

國立交通大學
運輸科技與管理學系

碩士論文

小汽車於市區道路各情景下之
變換車道行為模式分析及比較

Analysis and comparison of vehicle lane-changing models for
urban arterials under various scenarios

研究生：李易如

指導教授：黃家耀 副教授

中華民國一百零二年七月

小汽車於市區道路各情景下之
變換車道行為模式分析及比較

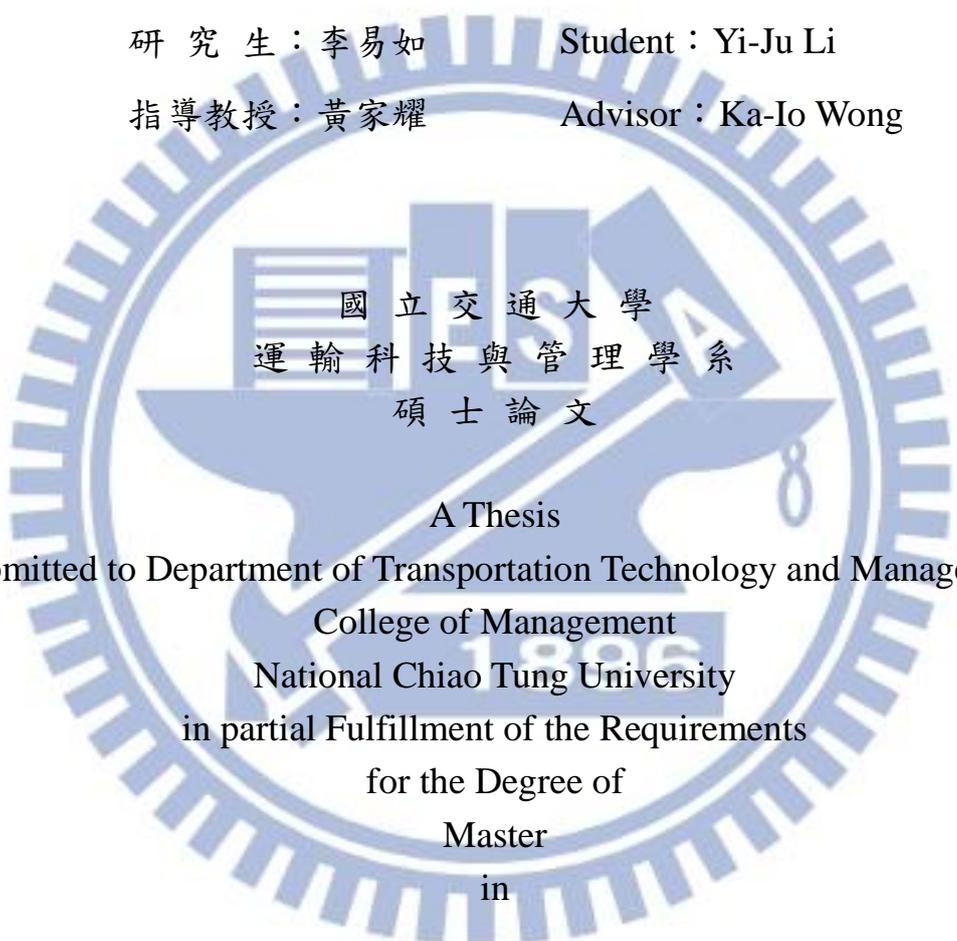
Analysis and comparison of vehicle lane-changing models for
urban arterials under various scenarios

研究生：李易如

Student：Yi-Ju Li

指導教授：黃家耀

Advisor：Ka-Lo Wong

The logo of National Chiao Tung University is a large, light blue circular emblem. It features a gear-like outer border and a central design with a book, a graduation cap, and a scale. The text '國立交通大學' (National Chiao Tung University) is at the top, '運輸科技與管理學系' (Department of Transportation Technology and Management) is in the middle, and '碩士論文' (Master's Thesis) is at the bottom of the central design.

國立交通大學
運輸科技與管理學系
碩士論文

A Thesis

Submitted to Department of Transportation Technology and Management
College of Management
National Chiao Tung University
in partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of
Master
in

Transportation Technology and Management

July 2013

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國 102 年 7 月

小汽車於市區道路各情景下之變換車道行為模式分析及比較

學生：李易如

指導教授：黃家耀 副教授

國立交通大學運輸科技與管理學系碩士班

摘要

近年來伴隨著人口快速增加及經濟成長，汽、機車數量大幅增加，造成交通問題日益嚴重，尤其對於市區道路之影響最為嚴重。為有效解決並改善相關交通問題，需透過微觀車流行為模式以了解車流之行為特性，而過去車流模擬軟體多以國外之汽車車流行為模式作為模擬運算之方法，然而國外車流模式多屬單純之小汽車車流所構建，鮮少考量國內較複雜之汽、車交織之混合車流之特性及影響。另外，相關研究大多僅針對定時定點之特定時空環境下收集車流資料並建立車輛行為模式，較少考量在不同道路幾何特性、尖離峰時段等差異之道路情景下是否對於車輛之行為模式產生影響，因此以單一特定時點車流資料建立車流行為模式之方式，也產生於不同情景下模式適用性之疑義。

為此，本研究透過拍攝車流影片，再以影像點取方式轉換為車輛移動軌跡之方式收集不同情景下之車流行為資料並採用自動化方式擷取相關影響變數和判斷車輛偏向行為，針對道路路段之小汽車車輛變換車道模式進行研究，採以個體選擇模式中之多項羅吉特模式為基礎，將車量維持向前直行、向左與向右變換車道視為三種不同之選擇方案。在考量與鄰車車輛相對距離、相對速度、車種等不同解釋變數使用下，建立四種小汽車於市區道路變換車道之變換車道模式並校估模式之解釋變數，期望透過不同解釋變數之選用與模式之改善及可找出適用於各情景下之選擇行為模式。最後再透過不同情景下收集之車流資料分別進行參數校估及檢定統計方法，以獲得各情景下解釋能力最佳之模式，並比較各情景的車流型態及分析影響模式差異性之因素，期望透過不同情景下車流資料庫之分析以及各情景下變換車道行為等比較，使變換車道模式達到能夠有效預測國內市區道路真實車流之行為。

關鍵詞：微觀車流、變換車道模式、市區道路、多情景、多項羅吉特模式

Analysis and comparison of vehicle lane-changing models for urban arterials under various scenarios

Student : Yi-Ju Li

Advisor : Ka-Io Wong

Department of Transportation Technology and Management

National Chiao Tung University

Abstract

With rapid growth of population and economic development, traffic congestion problem becomes more serious, especially for urban arterials. In order to model the traffic conditions accurately, it needs to understand the characteristics of traffic flow and behavior of vehicles for microscopic modeling. Most of the traffic simulation software available in the market is developed based on the traffic flow characteristics in foreign countries, and little attention has been paid to the effect of mixed traffic flow and urban arterials as in the cases in Taiwan. Previous studies calibrated their models using data from single location and time period, without considering the differences in behavior under various road types and traffic density. Therefore, the applicability of those models for the cases in Taiwan is in question.

The objective of this study is to investigate the differences in lane-changing behavior of vehicles under various scenarios of road types and traffic conditions. We collect traffic data by taking videos of traffic movements at different locations for urban arterials in Taiwan. The videos are digitalized into trajectories and movements of vehicles, in which some explanatory variables and the vehicle lane-changing decisions are extracted. Lane-changing models are proposed and calibrated. The lane-changing behavior is formulated as a discrete choice problem, and the choices of a driver are remaining on the current lane, changing to the right lane, and changing to left lane. The models are calibrated using data from Taipei and Hsinchu, peak and off-peak periods. It is found that the calibrated results could be very different for different road types and traffic density.

Keywords: Microscopic traffic flow, lane changing model, urban arterials, various scenarios, multinomial logit model

誌謝

六年了，也終於到了這個時候，過程中有說不完的感受。尤其是碩二這一年，經歷了好多事情，多到整個人也都滿了出來。最感謝的是黃家耀老師從畢業專題開始指導我和王鴻傑一起做研究，在這期間受就開始受到小P學姊和Bart學長的照顧和指導，加上老師既有型又睿智，也促使我碩班時毫無猶豫的選擇繼續在KI lab做研究，而老師嚴謹的態度和諄諄教誨讓我的研究生活不只是學習研究，也學到了更多的態度。碩士論文這段期間，非常感謝口試委員吳水威老師平日的指導和李子璋老師在計畫案與論文上提供的建議，兩位老師的智慧和寶貴意見也都給予了我相當大的助益。

碩一真是很快樂又滿滿的回憶，幸運地遇到了朱志杰和我們同lab，一起到處跑來跑去、吃飯、聊八卦、為了報告和計畫案熬夜、一起講些亂七八糟的話，卻也給了我們很多幫助和娛樂，還有雖然很少出現的在職生周律伶會載我們出去玩。碩二更是重要到不行的開心時光，穎文常常感動的令人痛哭流涕、安安謙恭有禮和被拉進lab的畫面還是歷歷在目、雖然很少來卻非常可愛的雨薇，都讓我們lab充滿更多的美好和笑聲。

而碩二考上高普考卻同時也是最煎熬的一年，最感謝的莫過於老師和王鴻傑在這一年來在計畫案和論文上無止盡的幫忙和容忍，讓我能夠兼得工作和碩士論文撰寫，還有lab每個人的幫忙，讓我在兩頭燒的情況，即便有些跌跌撞撞，也還是順利的渡過了這一段時間，說不盡的感謝與感恩，非常感謝，非常。

還有工作上的每個幫助我的同事和遇到的每個人，讓我在懵懵懂懂的工作中一步一步的學習，感謝有耐性的你們一直指導著驚鈍和什麼都不懂的我。很重要的，非常特別又充滿回憶的一群人，一起受基礎訓的好朋友們，謝謝你們在我受訓的這段期間給予我的所有快樂、幫助和體諒，半夜趕報告、趕論文時的宵夜和聊天、考試前的念書、出去玩和小酌到現在想起來都還是溫馨無比，還有到後來讓我一直甩脾氣及任性的你和你們，謝謝。

高中時間的好朋友們，大學最親愛的室友兼高中好朋友朱麗燁，一直在身邊支持我的小雨，想起來就很開心的吳承紘、海齊、湘盈、沈國政、羅峻庭、黃郁傑、王乃翎、張念盈、李威、給了我很多指導及幫忙的阿哲學長，還有好多好多的你們，謝謝你們讓我的碩班充滿無限回憶。

最後是我親愛的家人，感謝你們無限的支持和照顧，無盡的感謝，你和你們，謝謝了。

李易如 謹誌
2013年7月

於新竹交大

目錄

摘要.....	i
Abstract	ii
誌謝.....	iii
目錄.....	iv
圖目錄.....	vi
表目錄.....	vii
第一章 前言.....	1
1.1 研究背景與動機.....	1
1.2 研究目的.....	1
1.3 研究範圍.....	2
1.4 研究流程.....	3
第二章 文獻回顧.....	5
2.1 車流理論相關文獻.....	5
2.2 混合車流變換車道之相關文獻.....	6
2.2.1 國外車道變換模式.....	6
2.2.2 國內車道變換模式.....	9
2.3 接受間距模式相關文獻.....	10
2.4 小結.....	11
第三章 影片收集與資料庫建立.....	13
3.1 影片資料收集方法.....	13
3.2 資料庫建置.....	13
3.2.1 影片資料轉換.....	13
3.2.2 原始資料庫型態.....	14
3.3 重要變數擷取.....	17
3.3.1 判斷車輛相對位置.....	17
3.3.2 判斷車輛車道變換.....	20
3.4 拍攝影片資料收集.....	21
3.4.1 台北地區.....	21

3.4.2	新竹地區	23
3.5	小結.....	27
第四章	汽車車道變換模式	28
4.1	模式建構.....	28
4.1.1	個體選擇模型	28
4.1.2	效用函數	29
4.2	校估結果.....	31
4.3	模式結果之比較及統計檢定.....	35
4.4	小結.....	36
第五章	新竹地區模式比較分析	37
5.1	新竹地區車流資料.....	37
5.1.1	新竹地區資料庫建立	37
5.1.2	新竹地區尖峰時段資料	37
5.1.3	新竹地區離峰時段資料	38
5.2	新竹地區尖峰時段車流資料分析.....	38
5.2.1	尖峰時段模式分析	38
5.2.2	新竹尖峰時段資料與台北尖峰時段資料比較	42
5.3	新竹地區離峰時段車流資料分析.....	44
5.3.1	離峰時段模式分析	44
5.3.2	新竹離峰時段資料與新竹尖峰時段資料比較	49
5.4	新竹地區車流資料合併使用分析.....	50
5.5	總結.....	53
第六章	結論與建議.....	56
6.1	結論.....	56
6.2	建議.....	57
參考文獻	58

圖目錄

圖 1.4-1 研究流程圖	4
圖 2.3-1 變換車道決策過程	7
圖 2.3-2 變換目標車道決策架構	8
圖 3.2-1 資料庫更新功能	16
圖 3.2-2 車流資料重現功能	16
圖 3.3-1 本車與前車、後車之相對位置示意圖	18
圖 3.3-2 本車與左前車、左後車相對位置示意圖	18
圖 3.4-1 新竹市影片拍攝地點之地理位置圖	23
圖 3.4-2 新竹地區車流影片拍攝地點：新竹市中華路二段	24



表目錄

表 2.5-1 變換車道文獻相關參數比較.....	12
表 3.2-1 原始資料項目說明.....	15
表 3.4-1 路段原始資料筆數(台北地區).....	22
表 3.4-2 車輛車道變換資料量統計(台北尖峰).....	22
表 3.4-3 路段原始資料筆數(新竹尖峰時段).....	25
表 3.4-4 車輛車道變換資料量統計(新竹尖峰).....	25
表 3.4-5 路段原始資料筆數(新竹離峰時段).....	26
表 3.4-6 車輛車道變換資料量統計(新竹離峰).....	27
表 4.1-1 小汽車變換車道模式解釋變數說明.....	29
表 4.2-1 變車道模式 MODEL A ₁ 校估結果(台北地區).....	32
表 4.2-2 變車道模式 MODEL B ₁ 校估結果(台北地區).....	32
表 4.2-3 變車道模式 MODEL C ₁ 校估結果(台北地區).....	33
表 4.2-4 變車道模式 MODEL D ₁ 校估結果(台北地區).....	34
表 5.2-1 變車道模式 MODEL A ₂ 校估結果(新竹地區尖峰時段).....	39
表 5.2-2 變車道模式 MODEL B ₂ 校估結果(新竹地區尖峰時段).....	39
表 5.2-3 變車道模式 MODEL C ₂ 校估結果(新竹地區尖峰時段).....	40
表 5.2-4 變車道模式 MODEL D ₂ 校估結果(新竹地區尖峰時段).....	40
表 5.2-5 台北忠孝東路 vs. 新竹中華路尖峰 (MODEL D).....	42
表 5.2-6 台北忠孝東路 vs. 新竹中華路尖峰 (MODEL C).....	43
表 5.3-1 變車道模式 MODEL A ₃ 校估結果(新竹地區離峰時段).....	45
表 5.3-2 變車道模式 MODEL B 校估結果(新竹地區離峰時段).....	45
表 5.3-3 變車道模式 MODEL C ₃ 校估結果(新竹地區離峰時段).....	47
表 5.3-4 變車道模式 MODEL D ₃ 校估結果(新竹地區離峰時段).....	48
表 5.3-5 新竹中華路尖峰時段 vs. 新竹中華路離峰時段 (MODEL A).....	49
表 5.4-1 新竹地區資料合併-MODEL A ₃	52
表 5.5-1 各情景之路段及車流特性.....	53
表 5.5-2 各情景下之模式及特性比較.....	54

第一章 前言

1.1 研究背景與動機

伴隨著人口量及經濟快速成長，小客車及機動車輛數量劇增使得道路設施及容量不足造成交通壅塞情況，尤以市區道路之交通甚為嚴重，若欲有效改善壅塞問題則須了解微觀車流內車輛行為模式。而混合車流為許多亞洲國家之車流型態，與國外車流多為小客車之單純車種有相當之差異，若直接以過去國外相關文獻所建立之微觀車流行為模式套用於國內車流行為資料，可能將產生適用性之疑義。

另外，目前現有之交通模擬軟體並未實際考量本土之車流行為，多以小客車當量計算之方式作為模擬車流型態的方法，恐造成模擬車流時之誤差。以台灣地區車輛行為為例，機車駕駛人由於交通車流環境、駕駛習慣、道路型態認知等因素，其車流型態與一般汽車車流行為有所不同，其交織穿梭行為將影響道路車流速率與鄰近小汽車車輛行駛時之選擇行為，若單純以小客車當量作為模擬車流環境換算方式而未實際考量不同情景下小汽車車輛的實際行駛行為特性則恐無法有效正確預測模擬之。

考量國外與國內之駕駛人行為素養及車流型態有相當之差異，其參數之設定及車流模式也無法直接沿用。即便為國內，駕駛人行為及車流也因各地之民情習慣、道路交通幾何特性以及時段差異等之不同情景而有不一樣之行為模式。更甚之，國內的車流行為環境相較於目前國外車流環境及現有車輛模擬軟體複雜也造成軟體預測之失準及模式適用性之疑問，因此針對國內各情景做車流模式行為比較分析有其考量價值之必要性。此外，多數研究之範圍及車流資料擷取多著重於單一特定時間、地點、線道或針對區域道路做分析評估，也同樣產生不同情景適用性疑問。

有鑑於此，本研究以國內作為分析之目標，將各情景下之車流資料作行為模式分析，期望透過數據庫資料分析以及各情景下資料分析比較後，透過統計分析方法等比較分析混合車流中小汽車之變換車道行為，以期達到有效預測符合台灣都會地區實際交通車流行為，並提供智慧型運輸系統中先進交通管理系統(Advanced Traffic Management System)正確資訊及準確車流資訊以作為都會區道路交通管理和號控管理之依據。

1.2 研究目的

市區道路之車流量及道路容量為考量道路服務水準之指標，而台灣地區地狹人稠且汽、機車持有比例高，常導致各地區不同道路路段壅塞及服務水準不佳的

情況。而各地區道路又因地域性、尖離峰時段、路段幾何差異等不同的道路情景而影響車輛行進時之車流選擇行為模式，因此若欲有效改善道路延滯及壅塞情況，則需深入探討於市區道路不同情景下之車流行為模式。

