

國立交通大學
運輸與物流管理學系

碩士論文

影響汽機車行駛里程之關鍵因素分析

Key Factors Contributing to the Mileages Traveled of
Cars and Motorcycles

研究生： 陳昱鈞

指導教授： 邱裕鈞 博士

中華民國一一〇年一月

影響汽機車行駛里程之關鍵因素分析

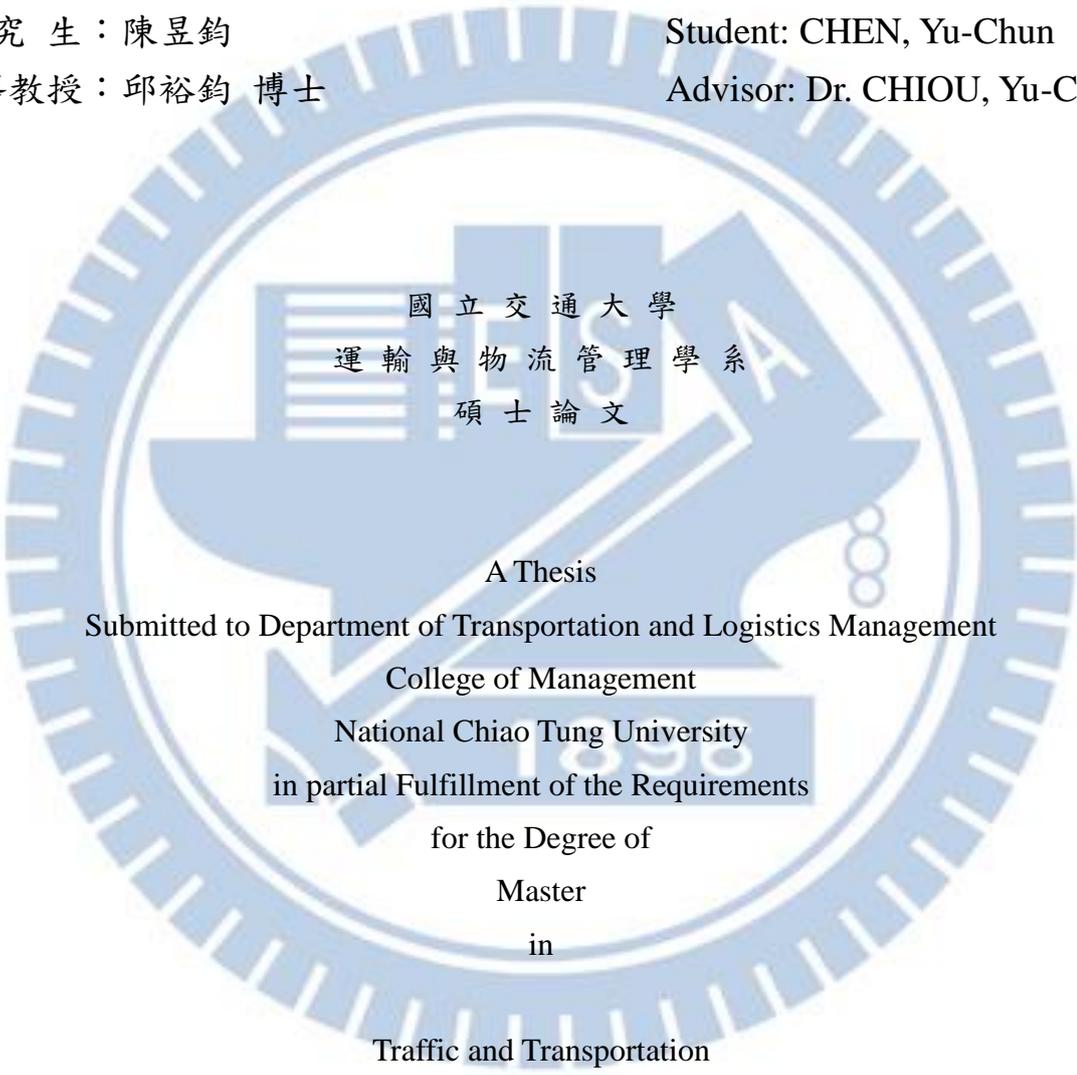
Key Factors Contributing to the Mileages Traveled of Cars and Motorcycles

研究生：陳昱鈞

Student: CHEN, Yu-Chun

指導教授：邱裕鈞 博士

Advisor: Dr. CHIOU, Yu-Chiun



國立交通大學
運輸與物流管理學系
碩士論文

A Thesis

Submitted to Department of Transportation and Logistics Management

College of Management

National Chiao Tung University

in partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master

in

Traffic and Transportation

January 2021

Taipei, Taiwan, Republic of China

中華民國一一〇年一月

影響汽機車行駛里程之關鍵因素分析

研究生：陳昱鈞

指導教授：邱裕鈞 博士

國立交通大學運輸與物流管理學系交通運輸碩士班

摘要

為了改善交通壅塞和環境汙染問題，交通管理者皆一致認同須促進公共運輸發展，並提高私人運具使用的成本，例如提高停車費、減少停車位、提高油價和徵收擁擠費等等，皆是都市交通管理的核心。然而，若不了解影響私人運具使用的關鍵因素，便難以提出有效的管理方針。至目前為止，私人運輸相關的研究主要仰賴問卷調查的結果，但調查抽樣之代表性易受質疑。

基此，本研究旨在深入了解影響汽機車使用的關鍵影響因素，並以各車輛監理單位的定檢資料計算之汽機車年行駛里程為主要分析對象，推估兩種不同的類型的模式並進行分析比較。第一種是以汽機車年行駛里程作為因變數，車主變數、車輛特性及縣市環境特性為自變數，分別建立汽機車的線性迴歸模式。另外，考量資料中的縣市結構特性，建立多階層迴歸模式。第二種是以同車主的汽機車行駛里程，與三類型的自變數，建立聯立迴歸模式，以檢視車主同時持有汽機車時，兩運具使用之間的內生性及替代效果。

根據模式校估的結果，機車使用模式中，排氣量、男性車主與市區道路里程數係數為正，對於行駛里程有顯著正向效果；機車車齡、車主年齡、持有機車數、二、三級產業人口比、市區公車營運里程及有捷運系統之係數為負，對於行駛里程有負向效果。於汽車使用模式中，排氣量、替代能源別、柴油能源別、高速公路密度係數為正，對於行駛里程有正向效果；汽車車齡、車主年齡、持有機車數、二、三級產業人口比、市區道路密度與市區公車路網密度之係數為負，對於行駛里程有負向效果。於聯立迴歸模式中，驗證了汽機車使用間的替代效果，且兩者之間，機車對於汽車的替代效果相較於汽車替代機車為強。因此，政府若要抑制汽機車使用，應實施可同時對汽機車使用造成抑制效果之政策。

關鍵詞：汽機車使用、行駛里程、多階層迴歸模式、聯立迴歸模式。

Key factors contributing to the mileages traveled of cars and motorcycles

Student: Yu-Chun Chen

Advisor: Yu-Chiun Chiou

Department of Transportation and Logistics Management
College of Management
National Chiao Tung University

ABSTRACT

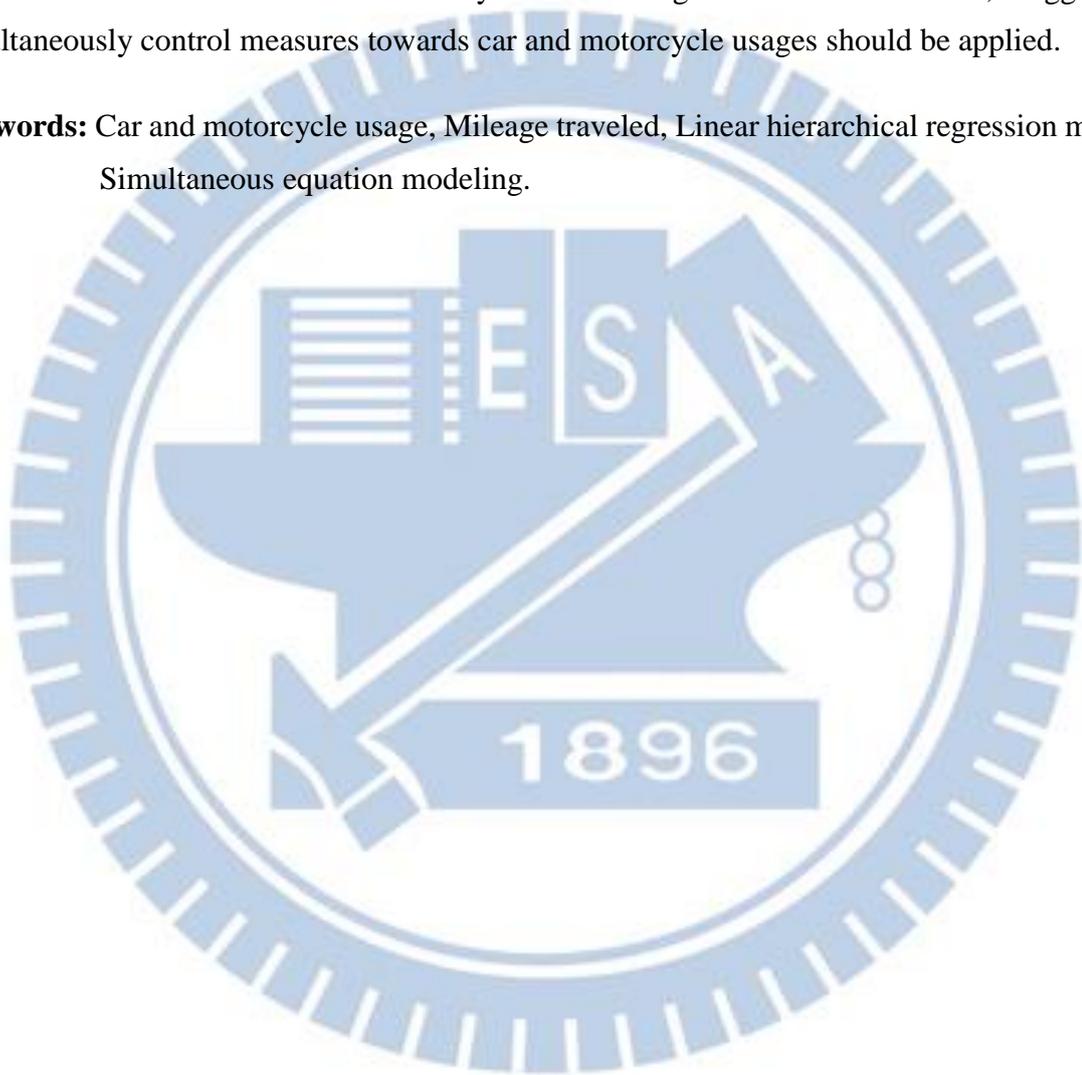
In order to improve traffic congestion and emissions in urban areas, transportation managers unanimously agree that to promote public transportation and to increase usage cost of private vehicles, such as parking fee increase, parking space reduction, fuel fee increase, and in-town congestion charge, are at the heart of urban traffic management. However, without knowing the key factors contributing to the usage of private vehicles, it is rather difficult to propose effective countermeasures. Meanwhile, previous studies regarding the usage of private vehicles mainly rely on questionnaire surveys on road users, the representative of the samples might be questionable.

Based on this, this study aims to investigate the factors contributing to the usage of cars and motorcycles based on the annual mileage traveled of vehicles calculated from the periodical vehicle inspection dataset. Two types of models are then estimated and compared. The first type of models is to regress annual mileage traveled of cars or motorcycles separately on three types of variables, including socio-demographic variables of vehicle owners, characteristics of vehicles and environmental variables of the located cities/counties. Considering the hierarchy of the explanatory variables, the linear hierarchical models are adopted. The second type of models are to simultaneously regress both mileages of cars and motorcycles of the same owners on the three types of variables by using simultaneous equations modeling approach so as to investigate the endogeneity and substitution effect between cars and motorcycles.

The estimation results of the separate motorcycle model show that engine size, male owner, and length of roadways have significantly positive effect on usage while vehicle vantage, owner age, number of motorcycles owned, population ratio of secondary and tertiary industries, operating mileage of city buses, and mass rapid transit (MRT) system (with or without) show

significantly negative effect on motorcycle usage. While for the estimated car usage model, engine size, alternative fuel, diesel and density of freeway have significantly positive effect on car usage while car vantage, owner age, number of motorcycles owned, population ratio of secondary and tertiary industries, density of city road and operating mileage of city buses have significantly negative effect on car usage. The estimation results of simultaneous equation model show that the substitution effect between car and motorcycle usage is significantly tested and the substitution effect of motorcycles is stronger than that of cars, suggesting simultaneously control measures towards car and motorcycle usages should be applied.

Keywords: Car and motorcycle usage, Mileage traveled, Linear hierarchical regression model, Simultaneous equation modeling.



誌謝

伴著恩斯赫德窗外的和煦陽光與叢林鳥叫，雨後的微涼風吹，回顧起當初寫論文的心路歷程，雖然常常覺得舉步維艱、難以前進，但每次都還是咬牙撐了過來，終於可以進入誌謝的環節。

本篇論文能完成，首先要感謝我敬愛的指導老師邱裕鈞老師，在我遇到困難的時候，告訴我不容易被卡住，要懂得跳脫才会有新發現；在我走錯方向的時候，把我拉回來，提點我不足的地方；在我自信心低落的時候，也不放棄我、給我希望。也謝謝老師不吝給予我各方面的協助和機會，讓我參與計畫、擔任助教、幫我寫推薦函等等。此份恩師之情，我會永存心中。另外，也要謝謝鍾易詩老師與吳昆峰老師在論文進度審查階段給予指教，同時也感謝兩位老師的教學與解惑，啟發我對統計領域更深入研究。也謝謝北交的老師們，在論文專討的報告中，給予許多回饋，每次都覺得學習到很多。在口試期間，謝謝口試委員藍武王老師及陳惠國老師，細心審閱論文並提出盲點，給予寶貴的專業建議，讓我有機會再使論文更加豐富完整。

感謝運管系辦的柳姐，處理了在學校的大小事務，也會推薦獎學金給我們申請；謝謝在職專班的何姐，總是熱心又照顧人，讓身為專班助教的我感到溫暖；謝謝圖書館的陳姊，一個人掌管圖書館的維運，也親切的和我分享生活。還有管院的戴姐、Mark、警衛張先生、曹先生、打掃阿姨與伯伯…等等，謝謝你們的付出，讓我們可以順利在北交完成學業。除此之外，在學校也要感謝博士班的詮勳學長，感謝學長給我機會一起擔任企業倫理課程助教，平時傳授我一些社會經驗，也時常關心我的論文進度，在我有困難的時候拔刀相助，讓我覺得面對論文不再那麼害怕。

再來就不忘提到我親愛的同學們。首先是最熟識的優秀寶貝尚凝，從大學的系女籃到台北同住在濟南一家，妳的領導氣質和自律總感染著我，謝謝妳在我需要時無私的伸出手，幫忙我、給我建議、替我加油打氣。謝謝查理，總是樂觀又沉穩，寫論文壓力大時也會跟你聊天紓壓，也謝謝你熱心的幫了我很多事。謝謝Oskar像哥哥一樣照顧我們，開車帶我們去了好多地方，特別是在我要去交換前協助我出國的準備。謝謝健程、宜靜、同lab的盈臻、姿瑩、祐儒、在初至台北時替我帶路的林宏。謝謝大家的陪伴，讓我一路走來不孤單。

另外，特別想感謝一些人。首先是運管女籃的大家，雖然不能像以前每週練球，還是在回娘家、隊聚、比賽時不忘算我們一份，讓我感受到女籃大家庭的溫暖。尤其感謝07級的好姊妹們，謝謝我們過了兩年還能定期聚會、慶生，與熟悉的妳們在一起，每次

都覺得很開心，尤其同為研究生的林彤、安安、ㄩㄩ，很高興恭喜我們都順利過了研究所這關。也感謝有緣成為濟南一家室友的敬文、翰生、阿謙、子薇，在台北一起打拼的日子很高興有你們的陪伴。另外，在我研究後期與我互相扶持的嘉修，一邊怨嘆一邊一起把最後的天堂路走完，也很感謝有你在。特別特別感謝最親愛的大大，成為這段期間我的精神支柱，好幾次不順遂、心情不好，都有你在一旁陪伴我、安慰我、鼓勵我，讓我不致於迷失於自卑的泥淖中，對你的感謝和愛，從台灣到荷蘭、再回台灣。

最後感謝我的家人們，感謝我的父母支持我的學業與生活，無論是物質上支助或精神上的鼓勵；感謝阿公對我論文的工作的關心；感謝姐姐作為我很好的榜樣，也恭喜新婚愉快；感謝弟弟、妹妹和其他家人們一切都平安。雖然我們家常常吵吵鬧鬧，但我知道我們一起努力都可以讓這個家變得越來越好，我愛你們。

在交大六年，曾奔跑於新竹的籃球場，在光復路上騎著機車在車陣中穿梭；也體驗過在北門郵局與綠色的郵務車為伍，晚歸時的北門、北車夜景與無數次的公車來回……感謝所有出現在我生命中的人事物，謝謝你們使我成長，願將我所獲得些微的成就及喜悅，與你們分享。

畢業後人生即將邁入下一個階段，雖然還沒有甚麼明確的目標，我選擇先成為交換生，不顧疫情嚴峻來到遙遠的荷蘭海牙大學，向荷蘭先進的交通發展取經，希望能在這裡獲取更多養分和刺激，幫助我找到下一個階段的目標。

陳昱鈞謹誌於
國立交通大學運輸與物流管理學系
(研究所)碩士班
中華民國 110 年 1 月

目錄

摘要	i
ABSTRACT	ii
誌謝	iv
目錄	vi
圖目錄	viii
表目錄	x
第一章、緒論	1
1.1 研究背景與動機	1
1.2 研究目的	2
1.3 研究範圍	2
1.4 研究限制與假設	2
1.5 研究流程與內容	3
第二章、文獻回顧	5
2.1 車輛使用之影響因素分析	5
2.2 延車公里計算方法研究	14
2.3 抑制汽機車之管理策略	14
2.4 小結	15
第三章、模式理論與架構	16
3.1 線性迴歸分析 (Regression Analysis)	16
3.2 多階層迴歸模式 (Multilevel Modeling, MLM)	16
3.2.1 多階層迴歸基本模式	17
3.2.2 多階層迴歸的五個子模式	18
3.3 聯立迴歸分析 (Simultaneous Regression Analysis)	22
3.4 模式架構	23
第四章、資料蒐集與分析	25
4.1 資料蒐集	25
4.2 資料處理與分析	26
4.2.1 汽機車年行駛里程推算方式與流程	26
4.2.2 汽機車年行駛里程統計分析	30

4.2.3 資料基本統計分析	33
4.3 變數說明與假設	41
4.4 資料抽樣及樣本代表性檢定	45
4.4.1 機車資料抽樣及樣本代表性檢定	45
4.4.2 汽車資料抽樣及樣本代表性檢定	50
4.4.3 同車主汽機車資料抽樣及樣本代表性檢定	55
第五章、模式推估與分析結果	62
5.1 機車使用模式	62
5.1.1 線性迴歸模式分析	62
5.1.2 多階層迴歸模式分析	65
5.2 汽車使用模式	68
5.2.1 線性迴歸模式分析	68
5.2.2 多階層迴歸模式分析	71
5.3 同車主汽機車使用聯立模式	74
5.4 政策意涵	77
第六章、結論與建議	78
6.1 結論	78
6.2 建議	79
參考文獻	80
附錄一、相關係數表	82

圖目錄

圖 1-1、研究流程圖.....	4
圖 2-1、Mulley & Tanner (2009) 家戶平均車輛數的參數估計值及 t 值.....	5
圖 2-2、Lai & Lu (2007) 整合模式架構.....	8
圖 2-3、按公共交通使用率和人口密度劃分之鄉鎮市樣本分佈 (Jou & Chen, 2014)	9
圖 3-2、資料階層結構圖.....	23
圖 3-3、汽機車多階層迴歸之變數關係假設.....	24
圖 3-4、模式架構圖.....	24
圖 4-1、資料串聯欄位示意圖.....	26
圖 4-2、年行駛里程計算流程.....	29
圖 4-3、機車年行駛里程長條圖 - 按縣市.....	31
圖 4-4、汽車年行駛里程長條圖 - 按縣市.....	32
圖 4-5、機車平均年行駛里程長條圖 - 按車齡.....	34
圖 4-6、機車平均年行駛里程長條圖 - 按排氣量.....	35
圖 4-7、機車平均年行駛里程長條圖 - 按車主年齡.....	35
圖 4-8、汽車平均年行駛里程長條圖 - 按車齡.....	37
圖 4-9、汽車平均年行駛里程長條圖 - 按排氣量.....	37
圖 4-10、汽車平均年行駛里程長條圖 - 按能源別.....	38
圖 4-11、汽車平均年行駛里程長條圖 - 按車主年齡.....	38
圖 4-12、106 年機車登記數資料 - 車齡分佈長條圖.....	47
圖 4-13、機車整併資料 - 車齡分佈長條圖.....	47
圖 4-14、機車抽樣資料 g - 車齡分佈長條圖.....	48
圖 4-15、機車登記數資料 - 車型分佈長條圖.....	49
圖 4-16、機車整併資料 - 車型分佈長條圖.....	49
圖 4-17、機車抽樣資料 g - 車型分佈長條圖.....	50
圖 4-18、106 年汽車登記數資料 - 車齡分佈長條圖.....	52
圖 4-19、汽車整併資料 - 車齡分佈長條圖.....	53
圖 4-20、汽車抽樣資料 e - 車齡分佈長條圖.....	53
圖 4-21、106 年汽車登記數資料 - 排氣量分佈長條圖.....	54
圖 4-22、汽車整併資料 - 排氣量分佈長條圖.....	55
圖 4-23、汽車抽樣資料 e - 排氣量分佈長條圖.....	55
圖 4-24、同車主汽機車資料 - 車主年齡分佈長條圖.....	57
圖 4-25、同車主汽機車抽樣資料 1 - 車主年齡分佈長條圖.....	57
圖 4-26、同車主汽機車資料 - 機車車齡分佈長條圖.....	59

圖 4-27、同車主汽機車抽樣資料 1 - 機車車齡分佈長條圖59

圖 4-28、同車主汽機車資料 - 汽車車齡分佈長條圖61

圖 4-29、同車主汽機車抽樣資料 1 - 汽車車齡分佈長條圖61



表目錄

表 2-1、汽機車使用相關文獻整理.....	11
表 3-1、多階層迴歸模式之子模式方程式.....	21
表 4-1、資料來源表.....	25
表 4-2、縣市環境變數資料來源表.....	25
表 4-3、舊車年行駛里程推算所需定檢資料欄位.....	27
表 4-4、新車年行駛里程推算所需定檢資料欄位.....	28
表 4-5、資料筆數與車輛登記數比較表.....	30
表 4-6、機車年行駛里程 - 按縣市.....	30
表 4-7、汽車年行駛里程 - 按縣市.....	31
表 4-8、機車連續型變數基本統計.....	33
表 4-9、機車類別型變數基本統計.....	34
表 4-10、汽車連續型變數基本統計.....	36
表 4-11、汽車類別型變數基本統計.....	36
表 4-12、縣市環境變數基本統計.....	40
表 4-13、自變數說明與預期符號表.....	43
表 4-14、自變數參考文獻勾選表.....	44
表 4-15、機車資料卡方檢定分配表 - 車齡.....	46
表 4-16、機車資料卡方檢定結果 - 車齡.....	47
表 4-17、機車資料卡方檢定分配表 - 車型.....	48
表 4-18、機車資料卡方檢定結果 - 車型.....	48
表 4-19、汽車資料卡方檢定分配表 - 車齡.....	51
表 4-20、汽車資料卡方檢定結果 - 車齡.....	52
表 4-21、汽車資料卡方檢定分配表 - 排氣量.....	54
表 4-22、汽車資料卡方檢定結果 - 排氣量.....	54
表 4-23、同車主汽機車資料卡方檢定分配表 - 車主年齡.....	56
表 4-24、同車主汽機車資料卡方檢定結果 - 車主年齡.....	56
表 4-25、同車主汽機車資料卡方檢定分配表 - 機車車齡.....	58
表 4-26、同車主汽機車資料卡方檢定結果 - 機車車齡.....	58
表 4-27、同車主汽機車資料卡方檢定分配表 - 汽車車齡.....	60
表 4-28、同車主汽機車資料卡方檢定結果 - 汽車車齡.....	60
表 5-1、機車線性迴歸模式結果 - 線性.....	63
表 5-2、機車線性迴歸模式結果 - 對數.....	64
表 5-3、機車多階層迴歸模式結果 - 固定效果.....	66

表 5-4、機車多階層迴歸模式結果 – 隨機效果.....	67
表 5-5、機車多階層迴歸模式結果 – 配適度指標.....	67
表 5-6、汽車線性迴歸模式結果 – 線性.....	69
表 5-7、汽車線性迴歸模式結果 – 對數.....	70
表 5-8、汽車多階層迴歸模式結果 – 固定效果.....	72
表 5-9、汽車多階層迴歸模式結果 – 隨機效果.....	73
表 5-10、汽車多階層迴歸模式結果 – 配適度指標.....	73
表 5-11、同車主汽機車使用聯立迴歸 – 機車使用方程式.....	75
表 5-12、同車主汽機車使用聯立迴歸 – 汽車使用方程式.....	76
附表 1、機車變數相關係數表.....	82
附表 2、汽車變數相關係數表.....	83



第一章、緒論

1.1 研究背景與動機

臺灣為島國，本島面積共約三萬六千平方公里，但至 2018 年人口已達兩千三百七十八萬人，人口密度已達 651 萬人每平方公里。在如此地狹人稠的環境下，臺灣人依然對私人機動運具仰賴極深。在 1978 年，臺灣第一條高速公路「中山高速公路」正式通車，隨著公共道路及高速公路的建設，便利的交通為經濟發展帶來許多益處，但也使私人汽機車數量快速增長。根據交通部統計網資料，臺灣每百人機動車輛登記數，截至 2018 年已達 92.7 輛，每百人汽車數為 34.1 輛，表示接近一人一輛機動車輛、三人之中就有一人擁有汽車，且該數據的百人並無扣除無駕駛能力之未成年人，可見臺灣的擁車率極高。如此迅速的成長，增加了汽機車的使用，在有限的道路資源下，也讓臺灣的交通日漸擁擠，並隨之而來許多社會問題。交通違規增加，交通事故頻繁，以及機動車輛排放汙染，降低了空氣品質，也使民眾的生活環境惡化。

對此，交通管理者皆一致認同須提升公共運輸市占率，並盡量抑制汽機車使用及持有。為了達到此目的，除了增加公共運輸的供給及提升其服務品質之外，交通管理者政府也提出了相應的政策，來抑制汽機車的持有及使用，多是提高私人汽機車使用之成本和增加其不便性，進而使民眾改變行為和運具選擇。例如提高稅率及停車費、限制私人車輛使用區段或時段等等。在管制措施之下，臺灣的車輛數成長的確有所趨緩，但仍持續上升。根據交通部統計，汽車登記數在 2010 年較去年之增減率為 2.18%，至 2018 年已降至 1.09%，但增減率仍為正，汽車車輛數仍在持續增加。而機車由於在 2011 年實施了老舊機車淘汰而增減率呈負，但近年來又恢復增加，2018 年增減率為 0.58%。顯示了汽機車管制的力道仍不足夠，政策仍有調整改進的空間。

在機動車輛使用量方面，目前交通部並無確切的統計數據可代表，故對於其趨勢缺乏有精確的描述。在本研究中，將著重於汽機車使用方面，利用車輛定檢之里程表數據，推算汽機車年行駛里程數，並針對其趨勢與影響因素做分析，建立線性迴歸模式。而由於汽機車使用有它的區域性，與各縣市地理社經、道路建設及公共運輸發展狀況有密切關聯，因此在模式建立時，以各地區特性作為第二階層解釋變數，俾納入地區差異因素，同時建立多階層迴歸模式，以減少同一區域內樣本間之相依性問題。

最後欲探討若車主同時持有汽車與機車時，兩運具之間的使用、行駛里程是否會相互影響，利用聯立迴歸模式驗證兩者之間的替代性。並且於最後根據模式推估的結果提出相應的政策意涵分析，給予交通管理者相關的政策建議。

1.2 研究目的

本研究欲了解有哪些因素會影響臺灣地區汽機車使用，而各縣市在地區上的差異是否會使汽機車使用行為有所不同。自各車輛監理機關或政府公開資料平台蒐集資料，以汽機車行駛里程為因變數，自變數包含車輛變數、車主變數及縣市環境變數。建立線性迴歸、多階層迴歸及聯立迴歸模式。基於上述，本研究之目的詳述如下：

- (一) 透過回顧相關文獻，以了解對於汽機車使用領域分析方式，及模式之選擇與運用。了解前人使用之解釋變數、資料來源與取得、應用範圍與研究結果等。
- (二) 蒐集整理車輛定檢資料，並計算汽機車每年行駛里程資料。蒐集車輛監理資料、駕駛人資料及縣使環境資料，並將資料整併。透過資料的基本統計分析，檢視變數之間的關係，以初步了解各變數對車輛使用可能造成的影響和差異，並提出變數假設。
- (三) 校估多元迴歸模式與多階層迴歸模式，以檢定變數的假設，並找出汽機車使用的關鍵影響因素。再針對關鍵之因素及縣市環境，說明相應的政策意涵，提出對於抑制汽機車使用之政策建議。
- (四) 建立聯立迴歸模式，分析同車主汽機車使用之間的內生性。以不同的角度，了解可能影響汽機車使用的因素，以及驗證兩運具之間是否存在替代性。

1.3 研究範圍

1. 本研究範圍設定於民國 106 年，臺灣 22 個縣市（包含金門縣、連江縣）。
2. 本研究汽車部分只納入自用小客車。營業用車輛（如租賃小客車、計程車、貨車）皆不納入，由於其使用行為及影響因素與自用車輛差異大，並非本研究研究範圍。機車部分並無於車種中區分營業或自用，因此皆納入。

1.4 研究限制與假設

1. 由於無法準確判斷汽機車使用之縣市範圍，亦無法將汽機車行駛於所屬縣市內或跨縣市之里程分離，本研究假設車輛之年行駛里程皆隸屬於車輛定檢單位所屬縣市範圍內。
2. 本研究資料源自於公路總局之汽機車與駕駛人監理資料，故無家戶之社經背景資料，較無法估計家戶對汽機車使用之影響。並假設車主為其為主要駕駛者。

1.5 研究流程與內容

本研究流程中各階段之細節詳述如下，研究流程圖如圖 1-1 所示。

1. 確立研究目標

根據研究之背景與動機，了解實務所需及學術研究仍有所不足之處，以確立研究目的及界定研究的範圍。

2. 文獻回顧

回顧有關汽機車使用影響因素分析之相關文獻，以及延車公里計算方式及應用之研究，並了解對於抑制汽機車使用之國內外政策。

3. 模式建構

本研究將建構多元迴歸及多階層迴歸模式，以校估對汽機車年行駛里程數之影響因素，及縣市環境特性對其造成的差異。另外建構一同車主汽機車聯立模式，分析汽機車行駛里程之間的內生性影響，分析汽機車之間的使用替代性。

4. 資料蒐集及處理

蒐集研究範圍內的汽機車監理及定檢資料，並計算每輛車之年行駛里程；蒐集可能會影響汽機車年行駛里程之縣市環境變數，做初步基本敘述性統計分析。最後將資料依照車牌號碼、所在縣市進行整併，並進行基本敘述性統計分析。

5. 模式推估與關鍵因素之影響分析與討論

透過多元迴歸模式校估各解釋變數之係數，並給予其與因變數之間之關係說明，找出能顯著影響汽機車使用之因素。接著為處理同縣市樣本之間的相依性，使用多階層迴歸，將樣本依縣市分群，並檢視不同縣市環境變數對於迴歸式的截距及斜率的影響。以線性及多階層迴歸模式為基礎，推估同車主汽機車聯立模式，檢視汽機車行駛里程的替代效果，另外也檢視影響變數正負向是否與汽機車獨立模式有所不同。

