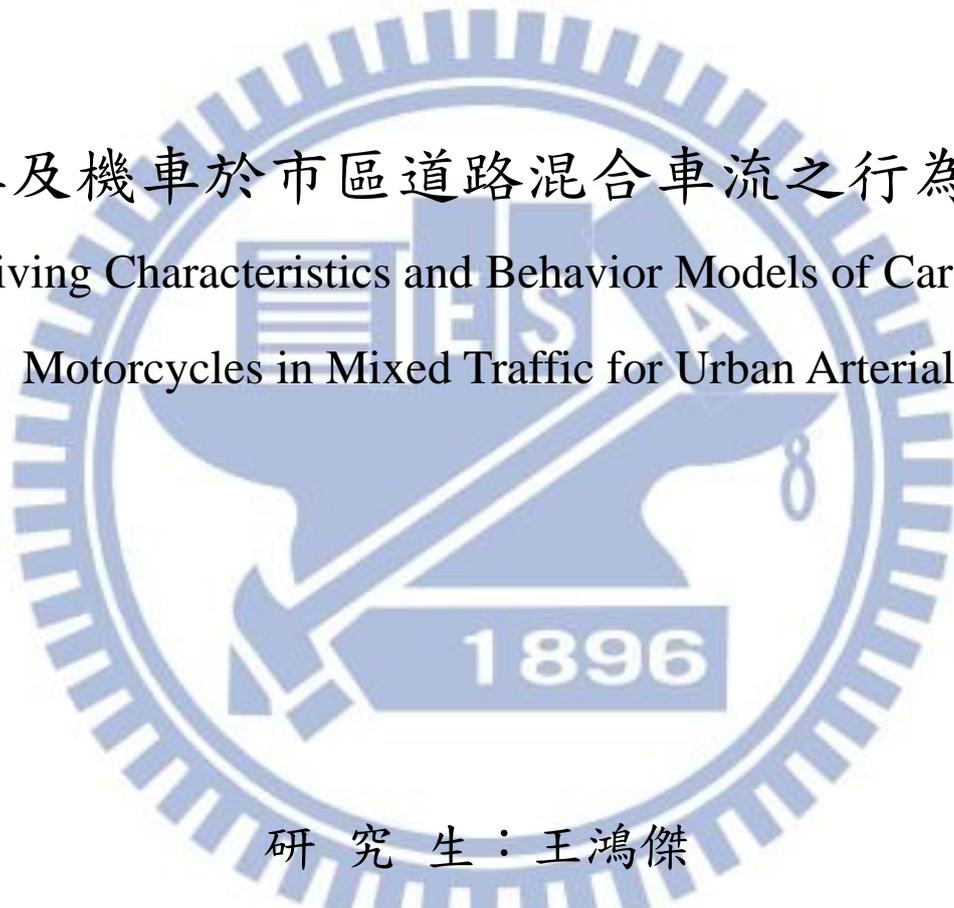


國立交通大學
運輸科技與管理學系

碩士論文

汽車及機車於市區道路混合車流之行為模式

Driving Characteristics and Behavior Models of Cars and
Motorcycles in Mixed Traffic for Urban Arterials