國內特殊之混合車流型態與國外車輛行駛行為有所差異，且地區特性、汽機車混合比例、道路幾何特性、駕駛人特性以及尖、離峰時段特性等情景之差異也影響模型的校估。舉例來說，台北地區與高雄地區道路車輛駕駛行為即有相當大之差異，以道路型態而言，南部市區道路幅員寬廣且較不易出現阻塞情形，促使民眾偏好於駕駛私人之汽、機車作為主要之運具選擇，而北部區域號誌時制相較於南部較為複雜且道路車流量數高，駕駛人開車上路容易遇到塞車加上步調緊湊為求時效，造成駕駛之行為與南部地區全然不同。

然而以往微觀車流模擬軟體卻未曾考量地域性甚至時間性差異等不同情景下對於模擬實際車流行為時的失準與誤判，而過去文獻建立之相關模型也多針對單一路段及地區，難以直接認定可適用於不一樣道路與情景的地區，導致其參數於不同地區不適用或需重新校估的情況，因此認為有其分析各情景下小汽車車流變換車道行為差異之必要性。

本研究之研究目的可歸納如下：

1. 藉由實地拍攝影片之方式收集國內各情景下市區道路混合車流環境下之小汽車行為資料並透過程式讀取影片點擊資料以建立資料庫方法作為建構模型之基礎。
2. 分析小汽車於市區道路行駛時，對於變換車道行為相關影響變數，並將其影響變數作為分析比較各情景微觀車流之依據。
3. 構建於市區道路車流環境下之小汽車行為模式，並比較分析各情景下之行為特性，以作為相關車輛模擬軟體於實際道路模擬之參考依據並期盼有效增進其模擬準確度，做為未來改善道路設計及提升道路服務水準等相關運輸規劃之參考。

1.3 研究範圍

本研究之研究目標為各情境下車流行為比較分析，因此主要以市區道路路段資料為目標，建構市區道路其他車種及不同車流環境的情境下，以小汽車為本車之微觀行為模式。而考量台灣地區各情景下車流資料之完整性以及資料易搜集程度，本研究將以市區之道路路段作為收集車流資料的標的，並分別於早上尖峰、下午尖峰及離峰等時段收集不同路段情景下之車流資料，以觀察車輛於不同情景下是否出現行為模式差異。

另外，有鑑於台灣地區之市區道路公路幾何特性較為複雜，本研究採集拍攝影

片之研究範圍以道路路段為主要分析對象並須涵蓋下游路口停等區，以降低路口對於車流行為之影響。為充分收集車流影片資料，本研究欲透過找尋該路段高樓之制高點以有效且完整收集道路車流資料。

1.4 研究流程

本研究內容與流程步驟如下，其流程則如圖 1.2-1 所示。

1. 確認研究之動機及目標。
2. 定義研究對象與研究範圍。
3. 微觀車流模擬與變換車道行為研究之相關文獻回顧。
4. 車流資料庫之建立與重要變數擷取。
5. 市區不同情景下小汽車車流之微觀行為比較分析。
6. 結論與後續相關研究課題建議。



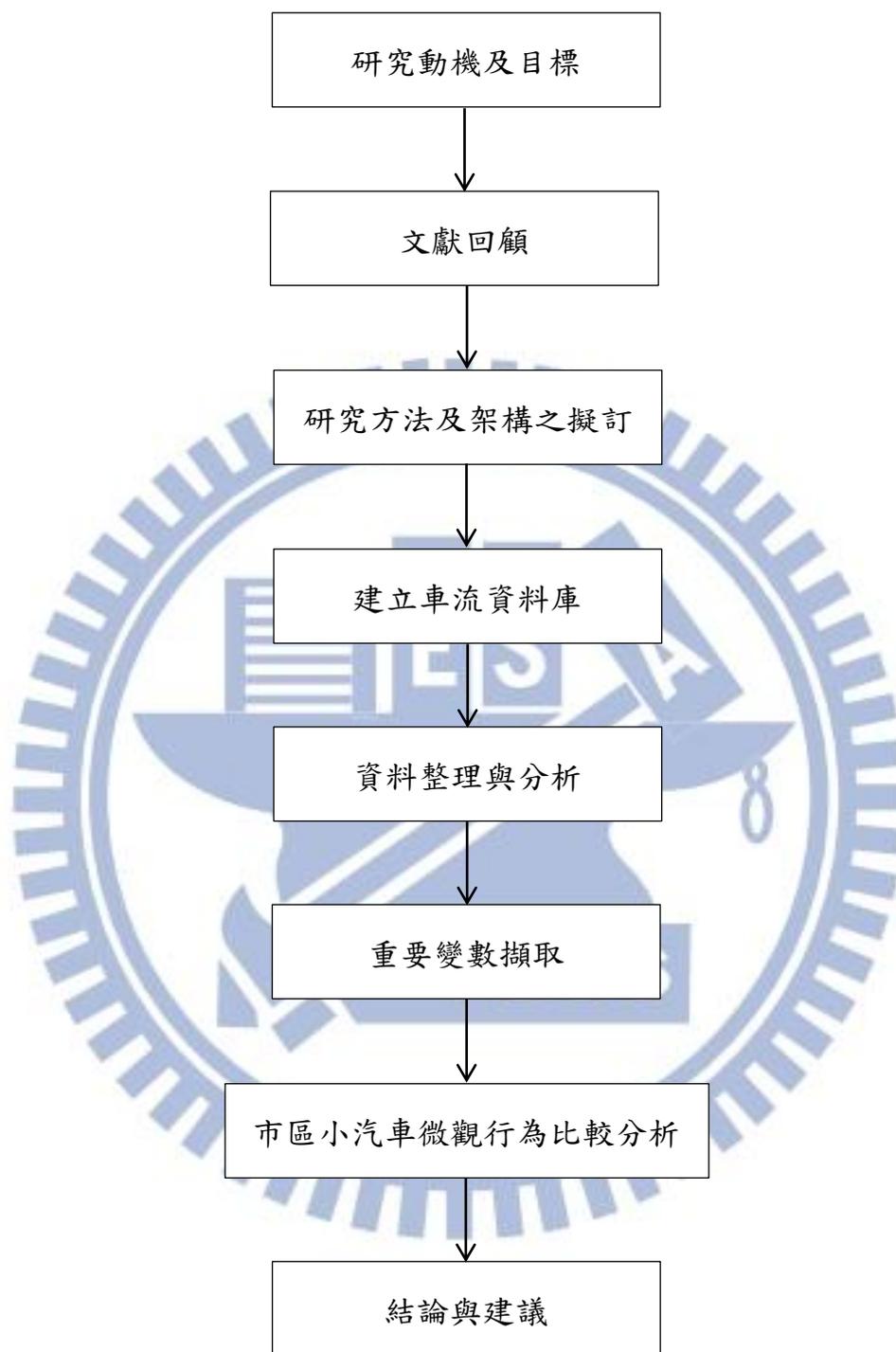


圖 1.4-1 研究流程圖

第二章 文獻回顧

本研究之研究目的乃欲分析比較各情景下之市區道路小汽車車流行為，以解決現有模擬軟體無法有效預測車輛於不同情景下行為差異對於校估模式上的問題，並有效提高其模擬軟體之準確度與適用性。為使本研究內容能符合現有之交通環境，本章節首先藉由回顧過去國內外學者研究相關車流理論之發展以及近年來加入混合車流之微觀模擬模型與變數分析進行探討與比較，以作為本研究發展混合車流環境下小汽車行為模式比較分析之基礎。

2.1 車流理論相關文獻

交通車流理論(Traffic flow theory)主要為分析探討不同交通環境下車流之行為績效並模擬車流運行行為。而根據分析模擬資料內容之繁雜度與特性又將其分為巨觀車流(Macroscopic)、微觀車流(Microscopic)以及中觀車流(Mesosopic)三大類。巨觀車流理論著重於整體車流之描述，對於車流特性行為以整體車流之流量(q)、密度(k)及速度(u)間之關係做闡述，而非做個別車輛行為之觀察。微觀車流理論則著重於車輛與車輛間之互動關係，透過個別車輛之參數和變數以分析單一車輛之行為模式，最早由 Pipes(1953)提出。而中觀車流理論則介於微觀與巨觀間，主要為描述一車隊之推進行為模式。

過去國內外不少相關車流相關研究並嘗試建立微觀模型方式用以模擬重現實際道路之車流行為(Gipps, 1986, Herman et al., 1958, Yang and Koutsopoulos, 1996)，微觀車流模擬則主要分為跟車行為(Car following)及變換車道行為(Lane changing)兩部分，而以往大部分的車流行為研究偏重於探討跟車行為模式。跟車模式主要探討同一線道內車輛車隊在無法超車情況下，時間間距與空間間距對於後車(following car)跟隨前車(leading car)行駛狀態之互動關係，出現加減速之反應以產生跟車之行為(Newell, 1961, Pipes, 1953)，探討之範圍主要針對於前後車輛。Brackstone and McDonald (1999)將跟車理論的發展做了回顧整理，包含不同跟車理論的演進過程以及跟車理論對於模擬軟體的重要性皆有詳述，並且特別提到了對於先進車輛控制與安全系統的改善。而變換車道行為則為本車對於前車及現有跟車環境之不滿意或遭遇需強制變換車道環境而產生側向偏移之變換車道行為，由於本車產生變換車道之行為需考量與周遭車輛之相關變數影響且變換車道動作將影響鄰側車道行駛之車流並干擾其他鄰近車輛，因此建立變換車道行為模式較跟車行為複雜，需考量之解釋變數相較於跟車行為模式也更加廣泛。

2.2 混合車流變換車道之相關文獻

2.2.1 國外車道變換模式

變換車道研究最早則由 Gipps (1986)所提出，採用決策結構基準模式 (Rule-based models) 以及其後發展之個體選擇基準模式 (Ahmed, 1999, Choudhary et al., 2008, Sun and Elefteriadou, 2012, Toledo et al., 2007) 主要兩大模式為做為交通車流微觀模擬方式。

決策結構基準模式 (Rule-based models) 為對於個別駕駛人之行為分析，模式涵蓋駕駛人於市區道路行駛時會遭遇之交通環境影響因素，包含號誌設置、障礙處位置、是否鄰近大型車輛、速度...等情況，並採用邏輯性之決策準則方式以分析駕駛人於市區道路之變換車道行為且提出決策過程架構 (Gipps, 1986)，將其駕駛行為之類型分為維持原有期望速度和預備變換車道行為兩類族群，於欲變換車道時考量以下問題：

1. 變換車道之必要性
2. 變換車道之期望度，以及
3. 變換車道之可行性(安全性)

模式內容欲透過連續不同之標準及決策問題做為考量是否變換車道之決策過程，然而由於不同駕駛人彼此間存在之異質性，使得面臨相同交通環境下之決策之優先順序也有所差異，因此無法嚴謹校估其參數模式。

另外，Yang and Koutsopoulos (1996) 同樣採用 Gipps (1986) 決策結構為基準模式建立高速公路之變換車道模型並將其模式應用於 MITSIM。此模式將變換車道分為強制型變換車道 (mandatory, MLC) 以及任意型變換車道 (discretionary, DLC) 兩種類型，透過機率架構方式來構建駕駛人面臨變換車道行為之模式。強制型變換車道 (MLC) 意指駕駛人面臨必須離開原有車道之情況 (如上下交流道)，而在任意型變換車道 (DLC) 情況則意指目標車道之行駛情況較目前車道佳，但其變換車道之動作為非必要，當前車之速度低於本車之期望速度 (desired speed) 且鄰側車道增加行駛速率之機會較高時，駕駛人會透過耐心因子 (impatient factor) 與速度無異因子 (speed indifference factor) 作為考量是否變換車道動作。

個體選擇基準模式 (Discrete choice-based models) 中駕駛人之決策行為過程皆屬於二元或多項選擇，透過普洛比或羅吉特分析並計算其各個變換車道決策階段之效用函數來建立駕駛人之行為模式。而無論採用決策結構基準模式或個體選擇基準模式，於變換車道決策後皆須考量可接受間距模式，當其側向間距滿足最小可接受間距時才會確實產生變換車道行為。

Ahmed (1999)採用 Ahmed et al. (1996)變換車道模型之延伸，利用美國波士頓市區道路四車道之車輛資料，觀察中間兩車道小汽車直行與向左切換車道行為，並依過去研究將變換車道類型分為強制型變換車道(MLC)以及任意型變換車道(DLC)。研究著重於駕駛任意型變換車道行為(DLC)，利用接受間距來判斷車輛是否向左切換車道並採用羅吉特方法求解，同時加入跟車理論中之加速模型，使其模型更符合實際情況。相較於 Ahmed et al. (1996)之模型考量了市區道路壅塞問題及緊跟前車行駛之行為，總共收集 843 輛汽車資料。其差異在於變換車道之決策內容分為三個順序過程：

1. 決定產生變換車道行為與否
2. 選定偏向之目標車道
3. 目標車道之可接受間距範圍

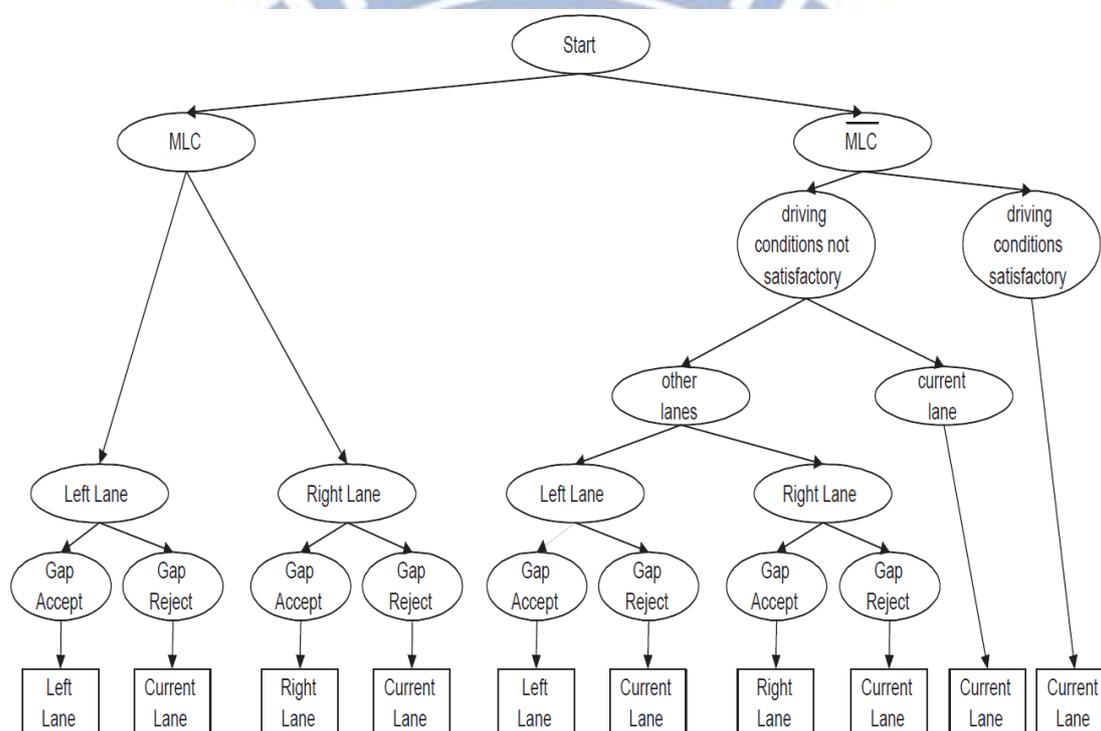


圖 2.2-1 變換車道決策過程

資料來源：Ahmed(1999)

Toledo et al. (2003)延續過去個體選擇基準模式並於此研究指出以往將變換車道行為分為強迫型變換車道與任意型變換車道存在兩個重要的問題：(1)過去模式假設已知強迫型變換車道之存在(2)過去無法精準觀測強迫型變換車道與任意型變換車道之差異，使得部分強迫型變換車道行為並無法確實觀測與分析校估，因此建議結合駕駛強迫型變換車道與任意型變換車道兩種概念並使用不同的解釋變數建立羅吉特模式，藉以判定車輛如何選擇特定車道行駛。其中特定車道包含原車道、左車道與右車道。資料來自於美國維吉尼亞州長 997 公尺的四車道州際公路，共 15632 筆資料，442 輛汽車資料。

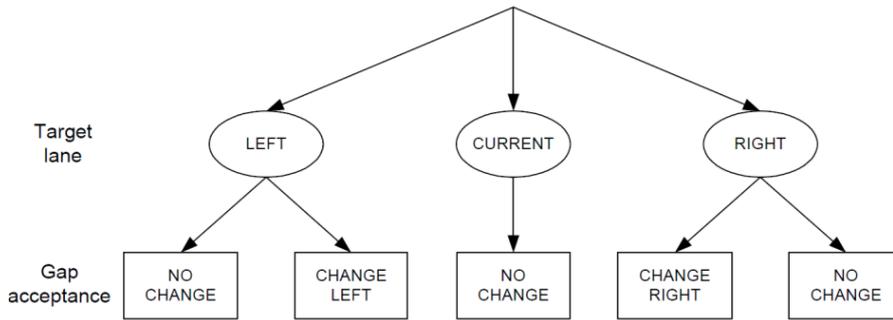


圖 2.2-2 變換目標車道決策架構

資料來源：Toledo et al.(2003)

由於駕駛人選定的目標車道為無法準確觀測之潛在性變數，因此採用整合型模式作為判定變換車道行為之方法，作者並其變換車道行為之影響解釋變數如下四類：

1. 周圍環境變數
2. 路徑規劃變數
3. 路網認知及經驗變數
4. 駕駛型態及能力變數

而目標車道之選擇則透過羅吉特模式將其分為直行、左向車道及右向車道三類，選擇目標車道之效用函數如下：

$$U_n^i(t) = X_n^i(t)\beta^i + \alpha^i v_n + \epsilon_n^i(t) \quad (1)$$

$i = CL, RL, LL$

其中， $U_n^i(t)$ 為選擇駕駛人 n 在時間 t 選擇車道 i 之效用

X_n^i 為解釋變數向量

β^i 為解釋變數向量之參數

α^i 為 v_n 之參數

v_n 為駕駛之隨機項目

$\epsilon_n^i(t)$ 為車道效用隨機項目

另外，Toledo et al. (2007)使用相同高速公路車流資料整合強制型變換車道與任意型變換車道模式，並依小汽車變換車道方案建立多項羅吉特選擇模式。透過整合不同的駕駛人行為模式，包含目標車道模式、接受間距模式、目標間距模式以及加速度模式以建立駕駛人整合型變換車道行為模式。Toledo et al. (2009)則同樣整合目標車道模式、接受間距模式、目標間距模式和加速度模式以建立駕駛人整合型變換車道行為模式，並提出駕駛人之目標間距選擇及目標間距加速度模式以解釋駕駛人於變換車道選擇行為可能產生之影響。