6. 結論與建議

根據模式推估結果之關鍵影響因素做歸納分析，提出本研究之結論，並研擬相應之政策，及後續研究發展建議。

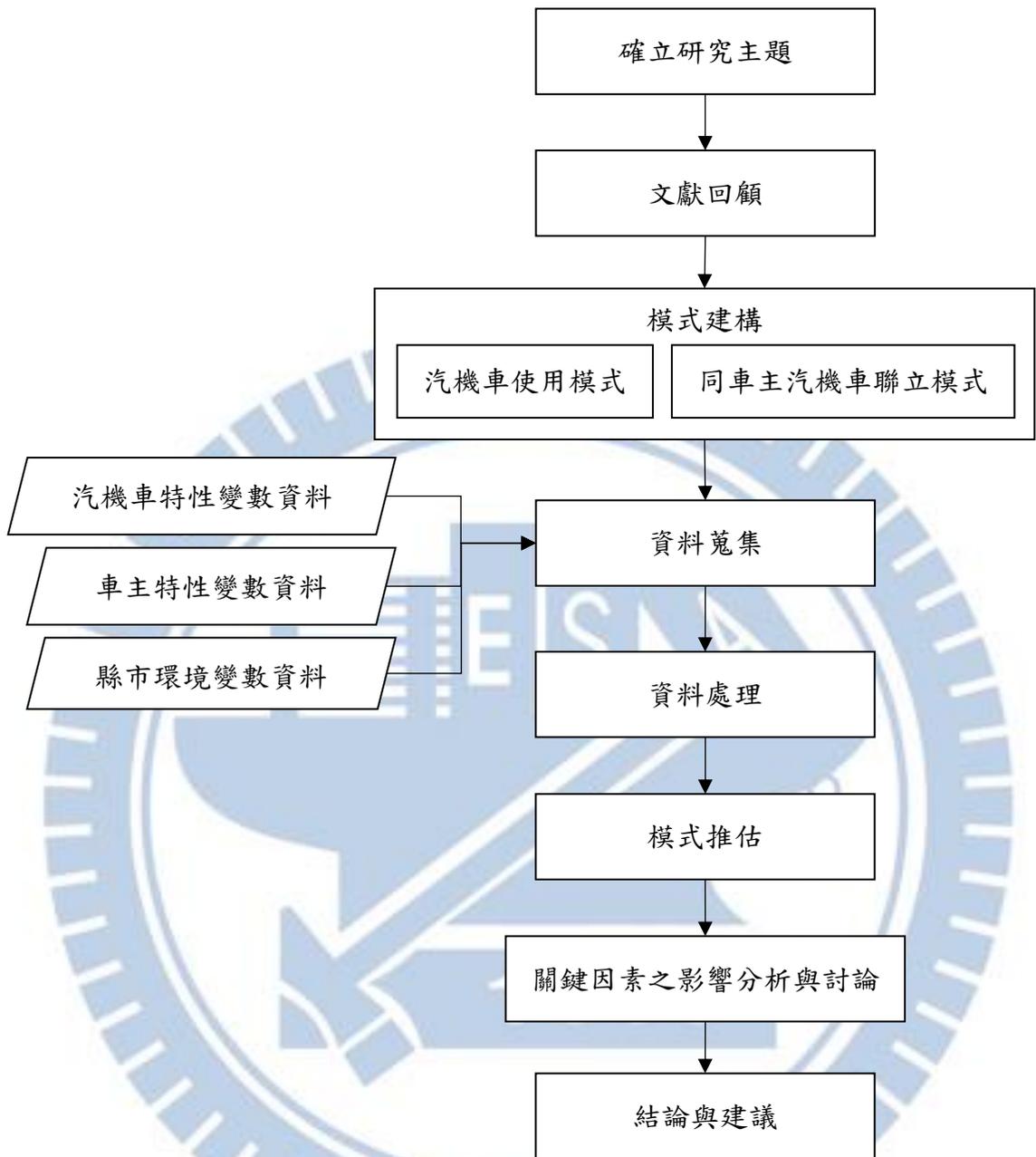


圖 1-1、研究流程圖

第二章、文獻回顧

本研究透過回顧國內外學者於汽機車使用行為領域中之相關文獻，以了解此類型議題之研究方式及可能影響使用行為之因素，以作為本研究之理論依據。有關汽機車使用行為研究文獻，將分數於本章各節，其中 2.1 節為車輛使用之影響因素分析，但較少有針對機車使用行為的研究，故主要參考汽車使用之文獻；本研究中亦以汽機車當年行駛里程（延車公里）作為使用行為之代表依據，故 2.2 節回顧相關之延車公里計算方法研究；2.3 節為抑制汽機車使用之管理策略，作為本研究結論之參考。

2.1 車輛使用之影響因素分析

Mulley 與 Tanner(2009)利用地理加權迴歸(geographically weighted regression, GWR), 預測雪梨市各區的家戶延車公里。採用的變數可歸類四種：家戶汽車持有、交通可及性、土地使用多元性和密集性、工作機會。比起全域模式(global model)，地理加權模式能給予更佳的預測效果。結果顯示，距離雪梨市中心越遠，家戶汽車持有對家戶延車公里的正影響越小；交通區中心五公里以內，就業機會越多，將會減少其家戶延車公里；而家戶密度在雪梨南部較人口稀少地區，顯著為正，但在西北部地區，家戶較密集，則顯著為負。可見交通旅運行為和其空間區位是有強烈關係的，若用全域模式可能會忽略其空間特性。且以全域模型校估出最佳的模式變數，並無法直接套用至地利加權迴歸模式，故需經反覆嘗試才能找出最佳模式，增加了困難度。

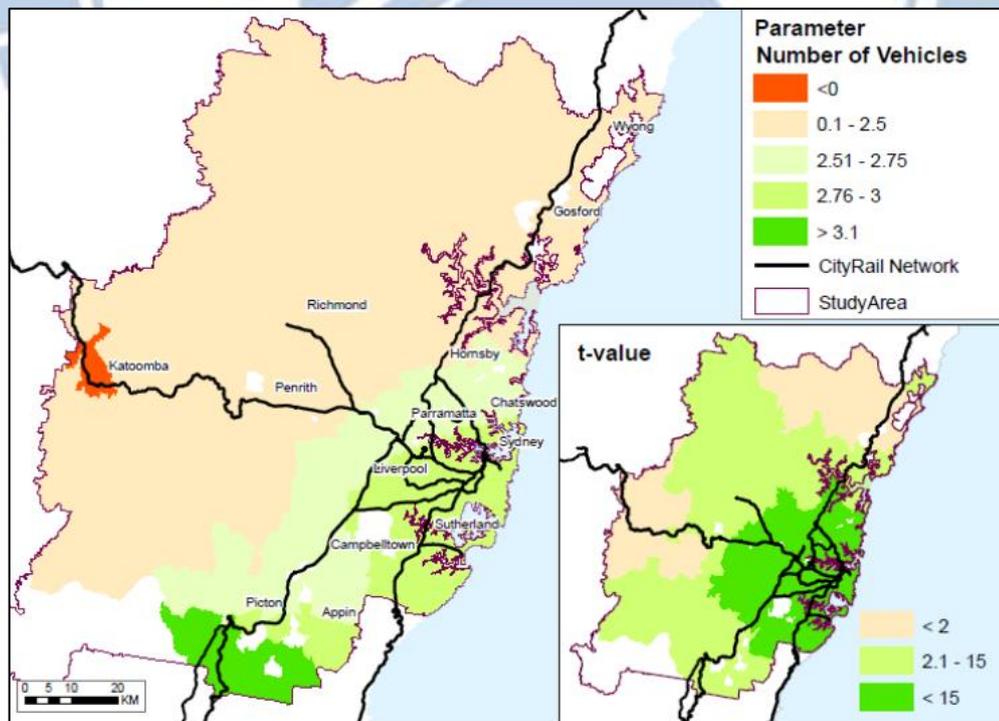


圖 2- 1、Mulley & Tanner (2009) 家戶平均車輛數的參數估計值及 t 值

Familiar *et al.* (2011) 繼 Mulley and Tanner (2009) 的研究，利用多階層迴歸 (MLM)，將家戶每日延車公里資料彙總至交通區 (TZ) 的規模，以交通區 (TZ) 為第一層樣本，在利用雪梨的三種分區方式：統計地區區域 SLA、地區行政區 LGA、統計細分區 SSD，分別作為第二層分群依據。使用的自變數包含家戶汽車持有數、至最近公共運輸服務場站的走路與等候時間、五公里內就業機會數、商業土地使用佔比、土地使用類型的加權比例。首先利用虛無模型 (null model) 中第二層的變異佔比，皆接近 50%，來說明使用多階層迴歸之適當性。而後用單因子模型觀察各變數的正負效果。在全模型 (full model) 中加入所有變數進行校估，與虛無模型比較，兩階層的變異皆減少。最後與多元迴歸模式比較，所有的 MSE 皆較小，可得知多階層迴歸模式可較準確預測延車公里。

Huo *et al.* (2012) 為了解中國汽機車使用特性，蒐集二手資料、文獻和發放調查問卷，彙整各城市、各車種的歷年趨勢和特性，並與其他文獻互相驗證。將車種依照其載客或載貨、商用或自用、大或小做分類，共分成七類：私人小客車、計程車、商用小客車、公車、重型長途客運車、小貨車、大貨車。經分析後發現，北京的平均每人擁車數逐年增加，總延車公里卻逐年減少；中國商用車輛的總延車公里較自用車輛的多 30-50%；北京計程車的延車公里數很高，乃因北京的計程車需求逐年增加，且派遣系統不完善及有同車輪班現象；大型客運 (公車、客運) 的延車公里與其客貨量、容量和載客率 (load factor) 有關；大巴的延車公里較中巴多；中國佛山機車 2009 年平均延車公里約 5600 公里；調查並驗證了，隨車齡增加，每年的使用量會逐漸減少，在大貨車上尤其明顯。作者認為地區的汽車總延車公里數會與當地的經濟成長相關，隨著 GDP 成長，汽車使用迅速增加，達到某個程度後成長逐漸趨緩。開發中國家的汽車使用增加程度較劇烈，而已開發國家成長較微幅。汽車使用的程度和當地的地理特徵有密切關係，例如美國或澳洲的城市分布較分散，人口較不密集，因此人民普遍需要以汽車代步；相對而言，歐洲或日本的城市發展較緊密、道路和公共運輸建設完善，人口密度較高，其平均每人汽車行駛距離較短。

Bastian and Börjesson (2015) 研究瑞典在 1980 至 2012 每人延車公里的影響因素，並預測未來趨勢。資料來源為 2002 至 2012 的小客車之里程表數據，其餘更早的年分，則是利用汽柴油銷售量配合油耗率做計算，準確度較低，故在模式校估時只採用 2002 至 2012 之延車公里資料。樣本的地區是按照車輛登記所在市區，將瑞典 287 個市，區分為都會區 (27 個) 及非都會區 (260 個)。在模式選擇上，首先利用一般多元迴歸 (OLS)，不分地區，以每年人均延車公里為因變數，油價及人均 GDP 為解釋變數進行校估；再者，欲區分都會與非都會地區之差別，利用固定效用模式 (Fixed effects model)，校估出全瑞典、都會區及非都會區，三組模型參數。主要解釋變數依然為油價及人均 GDP，並用地區特定變數：平均收入、移民 (非瑞典出生) 人口比例、公共運輸供給及人口密度，

來解釋主要變數之係數。因變數皆以對數形式校估，故參數結果皆為其彈性。發現在都會地區，人口較密集、公共運輸供給較高、收入較低、移民比例較大的地區，對於延車公里的彈性普遍較高。

Bhat and Sen (2006) 研究家戶的汽車持有種類和使用，及其影響因素。資料來自 2000 年舊金山灣區問卷調查 (BATS)，其中包含家戶持有的車輛數及車種，家戶的社經特性、就業狀況及居住地特性，從中篩出持有一輛以上汽車的家戶進行分析。模式使用混合多重離散連續極值模型 (MMDCEV)，可校估出影響因素對各車種分別的參數。結果發現：隨著家庭中兒童人數的增加，相對於小客車，貨卡車和貨車，擁有和使用 SUV 和小型貨車的傾向更高；人數多的家庭相對較偏好小型貨車；擁有一個或多個行動不便的家庭成員的家庭，更可能擁有和使用廂型車及小型貨車；工作人數多的家庭較偏好擁有小型貨車；家戶男性數量多，更偏好貨卡車；位於人口密集社區的家庭不願意接受貨卡車；車輛運營成本對所有車輛類型的車輛擁有和使用有負面影響，除了小客車之外；每家戶幾乎都擁有小客車，但如果同時擁有貨車，則會使貨車行駛較多里程。

Hensher and Milthorpe (1987) 以澳洲雪梨都會區 1436 個家戶調查資料，透過選擇修正項，將家戶車輛選擇的離散選擇模式及車輛使用率的連續型模式進行串聯，將未選擇車輛的潛在需求校估並加入模式中考慮。由於家戶機動車輛選擇與使用率之間是互相關聯的，但通常只有已選車輛的使用率的資料，若需對於此關係建立模式，未選擇車輛的潛在使用需求將導致選擇性偏誤的產生。而選擇修正項能校估未觀察到的離散及連續選擇之間的相關性，並處理之間的內生性問題。建立一個聯合效用最大化問題，先建立一條離散選擇模式，再將選擇修正項作為一外生自變數加入連續型效用模式。本篇使用兩種選擇修正項，Hay (1980) 及 Dubin and McFadden (1984) 的 SCA，與 Lee (1983) 的 SCB，並互相比較。SCB 由於只納入已選擇車輛的誤差項，故其校估出相關性會大於將所有於選擇集中車輛的誤差納入的 SCA，但作者仍傾向支持較容易應用且較普遍的 SCA 公式。

Lai and Lu (2007) 以臺灣為背景，欲研究臺灣家戶選擇通勤運具、運具持有及使用行為。其中提到臺灣政府原以機車作為汽車交通發展之過渡運具，但隨著經濟成長，汽車持有量已上升，而機車持有量也同步上升，並無趨緩。作者利用巢式羅吉特作為運具選擇模型架構，因變數為通勤選擇各運具之效用，使用解釋變數包含家戶收入、家戶汽機車持有、汽機車使用年成本及單位成本、家戶社經變數與其他等等可能影響通勤運具選擇的變數。另外也評估汽機車使用之間的替代性關係，以汽機車使用利用聯立方程式，將家戶之汽機車使用（行駛里程數）作為彼此的解釋變數，另外加入主要駕駛者的年齡、家戶可支配收入、燃油價格、孩童個數及是否被選擇為通勤運具的虛擬變數。在此使用模式中，也利用選擇修正項來校估未被觀察到的車輛持有及使用的潛在影響。最

後提出結論，儘管公共運輸供給品質提升，也非常難抑制機動車輛的持有。為避免汽機車混合車流造成的諸多問題，並不建議開發中國家政府引入機車作為交通發展之過度運具。

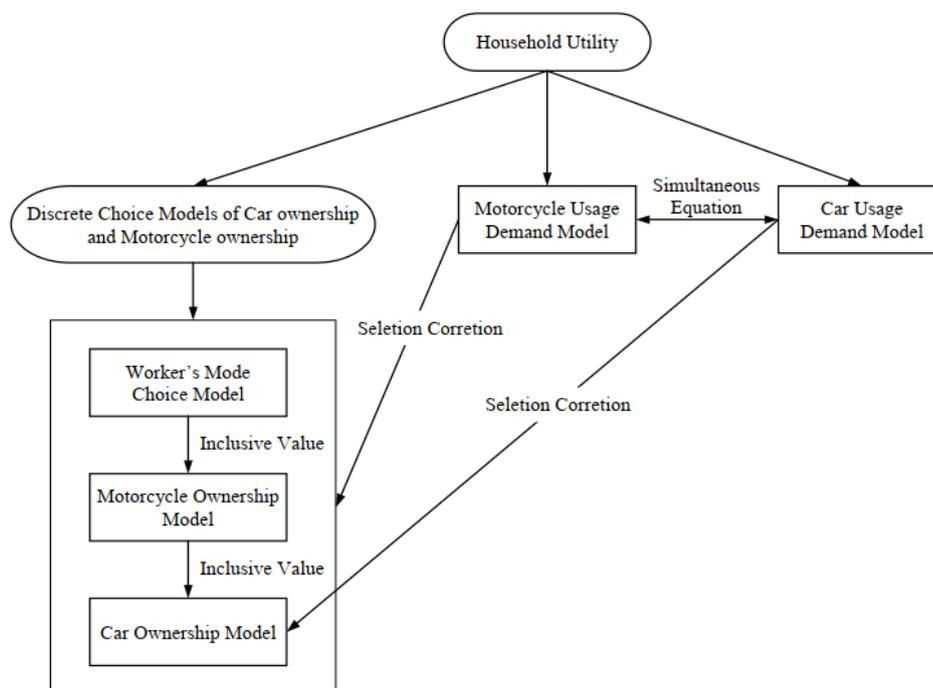


圖 2-2、Lai & Lu (2007) 整合模式架構

Chiou *et al.* (2009) 針對臺灣各縣市汽車與機車持有者進行之大規模的抽樣問卷調查，以建構整合之汽機車持有數、車型選擇及使用量之模式。在汽機車使用模式中，以年旅行英里數 (AVMT) 為因變數，利用逐步回歸和向後選取法篩選變數，並嘗試線性、指數、對數各種關係，找尋關鍵影響因素。校估結果顯示，正影響的包含家戶收入的對數、主要駕駛者性別、汽車引擎大小、旅行特性 (通勤天數和休閒天數)，負影響的包含家戶持車數的平方、加入持有機車數、車齡、使用成本 (油價的對數、維護費用的對數)。結論提出，有高比例的使用者會因油價上漲，而由汽車轉移至機車。但總結來說，調漲油價與調高車輛的維護成本，對抑制汽機車的持有與使用最有效，可作為抑制汽機車使用之對策。

Chiou *et al.* (2009) 將可能影響汽機車排放的因素分為直接和間接因素，並使用直接迴歸和整合性模型校估其影響效果。整合性模式中利用 Structural Equation Modeling (SEM)，將影響因素分成五類：駕駛人特性、使用地區、汽機車里程數、汽機車特性及排放，並分析各類別之間的因果關係。校估結果顯示，汽車的延車公里會受到汽車的特性 (引擎大小、車齡、自排/手排和汽油種類) 所影響，而駕駛人特性和使用特區的地理因素則是透過汽車特性間接影響。機車方面，延車公里也同樣受到機車特性 (引擎大小、

汽油種類和行程數) 所影響, 而騎乘者的特性是透過機車特性間接影響。

Jou and Chen (2014) 研究 2010 年臺灣 336 個鄉鎮之公共運輸使用率、汽車使用率與機車使用率之間的關係, 以及影響因素。利用近似無相關迴歸 (SURE) 模式, 依照人口密度及公共運輸使用率, 將樣本分成四個象限。分析結果與一般認知相符, 低收入地區, 民眾使用機車較多, 發現提升公共運輸供給的方式不同, 對汽機車使用影響也會有所不同, 例如: 增加市區公車路線、增加班次數、增加路線長度, 對於減少汽機車使用率的彈性有所不同, 並可從彈性較高的部分著手進行政策改善。且在高人口密度及高公共運輸使用率的地區, 或高人口密度但低公共運輸使用率的地區, 提升公共運輸使用較有效。

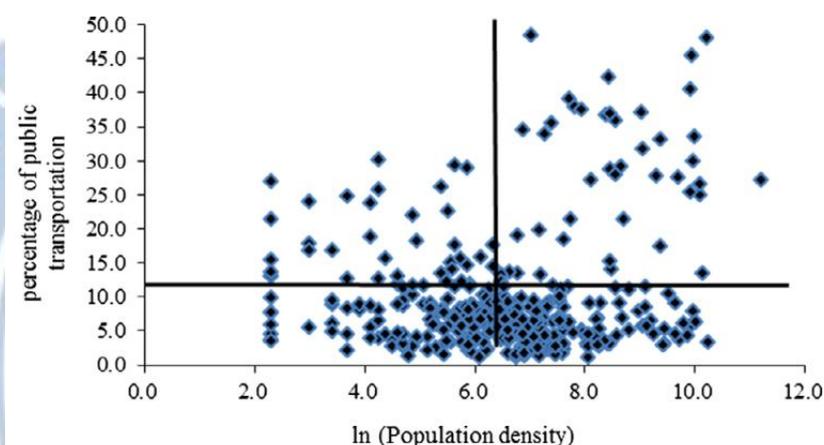


圖 2-3、按公共交通使用率和人口密度劃分之鄉鎮市樣本分佈 (Jou & Chen, 2014)

蔡世勛 (2008) 以臺灣地區為研究範圍, 建立汽機車持有與使用的選擇行為模式, 利用間斷、連續型羅吉特模式與迴歸分析, 建構全國型與區域型模式。將臺灣地區 23 縣市分為主要都會、次要都會及一般城市三區, 作為區域模式之分區依據。依照車籍資料分層隨機抽樣發放問卷, 以蒐集家戶資料。在全國與各區域汽機車持有模式中, 家戶社經特性、居住區為特性與車輛使用特性為重要影響因素。而在全國與各區域汽機車使用模式中, 燃油成本顯著影響汽機車使用。

林振達 (2009) 為了解汽機車持有與使用之影響要素, 建立國家與城市層級模式, 以考慮汽機車間聯立關係與持有及使用間聯立關係。國家層級模式之估計結果顯示: 汽車使用與機車使用、公路密度呈正向變動; 與汽車使用成本呈負向變動。機車使用與汽車使用、道路交通負荷、汽車使用成本呈正向變動; 與人口密度呈負向變動。城市層級模式之估計結果顯示: 汽車使用與汽車持有率、高速公路密度、平均每人每日旅次數、平均旅次長度、大眾運輸使用成本比例呈正向變動; 與機車持有率、大眾運輸路網保守密度 (每千人長度)、平均私人運輸成本呈負向變動。機車使用與汽車持有率、機車持有

率、平均國民所得、平均私人運輸成本呈負向變動。

楊承翰（2012）為了解地區旅運者選擇運具之情形，藉由線性迴歸、總體羅吉特迴歸、地理加權迴歸模式，分析臺灣 348 個鄉鎮市區，影響各運具使用率之相關因素。因變數以公共運輸使用率為主，自用小客車及機車使用率為輔。自變數使用了社經變數、公共運輸舉私人運輸相關變數。其中，作者將各鄉鎮市樣本以人口密度低至高分為五群：高偏遠地區、低偏遠地區、郊區、都市區域及市中心區域，並設置四個虛擬變數加入迴歸中。最後作者依據比較三種模式推估結果提出改善公共運輸相關政策。

張菟芸（2015）研究臺灣汽機車使用，並考慮使用量資料階層結構之影響，利用階層性迴歸分析模式建構汽機車使用模式。探討不同地區特性對居民汽機車使用的程度影響。利用於民國 96 年之「全國性家戶車輛持有情況與使用程度調查」問卷作為分析資料。汽車模式結果顯示，對於汽車使用量平均值，維修費、燃油費、家戶機車持有數、汽車排氣量之影響斜率在地區間之差異顯著。機車模式結果顯示，燃油費之影響斜率在地區間之差異顯著。



表 2-1、汽機車使用相關文獻整理

作者(年分)	研究範圍、資料來源與年份	分析單位	使用模式	因變數	解釋變數
Mulley and Tanner (2009)	澳洲雪梨 運輸數據中心家戶旅行調查 1997/06-2004/06	家戶 Travel Zone(TZ)	多元迴歸 (OLS)、 地理加權迴歸 (GWR)	家戶平均每日延車 公里	家戶汽車持有數 交通可及性 土地使用多元性和建築密集性 工作機會
Familiar <i>et al.</i> (2011)	澳洲雪梨 新南威爾士州統計局家戶一日旅行調查 (HTS) 1997/06-2004/06	第一層： Travel Zone(TZ) 第二層： SLA, LGA, SSD	多階層迴歸 (MLM)	家戶平均每日延車 公里	家戶汽車持有數 至最近公共運輸服務場站的走路與等候時間 五公里內就業機會數 商業土地使用佔比 土地使用類型的加權比例
Huo <i>et al.</i> (2012)	中國五個城市小客車問卷調查 2004-2010 政府交通部門與過去研究資料 1988-2008	車輛	多元迴歸 (OLS)	每年總延車公里	車齡 車種 都市發展型式 汽車/公車使用成本 路網密度
Bastian and Börjesson (2015)	瑞典 定檢資料之車輛里程表數據 2002-2012	瑞典直轄市	多元迴歸 (OLS)、 固定效用模式 (fixed effect model)	人均延車公里 (VKT per adult)	每年人均 GDP 燃油價格 地區特性變數 (平均收入、移民比例、公共運輸供給、人口密度)
Bhat and Sen (2006)	2000 年舊金山灣區問卷調查 (BATS)	家戶	混合多重離散連續 極值模型 (MMDCEV)	選擇某車種之效用 (Utility)	家戶社經變數、家戶地區變數
Hensher and Milthorpe (1987)	澳洲雪梨都會區 1436 個家戶調查資料	家戶	離散選擇模式及 連續型模式	車輛選擇與使用率	成本變數 (燃料成本、車輛價格) 乘客變數 (車輛空間、座位數) 載貨變數 (行李容量) 性能變數 (引擎數、馬力)

作者(年分)	研究範圍、資料來源與年份	分析單位	使用模式	因變數	解釋變數
Lai and Lu (2007)	臺灣 家戶調查資料 2004 年	家戶	巢式羅吉特 離散選擇模式及 連續型模式 聯立方程式	通勤運具選擇 汽機車持有 汽機車使用	<ul style="list-style-type: none"> ● 運具選擇模式： 家戶收入、家戶汽機車持有、汽機車使用年成本及單位成本、家戶社經變數 ● 汽機車使用模式： 主要駕駛者的年齡、家戶可支配收入、燃油價格、孩童個數、是否被選擇為通勤運具
Chiou <i>et al.</i> (2009)	臺灣 23 個縣市 ¹ 汽機車使用者問卷調查 2007/09	車輛	逐步迴歸 (線性、指數、對 數關係)	年旅行英里數 (AVMT)	家戶特性 駕駛人特性 汽車特性 使用習慣 使用成本
Chiou <i>et al.</i> (2009)	臺灣 23 個縣市 ¹ 公路總局汽車定檢資料、 環保署機車定檢資料、 汽機車使用者問卷調查 2007/09	車輛	直接迴歸、 整合性模型、 結構方程式 (SEM)	汽機車排放	駕駛人特性 使用地區 汽機車里程數 汽機車特性及排放
Jou and Chen (2014)	交通部統計處 民眾日常使用運具狀況調查 2010/10/12-11/30	臺灣 336 個 鄉鎮	近似無相關迴歸 (SURE)	公共運輸市占率、 汽車市占率、 機車市占率	人口密度及公共運輸使用率 家戶社經變數(收入、教育程度、就業) 地區公共運輸供給(公車路線數、長度)
蔡世勳 (2008)	臺灣 23 縣市 ¹ 交通部運輸研究所「能源消耗、 污染排放與車輛使用之整 合關連模式」研究計畫 2006 年 10 月至 2007 年 9 月	家戶	間斷/連續型混合 選擇模式 多項羅吉特模式 巢式羅吉特模式 迴歸分析 馬可夫鏈模式	汽機車持有數方 案、ln(年行駛里程)	<ul style="list-style-type: none"> ● 居住區為特性： 二三級產業人口比例、每人享有道路面積、每人享有公共運輸延車公里 ● 家戶社經特性： 工作人口數、持有汽機車數、持有汽機車駕照數、ln(所得)、未滿 18 歲人口數 ● 主要使用者特性： 性別、年齡、收入、通勤時間 ● 車輛使用特性： 車齡、車型(排氣量)、每週通勤與旅遊天數、ln(燃油成本)、ln(維修成本)

作者(年分)	研究範圍、資料來源與年份	分析單位	使用模式	因變數	解釋變數
林振達 (2009)	<ul style="list-style-type: none"> ● 國家層級： 國際道路聯合會(IRF)之世界道路統計彙編(1963年至2008年) ● 城市層級： 世界大眾運輸協會(UITP)之千禧年城市永續運輸資料庫(2001年橫斷面資料) 	國家、城市	聯立迴歸分析 判別分析 羅吉斯迴歸模式	汽機車持有率 (輛/千人) 汽機車使用 (千公里/車)	<p>(國家層級變數省略)</p> <p>城市層級：</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 城市地理社經變數，共 14 個 ● 公共運輸變數，共 11 個 ● 私人運輸變數，共 5 個 ● 相關成本變數，共 4 個
楊承翰 (2012)	臺灣 348 個鄉鎮區 交通部統計處、內政部統計處、交通部公路總局 2010 年 10 月至 12 月底	鄉鎮區	線性迴歸、 總體羅吉特迴歸、 地理加權迴歸模式	公共運輸使用率、 自用小客車使用率、 機車使用率	<ul style="list-style-type: none"> ● 社經變數 ● 公共運輸相關變數 ● 私人運輸相關變數 ● 鄉鎮分群虛擬變數
張苑芸 (2015)	臺灣 23 縣市 ¹ 交通部運輸研究所「能源消耗、 污染排放與車輛使用之整合關連 模式」研究計畫 2016 年 10 月至 2017 年 9 月	家戶	傳統線性迴歸分析 多階層迴歸分析	ln(年行駛里程)	<ul style="list-style-type: none"> ● 家戶基本特性：共 8 個 ● 主要駕駛者基本特性：共 5 個 ● 車輛特性：共 6 個 ● 區域特性：共 4 個

¹ 2011 年，中華民國行政區劃調整，臺中、臺南、高雄縣市合併。調整前之臺灣本島原有 23 個縣市。本研究使用調整後之行政區劃且含離島 2 縣，共 22 個縣市。

2.2 延車公里計算方法研究

延車公里(Vehicle Kilometers Traveled, VKT)為多輛車輛行駛里程加總的計算單位,經常被使用做為汽機車使用之統計單位,或作為交通安全之曝光量變數。本研究預計算汽機車之年行駛里程,而計算年延車公里時需先經過年行駛里程之計算。故於本節中回顧其他研究中延車公里計算方式。

吳大磊等人(2009)文中用以估計每年平均延車公里的方式有兩種,一是基於交通量的估算方法,二是根據里程表讀數、燃料銷售等非基於交通量的估算方法。一般認為,的主要影響因素包括外部因素和內部因素兩類,外部因素包括車輛的種類、區域交通運輸能力、養車費用和用車環境等,內部因素主要是車輛的技術狀況(車況)。以車輛的累積里程和車齡的分佈關係求導,可得累積里程隨著車齡增加而變化快慢的趨勢,並用車況的負影響(車齡越高、車況越差)和區域交通的正影響(交通、道路日漸發達)來解釋並建立迴歸,而後可得在某年的里程數占累積里程的比重。

Fukuda *et al.* (2013) 針對泰國孔敬市中,三大主要車種:四門轎車、廂形車和貨車(被歸為同種)與機車,做抽樣問卷調查。在市區主要的三個加油站,對駕駛做攔查訪問,記錄累計里程表數據、車輛資訊及駕駛人資訊。也加以調查車輛之燃油效率,方法為:記錄車輛加滿油後,隔天再度回到加油站並加滿油所需汽油量,及期間內所行駛的里程數,以計算車輛燃油效率(文中稱為「Mantan(滿タン)法」,有油箱加滿之意)。將調查資料,以車種、燃料種類、駕駛人收入分類,並做迴歸。關於轎車和廂型車和貨車,車齡和累計延車公里(accumulated VKT)呈對數關係,與年均延車公里(annual VKT)呈負對數關係。顯示當車輛逐漸老舊,每年駕駛的里程數會減少。而其中使用壓縮天然氣(CNG)的雙燃料(Bi-fuel)車,由於其燃料最便宜,比起使用柴油或其他燃料的車輛,相較同車齡的車,皆擁有最高的累計延車公里。但分析仍指出,年均延車公里隨著油價上漲而減少。關於機車的部分,同樣的,車齡和累計延車公里呈對數關係,但與年均延車公里呈拋物線關係,若駕駛人為學生,約在第2-3年時達到高峰,若駕駛人非學生,約在第4-6年時達到高峰。作者也蒐集過往研究中,泰國其他兩個城市之延車公里資料,分別為呵叻市及曼谷市。比較之下,在曼谷或呵叻市,城市規模較大(面積、經濟發展、人口數較高)的地方,轎車、廂型車和貨車具有較高的延車公里;反之,在城市規模較小的孔敬市,機車使用較其他兩個城市多。

2.3 抑制汽機車之管理策略

張有恆(2009)說明管制機動車輛之成長與使用的主要方向有二:(1)管制車輛之持有(car ownership);及(2)管制車輛之使用(car usage)兩方面。管制車輛持有的手