研究生：王鴻傑

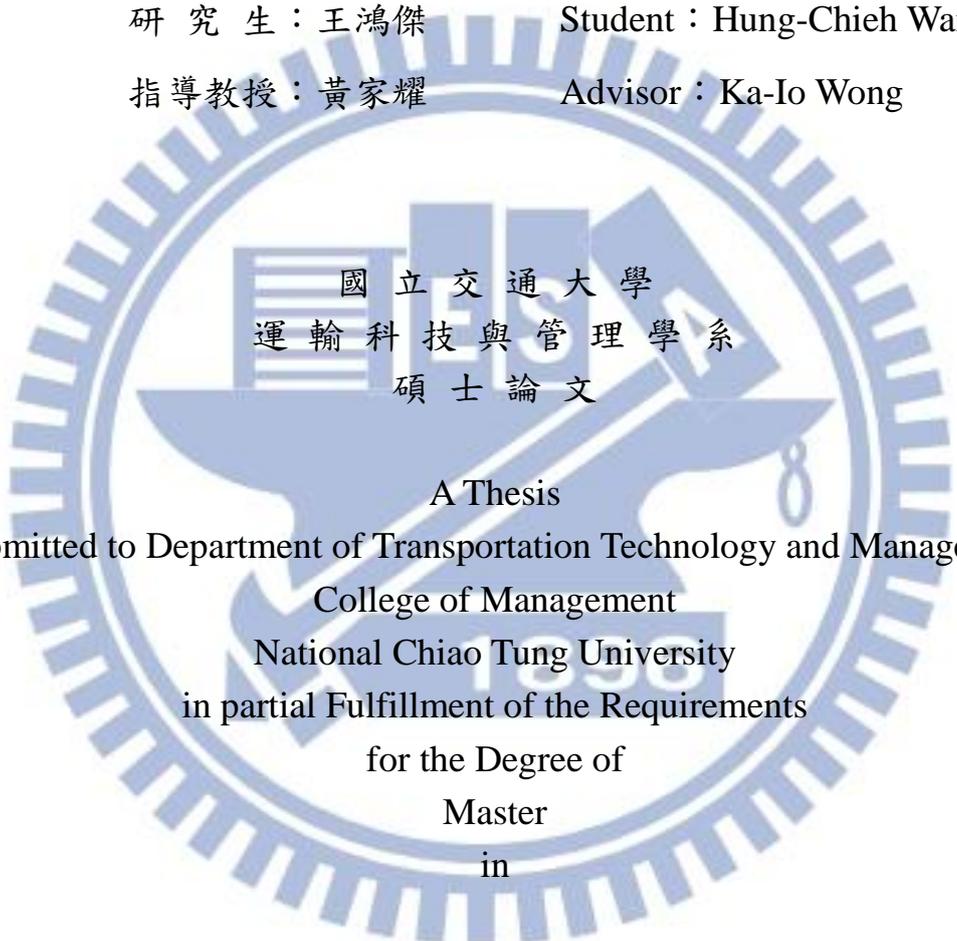
指導教授：黃家耀 副教授

中華民國一百零二年七月

汽車及機車於市區道路混合車流之行為模式

Driving characteristics and behavior models of cars and
motorcycles in mixed traffic for urban arterials

研究生：王鴻傑 Student：Hung-Chieh Wang
指導教授：黃家耀 Advisor：Ka-Io Wong

The logo of National Chiao Tung University is a large, light blue circular emblem. It features a gear-like outer ring and a central design with a book and a graduation cap. The university's name in Chinese characters is written across the center of the emblem.

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

汽車及機車於市區道路混合車流之行為模式

學生：王鴻傑

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

國內市區道路混合車流以汽車、機車和公車為主要車種，台灣地區道路中的機車數量龐大，微觀模擬軟體無法完整呈現國內機車在混合車流中之移動行為，因此造成模擬預測準確性下降。本研究針對汽機車進行路段中的行為模式分析，過去微觀混合車流研究受限於原始資料收集不易，但是近年來隨著影片拍攝設備不斷進步，配合數位化的資料收集軟體也開始發展，本研究建立台北地區的混合車流資料庫，並且以自動化的方式進行鄰近車輛與變換車道判斷，分析國內市區道路為主體的混合車流駕駛特性與行為模式，可以協助改善市區道路模擬預測與號誌控制效能，使整體市區道路路網更加順暢。

本研究針對小汽車進行變換車道模式之研究，以多項羅吉特模式建立小汽車的變換車道決策模式，將直行、向左偏移、向右偏移作為主要的三種決策，主要考量的變數為相對距離、相對速度、鄰車車種，本研究將本車速度也納入考量，並且將前車與(左前車和右前車)分開校估。完成利用國內原始資料校估的小汽車變換車道模式。並且以判中率來測試小樣本情況下的判中情形，整體判中率結果為 70%；如果將樣本切割測試也有 63%的判中率。

本研究對國內市區道路的機車駕駛行為特性進行分析，觀察台灣機車的超車與鑽車等特殊行為。為了瞭解在市區道路中的不同行為模式，將機車駕駛的鄰車以鄰近區塊的方式來擷取不同周邊車輛資訊，用客觀的方式將不同的駕駛者類型進行分類，使用 K-Means 分群法將機車駕駛人分成不同冒險程度的類型，利用兩種分群參數來將不同號誌週期內的機車駕駛分群。型態 A 表示較激進的駕駛者；型態 C 是較緩慢保守的駕駛者；型態 B 駕駛者較多，為介於兩者之間的機車群。本研究將資料依照前方區塊影響情境 (Scenario 1,2,3)分開討論，可以判斷不同對應車種對機車駕駛的影響，最後將所用來分群的資料點使用規則來判斷每位駕駛者的駕駛型態。以 3 種情境和 3 種駕駛類型可以形成一 3x3 的分類矩陣，矩陣內會對應不同的觀察機車移動行為，可以針對不同組合進行模式分析。

關鍵詞：微觀車流、混合車流、變換車道模式、市區道路、多項羅吉特模式、駕駛行為

Driving characteristics and behavior models of cars and motorcycles in mixed traffic for urban arterials

Student : Hung-Chieh Wang

Advisor : Ka-Io Wong

Department of Transportation Technology and Management

National Chiao Tung University

Abstract

The urban arterials in Taiwan are characteristics with a mixed traffic flow composed of cars, motorcycles, and buses. As the amount of motorcycles traveling on the road in mixed traffic is huge, the traffic simulation software developed in foreign countries does not have the capability to model the characteristics of traffic in Taiwan. As the simulation of motorcycles is unrealistic, the modeling results are usually inaccurate.

