精度和緯度、停止站、停止站名稱、停止站精度和緯度、公共自行車的 ID、使用者是否為會員、使用者年齡、使用者性別資訊，在分析之前需要透過統計軟體提取出每個站的借車和還車的數量資料。其次是對空間資料的處理，其中閾值的大小代表著公共自行車車站所受到建成環境所影響的空間的範圍大小，以往的研究對閾值大小主要採用歐幾裡得距離和道路距離進行考量，其半徑在 250 至 800 公尺範圍內不等。具體多少範圍的閾值可以代表公共自行車所受影響和提供服務的範圍，學界目前尚未有統一的標準，故本研究參考前人所做，為後續指定建成環境的閾值做依據。在這個範圍中需要將研究所考量之元素進行空間套疊，整合所有的資訊進每個分析的單元中，而後對其中要素進行分析。

表 2-6 建成環境與公共自行車影響中的閾值比較表

距離定義	閾值大小	文獻
歐幾裡得距離	250 公尺	Faghih-Imani <i>et al.</i> (2014)
	300 公尺	Faghih-Imani & Eluru (2015)
	400 公尺	Maurer (2011) Rixey (2013)
道路距離	400 公尺	Daddio (2012)
		Wang <i>et al.</i> (2015)

分析建成環境對於公共自行車使用量的影響的自變數，可以分為環境變數和控制變數，其中環境變數是有關建成環境的各個變數，其中主要包含了密度、可及性、自行車站相關、道路設計等方面。以下是根據文獻所整理之各種環境變數的類別。

表 2-7 建成環境與公共自行車影響中的自變數比較表

一級變數	二級變數	文獻
密度	人口密度	Faghih-Imani & Eluru (2015)
		Faghih-Imani <i>et al.</i> (2014); Maurer (2011)
		Rixey (2013)
	工作機會密度	Faghih-Imani <i>et al.</i> (2014); Maurer (2011) Faghih-Imani & Eluru (2015); Rixey (2013)
道路設計	主要道路長度	Faghih-Imani <i>et al.</i> (2014)
	次要道路長度	Faghih-Imani <i>et al.</i> (2014)
	優質道路的連接	Wang <i>et al.</i> (2015)
	自行車道長度	Faghih-Imani & Eluru (2015); Daddio (2012)
		Faghih-Imani <i>et al.</i> (2014); Maurer (2011) Rixey (2013); Wang <i>et al.</i> (2015)
空間可及性	中心商業區可及性	Daddio (2012); Faghih-Imani & Eluru (2015)
		Faghih-Imani <i>et al.</i> (2014)
		Wang <i>et al.</i> (2015)
	教育設施可及性	Daddio (2012)
		Faghih-Imani <i>et al.</i> (2014)
		Maurer (2011)
		Rixey (2013)
		Wang <i>et al.</i> (2015)
	休閒娛樂設施可及性	Daddio (2012)
		Faghih-Imani <i>et al.</i> (2014)
		Maurer (2011)
		Rixey (2013)
	日常活動場所可及性	Wang <i>et al.</i> (2015)
		Daddio (2012)
大眾運輸站點距離	大眾運輸系統可及性	Daddio (2012)
		Faghih-Imani <i>et al.</i> (2014); Maurer (2011) Rixey (2013); Wang <i>et al.</i> (2015)
公共自行車系統	公共自行車站的車位數	Faghih-Imani <i>et al.</i> (2014)
		Maurer (2011); Faghih-Imani & Eluru (2015)

控制變數是與環境變數無關的其他因素，其中主要有人口特徵、經濟、出行、天氣、時間、其他等，更偏向於社會經濟和自然方面的考量。其中有關社會經濟方面的因素包含了年齡層級、種族、收入以及民眾日常的出行方式選擇，這些是有關使用者的控制變數，考慮到以往研究中所選取的城市地理位置的不同，故有關天氣和日期這樣的自然方面的影響因數也是影響實驗結果的重要部分。

表 2-8 建成環境與公共自行車影響中的控制變數比較表

控制變數		文獻
一級變數	二級變數	
人口特徵	年齡	Daddio (2012)
		Maurer (2011);
		Wang et al. (2015)
	種族	Daddio (2012)
		Maurer (2011)
		Rixey (2013)
經濟和出行	收入	Wang et al. (2015)
		Daddio (2012)
		Maurer (2011)
	運具選擇多樣性	Rixey (2013)
		Daddio (2012)
		Maurer (2011)
	家戶私有車比例	Rixey (2013)
		Daddio (2012)
天氣變數		Maurer (2011)
		Faghih-Imani et al. (2014)
時間變數		Rixey (2013)
		Faghih-Imani et al. (2014)
其他變數		Rixey (2013)
		Wang et al. (2015)

根據依變數的形態，研究會選擇不同的分析方法來進行研究，根據以往的文獻回顧，大部分的應變數都是一般性的連續性變數，所以研究多採用線性回歸析的方式進行。有部分研究使用到了多階層線性回歸分析和負二項回歸分析。

表 2-9 建成環境與公共自行車影響中的分析方法比較表

分析方法		文獻
線性回歸分析	二元線性回歸分析	Rixey (2013)
		Daddio (2012)
	多元線性回歸分析	Maurer (2011)
		Rixey (2013)
	對數線性回歸分析	Wang et al. (2015)
	多階層線性回歸分析	Faghih-Imani et al. (2014)
	多項式邏輯模型	Faghih-Imani & Eluru (2015)
	負二項回歸分析	Wang et al. (2015)

根據以上所做之文獻回顧中的分析，可以發現公共自行車的使用，其建成環境的影響關係還是十分相似的，因為幾乎除了家戶私有車比例的選項中存在相左的意見之外，其他因素的影響關係還是十分相同的。如密度變數、可及性變數、自行車車站、道路設計、人口特徵、天氣等都有一定的規律在其中，然而遺憾的是前人所做之影響關係都只聚焦在二至三個變數展開論述，缺乏對所有因素的完整地考量。以下是建成環境變數對於公共自行車使用的影響關係表，以及控制變數對於公共自行車使用的影響關係表：

表 2-10 環境變數研究結果比較表

自變數		影響關係	文獻
一級變數	二級變數		
密度	人口密度	+	Faghih-Imani <i>et al.</i> (2014)
			Maurer (2011)
			Rixey (2013)
可及性	中心商業區可及性	+	Faghih-Imani & Eluru (2015)
			; Daddio (2012)
			Faghih-Imani <i>et al.</i> (2014)
	教育設施可及性	+	Wang <i>et al.</i> (2015)
			Daddio (2012)
			Maurer (2011)
			Rixey (2013)
	日常活動場所可及性	+	Wang <i>et al.</i> (2015)
			Daddio (2012)
			Daddio (2012)
大眾運輸系統可及性	+	Faghih-Imani <i>et al.</i> (2014)	
		Maurer (2011)	
		Rixey (2013)	
		Wang <i>et al.</i> (2015)	
自行車車站	自行車道長度	+	Faghih-Imani & Eluru (2015)
			Daddio (2012)
			Faghih-Imani <i>et al.</i> (2014)
	公共自行車站點車位數	+	Maurer (2011)
			Rixey (2013)
			Wang <i>et al.</i> (2015)
道路設計	主要道路長度	-	Faghih-Imani <i>et al.</i> (2014)
			Faghih-Imani & Eluru (2015)
	次要道路長度	+	Faghih-Imani <i>et al.</i> (2014)
	優質道路的連接	+	Wang <i>et al.</i> (2015)
	優質道路的連接	+	Wang <i>et al.</i> (2015)



表 2-11 控制變數研究結果比較表

控制變數		影響關係	文獻
一級變數	二級變數		
人口特徵	年齡	-	Daddio (2012)
			Maurer (2011)
			Wang et al. (2015)
	種族	+	Daddio (2012)
			Maurer (2011)
			Rixey (2013)
經濟和出行	收入	+	Wang et al. (2015)
			Daddio (2012)
			Maurer (2011)
	運具選擇多樣性	+	Rixey (2013)
			Daddio (2012)
			Maurer (2011)
天氣變數	家戶私有車比例	+	Rixey (2013)
			Daddio (2012)
			Maurer (2011)
	氣溫	+	Faghih-Imani et al. (2014)
			Faghih-Imani et al. (2014)
			Rixey (2013)
時間變數	濕度	-	Faghih-Imani et al. (2014)
			Faghih-Imani et al. (2014)

第三章 研究方法



為了完成先前描述的本研究所制定之研究目標，本研究使用了多種的研究方法，其中有自行車使用量資料整理、建成環境資料整理 和多元回歸分析，以下分別說明：

一、自行車使用量資料整理

本研究會把民眾產生之自發式地理資訊和政府公開之開放資料作為重要資料來源，因為本研究所採用的資料包含不同站點之間的 OD 資料(Origin-Destination Data)，以及公共自行車租賃站的建成環境資料(如交通局的道路路網圖和城市規劃局土地使用分區圖等)，因此在進行資料分析之前需要對所獲得的資料進行整理。透過對資料的初步整理和探索式分析，可以對資料進行進一步瞭解，從中梳理出可能的影響因素與之間的相關聯性，進而明白研究所需考量的重點。

具體會使用的工具有電腦終端和開放資料庫工具。首先，終端是電腦或者計算機系統用來讓用戶輸入電腦作業指令以及顯示計算結果的機器，使用終端機可以幫助使用者批量、快速地處理日常繁瑣的電腦指令。Postgresql 是自由的對像-關係型資料庫的服務器，具有輕量和簡便的優點。其中本研究會針對所獲取的資料的資料格式，設計合適的資料庫格式來儲存這些資料，進而更好地管理和使用這些資料。

二、建成環境資料整理

建成環境資料整理，使用了地理資訊系統(Geographic Information System)工具，其是整合了幾何學、地圖學等功能的工具，被廣泛用來處理向量式 (vector) 和柵格式 (raster) 的地圖資料，對地理資料進行分析。本研究中，會利用地理資訊系統對收集到的資料進行整理和分析。具體來說，本研究的資料形態可以分為三大類：點資料、線資料和面資料。在對於點資料(公共自行車站、學校、公園、興趣點、公共交通站點等)的資料處理分為三種情況。第一種，在遇到求點與點之間最短距離的時候，使用路網距離來計算其真實距離。第二種，遇到求密度的問題的時候，採用最小統計

單元(census tract) 中對點計數的方式求密度。第三種，遇到一些特定的屬性資料賦值(如：海拔) 的問題時，採用將最近距離的海拔點複製在歐幾裡得最近距離的公共自行車站的方式作業。而對於線資料(如：公共自行車站附近的道路總長度) 的處理，則採用在最小統計單元中統計所含有的線的長度的方式作業。對面資料的處理方式，採用在計算人口和居住密度時，將統計單元內資料賦予區域內的公共自行車站的方式；在設計建築物的建地密度和土地多樣性的問題時，採用對比最小統計單元內土地面積的比例進行計算。

三、多元回歸分析

多元線性回歸分析是線性回歸的一種，其中的多元指的是回歸中含有兩個或以上的變量個數，其作用是建立依變數與自變數之間的關係模型，並以模型作為工具，利用對自變數的觀察來評價因變數的變化。在交通運輸領域上，通常被用來建立旅行者的運具選擇的分析。本研究所需要使用的運具選擇是公共自行車的使用，其中涉及到許多類別的因素的綜合考量，所以使用多元線性回歸進行分析。具體實驗的實現，是透過 R 語言中的統計建模方法(主要使用其中的統計建模工具) 來完成。



第一節 研究架構

研究之研究目的是瞭解建成環境對於公共自行車使用量的影響，所以首先透過文獻回顧瞭解裡影響其最主要的建成環境變數，而後參考文獻，總結前人所做之研究後選取適合的因素納入考量。在除了六大類別建成環境變數(包括土地使用，道路設計、空間可及性、距離大眾運輸站點距離、公共自行車系統和自然環境)以外，也有許多影響公共自行車使用量的因素需被納入考量，如天氣控制變數和當地居民生活方式等，因此再次將其列入控制變數以減少偏誤。最後尋找和的模型對此問題進行實證分析，以求達到研究目的。本研究之研究架構圖如下圖 3-1 所示：

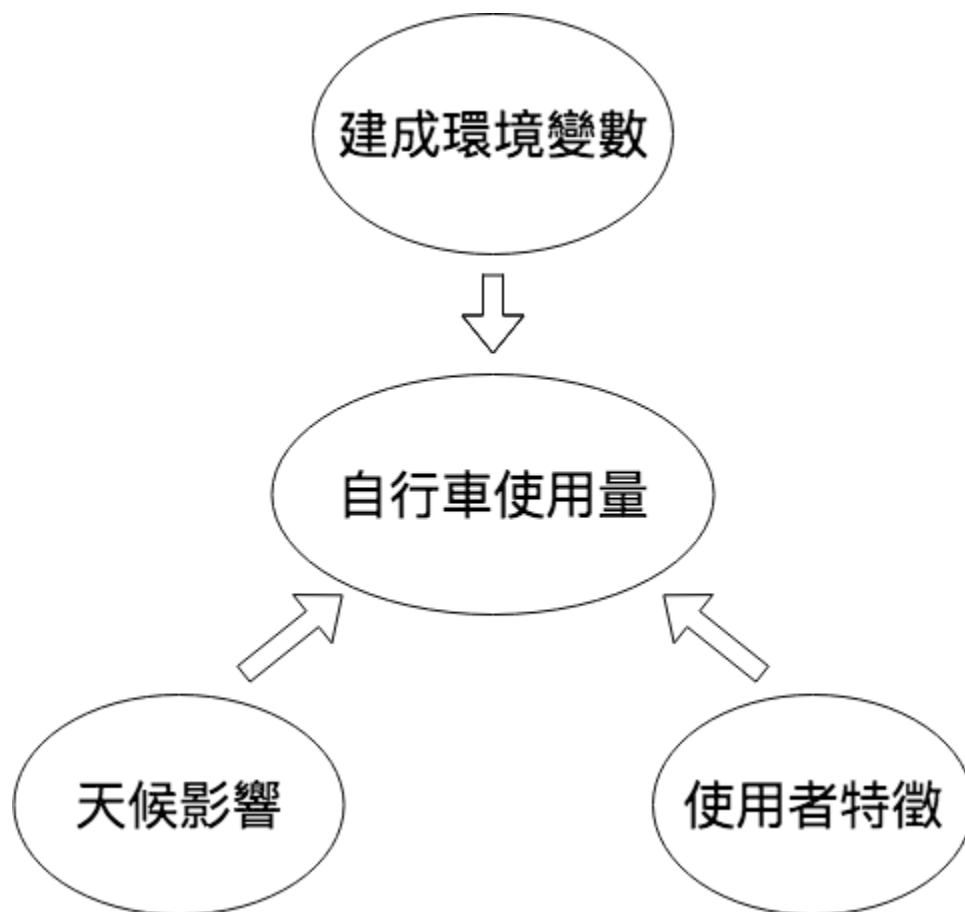


圖 3-1 研究架構圖



本研究流程包含了研究背景敘述、研究設計與方法和實證結果討論三個部分。首先，明確研究動機、瞭解本論文的研究目的之後，對於研究範疇進行界定，進而選擇適合本研究的文獻進行回顧。接著在對現有研究進行回顧之後，本研究決定採用紐約市的公共自行車系統作為研究對象，結合每一個站點的建成環境資訊，對於其在 2017 年一整年內的每一筆借還車的資料進行分析，進一步界定本研究的建成環境和不同站點使用量的內容。而後，本研究主要探討公共自行車與建成環境的使用量的影響關係，其中人們使用公共自行車的移動屬於 VGI 資料在交通課題上的應用，因此文獻分為兩個主題進行探討，它們分別是「自發式地理資訊」和「建成環境與公共自行車之間的關係」，希望對比以往的研究，找到前人研究的不足並予以彌補。其中，對於建成環境與公共自行車關係方面的文獻，重在瞭解前人研究所考量的因素和研究方法，並從中對比不同變數對於公共自行車的影響關係，透過對文獻的回顧，找到了本研究的內容定義、變數選擇、方法和前人研究局限性等資訊，進而確立了本研究的研究基礎。

而後是研究設計與資料調查，為了瞭解建成環境對於公共自行車使用量的影響關係，根據前人的文獻進行了研究方法的設計，其中包括了自行車使用量資料整理、建成環境資料整理和多元回歸分析方法。其中，本研究的自變數是每個站點的建成環境，參考前人文獻的變數選擇，本研究採集了紐約市 2017 年前後的建成環境資料和控制變數資料，透過地理資訊系統處理之後賦值給每個公共自行車車站。在依變數(公共自行車使用量)的資料整理方面，採取了 2017 年 01 月 01 日至 12 月 31 日整年的逐筆租借記錄資料，將其轉換成為含有時間資訊的點與點之間的形態資料。透過此方式，可以得到每個站點的建成環境資料以及其公共自行車使用量資料。而後從理論上對此影響關係進行推演，進而瞭解建成環境對於公共自行車使用量的影響關係，進而設計研究假說以作為後續分析和討論的重點。