段包含提高私人車輛牌照稅、提高私人車輛強制第三責任險之保費、推動購車自備停車位、開徵首次車輛登記費及購車時課徵舊車處理押車費。管制車輛使用方面，包含(1) 稅費結構之合理化，意旨在於將車輛使用的外部成本內部化，以改變民眾行為。(2) 擁擠地區管制小汽車使用，例如開徵進入市中心區之通行費或擁擠稅，讓特定區域的行車成本提高，以減少車輛使用。(3) 提高私人車輛使用成本，例如推動燃料費的「隨油徵收」，提高通行費、空汙費、罰鍰等等成本。(4) 限制私人車輛使用區段或時段，降低私人車輛道路使用之優先權。例如規劃行人徒步區，或規劃私人車輛禁行區域之車道或時段，重要路口禁止私人車輛左轉。(5) 增加私人車輛之停車不便與成本。具體做法如調高停車費率、重要道路禁止路邊停車或臨時停車、擴大停車收費區並限制停放時數、加強取締路邊違規停車並大幅提高違規停車罰鍰、機車難停地區實施路邊收費。

2.4 小結

經上述文獻回顧，了解到在研究汽機車使用時，常用的模式有多元迴歸分析(OLS) (Mulley and Tanner, 2009 ; Bastian and Börjesson , 2015 ; Chiou et al., 2009 ; Huo et al., 2012)、地理加權迴歸(GWR)(Mulley and Tanner, 2009)、多階層迴歸(MLM)(Familiar et al., 2011 ; Bastian and Börjesson, 2015 ; 張苑芸 2015)等。而其資料來源，多源於政府或研究者之抽樣問卷調查，部分來自汽機車定檢資料或其餘研究的二手資料，但若論資料之準確度，應是定檢資料最為準確，其次是問卷調查和二手資料。對於汽機車使用之影響因素，多有包括車輛本身特性，如車種、車齡、排氣量等等；另外就是有關駕駛者或車主家戶之社經狀況資料，包含其車輛持有數、收入、就業狀況等；再來就是汽機車使用環境因素，例如當地公共運輸供給、土地使用情形、人口密度等等。

有關延車公里計算部分，多是利用車輛定檢時之里程表數據，而交通量調查方式較不準確。根據文獻共同結果顯示，車齡越高，年均延車公里會逐漸下降。除此之外，以較巨觀角度來看，經濟景氣狀況(GDP)及燃油價格也對延車公里有顯著影響。

抑制車輛使用之方式，無非就是提高其使用成本或增加其不方便性。提高成本，如調漲油價與調高車輛的維護成本(Chiou et al., 2009)；增加不方便性，如限制私人車輛使用區段或時段、降低私人車輛道路使用之優先權、禁止路邊停車或提高停車費等等(張有恆, 2009)。

第三章、模式理論與架構

3.1 線性迴歸分析 (Regression Analysis)

線性迴歸分析方法為計量經濟最常見的方法之一，主要探討兩個或兩個以上變數之間的關係。迴歸分析的目的在于了解及建立一個因變數(y)與一組自變數(X)間的關係。由一個因變數 y 及 m 個自變數 x_i 組成的線性多元迴歸模式，可用下式(1)表示。

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^m \beta_i X_i + \varepsilon \quad (1)$$

線性迴歸模式有以下假設前提與應用限制：

1. 自變數係數之正負號與顯著性符合先驗知識；
2. 無線性重合問題；
3. 誤差項變異數為同質性；
4. 無自我相關現象；
5. 誤差項符合常態分配，平均數為 0，變異數為 σ^2 之 $N(0, \sigma^2)$ 。

估計迴歸式參數的方法有兩種，一是最小平方法 (ordinary least square, OLS)，一為最大概似法 (maximum likelihood estimation, MLE)。最小平方法較常使用，其目的要找出係數數值使誤差平方合 (error sum of squares, ESS) 為最小，如式(2)，其中 ε^T 為 ε 之轉至矩陣。

$$\text{Min ESS} = \varepsilon^T \cdot \varepsilon = (Y - X\beta)^T \cdot (Y - X\beta) \quad (2)$$

將式 2 對 β 偏微分，即得到迴歸係數 β 之估計值 $\hat{\beta} = (X^T X)^{-1} X^T Y$ ，其中， X^T 為 X 之轉置矩陣。

3.2 多階層迴歸模式 (Multilevel Modeling, MLM)

傳統的迴歸分析，需要界定一分析單位，若是以個人作為分析單位的，稱為個體模型 (disaggregate model)；若將許多個體相加總或平均，看作一族群或組織，稱為總體模型 (aggregate model)。但如果在相同總層次下的個體間存在高度相關，亦即個體與總體層次的資料比次之間具有「巢套 (Nested)」的結構特性，例如員工內屬於公司、團隊成員內屬於團隊等 (溫福星，2009)，此時仍以個體作為分析單位進行迴歸分析，將導致兩難的局面：1. 估計標準誤 (estimated standard errors) 變得過小，而使第一類型錯誤 (type I error) 過於膨脹，也無法符合迴歸殘差同質性之假設；2. 若以族群作為分析單位，將導致以個人為單位的解釋變數難以納入，失去組內個體的差異性，且容易因為族群之特性造成分析結果解釋有所偏誤 (陳正昌，2009)。

3.2.1 多階層迴歸基本模式

建立一多階層模式，個體階層（階層一）共有 I 個樣本；總體階層（階層二）共有 J 個族群。若將自變數 X_{ij} 中心化 (Centralization)，以 $(X_{ij} - \bar{X}_{.j})$ 來對因變數 Y_{ij} 進行迴歸，則迴歸方程式可寫成：

$$Y_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{1j}(X_{ij} - \bar{X}_{.j}) + r_{ij}, r_{ij} \sim N(0, \sigma^2) \quad (3)$$

$$E(\beta_{0j}) = \gamma_0, \text{Var}(\beta_{0j}) = \tau_{00}$$

$$E(\beta_{1j}) = \gamma_1, \text{Var}(\beta_{1j}) = \tau_{11}$$

$$\text{Cov}(\beta_{0j}, \beta_{1j}) = \tau_{01}, \rho(\beta_{0j}, \beta_{1j}) = \frac{\tau_{01}}{\sqrt{\tau_{00}\tau_{11}}}$$

其中， β_{0j} 、 β_{1j} 二係數，可能會受到族群特性影響，而隨著族群不同而有所不同。另外， r_{ij} 代表階層一的隨機誤差； γ_0 表示每個族群因變數的平均值； τ_{00} 表示每族群平均的變異數； γ_1 表示每族群方程式斜率的平均值； τ_{11} 表示每族群方程式斜率的變異數。

若以 W_j 代表族群的特性，則可以進一步用 W_j 來預測 β_{0j} 、 β_{1j} 參數，階層二迴歸方程式如式(4)：

$$\beta_{0j} = \gamma_{00} + \gamma_{01}W_j + u_{0j} \quad (4)$$

$$\beta_{1j} = \gamma_{10} + \gamma_{11}W_j + u_{1j}$$

其中， u_{0j} 和 u_{1j} 為階層二方程式中的誤差項，亦稱為隨機效果(random effect)； $\gamma_{00}, \dots, \gamma_{11}$ 為階層二方程式的係數，亦稱為固定效果(fixed effect)。將式 2、3 代入式 1，即可得到合併之 MLM 模式，如式(5)。

$$Y_{ij} = [\gamma_{00} + \gamma_{01}W_j + \gamma_{10}(X_{ij} - \bar{X}_{.j}) + \gamma_{11}W_jX_{ij}] + [u_{0j} + u_{1j}(X_{ij} - \bar{X}_{.j}) + r_{ij}] \quad (5)$$

此外，有關多階層迴歸模式中的 X_{ij} 與 W_j 之中心化 (Centralization)，其用意在於，若 X_{ij} 與 W_j 等於 0 時，常數項無意義，若將其座標平移，同時也可減少變數的共線性問題。中心化通常有兩種做法，最常見者為「總體平均數中心化 (grand mean centering)」，即是將個別樣本數值減去所有樣本之總體平均數，以總平均數為中心而平移 $(X_{ij} - \bar{X}_{..})$ 。若使用總體平均數中心化，則表示欲了解個體樣本相對於其餘所有的樣本的關係；另一種為「族群平均數中心化 (group mean centering)」，將個別樣本數值減去該樣本所屬族群的平均數，以組別平均數為中心而平移 $(X_{ij} - \bar{X}_{.j})$ 。若使用族群平均數中心化，則表示欲估計個體樣本相對於該樣本所屬族群的關係。

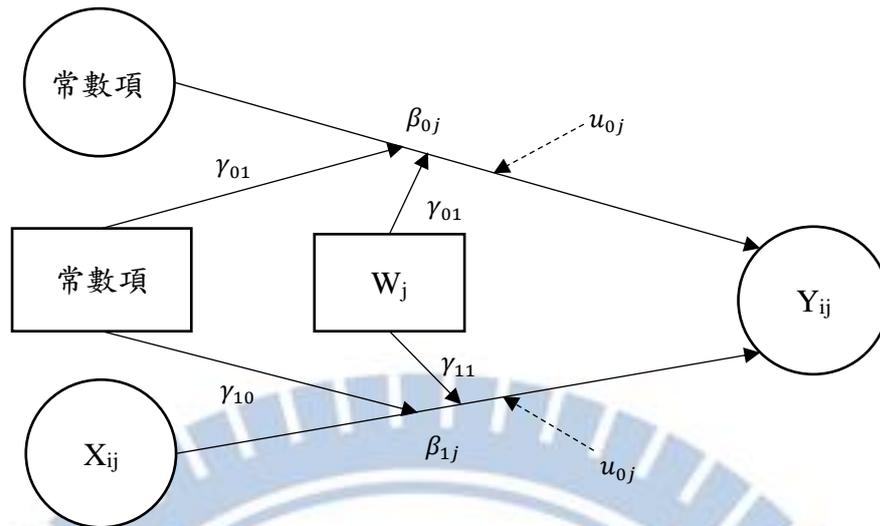


圖 3-1、二階層模式示意 (溫福星, 2007)

3.2.2 多階層迴歸的五個子模式

式(5)為二階層 MLM 的「完整模式」(full model)，主要的作法是將階層一方程式中的所有係數作為階層二方程式的因變數。然而在實際估計時，研究者常會一估計的目的而將完整模式中的某些參數限制為 0，此時就會形成許多不同的子模式(submodels)。其中，最常見的子模式有以下五種，說明如下(Raudenbush & Bryk, 2002、陳正昌等人, 2009)：

(一) MLM1：隨機效果單因子變異數分析(one-way ANOVA with random effects)

本模式為多階層迴歸中最簡易的模式，只有因變數，而在階層一即階層二的方程式中，皆不加入自變數（令完整模式中階層一之 β_{1j} 與階層二之 γ_{11} 為 0），通常又稱為零模式或虛無模式(null model)，本模式可表示為：

$$\text{階層一：} Y_{ij} = \beta_{0j} + r_{ij}, r_{ij} \sim N(0, \sigma^2) \quad (6)$$

$$\text{階層二：} \beta_{0j} = \gamma_{00} + u_{0j}$$

$$\text{合 併：} Y_{ij} = \gamma_{00} + u_{0j} + r_{ij}$$

其中， γ_{00} 代表全體總平均； u_{0j} 代表階層二的隨機效果； r_{ij} 代表階層一的隨機效果，因此本模式可看作單因子變異數分析之一般線性模式。又由於組間效果(u_{0j})為隨機效果，因此本模式稱之為「隨機效果單因子變異數分析」。

虛無模式常被當作基準，用來與其他模式進行比較。此外，令虛無模式之內在組別相關係數(intraclass correlation coefficient, ICC)可用以表示組間變異(τ_{00})占整體變異

$(\tau_{00} + \sigma^2)$ 的百分比，又因使用於 One-Way Random Effects Model，故標示為 ICC_1 (Koo, 2016)。由百分比的高低，可看出組別的變異對整體變異的影響有多大。 ICC_1 也是判斷是否使用 MLM 的指標， ICC_1 越高表示此資料越適合使用多階層迴歸模式，但如果 ICC 太低，則使用一般迴歸分析即可。

$$\text{Var}(Y_{ij}) = \text{Var}(u_{0j} + r_{ij}) = \tau_{00} + \sigma^2 \quad (7)$$

$$ICC_1 = \rho = \frac{\tau_{00}}{(\tau_{00} + \sigma^2)}$$

(二) MLM2：以階層一方程式之各組平均數做為階層二方程式之因變數的迴歸 (means-as-outcomes regression)

MLM2 不加入階層一自變數，只加入階層二自變數，以了解階層二各族群的特性(W_j) 是否能解釋各群平均數的特性；若能解釋，解釋量應是多少。模式方程式可表示為：

$$\text{階層一：} Y_{ij} = \beta_{0j} + r_{ij}, r_{ij} \sim N(0, \sigma^2) \quad (8)$$

$$\text{階層二：} \beta_{0j} = \gamma_{00} + \gamma_{01}W_j + u_{0j}$$

$$\text{合 併：} Y_{ij} = \gamma_{00} + \gamma_{01}W_j + u_{0j} + r_{ij}$$

其中，階層二方程式可移項表示為 $u_{0j} = \beta_{0j} - \gamma_{01}W_j - \gamma_{00}$ ，因此 u_{0j} 可視為殘差(residual)。 u_{0j} 的變異數(τ_{00})則是指 W_j 控制後， β_{0j} 的條件化變異(conditional variance)。相較式(7)中的階層二方程式 $u_{0j} = \beta_{0j} - \gamma_{00}$ ，兩模式之殘差項差距，是因為加入 W_j 後所減少的殘差變異，因此可以視為階層二自變數 W_j 在階層二間的解釋量。

(三) MLM3：隨機效果單因子共變數分析(one-way ANCOVA with random effects)

MLM3 中，加入階層一自變數，並將之中心化；階層二則不放入任何變數，並設定截距為隨機效果，斜率為固定效果 (u_{1j} 為 0)。以階層一自變數當作共變數，了解階層一方程式中，各族群對因變數的影響(β_{1j})被固定住後，各族群在 β_{0j} 上是否有差異。其方程式可表示為：

$$\text{階層一：} Y_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{1j}(X_{ij} - \bar{X}_{.j}) + r_{ij}, r_{ij} \sim N(0, \sigma^2) \quad (9)$$

$$\text{階層二：} \beta_{0j} = \gamma_{00} + u_{0j}$$

$$\beta_{1j} = \gamma_{10}$$

$$\text{合 併：} Y_{ij} = \gamma_{00} + \gamma_{10}(X_{ij} - \bar{X}_{.j}) + u_{0j} + r_{ij}$$

其中， β_{0j} 代表沿著聯合組內迴歸線(pooled within-group regression)之方向，將各內平均數($\bar{X}_{.j}$)調整至總平均數($\bar{X}_{..}$)時，因變數的調整平均數(adjusted mean) ($\beta_{0j} = \bar{Y}_j - \gamma_{10}(X_{.j} - \bar{X}_{..})$)。應用本模式可以估計各個族群的效果。另外，也可以將本模式加入階層二變數(W_j)，形成隨機效果 ANCOVA 的拓展模式，如式(10)。

$$Y_{ij} = \gamma_{00} + \gamma_{01}W_j + \gamma_{10}(X_{ij} - \bar{X}_{.j}) + u_{0j} + r_{ij} \quad (10)$$

隨機效果 ANCOVA 與其拓展模式中，皆有一重要基本假設，即「組內迴歸係數同質性假設」，也就是說 $\beta_{1j} = \gamma_{10}$ ；因此， $H_0: \text{Var}(\beta_{1j}) = \tau_{11} = 0$ 。

(四) MLM4：隨機係數的迴歸模式(random coefficients regression model)

在 MLM3 中，由階層一自變數的固定效果中，確認階層一自變數皆顯著且有好的模式配適度後，再由子模式四(MLM4)中，於斜率加入殘差項，設定為隨機效果。模式方程式可表示為：

$$\text{階層一：} Y_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{1j}(X_{ij} - \bar{X}_{.j}) + r_{ij}, r_{ij} \sim N(0, \sigma^2) \quad (11)$$

$$\text{階層二：} \beta_{0j} = \gamma_{00} + u_{0j}$$

$$\beta_{1j} = \gamma_{10} + u_{1j}$$

$$\text{合併：} Y_{ij} = \gamma_{00} + \gamma_{10}(X_{ij} - \bar{X}_{.j}) + u_{0j} + u_{1j}(X_{ij} - \bar{X}_{.j}) + r_{ij}$$

且

$$\text{Var}(\beta_{0j}) = \text{Var}(\beta_{0j} - \gamma_{00}) = \text{Var}(u_{0j}) = \tau_{00} \quad (12)$$

$$\text{Var}(\beta_{1j}) = \text{Var}(\beta_{1j} - \gamma_{10}) = \text{Var}(u_{1j}) = \tau_{11}$$

本模式的目的有二，一為估計 j 組迴歸方程式的平均截距與平均斜率；二為藉由 τ_{00} 即 τ_{11} 來了解各組迴歸方程式之間的截距與斜率是否有差異。

(五) MLM5：以截距與斜率為結果的迴歸模型(Intercepts and slopes as outcome)

MLM5 中，相較 MLM4，於截距及斜率項加入階層二自變數(W_j)。根據本模式的設定，將階層二變數的影響視為階層一變數的調節變數，亦即總體與個體的變數之間存在交互作用，階層一變數的解釋力會隨著階層二變數而改變其強度。模式方程式可表示為：

$$\text{階層一：} Y_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{1j}(X_{ij} - \bar{X}_{.j}) + r_{ij}, r_{ij} \sim N(0, \sigma^2) \quad (13)$$

$$\text{階層二：} \beta_{0j} = \gamma_{00} + \gamma_{01}W_j + u_{0j}$$

$$\beta_{1j} = \gamma_{10} + \gamma_{11}W_j + u_{1j}$$

$$\text{合 併：} Y_{ij} = \gamma_{00} + \gamma_{01}W_j + \gamma_{10}(X_{ij} - \bar{X}_{.j}) + \gamma_{11}W_j(X_{ij} - \bar{X}_{.j}) + u_{0j} + r_{ij}$$

由於 Btyk 及 Raudenbush (2002)指出利用 MLM 完整模式所估計的結果 \hat{u}_{0j} 常常非常接近 0，為了顧及統計上的效率及計算上的穩定性，建議以帶有非隨機變化之斜率的模式(a model with nonrandomly varying slopes)來取代。此時，可將斜率的殘差項設為 0 來進行模式校估。

針對上述的五個子模式，將其數學式整理、進行比較，如表 3-1。

表 3-1、多階層迴歸模式之子模式方程式

模式	模式種類	階層一	階層二
MLM1	隨機效果單因子變異數分析	$Y_{ij} = \beta_{0j} + r_{ij}$	$\beta_{0j} = \gamma_{00} + u_{0j}$
MLM2	以階層一方程式之各組平均數做為階層二方程式之因變數的迴歸	$Y_{ij} = \beta_{0j} + r_{ij}$	$\beta_{0j} = \gamma_{00} + \gamma_{01}W_j + u_{0j}$
MLM3	隨機效果單因子共變數分析	$Y_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{1j}(X_{ij} - \bar{X}_{.j}) + r_{ij}$	$\beta_{0j} = \gamma_{00} + u_{0j}$ $\beta_{1j} = \gamma_{10}$
MLM3-1	隨機效果單因子共變數分析之拓展模式	$Y_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{1j}(X_{ij} - \bar{X}_{.j}) + r_{ij}$	$\beta_{0j} = \gamma_{00} + \gamma_{01}W_j + u_{0j}$ $\beta_{1j} = \gamma_{10}$
MLM4	隨機係數的迴歸模式	$Y_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{1j}(X_{ij} - \bar{X}_{.j}) + r_{ij}$	$\beta_{0j} = \gamma_{00} + u_{0j}$ $\beta_{1j} = \gamma_{10} + u_{1j}$
MLM5	以截距與斜率為結果的迴歸模型	$Y_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{1j}(X_{ij} - \bar{X}_{.j}) + r_{ij}$	$\beta_{0j} = \gamma_{00} + \gamma_{01}W_j + u_{0j}$ $\beta_{1j} = \gamma_{10} + \gamma_{11}W_j + u_{1j}$
MLM5-1	帶有非隨機變化之斜率的模式	$Y_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{1j}(X_{ij} - \bar{X}_{.j}) + r_{ij}$	$\beta_{0j} = \gamma_{00} + \gamma_{01}W_j + u_{0j}$ $\beta_{1j} = \gamma_{10} + \gamma_{11}W_j$

3.3 聯立迴歸分析 (Simultaneous Regression Analysis)

當系統內有兩個以上的因變數，而因變數間又互有關聯，不宜分別獨自建立單一迴歸式時，即必須建立聯立迴歸模式來加以分析。其標準型式如下：

$$\begin{aligned}
 \beta_{11}y_{1i} + \beta_{12}y_{2i} + \dots + \beta_{1G}y_{Gi} + \gamma_{11}x_{1i} + \gamma_{12}x_{2i} + \dots + \gamma_{1K}x_{Ki} &= u_{1i} \\
 \beta_{21}y_{1i} + \beta_{22}y_{2i} + \dots + \beta_{2G}y_{Gi} + \gamma_{21}x_{1i} + \gamma_{22}x_{2i} + \dots + \gamma_{2K}x_{Ki} &= u_{2i} \\
 &\vdots \\
 &\vdots \\
 &\vdots \\
 \beta_{G1}y_{1i} + \beta_{G2}y_{2i} + \dots + \beta_{GG}y_{Gi} + \gamma_{G1}x_{1i} + \gamma_{G2}x_{2i} + \dots + \gamma_{GK}x_{Ki} &= u_{Gi}
 \end{aligned}$$

$i=1,2,\dots,N$ (14)

其中， y 為因變數、 x 為自變數， u 為殘差項， N 為樣本數。上述聯立方程式可轉換為引申型式(reduced-form)：

$$\begin{aligned}
 y_{1i} &= \pi_{11}x_{1i} + \pi_{12}x_{2i} + \dots + \pi_{1K}x_{Ki} + v_{1i} \\
 y_{2i} &= \pi_{21}x_{1i} + \pi_{22}x_{2i} + \dots + \pi_{2K}x_{Ki} + v_{2i} \\
 &\vdots \\
 &\vdots \\
 &\vdots \\
 y_{Gi} &= \pi_{G1}x_{1i} + \pi_{G2}x_{2i} + \dots + \pi_{GK}x_{Ki} + v_{Gi}
 \end{aligned}$$

$i=1,2,\dots,N$ (15)

其矩陣型式為： $\mathbf{Y}=\boldsymbol{\pi}\mathbf{X}+\mathbf{V}$ 。由於各殘差項(v)之間互有關聯（共變異矩陣期望值不為零），若分別以最小平方估計上述各式之參數，將導致偏誤之估計值。因此，上述格式必須視為聯立方程式，以特殊方法估計之。最常用於估計聯立迴歸之方法為：兩階段最小平方方法(two-stage least squares, 2SLS)、近似無相關迴歸法(seemingly unrelated regression estimation, SUR)及三階段最小平方方法(three-stage least squares, 3SLS)。

其中，2SLS 係先針對一因變數，以最小平方方法對所有自變數進行迴歸，並以其估計值作為替代變數(instrumental variable)，再以最小平方方法分別估計係數。實證上，一般係重覆進行 2SLS 之程序，直到估計的係數和殘差項的共變異矩陣達到收斂為止。惟 2SLS 雖可估計得之一致(consistent)估計值，但卻不具效率。SUR 則將數個迴歸式合併為一（樣

本數成為 $G \times N$ 個)，並以一般化最小平方法(*generalized least squares*)加以估計。3SLS 第一階段先估計引伸型式之係數，並獲得因變數之預估值，再以 2SLS 估計所有方程式，第二階段則採 SUR 估計方程式間之變異與共變異。最後，再以一般化最小平方法估計參數。

聯立迴歸應先進行方程式認定(*identification*)，以確定各參數值能加以估計。若為不足認定(*under identified*)，則無法估計模式之參數；若為適足認定(*exactly identified*)或過度認定(*over identified*)則可估計其參數值。此外，聯立迴歸之認定條件有二：一為階(*order*)之條件，一為級(*rank*)之條件，前者為認定之必要條件，後者為認定之充分條件。在進行參數或迴歸式檢定時，則必須符合前述單一迴歸分析之假設。

3.4 模式架構

本研究欲利用線性模式與多階層模式進行影響因素分析。因變數 Y_{ij} 為汽機車使用量；自變數 X_{ij} 為車主及車輛特性變數；階層二自變數 W_j 代表地區特性，在本研究中為各縣市之環境變數。

於本研究中，先以車輛為單位，為汽機車分別校估不同的模式。首先，進行傳統線性迴歸來檢視各車主及車輛特性對汽機車使用之影響，以及需了解自變數與因變數之間的關係，包含線性、對數或指數關係。再來進行多階層迴歸模式，將樣本以縣市分群，並嘗試加入縣市環境變數，檢視其對階層一變數之影響。由於汽機車行駛於同個縣市環境中，本研究假設汽機車資料具有結構性，個體階層（階層一）為每輛汽機車樣本，總體階層（階層二）為汽機車使用所屬縣市，若只用線性迴歸模式，則會忽視了資料的異質性，故使用多階層迴歸模式應能提高模式的配適程度。而多階層迴歸的模式假設便是校估機車於不同縣市之中使用時，個體影響因素的效果是否會受到縣市環境的影響。可以利用多階層迴歸模式校估階層二變數對階層一變數的調節效果。本研究資料的資料階層結構圖如圖 3-2。

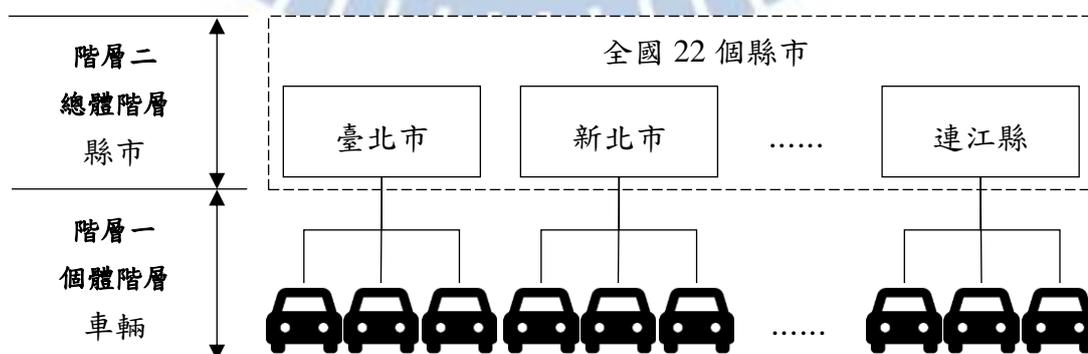


圖 3-2、資料階層結構圖

多階層迴歸的個體階層中，包含了車輛特性變數及車主特性變數；而總體階層中的縣市環境變數，共納入三個構面：地理社經、私人運輸以及公共運輸。利用不同的子模式來檢驗資料的巢套效果及變數之間的關係。本研究中，假設茵不同縣市的環境不同，間接影響汽機車的個體變數對於行駛里程的效果，即假設縣市環境變數具有調節效果。變數之間關係假設示意圖如圖 3-3，假設階層一與階層二的變數都與年行駛里程有影響，而縣市的公共運輸變數又對不同車主特性的變數具有調節效果。

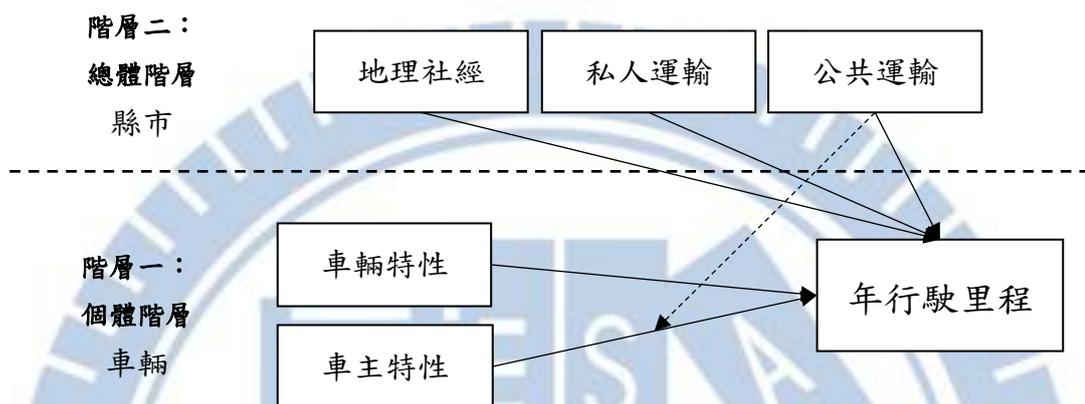


圖 3-3、汽機車多階層迴歸之變數關係假設

接著，以車主為單位，進行同車主汽機車使用之聯立迴歸分析模式，以探討汽機車年行駛里程之間的替代關係。若該名車主同時擁有兩輛以上汽機車，則以當年行駛里程最大之車輛選取作為主要分析對象。模式架構圖如圖 3-4。

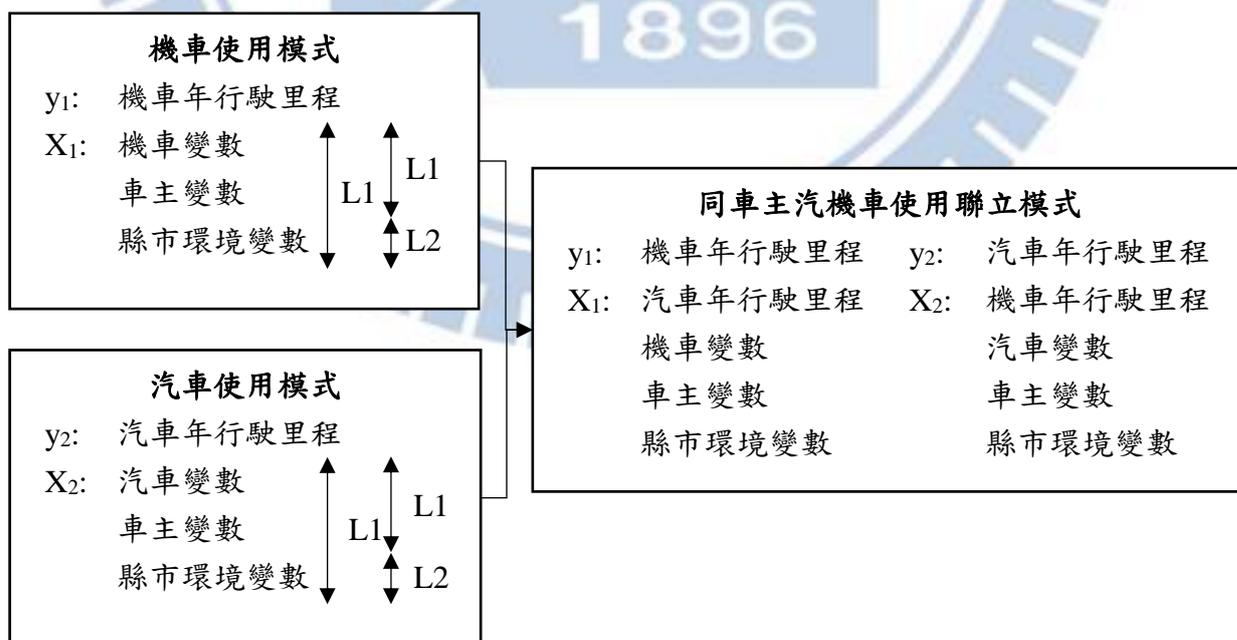


圖 3-4、模式架構圖

第四章、資料蒐集與分析

4.1 資料蒐集

本研究之主要研究對象為汽機車之使用，並用汽機車當年年行駛里程作為因變數，詳細推算方式見 4.2 節。汽機車資料式蒐集交通部公路總局之汽機車監理資料及民國 106 年汽車定檢資料，以及環保署之民國 106 年機車定檢資料。車主資料為交通部公路總局之駕駛人資料。另外，環境變數資料係由各政府部門開放資料平台下載，分別有內政部戶政司之人口資料、行政院主計處之家戶收入資料、交通部之公共運輸市占資料、公路總局之道路資訊以及中華民國統計資訊網公開資料。本研究皆使用現成之政府部門資料，不須進行問卷調查，可節省研究成本及時間，並因政府資料會固定更新，有利於本研究之後續應用。