The aim of this study is to analyze the driving characteristics and behavior of cars and motorcycles in mixed traffic for urban arterials, which may shed some lights on the modeling and signal control design of urban network. A case study is done based on a selected site location in Taipei city. We collect traffic data by taking video of traffic movements, digitalize it into trajectories and movements of vehicles, and build a database for analysis. We formulate lane-changing of cars and motorcycles for urban arterials as a discrete choice model using multinomial logit model, considering the three decisions of a driver as moving to the left, going straight and moving to the right. The explanatory variables include relative distance, relative velocity, neighboring vehicle mode and the velocity of vehicle etc.

We also study the driving behavior of motorcycles, such as overtaking and filtering. Based on the dataset, it is observed that different motorcycle drivers may behave differently in mixed traffic, and there is a need to categorize the drivers for further analysis. We propose a concept of neighboring blocks to capture the nearby vehicles of a subject vehicle. With factors from neighboring blocks, a K-Means clustering approach is proposed to categorize the data and thus motorcycle drivers into three types (i.e. aggressive, normal, and conservative). The clustering is based on three scenarios that a subject vehicle is facing in mixed traffic (i.e. neighboring with

motorcycles, cars, and buses). Therefore, the collected dataset can be categorized into a three by three matrix for the relationship of driver types and scenarios, and the results can help to realize the driving behavior of motorcycles.

Keywords: Microscopic traffic flow, mixed traffic, lane-changing model, urban arterials, multinomial logit model, driving behavior



誌謝

在交大不知不覺已經過了六年時間，首先感謝黃家耀老師從畢業專題開始就帶著我和小c做研究，在不同階段的過程中常常發生我們無法解決的問題，不論是研究或者課外的難題，但是都跟著老師一步一步的克服了，回想起來歷歷在目，讓我們兩個人在三年的過程中成長了不少。雖然所學知識和以後工作未必有直接相關，但是在研究和做計劃案的訓練中讓人的抗壓性以及解決問題能力都無形中增加很多，也讓我在交大有更刻骨銘心的回憶。口試委員吳水威老師平常上課就傳授給大家很多經驗；李子璋老師在計劃案和論文都提供了很多的幫助與建議，讓我們收穫良多。

另外首先感謝小c在這些年裡和我一起成長，不論是學術或者心理上，或許是以前從大學開始就從小c那邊得到太多幫助，小c考上高普考的時候就變成一個新的轉捩點，在做計劃案和研究的時候雖然常常壓力很大，但是有個同樣經歷的夥伴會讓自己更有動力繼續往前，也變成我待在交大的重要回憶。

在做畢業專題時便受到小P學姊和冠豪學長的許多照顧，後來讓我選擇繼續留在KI Lab，碩一時遇到了和我們同樣喜歡外食的朱志杰，Lab只有三個人的畫面還是常常浮現在腦中，一起做計劃案也去了很多不同的地方，吃宵夜聊朱志杰的感情世界也是大家津津樂道的共同話題。周律伶雖然因為工作在學校的時間比較少，但是仍然和我們一起修了很多課，也常開車載大家出去。另外第一次見到就被我們拉進Lab的安安，很快就習慣交大的生活，聊棒球看球賽的不二人選。還有笑聲爽朗的劉穎文，常常和大家一起出去吃飯，一起當助教完全不讓人擔心，祝能早日成為系上第一個畢業預修生。很愛回台北的劉雨薇，算是跟我們同屆的同學，很愛旅遊還找大家半夜去青草湖聊天。新加入的羅峻庭、黃郁傑和張念盈都是原本就在交大的學弟妹，每個人也都很有趣，還跟我們一起去墾丁玩。另外要接手我們研究的李威，未來也會碰到許多困難但相信都可以克服。阿哲學長常被我們麻煩問問題，但是忙亂之中還是認真的幫我們提供解決方法。另外吳承紘和陳海齊雖然不是我們Lab的成員，但每次吃喝玩樂還是會想到要找你們，不論是跨年或者去墾丁，謝謝大家讓原本煩悶的研究生生活變得充滿回憶。