最後透過歸納整合本研究的研究結果，提出建成環境對於公共自行車使用量之間影響關係的實證結論，整理相關的重要的建成環境變數，給後續的站點的設置和檢討提供參考意見。



其中流程圖如下圖 3-2 所示：

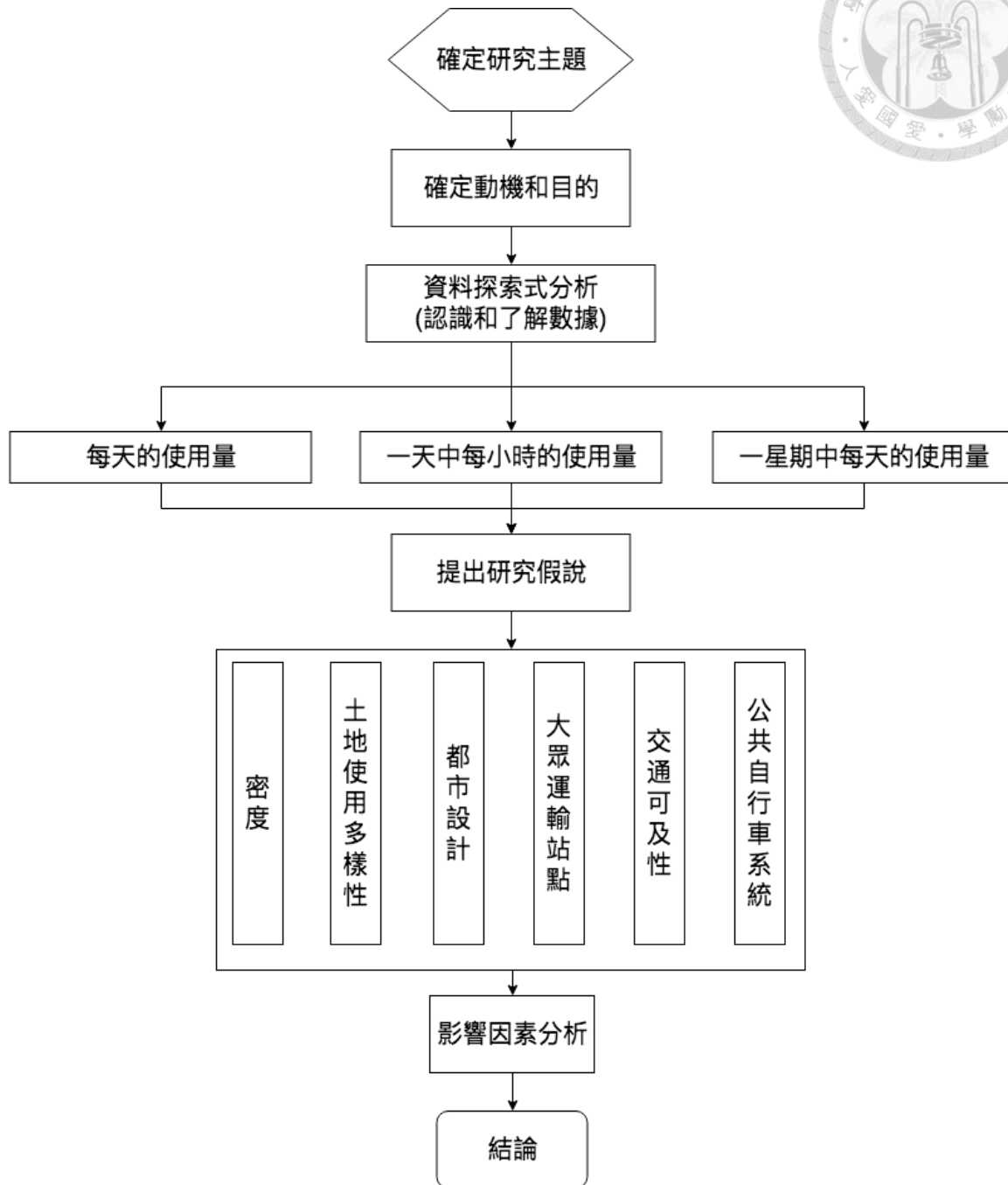


圖 3-2 研究流程圖

第二節 資料的採集和整理



一、研究區範圍和系統介紹

本研究所選擇的研究區是美國紐約市的曼哈頓、布魯克林和皇后區 (Manhattan, Brooklyn, Queens)，目前其佔地面積有 519 平方公里，在 2017 年研究範圍內有 780 個公共自行車站點。研究區範圍圖和研究區內主要自行車道路網如下所示：



圖 3-3 研究區範圍圖

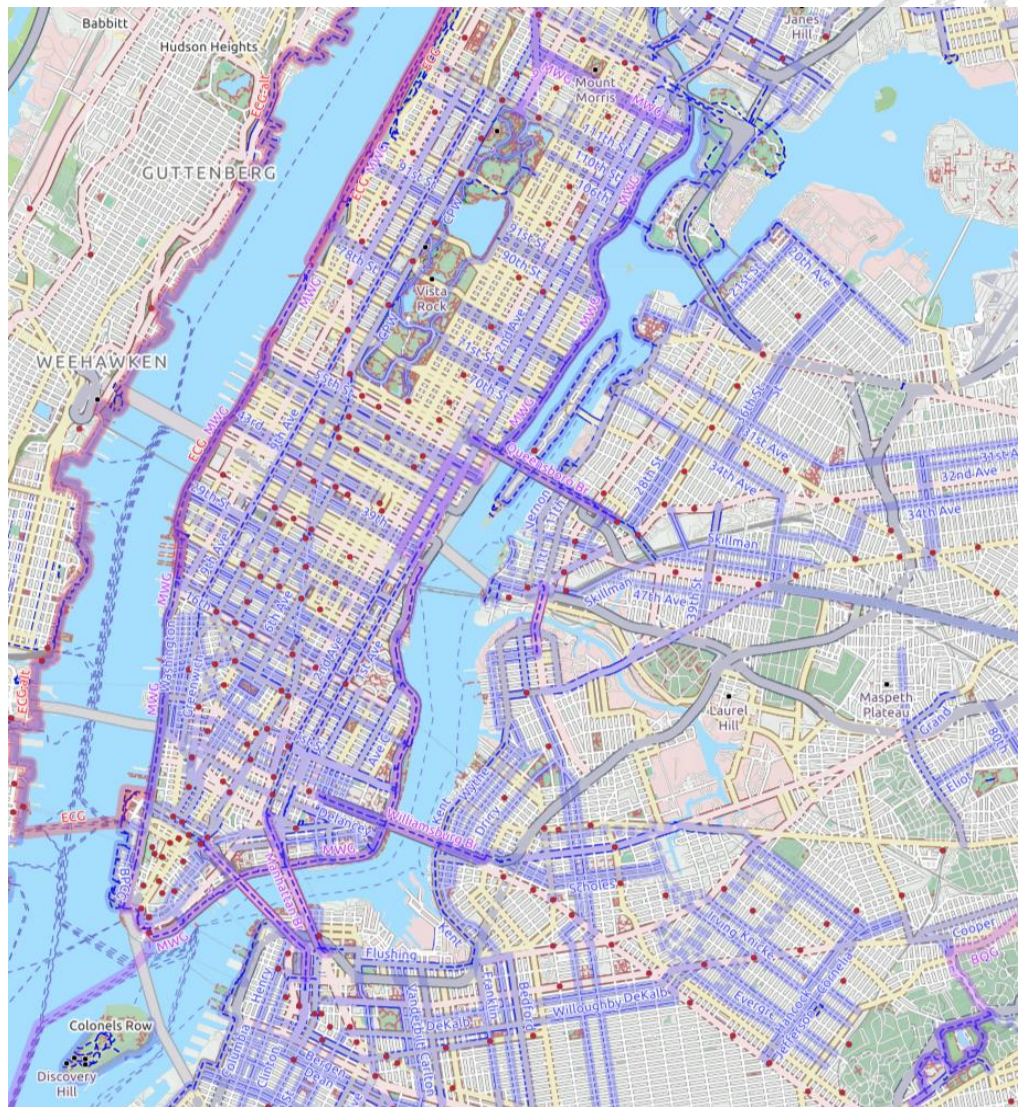


圖 3-4 研究區內主要自行車道路網

在公共自行車發展之前，美國紐約便是一個對自行車友好的城市，其在 2013 年就已經建好了覆蓋整個城市的公共自行車道路網絡，紐約市目前所發展的城市公共自行車「花旗自行車」(CitiBike) 系統，是主要由花旗銀行贊助並命名的，同時也是全美國最大的自行車共用系統。其在 2013 年 5 月推出，從最開始的 6000 輛自行車開始發展，經歷過多次擴張。雖然 CitiBike 的使用費用在共用單車中比較昂貴，其所提供的價格是使用一天 12 美元(超過時間後每十五分鐘另加 4 美元)或三天 24 美元套餐和 163 美元的年卡的註冊會員資費模式，但使用者的使用的熱情不減。在 2014 年 10

月，CitiBike 得到花旗銀行的更多贊助承諾和高盛城市投資集團所提供的信貸額度的支援下，CitiBike 擴展了其網路規模，宣佈從 6000 輛車增加到了 12000 輛的計畫。在歷經了 2015 年 8 月、2016 年 8 月的基站和車輛擴建工程後，其所能提供的服務地點也越來越大，從原先所在的紐約核心市中心擴散到了長島、威廉斯堡、澤西區、阿斯托利亞等地，大大服務了這裡的民眾³。目前，CitiBike 是由美國最大的自行車共用系統公司 Motivate 管理，其主要負責其基礎設施的維護和運營。因為每年都會有新的站點和點位的增加和停止使用，所以目前可服務的站點是在不斷變化的，因本研究已經選定了研究的地理範圍和時間範圍，所以新增設的這些新的區的公共自行車站所產生的騎行資料便不納入後續的分析當中。

二、採集騎行資料和天氣資料

在資料的採集和整理上，本研究會使用終端進行資料的下載和部分分析工具的安裝。本研究的第一步是資料採集的環節，預計從美國紐約花旗公共自行車的官方網站中下載所需要的資料，所以會使用到電腦終端的指令。並且本研究所需要的資料庫的安裝與作業、統計軟體 R 的安裝也全部會在這裡執行。

實驗資料是美國紐約的花旗公共自行車騎行資料，每一筆資料都記錄了使用者的這些資訊(使用時間、開始時間、停止時間、開始站、開始站名稱、開始站精度和緯度、停止站、停止站名稱、停止站精度和緯度、公共自行車的 ID、使用者是否為會員、使用者年齡、使用者性別)。部分資料如此所示：

表 3-1 紐約花旗公共自行車之使用者資料表示例

id	start_time	start_station_id	end_station_id	user_type	birth_year	gender
14622959	2017-08-04 18:07:51	543	395	Subscriber	1989	2
14622960	2017-08-04 18:07:53	452	1221	Subscriber	1987	1
14622962	2017-08-04 18:07:55	94	227	Subscriber	2000	1
14622963	2017-08-04 18:07:54	206	1	Subscriber	1982	2
14622964	2017-08-04 18:07:57	241	110	Subscriber	1975	1

³ <https://www.citibikenyc.com/about>



其次從美國國家氣象中心取得 2017 年的氣象資料，其中包括最大最小的當日氣溫、降雨、降雪厚度、風速等資料，資料如下所示：

表 3-2 紐約市中央公園每日天氣資料

date	trips	precipitation	snow_depth	max_temperature	min_temperature
2017-01-01	41328	0	0	8.89	4.44
2017-01-02	22689	5.334	0	5	2.78
2017-01-03	35073	14.732	0	6.11	3.89
2017-01-04	83904	0	0	11.11	1.11
2017-01-05	70383	0	0	1.11	-2.78

本研究使用的使用者資料為註冊用戶資料(因為註冊用戶多是當地的使用居民，這類群體對於當地建成環境的感受比臨時用戶更加強烈)。而旅次資訊資料表，天氣與資訊資料表，站點每小時使用狀況表如下圖所示：

表 3-3 記錄旅次起始和終止的時間和地點的資料表

trip_duration	start_time	start_station_id	stop_time	end_station_id
836	2017-08-04 18:07:51	543	2017-08-04 18:21:47	395
357	2017-08-04 18:07:53	452	2017-08-04 18:13:50	1221
1056	2017-08-04 18:07:55	94	2017-08-04 18:25:31	227
1000	2017-08-04 18:07:54	206	2017-08-04 18:24:35	1
803	2017-08-04 18:07:57	241	2017-08-04 18:21:21	110

(5 rows)

表 3-4 記錄天氣與旅次關係的資料表

date	precipitation	snow_depth	max_temperature	trips
2017-01-01	0	0	48	41328
2017-01-02	0.21	0	41	22689
2017-01-03	0.58	0	43	35073
2017-01-04	0	0	52	83904
2017-01-05	0	0	34	70383

(5 rows)

表 3-5 站點每小時使用狀況表

date	hour	start_station_id	end_station_id	trips
2017-01-02	0	255	214	3
2017-01-02	0	260	602	3
2017-01-02	0	393	398	6
2017-01-02	0	423	420	3
2017-01-02	0	245	199	3

(5 rows)

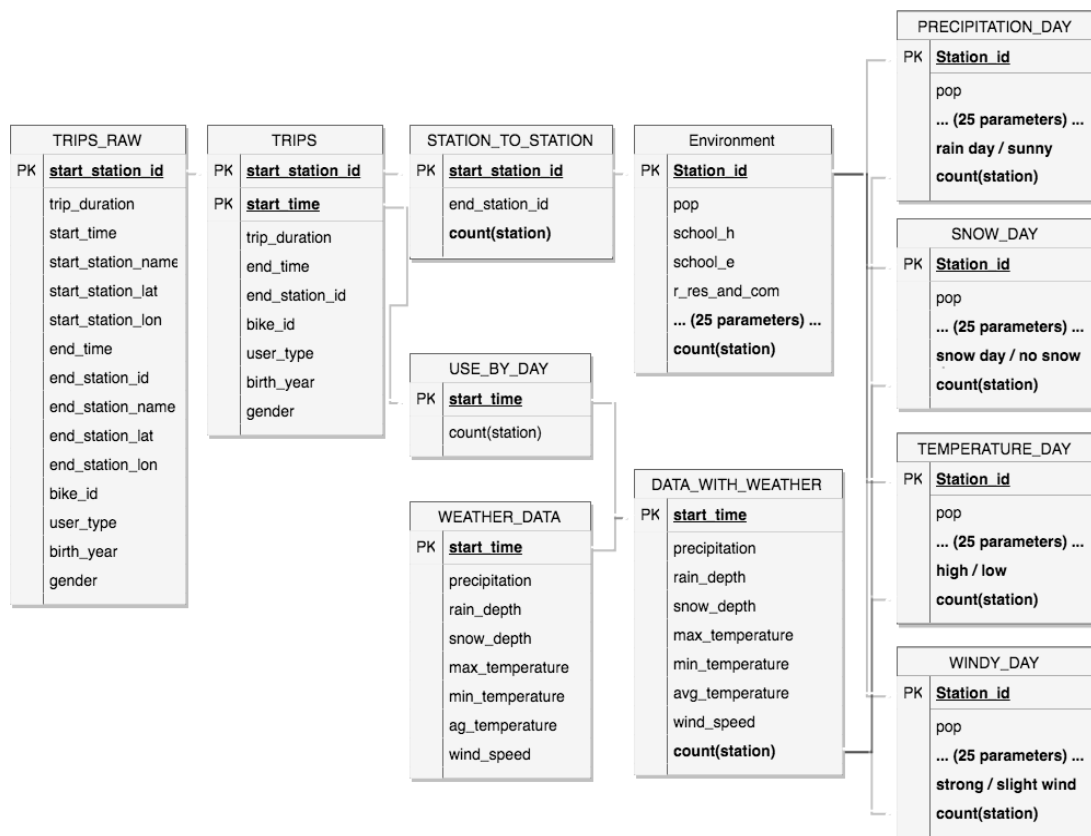


圖 3-5 本研究所使用資料之資料關聯表

其中黑體字部分是每個資料表的主關鍵字(Primary Key)，首先是以每次公共自行車借還行為 Trips_raw 作為基礎資料，而後簡化稱為 Trips 以利於後續的分析。之後將資料分成兩部分：第一部分是將每個車站的全年的借還使用資料與當地建成環境

的 GIS 資料結合，探討環境對於使用量的影響；第二部分是將所有車站的每天的借還使用資料與每天的天氣資料結合，進而分析全年中每天整個城市的公共自行車使用歲時間和天氣變化的關係。在下文的研究中也會探討包括降雨、降雪、高溫、四季和週末周間的使用量與建成環境的關係，故在分析之前需要對此類資料在資料庫中進行分類和管理。

在公民自發參與架構下的巨量資料環境，對於公民來說他們的聲音得到了擴散和傳播，他們的意見和訴求也越發地被重視起來了；對於學者來說增加了資料的質量和數量，有助於地理學家、社會經濟學家們對公民資訊做更深入的研究，而這樣雙向的良性循環可以讓此成為一個不斷向前發展的整體繼續發展下去。公民們對於地理認知的訴求的表達是多方面的，大議題下的社會經濟、語言以及文化認同上，小議題下的計程車生活圈、公共自行車生活圈和交通生活圈，都會形成獨特的文化圈，而這方面也需要一系列的研究跟進，進而從多角度發現當下環境多重維度下的特色。本研究預計會得到以下結果：