表 4-1、資料來源表

資料名稱	資料來源
汽車監理資料	公路總局
汽車定檢資料	公路總局
機車監理資料	公路總局
機車定檢資料	環保署
駕駛人資料	公路總局

表 4-2、縣市環境變數資料來源表

資料名稱	資料來源
縣市人口資料	內政部戶政司全球資訊網
縣市公共運輸市占率	民眾日常使用運具狀況調查
縣市家戶收入資料	行政院主計處
縣市道路特性	公路總局統計查詢網
縣市市區公車	公路總局統計查詢網
縣市產業分級資料	中華民國統計資訊網
106 年連江縣統計年報	連江縣政府主計處
106 年金門縣統計年報	金門縣政府主計處
捷運路線長度	臺北市捷運、桃園捷運、 高雄捷運、新北捷運之官網

4.2 資料處理與分析

蒐集完所有資料後，將資料進行處理及整併。首先將車輛的年行駛里程計算出後，再與其他車輛特性變數資料、車主特性變數資料及縣市環境變數串聯。用於資料串聯的欄位有汽機車之車牌號碼、車主證號及汽機車定檢單位所屬縣市。資料欄位串連方式如圖 4-1 所示。

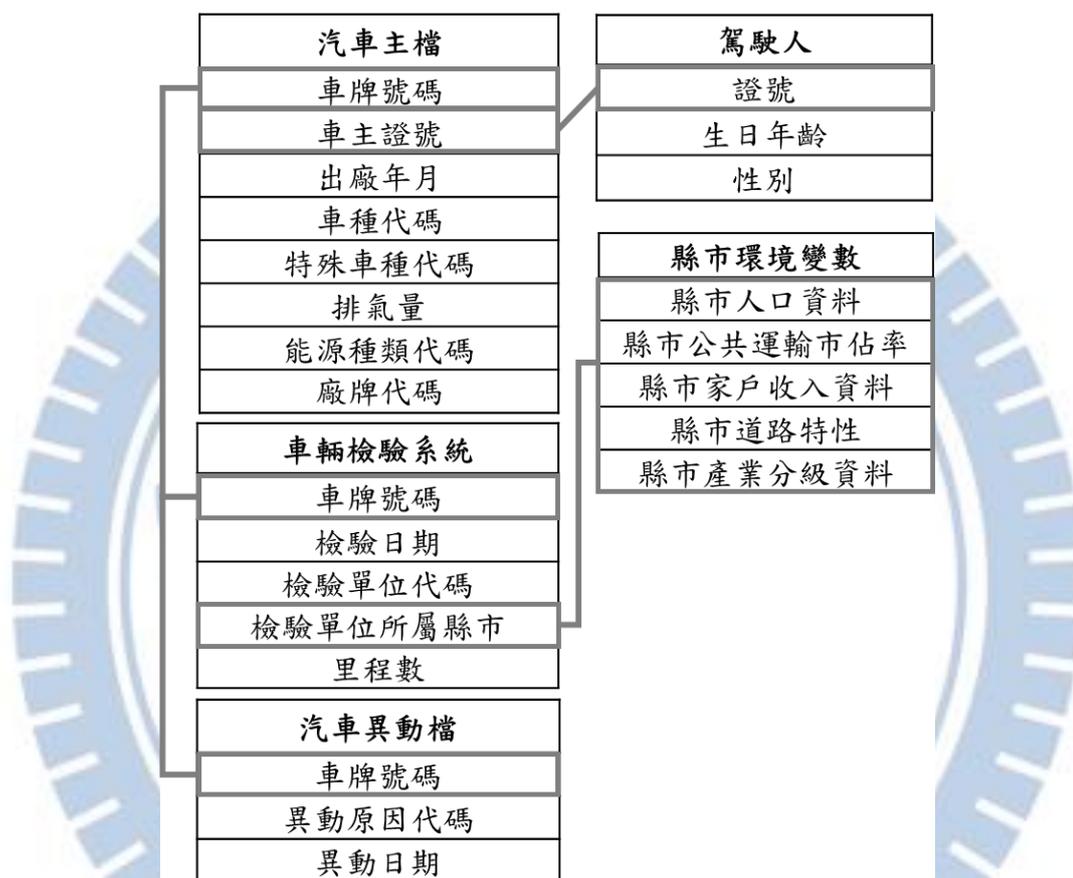


圖 4-1、資料串聯欄位示意圖

4.2.1 汽機車年行駛里程推算方式與流程

本研究欲了解汽機車使用之影響因素，故採用汽機車之年行駛里程作為因變數，參考國立交通大學運輸研究中心《107 年道路交通安全觀測指標》之延車公里計算方式，透過機動車輛定檢資料推估我國各縣市機動車輛的年行駛里程。依據交通部公路總局規定，自用小客車及大型重型機車出廠年份未滿 5 年者不需定檢，滿 5 年以上未滿 10 年者，每年至少檢驗 1 次，10 年以上者，每年至少檢驗 2 次。而依據行政院環保署規定，機車出廠滿 5 年每年應接受排氣定期檢驗 1 次。因此，大部分定檢資料為車齡滿 5 年汽機車。對於定檢 2 次以上的車輛（後續稱為舊車），利用 2 年定檢的登記里程數來推算年行駛里程。而對於只於當年定檢 1 次，前年無定檢的車輛（後續稱為新車），則利用

其當年登記里程數來推算。以下分別介紹舊車與新車之年行駛里程計算方式。

(一) 舊車年行駛里程推算方式

定檢 2 次以上舊車年行駛里程數計算，需利用 2 年的定檢資料，其中所需欄位彙整於表 4-3 所示，包括定檢車輛之車牌資料、當次檢測日期、當次檢測所在地、當次檢測登記里程、前次檢測日期、前次檢測所在地、前次檢測登記里程。

表 4-3、舊車年行駛里程推算所需定檢資料欄位

欄位	說明
車牌號碼	車輛之車牌號碼
本次檢測日期	日期
本次檢測所在地	縣市別
本次檢測登記里程	公里
前次檢測日期	年月日
前次檢測所在地	縣市別
前次檢測登記里程	公里

透過上述資料欄位可換算出各車牌號碼下之車輛檢驗地、車輛兩次檢驗間隔天數及 2 次檢驗間之行駛里程，藉以推舊車年行駛里程，計算步驟如下列：

1. 以原始資料提供的車牌號碼序號進行同一車輛前後 2 年度之定檢資料的串聯，由於車輛可能在一年中進行多次定檢，因此對於多次定檢之車輛，在串聯時將保留該車輛兩次檢驗日期差最大者，以避免重複計算。
2. 假設車輛使用者均選擇常使用地區的定檢站進行驗車，故以定檢站的所在地作為各縣市的年行駛里程數的計算基礎。
3. 資料所屬年度以當次檢測資料記載為主，另考量不同車輛前後次檢測間隔天數不一，因此舊車年行駛里程數之計算方式如下：

$$\text{舊車年行駛里程數} = (\text{里程數}_2 - \text{里程數}_1) \times \frac{365}{(\text{檢驗日期}_2 - \text{檢驗日期}_1)}$$

(二) 新車年行駛里程推算方式

針對只定檢 1 次的新車，利用其第一次定檢之登記里程數來推算，其所需欄位彙整於表 4-4，包括定檢車輛之車牌資料、車種、使用能源、異動原因、異動時間、當次檢測日期、當次檢測所在地、當次檢測登記里程。

表 4-4、新車年行駛里程推算所需定檢資料欄位

欄位	說明
車牌號碼	車輛之車牌號碼
出廠日期	年月日
新領牌日期	年月日
本次檢測日期	年月日
本次檢測所在地	縣市別
本次檢測登記里程	公里

透過上述資料欄位可推算各車牌號碼下之車輛檢驗的、車輛於出廠後製定檢當下之間的年平均行駛里程，作為本研究新車年行駛里程之資料，其計算步驟如下列：

1. 篩選以車牌號碼串聯 2 年度定檢資料時，無法成功串聯，僅有當年度定檢資料之樣本。
2. 由於規定車輛出廠滿 5 年始需每年固定進行定檢，但又因未滿 6 年還未進行的 2 次定檢。故檢視樣本車輛車齡(當年檢測日期與出廠日期差)是否為未滿 6 年之車輛，若是，則判斷該車輛可能為第一次進行定檢之新車；若非，則不採用。因此，若車輛車齡雖未滿 5 年卻因為故障或事故而進行的臨時檢驗資料，也不會刪除。
3. 本研究假設車輛使用者均選擇常使用地區的定檢站進行驗車，故以定檢站的所在地作為各縣市的年行駛里程數的計算基礎。
4. 本研究假設車輛於其領牌日期為啟用日期，因此以第一次定檢的登記里程、當次檢測日期與新領牌日期之差值推算新車年行駛里程，計算方式如下：

$$\text{新車年行駛里程數} = \text{檢測登記里程} \times \frac{365}{(\text{檢測日期} - \text{新領牌日期})}$$

(三) 整併資料及刪除離群值

最後將舊車及新車資料整併，而由於人為輸入的失誤或調整放大的計算方式可能的偏誤，造成資料中存在不合理的年行駛里程數，須將此類離群樣本刪除。本研究採用「盒狀圖法」來篩選樣本，將機車或汽車當年所有的延車公里，取內側欄 (inner fence)，即是指離開第 3 四分位數以外 1.5 個四分位距的距離 (即 1.5 乘以第 3 及第 1 四分位數的距離)，並將於內側欄以外的樣本視為離群值，予以刪除。內側欄計算方式如下：

$$\text{內側欄} = \text{第 3 四分位數} + 1.5 \times (\text{第 3 四分位數} - \text{第 1 四分位數})$$

機車資料中，因離群值刪除的樣本占有所有可用資料的 7.80%，而汽車資料中的離群

值占所有可用資料 4.88%。

本研究資料為民國 105 年與 106 年之汽機車定檢資料，汽機車的資料筆數與民國 106 年車輛登記數相比，經過上述計算後，正確且可用的比例如表 4-5。由於未滿 5 年車輛無定檢，故新車筆數差異較大。另外，舊機車之筆數差異較大，推測可能為許多老舊機車實已停止使用，但未登記報廢。其他造成差異的原因，如車輛並未依照規定進行定檢，故無法取得里程數資料，或因定檢資料登記錯誤、同一台車多次驗車、資料不合理等，於資料處理過程予以刪除。

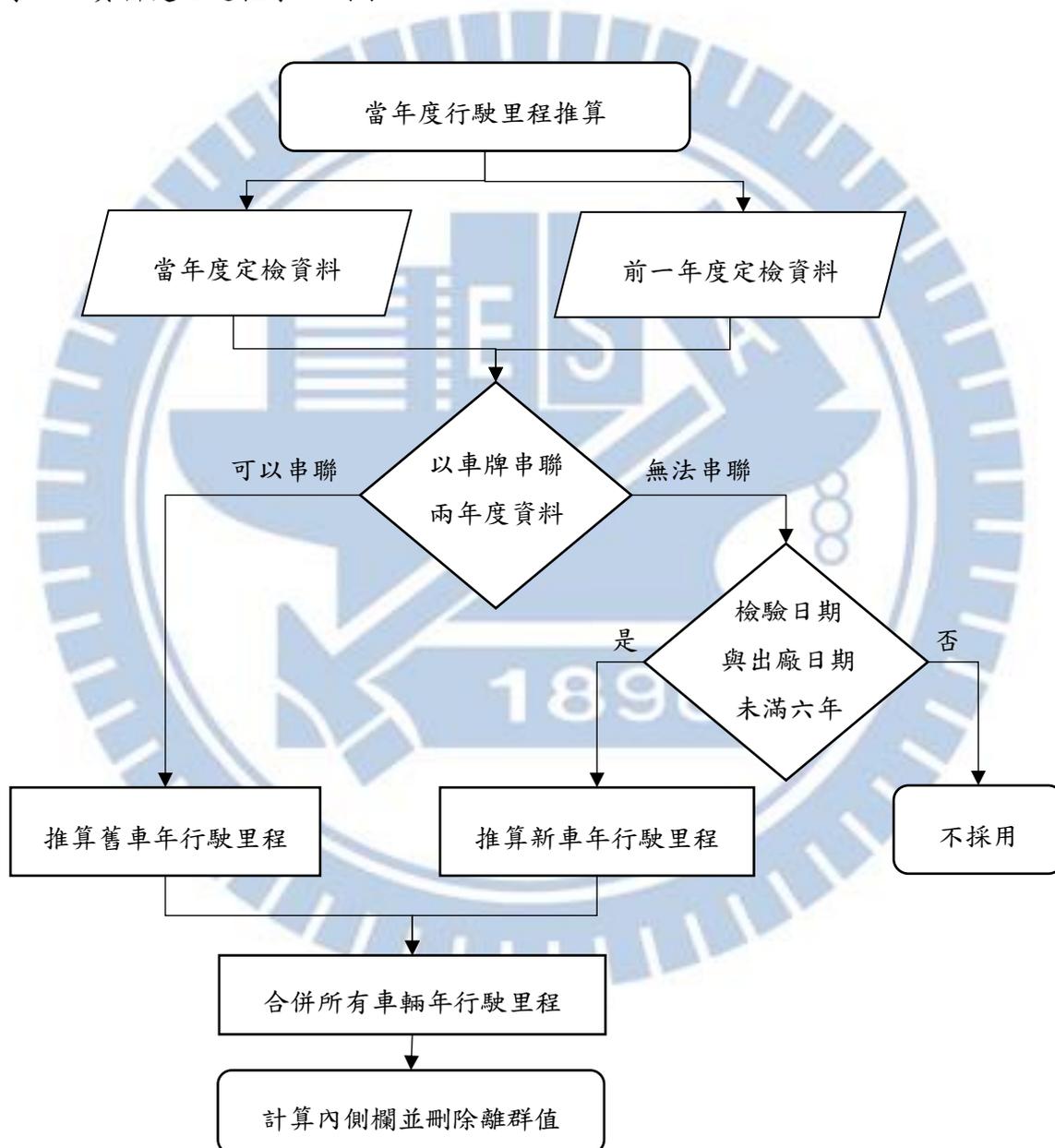


圖 4-2、年行駛里程計算流程

表 4-5、資料筆數與車輛登記數比較表

資料	資料筆數	車輛登記數	比例
機車舊車	4,419,639	9,326,875	47.39%
機車新車	476,218	4,428,707	10.75%
整併後機車資料	4,505,478	13,755,582	32.75%
汽車舊車	3,459,886	4,573,073	75.66%
汽車新車	195,982	1,969,612	9.95%
整併後汽車資料	3,477,513	4,884,816	71.19%

4.2.2 汽機車年行駛里程統計分析

(一) 機車年行駛里程統計分析

全部機車樣本的平均年行駛里程為 3633.46 公里，標準差為 2670.19 公里，最小值為 0.167 公里，最大值為 12,476.00 公里。若分縣市進行統計，平均機車年行駛里程最低為連江縣 2,069.80 公里，最高為屏東縣 4,327.85 公里；標準差最低為連江縣 1,822.38 公里，最高為屏東縣 3,031.87 公里。

表 4-6、機車年行駛里程 - 按縣市

縣市	平均數	標準差	最大值	最小值	樣本數
臺北市	3,289.40	2,647.93	12,474.76	0.17	249,790
新北市	3,515.37	2,704.91	12,475.18	0.17	493,392
基隆市	3,281.04	2,610.96	12,475.28	0.17	41,244
新竹市	3,383.42	2,378.19	12,475.42	0.17	100,719
苗栗縣	3,078.30	2,344.20	12,468.79	0.17	81,960
新竹縣	3,364.47	2,519.66	12,472.96	0.18	92,451
桃園市	3,376.53	2,525.13	12,475.39	0.17	313,025
臺中市	3,509.78	2,478.20	12,475.68	0.17	426,558
彰化縣	3,621.31	2,554.03	12,474.53	0.18	228,650
南投縣	3,254.45	2,462.98	12,473.62	0.17	64,878
雲林縣	3,639.12	2,717.29	12,475.33	0.17	72,393
嘉義市	3,607.62	2,524.64	12,474.76	0.19	60,880
嘉義縣	3,840.39	2,789.59	12,474.58	0.17	73,748
臺南市	4,091.52	2,824.46	12,475.68	0.17	333,319
高雄市	4,084.32	2,831.76	12,475.72	0.17	457,599
屏東縣	4,327.85	3,031.87	12,475.51	0.17	104,333

縣市	平均數	標準差	最大值	最小值	樣本數
澎湖縣	3,627.99	2,604.63	12,461.08	0.64	11,842
宜蘭縣	3,531.58	2,653.88	12,474.76	0.17	67,071
花蓮縣	3,333.07	2,432.89	12,475.39	0.17	47,345
臺東縣	3,452.10	2,566.48	12,473.43	0.17	30,233
金門縣	3,276.21	2,459.09	12,472.71	0.20	9,397
連江縣	2,069.80	1,822.38	12,155.35	1.85	471

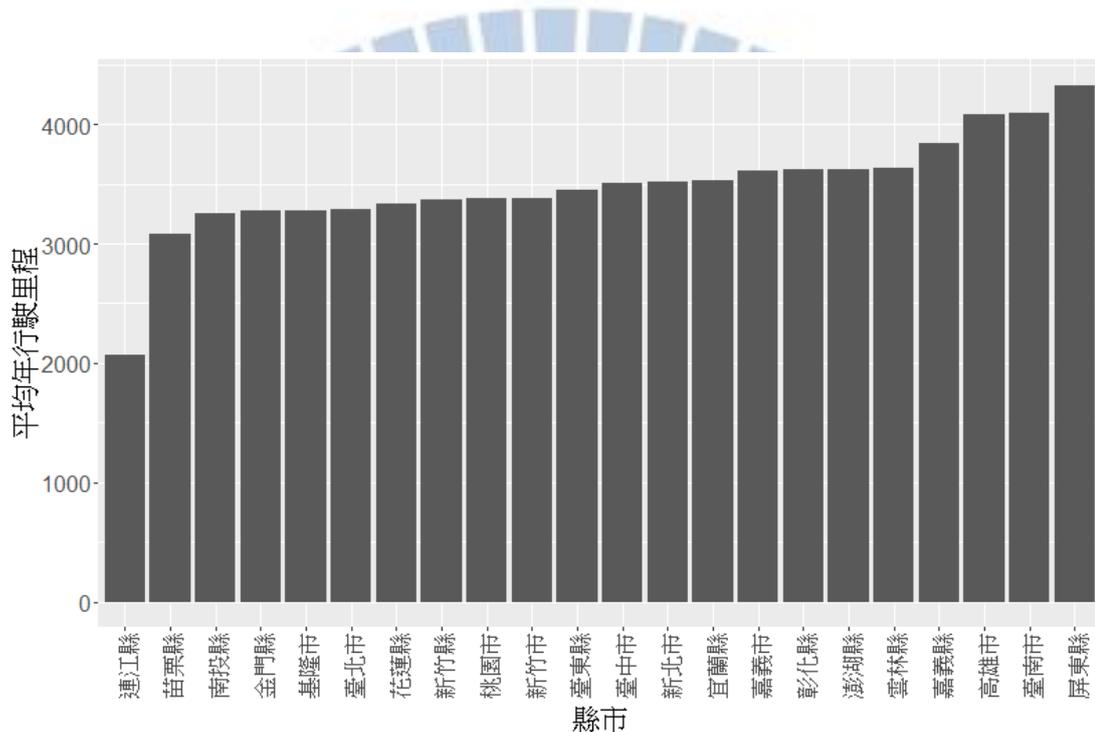


圖 4-3、機車年行駛里程長條圖 - 按縣市

(二) 汽車年行駛里程統計分析

接著分析汽車部分，所有汽車樣本的平均年行駛里程為 10,012.20 公里，標準差為 6,436.03 公里，最小值為 0.193 公里，最大值為 29,815.00 公里。若分縣市進行統計，平均汽車年行駛里程最低為連江縣 4,394.58 公里，最高為嘉義縣 11,401.42 公里；標準差最低為連江縣 3,785.27 公里，最高為基隆市 6,824.47 公里。

表 4-7、汽車年行駛里程 - 按縣市

縣市	平均數	標準差	最大值	最小值	樣本數
臺北市	9,359.88	6,337.27	29,814.68	0.52	161,113
新北市	9,596.80	6,345.59	29,814.51	0.20	249,386
基隆市	11,332.41	6,824.47	29,808.33	2.69	29,871

縣市	平均數	標準差	最大值	最小值	樣本數
新竹市	10,114.23	6,308.78	29,812.02	0.67	74,485
苗栗縣	11,002.05	6,615.53	29,809.41	0.64	61,723
新竹縣	10,768.48	6,352.30	29,813.99	0.52	69,826
桃園市	10,618.64	6,520.01	29,811.88	0.52	252,148
臺中市	9,644.33	6,289.35	29,813.94	0.19	373,176
彰化縣	10,172.72	6,445.00	29,813.64	0.20	145,777
南投縣	10,987.46	6,710.74	29,814.32	0.65	63,458
雲林縣	11,187.25	6,679.09	29,815.02	0.20	78,577
嘉義市	10,129.30	6,571.98	29,810.49	0.64	42,299
嘉義縣	11,401.42	6,720.32	29,804.50	0.68	41,222
臺南市	10,099.00	6,470.95	29,815.41	0.64	223,000
高雄市	9,324.94	6,244.12	29,813.77	0.20	280,227
屏東縣	10,773.44	6,745.01	29,812.54	0.60	83,628
澎湖縣	7,262.26	5,103.92	29,653.31	2.07	9,109
宜蘭縣	9,894.13	6,214.73	29,806.31	0.20	52,888
花蓮縣	9,034.65	5,933.62	29,811.79	0.53	35,235
臺東縣	9,955.10	6,332.13	29,790.46	0.64	20,700
金門縣	6,688.56	4,507.87	29,625.30	2.92	8,668
連江縣	4,394.58	3,785.27	28,944.73	23.07	431

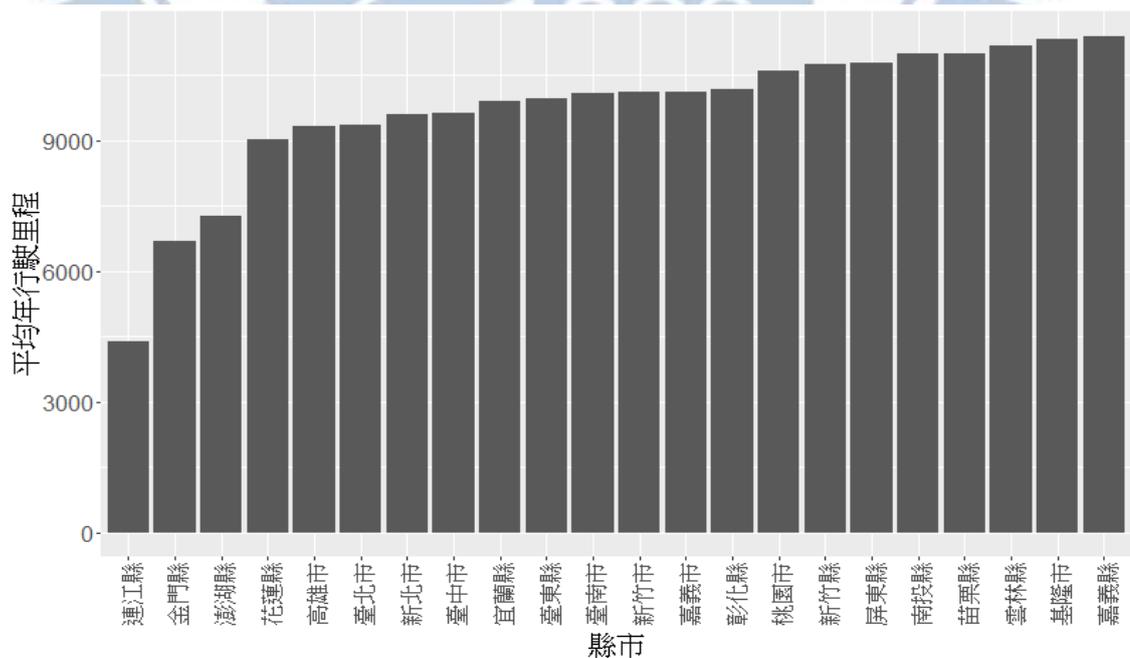


圖 4-4、汽車年行駛里程長條圖 - 按縣市

4.2.3 資料基本統計分析

因變數（年行駛里程）之基本統計分析已於 4.2.2 節呈現，本節呈現自變數之基本統計分析。依照機車變數、汽車變數、環境變數順序介紹其初步統計分析結果，分析項目包括該車輛變數、車主變數以及環境變數，將資料分為連續型和類別型分別統計。

（一）機車資料基本統計分析

1. 機車車齡：計算方式為自其出廠日期算起至車輛定檢當下天數差，除以 365 天所得年數。所有機車樣本平均車齡為 12.3 年，標準差為 5.5 年，最大值為 66 年，最小值為 0.6 年。由於車齡過大的機車，可能過於老舊並無正常使用，且樣本數少，屬離群值，因此於模式校估時將刪除，只篩選機車車齡 35 年以下之車輛。
2. 機車排氣量：機車引擎之排氣量大小。依據機車車牌規則，小於 50 c.c. 之機車為小型輕機，介於 50 至 250 c.c. 為普通重機，大於 250 c.c. 以上為大型重機。於所有機車樣本排氣量平均為 114.7 c.c.，標準差為 48 c.c.，最大排氣量有 2,294 c.c.，最小有 48 c.c.。
3. 機車車種：共分為三種，普通重機(H)、小型輕機(L)及大型重機(M)，各分別佔所有樣本 92.88%、6.85% 及 0.28%。
4. 車主性別：女性為 0，男性為 1。機車資料中，車主有 52.6% 為男性，47.4% 為女性。
5. 車主年齡：機車車主年齡平均為 46.5 歲，標準差為 13.8 年，最年輕車主為 18 歲，最年長為 107 歲。由於年齡過大的車主，自行駕駛持有之機車的機率較低，不符合本研究車主即主要駕駛人之假設，故於模式校估時予以刪除，只篩選車主年齡 80 歲以下之機車。
6. 擁有機車數量：車主所擁有的機車數量。機車資料中，車主至少持有 1 輛機車，最多同時持有 112 輛機車。
7. 擁有汽車數量：車主所擁有的機車數量。機車資料中，車主最少持有 0 輛汽車，最多同時持有 27 輛汽車。

表 4-8、機車連續型變數基本統計

分類	變數名稱	平均數	標準差	最小值	最大值
機車變數	機車車齡	12.29	5.48	0.57	66.09
	排氣量	114.69	48.19	48.00	2,294.00
車主變數	車主年齡	46.52	13.77	18.02	106.72
	持有機車數	1.252	1.326	1	112
	持有汽車數	0.478	0	0	27

表 4-9、機車類別型變數基本統計

變數名稱	類別	樣本數	比例
性別	男	1,767,801	52.59%
	女	1,593,497	47.41%
車種	大型重機	9,282	0.28%
	普通重型	3,121,929	92.88%
	小型輕機	230,087	6.85%

欲了解機車資料中，自變數與因變數之關係，繪製長條圖以檢視不同車齡、排氣量、車主年齡、廠牌的機車，其平均年行駛里程的變化趨勢，如圖 4-5 至圖 4-7。車齡部分，與平均年行駛里程呈負相關，越老舊的汽車，其使用量越少。排氣量部分，分群方式參考機車牌照的分類，由圖可見，排氣量與平均年行駛里程呈現類似鐘形曲線關係，介於 125 c.c.到 250 c.c.的機車平均年行駛里程最長，其餘排氣量越大或越小，機車使用量越小。車主年齡部分，年齡自 18 歲起至 23 歲，年行駛里程逐漸增加，23 歲（未滿 24 歲）車主平均年行駛里程最高，約年行駛 4,643 公里。超過 24 歲後年行駛里程逐漸下降，至 35~37 歲時下降至 3,560 公里，後又些微上升於 50~52 歲時至 3,699 公里，過 52 歲後年齡再增加，年行駛里程即逐年減少。

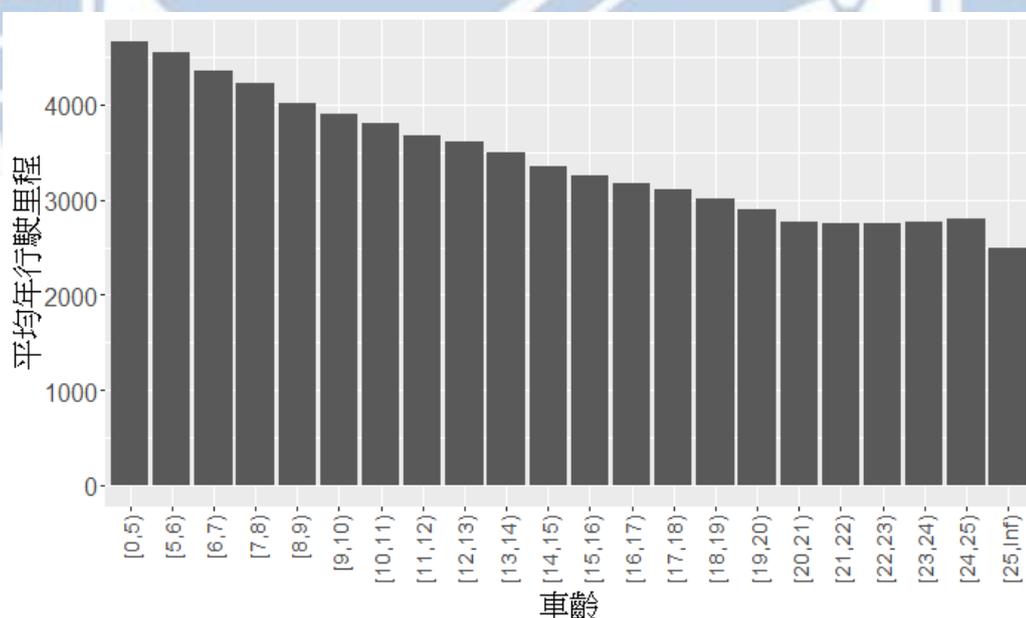


圖 4-5、機車平均年行駛里程長條圖 - 按車齡

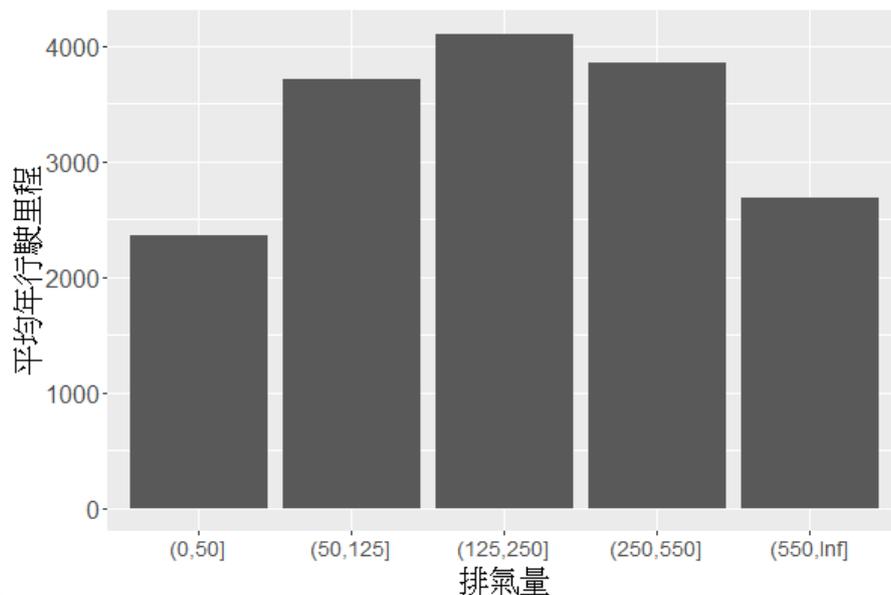


圖 4-6、機車平均年行駛里程長條圖 - 按排氣量

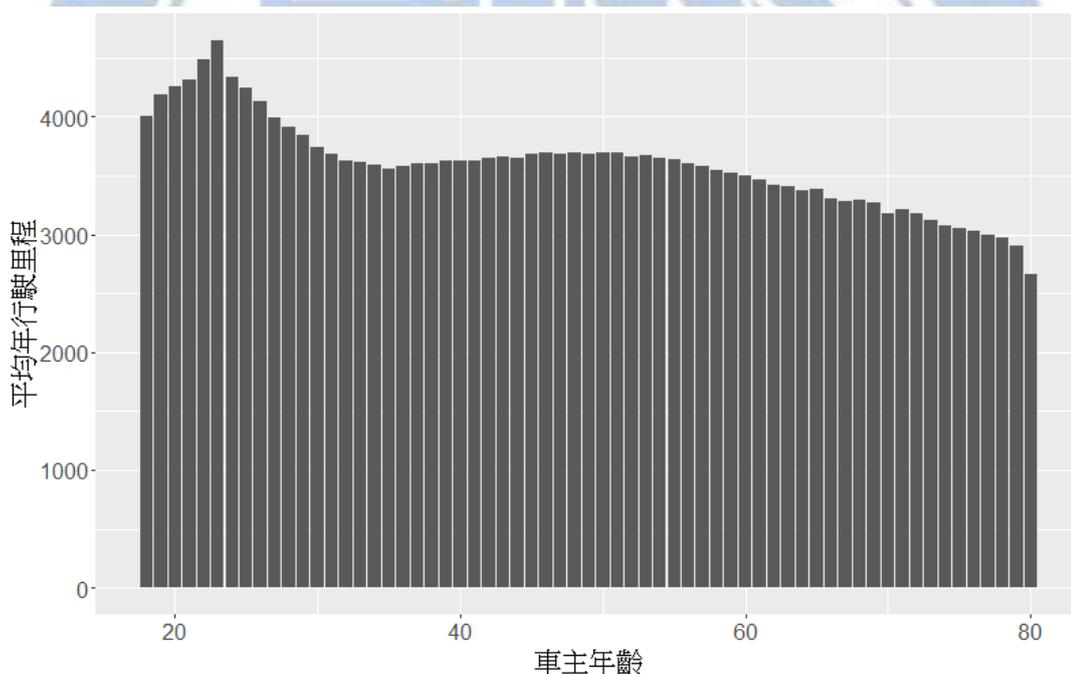


圖 4-7、機車平均年行駛里程長條圖 - 按車主年齡

(二) 汽車資料基本統計分析

1. 汽車車齡:與機車車齡算法相同,利用定檢資料中的出廠日期與車輛定檢日期差,除以 365 天所得年數。所有汽車樣本平均車齡為 14.2 年,標準差為 5.5 年,最大值為 72.4 年,最小值為 0.03 年。由於車齡過大的汽車,可能過於老舊並無正常使用,且樣本數少,屬離群值,因此於模式校估時將刪除,只篩選汽車車齡 30 年以下之車輛。