Sun and Elefteriadou (2012)指出以往變換車道模式研究皆著重於高速公路模型建立，於一般市區道路之應用上並未考量公車之停靠行為、線道之增減、車輛迴轉等情況，尤其以駕駛人於道路壅塞情況下之頻繁互動，使得駕駛人特性於變

換車道過程中扮演重要的角色但以往相關研究卻未加以考量，認為此類模式於一般市區道路情況並不適用。因此提出利用不同交通環境下之情境分析方法構建巢式羅吉特模式。

研究方式將所有駕駛環境分為六種不同情境(1. 閃避於公車站停靠區之公車 2. 閃避匯入行駛車道之車輛 3. 車輛加速超越前方車輛 4. 行駛至延滯較少之車道 5. 減少大型車輛之干擾 6. 閃避後方跟車車輛)，並透過觀測員記錄駕駛之實際開車情況，紀錄變換車道情況(潛在變換車道、企圖變換車道、完成變換車道)，最後再以問卷發式將所有駕駛人依變換車道意願強度分為四種類型。變換車道過程可分為完成或企圖變換車道與潛在變換車道(未變換車道)兩類動作，屬於駕駛人決策中計劃之部分，而車輛完成或企圖變換車道則透過可接受間距模式做判斷，屬於駕駛人決策中行動之部分。

Lee et al. (2009)則提出不同於以往模擬小汽車變換車道模式，透過英國混合車流中之影片建構機車行駛行為之資料庫，並透過整合直向、斜向與橫向的時距模式、路徑選擇模式以個體行為模式技術來建構機車之微觀行為模式。由於機車並無明確之車道概念，因此其研究內容之路徑選擇模式部分則類似小汽車變換車道模式概念，以多項羅吉特模式方式同樣將機車之變換選擇行為方式分為：直行、左向偏移、右向偏移三種效用函數，以分析機車是否偏向行駛之機率。

2.2.2 國內車道變換模式

徐立新 (2005)採用攝影調查法收集國內高速公路之小客車跟車及變換車道行為，於跟車模式內建立 GM 跟車門檻模式以改善傳統 GM 模式，而車道變換型態屬於駕駛人為改變現有行駛速度之任意型變換車道，且假設目標車道之鄰前車與鄰後車相對距離小於 GM 跟車模式門檻值。模式假設駕駛人變換車道之動機為改變目前行車速度，且研究範圍以內車道與中車道車輛為主之平直路段，研究指出駕駛人決定變換車道時會依本身慣有變換車道行為經驗判斷是否可變換車道，而決定駕駛人變換車道主要因素為變換車道時之偏向角與變換車道時之加速度，因此分別以偏向角模式和加速度模式作為基礎，構建變換車道決策行為模式。偏向角模式特性中，作者將其區分為(1)僅有目標車道後車、(2)僅有目標車道前車以及(3)目標車道前後皆有車之三種型態；於加速度模式中，則以目標車道之鄰前車與鄰後車構建加速度模式，同樣依偏向角模式區分為三種型態，其決策模式透過統計檢定預測率可達 92%。

張維翰 (2006)同樣採用攝影調查方式，針對郊區約 100 公尺路段建立微觀混合車流模式，並將混合車流模式區分為跟車模式以及變換車道模式兩類。其中，跟車模式採用適應性類神經模糊推論系統作為郊區混合車流微觀跟車模式之建構；

變換車道模式則依車輛種類與目標車道情況做分類，並依駕駛者變換車道行為準則以及郊區混合車流變換車道偏向角模式進行研究，而偏向角模式參考徐立新 (2005)概念將小汽車變換車道區分為(1)目標車道無鄰前車與鄰後車、(2)目標車道僅有鄰前車、(3)目標車道僅有鄰後車以及(4)目標車道鄰前鄰後皆有車共四種型態，而機車為本車之偏向角變換車道模式則區分為五種型態。透過多元迴歸構建之變換車道偏向角模式顯示型態(1)、型態(2)以及機車變換車道型態之偏向角主要受本車車速影響；型態(3)受到與鄰後車相對距離影響；型態(4)則受到本車車速和鄰後車相對距離之影響。

李健豪 (2012)以攝影方式實地收集台灣台北地區之車流影像資料，針對本土車流行為分別將市區幹道路徑選擇行為模式分為小汽車及機車兩類車流行為作分析，小汽車選擇行為模式透過車道之概念並結合多項羅吉特模式為基礎，定義相關鄰近車輛，其路徑選擇為：維持原車道行駛、變換至左側車道、變換至右側車道三類選擇方案，最後建立其超車決策路徑之效用函數，並透過判中率方式驗證行為模式之準確性。

以上國內變換車道行為相關文獻中，徐立新 (2005)與張維翰 (2006)認為車輛於車道變換行為主要受到偏向角與加速度因素決定，並將偏向角模式區分為不同型態下分別討論相關參數之影響，與國外相關主要探討變換車道時駕駛人選擇行為所採用之個體選擇模式有較大之差異，然而車道變換時考量之因素仍須同時包含本車與鄰近車輛相互關係等變數，而李健豪 (2012)則與國外作法類似，透過選擇方案效用最大之選項來決定是產生變換車道行為，符合實際選擇邏輯行為，因此本研究將透過採用選擇行為模式作為發展變換車道行為模式之建構方法。

2.3 接受間距模式相關文獻

可接受間距(Gap acceptance)模式主要探討交叉路口的穿越行為與變換車道模式行為，其式應用於變換車道情況中，駕駛者透過估算目標車道前後車之間距並與臨界間距比較後，作為判斷是否進行變換車道之依據，因此可接受間距模式可視為一種二元選擇行為。

Gipps (1986)假設駕駛人會同時考量前方與後方間距，當兩者皆為可接受之範圍，才會考慮變換車道行為。Ahmed et al. (1996)則假設在前方與後方間距皆為可接受情況之下，其臨界間距之方程式為非負值：

$$G_n^{cr,g} = \exp(X_n^g(t)\beta^g + \alpha^g V_n + \varepsilon_n^g(t)) \quad (2)$$

$g = lead, lag$

X_n^g 表示影響臨界間距 g 之解釋變數； β 為解釋變數之係數； V_n 為駕駛之個別潛在變數； α^g 表示潛在變數 V_n 的係數； ε_n^g 則表示隨機項目。而此模式於強制型變換車道(MLC)以及任意型變換車道(DLC)時存在不同之可接受間距，一般而言強制型變換車道(MLC)之可接受間距因有其急迫或必要性，因此間距相較任意型變換車道(DLC)之可接受間距小。而 Toledo et al. (2003)之研究也同樣採用上述可接受間距方程式。另外，考量於塞車車流情形下對於可接受間距判斷有所改變，Ahmed (1999)也提出了強制併入車道模式，分別解釋駕駛人於壅塞道路上會考量禮讓後方來車或強制變換車道之行為模式。

2.4 小結

依據上述文獻回顧，變換車道行為模式研究以決策結構基準模式(Rule-based models)及個體選擇基準模式為主要微觀車流模擬方法，而個體選擇基準模式透過駕駛人對於選擇方案效用的估算以建立駕駛人行為模式，以最大效用作為選擇符合實際決策行為，因此本研究將採用多項羅吉特模式作為市區道路微觀車流模式發展，並透過不同情境下的車流行為資料分析模式參數之可用性。茲將過去國內外相關變換車道行為研究中羅吉特模式所選用之解釋變數比較如表 2.5-1。

Toledo et al. (2003)依 Ahmed (1999)概念建構變換車道模型，考慮公路之最右側車道可能產生之強制變換車道行為，將最右側車道解釋變數納入考量；另外，同時增加車道密度及變換一車道、變換兩車道以上以及接受間距之期望最大效用作為校估模式時的變數。而李健豪 (2012)根據台灣地區道路考慮混合車流特性，另外加入了臨車車種、鄰後車車速以及與鄰後車之速度差等解釋變數，納入本土混合車流的車道變換模式選擇目標車道方案之效用函數。而本研究將針對過去文獻所曾採用之變數，透過建立車流資料庫後擷取相關資料，以便作為後續模式構建使用。

表 2.4-1 變換車道文獻相關參數比較

變數		符號表示	Ahmed (1999)	Toledo et al. (2003)	李健豪 (2012)
1	現行車道常數		✓	✓(註 3)	✓
2	右側車道常數		✓	✓	✓
3	最右側車道	$\delta_i^{right-most}(t)=1,0$	✗	✓	✓
4	前車速度	$V_i^F(t)$	✓	✓	✓
5	本車與(鄰)前車距離	$S_{xi}^F(t); S_{yi}^F(t); S_{xi}^{RF}(t); S_{yi}^{RF}(t);$ $S_{xi}^{LF}(t); S_{yi}^{LF}(t)$	✓	✓	✓
6	本車與(鄰)前車速度差	$\Delta V_i^F(t), \Delta V_i^{LF}(t), \Delta V_i^{RF}(t)$	✓	✓	✓
7	車道密度, veh/km/lane	$d_i^{line}(t)$	✗	✓	✗
8	鄰車大型車輛判斷 (註 1)	$\delta_i^{heavy,line}(t)=1,0$	✓	✓	✓
9	緊跟前車行駛 (註 2)	$\delta_i^{tailgate}(t)=1,0$	✓	✓	✗
10	接受間距期望最大效用	EMU_i^{line}	✗	✓	✗
11	變換一個車道	$\delta_i^{add,line}(t)=1,0$	✗	✓	✓
12	變換兩個車道以上	$\delta_i^{add,line}(t)=2,1,0$	✗	✓	✗
13	鄰車車種	$M_i^F, M_i^{LF}, M_i^{RF}, M_i^B, M_i^{LB}, M_i^{RB}$	✗	✗	✓
14	鄰後車速度	$V_i^B(t), V_i^{LB}(t), V_i^{RB}(t)$	✓	✗	✓
15	本車與(鄰)後車距離	$S_{xi}^{LB}(t); S_{yi}^{LB}(t); S_{xi}^B(t); S_{yi}^B(t);$ $S_{xi}^{RB}(t); S_{yi}^B(t)$	✗	✗	✓
16	本車與鄰後車速度差	$\Delta V_i^B(t), \Delta V_i^{LB}(t), \Delta V_i^{RB}(t)$	✓	✗	✓
17	前車速度-期望(平均)速度	$V_i^F(t)-\bar{V}$	✓	✗	✗

註 1：「鄰車」表示：前車、左前車、右前車、後車、左後車、右後車

註 2：在道路服務水準 A,B,C 的情況下與前車緊跟行駛 (距離小於 10m)

註 3：✓表示有考量、✗表示無考量

第三章 影片收集與資料庫建立

欲研究車流行為之相關特性及模式，首先須取得實際道路車流資料以作為分析研究之基礎。而車流行為研究的困難往往為難以建置充分數量之資料庫，本研究為有效增加研究之可靠性及加強資料庫之樣本數，採用拍攝影片的方式大量收集實際車流資料，並透過程式點選車輛軌跡的方式建立資料庫並記錄各車輛之車流行為，以作為本研究擷取相關解釋變數以及行為模式上比較分析之基礎。

3.1 影片資料收集方法

本研究目標欲瞭解實際市區道路微觀小汽車車流於各道路路段不同情景下行為資料差異之分析，因此採用實際於不同道路情景拍攝影片紀錄車流之方式收集以建立原始資料分析來源。為完整記錄混合車流於道路路段之車流行為以及涵蓋長度足夠之路段，本研究於拍攝車流影片時需於路側尋找具制高點之建築物，並採用高空錄影方式收集涵蓋完整路段之車流資料。

本研究範圍為車輛於市區道路路段之變換車道選擇行為，因此於拍攝車資料影片時，需涵蓋完整的道路路段之車流行為資料作為分析基礎，並尋找足以提供拍攝車流影片時之適宜制高點(約需 10 層樓高)。另外，若拍攝影片時由於角度、方向、障礙物...等拍攝限制影響而無法以單一攝影器材拍攝完整的路段，則需透過至少兩台以上之攝影機做拍攝記錄動作，並於影片收集完成後將資料轉換成數值資料後，再銜接上下游資料。

3.2 資料庫建置

3.2.1 影片資料轉換

收集完成之車流影片需運用數位化轉換的方式，將影片資料轉化為實際可分析的原始資料數值以作為研究分析基礎，本研究影片資料之數位化方式採用(Lee et al., 2008)開發之車流軌跡程式讀取影片檔案，以建立分析所需之資料庫。透過程式讀取影片資料，並將所收集之 30 分鐘影片依每秒一筆的方式，採用人工點擊車流軌跡的方式記錄及運算每一車輛於每一秒之車輛原始相關數據，每點擊一輛車輛做為樣本收集之對象，程式可自動跳往下一秒的畫面方便使用者沿車輛軌跡

記錄其行駛行為，直到完整記錄完一台車輛之軌跡資料。

此外，原始影片車輛資料點選之位置也依據拍攝角度的特性有所差異，而此程式也配合影片拍攝可能遭遇之情況，讓使用者可分別點選車輛之車頭、車尾終點和車輛四點位置來記錄行駛軌跡行為，最後透過程式內部計算將點選的座標位置全轉換為車頭中間點座標，同時於點選軌跡時記錄車輛之種類、座標、行駛速率等並直接換算為車輛四點座標、加速度...等一同存入原始資料庫檔案內，有效且快速記錄完整車流資料，並方便於後續之資料分析。

本研究於正式拍攝車流影片資料前曾於交通技術研發與人才培育規劃研究案內嘗試收集30分鐘尖鋒時段，台北市忠孝東路四段車道170公尺路段之車流影片，並自行以上述車流軌跡程式與自行人工點擊車輛行駛軌跡的方式收集此段影片之資料，建立車流資料庫嘗試做初步的車流行為分析。以此段30分鐘影片建立之資料庫為例，單人操作此程式收集所有車輛資料約需30小時的時間，也就是1分鐘單一路段影片就需花費一小時的時間做完整之資料收集，雖耗時較長但能完整收集影片時段內所有車流數據資料。

3.2.2 原始資料庫型態

透過程式建置完成之台北地區車流影片資料庫，每筆資料皆有其時點及車輛編號分別記錄不同車輛於某段時段經過拍攝路段之軌跡座標與相關車輛資料，以提供本研究做後續之資料篩選、分析和相關變數擷取。擷取部分資料庫相關應用參數及參數項目說明如表 3.2-1 所示：

表 3.2-1 原始資料項目說明

車輛編號	vehicle_number
車輛種類	vehicle_type
車輛長度(m)	vehicle_length
車輛寬度(m)	vehicle_width
圖片編號	video_frame
畫面 X 座標(車頭中點)	screen_x
畫面 Y 座標(車頭中點)	screen_y
實際 X 座標(車頭中點)	real_x
實際 Y 座標(車頭中點)	real_y
實際車輛左前 X、Y 座標	front_left_x、front_left_y
實際車輛右前 X、Y 座標	front_right_x、front_right_y
實際車輛左後 X、Y 座標	rear_left_x、rear_left_y
實際車輛右後 X、Y 座標	rear_right_x、rear_right_y
與前一秒的行駛距離(m)	Distance
偏向角度	theta
速度(m/sec)	Speed
加速度(m/sec ²)	Acceleration

原始資料庫所收集的資料項目可方便後續分析利用，圖片編號代表每一車輛於每秒之時點，車輛種類於此原始資料中主要可分為小汽車、機車及公車三類，並依其每次點擊車輛時所選取車輛種類選項有對應之車身長、寬度。而資料庫內的車輛四點座標、偏向角度以及速度與加速度...等項目，則是程式依據車輛行駛軌跡座標所運算出之原始資料。以上車流行為資料收集項目完整，不但可便於研究分析時根據所欲分析項目及對象的不同自由做篩選，也同時能夠提供後續不同類型之車流研究做為數據參考。

另外，此車流讀取程式同時能修正於資料收集點選時因疏忽所造成錯誤資料並重新計算相關數據，不至於造成因資料記錄過程因人工上的錯誤造成整份原始資料須重新點選收集(圖 3.2-1)。透此程式更正功能，可將人工作業時不慎所造成一開始座標轉換錯誤之資料，全部重新計算資料庫，而不需要重頭收集所有數據資料。若是於點選過程中忘記選擇正確的車輛種類，也可透過此程式直接變更車輛種類選項後重新計算相關資料及車輛軌跡座標。

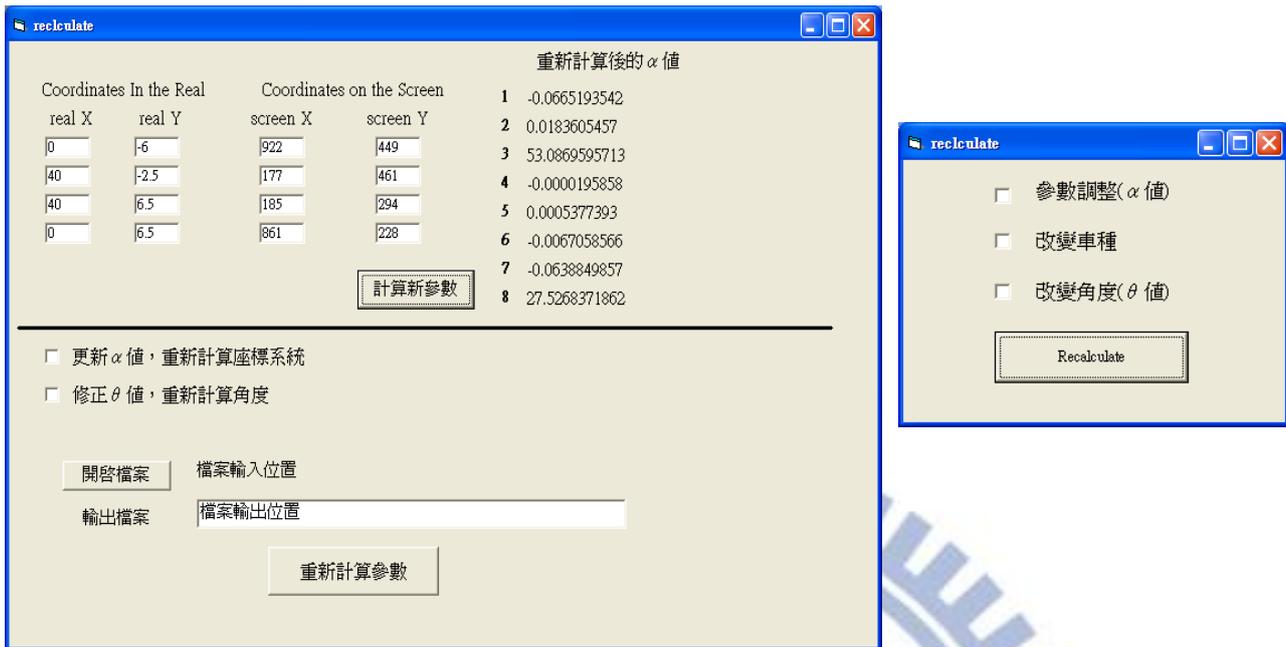


圖 3.2-1 資料庫更新功能

為方便研究者於瞭解收集完成資料庫的車流行為，此程式除了擁有車流軌跡之收集及錯誤修正功能，也同時可重現收集完成之資料庫。透過重現車流的功能，可幫助研究者判斷並審視資料收集時是否有錯誤以及不合理情況的發生，並針對有問題之車輛循車輛編號作個別處理(圖 3.2-2)。