- 1.紐約市公共自行車使用的一般性特徵，其中包括了不同時間段內的公共自行車的使用需求，根據此可以發現民眾使用公共自行車的時空分佈和數量的大小。

- 2.使用回歸的方法對上文所述的六個因素進行歸納和整理，得到建成環境對於公共自行車的影響因素的影響方程式。

而這樣的出行特徵地圖研究的意義，是透過對城市中公共自行車的使用狀況進行統計和分群，進而發現人們對於這種公共資源使用的時空分佈情況。這樣的時空分佈情況可以代表在城市的日常運行中，人們的出行趨勢和出行的需求。例如：紐約的曼哈頓是著名的商業區，其中有許多商業公司，若研究發現在這個區域內平日上午通勤時間公共自行車還車的數量非常大，那麼下一次就可以提前準備人力資源在此地，準備好搬運多餘腳踏車到其他借車需求大的地方，以提高公共自行車的使用效率。



三、採集建成環境的空間資料

在關於建成環境對於使用量所造成的影響方面，本研究會從公共自行車出發，探討在公共自行車的領域的人群的出行特徵，分析了每一種人口流量模式下的空間分佈。本研究這對於城市管理者、使用者和公共自行車公司來說，能夠更深入理解人群移動的機制。對於城市管理者，可以用來幫助其規劃自行車道和解決交通擁堵等城市工程問題提出理論依據；對於使用者來說，可以發現紐約城市中公共自行車的熱門地段；對於公共自行車公司來說，可以幫助其規劃和制定策略，重新分配和調配資源以滿足使用者需求。本研究會從多個層面對資料展開分析，其中考量到的方面有七個面向，其考慮的資料面向如下表歸納所示：

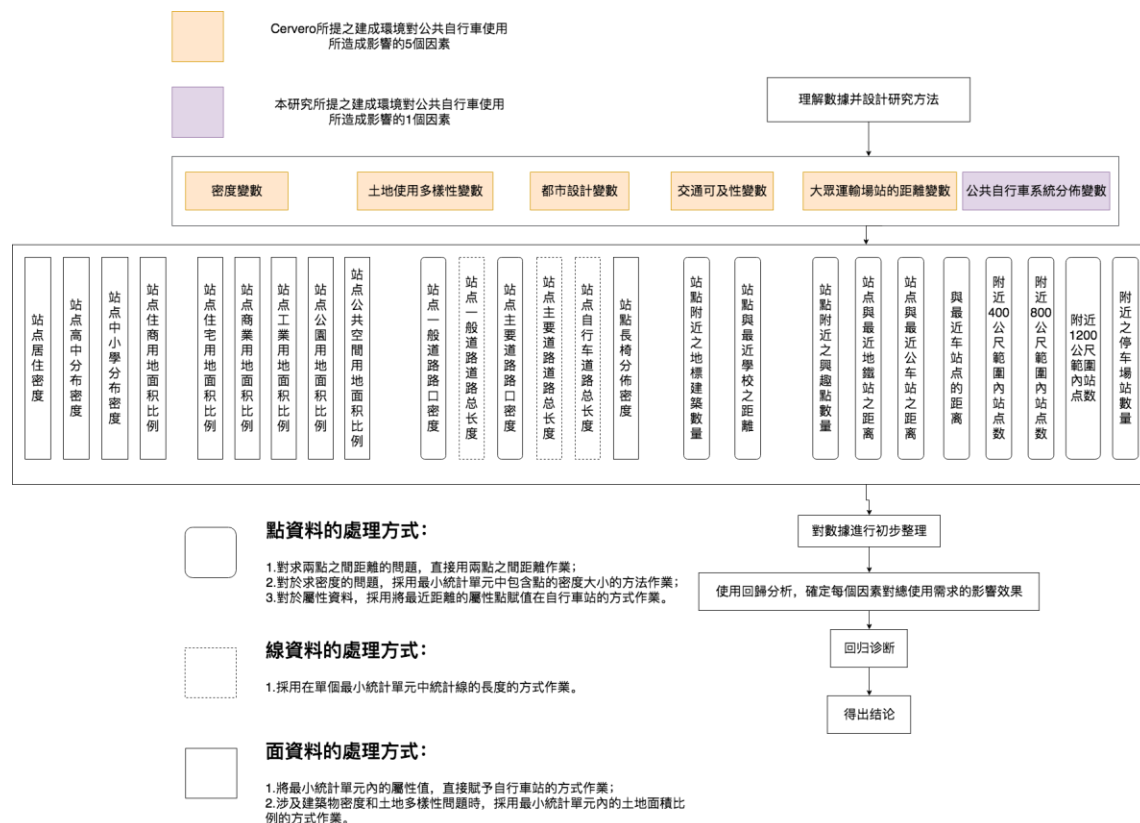


圖 3-6 本研究對於建成環境研究所考量的主要因素

其具體的建成環境變數資料來源整理與下表所示：



表 3-6 本研究之資料來源整理表

變數名稱	資料名稱	時間	資料來源
01.建成環境之密度變數			
網站居住密度	居住人口數目	2017	紐約市開放資料組織
網站高中分佈密度	高中學校的地理點位	2017	紐約市開放資料組織
網站中小學分佈密度	中小學的地理點位	2017	紐約市開放資料組織
網站住商用地面積比例	住宅和商業使用土地面積	2018	紐約市開放資料組織
02.建成環境之土地使用多樣性變數			
網站住宅用地面積比例	住宅使用土地的面積	2017	紐約市開放資料組織
網站商業用地面積比例	商業使用土地的面積	2017	紐約市開放資料組織
網站工業用地面積比例	工業使用土地的面積	2017	紐約市開放資料組織
網站公園用地面積比例	公園使用土地的面積	2017	紐約市開放資料組織
網站公共空間用地面積比例	公共空間使用土地的面積	2017	紐約市開放資料組織
03.建成環境之都市設計變數			
網站一般道路路口密度	一般道路的交叉路口數	2017	紐約市交通運輸局
網站一般道路道路總長度	一般道路的長度	2017	紐約市交通運輸局
網站主要道路路口密度	主要道路的交叉路口數	2013	美國開放資料平台
網站主要道路道路總長度	主要道路的長度	2013	美國開放資料平台
網站自行車道路總長度	自行車道路的長度	2017	紐約市交通運輸局
站點長椅分佈密度	長椅的地理點位	2017	紐約市開放資料組織
04.建成環境之大眾運輸站點距離變數			
網站與最近地鐵站之距離	地鐵站的地理點位	2017	紐約市開放資料組織
網站與最近公車站之距離	公車站的地理點位	2017	美國聯邦統計局
05.建成環境之交通可及性變數			
站點附近之地標建築數量	城市地標建築的地理點位	2017	紐約市開放資料組織
站點與最近學校之距離	各類學校的地理點位	2017	紐約市開放資料組織
站點附近之興趣點數量	興趣點的地理點位	2018	紐約市開放資料組織
06.建成環境之公共自行車系統分佈變數			
與最近公共自行車站點距離	CitiBike 站點的地理位置	2017	花旗公共自行車
附近 400 公尺範圍內站點數	CitiBike 站點的地理位置	2017	花旗公共自行車
附近 800 公尺範圍內站點數	CitiBike 站點的地理位置	2017	花旗公共自行車
附近 1200 公尺範圍內站點數	CitiBike 站點的地理位置	2017	花旗公共自行車
附近之自行車停車場站數量	自行車停車場的地理位置	2010	紐約市交通運輸局

根據此研究的計劃，本研究需要首先對所獲取之資料進行處理。其中分成七個部分，它們分別是：建成環境之密度、土地使用多樣性、都市設計、大眾運輸站點距離、交通可及性、公共自行車系統分佈、自然條件變數資料。以下會對資料的處理做說明：

(一) 建成環境之密度變數資料

表 3-7 建成環境之密度變數資料

變數名稱	變數名稱	狀態	來源	資料作業
網站居住密度	居住人口數目	2017	紐約市開放資料組織	取得每個統計單元的人口數量將人口數量賦值給統計單元，直接計算統計單元的面積，透過計算人口/面積的比例得到密度，而後計算站點 400 公尺環域範圍內的人口數。
	New York City Population By Census Tracts		NYC OpenData	
網站中小學分佈密度	中小學地理點位	2017	紐約市開放資料組織	計算在站點 400 公尺環域範圍內的中小學個數。
	School Point Locations		NYC OpenData	
網站高中分佈密度	高中學校地理點位	2017	紐約市開放資料組織	計算在站點 400 公尺環域範圍內的高中個數。
	School Point Locations		NYC OpenData	
網站住商用地面積比例	住宅用地和商業使用土地的面積	2018	紐約市開放資料組織	透過城市分區資料提取住宅區和商業區，合併兩組資料，透過住商用地與站點 400 公尺環域範圍相交，直接得到站點 400 公尺環域範圍內住商用地/總面積的比例得到其面積的比例。
	Zoning GIS Data		NYC OpenData	

建成環境之密度變數

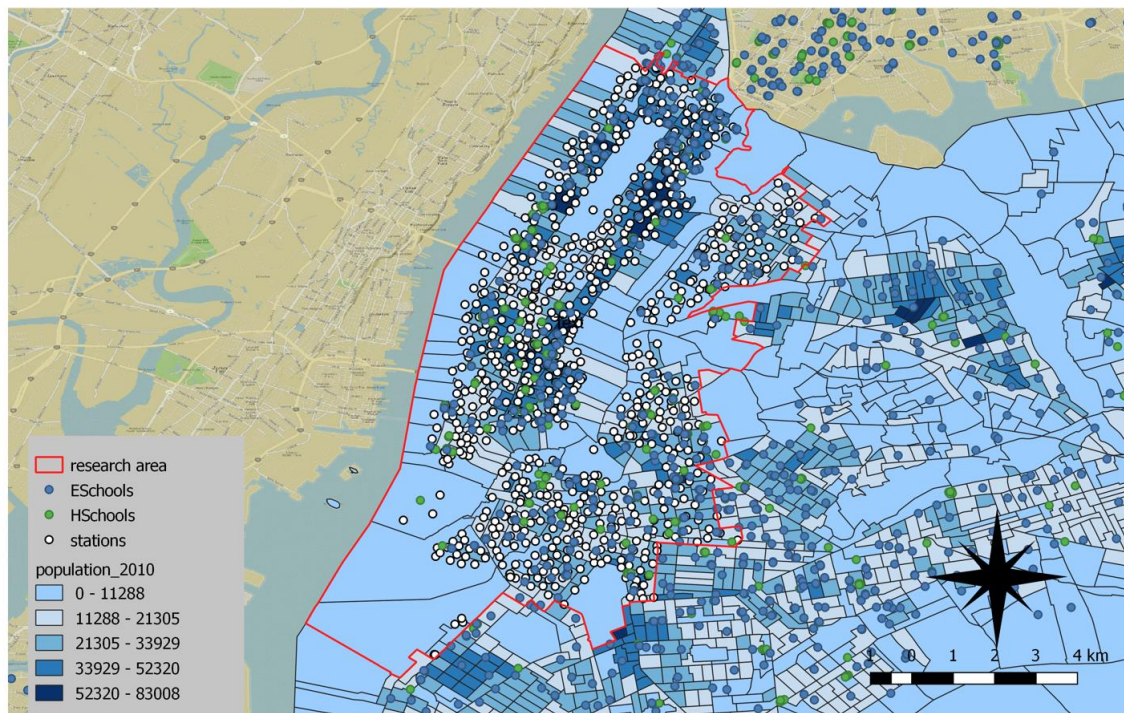


圖 3-7 紐約市調查範圍內密度變數圖

(二) 土地使用多樣性變數資料

表 3-8 建成環境之土地使用多樣性變數資料

變數名稱	變數名稱	狀態	來源	資料操作
網站住宅區用地面積比例	住宅區使用土地的面積	2017	紐約市開放資料組織	透過住宅區與站點 400 公尺環域範圍相交，直接得到每一個環域範圍內的住宅區的面積，透過站點 400 公尺環域範圍內住宅區/總面積的比例得到其面積的比例。
r_res	Zoning GIS Data	OK	NYC OpenData	
網站商業用地面積比例	商業使用土地的面積	2017	紐約市開放資料組織	透過商業區與站點 400 公尺環域範圍相交，直接得到每一個環域範圍內的商業區的面積，透過站點 400 公尺環域範圍內商業區/總面積的比例得到其面積的比例。
r_com	Zoning GIS Data	OK	NYC OpenData	
網站工業用地面積比例	工業使用土地的面積	2017	紐約市開放資料組織	透過工業區與站點 400 公尺環域範圍相交，直接得到每一個環域範圍內的工業區的面積，透過站點 400 公尺環域範圍內工業區/總面積的比例得到其面積的比例。
r_man	Zoning GIS Data	OK	NYC OpenData	
網站公園用地面積比例	公園使用土地的面積	2017	紐約市開放資料組織	透過公園與站點 400 公尺環域範圍相交，直接得到每一個環域範圍內的公園的面積，透過站點 400 公尺環域範圍內公園/總面積的比例得到其面積的比例。
r_park	Zoning GIS Data	OK	NYC OpenData	
公共空間商業用地面積比例	公共空間使用土地的面積	2017	紐約市開放資料組織	透過公共空間與站點 400 公尺環域範圍相交，直接得到每一個環域範圍內的公共空間的面積，透過站點 400 公尺環域範圍內公共空間/總面積的比例得到其面積的比例。
r_pub	Zoning GIS Data	OK	NYC OpenData	

建成環境之土地使用多樣性變數

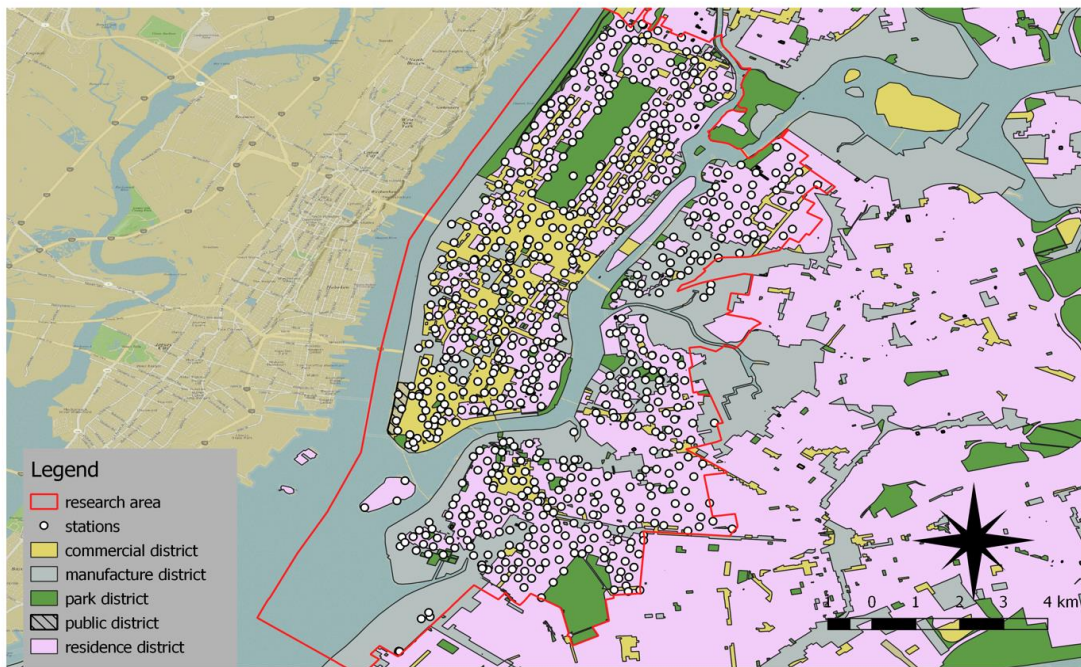


圖 3-8 紐約市調查範圍內土地使用多樣性變數圖

(三) 都市設計變數資料

表 3-9 建成環境之都市設計變數資料



變數名稱	變數名稱	狀態	來源	資料作業
網站一般道路路口密度	網站一般道路路口密度	2017	紐約市交通運輸局	直接計算在每個 400 公尺環域範圍內的一般道路的路口數量。
Road_all_cross	NYS Streets		NYC DOT	
網站一般道路道路總長度	網站一般道路道路總長度	2017	紐約市交通運輸局	直接計算在每個 400 公尺環域範圍內一般道路的總長度。
Road_all_len	NYS Streets		NYC DOT	
網站主要道路路口密度	網站主要道路路口密度	2013	美國開放資料平臺	直接計算在每個 400 公尺環域範圍內的主要道路的路口數量。
Road_main_cross	Primary and Secondary Roads		DATA.GOV	
網站主要道路道路總長度	網站主要道路道路總長度	2013	美國開放資料平臺	直接計算在每個 400 公尺環域範圍內的主要道路的總長度。
Road_main_len	Primary and Secondary Roads		DATA.GOV	
網站自行車道路總長度	網站自行車道路總長度	2017	紐約市交通運輸局	直接計算在每個 400 公尺環域範圍內的自行車道路的總長度。
Road_bike_len	NYC Bike Routes		NYC DOT	
網站土地綠色覆蓋率	站點長椅分佈密度	2017	紐約市開放資料組織	直接計算在每個 400 公尺環域範圍內的長椅數量。
Road_bench	Open Space (Parks)		NYC OpenData	