2. 汽車排氣量：為汽車引擎之排氣量大小，單位為 c.c.。所有汽車樣本平均為 1,843 c.c.，標準差為 449 c.c.，最小排氣量為 356 c.c.，最大排氣量為 7,430 c.c.。
3. 汽車能源別：分為汽油、柴油、汽油/電、汽油/LPG 及電能五種類別。其中汽油以 97.67% 佔最大宗，柴油第二，佔 1.82%。
4. 車主性別：女性為 0，男性為 1。汽車資料中，車主 57.0% 為男性，43.0% 為女性。
5. 車主年齡：汽車車主年齡平均 48.7 歲，標準差為 11.7 年，最年輕同為 18 歲，最年長的約 103 歲。由於年齡過大的車主，自行駕駛持有之汽車的機率較低，不符合本研究車主即主要駕駛人之假設，故於模式校估時予以刪除，只篩選車主年齡 75 歲以下之汽車。
6. 車主持有機車數量：車主所擁有的機車數量。汽車資料中，車主最少持有 0 輛機車，最多同時擁有 40 輛機車。
7. 車主持有汽車數量：車主所擁有的機車數量。汽車資料中，車主至少持有 1 輛汽車，最多同時持有 59 輛汽車。

表 4-10、汽車連續型變數基本統計

分類	變數名稱	平均數	標準差	最小值	最大值
汽車變數	汽車車齡	14.18	5.51	0.03	72.39
	排氣量	1,842.78	449.31	356.00	7,430.00
車主變數	車主年齡	48.73	11.72	18.14	102.73
	持有機車數	0.341	0.584	0	40
	持有汽車數	1.172	0.673	1	59

表 4-11、汽車類別型變數基本統計

變數名稱	類別	樣本數	比例
性別	女性	1,012,775	42.97%
	男性	1,344,172	57.03%
能源別	汽油	2,301,934	97.67%
	柴油	42,890	1.82%
	汽油/電	10,656	0.45%
	汽油/LPG	1,462	0.06%
	電能	5	0.00%

接著繪製汽車自變數與因變數之關係圖，檢視不同車齡、排氣量、廠牌與能源別的汽車，其平均年行駛里程的變化趨勢，如圖 4-8 至圖 4-10。車齡部分，除了在於未滿五年之平均年行駛里程有較不穩定的波動之外，大致平均年行駛里程之趨勢隨車齡下降，越老舊的汽車，其使用量越少。排氣量部分，分群方式參考 Chiou (2009) 中的分法，

從 0 c.c.開始每 600 c.c.分一類，而 2400 c.c.以上同類。由圖可見，排氣量越大的汽車，其平均年行駛里程越長。能源別部分，以平均年行駛里程排序，由小到大為汽油、汽油/LPG、柴油、汽油/電，可推測由於柴油、LPG、電能之每公里燃料成本皆較低，故使用量有增加的趨勢。

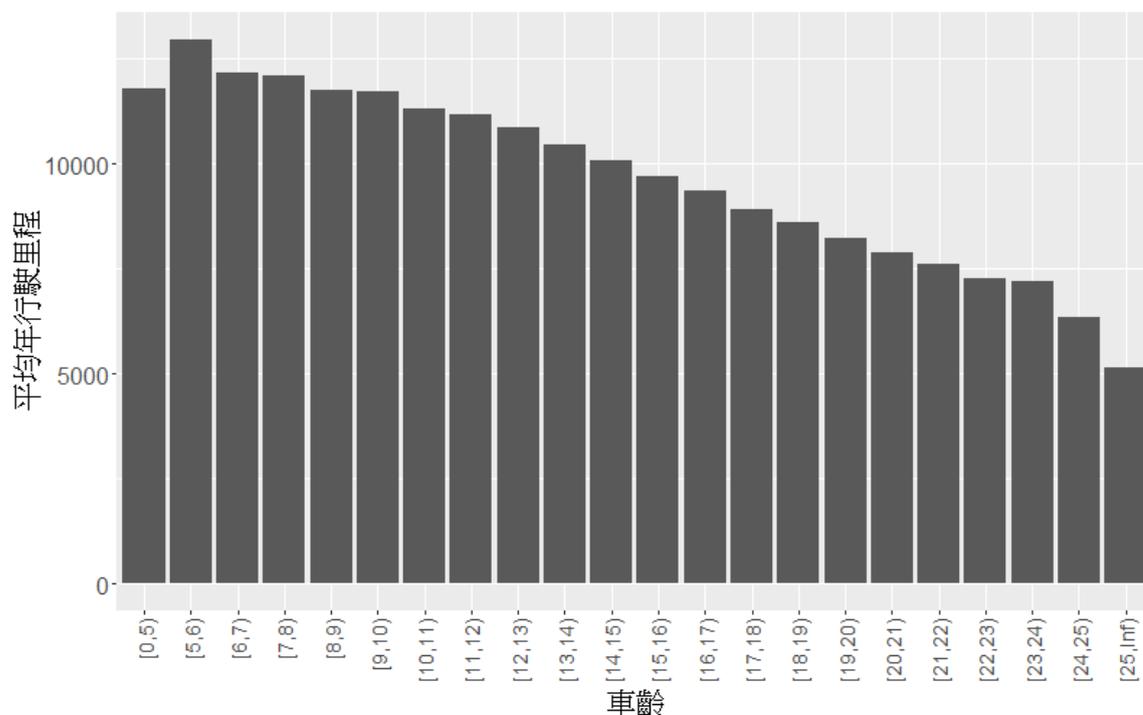


圖 4-8、汽車平均年行駛里程長條圖 - 按車齡

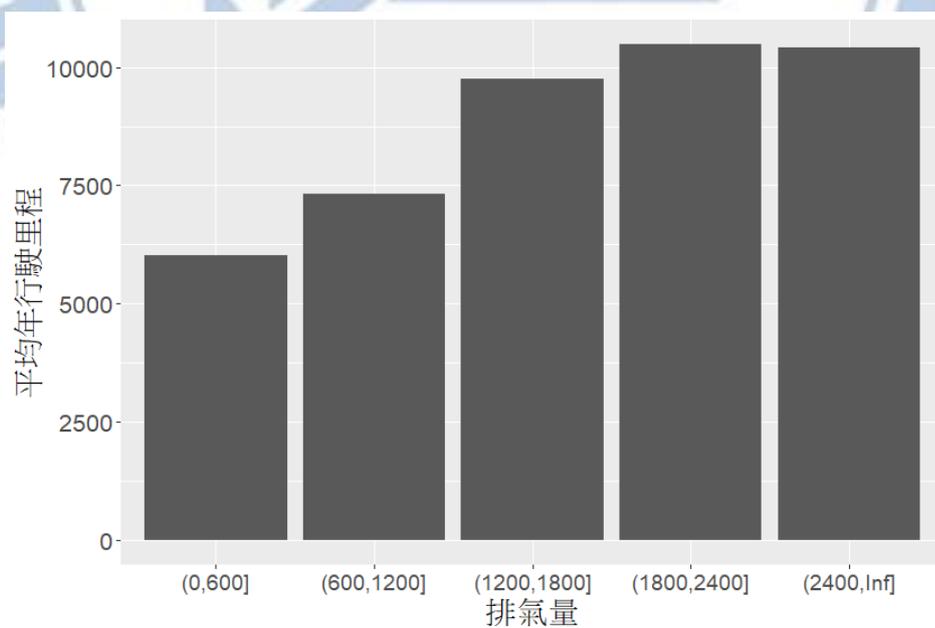


圖 4-9、汽車平均年行駛里程長條圖 - 按排氣量

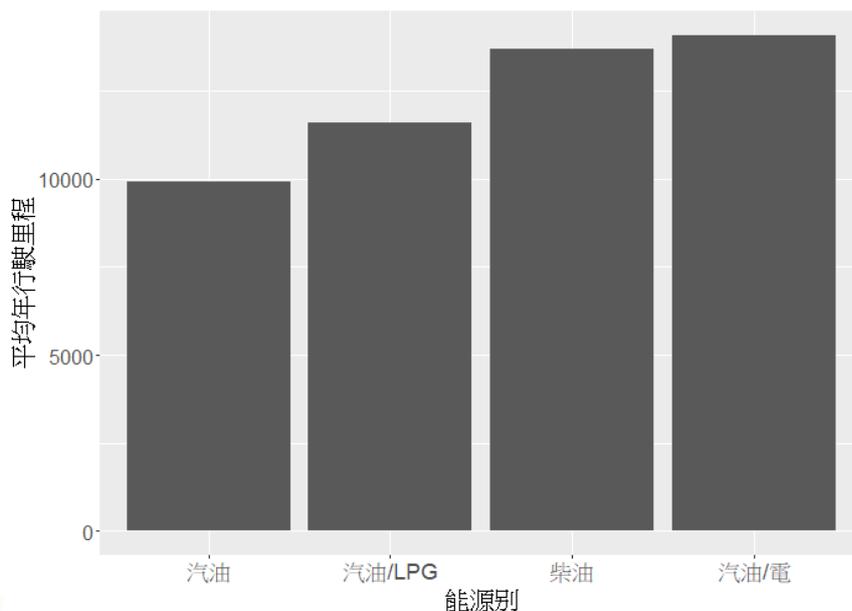


圖 4-10、汽車平均年行駛里程長條圖 - 按能源別

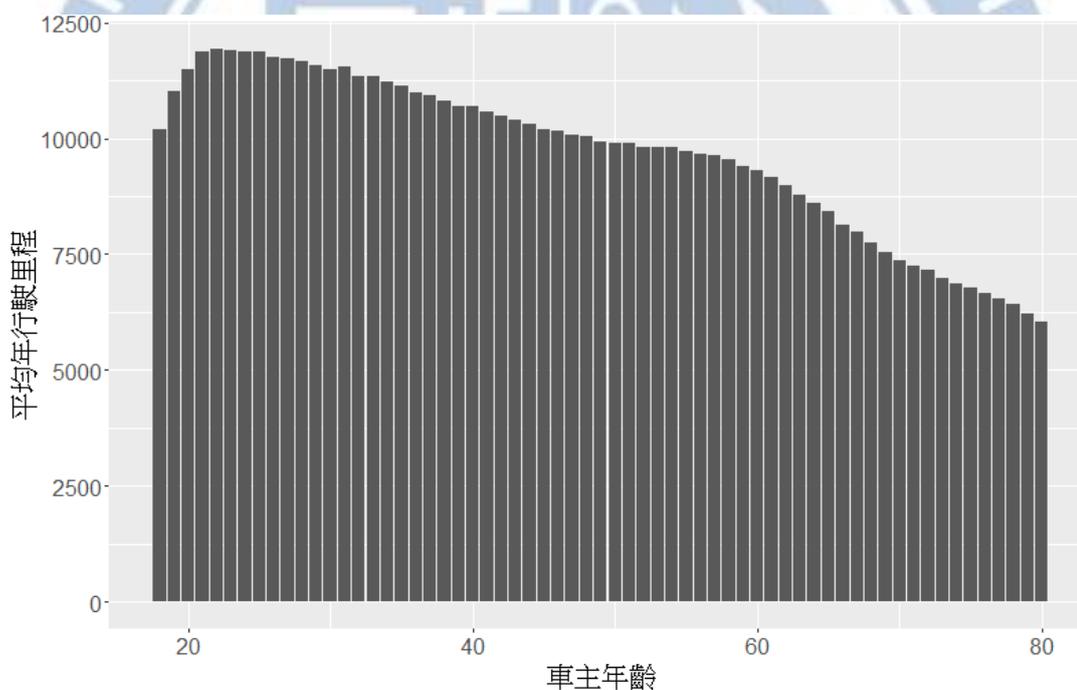


圖 4-11、汽車平均年行駛里程長條圖 - 按車主年齡

(三) 縣市環境資料基本統計分析

再來針對縣市環境資料做初步的基本統計分析，蒐集臺灣 22 縣市於民國 106 年之政府統計資料，統計結果整理如表 4-12。

● 地理社經變數

1. 人口密度：每平方公里人數，全臺灣平均縣市人口密度為 1,537 人/平方公里。人口密度最高為臺北市，9,872 人/平方公里，最低為臺東縣，62 人/平方公里。

2. 平均家戶年可支配所得：所屬縣市的家戶年可支配所得平均，單位為十萬元/年。各縣市平均為 93.6 萬元，標準差 18.3 萬元。所得最高者為臺北市，平均每年 134.5 萬元，最低者為澎湖縣，平均每年 72.4 萬元。
 3. 二三級產業人口比：從事第二級與第三級產業的人口比例，單位為百分比%。全臺灣平均 92.61%，最高者為臺北市，99.78%，最低者為嘉義縣，75.96%。
- 私人運輸變數
 1. 市區道路長度：全臺各縣市平均為 998.6 公里，市區道路最長縣市為高雄市，共 3481 公里，最短者為澎湖縣，共 87 公里。
 2. 市區道路密度：市區道路長度除以所屬縣市面積，單位為公里/平方公里。全臺各縣市平均為 1,655 公里/每平方公里，道路密度最高者為嘉義市，有 7912.71 的道路密度，而最低者為臺東縣，123.18 公里/平方公里。
 3. 高速公路長度：高速公路於所在縣市之長度，最高者為臺南市，共有 140 公里的高速公路。各縣市無高速公路者有：臺東縣、花蓮縣、澎湖縣、金門縣及連江縣。
 4. 高速公路密度：每平方公里所含高速公路公里數。最高值為新竹市 162.2 公里。在有高速公路的縣市中，最小高速公路密度者為宜蘭縣，平均 13.5 公里。
 5. 小型車路邊停車位數：全臺縣市平均為 11,928 個車位，最多路邊停車位是臺北市，有 58,906 個路邊停車位，而最低者為金門縣，只有 250 個路邊停車格。
 6. 小型車路外停車位數：全臺縣市平均為 35,120 個車位，最多路外停車位是新北市，共有 243,569 個車位，最少的是連江縣，共 586 格停車位。
 7. 停車方便性：為每萬輛小型車擁有路邊及路外停車位數。停車最方便為連江縣，每萬輛車擁有 3270 個車位，而停車最不方便者為屏東縣，每萬輛車僅有 220 個車位。
 - 公共運輸變數
 1. 捷運路線長度：所屬縣市捷運軌道的路線長度，路線最長為臺北市共 146.2 公里，而除了沒有捷運的縣市之外，最小的捷運路線為桃園市的 33.5 公里。
 2. 市區公車年營運里程：市區公車營運里程為各路線長度乘上其班次數之加總，單位為延車公里。最大為臺北市 178 百萬延車公里，最小為嘉義市，14.3 萬延車公里。
 3. 市區公車期末里程數：市區公車期末里程數則為不重複班次之路線長度加總。全臺各縣市平均為 1,320 公里，最大為臺中縣 5,953 公里，最小為連江縣 20 公里。
 4. 市區公車班次數：市區公車班次數為各路線班次加總，單位為萬班。全臺灣縣市平均為 143.2 萬班，最多為臺北市 1,248 萬班，最小為南投縣 0.9 萬班。
 5. 市區公車服務路網密度：市區公車路網密度為市區公車年營運里程除以縣市面

積，單位為車公里/平方公里。全臺灣縣市平均為 0.04，最高為臺北市 0.65，最低為南投縣 0.00005。

表 4-12、縣市環境變數基本統計

分類	變數名稱	平均數	標準差	最小值	最大值
地理社經 變數	人口密度	1,537.09	2,240.90	62.00	9,872.00
	平均家戶可支配年所得	9.36	1.83	7.24	13.45
	二、三級產業人口比	92.67	7.37	76.00	99.80
私人運輸 變數	市區道路長度	998.60	947.00	87.00	3,481.00
	市區道路密度	1,655.00	1,999.00	123.20	7,913.00
	高速公路長度	47.73	41.37	0.00	140.00
	高速公路密度	48.44	49.34	0.00	163.20
	小型車路邊停車位數	35,120.00	59,932.00	586.00	243,569.00
	小型車路外停車位數	11,928.00	18,053.00	250.00	58,906.00
	每百萬輛小型車停車位數	1,101.00	847.80	219.70	3,270.00
公共運輸 變數	捷運路線長度	13.95	35.54	0.00	146.00
	市區公車年營運里程	22.61	46.84	0.14	178.00
	市區公車期末里程數	1,319.59	1,922.32	20.00	5,953.00
	市區公車班次數	143.17	309.04	0.90	1,248.67
	市區公車路網密度	0.04	0.14	0.00	0.66

4.3 變數說明與假設

本研究之主要研究對象為汽機車之使用，並用汽機車年行駛里程作為因變數，而年行駛里程除了會受到汽機車本身以及車主之內部因素影響，也常會受到該車輛使用所處縣市之環境特性等外部因素影響，例如該縣市人口密度、平均收入、產業發展、交通環境與公共運輸供給等等。另將自變數之單位及於汽機車使用模式之預期符號整理至表 4-13，自變數之來源參考文獻整理如表 4-14。自變數詳細說明與假設如下：

(一) 機車變數 (階層一)

1. 機車車齡：根據 Chiou et al. (2009) 及 Huo et al. (2012)，機車越新，使用強度越強；反之若車齡越大，車越老舊，使用強度則會減弱。故預期有負向影響。
2. 機車排氣量：根據 Chiou et al. (2009)，若機車的引擎排氣量越大，機車的使用強度越強，故預期有正向影響。機車車型即用排氣量歸類而成，兩變數意義相同，模式中僅採用排氣量作為自變數。

(二) 汽車變數 (階層一)

1. 汽車車齡：根據 Chiou et al. (2009) 及 Huo et al. (2012)，汽車越新，使用強度越強；反之若車齡越大，車越老舊，使用強度則會減弱。故預期有負向影響。
2. 汽車排氣量：根據 Chiou et al. (2009)，若汽車的引擎排氣量越大，汽車的使用強度越強，故預期有正向影響。
3. 汽車能源別：本變數為汽車燃料成本之替代變數，分為三類：汽油、柴油，其餘者整併為替代能源，並設定汽油為基底。由於柴油與替代能源之燃料成本相對較低，故預期柴油與替代能源之車輛行駛里程較高，變數影響皆為正。

(三) 車主變數 (階層一)

1. 性別：女性為 0，男性為 1。根據 Chiou et al. (2009)，男性為較重度汽機車使用者，故預期變數對於汽機車使用皆有正向影響。
2. 年齡：根據 Chiou et al. (2009)，年齡越大，汽機車使用強度越弱，故預期變數對於汽機車使用皆有負向影響。
3. 持有機車數量：登記於同車主名下之機車數量。根據 Chiou et al. (2009)，由於多輛車間的替代性，同家戶中若擁有機車數量越多，每輛機車及汽車使用平均將會減少，預期對汽機車使用皆為負向影響。本研究因無家戶資料，故以登記於同車主名下之機車數量作為替代變數。
4. 持有汽車數量：登記於同車主名下之汽車數量。同持有機車數輛，由於多輛車間的替代性，預期對機車與汽車使用皆有負向影響。

(四) 縣市環境變數 (階層二)

● 地理社經變數

1. 人口密度：根據林振達 (2009)，人口密度為衡量區域內人口稠密、集中程度之

變數，人口密度較高之縣市，公共運輸系統相對容易達到經濟規模，有利於發展公共運輸。故預期人口密度與汽機車使用呈負向變動。

2. 平均家戶年可支配所得：根據 Chiou et al. (2009)，所得越高的家庭，汽車使用越多（年行駛里程越高），反之，所得對於機車使用為負向影響，顯示機車相較汽車為劣等品，所得越高時，人們較會去選擇使用汽車，而機車使用則減少，故預期平均家戶年可支配所得對機車行駛里程有負向影響。
 3. 二、三級產業人口比：根據 Chiou et al. (2009)、蔡世勛 (2008) 及張菀芸 (2015)，若該縣市的二、三級產業人口比例較高，代表都市化的程度亦較高，為人口車輛較為密集之地，導致汽機車駕駛時間較高，且停車較為不易，使用較為不方便，因此預期對汽機車使用會有負向影響。
- 私人運輸變數
 4. 市區道路長度（公里）：縣巿市區道路長度越長，表示道路供給量大，預期對汽機車行駛里程有正向影響。
 5. 市區道路密度（每平方公里長度）：根據林振達 (2009)，道路密度為衡量道路路網密集程度之指標，道路越密集，駕駛達到目的地所需行駛距離越短，故預期道路路網密度對汽機車行駛里程有負向影響。
 6. 高速公路長度及高速公路密度（每平方公里長度）：根據林振達 (2009)，高速公路之建設路線越長、密度越高，表示路網越完善，對於汽車使用者來說更為方便，故預期對汽車使用有正向影響。機車使用模式不採用此變數。
 7. 小型車路邊車位數、路外停車位數及停車方便性（每萬輛小型車擁有路邊及路外停車位數）：此變數設計欲衡量汽車停車之方便性，假設停車位數越多，車輛停車越方便，對於汽車使用將有正向影響。機車使用模式不採用此變數。
 - 公共運輸變數
 8. 擁有捷運系統：根據 Jou and Chen (2014) 將有無捷運系統設為(0,1)變數，若該縣市擁有捷運系統為 1，若無則為 0。捷運路線的增設將提高搭乘公共運輸之意願，對於汽機車使用呈現負向影響。
 9. 捷運路線長度：捷運於各縣市之營運里程，代表捷運系統之供給量，並假設其對於汽機車使用同樣呈負向影響。
 10. 市區公車年營運里程、市區公車期末里程數、市區公車班次數、市區公車服務路網密度：市區公車營運里程為各路線長度乘上其班次數之加總，單位為延車公里；而市區公車期末里程數則為不重複班次之路線長度加總；市區公車班次數為各路線班次加總；市區公車服務路網密度為市區公車年營運里程除以縣市面積（平方公里）。此四變數同捷運營業里程，根據 Jou and Chen (2014)，公車路線的增設將提高搭乘公共運輸之意願，故預期對汽機車使用有負向影響。

表 4-13、自變數說明與預期符號表

分類	變數名稱	變數類別/單位	預期符號	
			機車	汽車
機車 變數	車齡	年	-	/
	排氣量	c.c.	+	/
汽車 變數	車齡	年	/	-
	排氣量	c.c.	/	+
	能源別	汽油(基底)、柴油、替代能源	/	+
車主 變數	性別	女性(基底)、男性	+	+
	年齡	歲	-	-
	持有機車數量	輛	-	-
	持有汽車數量	輛	-	-
地理 社經 變數	人口密度	人/平方公里	-	-
	平均家戶可支配年所得	十萬元	-	+
	二、三級產業人口比	百分比%	-	+
私人 運輸 變數	市區道路長度	公里	+	+
	市區道路路網密度	公里/平方公里	-	-
	高速公路長度	公里	/	+
	高速公路密度	公里/平方公里	/	+
	小型車路邊停車位數	個	/	+
	小型車路外停車位數	個	/	+
	停車方便性	個/萬輛小型車	/	+
公共 運輸 變數	捷運路線長度	公里	-	-
	市區公車年營運里程	車公里	-	-
	市區公車期末里程數	公里	-	-
	市區公車班次數	班次	-	-
	市區公車服務路網密度	車公里/平方公里	-	-

表 4-14、自變數參考文獻勾選表

分類	變數名稱	參考文獻										
		Chiou et al. (2009)	Huo et al. (2012)	Jou and Chen (2014)	Bastian and Börjesson (2015)	Bhat and Sen (2006)	Hensher and Milthorpe (1987)	Lai and Lu (2007)	蔡世勳 (2008)	林振達 (2009)	楊承翰 (2012)	張苑芸 (2015)
機車	車齡	V	V									V
	車型 (排氣量)	V										V
汽車	車齡	V	V					V				V
	排氣量	V										V
	能源種											
車主	性別	V										V
	年齡	V						V	V			V
	擁有機車數量	V										
	擁有汽車數量	V										
地理社經	人口密度			V	V	V				V		
	平均家戶可支配年所得	V		V	V		V	V	V			
	二、三級產業人口比								V			V
私人運輸	市區道路長度										V	
	市區道路路網密度		V							V		
	高速公路密度									V		
	小型車路邊停車位數									V		
	小型車路外停車位數									V		
	停車方便性									V		
公共運輸	捷運路線長度			V								
	市區公車年營運里程			V						V		
	市區公車期末里程			V								
	市區公車班次數										V	
	市區公車服務路網密度				V					V		
	公共運輸市占率			V	V					V		

4.4 資料抽樣及樣本代表性檢定

由於車輛定檢及車輛監理之原始資料筆數非常大，根據 Lin (2011)，過大的資料筆數會造成模式結果過度解釋，效果極小、係數接近於 0 的變數也容易顯著。故資料在進行模式校估前，需要先進行抽樣，以得出較有效的模式推估結果。本小節即針對資料進行抽樣，並且利用卡方檢定檢驗資料代表性，以決定適合的樣本數。

4.4.1 機車資料抽樣及樣本代表性檢定

本研究因主要為研究汽機車使用之地區性差異，故將樣本以縣市分群，進行分層隨機抽樣。整併後機車資料原始樣本數有 2,356,947 筆，依照資料中縣市樣本比例，試抽總樣本數為 600、800、1000、1200、1500、2000 及 2500 筆的資料樣本，分別編號為 a 至 g。由於資料中各縣市樣本比例量差距甚大，尤其連江縣樣本數極少，故採取措施，若資料中有某縣市樣本數不足 30 個，則補足至 30 個，以確保各縣市樣本數足夠。最後資料樣本數分別為 897、1045、1195、1359、1621、2097 及 2582 筆。

抽樣後為檢定樣本之代表性，選取兩個重要的自變數：車齡與車型，將不同樣本數之抽樣資料分別與登記數資料、整併後資料進行卡方獨立性檢定，驗證兩兩資料間，樣本之車齡與車型分佈是否相同，以決定適當的樣本抽樣數。若檢定結果顯著，表示變數樣本於兩資料間分佈不同，抽樣資料不可代表原始資料；反之若檢定結果不顯著，表示變數樣本於兩資料間分佈無異，抽樣資料可代表原始資料。

首先檢視機車車齡於各資料中的分布情形，並整理出卡方檢定分配表，如表 4-15。將機車車齡由 0 至 25 歲每年分類，可見到車齡五年以下之資料缺乏，由於類別中數量無法於卡方檢定中進行估算，故將 5 年以下車齡類別移除，再進行卡方檢定。將機車資料進行抽樣及代表性檢定結果顯示，機車車齡的分佈於登記數與機車整併資料間有顯著差異，車齡 20 年以上觀察值與期望值的誤差越多，且為負，表示車齡 20 年以上老舊機車並未按照規定定檢。而其餘 a 至 g 的抽樣資料與機車整併資料的卡方檢定結果於 0.05 顯著水準下，除了抽樣資料 f 檢定結果顯著 ($p\text{-value} = 0.0215$)，其餘皆不顯著，表示抽樣資料於整併資料間車齡的分佈無異、具代表性。機車車齡卡方檢定結果整理如表 4-16。

表 4-15、機車資料卡方檢定分配表 - 車齡

車齡	登記數	整併資料	a	b	c	d	e	f	g
[0,1)	893,770	0	0	0	0	0	0	0	0
[1,2)	837,927	4	0	0	0	0	0	0	0
[2,3)	708,083	10	0	0	0	0	0	0	0
[3,4)	700,788	33	0	0	0	0	0	0	0
[4,5)	665,806	44,741	11	17	16	11	19	24	26
[5,6)	622,333	271,454	87	86	102	100	140	184	216
[6,7)	644,193	177,117	57	55	67	71	86	103	146
[7,8)	534,928	162,883	35	46	56	70	86	91	120
[8,9)	464,125	213,077	43	64	78	80	97	123	147
[9,10)	826,763	294,287	85	115	109	116	160	157	255
[10,11)	701,898	269,767	62	71	107	98	135	158	200
[11,12)	676,962	255,788	73	88	81	114	124	177	197
[12,13)	691,126	263,755	74	98	96	109	93	187	194
[13,14)	634,355	234,260	69	75	81	88	127	125	190
[14,15)	519,850	190,956	41	64	70	76	93	135	153
[15,16)	393,079	151,848	48	36	61	71	68	99	121
[16,17)	356,332	134,671	40	32	49	58	66	69	100
[17,18)	396,175	134,504	36	39	42	55	65	90	92
[18,19)	363,175	125,264	22	31	45	61	70	80	88
[19,20)	339,783	102,350	30	39	40	38	45	58	72
[20,21)	311,409	84,364	24	31	19	35	45	56	70
[21,22)	255,842	61,145	15	15	23	34	24	58	52
[22,23)	249,261	58,032	14	17	18	18	23	38	40
[23,24)	260,235	55,630	18	11	14	23	22	42	36
[24,25)	220,756	34,082	8	10	8	16	16	18	27
[25,Inf)	486,628	41,276	5	5	13	17	17	25	40
總計	13,755,582	3,361,298	897	1,045	1,195	1,359	1,621	2,097	2,582

表 4-16、機車資料卡方檢定結果 - 車齡

資料 1	資料 2	X-squared	df	p-value
機車登記數 (n=13,755,582)	機車整併資料 (n=3,361,298)	179530	20	< 2.2e-16
機車整併資料 (n=3,361,298)	機車抽樣 a (n=897)	25.42	20	0.1858
	機車抽樣 b (n=1,045)	30.37	20	0.0641
	機車抽樣 c (n=1,195)	13.16	20	0.8706
	機車抽樣 d (n=1,359)	13.57	20	0.8515
	機車抽樣 e (n=1,621)	21.02	20	0.3958
	機車抽樣 f (n=2,097)	34.74	20	0.0215
	機車抽樣 g (n=2,582)	15.43	20	0.7513