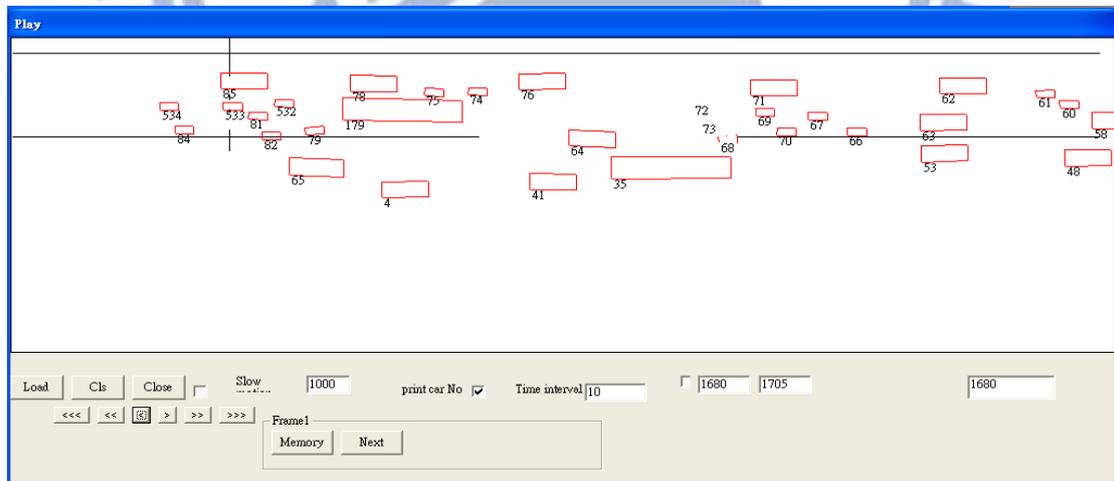


圖 3.2-2 車流資料重現功能

3.3 重要變數擷取

3.3.1 判斷車輛相對位置

變換車道行為相較於跟車行為複雜之因素是由於本車行駛時需要考量的影響車輛不單單為與前車之相關影響變數，更需考量左右兩側以及後方車輛行為對於變換車道時所造成之影響。因此於建置數據庫完成並進行資料分析前，首先需將不同車輛資料依每秒之相對座標位置，分別判斷本車之前車、左前車、右前車、後車、左後車、右後車的六種影響車輛的原始資料關係，再透過這些車輛原始資料擷取相關變數。

由於資料筆數龐大，擷取資料的方式無法單純透過人工方式直接判斷，為此本研究將原始資料庫透過 Excel 內 VBA 撰寫簡單的篩選程式，依順序讀取所有資料並自動化找出每一筆資料的各方向之影響車輛相關變數，作為後續分析及建立模式的基礎。此外，不同車種間車輛特性與影響變數有其差異，因此針對分析不同車種之車輛判斷鄰車的方式不可沿用單一標準做篩選，判斷變數的規則也有所不同。

根據座標做為六種方向的鄰車判斷，首先須定義相關變數。其中，車輛之行車方向為 X 軸，車道間之變換方向則為 Y 軸：

i = 本車

j = 鄰車車輛編號

t = 時間(秒)

x_i^t, y_i^t = 車輛 i 於時間 t 的車頭中點 X、Y 座標位置

最後可得六向影響鄰車定義：

$F_i^t, LF_i^t, RF_i^t, B_i^t, LB_i^t, RB_i^t$ 分別表示本車車輛 i 於時間 t 之前車、左前車、右前車、後車、左後車以及右後車。

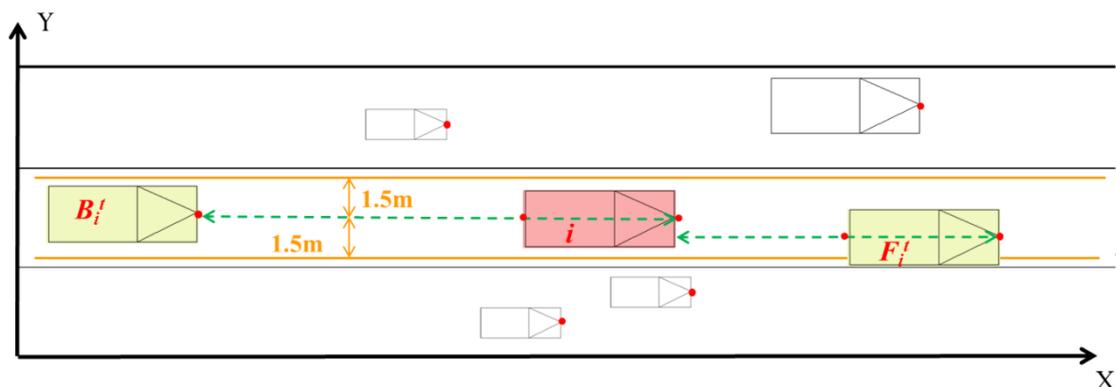


圖 3.3-1 本車與前車、後車之相對位置示意圖

令圖 3.3-1 中紅色車輛 i 為本車，橘色線條表示距離本車車頭中點座標左右兩側 Δy 小於 1.5 公尺的距離區間，令此區間之內的車輛中距離本車前方最近之車輛則為前車(F_i^f)，而相對離本車後方最近者則即為後車(B_i^f)。

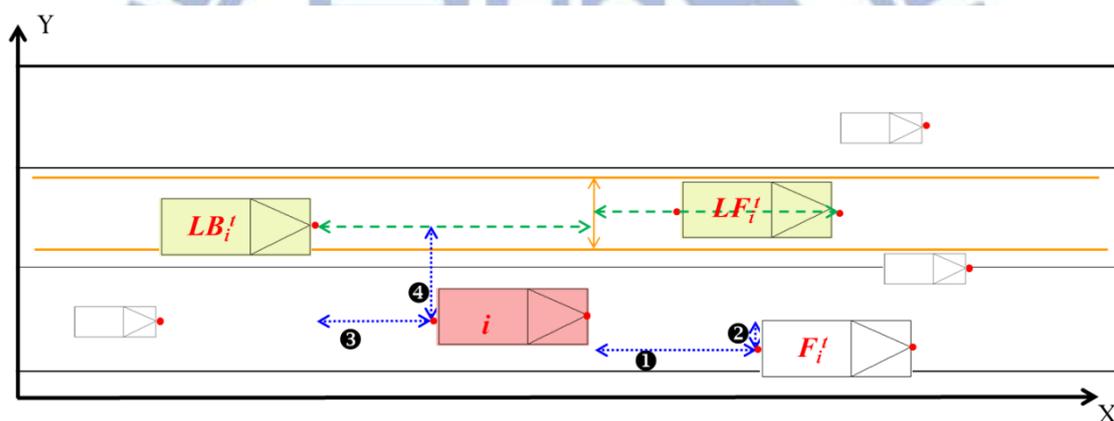


圖 3.3-2 本車與左前車、左後車相對位置示意圖

令圖 3.3-2 中紅色車輛 i 為本車，橘色線條表示距離本車車頭中點之左側 1.5 到 3 公尺的距離區間，令此區間之內的車輛中距離本車左前方最近之車輛則為左前車(LF_i^f)，同樣地離本車左後方最近者則即為左後車(LB_i^f)；而判斷右前車(RF_i^f)與右後車(RB_i^f)的方式亦然。

總結六種方向鄰車之判斷篩選方式如下：

小汽車前(後)車： Δy 在 1.5m 以內，與本車 Δx 值最小的車輛

小汽車前(後)車： Δy 在 1.5m 以內，與本車 Δx 值最小的車輛

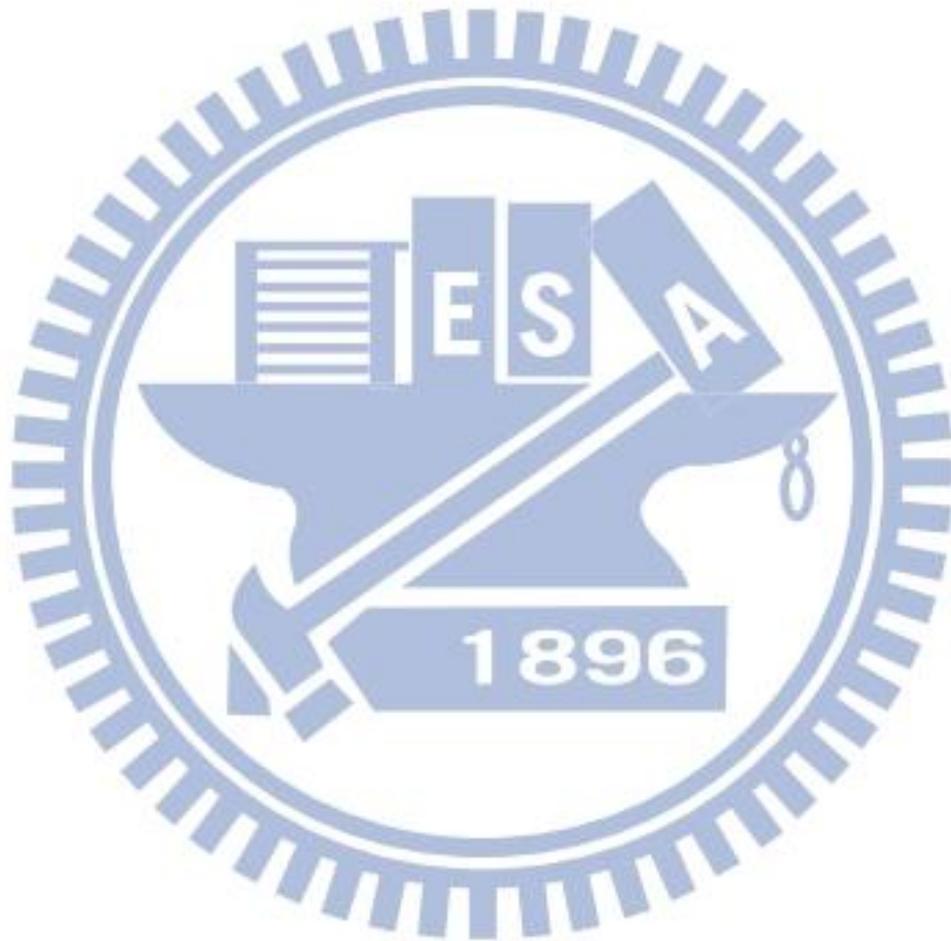
機車前(後)車： Δy 在 0.6m 以內，與本車 Δx 值最小的車輛

小汽車左(右)前(後)車： Δy 在 1.5m~3m 之間，與本車 Δx 值最小的車輛

機車左(右)前(後)車： Δy 在 0.6m~1.2m 之間，與本車 Δx 值最小的車輛

透過程式自動化篩選六向車輛，後續研究可依不同車種分別選定分析時所需之鄰車相關變數資料，做為模式分析與發展之解釋變數。

使用程式自動化擷取拍攝影片之變數，跟過去相關文獻比較(表 2.5-1)可有效計算出大部分之變數，然而接受間距期望最大效用以及前車速度-期望(平均)速度 2 項變數屬於更複雜之研究問題且車流影片無法捕捉駕駛人心理行為，因此於本研究中暫不允以考量。此外，變換兩車道以上之變數由於小汽車於市區道路鮮少出現變換兩車道以上之行為，因此在模式中也不納入考量。而本研究的小汽車變換車道模式將針對表內納入考量之變數構建微觀車流行為模式。



3.3.2 判斷車輛車道變換

判斷車輛變換車道的方式同樣採用撰寫程式的方式自動化判斷各時點下之車輛資料，依同一車輛於連續時間內行駛軌跡做路徑選擇判斷，將所有資料自動化。值得注意的是，機車由於無車道概念，資料分析時不適於採用車道的概念作為變換車道判斷之依據。因此本研究透過車輛之側向偏移量作為車輛變換車道的判斷方式，又小汽車與機車的判斷方式依車輛特性而有不同的判斷範圍標準，而針對小汽車及機車判斷變換車道與直行前進之規則如下：

1. 向左變換車道

- (a) 小汽車：同一車輛於連續時間內，滿足 $|\Delta y_t = y_{t+1} - y_t|$ 之值最少連續兩秒大於 0.75 公尺，或與下兩秒資料之側向偏移距離差值 $|\Delta y_t' = y_{t+2} - y_t|$ 至少大於 1.5 公尺，且 $\Delta y_t' > 0$ 時，則視車輛產生向左變換車道行為。
- (b) 機車：同一車輛於連續時間內，滿足 $|\Delta y_t = y_{t+1} - y_t|$ 之值最少連續兩秒大於 0.6 公尺，或與下兩秒資料之側向偏移距離差值 $|\Delta y_t' = y_{t+2} - y_t|$ 至少大於 1.2 公尺，且 $\Delta y_t' > 0$ 時，則視車輛產生向左變換車道行為。

2. 向右變換車道

- (a) 小汽車：同向左變換車道，令同一車輛於連續時間內，滿足 $|\Delta y_t = y_{t+1} - y_t|$ 之值最少連續兩秒大於 0.75 公尺，或與下兩秒資料之側向偏移距離差值 $|\Delta y_t' = y_{t+2} - y_t|$ 至少大於 1.5 公尺，且 $\Delta y_t' < 0$ 時，則視車輛產生向右變換車道行為。
- (b) 機車：同向左變換車道，令同一車輛於連續時間內，滿足 $|\Delta y_t = y_{t+1} - y_t|$ 之值最少連續兩秒大於 0.6 公尺，或與下兩秒資料之側向偏移距離差值 $|\Delta y_t' = y_{t+2} - y_t|$ 至少大於 1.2 公尺，且 $\Delta y_t' < 0$ 時，則視車輛產生向右變換車道行為。

3. 車輛直行前進

- (a) 小汽車：當連續車輛資料經上述規則判斷後，未滿足向左及向右變換車道之判斷條件，則視車輛為直行前進。
- (b) 機車：同小汽車方法，當連續車輛資料經上述規則判斷後，未滿足向左及向右變換車道之判斷條件，則視車輛為直行前進。

依上述判斷標準，透過側向偏移距離差值判斷各車輛於各時點車輛變換車道與否之選擇行為，將直行車輛的選擇設為 Choice=1，向左變換車道為 Choice=2，向右變換車道則為 Choice=3。此三類選擇行為則為未來發展變換車道模式及地區行為差異性比較之主要分析基礎。

同樣以尖峰時段台北市忠孝東路四段車道 30 分鐘以片為例，判斷選擇種類後，原

始資料可依車種大小和特性分為機車、小汽車、計程車、小巴士以及公車共五類，而計程車資料部分由於較多車輛於路邊停靠狀態，因此需獨立於一般小汽車之外做討論，不在本研究目前之討論範圍。

3.4 拍攝影片資料收集

本研究之目的為分析並比較小汽車於不同市區道路情景下之變換車道行為模式，為此本研究需收集不同情景下之市區道路車流影片作為資料分析來源。而本研究則以台北地區和新竹地區作為主要之資料收集範圍，以了解小汽車駕駛人於不同地區市區道路路段情景下之差異行為。

此外，即便為同樣地區之路段，駕駛人於不同車流量、時段...等不同道路情景下，仍可能對於變換車道行為模式產生差異，因此本研究也針對新竹地區的尖峰及離峰時段分別收集道路車流影片，並針對以上不同情景建立行為模式。

3.4.1 台北地區

以台北地區路段而言，在道路幾何型態方面，台北都會區的道路較寬闊，市區道路大多以路幅較廣的四線道車道為主要幹道；於車流特性部分，台北地區汽、機車擁有比例高，市區道路車流組成仍多以汽、機車交織的混合車流為主，然而相較於台灣其他地區，台北地區大眾運輸系統發達，因此公路客運及計程車佔整體市區車流比例也較其他地區比例高。另外，與其他地區相比，台北地區道路常於外側車道設有公車停靠區，號誌時制部分也相對其他區域複雜。但因為台北地區主要市區路段大多高樓林立，於拍攝車流影片時也較容易尋找適當的制高點用以收集路段車流影片。

本研究於台北地區使用之車流影片為交通技術研發與人才培育規劃研究案內所收集之台北市忠孝東路四段車道 170 公尺路段，涵蓋 30 分鐘尖峰時段之車流影片。由於台北地區較多高樓林立，因此較容易尋覓適宜之制高點，然而此段道路由於拍攝角度及道路長度之因素，需特別使用兩台攝影機拍攝道路車流，並於拍攝完成後採用車輛軌跡點擊程式將影片資料轉換成車流資料庫，再將上下游之影片接合，以完整收集並記錄此路段之車流資料。

未經過篩選前之原始台北地區車流資料庫有 1654 台車輛，共 34498 筆車輛資料，詳細統計資料如下表 2。其中，機車占總車輛數約 49%，資料筆數約為 36%；小型車資料筆數約占總資料筆數 54%，依其行駛特性區分為小汽車及計程車兩類，小汽車約占資料總筆數 30%，共 563 輛；公車資料筆數則約佔 10%，共 69 台。雖需花費較長之時間做資料收集，卻能有效率建立數量充分之資料庫，而本研究主要以此資料庫做為分析基礎並建立車流變換車道行為模式，但無法得知所建立之模式及使用的參數是否適用於不

同情景下之車流行為，因此本研究將採用同樣的方式收集及建立不同情景下之車流資料行為，作為比較分析對象。

表 3.4-1 路段原始資料筆數(台北地區)

項目	車種					總計
	機車	小汽車	計程車	小巴士	公車	
資料筆數	12293 (35.6%)	10422 (30.2%)	8207 (23.8%)	101 (0.3%)	3475 (10.1%)	34498
車輛數	813 (49.1%)	563 (34%)	206 (12.5%)	3 (0.2%)	69 (4.2%)	1654