建成環境之都市設計變數

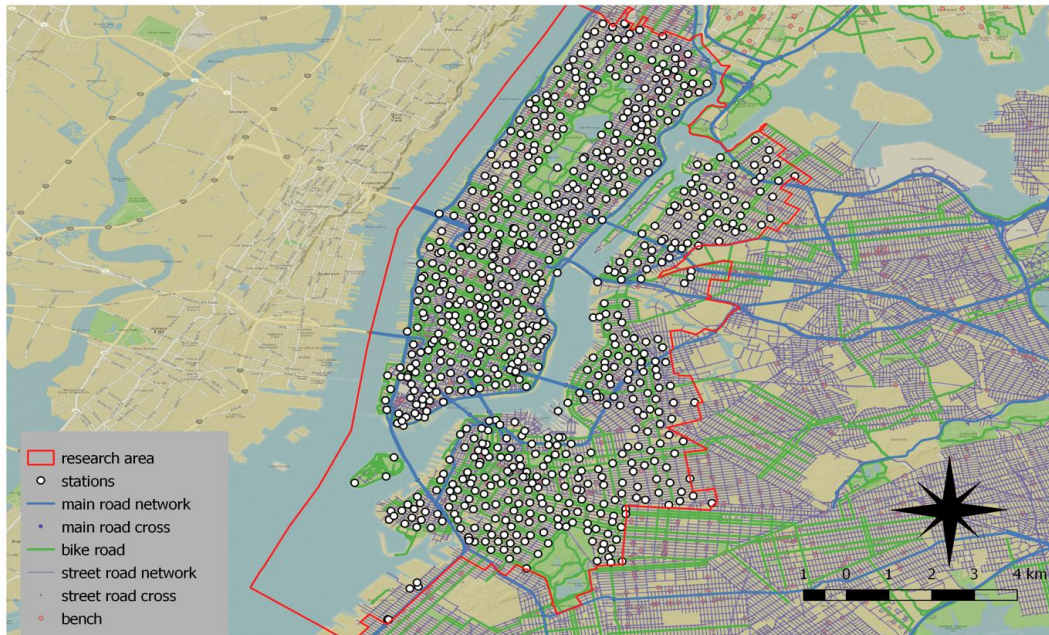


圖 3-9 紐約市調查範圍內都市設計變數圖

(四) 大眾運輸站點距離變數資料

表 3-10 建成環境之大眾運輸站點距離變數資料

變數名稱	變數名稱	狀態	來源	資料作業
網站與最近地鐵站之距離	網站與最近地鐵站之距離	2017	紐約市開放資料組織	首先根據一般道路網絡生成城市道路網，其中包括每個道路節點和節點之間的路網，而後透過路網距離計算距公共自行車站最近的一個地標式建築的距離。
To_subway	Subway Stations		NYC OpenData	
網站與最近公車站之距離	網站與最近公車站之距離	2017	美國聯邦統計局	首先根據一般道路網絡生成城市道路網，其中包括每個道路節點和節點之間的路網，而後透過路網距離計算距公共自行車站最近的一個地標式建築的距離。
To_bus	NYC Bus Tops		US Census ANSI/FIPS	

建成環境之大眾運輸站點距離變數

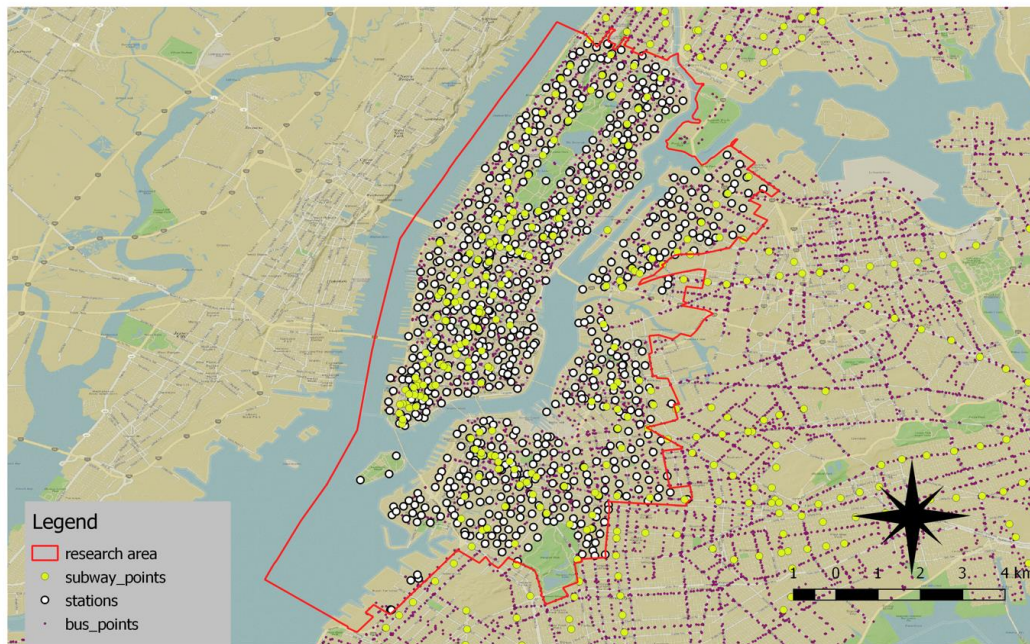


圖 3-10 紐約市調查範圍內大眾運輸站點距離變數圖

(五) 交通可及性變數資料

表 3-11 建成環境之交通可及性變數資料

變數名稱	變數名稱	狀態	來源	資料作業
網站與城市 地標建築之 距離	城市地標建築的地理 點位 Individual-Landmarks	2017	紐約市開放資 料組織 NYC OpenData	透過路網距離計算 距公共自行車站最 近的一個地標式建 築的距離。
站點附近之 學校數量	各類學校的地理點位 School Point Locations	2017	紐約市開放資 料組織 NYC OpenData	透過路網距離計算 距公共自行車站最 近的一個學校的距 離。
站點附近之 興趣點數量	興趣點的地理點位 Points Of Interest	2018	紐約市開放資 料組織 NYC OpenData	透過路網距離計算 距公共自行車站最 近的一個興趣點的 距離。

建成環境之交通可及性變數

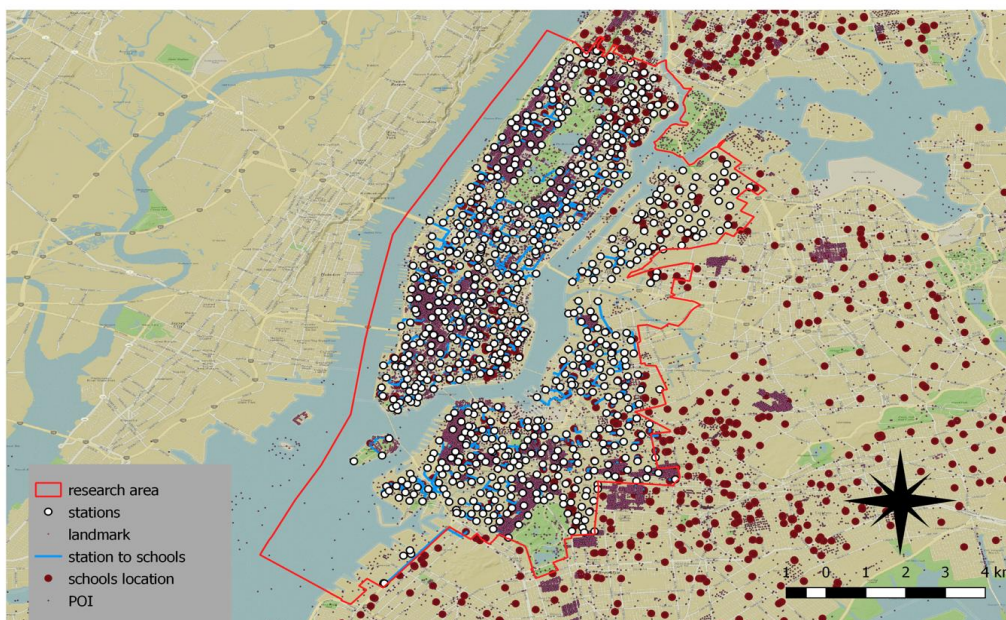


圖 3-11 紐約市調查範圍內交通可及性變數圖

(六) 公共自行車系統分佈變數資料

表 3-12 建成環境之公共自行車系統分佈變數資料

變數名稱	變數名稱	狀態	來源	資料作業
附近站點數	CitiBike 站點的地 理位置	2017	花旗公共 自行車	對公共自行車站點的點位 產生 350 歐幾裡得距離的環 域，然後進行計算其中有 多少量除本身以外的站點 個數。
To_station	Citi Bike Trip Histories		CitiBike	
站點與最近公共 自行車站點的距 離	CitiBike 站點的地 理位置	2017	花旗公共 自行車	透過路網距離計算距公共 自行車站最近的一個公共 自行車站的距離。
To_station	Citi Bike Trip Histories		CitiBike	
附近 400 公尺範 圍內站點數	CitiBike 站點的地 理位置	2017	花旗公共 自行車	直接計算在每個 400 公尺環 域範圍內的公共自行車站 數量。
Citi_400	Citi Bike Trip Histories		CitiBike	
附近 800 公尺範 圍內站點數	CitiBike 站點的地 理位置	2017	花旗公共 自行車	直接計算在每個 800 公尺環 域範圍內的公共自行車站 數量。
Citi_800	Citi Bike Trip Histories		CitiBike	
附近 1200 公尺 範圍內站點數	CitiBike 站點的地 理位置	2017	花旗公共 自行車	直接計算在每個 1200 公尺 環域範圍內的公共自行車 站數量。
Citi_1200	Citi Bike Trip Histories		CitiBike	
附近自行車停車 場站數	自行車停車場的 地理位置	2013	紐約市交 通運輸局	透過路網距離計算距公共 自行車站最近的一個自行 車站的距離。
Citi_rack	CitiRacks location			

建成環境之公共自行車系統分佈變數

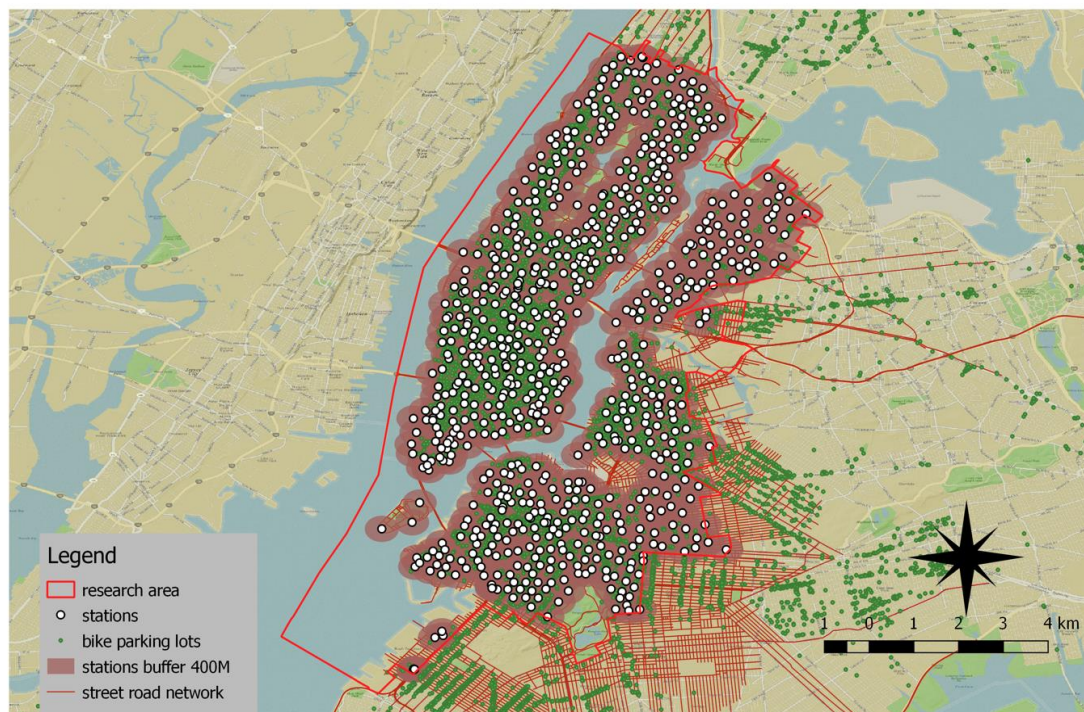


圖 3-12 紐約市調查範圍內公共自行車系統分佈變數圖



第三節 研究假設

一、建成環境對公共自行車使用量的影響

建成環境因素和控制因素會對於公共自行車使用量的影響。其中，建成環境因素可分為密度、多樣性、對行人友好之城市設計、訖點交通可及性、與大眾運輸站的距離這五大類因素。本研究會透過文獻回顧和探索式分析方法來分析其因素對於公共自行車使用的關係。

(一) 建成環境特徵

根據建成環境對於公共自行車使用的文獻回顧之後，本研究得出建成環境體現在當地的六大環境條件上，這六大環境條件分別是：密度、土地使用多樣性變數、都市設計變數、大眾運輸站點距離、交通可及性、自行車系統分佈，會對於公共自行車在使用的數量上產生影響，故本研究會採集這些類別的資料展開分析。而對於包括天氣、季節性和周間週末條件下，環境對於使用量所造成的影響，本研究也會對此進行分析探討。其中，本研究會對以下的特性展開分析，探討在不同條件下人們使用公共自行車的意願會受到何種因素的影響。

根據前文中的文獻回顧，發現建成環境中的密度因素會影響公共自行車的使用需求，進而反映在租車和借車的數量上。而建成環境中的土地使用密度、中小學和高中的密度的空間分佈形態對於公共自行車的影響有正有負，其對於不同環境下的公共自行車站有促進或是阻礙的作用。都市設計中考量的要素有一般道路的節點數目道路長度、特殊道路的節點數目和道路長度、公共自行車道的設計以及附近公園的影響。其中一般道路的節點數目和道路長度對於公共自行車使用的影響有正向關係也有負向關係，而主要道路則是負相關係，分析原因應是因為主要道路的道路設計多考量機動車通行，騎自行車需要比一般道路更高的風險，所以導致使用量的下降。而根據前人的研究，都市設計中如自行車道、道路是否直接性、綠地覆蓋率、樹蔭、長椅和路燈，這類型服務民眾的都市設計都是對公共自行車的使用起到促進

的作用。根據以往研究，建成環境中目的地與城市地標建築的距離、與市中心的距離以及與興趣點(POI)的距離的長短，與公共自行車的使用呈負向的關係，即訖點的可及性越高越能增加公共自行車使用量。在交通可及性方面，前人的研究表示與大眾運輸場站距離越近，更有利於提升公共自行車的使用量。此外，在公共自行車系統星落旗布的城市中，周圍的公共自行車站的存在和數量，以及到達的容易性，都對於增加使用起到正向影響的作用。

(二) 其他控制變數特徵

其他控制變數主要是人文因素和自然因素。其中人文因素中又可以分為2類，人口結構特徵和個體生活方式。在人口結構特徵中，民眾的年齡會對公共自行車的使用有增加或減少的影響，總體上青壯年人口比例高的地方對於公共自行車的使用量更多。而對於年長者來看則是因人而異，因為有一些年長者需要鍛煉所以選擇騎行公共自行車，而另一些年長者會認為騎行自行車有危險而選擇其他的運動。人口比例中，男性更多的地方使用量會更大，原因是男性會以騎車作為日常運動的一部分。而所受教育程度也會增加公共自行車的使用量。如果建成環境附近的收入階層更豐富、服務業人口更多，那麼也有使用更多公共自行車的趨勢。對於個體生活方式來說，如果建成環境的人口中擁有汽車的比例和擁有私人自行車的比例高，會減少公共自行車的使用(Daddio, 2012; Buck and Buehler, 2011; Maurer, 2011)。另外人們職業和住宅距離的遠近和綠色出行的意識也會影響公共自行車的使用(Buck and Buehler, 2011; Maurer, 2011; Daddio, 2012; Rixey, 2013)。而在自然因素中影響關係較明顯的是氣溫(Shaheen et al., 2011; Rixey et al., 2013)、濕度(Faghih-Imani et al., 2014)、坡度(Faghih-Imani et al., 2014)，這些因素都與民眾對公共自行車的使用呈反比，而日照關係則是因人而異(Shaheen et al., 2011)。



二、控制變數分析

(一) 天氣因素

因為騎行自行車是一項戶外運動，故天氣的好壞會影響人們使用私人自行車和公共自行車的使用意願。本研究在天氣的考量上會分三個方面：降雨、降雪和相對高低溫對此展開研究，以瞭解在不同的天氣狀況下影響公共自行車使用量的重要因素。

(二) 季節性因素

紐約市地處副熱帶濕潤氣候，冬季寒冷潮濕並伴有降雪，夏季高溫濕潤。每一年的十二月到次年的二月末是冬季，也是在此期間是紐約市主要降雪的月份，而後氣溫從三月之五月開始逐漸升高直至6月初，在六月至九月初為當地的夏季，平均高溫在 24 至 29 攝氏度，也是一年中最暖和的季節，而後由九月至十二月初是氣溫開始逐漸降低的秋季。本研究會針對當地的此季節性特徵，對此地的公共自行車使用量展開分析，以瞭解不同季節下，人們使用公共自行車最看重的因素為何。