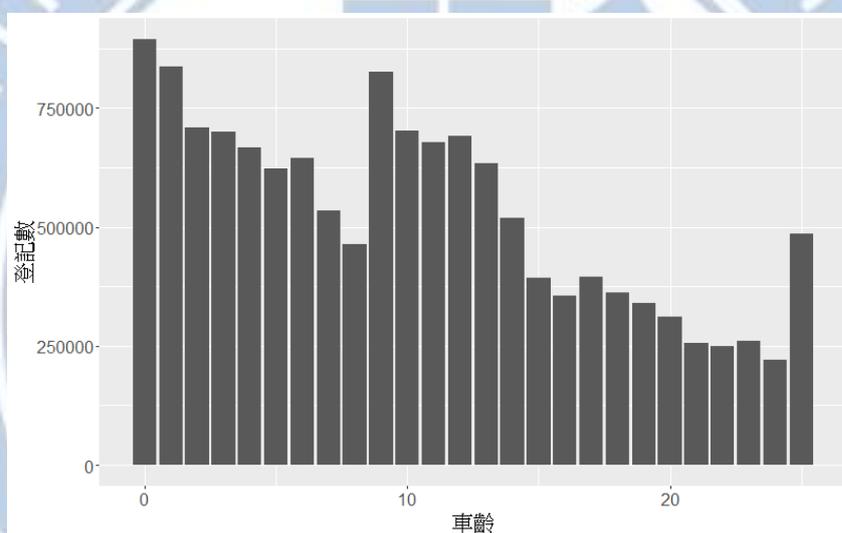


圖 4-12、106 年機車登記數資料 - 車齡分佈長條圖

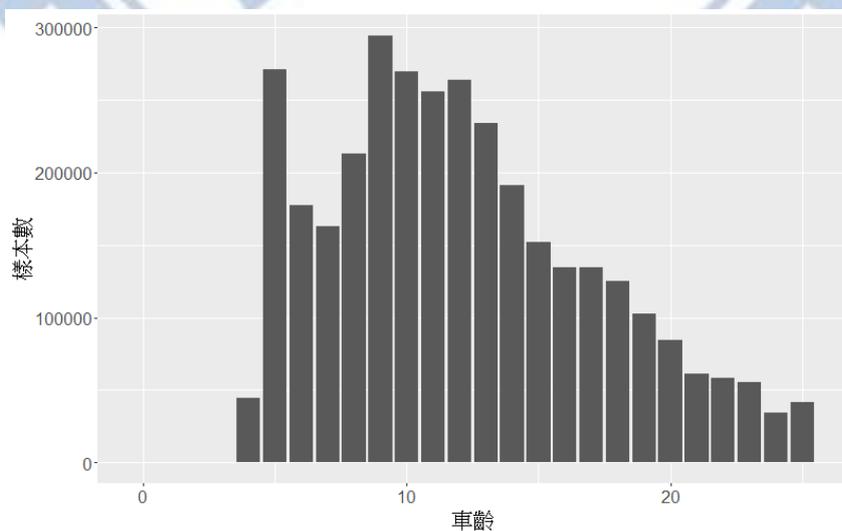


圖 4-13、機車整併資料 - 車齡分佈長條圖

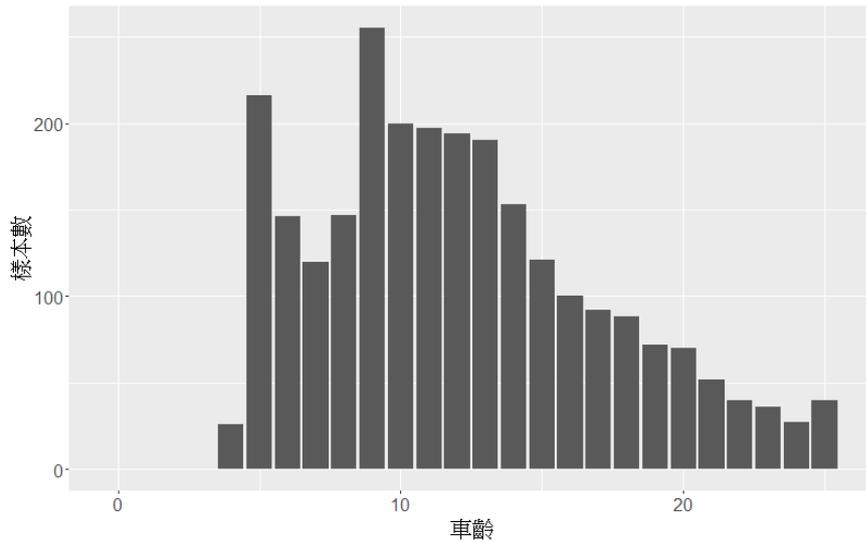


圖 4-14、機車抽樣資料 g - 車齡分佈長條圖

接著進行車型變數的卡方檢定。同樣先檢視車型於各資料中的分布情形，機車車型於資料中區分為普通重型(H)、小型輕型(L)及大型重型(M)，整理卡方檢定分配表，如表 4-17。由於大型重型於樣本中數量較少，在抽樣資料 a 至 d 中皆小於 5，會造成大型重型機車卡方值權重過大，卡方檢定結果錯誤。故抽樣資料 e 與 f 的卡方檢定結果較具參考價值。將各機車資料代表性檢定結果整理如表 4-18，其中，機車車型的分佈於登記數與機車總資料間有顯著差異，尤其在小型輕型車與大型重型車的資料筆數較缺乏。而其餘 a 至 g 的抽樣資料與機車總資料的卡方檢定結果皆不顯著，表示抽樣資料於總資料間車齡的分佈無異、具代表性。

表 4-17、機車資料卡方檢定分配表 - 車型

車型	登記數	整併資料	a	b	c	d	e	f	g
普通重型	12,404,557	3,121,929	836	975	1,114	1,255	1,499	1,944	2,416
小型輕型	1,224,063	230,087	59	69	77	102	117	143	161
大型重型	126,962	9,282	2	1	4	2	5	10	5
總計	13,755,582	3,361,298	897	1,045	1,195	1,359	1,621	2,097	2,582

表 4-18、機車資料卡方檢定結果 - 車型

資料 1	資料 2	X-squared	df	p-value
機車登記數 (n=13,755,582)	機車整併資料 (n=3,361,298)	29778	2	< 2.2e-16
機車整併資料 (n=3,361,298)	機車抽樣 a (n=897)	0.1957	2	0.9068
	機車抽樣 b (n=1,045)	1.3418	2	0.5112
	機車抽樣 c (n=1,195)	0.4452	2	0.8005

	機車抽樣 d (n=1,359)	1.7251	2	0.4221
	機車抽樣 e (n=1,621)	0.4184	2	0.8112
	機車抽樣 f (n=2,097)	3.0654	2	0.2160
	機車抽樣 g (n=2,582)	2.1703	2	0.3379

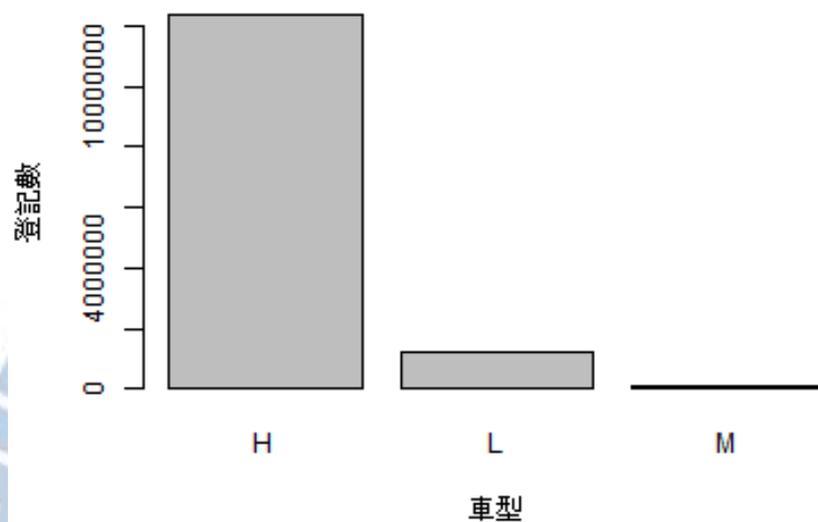


圖 4- 15、機車登記數資料 - 車型分佈長條圖

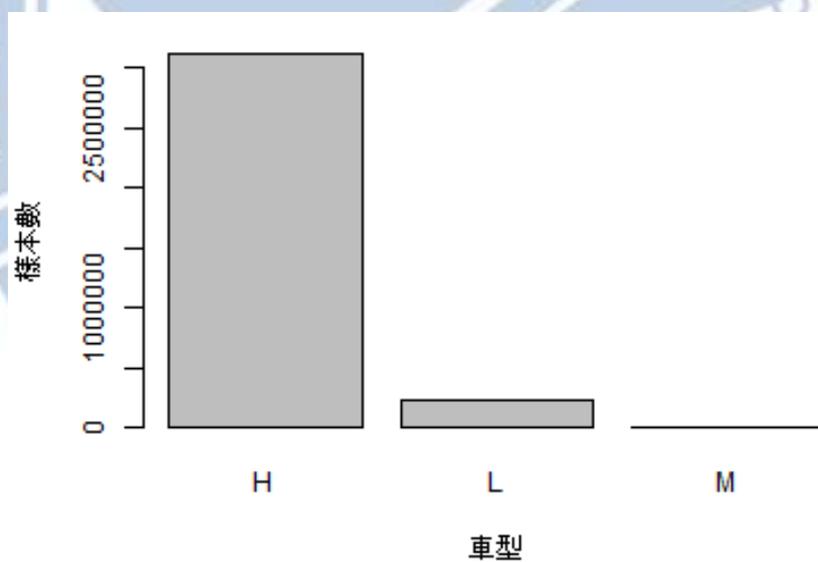


圖 4- 16、機車整併資料 - 車型分佈長條圖

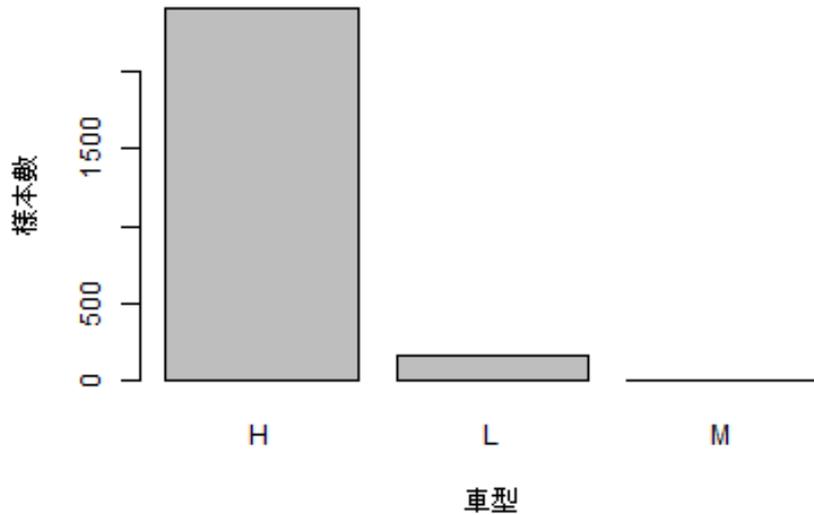


圖 4-17、機車抽樣資料 g— 車型分佈長條圖

機車資料的卡方檢定結果顯示，抽樣資料 g ($n = 2,582$) 的無論是於車齡或車型的代表性皆足夠，故後續將以抽樣資料 g 做模式的推估與分析。

4.4.2 汽車資料抽樣及樣本代表性檢定

汽車部分，同樣將樣本以縣市分群，進行分層隨機抽樣。依照汽車資料中縣市樣本比例，試抽總樣本數為 600、800、1000、1200、1500 及 2000 筆的資料樣本，分別編號為 a 至 f，且若資料中有某縣市樣本數不足 30 個，則補足至 30 個，以確保各縣市樣本數足夠。最後汽車抽樣資料樣本數分別為 878、1023、1175、1348、1619 及 2093 筆。

選取汽車的兩個重要自變數：車齡及排氣量，進行卡方檢定。將汽車車齡於各資料中的分布情形整理成卡方檢定分配表，如表 4-19。汽車車齡也由 0 至 25 歲每年分類，且由於車齡五年以下類別數量過小，不適合卡方檢定中進行估算，故將之移除，再進行卡方檢定。檢定結果顯示，汽車車齡的分佈於登記數與整併後汽車資料間有顯著差異，車齡 8 年以下觀察值與期望值的誤差多，且為負，表示車齡 8 年以下汽車資料可能因為未依規定進行定檢、資料品質不佳等情況而有所缺失。而其餘 a 至 f 的抽樣資料與汽車整併資料的卡方檢定結果於 0.05 顯著水準下，抽樣資料 c 檢定結果顯著 ($p\text{-value} = 0.0010$)，而抽樣資料 d 則是接近顯著 ($p\text{-value} = 0.0799$)，其餘則不顯著。可推測須達到抽樣資料 e 的樣本數 (1,619 筆)，才能使抽樣資料於原資料間車齡的分佈無異、具代表性。將汽車車齡卡方檢定結果整理如表 4-20。

表 4-19、汽車資料卡方檢定分配表 - 車齡

車齡	登記數	整併資料	a	b	c	d	e	f
[0,1)	304,009	1,081	4	1	1	0	4	2
[1,2)	345,468	407	0	0	0	0	0	0
[2,3)	335,742	481	1	1	0	0	1	1
[3,4)	357,372	500	1	0	0	1	0	0
[4,5)	315,278	2,700	4	1	0	2	1	4
[5,6)	311,743	122,077	43	62	47	53	73	103
[6,7)	331,869	128,962	39	39	74	75	87	94
[7,8)	282,607	117,578	34	44	44	68	78	97
[8,9)	238,845	105,699	37	48	47	45	84	90
[9,10)	189,955	85,610	31	37	48	33	60	72
[10,11)	283,383	113,846	40	54	66	59	74	92
[11,12)	292,420	143,357	66	70	67	101	107	119
[12,13)	419,483	198,950	67	78	80	104	144	182
[13,14)	377,897	172,606	75	78	82	105	110	178
[14,15)	316,060	146,875	46	61	65	98	87	147
[15,16)	273,418	129,434	62	50	69	79	82	116
[16,17)	222,744	119,040	49	53	54	73	77	103
[17,18)	250,272	133,146	55	56	63	87	94	112
[18,19)	211,993	119,229	48	52	63	69	75	114
[19,20)	197,111	116,516	42	55	70	78	95	101
[20,21)	168,616	100,269	36	42	56	49	64	95
[21,22)	136,620	84,854	26	48	37	40	63	77
[22,23)	111,316	70,359	25	29	54	42	39	74
[23,24)	95,519	56,177	19	27	45	34	44	52
[24,25)	68,564	37,667	17	14	25	25	31	28
[25,Inf)	104,381	49,527	11	23	18	28	45	40
總計	6,542,685	2,356,947	878	1,023	1,175	1,348	1,619	2,093

表 4-20、汽車資料卡方檢定結果 - 車齡

資料 1	資料 2	X-squared	df	p-value
汽車登記數 (n=6,542,685)	汽車整併資料 (n=2,356,947)	31748	20	< 2.2e-16
汽車整併資料 (n=2,356,947)	汽車抽樣 a (n=878)	21.538	20	0.3661
	汽車抽樣 b (n=1,023)	15.605	20	0.7408
	汽車抽樣 c (n=1,175)	45.468	20	0.0010
	汽車抽樣 d (n=1,348)	29.416	20	0.0799
	汽車抽樣 e (n=1,619)	19.352	20	0.4991
	汽車抽樣 f (n=2,093)	17.447	20	0.6238

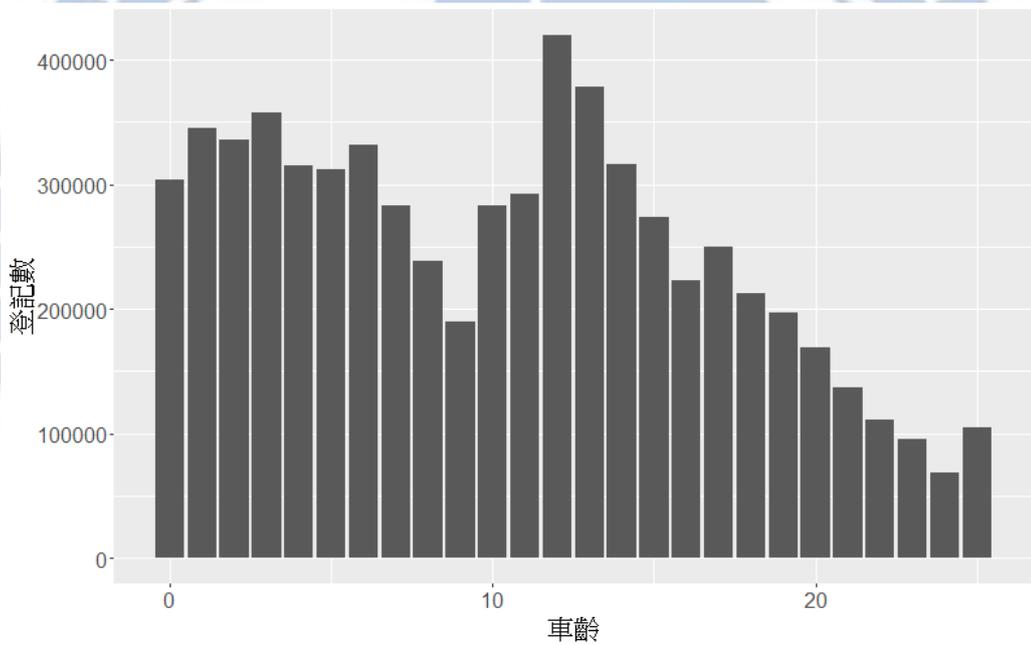


圖 4-18、106 年汽車登記數資料 - 車齡分佈長條圖

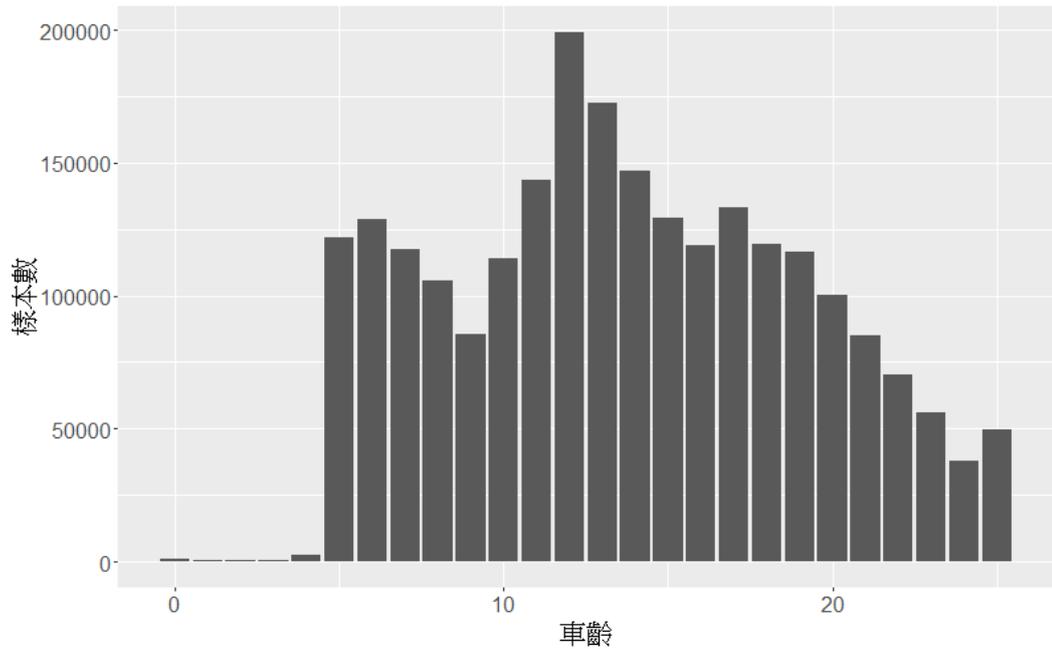


圖 4-19、汽車整併資料 - 車齡分佈長條圖

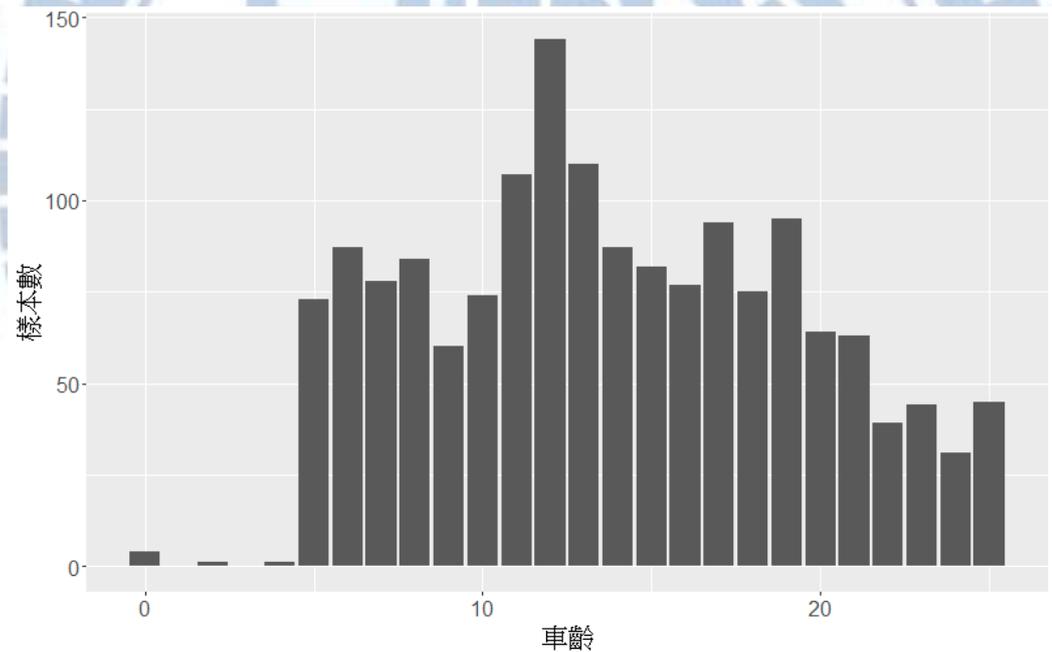


圖 4-20、汽車抽樣資料 e - 車齡分佈長條圖

接著以汽車排氣量檢定資料代表性。汽車排氣量分類方式參考汽車排氣量參考公路總局機動車輛登記數資料及 Chiou(2009)的分類方式，以 600 c.c. 為一單位，增加至 2400 c.c.，其餘 2400 c.c. 以上則歸為同類。汽車排氣量整理卡方檢定分配表，如表 4-21。由於排氣量 600 c.c. 以下車輛於樣本中數量較少，在抽樣資料 a 至 e 中皆為 0，故將排氣量 600 c.c. 以下類別移除，再進行卡方檢定。將各汽車資料代表性檢定結果整理如表 4-22。其中，汽車排氣量的分佈於登記數與機車總資料間有顯著差異，而其餘 a 至 f 的抽樣資

料與汽車整併資料的卡方檢定結果皆不顯著，表示抽樣資料於整併資料間車齡的分佈無異、具代表性。

表 4-21、汽車資料卡方檢定分配表 – 排氣量

排氣量	登記數	整併資料	a	b	c	d	e	f
(0,600]	2,076	185	0	0	0	0	0	0
(600,1200]	137,071	25,349	7	8	14	11	14	14
(1200,1800]	3,256,919	1,406,119	547	656	708	831	939	1,293
(1800,2400]	2,486,587	750,113	268	301	374	411	536	650
(2400,Inf]	660,032	175,181	56	58	79	95	130	136
總計	6,542,685	2,356,947	878	1,023	1,175	1,348	1,619	2,093

表 4-22、汽車資料卡方檢定結果 – 排氣量

資料 1	資料 2	X-squared	df	p-value
汽車登記數 (n=6,542,685)	汽車整併資料 (n=2,356,947)	73351	3	< 2.2e-16
汽車整併資料 (n=2,356,947)	汽車抽樣 a (n=878)	2.674	3	0.4446
	汽車抽樣 b (n=1,023)	4.934	3	0.1767
	汽車抽樣 c (n=1,175)	1.432	3	0.6981
	汽車抽樣 d (n=1,348)	6.233	3	0.1008
	汽車抽樣 e (n=1,619)	4.780	3	0.1886
	汽車抽樣 f (n=2,093)	1.525	3	0.6764

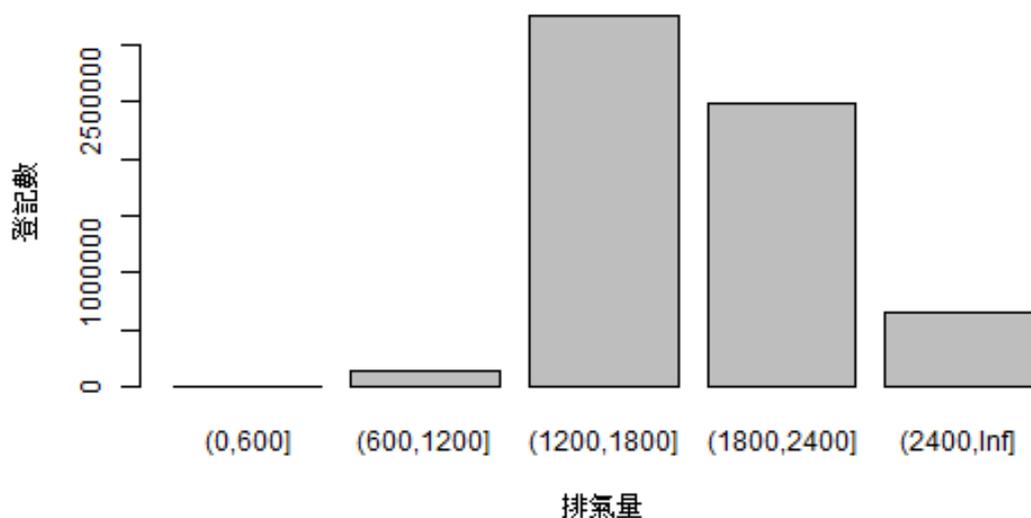


圖 4-21、106 年汽車登記數資料 – 排氣量分佈長條圖

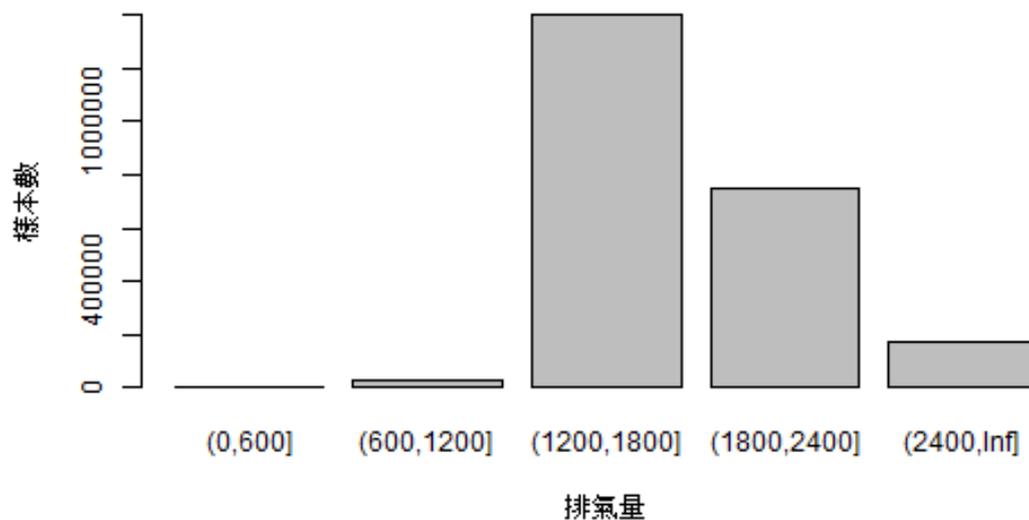


圖 4- 22、汽車整併資料 – 排氣量分佈長條圖

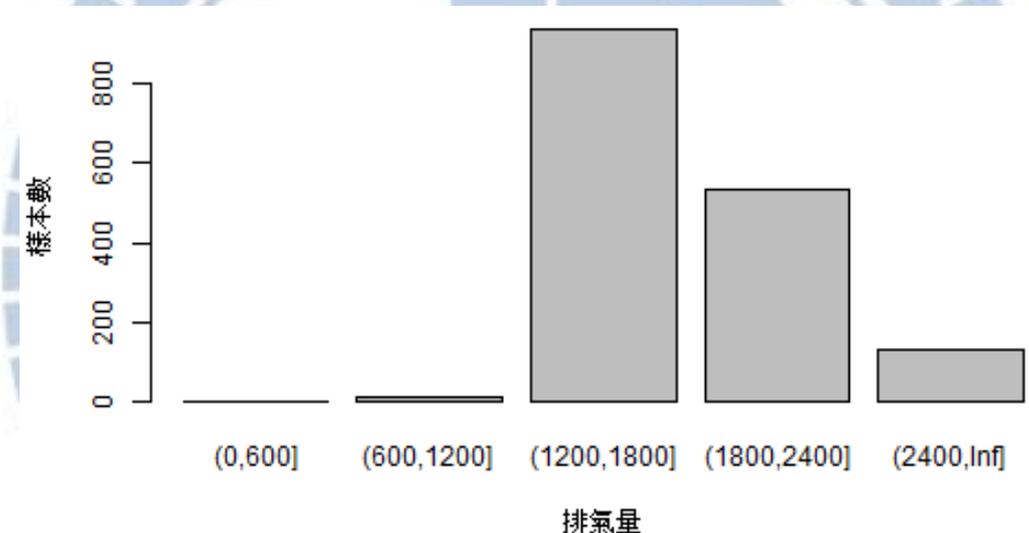


圖 4- 23、汽車抽樣資料 e – 排氣量分佈長條圖

汽車資料的卡方檢定結果顯示，抽樣資料 e (1,619 筆) 無論是於車齡或排氣量的代表性皆足夠，故後續將以抽樣資料 e 做模式的推估與分析。

4.4.3 同車主汽機車資料抽樣及樣本代表性檢定

於最後的同車主汽機車聯立模式中，將汽機車資料依照車主變數整併後樣本數有 349,528 筆，依照資料樣本數比例 0.5%、1%、1.5%、2% 及 2.5% 的資料樣本，分別編號為抽樣資料 1 至 5。最後資料樣本數分別為 1748、3497、5242、6990、8739 筆。

抽樣後為檢定樣本之代表性，選取三個重要的自變數：車主年齡、機車車齡與汽車車齡，將不同樣本數之抽樣資料與原始資料進行卡方獨立性檢定，驗證兩兩資料間，樣

本之車齡與車型分佈是否相同，以決定適當的抽樣資料。若檢定結果顯著，表示變數樣本於兩資料間分佈不同，抽樣資料不可代表原始資料；反之若檢定結果不顯著，表示變數樣本於兩資料間分佈無異，抽樣資料可代表原始資料。

首先檢視車主年齡的分佈情形，整理之卡方檢定分配表如表 4- 23。將車主年齡由 18 到 20 歲及 20 至 80 歲每 5 歲分一類，進行抽樣及卡方檢定。檢定結果顯示，抽樣資料與原始資料間，於 0.05 顯著水準下皆不顯著，表示抽樣資料與原始資料間分佈無異且具代表性。車主年齡卡方檢定結果整理如表 4- 24。

表 4- 23、同車主汽機車資料卡方檢定分配表 – 車主年齡

車主年齡	同車主資料	抽樣 1	抽樣 2	抽樣 3	抽樣 4	抽樣 5
[18,20)	30	0	0	0	0	1
[20,25)	1,950	16	21	33	41	40
[25,30)	9,772	43	106	152	193	233
[30,35)	24,097	114	233	380	451	636
[35,40)	42,902	199	405	661	857	1,074
[40,45)	50,488	259	507	730	1,027	1,279
[45,50)	57,176	287	552	844	1,176	1,407
[50,55)	55,651	288	543	817	1,101	1,440
[55,60)	46,636	226	478	707	955	1,173
[60,65)	32,794	170	368	505	648	774
[65,70)	17,938	81	165	271	346	457
[70,75)	5,845	36	62	80	121	140
[75,80)	3,036	19	38	49	56	59
[80,Inf)	1,213	10	19	13	18	26
總計	349,528	1,748	3,497	5,242	6,990	8,739

表 4- 24、同車主汽機車資料卡方檢定結果 – 車主年齡

資料 1	資料 2	X-squared	df	p-value
車主資料 (n=349528)	車主抽樣 1 (n=1748)	10	10	0.4
	車主抽樣 2 (n=3497)	20	10	0.2
	車主抽樣 3 (n=5242)	6	10	0.9
	車主抽樣 4 (n=6990)	7	10	0.9
	車主抽樣 5 (n=8739)	10	10	0.3