根據原始資料顯示，未經任何過濾篩選不合理資料前，此路段混合車流主要以機車為主共 813 台，其次為小汽車(含計程車)769 台，而公車(含小巴士 3 台)於 30 分鐘內僅出現 72 台。依資料筆數而言，機車資料筆數占總資料量最大，其次則為小汽車及計程車，最後為公車資料。另外由下表未經篩選之變換車道資料統計所示，車輛於市區道路變換車道之情形均偏低，因此實際判斷出之向左及向右向行為的資料量也低。此外，未過濾前之資料仍存有不合理之資訊(如紅燈停等影響模式判斷)，不適宜做為模型分析使用，需待適當判斷並資料過濾後方可作為模型校估。

表 3.4-2 車輛車道變換資料量統計(台北尖峰)

車種	編號	向右偏移		向左偏移		直行			資料量總數	
		資料筆數	車輛數	資料筆數	車輛數	資料筆數	直行車輛數	純粹直行車輛數	資料筆數	車輛數
機車	2	959(7.8%)	272	463(3.8%)	165	10889(88.4%)	818	471	12311	818
小汽車	3	281(2.7%)	55	96(0.9%)	30	10027(96.4%)	563	489	10404	564
計程車	7	101(1.2%)	32	88(1.1%)	28	8018(97.7%)	206	161	8207	206
小巴士	4	0(0%)	0	7(7%)	2	94(93%)	3	1	101	3
公車	5	141(4.1%)	40	132(3.8%)	35	3202(92.1%)	69	22	3475	69
總量		1482	399	786	260	32230	1654	1144	34498	1654

3.4.2 新竹地區

為了分析不同情景下的駕駛行為特性，本研究選定新竹市區路段作為影片拍攝的觀察地點，分別於尖、離峰時段拍攝車流影片資料，作為主要比較車流行為於不同情景下之分析對象。

就道路幾何型態方面，新竹地區的道路較狹小，市區道路大多以路幅較窄的二、三線道車道為主，號誌時制部分相較於台北地區單純；另外在車流特性的部分，不同於台北地區大眾交通運輸系統發達且普及性高，新竹地區駕駛人多偏好以自用小汽車及機車為主要代步工具，鮮少使用大眾運輸作為主要之運具選擇且公車車流比例偏低。

值得注意的是，相較於台北地區道路高樓林立，新竹地區的路段較難以尋找足以提供拍攝車流影片高度之制高點，且研究所拍攝的路段長度需適合作為車輛移動行為之分析，因此需選擇約十層樓高度作拍攝。另外，新竹地區部分重要道路常有汽、機車分流之設置，然而此部分道路路段不屬於本研究探討範圍，因此不適宜作為本研究拍攝車流影片使用。為此，基於影片拍攝之可行性、路段長度及車流資料量考量，本研究選定於新竹市中華路二段作為車流影片拍攝路段(圖 3.4-1、圖 3.4-2)。



圖 3.4-1 新竹市影片拍攝地點之地理位置圖



圖 3.4-2 新竹地區車流影片拍攝地點：新竹市中華路二段

此段拍攝路段長度約 130 公尺，為兩線道車道，其車流影片之攝影可直接使用單一攝影機拍攝完整路段，且由路旁高樓拍攝角度能清楚觀察該路段上下游路口車輛轉向關係。另外中華路上亦有公車經過，此路段平行火車行駛路線，向下游路段行駛便會到達新竹火車站。此地點拍攝方式為攝影機與路段平行，因此畫面之車輛移動為由上而下的移動方式呈現，因此於使用車流軌跡程式收集影片資料時，須採用點擊車頭中點的位置來進行資料庫建置。

本研究分別於為研究車流於不同情景下之行為模式，涵蓋上午尖峰(07:33 – 08:13)及離峰時段(11:13 – 11:53)各 40 分鐘之影片時間。另外，特別需要注意的是此段路段之影片畫面左方為加油站，以至於車輛會產生向左強制變換車道並進入加油站之情況。針對此特殊情形於分析時由於強制型變換車道不屬於本研究的探討範圍，因此於資料建立模式時需允以篩選，以免造成分析變換車道車流行為時之誤差。

1. 尖峰時段車流

新竹尖峰時段未經篩選前之原始車流資料有 1477 台車輛，總計共 15844 筆車輛資料，詳細統計情況如下表。相較於台北地區資料而言，機車占總車輛數約 60%，資料筆數也約為 60%，顯示相較於台北地區，新竹地區駕駛人偏好於機動性較高的機車作為主要運具選擇。另外小汽車部分(含計程車)則約占資料總比數 39%，共 571 輛；公車則與小巴士占總資料筆數約 1%，顯示大眾運輸於新竹地區之班次及使用頻率相較於台北地區均偏低。

表 3.4-3 路段原始資料筆數(新竹尖峰時段)

項目	車種					總計
	機車	小汽車	計程車	小巴士	公車	
資料筆數	9623 (60.7%)	5977 (37.7%)	77 (0.5%)	16 (0.1%)	151 (1%)	15844
車輛數	891 (60.3%)	564 (38.2%)	7 (0.5%)	1 (0.1%)	14 (0.9%)	1477

依統計資料顯示，未經過任何篩選機制之原始資料主要以機車車輛為大宗，共 891 台且占原始資料之 60%，而其次則為小汽車(含計程車)571 台，囊括了新竹地區尖峰時段車流資料大宗。有關於車輛向左及向右變換車道統計部分，如台北地區統計資料，市區道路尖峰時段之車輛變換車道情形均偏低，且相較於台北地區之車流資料變換車道的比例更低。然而，未過濾前之資料同樣存有不合理之資訊(如強制變換車道進入加油站行為)，不適宜做為本研究模型分析使用，需待適當判斷並資料過濾後方可作為模型校估。

表 3.4-4 車輛車道變換資料量統計(新竹尖峰)

車種	編號	向右偏移		向左偏移		直行			資料量總數	
		資料筆數	車輛數	資料筆數	車輛數	資料筆數	直行車輛數	純粹直行車輛數	資料筆數	車輛數
機車	2	426(4.4%)	152	302(3.2%)	129	8895(92.4%)	891	649	9623	891
小汽車	3	177(3%)	56	80(1.3%)	20	5720(95.7%)	564	493	5977	564
計程車	7	1(1.3%)	1	1(1.3%)	1	75(97.4%)	7	6	77	7
小巴士	4	0(0%)	0	0(0%)	0	16(100%)	1	1	16	1
公車	5	4(2.6%)	3	8(5.3%)	3	139(92.1%)	14	11	151	14
總量		493	192	437	201	14914	1477	1153	15844	1477

2. 離峰時段車流

未經篩選前之離峰時段原始車流資料則有 1001 台車輛，總計共 12506 筆車輛資料，詳細統計情況如下表。其中，機車占總車輛數約 50%，資料筆數也約為 53%，顯示相較於離峰時段，新竹地區機車駕駛人比例相對降低。另外小汽車部分(含計程車)則約占資料總比數 49%，共 464 輛；公車則與小巴士占總資料筆數約 1%，顯示無論於尖峰或者離峰時段，新竹地區之大眾交通運輸使用頻率均偏低。

表 3.4-5 路段原始資料筆數(新竹離峰時段)

項目	車種					總計
	機車	小汽車	計程車	小巴士	公車	
資料筆數	6632 (53%)	5531 (44.2%)	225 (1.8%)	0 (0%)	118 (1%)	12506
車輛數	499 (49.9%)	474 (47.4%)	19 (1.9%)	0 (0%)	9 (0.8%)	1001

依統計資料顯示，未經過任何篩選機制之原始離峰時段資料仍以機車車輛為主要大宗，共 449 台且占原始資料之 50%，而其次則為小汽車(含計程車)493 台，占總車輛數 49%，同樣占了新竹地區離峰時段車流資料大宗，顯示新竹地區之車流資料無論在尖峰或離峰時段，主要都是以小汽車及機車交織的混合車流。而車輛向左及向右變換車道部分，如同台北地區與新竹市區道路尖峰時段之車流情況，車輛變換車道情形的比例均偏低。同樣如上述台北地區及新竹尖峰時段車流資料，未過濾前之原始資料庫內容具有不適宜作為分析之車流資料，需另行刪除以作為後續不同情景下的模型分析使用及比較。

表 3.4-6 車輛車道變換資料量統計(新竹離峰)

車種	編號	向右偏移		向左偏移		直行			資料量總數	
		資料筆數	車輛數	資料筆數	車輛數	資料筆數	直行車輛數	純粹直行車輛數	資料筆數	車輛數
機車	2	441(6.6%)	136	212(3.2%)	96	5979(90.2%)	499	313	6632	499
小汽車	3	156(2.8%)	53	73(1.3%)	35	5302(95.9%)	474	403	5531	474
計程車	7	9(4%)	2	5(2.2%)	2	211(93.8%)	19	15	225	19
小巴士	4	0(0%)	0	0(0%)	0	0(0%)	0	0	0	0
公車	5	3(2.5%)	2	5(4.3%)	2	110(93.2%)	9	6	118	9
總量		609	193	295	135	11602	1001	737	12506	1001

3.5 小結

欲建構微觀車流模式及分析相關行為須以實地收集車流資料作為分析基礎，而以往收集車流及判斷車輛向左或向右變換車道多以人工方式處理，難免於過程中產生誤判、資料收集不完整及可取得資料量偏低的缺失。因此，本研究運用(Lee et al., 2008)所開發之車流軌跡讀取程式，透過直接讀取影片檔案並採用人工點擊車流軌跡之方式完整記錄影片內所有車輛行駛軌跡，能有效獲得大量的實際車流資料，藉以建立車流資料庫。最後再配合撰寫簡單的程式及判斷規則擷取相關解釋變數，並辨別車輛左右偏向車道行為，作為小汽車建立變換車道模式之基礎。

而本研究之目的為分析車輛於不同情景下之微觀車流行為模式，因此分別採用於交通技術研發與人才培育規劃研究案內收集之台北市路段影片，以作為建立主要小汽車變換車道模式基礎。為了解車輛於不停情景下之行為，本研究另外於新竹市區挑選中華路二段分別拍攝尖峰、離峰時段之車流影片，運用同樣的資料收集方式建立車流資料庫，作為主要分析不同情景下車流行為的對象，期望可找出適用於不同道路情景下之參數及模型。

第四章 汽車車道變換模式

4.1 模式建構

4.1.1 個體選擇模型

國內特有之混和車流與國外車流行為有極大之差異，而混合車流內小汽車與機車之變換車道行為模式也有所不同。欲構建汽車車道變換模式，須將原始資料庫內各個時點之本車資料找出相對應之鄰車車輛資訊，而由於建置完成之資料庫數量龐大，因此本研究透過撰寫程式作為篩選每筆資料之鄰車車輛方式，並依所欲分析之資料擷取相關變數，最後則透過獨立出本車車種屬於小汽車之資料後，作為本研究探討的依據。

車流的變換車道模式屬於個體選擇模式行為，可運用於駕駛人於變換不同車道選擇行為，本研究使用之離散選擇模式為個體選擇模式中之多項羅吉特模式，將本車駕駛人選擇的目標車道區分為直行、往左向車道、往右向車道三類行為，並選取其選擇行為最大化之效用方案。駕駛人 n 選擇方案 i 之效用為 U_{ni} ，但由於個體選擇模式無法完全衡估個體對於方案之選擇，且效用無法精準測得因此產生隨機性之概念，其效用可分為可衡量的效用與不可衡量(無法預知)的誤差項兩部分，其中羅吉特模式令其誤差項具獨立性且各變數間服從相同之 Gumble 分配(方案間需相互獨立)。其效用函數及相關參數表示如下：

$$U_{ni} = V_{ni} + \varepsilon_{ni} \quad (3)$$

$$V_{ni} = \alpha_i + \beta_{i1} \times x_{n1} + \beta_{i2} \times x_{n2} + \dots + \beta_{ik} \times x_{nk} \quad (4)$$

U_{ni} ：駕駛人 n 選擇方案 i 之效用

V_{ni} ：駕駛人 n 選擇方案 i 之可衡量效用

ε_{ni} ：駕駛人 n 選擇方案 i 之不可衡量誤差項

α_i ：常數項(方案特定常數)

β_{ik} ：方案 i 第 k 個解釋變數之校估參數

透過模式校估參數後，可得各駕駛人選擇方案 i 之選擇機率如下：

$$P_{ni} = \frac{\exp(V_{ni})}{\sum_{j \in J_n} \exp(V_{nj})} \quad (5)$$

多項羅吉特模式中，本研究判斷小汽車變換車道時採用之替選方案效用分別為： V_1 =向前直行車輛、 V_2 =向左變換車道、 V_3 =向右變換車道，共三類選擇方案效用分別代表小汽車於行進時所選擇方案對於駕駛人產生的效用。而此三種不同之效用函數則藉由擷取變數並透過參數校估該資料點之結果，分析駕駛於該時點下之選擇行為機率和計算其方案效用大小，藉以建立小汽車之變換車道行為模式。

4.1.2 效用函數

小汽車之車道變換模式需考量駕駛人於變換車道動作時主要影響選擇行為應受前方鄰近車種之影響，且本研究認為直行方案與向左及向右變換車道方案為不同屬性之行為，因此將前車與鄰前車解釋變數視為方案特定變數分別給予不同的參數值。本研究於建構模式時選用之解釋變數包含：本車與鄰車之相對距離、相對速度以及鄰車之車種...等。當選擇方案為向前直行時，考量之解釋變數包含本車與前車之相對 X 軸距離、與前車之相對速度以及本車行駛速度三項解釋變數；當選擇方案為向左變換車道時，效用函數所需考量之解釋變數則包含本車與左前車之 X 軸距離、與左前車之相對速度、左前車車種、與左後車之相對 X 軸距離、與左後車之相對速度、左後車車種六項解釋變數；當選擇向右變換車道時，效用函數考量之解釋變數則相對於向左變換車道，共六項解釋變數。

而李健豪 (2012)於構建小汽車變換車道模式的方案效用函數中採用變數包含：與鄰前車相對速度(含前車、左前車及右前車)與相對距離、鄰後車之相對速度與相對距離，但所採用的前車與鄰前車相對速度及相對距離解釋變數皆屬共生變數，認為直行方案與向左及向右變換車道方案屬於同屬性，因此將前車與鄰前車解釋變數視為方案特定變數因此分別給予相同的參數值。其構建之變換車道模式及選用之解釋變數說明如下：

表 4.1-1 小汽車變換車道模式解釋變數說明

變數名稱	變數說明
ASCL / ASCR	常數(左 / 右)
DX_F	與前車相對 X 軸距離
DX_LF / DX_RF	與左前車相對 X 軸距離 / 與右前車相對 X 軸距離
DX_LB / DX_RB	與左後車相對 X 軸距離 / 與右後車相對 X 軸距離
DV_F	與前車相對速度
DV_LF / DV_RF	與左前車相對速度 / 與右前車相對速度
Mode_F	前車車種
Mode_LF / Mode_RF	左前車車種 / 右前車車種
Mode_LB / Mode_RB	左後車車種 / 右後車車種

1. Model A₁

$$V_1 = \beta_{DX} \times DX_F + \beta_{DV} \times DV_F \quad (6)$$

(7)

$$V_2 = ASCL + \beta_{DX} \times DX_LF + \beta_{DV} \times DV_LF + \beta_{DXB} \times DX_LB + \beta_{DVB} \times DV_LB \quad (8)$$

$$V_3 = ASCR + \beta_{DX} \times DX_RF + \beta_{DV} \times DV_RF + \beta_{DXB} \times DX_RB + \beta_{DVB} \times DV_RB$$

此模式為李健豪 (2012)所構建小汽車變換車道模式，將前車及鄰前車相對速度及相對距離解釋變數視為同屬性之共生變數，然而本研究認為向左及向右變換車道方案與車輛選擇繼續直行前進之行為屬於不同屬性之方案，因此另外給予不同之參數，其模式如下：

2. Model B₁

$$V_1 = \beta_{DX1} \times DX_F + \beta_{DV1} \times DV_F \quad (9)$$

$$V_2 = ASCL + \beta_{DX2} \times DX_LF + \beta_{DV2} \times DV_LF + \beta_{DXB} \times DX_LB + \beta_{DVB} \times DV_LB \quad (10)$$

$$V_3 = ASCR + \beta_{DX2} \times DX_RF + \beta_{DV2} \times DV_RF + \beta_{DXB} \times DX_RB + \beta_{DVB} \times DV_RB \quad (11)$$

另外，又考量變換車道模式本車選擇行為應受到自身之行駛速度變數之影響，因此加入本車車速，構建另一變換車道模式如下：

3. Model C₁

$$V_1 = \beta_{DX1} \times DX_F + \beta_{DV1} \times DV_F + \beta_V \times V \quad (12)$$

$$V_2 = ASCL + \beta_{DX2} \times DX_LF + \beta_{DV2} \times DV_LF + \beta_{DXB} \times DX_LB + \beta_{DVB} \times DV_LB \quad (13)$$

$$V_3 = ASCR + \beta_{DX2} \times DX_RF + \beta_{DV2} \times DV_RF + \beta_{DXB} \times DX_RB + \beta_{DVB} \times DV_RB \quad (14)$$

最後，考量變換車道模式受本車之行駛速度影響與各時點之鄰車車種影響，構建選擇模式效用函數如下：

4. Model D₁

$$V_1 = \beta_{DX1} \times DX_F + \beta_{DV1} \times DV_F + \beta_{M1} \times Mode_F + \beta_V \times V \quad (15)$$

$$V_2 = ASCL + \beta_{DX2} \times DX_LF + \beta_{DV2} \times DV_LF + \beta_{M2} \times Mode_LF + \beta_{DXB} \times DX_LB \\ + \beta_{DVB} \times DV_LB + \beta_{MB} \times Mode_LB \quad (16)$$

$$V_3 = ASCR + \beta_{DX2} \times DX_RF + \beta_{DV2} \times DV_RF + \beta_{M2} \times Mode_RF + \beta_{DXB} \\ \times DX_RB + \beta_{DVB} \times DV_RB + \beta_{MB} \times Mode_RB \quad (17)$$

透過解釋變數選擇組合的不同，本研究構建四種型態之變換車道模式，而本研究則以此四種模式做為不同情景下車流資料之變換車道模式，並進行模式之參數校估及對於車輛變換車道解釋能力比較。

4.2 校估結果

依上一節解釋變數選擇的不同組合，本研究構建四種型態的變換車道模式，並以本研究建立之台北市忠孝東路四段之車流資料庫為例，由表 2 可知資料庫內之小汽車資料筆數有 10422 筆而計程車則有 8207 筆，然而由於計程車有其特殊之營運行為，因此於本模式中暫不列為分析考量之對象。從表 5 的資料統計可發現，小汽車於市區道路行駛時，向左及向右變換車道之情況比例偏低，分別為 96 筆和 281 筆，佔所有資料比例僅 0.9% 及 2.7%，若直接將所有小汽車資料進行參數校估，會產生選擇行為皆為「直行」的情況，也使得 Rho-square 值過高，因此於分析小汽車資料時，需進行適當之過濾，以排除有問題且本車速度為 0 之資料。另外，強制型變換車道之行為由於不屬於本研究變換車道模型的探討範圍，因此強制型變換車道之車流資料也允以排除。