(三) 周間和週末的出行因素

在周間和週末大多數人們所進行活動是不一樣的，因為周間需要處理工作有關的事務，故會在白天有上下班交通高峰潮的情景出現，而在白天和傍晚人們的活動也會很活躍。然而在週末因為個人的興趣愛好的不同，所延伸出來的行為也會有所不同。本研究會對每個單一車站在周間和週末的使用量進行分析，探討周間和週末影響人們使用公共自行車的主要因素為何。



第四節 分析方法

為驗證本研究之研究假說，需要擬定分析架構，並透過統計檢定進行假說的驗證，瞭解真實的建成環境與公共自行車的影響關係為何。本研究會首先進行資料的蒐集和整理，透過探索式分析的方式瞭解資料的分佈形態，而後透過多元線性回歸和自回歸的方式瞭解建成環境與使用量之間的關係並進行檢定，而後根據對比調整 R^2 的值，選取解釋能力更好的模型作為分析的結果。最後回應研究假說得到結論。其中本研究所選擇之自變數是上文所列舉之六大類型之各自的自變數，而因變數選擇當年該站點的公共自行車租借量的自然對數(Maurer, 2011; Rixey, 2013)。

一、敘述統計分析

在對資料進行蒐集合整理之後，會得到本研究所研究之建成環境因素(自變數)和租借車數量(應變數)的資料，在進行統計分析之前，本研究會透過 最小值、第一四分位數、平均值、第三四分位數、最大值和標準差指標的計算掌握資料的分佈形態，以方便對資料進行標準化處理以及統計分析的計算。

二、多元線性回歸模型

在統計回歸中，可採用線性模型預測一系列連續型或類別型自變數的影響程度，但在有些情況下，當自變數的個數超過 1 個的時候，需要使用到多元回歸(Multiple Regression Analysis)來替代簡單回歸分析。假設有 k 個自變數，那麼分析公式可以寫為：

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_p x_{ip} + \varepsilon_i, \text{ for } i = 1, 2, \dots, n.$$

(其中 y 是連續隨機變數，而 x_i 是自變數，其中的 β_0 是截距項，其中的 β_i 代表在每一個變數 x_i 上此函式的係數，也稱協同係數，所以一共會有 p 組 $\beta_i X_i$ ，進而構成了多元回歸方程式)。



三、逐步回歸模型

逐步回歸透過觀察統計值，如判定係數， t 值和最小資訊篩選變數。基於特定的標準加入或移出變數來擬合回歸模型。而逐步回歸又可分為兩種，一種是前進法，即開始與最顯著的變數而在模型中逐漸增加顯著變數；另一種是後退法，即開始計算是包含所有變數而後逐步減少不顯著的變數。

逐步回歸透過觀察統計值，如判定係數， t 值和最小資訊篩選變數。基於特定的標準加入或移出變數來擬合回歸模型。而逐步回歸又可分為兩種，一種是前進法，即開始與最顯著的變數而在模型中逐漸增加顯著變數；另一種是後退法，即開始計算是包含所有變數而

後逐步減少不顯著的變數，其以赤池信息量準則(Akaike information criterion, AIC)為準則，透過選擇最小的 AIC 資訊統計量，來達到刪除或增加變數的目的。故此方法也是努力降低變數的個數，選取最重要的變數，增大模型預測的準確度。所以從這個角度上來看，逐步回歸法也是一種降維的技術。

在統計學中，可以透過為自變數 X_n 與應變數 y 構建回歸方程的方式，找到二者之間的關係，得到自變數中集合中各個自變數對於應變數的影響關係強弱。而回歸方程有許多種，如何選擇合適的回歸模型會是本研究在回歸分析之前先做的工作。本研究會透過對前人文章中所提及的變數，使用不同的回歸方程進行回歸，而後透過對回歸模型的均方誤差(MSE)，誤差均方根(RMSE)，平均絕對誤差(MAE)，平均絕對百分誤差(MAPE)的檢驗，選擇最適合的回歸模型，然後再對這些自變數進行回歸分析。本文會使用多元線性回歸和逐步回歸進行統計建模和對比分析：



表 3-13 個線性回歸和逐步回歸模型比較表

分析方法	數學原理	優點和缺點	驗證方法
多元線性回歸	利用最小二乘函數對多個引數和因變數之間關係進行建模	可求函式和殘差檢測，簡單	R ² , T, F
逐步回歸	以「自動選取」進行篩選有統計顯著意義的自變項	方便，但變數順序會影響結果	T 值

四、驗證方法

在統計回歸建模後，本研究會使用統計最小二乘法 (Ordinary Least Squares, OLS) 對回歸進行診斷，判斷線性回歸模型是否正確。其中使用到了線性、正態性和同方差性作為診斷依據，而獨立性透過所收集的資料中進行驗證。以下介紹個特性的檢驗方式以及本研究的診斷結果：

線性，其在殘差擬合圖(Residuals vs Fitted)中代表著擬合的方程和實際資料點，其體現依變數與自變數線性特徵，殘差值與預測值沒有任何系統關聯，即除了白噪聲意外模型中應該包含資料中所有的系統方差。

正態性(Normal Q-Q Graph)，當預測變數的值為固定時，依變數也成正態分佈，即殘差值應當是一個均值為 0 的分佈。其中正態 Q-Q 圖實在正態分佈對應的情況下標準化殘差的概率圖。

同方差性，若滿足不變方差的假設，在尺度位置圖(Scale-Location Graph)中水準線周圍的點應該是隨機分佈，該圖滿足了此假設。殘差與槓桿圖(Residuals vs Leverage Graph)提供了研究中可能關注的單個觀測點的資訊。

第五節 研究限制



在本研究進行的過程中，有如下研究限制：

1.在對控制變數的考量上，因為資料取得難度的關係，當下無法取得有關所調查之公共自行車車站所在之最小統計區內之人口密度、人口結構和收入狀況、家戶平均擁有汽車和自行車數量的資料，若是能取得這類控制變數資料，本研究或許可以更充分考量此問題。

2.在計算公共自行車車站所能服務的面積時，本研究參照前人所做之研究所選取的 400 公尺歐幾裡得距離作為車站的服務範圍。因為使用路網距離作為服務範圍可以更好地描述車站所能到達的 400 公尺範圍的設施，但無法透過道路距離取得面資料以計算所覆蓋的學校、興趣點、CitiBike 車站的數量，故本研究採用方圓 400 公尺距離所構建之面資料作為公共自行車車站的服務範圍。

第四章 研究成果及討論



在本章節中，首先對資料進行探索性分析，找到紐約市人們使用公共自行車的一般性規律，然後在這樣的基礎上探討建成環境會對其所造成的影響，得到不同的環境因數對於整體的使用量帶來的影響的大小，最後透過探討天氣的變化，掌握適合當地所處的溫帶濕潤大陸性氣候的天氣狀況的變化對於日均使用量所造成的影響。

第一節 探索性分析

本研究會對於所考量之重要條件進行線性回歸分析。在進行統計分析之前，需要對資料進行探索性發現，本研究希望透過此分析，找到公共自行車的月使用量、一個星期以內每天的使用需求、在工作日和非工作日的每一個小時的使用量，考慮到僅是對於資料進行檢視，故探索性發現會以 2017 年為研究對象。以下是分析結果：

首先，每個月的使用需求，可以見得，人們對於公共自行車的每月需求在不同的季節會有不同的特徵，在年初 1 月至 3 月是當地最寒冷的季節，民眾會因為天氣、降雨和降雪的原因讓人們季節性地減少使用公共自行車，而到了 4 月至 5 月溫度逐漸回暖，民眾使用公共自行車的需求開始逐漸攀升；從 5 月至 11 月，在此期間民眾的用車需求呈現緩慢攀升的狀態，這樣的特徵反映了人們隨著時間的進行越來越認可公共自行車，故使用量上升。

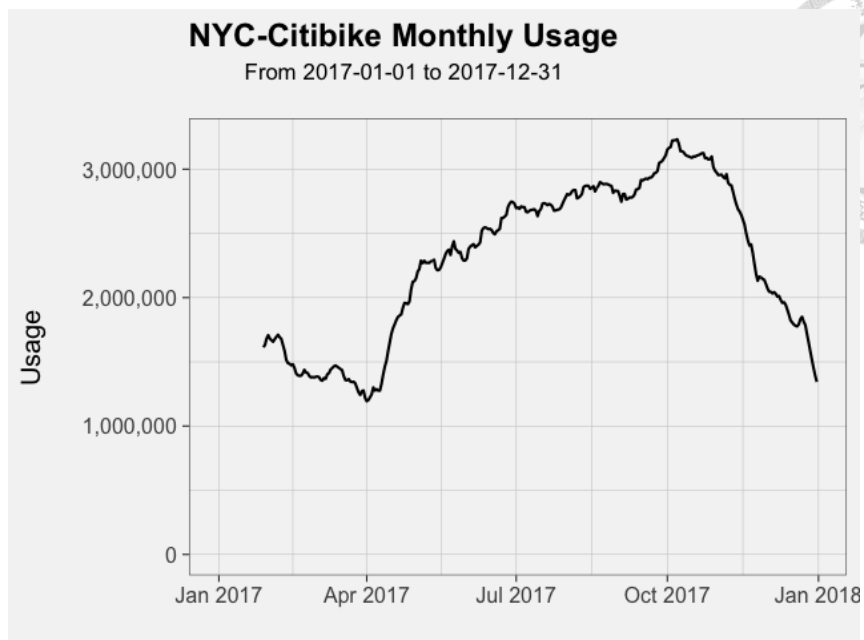


圖 4-1 紐約市公共自行車的月均使用量

其次是一周中不同日期，人們對於公共自行車的使用，其中在週三和週四的時候，人們對於共用單車的使用量很大，高於平均水準，這可以代表了民眾對於公共自行車使用多是在周間進行，而到了週末則人們會傾向於選擇其他的交通工具出行。

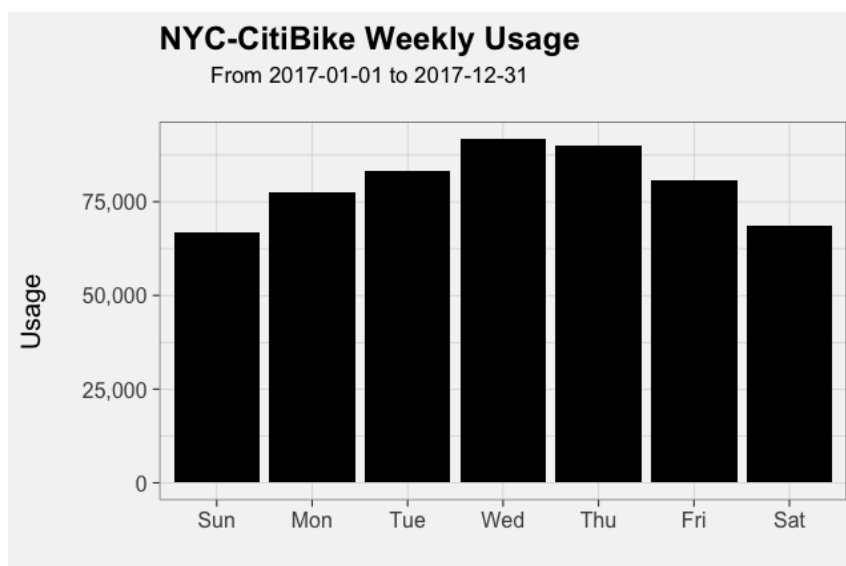


圖 4-2 紐約市公共自行車一周中每天的使用量

最後是人們在工作日和假日對於共用單車的使用。可以發現人們在周間的使用上，主要是以早上和晚上的通勤高峰為主，其中的早高峰出現在上午 8-10 時，晚高峰實在 17-20 時，而到了週末，人們則更加傾向於下午 12-17 時進行活動。

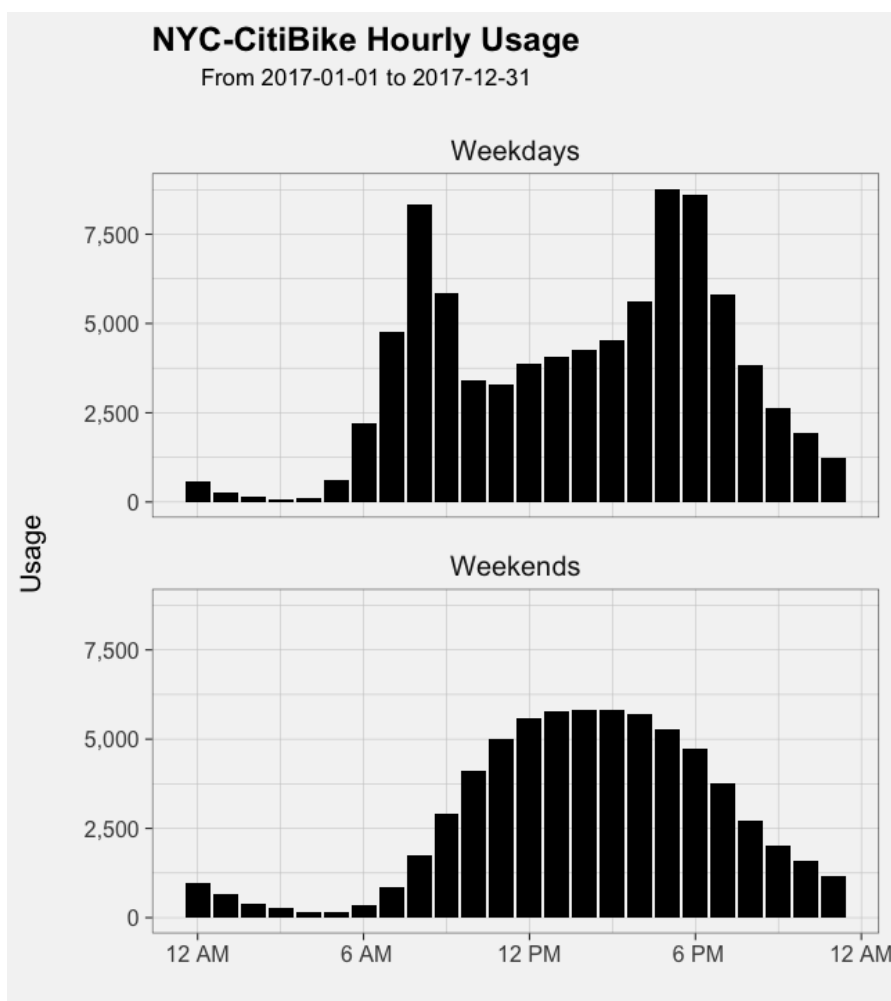


圖 4-3 紐約市公共自行車在周間和週末不同時間的使用量

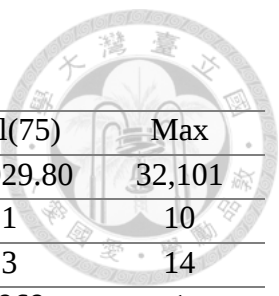
從探索性分析中，可發現，人們對於公共自行車的使用，在暖和的季節使用量是寒冷的季節的一至二倍，故其所收到季節性的影響很大，故可以在下文針對不同季節和不同氣候條件展開分析；而在周間和週末，周間有雙高峰的出行特徵，而週末則多集中在下午，這部分的特徵也可以在下文中進行探討。

第二節 建成環境對公共自行車使用量的影響



本研究會對已取得資料進行統計回歸分析，探討其對於公共自行車使用量的影響強度。對研究所考量之六大面向的建成環境影響因數展開討論，其中包括人口密度、中小學以及高中的學校密度、商業區所佔之土地比例、主要道路和次要道路的路口數量和路線傳長度、市政建設之公共自行車道長度、與大眾運輸(地鐵站和公車站)的距離等多個變數展開回歸，採用對數回歸的方法計算各因素對於公共自行車2017年的年租借量展開分析。其中所取得的建成環境資料的資料表和盒須圖(Boxplot)如下表所示：

表 4-1 建成環境資料表



變數中文名稱	Mean	St. Dev.	Min	Pctl(25)	Pctl(75)	Max
居住密度	10,726.89	5,731.83	0	6,691.50	14,029.80	32,101
高中分佈	1.087	1.681	0	0	1	10
中小學分佈	1.915	2.123	0	0	3	14
住商面積	0.766	0.259	0	0.624	0.969	1
住宅區面積	0.524	0.314	0	0.246	0.787	1
商業面積	0.242	0.286	0	0	0.408	1
工業面積	0.156	0.243	0	0	0.227	1
公園面積	0.059	0.107	0	0.002	0.06	1
公共空間面積	0.011	0.074	0	0	0	1
一般道路路口	50.046	25.941	0	33	63	163
一般道路長度	9,789.75	2,311.86	2,495	8,386.20	10,780.80	18,674
主要道路路口	2.69	10.25	0	0	0	78
主要道路長度	904.879	1,523.99	0	0	1,574.50	8,572
自行車道路長度	2,333.36	1,172.27	0	1,516	3,082	5,684
長椅分佈	3.735	3.691	0	1	6	21
與地鐵站距離	462.748	368.871	0.464	221.321	598.012	2,300.00
與公車站距離	107.831	94.003	0.005	46.671	146.044	600
地標數量	220.982	389.922	0	4	301.8	3,525
與學校距離	369.683	261.067	0.178	208.942	475.869	2,362.71
興趣點數量	38.515	24.235	2	19.8	53	193
與自行車站距離	276.917	117.6	0.083	219.12	335.906	956.271
400 公尺內站點數	5.141	1.87	1	4	6	11
800 公尺內站點數	17.451	5.587	2	13	22	31
1200 公尺內站點數	35.195	11.842	3	27	43	64
停車場數量	50.092	42.758	0	16	72	208