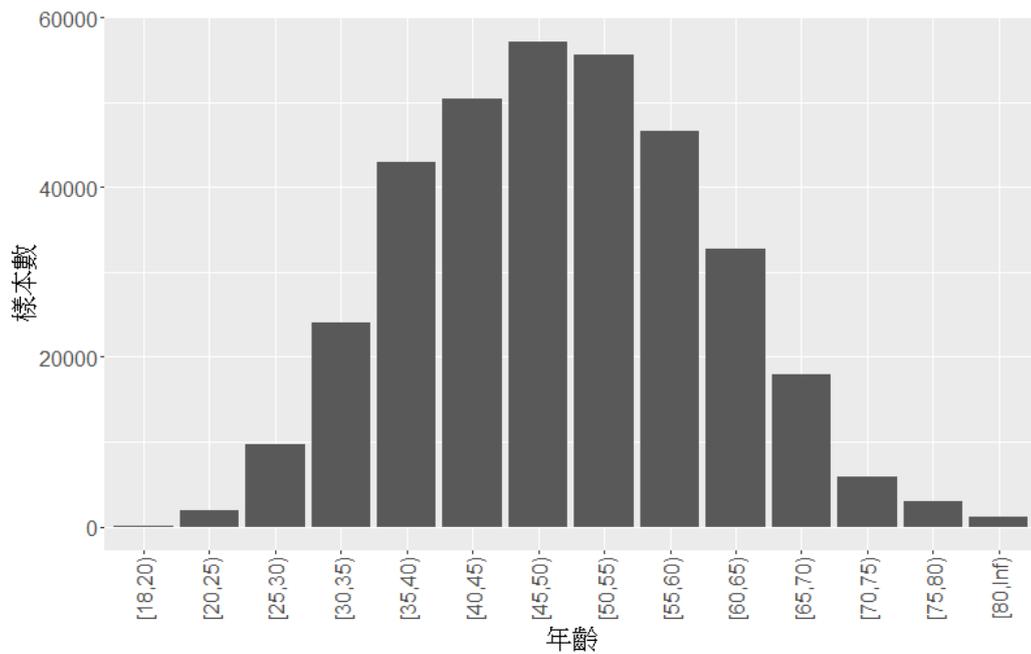


圖 4-24、同車主汽機車資料 - 車主年齡分佈長條圖

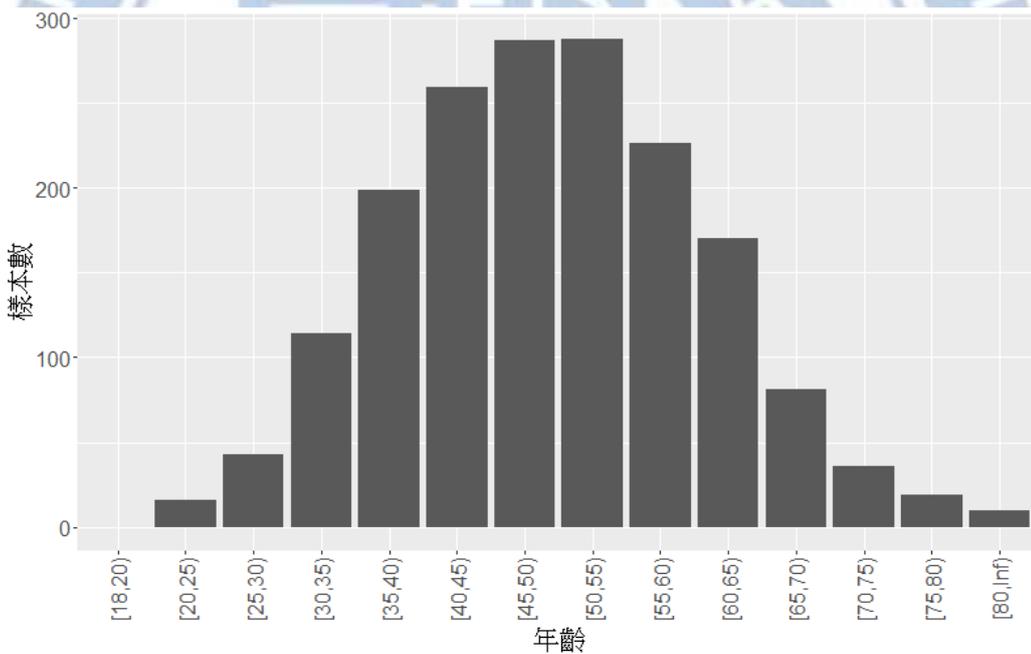


圖 4-25、同車主汽機車抽樣資料 1 - 車主年齡分佈長條圖

接著檢視機車車齡的分佈情形，整理之卡方檢定分配表如表 4-25。將機車車齡由 0 至 6 年及 6 年至 25 年每年一組進行分類，進行抽樣及卡方檢定。檢定結果顯示，抽樣資料與原始資料間，於 0.05 顯著水準下皆不顯著，表示抽樣資料與原始資料間分佈無異且具代表性。車主年齡卡方檢定結果整理如表 4-26。

表 4-25、同車主汽機車資料卡方檢定分配表 – 機車車齡

機車車齡	同車主資料	抽樣 1	抽樣 2	抽樣 3	抽樣 4	抽樣 5
[0,6)	27,677	146	282	425	556	709
[6,7)	15,774	74	178	252	320	395
[7,8)	14,758	69	165	214	298	347
[8,9)	20,251	92	180	304	393	476
[9,10)	30,128	161	287	481	598	768
[10,11)	27,022	142	286	388	498	650
[11,12)	26,103	132	262	361	528	644
[12,13)	27,185	160	273	402	532	665
[13,14)	24,406	113	241	340	515	614
[14,15)	20,361	88	202	310	405	521
[15,16)	16,597	74	147	262	348	408
[16,17)	14,739	74	148	244	311	370
[17,18)	15,694	75	145	228	306	374
[18,19)	14,883	75	160	234	294	377
[19,20)	12,215	69	123	180	236	320
[20,21)	10,494	55	95	154	228	283
[21,22)	7,557	41	74	120	152	221
[22,23)	7,290	26	81	107	146	185
[23,24)	7,060	37	81	97	140	173
[24,25)	4,290	20	42	65	82	108
[25,Inf)	5,044	25	45	74	104	131
總計	349,528	1,748	3,497	5,242	6,990	8,739

表 4-26、同車主汽機車資料卡方檢定結果 – 機車車齡

資料 1	資料 2	X-squared	df	p-value
車主資料 (n=349528)	車主抽樣 1 (n=1748)	20	20	0.6
	車主抽樣 2 (n=3497)	20	20	0.7
	車主抽樣 3 (n=5242)	20	20	0.8
	車主抽樣 4 (n=6990)	9	20	1
	車主抽樣 5 (n=8739)	10	20	0.8

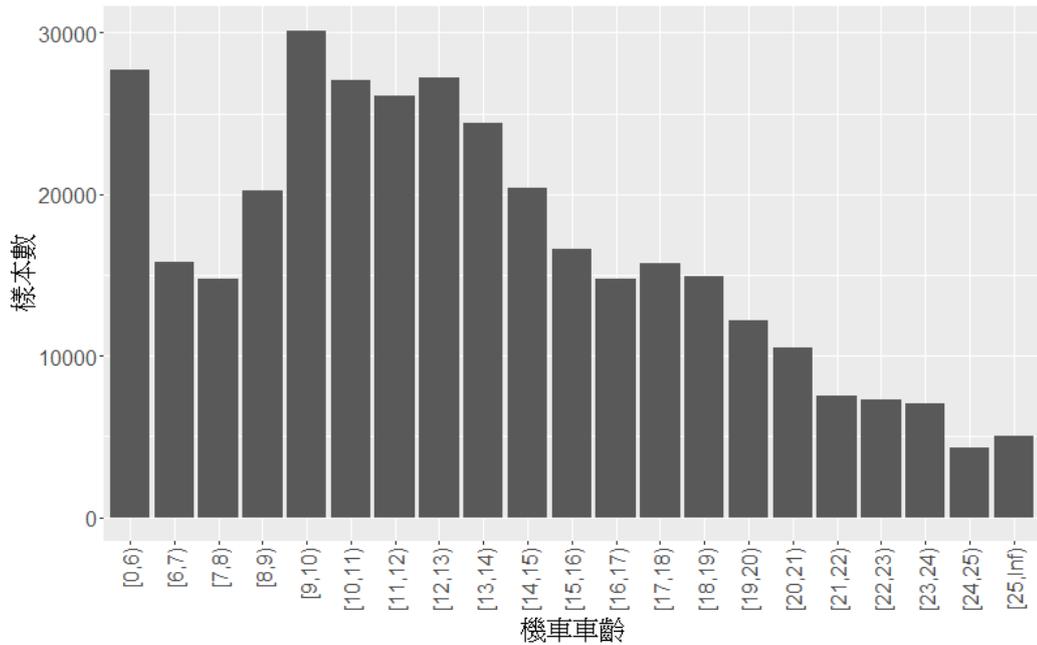


圖 4-26、同車主汽機車資料 - 機車車齡分佈長條圖

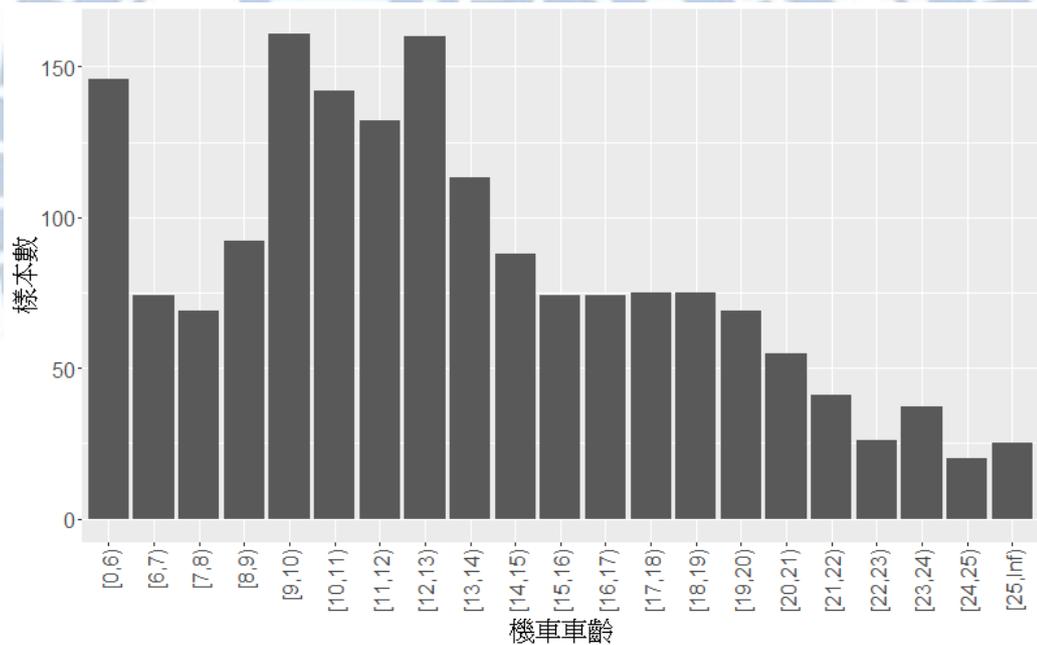


圖 4-27、同車主汽機車抽樣資料 1 - 機車車齡分佈長條圖

再來檢視汽車車齡的分佈情形，整理之卡方檢定分配表如表 4-27。與機車車齡相同，將汽車車齡除了滿 5 年以下新車分組合併之外，6 至 25 年每年一組進行分類，進行抽樣及卡方檢定。檢定結果顯示，抽樣資料與原始資料間，於 0.05 顯著水準下皆不顯著，表示抽樣資料與原始資料間分佈無異且具代表性。車主年齡卡方檢定結果整理如表 4-28。

表 4-27、同車主汽機車資料卡方檢定分配表 – 汽車車齡

機車車齡	同車主資料	抽樣 1	抽樣 2	抽樣 3	抽樣 4	抽樣 5
[0,6)	27,677	146	282	425	556	709
[6,7)	15,774	74	178	252	320	395
[7,8)	14,758	69	165	214	298	347
[8,9)	20,251	92	180	304	393	476
[9,10)	30,128	161	287	481	598	768
[10,11)	27,022	142	286	388	498	650
[11,12)	26,103	132	262	361	528	644
[12,13)	27,185	160	273	402	532	665
[13,14)	24,406	113	241	340	515	614
[14,15)	20,361	88	202	310	405	521
[15,16)	16,597	74	147	262	348	408
[16,17)	14,739	74	148	244	311	370
[17,18)	15,694	75	145	228	306	374
[18,19)	14,883	75	160	234	294	377
[19,20)	12,215	69	123	180	236	320
[20,21)	10,494	55	95	154	228	283
[21,22)	7,557	41	74	120	152	221
[22,23)	7,290	26	81	107	146	185
[23,24)	7,060	37	81	97	140	173
[24,25)	4,290	20	42	65	82	108
[25,Inf)	5,044	25	45	74	104	131
總計	349,528	1,748	3,497	5,242	6,990	8,739

表 4-28、同車主汽機車資料卡方檢定結果 – 汽車車齡

資料 1	資料 2	X-squared	df	p-value
車主資料 (n=349528)	車主抽樣 1 (n=1748)	20	30	0.9
	車主抽樣 2 (n=3497)	20	30	0.6
	車主抽樣 3 (n=5242)	20	30	0.9
	車主抽樣 4 (n=6990)	40	30	0.02
	車主抽樣 5 (n=8739)	30	30	0.5

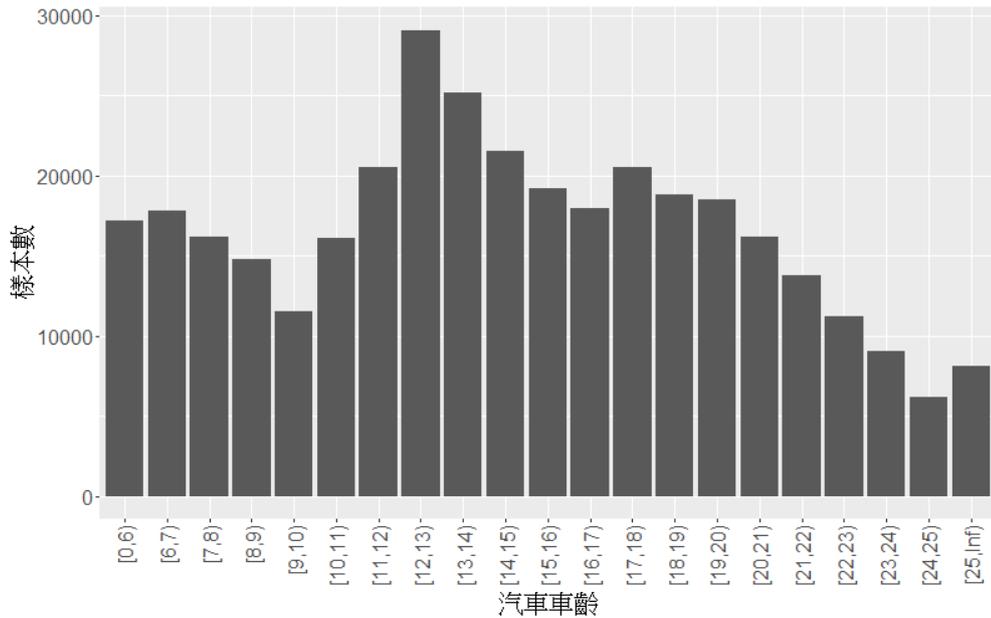


圖 4-28、同車主汽機車資料 – 汽車車齡分佈長條圖

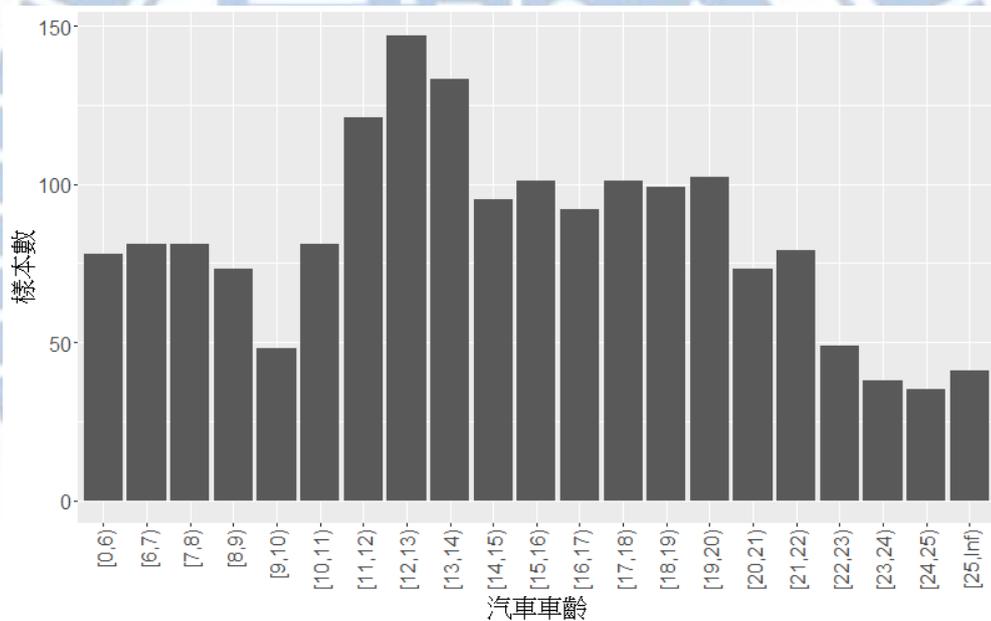


圖 4-29、同車主汽機車抽樣資料 1 – 汽車車齡分佈長條圖

透過車主年齡、機車車齡及汽車車齡的卡方檢定結果顯示，同車主汽機車資料中，以抽樣比例 0.5% 隨機抽樣的抽樣資料 1 (1,748 筆) 已可以有足夠代表性，故後續將以抽樣資料 1 做模式的推估與分析。

抽樣結果顯示，機車抽樣 2,582 筆，則車齡與車型變數分布相同，具有代表性；汽車抽樣 1,619 筆，則車齡及排氣量變數分布相同，具有代表性；同車主汽機車資料抽樣 1,748 筆，則車主年齡、機車車齡與汽車車齡分布相同，具有代表性。在抽樣完畢後，再將車齡、車主年齡過大的樣本刪除，則機車資料餘 2,549 筆，汽車資料餘 1,595 筆，同車主汽機車資料 1,719 筆，後續將以此抽樣資料進行模式校估。

第五章、模式推估與分析結果

本章將以第四章蒐集、處理及抽樣後的資料，建立兩種模式，第一種為汽機車使用模式，包含線性迴歸模式、多階層迴歸模式，第二種為同車主的汽機車使用的聯立迴歸模式。根據推估各迴歸結果中顯著的變數，提出交通運輸政策改善之建議。本研究中模式推估皆使用 R studio 軟體，線性迴歸使用 stats 套件的 lm 功能進行校估；多階層迴歸使用 lme4 套件的 lmer 功能進行校估及 jtools 套件的 summ 功能來輸出結果；而聯立迴歸使用 systemfit 套件的 systemfit 功能進行校估。

5.1 機車使用模式

5.1.1 線性迴歸模式分析

本小節將針對機車使用模式以線性迴歸模式進行校估，分別校估以年行駛里程及對數之年行駛里程為因變數的模式。考慮的自變數如 5.1 節所述，包含機車特性變數、車主特性變數、地理社經變數、私人運輸變數及公共運輸變數。首先須了解自變數與因變數之間的關係，將自變數以線性、自然對數、指數形式，與年行駛里程及對數之年行駛里程進行相關性分析，再將相關性最高的變數放入模式中。

首先以年行駛里程作為因變數，篩選掉造成共線性及不顯著的自變數，模式結果如表 5-1。模式之 Adjusted R^2 為 0.07，模式配適度低，乃因本研究中缺乏許多重要的變數，例如車主的職業、家庭組成以及每週的旅次行為等資料。故本模式目的在於對現有的機車、車主與縣市的环境變數假設做驗證。而模式中除了市區公車路營運里、有捷運系統與兩者之交互項以外，其餘變數之變異數膨脹因子(VIF)值均小於 5，故不會有變數共線性問題。

模式結果顯示，ln(排氣量)、男性車主、市區道路長度對機車年行駛里程影響為正；而機車車齡、車主年齡、持有機車數、持有汽車數、二、三級產業人口比、市區公車營運里程、擁有捷運系統為負向影響，而捷運的吸引力對機車族是較公車強的。設定市區公車營運里程與捷運系統的交互項為正，表示雖然公車與捷運皆可以減少機車的行駛里程，但若同時擁有公車與捷運系統的地區，該效果會稍微減弱，表示對機車里程來說公車與捷運之間還是有替代效果存在。

模式結果顯示，排氣量增加 1%，機車年行駛里程約會增加 1003 公里；機車車齡每增加一年，年行駛里程就減少 87 公里；車主年齡每增加一歲，年行駛里程減少 7 公里；車主為男性則年行駛里程相對女性多 297 公里；車主持有機車數每增加一輛，則會減少年行駛里程 55 公里；車主持有汽車數雖不顯著，但平均每增加一輛，會減少機車年行

駛里程 142 公里。縣市環境變數部分，在二、三級產業人口比例越高的地方，也就是都市化程度越高的縣市，每增加 1% 的二、三級產業人口比，平均會使機車行駛里程減少 31 公里；市區道路長度每增加一公里，會增加機車 0.45 公里的行駛里程；市區公車營運里程每增加一公里，則可以減少機車行駛里程 9 公里；有捷運系統的縣市中，機車平均年行駛里程會較沒有捷運系統的低約 714 公里；市區公車營運里程與有捷運系統交互項為正，表示在有捷運系統的縣市中，市區公車負向效果相對較弱。

表 5-1、機車線性迴歸模式結果 - 線性

	估計值	標準誤	t 值	p 值	
常數項	2,635.49	1,465.50	1.80	0.0722	*
機車變數					
ln(排氣量)	1,003.10	192.55	5.21	0.0000	***
機車車齡	-87.04	9.65	-9.02	< 2e-16	***
車主變數					
車主年齡	-7.44	3.94	-1.89	0.0588	*
車主性別:男	296.51	104.59	2.84	0.0046	***
持有機車數	-54.81	21.34	-2.57	0.0103	**
持有汽車數	-141.96	108.37	-1.31	0.1903	
地理社經變數					
二、三級產業人口比	-30.90	12.20	-2.53	0.0114	**
私人運輸變數					
市區道路長度	0.45	0.09	4.81	0.0000	***
公共運輸變數					
市區公車營運里程	-8.82	4.22	-2.09	0.0368	**
有捷運系統	-714.15	311.01	-2.30	0.0218	**
市區公車路營運里程*	11.46	5.07	2.26	0.0239	**
有捷運系統					
樣本數			2,549		
R ²			0.074		
Adjusted R ²			0.070		
Residual Std. Error (df = 2537)			2,528.66		
F Statistic (df = 11; 2537)			18.452		***

p 值顯著性標註：*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

再來將因變數改為年行駛里程的對數，模式結果如表 5-2。其 Adjusted R² 為 0.061，配適度較前一模式低。變數正負號雖然相同，但車主年齡、男性車主變數、汽車持有數、二、三級產業人口比、公共運輸變數皆由顯著轉為不顯著。表示自變數與因變數之間關係並非對數關係，故後續將會以線性模式為主，以年行駛里程為因變數。

表 5-2、機車線性迴歸模式結果 – 對數

	估計值	標準誤	t 值	p 值
常數項	6.8960	0.6747	10.22	< 2e-16 ***
機車變數				
ln(排氣量)	0.4465	0.0886	5.04	0.0000 ***
機車車齡	-0.0422	0.0044	-9.48	< 2e-16 ***
車主變數				
車主年齡	-0.0015	0.0018	-0.83	0.4083
車主性別:男	0.0363	0.0482	0.75	0.4513
持有機車數	-0.0271	0.0098	-2.76	0.0058 **
持有汽車數	-0.0352	0.0499	-0.71	0.4810
地理社經變數				
二、三級產業人口比	-0.0080	0.0056	-1.43	0.1528
私人運輸變數				
市區道路長度	0.0001	0.0000	2.64	0.0083 ***
公共運輸變數				
市區公車營運里程	-0.0007	0.0019	-0.35	0.7292
有捷運系統	-0.1279	0.1432	-0.89	0.3719
市區公車路營運里程	0.0007	0.0023	0.30	0.7675
*擁有捷運系統				
樣本數			2,549	
R ²			0.065	
Adjusted R ²			0.061	
Residual Std. Error (df = 2537)			1.164	
F Statistic (df = 11; 2537)			15.984***	

p 值顯著性標註：*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

5.1.2 多階層迴歸模式分析

本研究假設機車資料具有結構性，個體階層（階層一）為每輛機車樣本，總體層（階層二）為汽機車使用所屬縣市，若只用線性迴歸模式，則會忽視了資料的異質性，故使用多階層迴歸模式應能提高模式的配適程度。而多階層迴歸的模式假設便是校估機車行駛於不同縣市時，受到縣市環境的影響，同縣市的表現同質，且個體影響因素的效果會受縣市環境因素調節。本小節校估機車使用之多階層迴歸模式，將臺灣 22 個縣市設定為總體階層（階層二），機車作為個體階層（階層一），以 3.2.2 節說明的子模型來進行多階層迴歸模式的校估。模式校估結果如表 5-3 至表 5-5。本節機車模式使用的連續型變數皆經過中心化調整，以避免變數係數與其交互項之間的共線性問題。

根據模式理論，校估五種不同的子模式。首先，MLM1 之截距(β_{0j})設為隨機效果的虛無模式， ICC_1 值為 0.0128，為低度相關，縣市對於機車使用的巢套關係並不明顯。

接著於 MLM2 中，加入縣市環境變數（階層二），檢視各縣市環境特性，解釋各群機車年行駛里程平均數的程度。結果顯示，階層二變異（ τ_{00} ， u_{0j} 的變異數）由 88,187 降至 0，表示縣市環境變數能有效解釋各群的差異。其中，二、三級產業人口比、市區道路長度及市區公車營運里程對於縣市年行駛里程平均有顯著影響，且係數與線性迴歸模式近似。唯獨有捷運系統之虛擬變數差異較大，而多階層迴歸模式之數值較可信，由於已將縣市間差異設定隨機效果去除，但線性迴歸模式中的有捷運系統虛擬變數可能包含其他因素，例如有捷運系統的縣市本身屬於直轄市、人口較多等等其他因素。MLM2 加入階層二變數後，模式配適度指標 Pseudo- R^2 由 0.0128 下降為 0.011，表示機車多階層迴歸中，可能不適合加入縣市環境變數。

在 MLM3 中，加入車輛變數及車主變數（階層一），且設定為固定效果，假設階層一變數係數不會隨縣市而有所不同。MLM3 中，階層一變異由 6,803,550 減少至 6,379,436，減少了 6.23% 的變異。其中， $\ln(\text{排氣量})$ 、機車車齡、車主年齡、車主性別及持有機車數會顯著影響機車使用量。另外，MLM3 的截距(β_{0j})改變較多，是由於階層一變數有經過中心化處理的關係。模式之固定效果 Pseudo- R^2 為 0.0618，而整體為 Pseudo- R^2 為 0.0808，解釋力仍偏低，表示目前使用之階層一變數仍不足以解釋機車年行駛里程。

MLM4 中，將 $\ln(\text{排氣量})$ 之係數設定為隨機效果，即允許其係數隨縣市而改變。結果顯示， $\ln(\text{排氣量})$ 之殘差變異為 1,973，而階層二變異與階層一變異皆改變不大。相較於只設定固定效果之 MLM3，MLM4 的整體 Pseudo- R^2 減少為 0.0805，將 $\ln(\text{排氣量})$ 隨機效果並無法提升模式配適度，故後續模式中恢復設定為固定效果。

表 5-3、機車多階層迴歸模式結果 – 固定效果

自變數	係數估計值				
	MLM1	MLM2	MLM3	MLM4	MLM5
常數項	3,509.60 ***	3,404.86 ***	3,356.23 ***	3,249.90 ***	3274.40 ***
機車變數					
ln(排氣量)			1,017.15 ***	1,010.65 ***	978.59 ***
機車車齡			-86.43 ***	-86.32 ***	-87.51 ***
車主變數					
車主年齡			-8.29 **	-8.31 **	-8.30 **
車主性別:男			285.18 ***	285.09 ***	302.90 ***
持有機車數			-53.52 **	-53.57 **	-55.12 **
地理社經變數					
二、三級產業人口比		-21.87 *			-30.70 **
私人運輸變數					
市區道路長度		0.42 ***			0.45 ***
公共運輸變數					
市區公車營運里程		-8.75 **			-10.43 **
有捷運系統		-55.32			-132.04
市區公車營運里程*有捷運系統		11.26 **			11.28 **

自變數	係數估計值				
	MLM1	MLM2	MLM3	MLM4	MLM5
交互項					
車主年齡*市區公車營運里程					-0.06
車主性別:男*市區公車營運里程					3.08 *

p 值顯著性標註：*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

表 5-4、機車多階層迴歸模式結果 – 隨機效果

階層	參數	殘差變異				
		MLM1	MLM2	MLM3	MLM4	MLM5
階層二：縣市	常數項	88,187	0	131,509	131,199	0
階層二：縣市	ln(排氣量)	-	-	-	1,973	-
階層一：機車		6,803,550	6,813,608	6,379,436	6,379,372	6,393,000
ICC		0.0128	0.0000	0.0202	0.0202	0.0225

表 5-5、機車多階層迴歸模式結果 – 配適度指標

	MLM1	MLM2	MLM3	MLM4	MLM5
Pseudo-R ² (fixed effects)	0.0000	0.011	0.0618	0.0616	0.0743
Pseudo-R ² (total)	0.0128	0.011	0.0808	0.0805	0.0743
AIC	47,348.49	47,319.79	47,152.54	47,156.50	47,122.86
BIC	47,366.02	47,366.54	47,199.28	47,214.93	47,210.51
樣本數	2,549	2,549	2,549	2,549	2,549

最終於 MLM5 中，同時加入階層一與階層二變數，並設定公共運輸變數對車主年齡與性別的調節效果。欲探討市區公車營運里程與階層一的車主年齡與車主性別之間的調節效果，設定兩個跨階層的交互項。模式校估結果顯示， $\ln(\text{排氣量})$ 、男性車主與市區道路長度的係數為正，對於行駛里程有正向效果；而機車車齡、車主年齡、持有機車數、二、三級產業人口比、市區公車營運里程與有捷運系統係數為負，對於行駛里程有負向效果。變數正負向皆符合預期。跨階層的交互項部分，車主年齡與市區公車營運里程的交互效果為負，雖然係數於統計上的顯著程度不高，但若就其正負向來解釋，在公車里程較大的縣市，車主年齡若越大，對於機車行駛里程的減少程度越大。男性車主變數與市區公車營運里程的交互效果顯著為正，表示公車營運里程越高的縣市，男性相較於女性機車使用量更大，可能由於女性較喜好搭乘公共運輸，造成性別之間機車使用輛差異更大。

5.2 汽車使用模式

5.2.1 線性迴歸模式分析

汽車線性迴歸模式校估方式與機車相同。分別校估以年行駛里程及對數之年行駛里程為因變數的模式。考慮的自變數包含汽車特性變數、車主特性變數、地理社經變數、私人運輸變數及公共運輸變數。為了解自變數與因變數之間的關係，將自變數以線性、自然對數、指數形式，與年行駛里程及對數之年行駛里程進行相關性分析，再將相關性最高的變數放入模式中。

首先以年行駛里程作為因變數，篩選掉造成共線性及不顯著的自變數，模式結果如表 5-6。模式之 Adjusted R^2 為 0.1186，模式配適度低，乃因本研究中缺乏許多重要的變數，例如車主的職業、家庭組成以及每週的旅次行為等資料。故本模式目的在於對現有的汽車、車主與縣市的環境變數假設做驗證。變數部分， $\ln(\text{排氣量})$ 、替代能源別、柴油能源別、男性車主、每家戶平均年可支配所得、高速公路路網密度、路邊停車格數及降雨天數，對汽車年行駛里程影響為正，且符合預期；而汽車車齡、車主年齡、持有機車數、二、三級產業人口比、市區公車密度，對汽車年行駛里程影響為負，也符合預期。而模式變數之變異數膨脹因子(VIF)值均小於 5，故變數間無共線性問題。

模式結果顯示，車輛變數部分，排氣量增加 1%，汽車年行駛里程約會增加 2,976 公里；汽車車齡每增加一年，年行駛里程就減少 278 公里；柴油、替代能源的汽車，平均接高出普通汽油車輛 3076 公里，但惟柴油的車輛係數顯著，比汽油車輛在年行駛里程上顯著多出了 3,210 公里。車主變數部分，車主年齡每增加一歲，年行駛里程減少 42 公里；車主性別男性平均里程數較女性高 365 公里，但係數變異大、不顯著；車主持有機