其參數校估則採用 Biogeme2.2(Bierlaire, 2008)校估與分析，將四個模式測試結果列表如下：

表 4.2-1 變車道模式 Model A₁ 校估結果(台北地區)

變數名稱	參數值	t 值
ASCC	0.00	
ASCL	-2.12	-10.65
ASCR	-2.14	-11.01
β_{DV} (前車及左、右前車相對速度)	0.255	3.97
β_{DVB} (左、右後車相對速度)	0.203	3.55
β_{DX} (前車及左、右前車相對距離)	1.18	3.25
β_{DXB} (左、右後車相對距離)	5	10.08
校估參數數目：6 分析資料筆數：483 Init log-likelihood：-499.409 Final log-likelihood：-383.975 Likelihood ratio test：230.867 Rho-square：0.231 Adjusted rho-square：0.219		

表 4.2-2 變車道模式 Model B₁ 校估結果(台北地區)

變數名稱	參數值	t 值
ASCC	0.00	
ASCL	-3.25	-11.83
ASCR	-3.29	-12.21
β_{DV1} (前車相對速度)	0.25	2.58
β_{DV2} (左、右前車相對速度)	0.277	3.62
β_{DVB} (左、右後車相對速度)	0.197	3.36
β_{DX1} (前車相對距離)	-3.34	-4.15
β_{DX2} (左、右前車相對距離)	3.12	6.61
β_{DXB} (左、右後車相對距離)	3.95	7.57
校估參數數目：8 分析資料筆數：483 Init log-likelihood：-499.409 Final log-likelihood：-353.817 Likelihood ratio test：291.184 Rho-square：0.292 Adjusted rho-square：0.276		

表 4.2-3 變車道模式 Model C₁ 校估結果(台北地區)

變數名稱	參數值	t 值
ASCC	0.00	
ASCL	-1.69	-4.11
ASCR	-1.64	-4.11
β_{DV1} (前車相對速度)	0.365	3.56
β_{DV2} (左、右前車相對速度)	0.236	3.06
β_{DVB} (左、右後車相對速度)	0.294	4.75
β_{DX1} (前車相對距離)	-3.68	-4.04
β_{DX2} (左、右前車相對距離)	3.06	6.31
β_{DXB} (左、右後車相對距離)	3.56	6.72
β_V (本車速度)	0.472	5.2
校估參數數目：9 分析資料筆數：483 Init log-likelihood：-499.409 Final log-likelihood：-338.898 Likelihood ratio test：321.021 Rho-square：0.321 Adjusted rho-square：0.303		

表 4.2-4 變車道模式 Model D₁ 校估結果(台北地區)

變數名稱	參數值	t 值
ASCC	0.00	
ASCL	-1.79	-2.97
ASCR	-1.81	-3.06
β_{DV1} (前車相對速度)	0.277	2.45
β_{DV2} (左、右前車相對速度)	0.140	1.71*
β_{DVB} (左、右後車相對速度)	0.251	3.73
β_{DX1} (前車相對距離)	-3.76	-4.11
β_{DX2} (左、右前車相對距離)	2.58	5.29
β_{DXB} (左、右後車相對距離)	3.87	6.65
β_{M1} (前車車種)	-0.358	-1.98
β_{M2} (左、右前車車種)	-0.453	-3.75
β_{MB} (左、右後車車種)	0.196	1.58*
β_V (本車速度)	0.479	4.98
校估參數數目：12 分析資料筆數：483 Init log-likelihood：-499.409 Final log-likelihood：-329.610 Likelihood ratio test：339.599 Rho-square：0.34 Adjusted rho-square：0.316		

以 Model D₁ 為例作說明，其模式測試結果如表 4.2-4 所示，參數校估結果之正負值、常數項大致符合原有預測結果，僅鄰後車車種參數之正負值與預測有差異，推測原因為小汽車駕駛人較不偏好行駛於小型車及機車前方之因素。此外，校估之參數與鄰前車之相對速度和與鄰後車車種兩個不顯著外，其餘參數校估結果皆屬顯著。

而 Model D₁ 之小車道變換模式的結果如下所示：

$$V_1 = -3.76 \times DX_F + 0.277 \times DV_F + (-0.358) \times Mode_F + 0.479 \times V$$

$$V_2 = -1.79 + 2.58 \times DX_{LF} + 0.14 \times DV_{LF} + (-0.453) \times Mode_{LF} + 3.87 \times DX_{LB} + 0.251 \times DV_{LB} + 0.196 \times Mode_{LB}$$

$$V_3 = -1.81 + 2.58 \times DX_{RF} + 0.14 \times DV_{RF} + (-0.453) \times Mode_{RF} + 3.87 \times DX_{RB} + 0.251 \times DV_{RB} + 0.196 \times Mode_{RB}$$

然而以上四項羅吉特模式(Model A、Model B、Model C、Model D)校估的結果僅就對於不同解釋變數考量下所建立之模式，其模型預測能力是否良好無法單純以 Rho-square 值作為評估模式預測能力之標準，因此需透過羅吉特模式之統計檢定特性做比較。

4.3 模式結果之比較及統計檢定

為瞭解不同模型對於小汽車實際變換車道行為之預測能力，需針對以上四種羅吉特選擇模式做比較，以選擇出最具解釋能力之模型。然而模型之預測能力無法單純以 Rho-square 值做為比較的評估標準，因此本研究採用概似比檢定統計方法以分析共生變數和方案特定變數之假設是否合理，以及比較各個羅吉特模型之解釋能力與資料間之配適能力並找出最適當之選擇行為模式，作為其後比較車流行為於不同情景下之參考。依據 Ben-Aakiva and Lerman (1985)其共生變數虛無假設之概似比檢定統計量為：

$$-2(\mathcal{L}(\beta_G) - \mathcal{L}(\beta_{AS})) \quad (18)$$

其中，統計量服從卡方檢定，自由度為($K_{AS} - K_G$)，若檢定統計量大於 χ^2 值則拒絕虛無假設，認定模式有改善。

依上述檢定量所示，比較 Model A₁ 與本研究選擇模式最相近之 Model B₁，比較結果如下：

$$-2(-383.975 + 353.817) = 60.316 > \chi^2_{2,0.95} = 5.9915$$

其檢定統計量為 60.316 大於 $\chi^2_{2,0.95} = 5.9915$ ，因此拒絕虛無假設，比較結果顯示 Model B₁ 具有較好之解釋能力，推測應將直行前進及鄰側車道選擇方案之解釋變數分別作考量較為合理。依同樣統計方法，比較其他模式結果如下：

$$\text{Model B}_1 \text{ v.s Model C}_1 \\ -2(-353.817 + 338.898) = 29.838 > \chi^2_{1,0.95} = 3.841$$

$$\text{Model C}_1 \text{ v.s Model D}_1 \\ -2(-338.898 + 329.61) = 18.576 > \chi^2_{3,0.95} = 7.815$$

由上述統計方法結果可知，Model D₁之解釋能力較佳，其次為 Model C₁，最後則為 Model B₁ 和 Model A₁。推估本研究所建立的此四個模式內解釋變數越多，對於模型擁有較佳的解釋能力，較符合實際之行為情況。是以，本研究於後續不同情景行為模式深入探討時將採用 Model D₁ 作為小汽車行為模式基礎，並分析其參數是否產生差異和適用性問題。

4.4 小結

本章透過考量解釋變數的不同構建小汽車變換車道行為模式，其主要相關影響變數包含本車車速、與鄰前車之相對距離和相對速度、與鄰後車之相對距離和相對速度、鄰車車種等。另外，本研究考量向左與向右變換車道行為與車輛直行前進屬不同屬性之方案，因此建立模式時分別給予不同之參數作校估，並配合選用解釋變數的不同構建四種類型模式，期望能透過此種修正方法找出對於車流行為資料解釋能力最佳之模式。

而本研究則以國內台北地區尖鋒時段的車流資料進行四種類型模式之參數較估，校估之結果大致符合預測。另模式是否具較佳之解釋能力無法單純以 Rho-square 值做為比較的評估標準，須透過檢定統計方法以判斷模式對於資料之預測能力，最後經概似比統計方法後可得知四種模式中選用之變數數目越多，模式對於車流行為的解釋能力越佳，其中以 Model D₁ 對於實際之行為情況預測能力最佳，最能反映真實車流行為。因此，本研究將以本章所論述之四種小汽車變換車道行為模式為基礎，以分析不同情景下車輛之變換車道行為。

第五章 新竹地區模式比較分析

5.1 新竹地區車流資料

5.1.1 新竹地區資料庫建立

本研究已於第四章建立基礎之小汽車車道變換模式並針對台北市忠孝東路四段所收集之 30 分鐘車流影片資料庫作初步之分析及於四種模式下校估參數並比較選用不同解釋變數之模式對於車流資料之解釋能力。而為模式是否於可適用於不同路段、不同時段等差異之「情景」，仍須深入研究探討。為此本研究於針對第三章所收集之新竹地區中華路二段路段於尖峰及離峰時段之不同情景下作車流行為調查，完成各 40 分鐘車流影片的拍攝以及資料收集與過濾，與台北地區採同樣方式使用車流軌跡讀取程式將影片車流資料分別建置新竹地區尖、離峰資料庫，做為不同情景之分析基礎資訊。

收集並建置完成後之車流資料庫可將所有變數資料統計整理，與其他鄰近車輛的相對距離以及相對速度和車種的分析資料統整，作為分析相關資料之解釋變數，並透過相同方式擷取對應之解釋變數及判斷本車產生之變換車道行為等資料的整理後，即可將建置完成之資料庫應用於後續之模式建立及參數校估。

5.1.2 新竹地區尖峰時段資料

本研究於 2013 年 2 月 25 日星期一於新竹地區上午上班之尖峰時段(07:33 – 08:13)於選定之中華路二段進行車流影片的拍攝，將所有資料收集齊全之後，為分析駕駛人於新竹地區尖峰時段變換車道產生之選擇行為，必須將各時點下小汽車為本車之資料進行車輛偏向資料統計。

首先將原始資料所有筆數帶入判斷，過濾資料則是將所有的資料筆數進行錯誤過濾，主要將不符合的向左與向右偏向資料過濾，例如上游路口右轉、路邊停等或右轉等強制型變換車道行為，因不屬於本研究之探討與分析範圍，因此需予以過濾。最後採用的小樣本分析資料則是保留所有具備正確向左變換車道與向右變換車道的車輛資料筆數，並保留該車輛的直行資料，作為進行模式建立的資料來源。

5.1.3 新竹地區離峰時段資料

新竹地區離峰時段之車流影片則於同一日上午 11:13 至 11:53 進行車流影片拍攝，離峰時段車流資料依同樣的方式判斷左右偏向行為，並進行車流資料的偏向資料統計。

不同於新竹尖峰的時段車流行為，離峰時段雖然同樣有 40 分鐘影片的資料量，但是駕駛人於路段行駛時較無變換車道之行為，推測離峰時段由於車道的密度較低，導致駕駛人較無變換車道之需求，故小汽車選擇向左或向右偏移的資料筆數也較少。而分析使用的樣本保留所有具備正確向左變換車道與向右變換車道的車輛資料筆數，再保留該車輛的直行資料以作為模式建立來源。

5.2 新竹地區尖峰時段車流資料分析

5.2.1 尖峰時段模式分析

針對新竹地區尖峰時段車流資料構建小汽車變換車道模式部分，則參考第四章構建小汽車變換車道選擇行為模式時，依考量變數屬型及選用解釋變數之不同，將所建立之四種類型選擇模式效用函數進行新竹中華路二段的尖峰時段車流資料作模式分析。

另外，經參數校估後由於鄰後車之相對距離、相對速度、鄰後車車種等其校估的結果皆不顯著，因此於新竹地區尖峰時段模式不採用鄰後車相關變數作為模式之解釋變數使用，而最後得到四個模式測試之結果如下列表所示：

表 5.2-1 變車道模式 Model A₂ 校估結果(新竹地區尖峰時段)

變數名稱	參數值	t 值
ASCC	0.00	
ASCL	-3.14	-9.68
ASCR	-1.91	-8.11
β_{DV} (前車及左、右前車相對速度)	1.45	6.35
β_{DX} (前車及左、右前車相對距離)	5.11	6.06
校估參數數目：4 分析資料筆數：247 Init log-likelihood：-271.357 Final log-likelihood：-137.273 Likelihood ratio test：268.169 Rho-square：0.494 Adjusted rho-square：0.479		

表 5.2-2 變車道模式 Model B₂ 校估結果(新竹地區尖峰時段)

變數名稱	參數值	t 值
ASCC	0.00	
ASCL	-2.47	-3.90
ASCR	-1.29	-2.30
β_{DV1} (前車相對速度)	1.71	5.43
β_{DV2} (左、右前車相對速度)	1.32	5.71
β_{DX1} (前車相對距離)	6.10	5.47
β_{DX2} (左、右前車相對距離)	4.55	4.46
校估參數數目：6 分析資料筆數：247 Init log-likelihood：-271.357 Final log-likelihood：-135.067 Likelihood ratio test：272.581 Rho-square：0.502 Adjusted rho-square：0.480		

表 5.2-3 變車道模式 Model C₂ 校估結果(新竹地區尖峰時段)

變數名稱	參數值	t 值
ASCC	0.00	
ASCL	-4.00	-3.63
ASCR	-2.80	-2.67
β_{DV1} (前車相對速度)	1.52	4.58
β_{DV2} (左、右前車相對速度)	1.43	5.85
β_{DX1} (前車相對距離)	6.82	5.56
β_{DX2} (左、右前車相對距離)	4.49	4.33
β_V (本車速度)	-0.384	-1.69
校估參數數目：7 分析資料筆數：247 Init log-likelihood：-271.357 Final log-likelihood：-133.613 Likelihood ratio test：274.488 Rho-square：0.508 Adjusted rho-square：0.482		

表 5.2-4 變車道模式 Model D₂ 校估結果(新竹地區尖峰時段)

變數名稱	參數值	t 值
ASCC	0.00	
ASCL	-6.90	-4.81
ASCR	-5.65	-4.05
β_{DV1} (前車相對速度)	1.35	4.13
β_{DV2} (左、右前車相對速度)	1.32	5.49
β_{DX1} (前車相對距離)	3.63	2.67
β_{DX2} (左、右前車相對距離)	4.43	4.14
β_{M1} (前車車種)	-0.967	-3.70
β_{M2} (左、右前車車種)	-0.0731	-0.31*
β_V (本車速度)	-0.541	-2.26
校估參數數目：9 分析資料筆數：247 Init log-likelihood：-271.357 Final log-likelihood：-127.048 Likelihood ratio test：288.619 Rho-square：0.532 Adjusted rho-square：0.499		

同樣以 Model D₂ 為例說明，其小車道變換模式的結果如下所示：

$$V_1 = 3.63 \times DX_F + 1.35 \times DV_F + (-0.967) \times Mode_F + (-0.541) \times V$$

$$V_2 = -6.9 + 4.43 \times DX_LF + 1.32 \times DV_LF + (-0.0731) \times Mode_LF$$

$$V_3 = -5.65 + 4.43 \times DX_RF + 1.32 \times DV_RF + (-0.0731) \times Mode_RF$$

模型預測能力是否良好如同第四章所論述無法單以 Rho-square 值作為比較分析模式預測能力之標準，因此採用同樣採用概似比檢定統計方法比較本研究之四種羅吉特模型之解釋能力與資料間之配適能力並找出最適當之選擇行為模式。將相同的模式進行新竹中華路二段的尖峰時段模式測試分析，四種模式進行統計檢定檢定，比較 Model A₂ 與本研究選擇模式最相近之 Model B₂ 如下：

$$-2(-137.273 + 135.067) = 4.412 < \chi^2_{2,0.95} = 5.9915$$

其檢定統計量 4.412 小於 $\chi^2_{2,0.95} = 5.9915$ ，因此接受虛無假設，比較結果顯示新竹地區尖峰車流資料在 Model A₂ 具有較好之解釋能力。依同樣統計方法，比較其他模式結果如下：

Model A₂ vs. Model C₂

$$-2(-137.273 + 133.613) = 7.32 < \chi^2_{3,0.95} = 7.815$$

Model A₂ vs. Model D₂

$$-2(-137.273 + 127.048) = 20.45 > \chi^2_{5,0.95} = 11.070$$

由上述統計方法比較結果可得知，Model D₂ 之解釋能力較佳，其次為 Model A₂，最後則為 Model B₂ 和 Model C₂。因此，新竹地區的尖峰時段情景行為模式仍將採用 Model D₂ 作為小汽車變換車道行為模式進行分析。

比較新竹地區的中華路二段尖峰時段與台北地區模式差異的部分，由於新竹地區尖峰時段資料經測試後發現，鄰後車車輛相關解釋變數校估出之結果皆不顯著，可表示後方鄰近車輛相關變數對於本車車輛於變換車道選擇決策行為時的影響力較低，故本研究於新竹地區尖峰時段情景下之模式暫不考慮後方車輛的影響。另外，此情景之變換車道

行為模式除了沒有放入後方鄰近車輛影響變數，選擇模式效用函數 Model A 到 Model D 主要考量的變數皆相同。

5.2.2 新竹尖峰時段資料與台北尖峰時段資料比較

將新竹市區中華路二段的尖峰時段資料，與台北忠孝東路的早上尖峰時段資料進行比較，經概似比檢定統計方法皆顯示 Model D 對於車流行為資料之解釋能力較佳，因此使用同樣的 Model D 進行參數校估後，比較模式參數結果如下表所示。

表 5.2-5 台北忠孝東路 vs. 新竹中華路尖峰 (Model D)