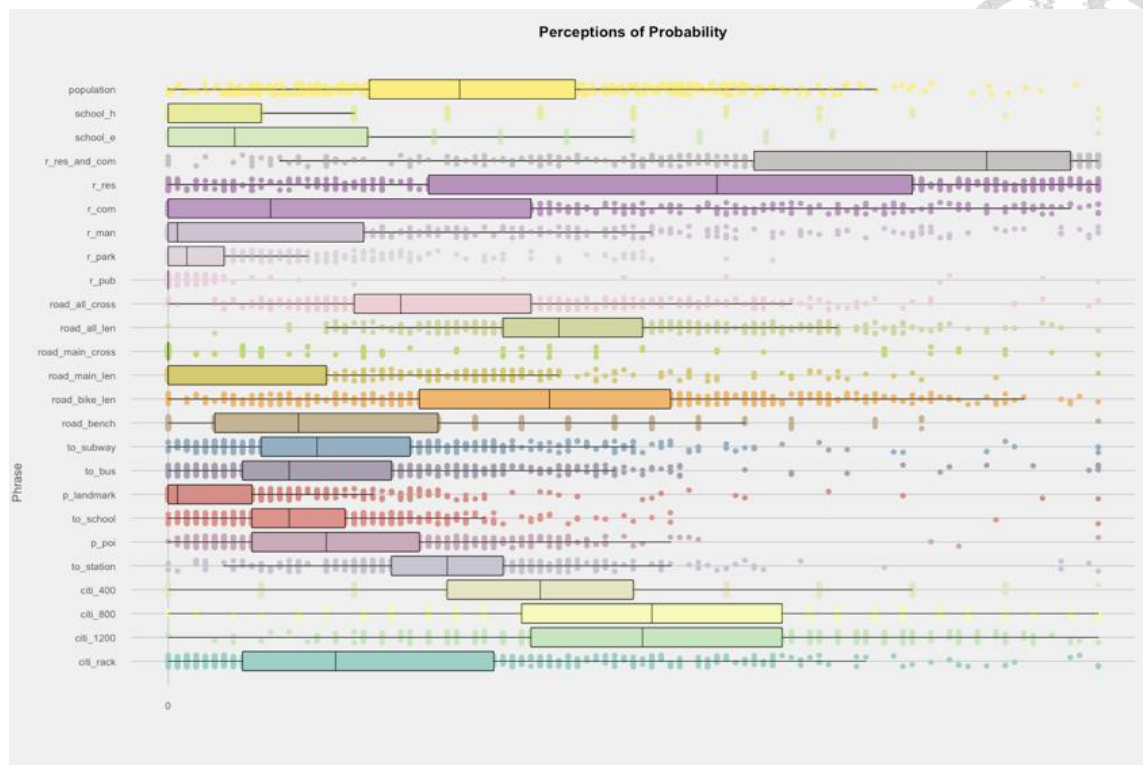


圖 4-4 建成環境資料盒須圖

首先對資料進行逐步回歸法，以多元線性回歸、選擇顯著變數的多元線性回歸、向前回歸 (Forward Stepwise)、向後回歸 (Backward Stepwise) 和交叉驗證 (Cross Validation) 的方式對資料進行處理，得到了其回歸模型。其中的顯著變數，根據多元線性回歸的結果，選取了居住密度、主要道路的交叉路口數、主要道路的長度、自行車道路的長度、公車站的地理點位、各類學校的地理點位、1200 公尺範圍內站點數和附近之自行車停車場站數量這些具有顯著特徵的變數。而向前回歸所得到的變數是所有變數，而後將此模型與線性回歸模型進行對比即可知道三者所考量的建成環境的差異和模型的好壞程度(依據調整 R^2 和殘差的標準誤差來判斷模型的解釋能力和合理性)。

表 4-2 不同統計模型之間對比表

Dependent variable: lg_total					
Variables	變數名稱	所有變數	顯著變數	向後回歸	交叉驗證
		估計值	估計值	估計值	估計值
population	居住密度	0.636***	0.636***	0.636***	0.636***
school_h	高中學校的地理點位	0.274		0.266	
school_e	中小學的地理點位	0.315			
r_res_and_com	住宅和商業使用土地面積	-3.658		-0.736***	-0.975***
r_res	住宅使用土地的面積	2.888			
r_com	商業使用土地的面積	4.474		1.498***	1.673***
r_man	工業使用土地的面積	-0.033			
r_park	公園使用土地的面積	0.192			
r_pub	公共空間使用土地的面積	0.696		0.673*	
road_all_cross	一般道路的交叉路口數	-0.042			
road_all_len	一般道路的長度	-0.809		-0.969***	
road_main_cross	主要道路的交叉路口數	-0.762***	-1.131***	-0.796***	
road_main_len	主要道路的長度	1.339***	1.361***	1.423***	
road_bike_len	自行車道路的長度	0.478***	0.433**	0.508***	
road_bench	長椅的地理點位	-0.577***		-0.548***	
to_subway	地鐵站的地理點位	-0.447		-0.463*	
to_bus	公車站的地理點位	-0.660***	-0.753***	-0.684***	
p_landmark	城市地標建築的地理點位	0.568**		0.556**	
to_school	各類學校的地理點位	0.850*	2.064***	0.706*	
p_poi	興趣點的地理點位	0.411		0.559*	
to_station	與最近公共自行車站點距離	0.981***		1.071***	
citi_400	400 公尺範圍內站點數	-0.069			
citi_800	800 公尺範圍內站點數	-0.113			
citi_1200	1200 公尺範圍內站點數	0.630*	1.613***	0.536**	
citi_rack	附近之自行車停車場站數量	1.340***	0.889***	1.300***	1.436***
Constant	常數	8.569***	7.718***	8.583***	9.169***
Observations(車站數)		535	535	535	535
R ²		0.498	0.309	0.496	0.403
Adjusted R ²		0.474	0.298	0.479	0.399
Residual Std. Error		0.688 (df = 509)	0.794 (df = 526)	0.684 (df = 516)	0.735 (df = 530)
F Statistic		20.234*** (df = 25; 509)	29.384*** (df = 8; 526)	28.263*** (df = 18; 516)	89.581*** (df = 4; 530)
Note:			* ** *** p<0.01		

根據對比 R^2 的值，可發現考慮所有變數的回歸模型比其他回歸模型更好，這意味著其能力更好，然後使用向後回歸法得到的回歸方程，所獲得的調整 R^2 值更高，並且所考慮的變數主要都是具有顯著特徵的，而不是採用所有已存在的變數，故使用此模型作為用來描述影響個公共自行車使用的回歸模型更好。

表 4-3 向後回歸模型結果

Dependent variable: lg_total			
Variables	變數名稱	估計值	標準誤差 SE
population	居住密度	0.964***	-0.218
school_h	高中學校的地理點位	0.266	-0.191
r_res_and_com	住宅和商業使用土地面積	-0.736***	-0.184
r_com	商業使用土地的面積	1.498***	-0.142
r_pub	公共空間使用土地的面積	0.673*	-0.377
road_all_len	一般道路的長度	-0.969***	-0.341
road_main_cross	主要道路的交叉路口數	-0.796***	-0.289
road_main_len	主要道路的長度	1.423***	-0.315
road_bike_len	自行車道路的長度	0.508***	-0.172
road_bench	長椅的地理點位	-0.548***	-0.2
to_subway	地鐵站的地理點位	-0.463*	-0.272
to_bus	公車站的地理點位	-0.684***	-0.213
p_landmark	城市地標建築的地理點位	0.556**	-0.265
to_school	各類學校的地理點位	0.706*	-0.42
p_poi	興趣點的地理點位	0.559*	-0.298
to_station	與最近公共自行車站點距離	1.071***	-0.326
citi_1200	1200 公尺範圍內站點數	0.536**	-0.248
citi_rack	自行車停車場的地理位置	1.300***	-0.202
Constant	常數	8.583***	-0.257
Observations(車站數)		535	
R^2		0.496	
Adjusted R^2		0.479	
Residual Std. Error		0.684 (df = 516)	
F Statistic		28.263*** (df = 18; 516)	
Note:		* p *** p<0.01	



選取對預測值可以造成顯著影響的因素進行分析，得到的回歸模型如上所示。可以得到結論：其中對於公共自行車使用的有顯著正向影響的因素(估計值大於 1)有：商業使用土地的面積、主要道路的長度、與最近公共自行車站點距離和自行車停車場的地理位置。而有負向影響的主要因素有：住宅和商業使用土地面積、一般道路的長度、主要道路的交叉路口數等，其他的因素也對於公共自行車使用量有正向影響。

對其使用回歸診斷的結果如下圖所示。其中，對於線性的檢驗，在本研究中資料點的分佈式分擴散，而殘差線線落在了 0.0 附近。而對於正態性的檢驗，則在圖上的點若落在 45 度角的直線上，可證明滿足正態假設。最後是同方差性檢驗，從圖形中可以鑒別出離群點、較高的槓桿指點、和強影響點。

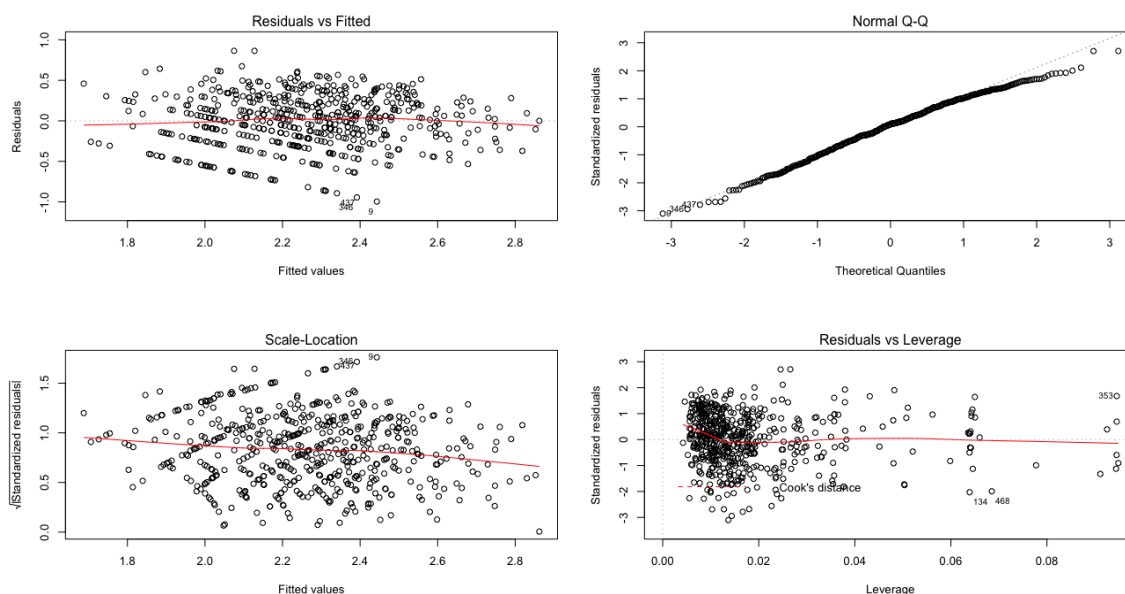


圖 4-5 顯著變數回歸方程式的回歸診斷

根據研究假說進行假說驗證，有密度、土地多樣性、都市設計、與大眾運輸站點距離、公共自行車系統分佈變數的影響關係。最後進行研究假說的驗證，探討控制變數的影響。對於影響量的評估，是以標準化後的變數對於使用量的自然對數進

行衡量得到的，而影響強度的衡量則是根據此變數的影響量是否大於 1 決定，若自變數對於依變數的影響大於 1 則使用正向記作「++」，負向記作「--」以區分強影響與弱影響，弱影響量小於 1 則以「+」和「-」作記錄。表 4-3 如下圖所示：



表 4-4 建成環境對公共自行車使用量的實證結果整理表

自變數		影響	
一級變數	編號	二級變數	影響量 影響強度
密度變數	1	居住密度	0.964*** +
	2	高中學校的地理點位	0.266 +
	4	住宅和商業使用土地面積	-0.736*** -
土地多樣性變數	6	商業使用土地的面積	1.498*** ++
	9	公共空間使用土地的面積	0.673* +
都市設計變數	11	一般道路的長度	-0.969*** -
	12	主要道路的交叉路口數	-0.796*** -
	13	主要道路的長度	1.423*** ++
	14	自行車道路的長度	0.508*** +
	15	長椅的地理點位	-0.548*** -
大眾運輸站點距離變數	16	地鐵站的地理點位	-0.463* -
	17	公車站的地理點位	-0.684*** -
交通可及性變數	18	城市地標建築的地理點位	0.556** +
	19	各類學校的地理點位	0.706* +
	20	興趣點的地理點位	0.559* +
公共自行車系統分佈變數	21	與最近公共自行車站點距離	1.071*** ++
	24	1200 公尺範圍內站點數	0.536** +
	25	附近之自行車停車場站數量	1.300*** ++

根據研究結果顯示，居住密度對於使用公共自行車會帶來正面影響，而高中學校的地理點位和住宅和商業使用土地面積對於公共自行車的使用產生的影響不大。而建成環境之商業環境用地的比例會會對公共自行車的使用產生大幅度正向影響。分析原因是商業用地的民眾有部分通勤上班的需求和休閒遊憩的需求，同時商業區

日常流動的人口數量多，也會帶來使用公共自行車的需求。而其他種類的土地類型如住宅區、工業區、公園和公共空間的面積對公共自行車使用的影響不大。

本研究發現附近主要道路的長度對公共自行車使用比較重要，當然周圍存在的自行車道路也有小幅度的正向影響，而附近的長椅個數會帶來負面影響，原因是長椅多的地方是行人步行空間，附近不適合騎行公共自行車。對於大眾運輸站點距離方面，相距公車站和地鐵站的距離越近，對於公共自行車的使用會帶來正向影響。

本研究同時發現建成環境中之公共地標點的數量、距離學校的與興趣點的數量對於公共自行車的使用產生一定的正向影響。根據研究結果顯示，沿途停車場的分佈對於公共自行車的使用產生很大程度正向影響，因為使用公共自行車的使用者有去其他地區辦事和遊玩的需求，所以若附近有停車站，可以增加人們使用公共自行車的意願。而 1200 公尺環域範圍的公共自行車車輛數會對整個公共自行車網絡帶來正向作用，有助於提升使用量。



第三節 控制變數分析

紐約市位於美國東部紐約州的東南部，是美國最大的城市，其有五個區域分別是曼哈頓、皇后區、布魯克林區、布朗克斯區和史泰登島區，其中在 2017 年有公共汽車站的點位分佈在曼哈頓、皇后區和布魯克林區。根據柯本氣候分類法，紐約地處副熱帶濕潤氣候，冬季寒冷潮濕，盛行離岸風使得大西洋的中和作用降低，而在大西洋和阿拉巴契亞山脈的共同作用下該城市在冬季比同緯度的其他城市更溫暖。在冬季氣候偏冷和潮濕，其在一年中日最高氣溫低於 0°C 的天數是 17 天，低於 -10°C 的天數是 7 天。寒冷季節持續 3.3 個月，從 12 月 3 日到 3 月 12 日，每日平均高溫低於 9°C；夏季相對炎熱潮濕，日最高氣溫超過 30°C 天數有 39 天，超過 35°C 天數有 4 天，極端最高氣溫是 41°C。暖和季節持續 3.5 個月，從 6 月 2 日到 9 月 16 日，每日平均高溫超過 24°C。下圖是紐約市平均高溫和低溫圖：

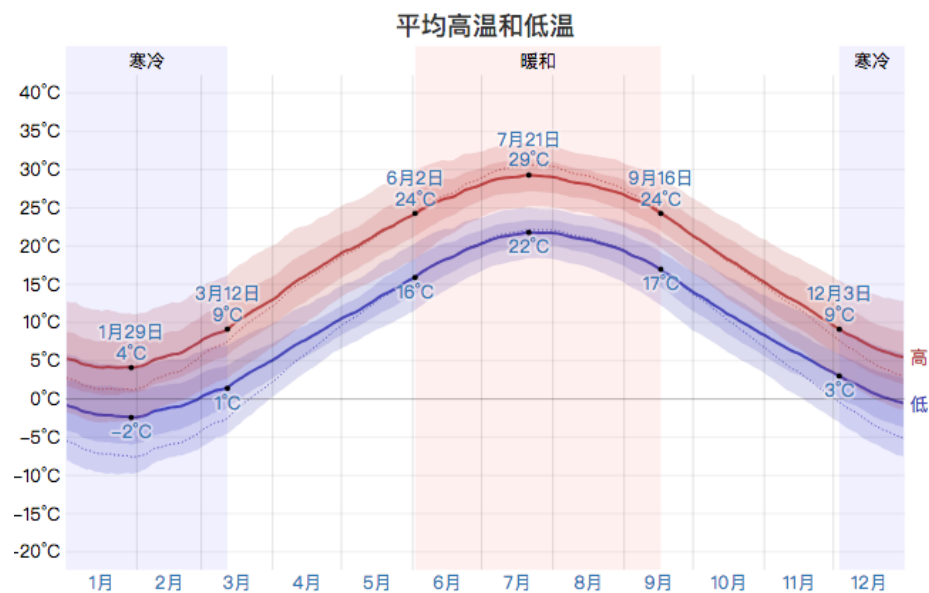


圖 4-6 平均高溫和低溫圖

而紐約市年均降雨量約 1260 毫米，分佈較平均，平均總累計雨量為 100 毫米左右，降雨量最大的日期是 4 月 16 日前後，降雨量最少的日期是 2 月 7 日前後。下圖是平均月降雨量圖：