車數輛每增加 1 輛，則會減少其中一輛汽車的年行駛里程 899 公里。縣市環境變數部分，在二、三級產業人口比例越高的地方，也就是都市化程度越高的縣市，每增加 1% 的二、三級產業人口比，平均會使汽車行駛里程減少 130 公里；高速公路密度於每平方公里增加 1 公里長度，汽車行駛里程會增加 37 公里；市區道路密度於每平方公里增加 1 公里長度，會減少汽車年行駛里程約 0.5 公里；市區公車路網密度於每平方公里增加一車公里，約會減少 3,326 公里的汽車年行駛里程。

表 5-6、汽車線性迴歸模式結果 - 線性

	估計值	標準誤	t 值	p 值
常數項	4985.28	6523.20	0.76	0.4448
汽車變數				
ln(排氣量)	2975.94	787.50	3.78	0.0002 ***
汽車車齡	-278.23	28.11	-9.90	< 2e-16 ***
能源別:替代能源	3076.39	3500.09	0.88	0.3796
能源別:柴油	3210.06	1236.20	2.60	0.0095 ***
車主變數				
車主年齡	-41.68	14.10	-2.96	0.0032 ***
車主性別:男	364.59	313.53	1.16	0.2451
持有機車數	-898.71	275.68	-3.26	0.0011 ***
地理社經變數				
二、三級產業人口比	-130.24	30.37	-4.29	0.0000 ***
私人運輸變數				
高速公路密度	36.55	6.03	6.06	0.0000 ***
市區道路密度	-0.47	0.15	-3.04	0.0024 ***
公共運輸變數				
市區公車路網密度	-3326.44	1262.87	-2.63	0.0085 **
樣本數			1,595	
R ²			0.1247	
Adjusted R ²			0.1186	
Residual Std. Error (df = 1583)			6,025.60	
F Statistic (df = 11; 1583)			20.5039***	

p 值顯著性標註：*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

再來將因變數改為年行駛里程的對數，模式結果如表 5-7。其 Adjusted R² 為 0.1101，配適度較前一模式低。變數正負號雖然相同，但柴油能源別由顯著轉為不顯著。表示自變數與因變數之間關係並非對數關係，故後續模式將會以年行駛里程為因變數。

表 5-7、汽車線性迴歸模式結果 - 對數

	估計值	標準誤	t 值	p 值	
常數項	8.2658	0.9528	8.68	< 2e-16	***
汽車變數					
ln(排氣量)	0.3213	0.1150	2.79	0.0053	***
汽車車齡	-0.0430	0.0041	-10.48	< 2e-16	***
能源別:替代能源	0.1529	0.5112	0.30	0.7650	
能源別:柴油	0.2048	0.1806	1.13	0.2570	
車主變數					
車主年齡	-0.0059	0.0021	-2.87	0.0041	***
車主性別:男	-0.0035	0.0458	-0.08	0.9387	
持有機車數	-0.1353	0.0403	-3.36	0.0008	***
地理社經變數					
二、三級產業人口比	-0.0100	0.0044	-2.26	0.0239	**
私人運輸變數					
高速公路密度	0.0050	0.0009	5.70	0.0000	***
市區道路密度	-0.0001	0.0000	-3.18	0.0015	***
公共運輸變數					
市區公車路網密度	-0.4242	0.1845	-2.30	0.0216	**
樣本數			1,595		
R ²			0.1163		
Adjusted R ²			0.1101		
Residual Std. Error (df = 1583)			0.8801		
F Statistic (df = 11; 1583)			18.9365		***

p 值顯著性標註：*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

5.2.2 多階層迴歸模式分析

本節校估汽車於不同縣市之中使用時，個體影響因素的效果是否會受到縣市環境的影響，驗證階層二變數對階層一變數的調節效果的變數假設。同機車的多階層迴歸模式，將臺灣 22 個縣市設定為總體階層（階層二），並以多階層迴歸模式的五個子模式來進行校估，模式校估結果如表 5- 8 至表 5- 10。採用變數與線性迴歸中的變數相同。本節汽車模式使用的變數也皆經過中心化調整，以避免變數係數與其交互項之間的共線性問題。

根據模式理論，校估五種不同的子模式。首先，MLM1 之截距(β_{0j})設為隨機效果，的虛無模式 ICC₁ 值為 0.0674，為低度相關，但也表示樣本之間並非完全同質，仍用多階層迴歸進行模式校估。

於 MLM2 中，加入縣市環境變數（階層二），檢視各縣市環境特性，解釋各群平均數的程度。結果顯示，階層二變異 (τ_{00} , u_{0j} 的變異數) 由 2,868,477 降至 682,433，減少了 76%，表示二、三級產業人口比、高速公路密度、市區道路密度與市區公車路網密度能有效解釋各群的差異。

MLM3 中，加入車輛變數及車主變數（階層一），且設定為固定效果，並假設階層一變數係數不會隨縣市而有所不同。MLM3 中，階層一變異由 39,708,280 減少至 36,010,906，減少了 9.31% 的變異。根據校估結果顯示，ln(排氣量)、汽車車齡、能源別：柴油、車主年齡及持有機車數會顯著影響汽車使用量，而替代能源車輛及男性車主的影響雖然不顯著，但仍有探討價值而予以保留。另外，MLM3 的截距(β_{0j})改變較多，是由於階層一變數有經過中心化處理的關係。模式之固定效果 Pseudo-R²為 0.0934，而整體為 Pseudo-R²為 0.1540，解釋力仍偏低。

MLM4 中，將 ln(排氣量)之係數設定為隨機效果，即允許其係數隨縣市而改變。結果顯示，ln(排氣量)之殘差變異為 10,193,459，平均效果為 2786.94。相較於只設定固定效果之 MLM3，MLM4 的整體 Pseudo-R²提升為 0.1559。

最終於 MLM5 中，同時加入階層一與階層二變數，並設定公共運輸變數對車主年齡與性別的調節效果。模式結果顯示，排氣量、替代能源別、柴油能源別及高速公路密係數為正，對於行駛里程有正向效果；而汽車車齡、車主年齡、持有機車數、二、三級產業人口比、市區道路密度及市區公車路網密度之係數為負，對於行駛里程有負向效果。變數正負項皆與線性模式結果相同，且符合預期。而交互項的部分，雖然市區公車路網密度與車主年齡、性別之間的交互作用皆為負皆不顯著，但若就其正負向來解釋，車主年齡與市區公車路網密度的交互效果為負，表示車主年齡的係數負向影響，在公車路網密度較高的縣市會減少得更多；男性車主與市區公車路網密度的交互效果為負，表示於公車發達之縣市，將使男性車主的係數正影響減弱。

表 5-8、汽車多階層迴歸模式結果 – 固定效果

自變數	係數估計值									
	MLM1		MLM2		MLM3		MLM4		MLM5	
常數項	10034.47	***	10093.27	***	9925.03	***	9981.71	***	9859.98	***
汽車變數										
ln(排氣量)					3072.95	**	2786.94	**	2540.35	**
汽車車齡					-276.85	***	-277.51	***	-277.26	***
能源別:替代能源					2795.65		3358.07		3089.55	
能源別:柴油					3057.41	***	2956.79	**	2987.52	***
車主變數										
車主年齡					-41.62	***	-42.14	***	-41.86	***
車主性別:男性					283.52		242.31		304.30	
持有機車數					-851.20	***	-855.66	***	-882.71	***
地理社經變數										
二、三級產業人口比					-105.24				-146.54	***
私人運輸變數										
高速公路密度					46.37				41.04	***
市區道路密度					-0.62				-0.50	
公共運輸變數										
市區公車路網密度					-3629.61				-3123.65	**

自變數	係數估計值				
	MLM1	MLM2	MLM3	MLM4	MLM5
交互項					
車主年齡*市區公車路網密度					-37.31
車主性別:男性*市區公車路網密度					-1123.19

p 值顯著性標註：*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

表 5- 9、汽車多階層迴歸模式結果 – 隨機效果

階層	參數	殘差變異				
		MLM1	MLM2	MLM3	MLM4	MLM5
階層二：縣市	常數項	2,868,477	682,433	2,578,290	2,288,523	523,819
階層二：縣市	ln(排氣量)				10,193,459	8,686,250
階層一：汽車		39,708,280	39,692,794	36,010,906	35,741,809	35,768,898
ICC		0.0674	0.0169	0.0668	0.0602	0.0144

表 5- 10、汽車多階層迴歸模式結果 – 配適度指標

	MLM1	MLM2	MLM3	MLM4	MLM5
Pseudo-R ² (fixed effects)	0.0000	0.0363	0.0934	0.0923	0.1250
Pseudo-R ² (total)	0.0674	0.0526	0.1540	0.1559	0.1457
AIC	32461.36	32415.23	32221.09	32220.05	32151.13
BIC	32477.49	32452.85	32274.84	32284.54	32247.88
樣本數	1,595	1,595	1,595	1,595	1,595

5.3 同車主汽機車使用聯立模式

欲了解汽車與機車行駛里程之間的關係，利用同車主的汽機車，進行聯立模式分析。以車主為分析單位，將同車主的機車年行駛里程及汽車年行駛里程為因變數，設立兩機車與汽車的方程式，建立聯立迴歸系統，並應用 2SLS 方式進行分析。每位車主的汽車與機車行駛里程分別以其最高行駛里程的作為代表。

本模式分為兩個方程式，機車使用及汽車使用，分別以機車年行駛里程及汽車年行駛里程為因變數，並於機車模式中加入汽車年行駛里程作為自變數，於汽車模式中加入機車的年行駛里程作為自變數，兩者於同一系統內互為「內生變數」。若為影響正向則表示兩者之間可能為互補關係，相輔相成；若為負向影響則表示兩者之間可能為替代關係。除了汽機車的年行駛里程之外，車主變數也為兩模式中共同且有相同值的變數，同樣預期車主性別(男)具有正向影響，車主年齡、持有汽機車輛數具有負向影響。

聯立迴歸應先進行方程式認定 (identification)，以確定各參數值能加以估計。本模式中，內生變數 2 個，外生變數 18 個，為過度認定 (over identified)，可進行參數之校估。2SLS 聯立模式中，汽機車兩方程式之相關係數為 0.427，模式校估結果如表 5-11 及表 5-12。

機車使用方程式中，Adjusted R^2 為 0.024，明顯比單獨的機車使用模式配適度更低 (線性迴歸 0.070，多階層迴歸 0.074)。汽車年行駛里程係數估計顯著為負，表示汽車對於機車的替代性顯著，且汽車行駛里程增加一公里，機車行駛里程減少 0.11 公里。另外，持有機車數係數顯著為正，與獨立的機車使用模式結果之符號相反，每增加持有 1 輛機車，會增加該車主最頻繁使用機車之年行駛里程約 545 公里。可說明為持有機車數量越高的車主，對機車仰賴程度越高，使用度最高的機車行駛里程也會更高。而符號相反的原因，推測由於本聯立迴歸模式中，只放入同時持有汽車與機車的車主，且若車主若同時持有多輛機車，只採納最高行駛里程的機車，但於獨立的機車使用模式中，校估了同時持有多輛機車的車主在其他機車較少的使用量，因此校估出持有機車數越多，使用量越少的結果。

汽車使用方程式中，機車年行駛里程係數估計顯著為負，表示機車對於汽車的替代性顯著，且機車行駛里程增加一公里，汽車行駛里程減少 0.52 公里。相較之下，機車對汽車的替代性效果較大。而持有汽車數顯著為正，表示若車主持有多輛汽車，對於機車行駛里程為互補性質。另外，持有汽車數係數顯著為正，與預期不符合，且於前節之獨立汽車使用模式中此變數從未顯著。反而，柴油、高速公路密度及市區道路密度原有顯著影響，但於聯立迴歸中不顯著，市區道路密度甚至由負轉正。根據本汽車方程式結果

顯示，每增加持有 1 輛汽車，會增加汽車年行駛里程約 680 公里。與機車使用方程式同理，可能因持有汽車數量越高的車主，對汽車仰賴程度越高，使用度最高的汽機車行駛里程也會更高。

若比較聯立迴歸中，機車與汽車方程式之模式結果，可發現汽機車行駛里程之間互相顯著的替代效果，尤其以機車替代汽車效果較強。表示在同時擁有汽機車的車主中，偏好使用機車的人數大於偏好使用汽車人數，大部分人的機車里程數較汽車里程數高。

表 5- 11、同車主汽機車使用聯立迴歸 - 機車使用方程式

	估計值	標準誤	t 值	p 值
常數項	1473.07	1955.82	0.75	0.4515
汽車年行駛里程	-0.11	0.04	-2.91	0.0037 ***
車主變數				
車主年齡	-17.32	6.25	-2.77	0.0056 ***
車主性別:男	162.75	135.47	1.2	0.2298
持有機車數	544.87	149.63	3.64	0.0003 ***
持有汽車數	-121.29	135.37	-0.9	0.3704
機車變數				
ln(排氣量)	1305.74	259.34	5.03	0.0000 ***
機車車齡	-75.21	12.24	-6.14	0.0000 ***
地理社經變數				
二、三級產業人口比	-21.90	15.68	-1.4	0.1628
私人運輸變數				
市區道路長度	0.39	0.12	3.33	0.0009 ***
公共運輸變數				
市區公車營運里程	-12.85	5.08	-2.53	0.0115 **
有捷運系統	-825.20	374.73	-2.2	0.0278 **
市區公車路營運里程*	13.89	6.11	2.27	0.0232 **
擁有捷運系統				
樣本數			1,719	
R ²			0.031	
Adjusted R ²			0.024	
Residual Std. Error (df=1706)			2634.003	

p 值顯著性標註：*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

表 5-12、同車主汽機車使用聯立迴歸 – 汽車使用方程式

	估計值	標準誤	t 值	p 值
常數項	6814.86	6017.05	1.13	0.2576
機車年行駛里程	-0.52	0.23	-2.25	0.0247 **
車主變數				
車主年齡	-27.94	15.04	-1.86	0.0633 ***
車主性別:男	135.47	308.55	0.44	0.6607
持有機車數	535.23	359.45	1.49	0.1367
持有汽車數	679.78	308.30	2.2	0.0276 **
汽車變數				
ln(排氣量)	2581.77	730.74	3.53	0.0004 ***
汽車車齡	-271.64	28.22	-9.62	< 2e-16 ***
能源別:替代能源	-1853.05	2756.00	-0.67	0.5014
能源別:柴油	1296.56	1229.28	1.05	0.2917
地理社經變數				
二、三級產業人口比	-125.86	30.16	-4.17	0.0000 ***
私人運輸變數				
高速公路密度	9.86	7.04	1.4	0.1617
市區道路密度	0.24	0.18	1.35	0.1769
公共運輸變數				
市區公車路網密度	-4467.65	1358.77	-3.29	0.0010 ***
樣本數			1,719	
R ²			0.061	
Adjusted R ²			0.054	
Residual Std. Error (df=1705)			5995.763	

p 值顯著性標註：*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

5.4 政策意涵

本節依照前三小節模式估計結果提出汽機車管理之政策意涵：

1. 根據機車使用模式，市區道路長度越長，機車行駛里程越多。完善的市區道路建設，使機車騎乘方便。若欲抑制機車使用，可透過限制機車使用區段或時段，例如規劃行人徒步區或腳踏車道，禁止機動車輛進入。
2. 根據機車使用模式，市區公車營運里程與縣市擁有捷運系統，對機車行駛里程皆有負影響。但於有捷運系統的縣市，則抵銷了公車的負向效果。因此可推測，機車族較容易轉換至捷運而非公車。政府應針對目前仍無捷運系統的縣市，增加市區公車的營運里程，或是評估建設捷運系統。而對於已經有捷運系統的都市，應考慮除了增加市區公車營運里程以外的其他手段，來抑制機車使用。
3. 根據機車使用模式，公共運輸變數對於男性車主的調節效果為正，表示公共運輸供給越完善地區，男性相較於女性的機車使用量差距更大，公共運輸只能有效減少女性之私人運具使用，而對於男性反而效果不彰。建議政府可以針對男性加強宣導搭乘公共運輸之益處。
4. 根據汽車模式，高速公路密度對於汽車的行駛里程有顯著的正向影響。高速公路的建設是為了提供快速中長途的交通需求，但由於國人過度依賴高速公路，反而造成道路壅塞，旅行時間更長。故政府不應過度建設、增加高速公路密度，而應加強管制高速公路之使用，提高使用成本或門檻，例如落實國道收費、高乘載管制等等。
5. 依據汽車使用模式，市區公車的路網密度對於汽車行駛里程有負向影響。但其效率不高，每平方公里增加 1 公里的公車營運里程，才能平均減少汽車公里的年行駛里程。故雖然提供方便的市區公車的路網，仍難以有效抑制汽車使用。
6. 依據汽車使用模式，柴油及替代能源車輛的行駛里程較汽油車行駛里程高，展現了能源價格反映於使用的狀況，成本越低的能源別，使用量越大。因此建議政府對於較環保、對空氣汙染較不嚴重的能源別，應控制其價格，使其盡量低於一般汽油，以鼓勵民眾轉換為更環保的運具。
7. 根據機車及汽車使用模式，在市區公車營運里程或公車路網密度越高的縣市，對於車主年齡對於行駛里程的負向效果有負向加強的調節作用。故政府在考量市區公車政策時，應重視年長者需求，提供友善年長者的乘車環境，與利用優惠來吸引高齡群體，可有效抑制汽機車使用。

8. 根據汽車及機車使用模式，二、三級產業人口比於汽機車模式中皆有顯著負向影響。表示縣市之產業、經濟狀況與民眾的交通選擇有所相關，若在較二、三級產業較發達的都會區，私人運具的使用相對來說就會比較少。
9. 根據聯立迴歸模式，對於一位同時擁有汽車及機車的車主而言，汽、機車之使用間具有顯著的替代效果，而且機車取代汽車的替代效果相對較強。因此，若對汽車進行管制，可能導致更多的機車行駛里程，而機車於交通安全上又更加危險。因此建議政府，在管制上，若欲抑制汽機車使用以達到減少壅塞及環境污染的效果，應兼顧汽機車，實施可同時對於汽機車使用造成抑制效果之政策。

第六章、結論與建議

6.1 結論

本研究旨在了解有哪些因素會影響臺灣地區汽機車行駛里程，而各縣市在地區上的差異是否會使汽機車使用行為有所不同。從各車輛監理機關或政府公開資料平台蒐集資料，以汽機車行駛里程為因變數，自變數包含車輛變數、車主變數及縣市環境變數。首先建立汽機車使用的線性迴歸模式，檢驗各個變數假設是否成立，找出顯著的影響因素以及其與因變數的關係。再來以臺灣 22 個縣市為總體階層，建立多階層迴歸模式，允許於縣市之間的異質性。由於縣市環境不同，對於各種影響因素造成的調節效果。最後建立同車主汽機車聯立迴歸模式，以人為單位，檢視汽機車使用之間的替代性關係。最後依據模式校估結果，提出各種變數所代表的政策意涵，以及針對如何抑制汽機車使用給予政府建議。

根據模式校估的結果，機車模式中，排氣量、男性車主與市區道路里程數係數為正，對於行駛里程有正向效果；而機車車齡、車主年齡、持有機車數、二、三級產業人口比、市區公車營運里程及擁有捷運系統之係數為負，對於行駛里程有負向效果。而於汽車模式中，排氣量、替代能源別、柴油能源別、高速公路密度係數為正，對於行駛里程有正向效果；而汽車車齡、車主年齡、持有機車數、二、三級產業人口比、市區道路密度與市區公車路網密度之係數為負，對於行駛里程有負向效果。

最後本研究也根據模式結果，提出政策意涵，並給予交通管理者建議。對於機車管制，可限制機車使用市區道路的部分區段或時段，例如規劃行人徒步區或腳踏車道，禁止機動車輛進入。而公共運輸方面，由於機車族較容易轉換至捷運而非公車，有捷運系統的縣市，公車對於抑制機車使用的效益不明顯，因此在構思政策時，應於捷運與公車系統間做權衡。另外，年長的機車使用者也較容易轉換運具至市區公車，可多加吸引高齡者搭乘。對於汽車管制部分，需加強對高速公路的管理，才能兼顧高速公路的服務水

準與汽車使用的外部成本。而汽車能源別也是關鍵的影響因素，建議政府可控制交通運具的能源價格以達到抑制或鼓勵使用的效果。最後，根據聯立迴歸模式結果顯示，機車取代汽車的替代效果相對較強。建議政府應實施可同時對汽機車使用造成抑制效果之政策。

6.2 建議

本節針對本研究的研究限制，提出建議提供未來研究參考：

1. 本研究建構汽機車之使用模式時，先利用線性迴歸模式進行初步分析，再以多階層迴歸模式以縣市為依據分群，來進行校估。建議未來研究可以聚焦於多階層迴歸，以其多個子模式校估的步驟，來檢驗自變數與因變數之間的關係。
2. 本研究以縣市將車輛樣本分組，並假設該車輛之年行駛里程皆隸屬於該縣市之範圍。但實無法將汽機車行駛於縣市內或跨縣市之里程分離。此部分易受到質疑，由於臺灣為島國，地域不大，跨縣市行駛行為頻繁，並無法確切的將行駛里程歸類於單一的縣市，故於多階層迴歸模式中的 ICC1 值也屬於低適度。未來可利用生活圈、都會區等方式分群，或發想其他研究角度或是更有效分類汽機車行駛里程的方式。
3. 本研究資料源自於公路總局之汽機車與駕駛人監理資料，故無家戶之社經背景資料，較無法估計家戶對汽機車使用之影響。並假設車主為其為主要駕駛者。由於缺乏許多與車輛行駛里程直接相關的變數資料，於模式解釋時較無法確定該效果是否確實緣於所校估的自變數。建議未來進行汽機車使用行為相關研究，仍需蒐集家戶及主要駕駛人相關資訊，避免於迴歸模式中遺漏重要變數的問題。
4. 本研究以橫斷資料進行分析，設定的時間範圍為民國 106 年。建議未來可以進行多年的資料蒐集與時間序列的模式分析，並納入隨時間變化的影響因素。
5. 由於母體資料筆數過大，本研究以縣市為分類依據，進行分層隨機抽樣，再配合卡方檢定檢視樣本的代表性。但由於抽樣隨機性仍存在，且礙於時間限制，無法進行多次、不同隨機種子的抽樣測試，無法明確提出最適合且有效的抽樣樣本數。
6. 本研究並未提出具體詳細的汽機車管制策略，只依據本研究所納入的變數較估結果給予政策方向的建議。未來可針對管制策略進行較多的分析，以及可行性的探討。

參考文獻

1. 吳大磊、林怡青、彭美春、蔣文明與王賢烽 (2009)。利用小樣本數據計算車輛年平均行駛里程的研究。《交通運輸系統工程與信息》，9 (2): 155-160。
2. 邱皓政與溫福星 (2007)。脈絡效果的階層線性模型分析：以學校組織創新氣氛與教師創意表現為例。《國立政治大學「教育與心理研究」》，30(1)，1-35。
3. 林振達 (2009)。全國與城市層級汽機車總體持有與使用模式之建構。國立交通大學交通運輸研究所碩士論文，新竹市。取自 <https://hdl.handle.net/11296/985v89>
4. 張有恆 (2009)。《都市公共運輸 (三版)》。台北市：華泰。
5. 張菟芸 (2015)。建構汽機車使用程度之階層線性模式。國立交通大學運輸與物流管理學系碩士論文，新竹市。取自 <http://hdl.handle.net/11536/125645>
6. 陳正昌、程炳林、陳新豐與劉子鍵 (2009)。《多變量分析方法—統計軟體應用 (五版)》。臺北市：五南。
7. 溫福星與邱皓政 (2009)。多層次模型方法論：階層線性模式的關鍵議題與試解。《臺大管理論叢》，19(2)，263-293。doi:10.6226/NTURM2009.19.2.263
8. 馮正民與邱裕鈞 (2004)。《研究分析方法》。新竹市：建都。
9. 楊承翰 (2012)。公共運輸使用率之關鍵影響因素分析。國立交通大學交通運輸研究所碩士論文，新竹市。取自 <https://hdl.handle.net/11296/ezb6r5>
10. 蔡世勳 (2008)。建構汽機車動態持有與使用之混合需求模式。國立交通大學交通運輸研究所碩士論文，新竹市。取自 <https://hdl.handle.net/11296/d52u4z>
11. Bastian, A. and M. Börjesson (2015). "Peak car? Drivers of the recent decline in Swedish car use." *Transport policy* 42: 94-102.
12. Bhat, C. R. and S. Sen (2006). "Household vehicle type holdings and usage: an application of the multiple discrete-continuous extreme value (MDCEV) model." *Transportation Research Part B: Methodological* 40(1): 35-53.
13. Chiou, Y.-C. and T.-C. Chen (2010). "Direct and indirect factors affecting emissions of cars and motorcycles in Taiwan." *Transportmetrica* 6(3): 215-233.
14. Chiou, Y.-C., C.-H. Wen, S.-H. Tsai and W.-Y. Wang (2009). "Integrated modeling of car/motorcycle ownership, type and usage for estimating energy consumption and emissions." *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 43(7): 665-684.

15. Familiar, R., Greaves, S., & Tanner, M. (2011, September). Prediction of vehicle kilometres travelled: a multilevel modelling approach. In *Australasian Transport Research Forum (ATRF), 34th, 2011, Adelaide, South Australia, Australia* (Vol. 34, No. 0169).
16. Finch, W. H., Bolin, J. E., & Kelley, K. (2017). *Multilevel modeling using R*. Crc Press.
17. Fukuda, A., T. Satiennam, H. Ito, D. Imura And S. Kedsadayurat (2013). "Study on estimation of VKT and fuel consumption in Khon Kaen City, Thailand." *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies 10*: 113-130.
18. Hensher, D. A., & Milthorpe, F. W. (1987). Selectivity correction in discrete-continuous choice analysis: with empirical evidence for vehicle choice and use. *Regional Science and Urban Economics, 17*(1), 123-150.
19. Hox, J. J., Moerbeek, M., & Van de Schoot, R. (2010). *Multilevel analysis: Techniques and applications*: Routledge.
20. Huo, H., Q. Zhang, K. He, Z. Yao and M. Wang (2012). "Vehicle-use intensity in China: Current status and future trend." *Energy Policy 43*: 6-16.
21. Jou, R.-C. and T.-Y. Chen (2014). "Factors affecting public transportation, car, and motorcycle usage." *Transportation research part A: policy and practice 61*: 186-198.
22. Koo, T. K., & Li, M. Y. (2016). A guideline of selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research. *Journal of chiropractic medicine, 15*(2), 155-163.
23. Lai, W.-T. and J.-L. Lu (2007). "Modeling the working mode choice, ownership and usage of car and motorcycle in Taiwan." *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies 7*: 869-885.
24. Lin, M., Lucas, H. C., & Shmueli, G. (2011). Too big to fail: Larger samples and false discoveries. Robert H. Smith School Research Paper No. RHS, 06-068.
25. Mulley, C. and M. Tanner (2009). *Vehicle Kilometres Travelled (VKT) by Private Car: A Spatial Analysis Using Geographically Weighted Regression*, Transport NSW.
26. Raudenbush, S. W., & Bryk, A. S. (2002). *Hierarchical linear models: Applications and data analysis methods* (Vol. 1). sage.

附錄一、相關係數表

附表 1、機車變數相關係數表

		年行駛里程		排氣量			機車車齡			車主年齡			持有機車數			持有汽車數	
		y	ln(y)	x ₁	ln(x ₁)	x ₁ ²	x ₂	ln(x ₂)	x ₂ ²	x ₃	ln(x ₃)	x ₃ ²	x ₄	ln(x ₄)	x ₄ ²	x ₅	x ₅ ²
年行駛里程	y	1.0000															
	ln(y)	0.7568	1.0000														
排氣量	x ₁	0.0542	0.0428	1.0000													
	ln(x ₁)	0.1340	0.1253	0.7510	1.0000												
	x ₁ ²	-0.0032	-0.0095	0.8860	0.4030	1.0000											
機車車齡	x ₂	-0.2002	-0.2031	-0.0920	-0.1702	-0.0327	1.0000										
	ln(x ₂)	-0.1906	-0.1774	-0.0947	-0.1687	-0.0332	0.9357	1.0000									
	x ₂ ²	-0.1870	-0.2043	-0.0771	-0.1477	-0.0281	0.9598	0.8092	1.0000								
車主年齡	x ₃	-0.0769	-0.0673	-0.0265	-0.0650	-0.0029	0.2632	0.2390	0.2537	1.0000							
	ln(x ₃)	-0.0773	-0.0676	-0.0221	-0.0613	0.0001	0.2774	0.2572	0.2628	0.9856	1.0000						
	x ₃ ²	-0.0766	-0.0670	-0.0308	-0.0683	-0.0059	0.2458	0.2194	0.2404	0.9867	0.9459	1.0000					
持有機車數	x ₄	-0.0115	-0.0149	0.0100	0.0030	0.0090	0.0244	0.0205	0.0254	0.0466	0.0533	0.0380	1.0000				
	ln(x ₄)	-0.0255	-0.0271	0.0215	0.0016	0.0219	0.0642	0.0556	0.0654	0.1076	0.1215	0.0897	0.6313	1.0000			
	x ₄ ²	-0.0003	-0.0012	0.0019	0.0034	0.0003	0.0000	-0.0003	-0.0001	0.0064	0.0076	0.0048	0.8230	0.2009	1.0000		
持有汽車數	x ₅	-0.0430	-0.0351	0.0114	-0.0016	0.0137	0.0676	0.0617	0.0652	0.1105	0.1335	0.0837	0.0353	0.0881	-0.0026	1.0000	
	x ₅ ²	-0.0252	-0.0221	0.0103	0.0003	0.0120	0.0382	0.0340	0.0378	0.0563	0.0675	0.0431	0.0257	0.0587	-0.0005	0.6443	1.0000

附表 2、汽車變數相關係數表

		年行駛里程		排氣量			汽車車齡			車主年齡			持有汽車數			持有機車數	
		y	ln(y)	x ₁	ln(x ₁)	x ₁ ²	x ₂	ln(x ₂)	x ₂ ²	x ₃	ln(x ₃)	x ₃ ²	x ₄	ln(x ₄)	x ₄ ²	x ₅	x ₅ ²
年行駛里程	y	1.0000															
	ln(y)	0.8582	1.0000														
排氣量	x ₁	0.0727	0.0680	1.0000													
	ln(x ₁)	0.0886	0.0851	0.9769	1.0000												
	x ₁ ²	0.0546	0.0490	0.9752	0.9085	1.0000											
汽車車齡	x ₂	-0.2796	-0.3093	-0.0869	-0.0927	-0.0773	1.0000										
	ln(x ₂)	-0.2607	-0.2763	-0.0815	-0.0894	-0.0704	0.9641	1.0000									
	x ₂ ²	-0.2784	-0.3196	-0.0825	-0.0864	-0.0748	0.9768	0.8938	1.0000								
車主年齡	x ₃	-0.1584	-0.1649	0.0777	0.0804	0.0701	0.1876	0.1730	0.1907	1.0000							
	ln(x ₃)	-0.1525	-0.1567	0.0802	0.0829	0.0723	0.1785	0.1653	0.1810	0.9867	1.0000						
	x ₃ ²	-0.1607	-0.1694	0.0724	0.0748	0.0653	0.1896	0.1743	0.1935	0.9885	0.9515	1.0000					
持有汽車數	x ₄	-0.0028	-0.0134	0.0385	0.0278	0.0462	0.0508	0.0439	0.0544	0.0387	0.0454	0.0304	1.0000				
	ln(x ₄)	0.0031	-0.0077	0.0521	0.0383	0.0616	0.0531	0.0451	0.0575	0.0608	0.0697	0.0495	0.8151	1.0000			
	x ₄ ²	-0.0036	-0.0067	0.0055	0.0036	0.0070	0.0183	0.0161	0.0192	0.0055	0.0072	0.0035	0.7013	0.2378	1.0000		
持有機車數	x ₅	-0.0509	-0.0452	-0.0324	-0.0299	-0.0330	0.0274	0.0256	0.0274	0.0074	0.0143	0.0007	0.0219	0.0274	0.0018	1.0000	
	x ₅ ²	-0.0202	-0.0190	-0.0069	-0.0063	-0.0072	0.0161	0.0145	0.0166	0.0109	0.0138	0.0076	0.0195	0.0234	0.0031	0.5375	1.0000