台北 Model D ₁			新竹 Model D ₁			新竹 Model D ₂ (不考慮後車)		
變數名稱	參數值	t 值	變數名稱	參數值	t 值	變數名稱	參數值	t 值
ASCC	0		ASCC	0		ASCC	0	
ASCL	-1.79	-2.97	ASCL	-6.02	-3.87	ASCL	-6.90	-4.81
ASCR	-1.81	-3.06	ASCR	-4.72	-3.16	ASCR	-5.65	-4.05
β_{DV1}	0.277	2.45	β_{DV1}	1.33	4.04	β_{DV1}	1.35	4.13
β_{DV2}	0.14	1.71*	β_{DV2}	1.35	5.46	β_{DV2}	1.32	5.49
β_{DX1}	-3.76	-4.11	β_{DX1}	3.55	2.60	β_{DX1}	3.63	2.67
β_{DX2}	2.58	5.29	β_{DX2}	4.43	4.06	β_{DX2}	4.43	4.14
β_{M1}	-0.358	-1.98	β_{M1}	-0.949	-3.64	β_{M1}	-0.967	-3.70
β_{M2}	-0.453	-3.75	β_{M2}	-0.160	-0.63*	β_{M2}	-0.0731	-0.31*
β_V	0.479	4.98	β_V	-0.610	-2.40	β_V	-0.541	-2.26
β_{DVB}	0.251	3.73	β_{DVB}	-0.0138	-0.09*	分析資料筆數：247 Init log-likelihood：-271.357 Final log-likelihood：-127.048 Adjusted rho-square：0.499		
β_{DXB}	3.87	6.65	β_{DXB}	-2.27	-2.09			
β_{MB}	0.196	1.58*	β_{MB}	-0.406	-1.47*			
分析資料筆數：483 Init log-likelihood：-499.409 Final log-likelihood：-329.610 Adjusted rho-square：0.316			分析資料筆數：247 Init log-likelihood：-271.357 Final log-likelihood：-124.265 Adjusted rho-square：0.498					

另外也針對 Model C 進行比較分析，可以比較不同的模式對於台北地區和新竹尖峰時段這兩個不同情景的資料分析差異，使用 Model C 進行模式參數比較結果則如表 5.2-2 所示。

表 5.2-6 台北忠孝東路 vs. 新竹中華路尖峰 (Model C)

台北 Model C ₁			台北 Model C ₂ (不考慮後車)			新竹 Model C ₂		
變數名稱	參數值	t 值	變數名稱	參數值	t 值	變數名稱	參數值	t 值
ASCC	0.00		ASCC	0.00		ASCC	0.00	
ASCL	-1.69	-4.11	ASCL	-1.38	-3.87	ASCL	-4.00	-3.63
ASCR	-1.64	-4.11	ASCR	-1.14	-3.23	ASCR	-2.80	-2.67
β_{DV1}	0.365	3.56	β_{DV1}	0.406	4.12	β_{DV1}	1.52	4.58
β_{DV2}	0.236	3.06	β_{DV2}	0.155	2.12	β_{DV2}	1.43	5.85
β_{DVB}	0.294	4.75	β_{DX1}	-4.21	-4.99	β_{DX1}	6.82	5.56
β_{DX1}	-3.68	-4.04	β_{DX2}	4.09	8.70	β_{DX2}	4.49	4.33
β_{DX2}	3.06	6.31	β_V	0.401	5.07	β_V	-0.384	-1.69
β_{DXB}	3.56	6.72	分析資料筆數：483			分析資料筆數：247		
β_V	0.472	5.20	Init log-likelihood：-499.409			Init log-likelihood：-271.357		
分析資料筆數：483			Final log-likelihood：-378.438			Final log-likelihood：-133.613		
Init log-likelihood：-499.409			Adjusted rho-square：0.228			Adjusted rho-square：0.482		
Final log-likelihood：-338.898								
Adjusted rho-square：0.303								

比較新竹與台北尖峰時段的模式(Model C 與 Model D)可以發現有兩項參數之校估結果正負號相反：

前車相對距離(DX1)：台北為負號(-)，新竹為正號(+)

本車速度(V)正負號：台北為正號(+)，新竹(-)為負號。

推測造成兩者校估結果相反的原因為台北市忠孝東路為四線道之車道，路段較長，故駕駛者若想抵達目的地必須提前變換車道至目標車道，才不會錯過路口轉彎的機會，且台北公車和計程車數量龐大，經常行駛切換於外側車道。另外，台北地區路段的車流密度較新竹地區高，若本車能加速(V)，則會繼續保持直行以避免被切入，因此駕駛者會盡量拉近與前車之相對距離(DX1)跟車而減少變換車道。

而新竹地區中華路二段則為兩線道車道，路段較短。駕駛毋須刻意為了抵達目的地而提早變換至目標車道，即使接近路口再變換車道也來的及，且市區道路公車和計程車數量極少不會阻擋小汽車駕駛，故會盡量行駛較快速的行車道。此外，由於新竹市區路段車流密度較低，本車若能加速(V)行駛，則容易變換車道以換取更好的駕駛空間，使得與前方車輛相對距離(DX1)拉遠，不會阻擋到本車駕駛並繼續直行。

透過校估完成之參數分析比較後，整理兩車流資料庫之行為特性如下：

1. 尖峰時段之車流資料由於車輛密度較高，車輛變換車道選擇行為容易受到鄰近車輛相關變數之影響。
2. 經統計檢定後發現，尖峰時段車流資料之解釋變數越多，對於行為模式之解釋能力較佳。
3. 由參數校估結果顯示，鄰後車相關影響變數之參數多為不顯著，顯示鄰後車相關變數對於新竹地區尖峰時段之駕駛人而言，較不影響變換車道方案之選擇。
4. 台北地區與新竹地區尖峰時段前車相對距離及本車速度兩變數校估之參數值結果相反，顯示台北地區駕駛人為維持原車道行駛偏好於加快本車速度並拉近與前車之距離，而新竹地區駕駛人則為換取較佳之行駛空間，會產生加速以利變換車道，並與前方車輛保持一定之距離。

5.3 新竹地區離峰時段車流資料分析

5.3.1 離峰時段模式分析

新竹地區離峰時段車流資料構建小汽車變換車道模式部分，同樣比照尖峰時段車流資料進行本研究之小汽車四種類型變換車道行為模式分析。經過校估後之模式同樣顯示鄰後車之相對距離、相對速度、鄰後車車種等校估的結果不顯著，顯示新竹地區無論尖峰或離峰時段，鄰後車的相關解釋變數對於車輛產生變換車道行為皆無顯著影響力，其 Model A₃ 校估結果如表 5.3-1：

表 5.3-1 變車道模式 Model A₃ 校估結果(新竹地區離峰時段)

變數名稱	參數值	t 值
ASCC	0.00	
ASCL	-1.94	-6.90
ASCR	-2.06	-8.03
β_{DV} (前車及左、右前車相對速度)	0.723	4.82
β_{DX} (前車及左、右前車相對距離)	4.61	5.58
校估參數數目：4 分析資料筆數：236 Init log-likelihood：-205.751 Final log-likelihood：-129.917 Likelihood ratio test：151.669 Rho-square：0.369 Adjusted rho-square：0.349		

由上表可知，Model A₃ 對於離峰時段車流資料校估之結果參數皆為顯著(表 5.3-1)，顯示 Model A 對於離峰時段模式之解釋能力良好，因此以同樣的方式將新竹地區離峰時段資料使用本研究所論述之四種模式做參數校估。然而，Model B 校估之參數結果在常數項、相對速度及相對距離此類本研究認為會影響變換車道之相關參數項，皆出現不顯著之結果(如下表 5.3-2)。且經測試其他模式後發現，即便增加解釋變數，其校估之參數結果為如同台北地區資料參數呈現顯著，反而皆出現嚴重不顯著之情況。

表 5.3-2 變車道模式 Model B 校估結果(新竹地區離峰時段)

變數名稱	參數值	t 值
ASCC	0.00	
ASCL	-0.292	-0.55*
ASCR	-0.448	-0.88*
β_{DV1} (前車相對速度)	0.831	4.91
β_{DV2} (左、右前車相對速度)	0.300	1.38*
β_{DX1} (前車相對距離)	6.55	6.29
β_{DX2} (左、右前車相對距離)	1.95	1.96*
校估參數數目：6 分析資料筆數：236 Init log-likelihood：-205.751 Final log-likelihood：-121.821 Likelihood ratio test：167.861 Rho-square：0.408 Adjusted rho-square：0.379		

經測試結果後發現，以新竹尖峰時段所使用之四種模式並採用離峰時段資料進行校估，僅 Model A 產生顯著，其他模式校估之結果皆不顯著。考量新竹地區離峰時段車流量及車流密度低，且經校估之結果顯示其向左或向右變換車道之行為與車輛選擇直行前進兩類行為方案對於離峰時段駕駛人而言並無較大之差異，因此本研究於新竹離峰時段資料修正小汽車變換車道選擇行為模式，將向左與向右變換車道方案認定為同屬性並給予相同之參數值，修正後之變換車道行為模式如下：

1. Model A₃

$$V_1 = \beta_{DX} \times DX_F + \beta_{DV} \times DV_F \quad (19)$$

$$V_2 = ASCL + \beta_{DX} \times DX_LF + \beta_{DV} \times DV_LF \quad (20)$$

$$V_3 = ASCR + \beta_{DX} \times DX_RF + \beta_{DV} \times DV_RF \quad (21)$$

此種模式近似於李健豪 (2012) 所構建小汽車變換車道模式，將前車及鄰前車的相對速度與相對距離視為同屬性的共生變數，意即駕駛人視向左與向右變換車道和選擇繼續直行前進之行為認定為相同屬性之方案。由於新竹地區資料於校估時顯示鄰後車之相關變數校估結果皆顯示對於駕駛人變換車道影響不大且不顯著，因此於模式使用時暫不考慮鄰後車之相關解釋變數。

而本研究所提出之 Model B 在合併向左及向右變換車道方案後，在模式使用之參數則與 Model A₃ 之型式相同，意即修正後之 Model B₃ 模式等同於 Model A₃。

同樣考量變換車道模式可能受本車自身之行駛速度變數影響並將向左及向右變換車道行為與選擇直行前進視為同屬性方案，將 Model C 模式修改如下：

2. Model C₃

$$V_1 = \beta_{DX} \times DX_F + \beta_{DV} \times DV_F + \beta_V \times V \quad (22)$$

$$V_2 = ASCL + \beta_{DX} \times DX_LF + \beta_{DV} \times DV_LF \quad (23)$$

$$V_3 = ASCR + \beta_{DX} \times DX_RF + \beta_{DV} \times DV_RF \quad (24)$$

最後同樣在向左、右變換車道及直行前進屬同屬性方案之準則下，另外考量本車行駛時之變換車道決策行為可能受到鄰車車種影響，將鄰車車種變數給予相通之參數，修正 Model D 模式並構建選擇模式效用函數如下：

3. Model D₃

$$V_1 = \beta_{DX} \times DX_F + \beta_{DV} \times DV_F + \beta_M \times Mode_F + \beta_V \times V \quad (25)$$

$$V_2 = ASCL + \beta_{DX} \times DX_LF + \beta_{DV} \times DV_LF + \beta_M \times Mode_LF \quad (26)$$

$$V_3 = ASCR + \beta_{DX} \times DX_RF + \beta_{DV} \times DV_RF + \beta_M \times Mode_RF \quad (27)$$

新竹地區離峰時段資料同樣透過選擇變數組合的不同，以及新竹地區小汽車車輛變換車道行為較不受鄰後車相關解釋變數影響之條件下，修正原有之四種類型模式並構建三種不同模式進行校估，其模式經參數校估後統整 Model C₃ 及 Model D₃ 結果如下表 5.3-3~5.3-4 所示：

表 5.3-3 變車道模式 Model C₃ 校估結果(新竹地區離峰時段)

變數名稱	參數值	t 值
ASCC	0.00	
ASCL	-2.72	-3.28
ASCR	-2.84	-3.46
β_{DV} (前車及左、右前車相對速度)	0.726	4.84
β_{DX} (前車及左、右前車相對距離)	4.64	5.61
β_V (本車速度)	-0.167	-1.01*
校估參數數目：5 分析資料筆數：236 Init log-likelihood：-205.751 Final log-likelihood：-129.397 Likelihood ratio test：152.709 Rho-square：0.371 Adjusted rho-square：0.347		

表 5.3-4 變車道模式 Model D₃ 校估結果(新竹地區離峰時段)

變數名稱	參數值	t 值
ASCC	0.00	
ASCL	-3.11	-3.58
ASCR	-3.31	-3.77
β_{DV} (前車及左、右前車相對速度)	0.610	3.85
β_{DX} (前車及左、右前車相對距離)	3.46	3.64
β_M (前車及左、右前車之車種)	-0.408	-2.15
β_V (本車速度)	-0.232	-1.36*
校估參數數目：6 分析資料筆數：236 Init log-likelihood：-205.751 Final log-likelihood：-127.099 Likelihood ratio test：157.304 Rho-square：0.382 Adjusted rho-square：0.353		

而修正後之新竹離峰時段變換車道模式同樣採概似比檢定統計方法比較三種類型之羅吉特模式解釋能力，以找出最適當之選擇行為模式，其結果於表 18 並測試概似比檢定結果如下：

Model A₃ vs. Model C₃

$$-2(-129.917 + 129.397) = 1.04 < \chi^2_{1,0.95} = 3.841$$

Model A₃ vs. Model D₃

$$-2(-129.917 + 127.099) = 5.636 < \chi^2_{2,0.95} = 5.991$$

由統計檢定結果發現，由於新竹地區離峰時段之車輛數少且路段長度較短，於向左或向右變換車道選擇時對於駕駛人而言屬於同屬性之方案，因此將解釋變數視為方案特定變數並分別給予相同的參數值合併，所得到之校估結果較為合理且解釋能力較佳。

另外，透過概似比檢定統計比較結果可得知，其檢定統計量皆小於 χ^2 值，顯示新竹地區離峰時段模式使用 Model A₃ 之解釋能力較佳，其次為 Model C₃ 和 Model D₃。因此新竹地區的離峰時段情景行為模式將採用 Model A₃ 作為小汽車變換車道行為模式進

行分析。而此結果也代表於尖峰時段所擷取和使用的解釋變數無法完全適用於離峰時段之資料及模式構建。

5.3.2 新竹離峰時段資料與新竹尖峰時段資料比較

將新竹市區中華路二段的離峰時段資料與其尖峰時段資料進行比較，經概似比檢定統計結果可知，新竹離峰時段解釋能力最佳之模型為 Model A，因此分別比較模式之參數校估結果如下表所示：

表 5.3-5 新竹中華路尖峰時段 vs. 新竹中華路離峰時段 (Model A)

新竹尖峰 Model A ₂			新竹離峰 Model A ₃		
變數名稱	參數值	t 值	變數名稱	參數值	t 值
ASCC	0.00		ASCC	0.00	
ASCL	-3.14	-9.68	ASCL	-1.94	-6.90
ASCR	-1.91	-8.11	ASCR	-2.06	-8.03
β_{DV}	1.45	6.35	β_{DV}	0.723	4.82
β_{DX}	5.11	6.06	β_{DX}	4.61	5.58
分析資料筆數：247			分析資料筆數：236		
Init log-likelihood：-271.357			Init log-likelihood：-205.751		
Final log-likelihood： -137.273			Final log-likelihood： -129.917		
Adjusted rho-square：0.479			Adjusted rho-square：0.349		

比較新竹地區尖峰時段與離峰時段之 Model A 模式後可發現其模式校估之參數正負號結果皆一致，顯示新竹地區無論在尖峰時段情景或離峰時段情景下，駕駛人之選擇行為及對於相關影響變數之反應並無顯著差異。駕駛人於尖峰及離峰時段情景下行駛時由於皆同樣考量新竹地區路段長度較短，因此較無刻意變換至目標車道之行為。另外，新竹市區道路車流密度與台北地區相比而言偏低，駕駛人容易偏好加快本車行駛速度(V)以便於變換車道獲得更佳之行駛空間並與前方車輛保持一定之行駛距離(DX)。

同樣在參數校估完成後，整理新竹地區尖峰及離峰車流資料之行為特性如下：

1. 就新竹地區而言，尖峰時段與離峰時段校估完成之參數結果正負號皆一致且對於鄰後車解釋變數呈現不顯著，顯示兩資料庫之趨勢具一致性，駕駛人之屬性也相近。

2. 經參數校估及統計檢定結果可發現，對於駕駛人而言，選擇向左及向右變換車道與直行前進方案為同屬性之方案，因此合併左、右變換車道與直行前進方案之參數後，模式能校估出較顯著之結果。
3. 新竹地區離峰車流資料庫具最佳解釋能力之模行為 Model A，推測由於變換車道資料過少及離峰時段路段車流意度較低，無法透過解釋變數之增加來加強模式之解釋能力，因此於模擬離峰時段車流資料時，適用於最簡化之選擇行為模式。

5.4 新竹地區車流資料合併使用分析

檢視新竹地區離峰時段車流資料，原始統計之向左及向右變換車道資料筆數各為 156 筆(53 輛車)及 73 筆(35 輛車)，在扣除不合理的車流資料、強制型變換車道行為以及未實際產生變換車道之資料後，可實際運用於分析之向左及向右變換車道資料數只剩餘 30 筆(11 輛車)及 43 筆(18 輛車)，顯示實際產生變換車道行為之資料量及車輛筆數比例極低。

在離峰資料變換車道行為資料筆數稀少、離峰時段車流量低對於駕駛人變換車道影響力不大及新竹地區駕駛人屬性相近情況下，本研究考量新竹地區資料合併討論變換車道行為模式之可行性。而尖峰時段資料與離峰時段資料所校估之參數值結果不相同，為了解尖、離峰時段資料是否屬同性質之母體資料，需透過個別差異檢定方法(Test of Taste Variation)以分析兩類樣本資料是否有個別之差異性。依 Ben-Aakiva and Lerman (1985)，虛無假設為樣本間無個別性差異，其概似比檢定統計量為：

$$-2 \left[\mathcal{L}_N(\hat{\beta}) - \sum_{g=1}^G \mathcal{L}_{N_g}(\hat{\beta}^g) \right] \quad (28)$$

檢定統計量結果服從卡方檢定，自由度為 $(\sum_{g=1}^G K_g - K)$ ，若檢定統計量大於 χ^2 值則拒絕虛無假設，認定模式有改善，其中 G 為細分之小樣本數(本研究中 G=2)。

依上述檢定統計量，比較 Model A₃ 模式下尖峰及離峰車流資料與車流資料合併後之結果如下：

$$-2 [-275.574 - (-137.273 - 129.917)] = 16.768 > \chi_{4,0.05}^2 = 9.49$$

其檢定統計量之結果為 16.768，大於 $\chi_{4,0.05}^2 = 9.49$ ，因此拒絕虛無假設，結果經檢定統計後顯示 Model A₃ 模式下尖峰及離峰時段之資料具有個別性差異。