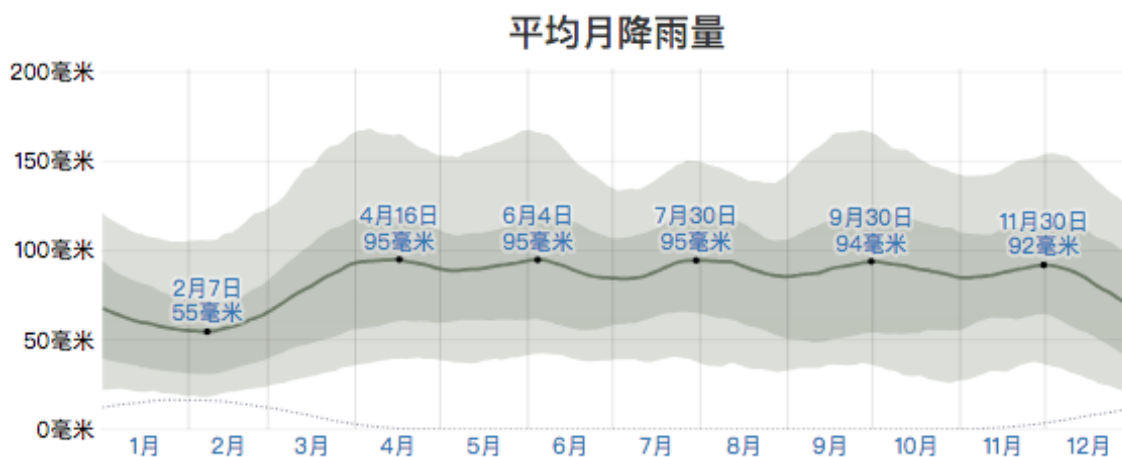


圖 4-7 平均月降雨量

紐約市降雪的阶段持續 4 個月左右，從 11 月 26 日到 4 月 2 日，其月降雪量大於 3 毫米，以 1 月 25 日的降雨量為一年最多，月均降雨量是 17 毫米，年均降雪量是 66 毫米。下圖是平均月降雪量圖：

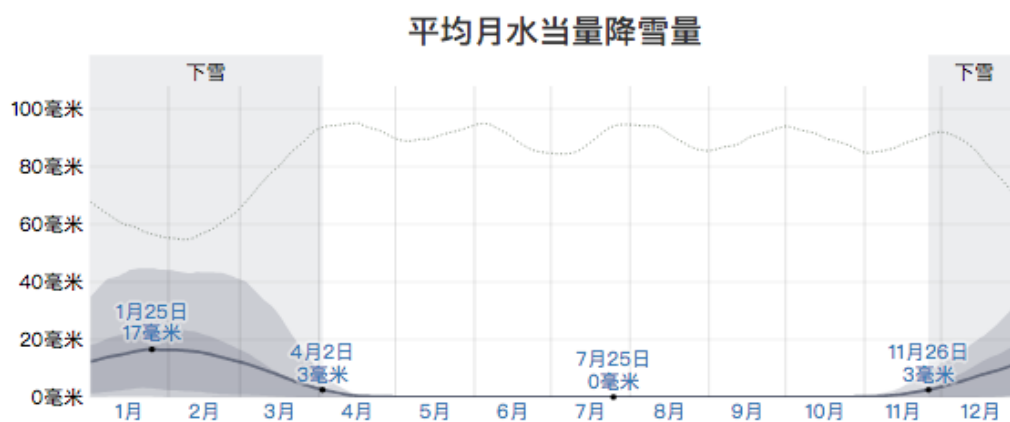


圖 4-8 平均月降雪量

因為騎自行車時，人們會與戶外的環境產生接觸，故天氣條件對於人們使用公共自行車也會造成影響。根據下圖可以發現，天氣條件中的溫度會對使用者使用公共自行車造成正向影響，而降雪則會帶來負向影響，降雨則沒有明顯的關係。

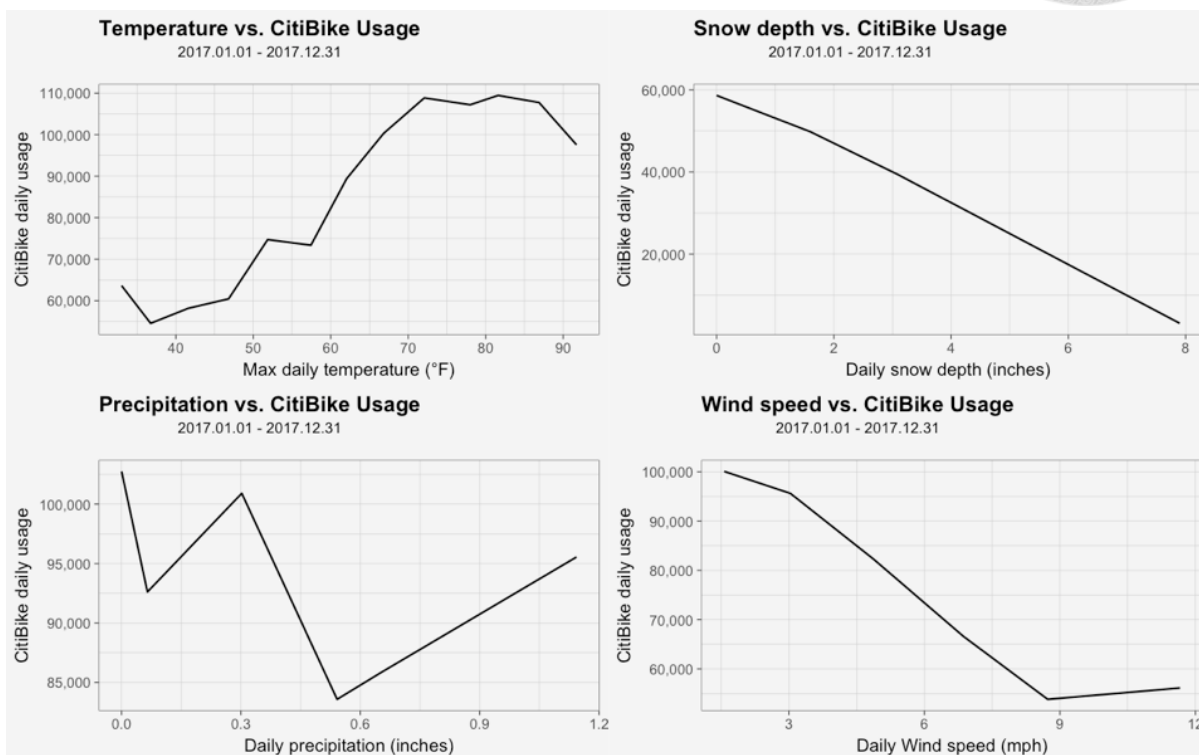


圖 4-9 當日天氣狀況與用量的關係

根據對於圖 4-9 的觀察，發現其中左上圖表現當日氣溫與用量關係；右上圖表現當日降雪厚度與用量關係；左下圖表現當日降雨量與用量關係；右下圖表現當日風速與用量關係。為了探討在不同天氣條件下影響民眾騎車的影響因素，本研究設計了如下線性模型以描述天氣變化對於實際的使用量所造成的影響，考慮到雨天-晴天、降雪日-非降雪日、高溫-低溫之間的關係。以下是在各個天氣條件下的建成環境對於公共自行車使用量的因素分析：

表 4-5 天氣(雨天和晴天)對公共自行車使用量的影響因數分析表

Dependent variable: lg_total					
Variables	變數名稱	雨天		晴天	
		估計值	標準誤差 SE	估計值	標準誤差 SE
population	居住密度	0.440**	(0.218)	0.430**	(0.219)
school_h	高中分佈密度	0.923***	(0.206)	0.872***	(0.207)
road_main _len	主要道路道路總長度	0.980***	(0.198)	0.880***	(0.198)
to_bus	與最近公車站之距離	-0.715***	(0.230)	-0.641***	(0.231)
to_school	與最近學校之距離	2.379***	(0.426)	2.655***	(0.427)
p_poi	興趣點數量	1.460***	(0.308)	1.469***	(0.309)
citi_1200	附近 1200 公尺範圍內站點數	1.615***	(0.244)	1.533***	(0.245)
citi_rack	附近之自行車停車場站數量	1.062***	(0.208)	0.939***	(0.209)
Constant	常數	1.669***	(0.160)	1.876***	(0.161)
Observations(車站數)		535		535	
R ²		0.383		0.36	
Adjusted R ²		0.373		0.35	
Residual Std. Error (df = 693)		0.770 (df = 526)		0.773 (df = 526)	
F Statistic (df = 5; 693)		40.794*** (df = 8; 526)		36.914*** (df = 8; 526)	
Note:		*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01			

可以從表中發現，在天氣條件的降雨考量因素下，雨天與晴天情況下各個建成環境影響因素對於線性回歸模型的影響力相似。其中比較影響公共自行車使用量的因素分別是：與最近學校之距離、興趣點數量、附近 1200 公尺範圍內站點數和附近自行車場站數量這些，其資訊是當地的公共自行車場站的分佈情況，和遠離學校的特徵會給公共自行車使用帶來正向的影響。而較小的影響因素有：居住密度、高中分佈密度和主要道路總長度。其中公共自行車站距離學校越遠使用量越大，說明學生數量的增多並不能使得使用公共自行車的人數增多。它們的調整 R² 在 0.37 附近，代表這樣的線性回歸模型可以表現 37% 的現實情況。

表 4-6 天氣(降雪與非降雪)對公共自行車時使用量的影響因數分析表

Dependent variable: lg_total					
Variables	變數名稱	降雪日		非降雪日	
		估計值	標準誤差 SE	估計值	標準誤差 SE
population	居住密度	0.523**	(0.214)	0.884***	(0.210)
road_main_cross	主要道路路口密度	-0.925***	(0.303)		
road_main_len	主要道路道路長度	1.315***	(0.252)		
to_bus	與最近公車站之距離	-0.911***	(0.226)	-0.550**	(0.235)
to_school	與最近學校之距離	1.790***	(0.397)	2.625***	(0.423)
p_poi	興趣點數量	1.644***	(0.298)	1.604***	(0.295)
citi_1200	附近 1200 公尺範圍內站點數	1.895***	(0.240)	1.331***	(0.244)
citi_rack	附近之自行車停車場站數量	1.090***	(0.202)	1.015***	(0.205)
Constant	常數	1.144***	(0.155)	2.132***	(0.136)
Observations(車站數)		535		535	
R ²		0.409		0.346	
Adjusted R ²		0.4		0.338	
Residual Std. Error (df = 693)		0.758 (df = 526)		0.789 (df = 528)	
F Statistic (df = 5; 693)		45.495*** (df = 8; 526)		46.455*** (df = 6; 528)	
Note:		*p<0.1; **p<0.05; *** p<0.01			

有關降雪對於公共自行車使用量的影響，可以發現降雪日和非降雪日的影響因素各不相同。其中在降雪日，主要影響公共自行車使用量的建成環境因素分別有：主要道路路口密度、主要道路長度、與最近學校之距離等。值得注意的是，在非降雪日與公車站距離和與最近學校之距離都有較大變化，這些變化說明，人們更加重視其通勤的便捷性，以及在下雪的天氣裡附近學校裡的學生使用公共自行車的傾向比在非降雪日裡更強烈。其中對於使用公共自行車影響能力較大的因素有：居住密度、興趣點數量、商業面積和停車場數量，這些因素中因為有居住密度和與公車站距離的因素，故能體現公共自行車的使用來自於當地的人口聚集程度和旅行的便利性程度，由興趣點數量和公共自行車系統分佈的變數中可以看出來。在非降雪日(通

常在一年中的四月至十一月)建成環境對於公共自行車使用量的影響不大，這說明在溫暖的日子裡，主要影響公共自行車租借的還是當地的整體建成環境條件。

表 4-7 天氣(高溫和低溫)對公共自行車使用量的影響因數分析表

Dependent variable: lg_total					
Variables	變數名稱	相對高溫		相對低溫	
		估計值	標準誤差 SE	估計值	標準誤差 SE
population	居住密度			0.849***	(0.217)
school_h	高中分佈密度			1.012***	(0.210)
road_main_cross	主要道路路口密度	-1.022***	(0.329)		
road_main_len	主要道路道路長度	1.383***	(0.267)	0.729***	(0.207)
road_bench	長椅分佈密度	-0.823***	(0.224)		
road_bike_len	自行車道路總長度			0.574***	(0.185)
to_subway	與最近地鐵站之距離	-1.654***	(0.286)		
to_bus	與最近公車站之距離			-0.749***	(0.237)
to_school	與最近學校之距離			2.591***	(0.438)
p_poi	附近之興趣點數量	2.317***	(0.282)	1.361***	(0.308)
citi_1200	附近 1200 公尺範圍站點數			2.191***	(0.229)
citi_rack	附近之自行車停車場站數量	1.739***	(0.182)		
Constant	常數	3.409***	(0.116)	1.167***	(0.165)
Observations(車站數)		533		535	
R ²		0.303		0.4	
Adjusted R ²		0.295		0.391	
Residual Std. Error (df = 693)		0.811 (df = 526)		0.792 (df = 526)	
F Statistic (df = 5; 693)		38.100*** (df = 6; 526)		43.823*** (df = 8; 526)	
Note:		*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01			

研究天氣條件中溫度對於公共自行車使用量的影響，以一年內平均氣溫的平均值 17°C 作為區隔，在相對溫暖的天氣條件下人們考慮的更多的因素是主要道路路口密度、長椅分佈密度、與最近地鐵站之距離、附近之自行車停車場數量等；在寒冷的天氣下，人們更多考慮以下變數：居住密度、高中分佈密度、自行車道路總長度、與最近公車站之距離、與最近學校之距離和附近 1200 公尺範圍內站點數等。透過對比發現在溫暖的天氣下人們更考慮興趣點、附近自行車停車場數量和地鐵站距離等

「遊玩」目的的旅次。而在寒冷的天氣下，居住密度和附近公車站多、CitiBike 站點網絡密集的情況下人們才會考慮出行。



表 4-8 不同季節下的影響因數分析表

		Dependent variable: lg_total			
Variables	變數名稱	春季 (3,4,5 月)	夏季 (6,7,8 月)	秋季 (9,10,11 月)	冬季 (12,1,2 月)
		估計值	估計值	估計值	估計值
population	居住密度	1.062***	0.687***	0.457**	0.690***
school_h	高中分佈密度	0.818***	0.839***	0.798***	
road_main_cross	主要道路路口密度	-1.214***	-1.150***	-0.871***	-1.010***
road_main_len	主要道路道路長度	1.583***	1.509***	1.248***	1.312***
road_bike_len	自行車道路總長度	0.517**	0.371**	0.498***	0.403**
to_subway	與最近地鐵站之距離	-1.016***	-1.011***		
to_bus	與最近公車站之距離	-0.546**	-0.506**	-0.783***	-0.903***
to_school	與最近學校之距離	2.891***	2.819***	2.744***	1.955***
p_poi	附近之興趣點數量			1.230***	1.592***
citi_1200	附近 1200 公尺範圍內站點數	1.449***	1.259***	1.174***	1.622***
citi_rack	附近之自行車停車場站數量	0.645***	0.820***	1.045***	1.020***
Constant	常數	6.088***	6.797***	6.407***	5.804***
Observations(車站數)		532	526	524	535
R ²		0.329	0.41	0.406	0.422
Adjusted R ²		0.316	0.399	0.394	0.412
Residual Std. Error (df = 693)		0.837 (df = 521)	0.655 (df = 515)	0.705 (df = 513)	0.738 (df = 525)
F Statistic (df = 5; 693)		25.543*** (df = 10; 521)	35.813*** (df = 10; 515)	35.001*** (df = 10; 513)	42.610*** (df = 9; 525)
Note:		*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01			

透過分析在不同季節下的影響因數，可發現在春季和秋季，地鐵站的距離越近對於公共自行車使用有正向影響，而下半年，附近的興趣點的數量對於紐約的註冊

用戶來說更有吸引力。此外，在秋冬季人們對於公共自行車系統的部分的便捷性的要求提高，在秋冬季節，附近 1200 公尺範圍內站點數和附近之自行車停車場站數量的估計值增高。



表 4-9 週末與周間影響因數分析表

Dependent variable: lg_total					
Variables	變數名稱	周間		週末	
		估計值	標準誤差 SE	估計值	標準誤差 SE
population	居住密度	1.062***	(0.18)	0.687***	(0.18)
school_h	高中分佈密度	0.818***	(0.17)	0.839***	(0.17)
road_main_cross	主要道路路口密度	-1.214***	(0.27)	-1.150***	(0.27)
road_main_len	主要道路道路長度	1.583***	(0.23)	1.509***	(0.23)
road_bike_len	自行車道路總長度	0.517**	(0.16)	0.371**	(0.16)
to_subway	與最近地鐵站之距離	-1.016***	(0.24)	-1.011***	(0.24)
to_bus	與最近公車站之距離	-0.546**	(0.20)	-0.506**	(0.20)
to_school	與最近學校之距離	2.891***	(0.37)	2.819***	(0.37)
citi_1200	附近 1200 公尺範圍站點數	1.449***	(0.21)	1.259***	(0.21)
citi_rack	附近之自行車停車場站數量	0.645***	(0.18)	0.820***	(0.18)
Constant	常數	6.088***	(0.16)	6.797***	(0.16)
Observations(車站數)		532		526	
R ²		0.329		0.41	
Adjusted R ²		0.316		0.399	
Residual Std. Error		0.837 (df = 521)		0.655 (df = 515)	
F Statistic		25.543*** (df = 10; 521)		35.813*** (df = 10; 515)	
Note:		*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01			

透過分析週末與周間的建成環境與使用量分析，可以得出在周間工作日內，人們對於居住密度、自行車道路總長度、附近 1200 公尺範圍內站點數的要求有小幅度成長，而週末對於附近之自行車停車場站數量的要求稍微更高。在這兩個時間段內的公共自行車的租借行為的影響因數，並未有太大的差距，分析原因是人們對於工作日和休息日的建成環境觀感並未產生比較大的差異，所對於公共自行車的使用不會因為周間和週末有太大差別。

第五章 結論與後續建議



透過對於公共自行車與建成環境的分析，本研究獲得以下結論，並提出本研究在應用上所需要注意的問題以及在後續研究中的建議。過去的研究主要探討“建成環境對於公共自行車的影響”因素的課題。其中以總體研究取徑，探討了城市尺度下的公共自行車使用量規律、建成環境的影響和天氣的影響。本研究以交通系統高度發達且成熟的美國紐約市作為實證區域，對於此地的環境資訊展開調查，再將這部分資料轉換成建成環境變數，根據實際結果和過去文獻，提出根據此研究所得之結論並驗證，並提出後續研究可以繼續發展的方向。

第一節 結論

一、實證結果意涵

根據前人的影響結果和相關文獻進行比較分析，發現建成環境對公共自行車的影響和對私人自行車的影響不同；而且本研究所列舉之研究自變數相比於前人的研究更能完整地量測建成環境，考量天氣對於公共自行車使用的影響發現不同的天氣條件會給整體使用量帶來影響；以下會對這些觀點一一做說明。

(一) 建成環境對於公共自行車的差異

在之前的研究中，多聚焦於環境對於私人自行車出行的影響，近年來隨著公共自行車的興起，這方面的研究也開始不斷增多。其中公共自行車擁有公共使用、按實際費、在固定停車租還、不需維護等特點，而私人自行車具有需要自行停車和維護保養的特點，故兩者之間在旅次產生的目的和經過的地點上會有明顯的差異。其

中對於私人自行車的研究著重在對民眾的出行行為的調查，而對於公共自行車的研究著重在民眾對於共用交通工具的使用的特徵上。



(二) 本研究所選取的因素與傳統自行車研究因素對比

本研究中，相比於傳統旅次研究中 5Ds 的概念，新增了不少新的考量因素，其中包括 附近自行車停車場數量和天氣變化的因素，因為公共自行車使用的特性，其每天在每個站點的使用量都會產生變化，過去的研究多集中在一個月的使用總量上，其常見的 5Ds 或 7Ds (密度、多樣性、設計、距離大眾運輸的距離、訖點可及性)(鄭雨桐, 2016)架構，多集中在質化的問卷、田野調查和邏輯二元分析，無法完整解釋影響公共自行車的使用的因素，故在本研究中使用線性回歸方法同時考量這些因素，以求能更完整地解釋此地的公共自行車使用現況。

(三) 考量天氣條件對於公共自行車的影響

過去對於天氣條件的考量，研究的溫度單位是站點的平均溫度、濕度作為考量因數，鮮少考量到連續時間的天氣變化，這也是本研究想要突破的問題。其中針對紐約市所處的溫帶濕潤大陸性氣候，所受到氣溫、降雪和降雨等影響較大的特點，設計線性方程式描述這一動態變化的自然現象，進而得到在不同的天氣條件下會對租借產生的影響，從天氣的變化解釋了此地的公共自行車使用量的日變化情況。

二、公共自行車站點選址的建議

根據前文實證分析的結果，本文提出兩點針對公共自行車的建議，以提供相關單位更有效率地管理公共自行車的理論依據。

(一) 影響民眾對於公共自行車使用的主要正向因素是：商業使用土地的面積、主要道路的長度、與最近公共自行車站的距離等。故在實際規劃設站時，可以多考慮這些因素，在主要道路密集的商业使用區設站，並設計相鄰的方便的公共自行車停車站網絡。而負面影響因素有道長椅數量、主要道路的交叉路口數和一般道路的

長度，在設站選址時應考慮在地環境應避免這些負向的影響因數。而附近的地鐵站和公車站也對於使用有正向的影響，這與人們在附近搭乘大眾交通運輸工具有關。

(二) 設計合理的公共自行車系統分佈變數對於促進民眾使用公共自行車具有正向作用。在路網密佈的城市中，具備完備的公共自行車系統，並且在 1200 公尺範圍內站點個數多和停車場站數量多，會更加方便民眾使用公共自行車的意願。

(三) 在檢討城市中各個公共自行車站點合理性時，主要考量道路和公共自行車系統兩大主要因素。若主要道路長度、興趣點、學校、地標性建築等是正向影響因數，則一般道路總長度、主要道路交叉路口和公園長椅點位等便是主要負向影響因數，透過對這兩類因數的分析即可瞭解每個自行車站點的環境因素指標，進而檢討現有車站的合理性。

第二節 後續研究



因為受限於時間和精力，本研究所研究的研究對象和地區具有具體的特徵，研究結果在日後的運用中針對不同的城市會有不同的表現，故提出可以後續改進和延伸的「後續研究建議」。

(一) 本研究的研究區是美國紐約市三個區(曼哈頓、布魯克林和皇后區)在2017年公共自行車系統的使用量研究，若能將研究的範圍擴大，便能對於更長一段的時間內的使用量進行分析，以及在不同的環境脈絡下的城市進行實證分析。如擴大時間尺度，選擇2014年開始就一直服務的站點，取得三年間的旅次資料對其進行較長時間尺度的時間序列分析，得到站點使用的規律性特徵；如擴大空間尺度，將分析對象從單一系統擴展涵蓋其他城市的公共自行車系統，因為不同城市的建成環境特徵有多元化的差異，故如此做法可以更清楚地理解建成環境對於公共自行車使用量所造成的影響。

(二) 本研究中界定每個公共自行車站所能服務的範圍，參考前人研究中400公尺的歐幾裡得距離而定。但至於選取多長的距離作為公共自行車站的服務範圍，會根據每個城市的道路路網密度、當地民眾的使用習慣和天氣條件等因素的不同而有所差異。故「尺度」作為影響研究結果的重要因素，值得對其進行探討。在「公共自行車站服務面積」的問題上，前人的研究以250、300、400公尺的長度和歐幾裡得距離和道路距離這兩種距離計算方式為主，後續的研究可以從這兩個角度展開，分析不同閾值選取狀況下對研究主題的影響程度。

(三) 民眾使用公共自行車時會搭配合適的交通工具，用以達成完整出行的多段旅次需求(其中包括公共自行車+地鐵或公共自行車+公交車)，這需要對同一使用者的不同交通行為的資料。目前這方面的研究因為隱私性和資料取得的瓶頸，還存在著一定限制。將來若能整合民眾在單一旅次上所使用的不同交通工具的起訖時間、地

點和交通選擇方式，即可延伸對旅次行為的特徵和產生的影響因素展開分析，產生更多的應用價值。

(四) 本研究使用回歸的方式對建成環境和站點的年使用量進行統計分析，在後續的研究中可以瞭解不同公共自行車站點的租車和借車的需求，透過時間序列的分析，找到每個車站的變化規律，這樣可以針對每一個站在不同時間的用車和借車需求。而瞭解車站隨時間變化的需求后，可以藉此規劃調配人力和資源。例如根據在一條公共自行車調配路線所經過的車站的需求資料，預測在未來某一個小時每個站需要的空間的停車樁的個數以及所需要補充的車輛的個數，故可以透過公共自行車租借需求的提前預估進行準備，幫助營運者達到更精準的公共自行車調配。

參考文獻



鄭雨桐(2016)。建成環境對公共自行車使用之影響，國立台灣大學地理環境資源研究所碩士論文。

Cervero, R. and Kockelman, K. (1997). Travel demand and the 3Ds: density, diversity, and design. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 2(3), 199-219.

Cervero, R., Sarmiento, O. L., Jacoby, E., Gomez, L. F. and Neiman, A. (2009). Influences of built environments on walking and cycling: lessons from Bogotá. *International Journal of Sustainable Transportation*, 3(4), 203-226.

Cetinkaya, c. (2017). Bike sharing station site selection for gaziantep. *Sigma Journal Of Engineering And Natural Sciences-Sigma Muhendislik Ve Fen Bilimleri Dergisi*, 35(3), 535-543.

Chen, Q., Liu, M. and Liu, X. (2018). Bike Fleet Allocation Models for Repositioning in Bike-Sharing Systems. *IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine*, 10(1), 19-29.

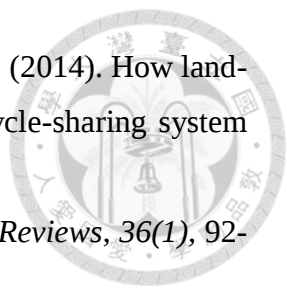
Chen, P., Shen, Q. and Childress, S. (2018). A GPS data-based analysis of built environment influences on bicyclist route preferences. *International Journal of Sustainable Transportation*, 12(3), 218-231.

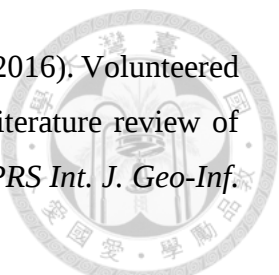
Daddio, D. W. and Mcdonald, N. (2012). Maximizing bicycle sharing: an empirical analysis of capital bikeshare usage. *University of North Carolina at Chapel Hill*.

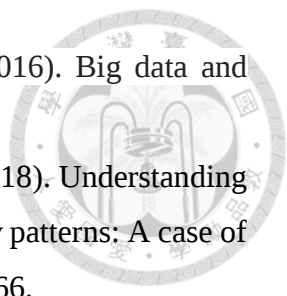
Elwood, S. (2008). Volunteered geographic information: future research directions motivated by critical, participatory, and feminist GIS. *GeoJournal*, 72(3-4), 173-183.

Faghih-Imani, A. and Eluru, N. (2015). Analysing bicycle-sharing system user destination choice preferences: Chicago's Divvy system. *Journal of Transport Geography*, 44, 53-64.

Faghih-Imani, A. and Eluru, N. (2016). Incorporating the impact of spatio-temporal interactions on bicycle sharing system demand: A case study of New York CitiBike system. *Journal of Transport Geography*, 54, 218-227.

- 
- Faghih-Imani, A., Eluru, N., El-Geneidy, A. M., Rabbat, M. and 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.
- Fishman, E. (2016). Bikeshare: A review of recent literature. *Transport Reviews*, 36(1), 92-113.
- Fishman, E. (2016). Cycling as transport. *Transport Reviews*, 36(1), 1-8.
- Faghih-Imani, A., Eluru, N., El-Geneidy, A. M., Rabbat, M. and 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.
- Fonte, C.C., Minghini, M., Patriarca, J., Antoniou, V., See, L., and Skopeliti, A. Generating up-to-date and detailed land use and land cover maps using OpenStreetMap and GlobeLand30. *ISPRS Int. J. Geo-Inf.* 2017, 6, 125.
- Gonzalez, M. C., Hidalgo, C. A. and Barabasi, A. L. (2008). Understanding individual human mobility patterns. *Nature*, 453(7196), 779.
- Han, X. P., Hao, Q., Wang, B. H. and Zhou, T. (2011). Origin of the scaling law in human mobility: Hierarchy of traffic systems. *Physical Review E*, 83(3), 036117.
- Havlik, D., Soriano, J., Granell, C., Middleton, S. E., van der Schaaf, H., Berre, A., and Pielorz, J. (2013). Future Internet enablers for VGI applications. *EnviroInfo 2013, Germany*. 02 - 04 Sep 2013.
- Heikinheimo, V., Minin, E.D., Tenkanen, H.; Hausmann, A., Erkkonen, J., and Toivonen, T. (2017) User-generated geographic information for visitor monitoring in a national park: A comparison of social media data and visitor survey. *ISPRS Int. J. Geo-Inf.* 2017, 6, 85.
- Kaplan, S., Manca, F., Nielsen, T. A. S. and Prato, C. G. (2015). Intentions to use bike-sharing for holiday cycling: An application of the Theory of Planned Behavior. *Tourism Management*, 47, 34-46.
- Kim, K. (2018). Investigation on the effects of weather and calendar events on bike-sharing according to the trip patterns of bike rentals of stations. *Journal of Transport Geography*, 66, 309-320.

- 
- Klonner, C., Marx, S., Usón, T., Porto de Albuquerque, J., and Höfle, B. (2016). Volunteered Geographic Information in natural hazard analysis: A systematic literature review of current approaches with a focus on preparedness and mitigation. *ISPRS Int. J. Geo-Inf.* 2016, 5, 103
- Luchetti, G., Mancini, A., Sturari, M., Frontoni, E., Zingaretti, P. (2017). Whistland: An augmented reality crowd-mapping system for civil protection and emergency management. *ISPRS Int. J. Geo-Inf.* 2017,6, 41.
- Mattson, J. and Godavarthy, R. (2017). Bike share in Fargo, North Dakota: Keys to success and factors affecting ridership. *Sustainable cities and society*, 34, 174-182.
- Muarer, L. (2011). Suitability Study for a Bicycle Sharing Program in Sacramento, California. *University of North Carolina at Chapel Hill, Department of City and Regional Planning.*
- Munizaga, M. A. and Palma, C. (2012). Estimation of a disaggregate multimodal public transport Origin–Destination matrix from passive smartcard data from Santiago, Chile. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 24, 9-18.
- Nikitas, A., Wallgren, P. and Rexfelt, O. (2016). The paradox of public acceptance of bike sharing in Gothenburg. In *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Engineering Sustainability. ICE Publishing, Vol. 169, No. 3*, pp. 101-113.
- Palmer, J. R., Espenshade, T. J., Bartumeus, F., Chung, C. Y., Ozgencil, N. E. and Li, K. (2013). New approaches to human mobility: Using mobile phones for demographic research. *Demography*, 50(3), 1105-1128.
- Pucker, J. (2001). Cycling safety on bikeways vs. roads. *Transportation Quarterly*, 55(4), 9-11.
- Rixey, R. (2013). Station-level forecasting of bikesharing ridership: Station Network Effects in Three US Systems. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (2387), 46-55.
- Rojas-Rueda, D., De Nazelle, A., Teixidó, O. and Nieuwenhuijsen, M. J. (2012). Replacing car trips by increasing bike and public transport in the greater Barcelona metropolitan area: a health impact assessment study. *Environment international*, 49, 100-109.

- 
- Romanillos, G., Zaltz Austwick, M., Ettema, D. and De Kruijf, J. (2016). Big data and cycling. *Transport Reviews*, 36(1), 114-133.
- Saberi, M., Ghamami, M., Gu, Y., Shojaei, M. H. S. and Fishman, E. (2018). Understanding the impacts of a public transit disruption on bicycle sharing mobility patterns: A case of Tube strike in London. *Journal of Transport Geography*, 66, 154-166.
- Sarkar, A., Lathia, N. and Mascolo, C. (2015). Comparing cities' cycling patterns using online shared bicycle maps. *Transportation*, 42(4), 541-559.
- Song, C., Qu, Z., Blumm, N. and Barabási, A. L. (2010). Limits of predictability in human mobility. *Science*, 327(5968), 1018-1021.
- Sosko, S.; Dalyot, S. (2017). Crowdsourcing user-generated mobile sensor weather data for densifying static geosensor networks. *ISPRS Int. J. Geo-Inf.* 2017, 6, 61.
- Turner, A. (2006). *Introduction to neogeography*. O'Reilly Media, Inc.
- Wang, X., Lindsey, G., Schoner, J. E. and Harrison, A. (2015). Modeling bike share station activity: Effects of nearby businesses and jobs on trips to and from stations. *Journal of Urban Planning and Development*, 142(1), 04015001.
- Wang, Y.; Jiang, W.; Liu, S.; Ye, X.; Wang, T. (2016). Evaluating trade areas using social media data with a calibrated Huff model. *ISPRS Int. J. Geo-Inf.* 2016, 5, 112
- Zhao, J., Deng, W. and Song, Y. (2014). Ridership and effectiveness of bikesharing: The effects of urban features and system characteristics on daily use and turnover rate of public bikes in China. *Transport Policy*, 35, 253-264.
- Zheng, Y. (2015). Trajectory data mining: an overview. *ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology (TIST)*, 6(3), 29.
- Zhou, X. (2015). Understanding spatiotemporal patterns of biking behavior by analyzing massive bike sharing data in Chicago. *PloS one*, 10(10), e0137922.