另外，本研究同時針對 Model C₃ 及 Model D₃ 作統計檢定以檢視新竹地區尖、離峰時段資料是否能合併資料庫做討論之可行性，其檢定統計量之結果皆顯示無論在任何模式情況下，尖峰及離峰時段之資料皆具有個別性之差異，因此將兩資料庫之車流資料合併後討論相對較不顯著，因此本研究不採用合併車流資料做變換車道行為模式之討論。其中，Model A₃ 之尖、離峰段與合併車流資料之參數校估結果如下表 5.4-1 所示：

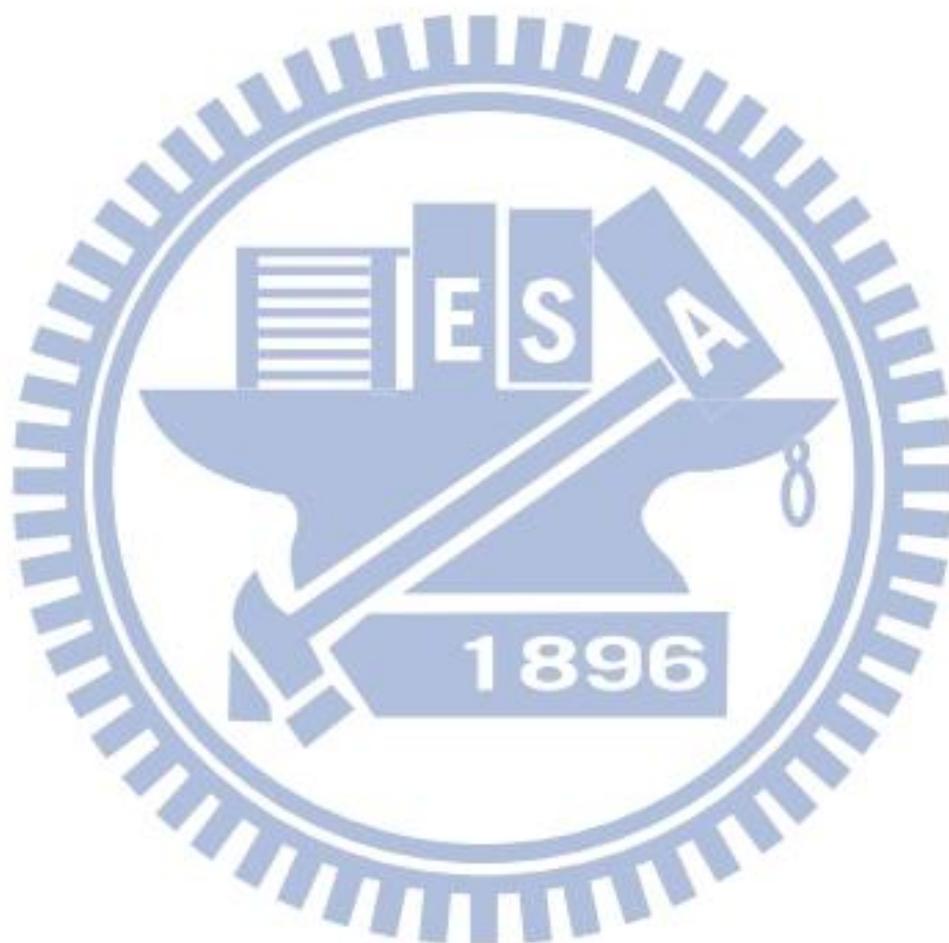


表 5.4-1 新竹地區資料合併-Model A₃

合併新竹地區車流資料

變數名稱	參數值	t 值
ASCC	0.00	
ASCL	-2.61	-12.37
ASCR	-1.92	-11.44
β_{DV}	1.02	8.05
β_{DX}	4.68	8.23
校估參數數目：4 分析資料筆數：483 Init log-likelihood：-477.108 Final log-likelihood：-275.574 Likelihood ratio test：403.069 Rho-square：0.422 Adjusted rho-square：0.414		

新竹尖峰時段資料

變數名稱	參數值	t 值
ASCC	0.00	
ASCL	-3.14	-9.68
ASCR	-1.91	-8.11
β_{DV}	1.45	6.35
β_{DX}	5.11	6.06
校估參數數目：4 分析資料筆數：247 Init log-likelihood：-271.357 Final log-likelihood：-137.273 Likelihood ratio test：268.169 Rho-square：0.494 Adjusted rho-square：0.479		

新竹離峰時段資料

變數名稱	參數值	t 值
ASCC	0.00	
ASCL	-1.94	-6.90
ASCR	-2.06	-8.03
β_{DV}	0.723	4.82
β_{DX}	4.61	5.58
校估參數數目：4 分析資料筆數：236 Init log-likelihood：-205.751 Final log-likelihood：-129.917 Likelihood ratio test：152.669 Rho-square：0.369 Adjusted rho-square：0.349		

5.5 總結

本章延續第四章所建構之四種類型小汽車變換車道選擇行為模式，並使用不同情景下之車流資料進行模式之校估並比較在各情景下模式之解釋能力及適用性。而影響模式及參數差異之主要原因為不同情景下之車流資料特性差異，本研究彙整所收集之三個情景車流影片資料特性如下表：

表 5.5-1 各情景之路段及車流特性

情景		台北地區 尖峰時段	新竹地區 尖峰時段	新竹地區 離峰時段
路段別		台北市 忠孝東路四段	新竹市 中華路二段	新竹市 中華路二段
車道數		四線道車道	兩線道車道	兩線道車道
路段長度		170 公尺	130 公尺	130 公尺
影片長度		30 分鐘	40 分鐘	40 分鐘
路側幾何特性		1.有實體阻隔 2.有公車停靠區	1.無實體阻隔 2.無公車停靠區	1.無實體阻隔 2.無公車停靠區
車輛數		1654 台(34498 筆)	1477 台(15844 筆)	1001 台(12506 筆)
車流 密度	(veh/hr)	3306	2214	1500
	(pcu/hr)	6859.2	1885.8	1403.2
車種 比例	車輛數	機車：49.1% 小汽車：34% 計程車：12.5% 小巴士：0.2% 公車：4.2%	機車：60.3% 小汽車：38.2% 計程車：0.5% 小巴士：0.1% 公車：0.9%	機車：49.9% 小汽車：47.4% 計程車：1.9% 小巴士：0% 公車：0.8%
	資料筆數	機車：35.6% 小汽車：30.2% 計程車：23.8% 小巴士：0.3% 公車：10.1%	機車：60.7% 小汽車：37.7% 計程車：0.5% 小巴士：0.1% 公車：1%	機車：53% 小汽車：44.2% 計程車：1.8% 小巴士：0% 公車：1%
車流特性		1.以汽、機車為主 2.多計程車停靠外側車道 3.公車車流比例較高	1.以汽、機車為主 2.少計程車停靠外側車道 3.公車車流比例較低	1.以汽、機車為主 2.少計程車停靠外側車道 3.公車車流比例較低

透過車流資料特性之比較可知，由於台北地區車道數多且路段較長，駕駛人為抵達目的地較容易產生變換車道至目標車道行為。而台北地區之大型車輛較多且設有公車停靠區，車輛也容易為閃避大型車輛及路邊停靠車輛而產生變換車道之行為。另外，新竹地區車流則主要以小汽車及機車之私人運具為主要交通代步工具，鮮少大眾及副大眾運輸，因此車輛之變換車道行為主要為換取更加之行駛空間。而就車流密度而言，則以台北地區尖峰時段之密度最高、其次為新竹地區尖峰時段，新竹地區離峰時段車流之密度則最低。

依據不同情景下之車流資料特性，經校估及檢定統計後可各得到本研究所收集之三種情景下解釋能力最佳之變換車道選擇行為模式，並得到各個情景模式下駕駛人選擇方案之參數，整理各情景模式及參數特性如表 5.5-2。

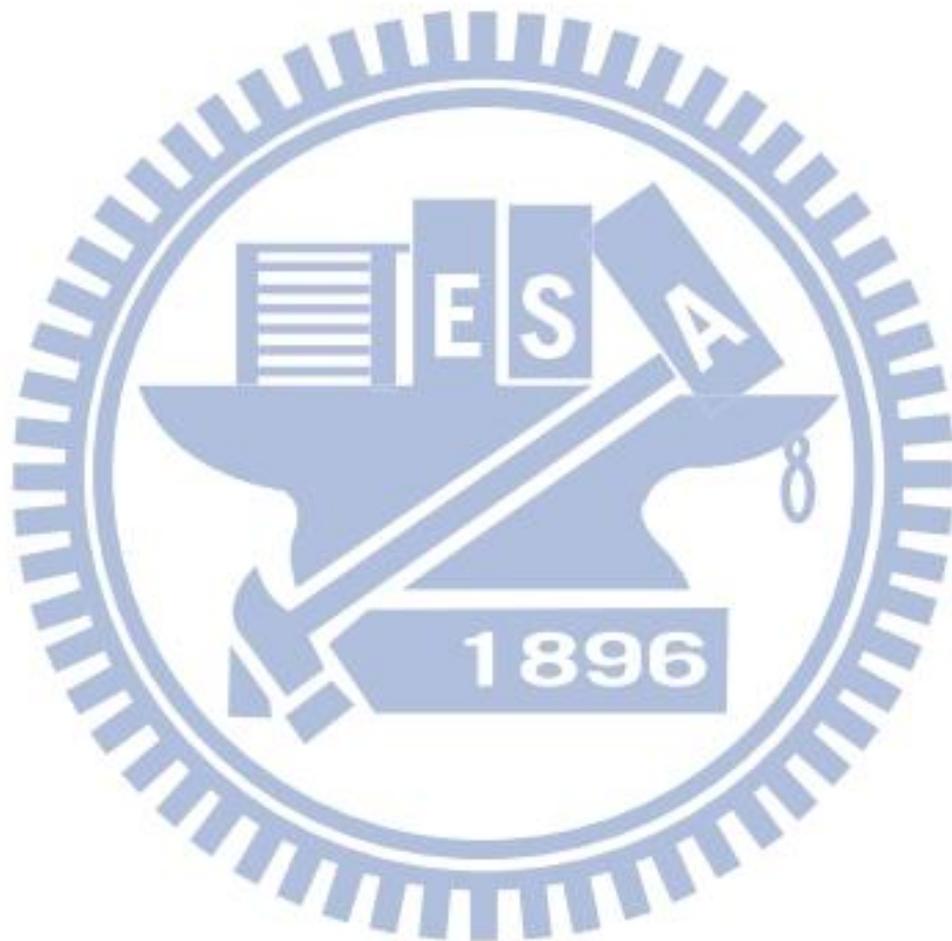
表 5.5-2 各情景下之模式及特性比較

項目	台北地區尖峰時段	新竹地區尖峰時段	新竹地區離峰時段
適用模式	Model D ₁	Model D ₂	Model A ₃
現象 1	考慮鄰後車相關解釋變數	不考慮鄰後車相關解釋變數	不考慮鄰後車相關解釋變數
現象 2	相對距離參數為正，偏好拉近與前車之距離減少變換車道。	相對距離參數為負，偏好拉遠與前車之距離，使其不至於影響車輛直行。	相對距離參數為負，偏好拉遠與前車之距離，使其不至於影響車輛直行。
現象 3	本車速度越高，越能維持原車道直行前進。	本車速度越高越容易爭取到變換車道機會。	本車速度越高越容易爭取到變換車道機會。
現象 4	解釋變數越多對於車流行為之解釋能力越佳。	解釋變數越多對於車流行為之解釋能力越佳。	與新竹尖峰時段之參數特性一致，但無法透過解釋變數之增加來加強模型解釋能力。
現象 5	向左及向右變換車道與直行前進為不同屬性之方案。	向左及向右變換車道與直行前進為不同屬性之方案。	變換車道與直行方案由於離峰時段車流密度低，簡化之選擇模式具較佳之解釋能力。

由車流資料及模式校估比較結果後可得知，在尖峰時段之車流資料下，效用函數模型之影響解釋變數數目越多，經統計檢定後驗證其模型之解釋能力越佳。於新竹地區車流資料部分，尖峰時段及離峰時段之車流資料之校估結果正負號皆

一致，顯示駕駛人於變換車道之行為趨勢一致，然而離峰時段資料推測由於變換車道之資料筆數稀少及車流密度低，駕駛人較少產生變換車之行為，變換車道及直行前進方案對於駕駛人屬於同屬性之選擇，因此最簡化之模式在離峰時段資料具有最佳之解釋能力。

考量新竹離峰資料變換車道過低及新竹地區駕駛人屬性相近情況下，本研究嘗試以統計檢定之方式分析尖峰與離峰車流之資料庫是否適宜合併做討論，經測試不同模式下檢定統計後顯示，兩資料庫具個別之差異性，分屬不同之母體資料，因此不適宜合併資料庫做變換車道行為模式之討論。



第六章 結論與建議

目前現有之交通車流軟體於模擬實際車流變換車道行為時，多以國外建構之單純小汽車車種之行為模式為基礎，並未考量國內混合車流特性影響車輛於變換車道之實際行為模式。然而，以國內駕駛人為例，交通車流環境、駕駛習慣、道路幾何型態等不同之「路段情景」，皆會影響駕駛人於變換車道選擇行為，因此有分析不同情景下對於駕駛人選擇行為差異之必要性。

6.1 結論

為瞭解於不同情景下對於小汽車變換車道行為模式之影響，本研究針對國內市區道路路段進行不同情景下之車流資料收集，透過拍攝車流影片及車流軌跡程式以建立完整之車流資料庫。為有效分析車輛變換車道行為，採用程式自動化方法判斷各時點資料下之鄰近車輛資料及判斷本車車輛左右變換車道行為，作為建立選擇行為模式之選擇變數及基礎。

而小汽車變換車道選擇行為則是透過個體選擇模式將駕駛人選擇直行前進、向左或向右變換車道視為多項羅吉特模式的選擇方案，其選用之相關解釋變數包含與鄰近車輛之相對速度、相對距離、車種以及本車車速…等。為使模式符合實際車流情況，本研究改善過去之選擇行為模式，將向左及向右變換車道方案與直行前進行為視為不同屬性之方案並分別給予不同之參數進行較估。另外，在考量不同選擇變數可能影響駕駛人的變換車道選擇方案情況下，分別採用不同之解釋變數，構建四種模式。

透過不同情景下之車流資料(台北地區尖峰時段、新竹地區尖鋒時段與離峰時段)進行模式較估，可發現台北地區與新竹地區尖鋒時段不停情景之車流資料部分參數校估結果出現正負號相反及鄰後車相關變數對於新竹尖鋒時段資料較估結果不顯著之情況，顯示道路幾何特性、車流密度、車種比例差異以及駕駛人行駛習慣…等對於不同情景下較估之結果具有一定之影響能力。而新竹地區離峰時段之車流資料經校估後發現變換車道及直行前進方案對駕駛人而言無顯著之差異性，因此將變換車道方案及直行方案視為同屬性之行為，校估完成之參數正負情況則與尖鋒時段資料無差異。

然而實際可用於分析之變換車道行為資料量過低且新竹地區駕駛人屬性相近之情況下，另外考量將資料合併討論之可行性。經統計檢定後顯示尖鋒時段與離峰時段資料分屬不同屬性之母體，具有個別之差異性，因此無法合併車流資料

做選擇行為模式討論。

6.2 建議

經本研究結果顯示，車輛於變換車道選擇行為時於不同行駛情景下將產生一定程度之影響，本研究主要分析對象為任意型變換車道之行為模式，針對未來收集車流影片資料部分，建議需注意道路周邊是否有特定場站影響駕駛人產生強制型變換車道行為。

另外，本研究目前僅針對台北與新竹市區不同道路情景下，擷取路段車流資料進行小汽車變換車道行為模式之研究，建議未來相關研究可針對更多不同情景下收集車流行為資料，並探討更多可能之相關影響變數，以建立適用於各地區或特定道路情景下之變換車道選擇行為模式。



參考文獻

- AHMED, K. I. 1999. Modeling Drivers' Acceleration and Lane Changing Behavior. *Dept. of Civil and Environmental Engineering*. Massachusetts Institute of Technology.
- AHMED, K. I., BEN-AKIVA, M., KOUTSOPOULOS, H. & MISHALANI, R. 1996. Models of Freeway Lane Changing And Gap Acceptance Behavior. *Proceedings of the 13th International Symposium on the Theory of Traffic Flow and Transportation*.
- BEN-AKIVA, M. & LERMAN, S. R. 1985. *DISCRETE CHOICE ANALYSIS: THEORY AND APPLICATION TO TRAVEL DEMAND*. Cambridge: The MIT Press.
- BIERLAIRE 2008. An introduction to BIOGEME.
- BRACKSTONE, M. & MCDONALD, M. 1999. Car-following: a historical review. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 2, 181-196.
- CHOUDHARY, C. F., RAMANUJAM, V. & BEN-AKIVA, M. 2008. A lane changing model for urban arterials. *Transportation Research Board*.
- GIPPS, P. G. 1986. A Model for the Structure of Lane Changing Decisions. *Transportation Research B*, pp. 403–414.
- HERMAN, R., MONTROLL, E. W., POTTS, R. B. & ROTHERY, R. W. 1958. *Traffic Dynamics: Analysis of Stability in Car Following*, *Operations Research*, pp. 86-106
- LEE, T.-C., POLAK, J. W. & BELL, M. G. 2008. Trajectory Extractor User Manual Version 1.0. Working Paper. Centre for Transport Studies, Imperial College London, United Kingdom, 2008.
- LEE, T.-C., POLAK, J. W. & BELL, M. G. H. 2009. New Approach to Modeling Mixed Traffic Containing Motorcycles in Urban Areas. *Transportation Research Board* pp. 195-205.
- NEWELL, G. F. 1961. Nonlinear Effects in the Dynamics of Car Following. *Operations Research*, 9, pp. 209-229.
- PIPES, L. A. 1953. An Operational Analysis of Traffic Dynamics. *J. Appl. Phys.* 24, 24, 274-281.
- SUN, D. J. & ELEFTERIADOU, L. 2012. A Driver Behavior-Based Lane-Changing Model for Urban Arterial Streets. *Transportation science*, Articles in Advance, pp. 1–22.

TOLEDO, T., KOUTSOPOULOS, H. & BEN-AKIVA, M. 2003. Modeling Integrated Lane-Changing Behavior. *Transportation Research Record*, Paper No. 03-3391.

YANG, Q. I. & KOUTSOPOULOS, H. N. 1996. A Microscopic Traffic Simulator for evaluation of dynamic traffic management systems. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 4, pp. 113-129.

李健豪，2012，市區幹道汽機車超車行為路徑選擇決策模式，碩士論文，國立臺灣大學。

徐新立，2005，考量跟車及變換車道行為之高快速公路微觀車流模式研究，碩士論文，國立交通大學。

張維翰，2006，郊區路段微觀混合車流特性研析與模式建立，碩士論文，國立交通大學。