最後感謝家人在台北給予的默默支持，讓我可以無後顧之憂的在新竹求學，來來回回的奔波了六年之久，還有太多人沒寫在上面了，真的謝謝大家。

王鴻傑 謹誌
2013年7月
於新竹交大

目錄

摘要.....	i
Abstract.....	ii
誌謝.....	iv
目錄.....	v
圖目錄.....	vii
表目錄.....	viii
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 研究範圍與方法.....	2
1.4 研究流程.....	3
第二章 文獻回顧	4
2.1 加速度模式相關文獻 (Acceleration Models).....	4
2.1.1 跟車模式 (Car-following Models).....	4
2.1.2 一般加速度模式 (General Acceleration Models).....	6
2.2 車道變換模式相關文獻 (Lane-changing Models).....	6
2.2.1 小汽車車道變換模式.....	7
2.2.2 機車行為模式.....	9
2.3 接受間距模式相關文獻 (Gap Acceptance).....	11
2.4 國內市區混合車流車道變換模式相關文獻.....	12
第三章 影片收集與資料庫建立	14
3.1 影片資料收集.....	14
3.2 原始資料庫型態.....	18
3.3 重要變數擷取.....	19

3.3.1	判斷車輛相對位置	19
3.3.2	判斷車輛車道變換	22
第四章	小汽車與機車車道變換模式	24
4.1	小汽車車道變換模式	24
4.2	機車車道變換模式	27
4.3	小結	30
第五章	市區道路機車移動行為分析	31
5.1	市區機車駕駛特性	31
5.2	機車駕駛分類 — 三種情境 vs. 三種駕駛類型	33
5.2.1	三種情境 — 機車鄰近區域車輛判斷	33
5.2.2	三種駕駛類型 — 機車駕駛類型分類	35
5.2.2.1	K-Means 分群演算法	36
5.2.2.2	分群參數	36
5.3	機車駕駛 3×3 分類矩陣	39
5.4	資料分群	42
5.5	駕駛者分群	48
5.6	小結	49
六、結論與建議	53	
6.1	結論	53
6.2	建議	54
參考文獻	55	

圖目錄

圖 3.1-1 影片拍攝路段位置—忠孝東路四段(紅色框線處).....	14
圖 3.1-2 影片拍攝路段上游(左)與下游(右).....	15
圖 3.1-3 路段四車道車輛時空圖($t=600\sim t=750$).....	17
圖 3.2-1 車流影片還原播放程式.....	19
圖 3.3-1 資料庫型式整理與應用.....	20
圖 3.3-2 本車與前車及後車相對位置示意圖.....	21
圖 3.3-3 本車與左前車及左後車相對位置示意圖.....	21
圖 4.2-1 機車變數說明.....	28
圖 5.1-1 機車通過車陣穿越到前方(本車號碼 #605).....	32
圖 5.2-1 機車鄰近六個區塊範圍示意圖.....	33
圖 5.2-2 機車情境判斷範例.....	34
圖 5.2-3 秒數 $n=1,2,3$ 分群圖與各秒數累積出現次數比較 ($t=405\sim 605$).....	38
圖 5.3-1 超車車輛與被超車車輛對應圖 ($t=5\sim 205$).....	41
圖 5.3-2 超車車輛與被超車車輛對應圖 ($t=205\sim 405$).....	41
圖 5.3-3 超車車輛與被超車車輛對應圖 ($t=605\sim 805$).....	42
圖 5.4-1 資料分群結果(號誌週期一).....	44
圖 5.4-2 資料分群結果(號誌週期二).....	44
圖 5.4-3 資料分群結果(號誌週期三).....	45
圖 5.4-4 資料分群結果(號誌週期四).....	45
圖 5.4-5 資料分群結果(號誌週期五).....	46
圖 5.4-6 資料分群結果(號誌週期六).....	46
圖 5.4-7 資料分群結果(號誌週期七).....	47
圖 5.4-8 資料分群結果(號誌週期八).....	47
圖 5.4-9 資料分群結果(號誌週期九).....	48
圖 5.6-1 不同類型駕駛行為說明.....	51

表目錄

表 3.1-1 原始資料庫車輛資料筆數統計	15
表 3.2-1 原始輸出資料項目說明	18
表 3.3-1 車輛車道變換資料量統計	23
表 4.1-1 小汽車車道變換模式變數說明	25
表 4.1-2 小汽車車道變換模式測驗結果	25
表 4.1-3 小汽車小樣本模式判中率	27
表 4.1-4 小汽車小樣本模式判中率(資料切割).....	27
表 4.2-1 基本機車車道變換模式測驗結果	29
表 5.3-1 三種機車駕駛型態 vs. 三種車種.....	39
表 5.3-2 機車移動行為 3×3 矩陣案例	40
表 5.4-1 九個號誌週期原始車輛數與資料筆數統計表	43
表 5.4-2 九個號誌週期分群用車輛數與資料筆數統計表	43
表 5.5-1 駕駛者分群比較(規則一 vs. 規則二).....	49



第一章 緒論

1.1 研究背景與動機

在台灣市區道路，汽車和機車是用路人主要的交通工具，不同於國外的混合車流由大型車輛和小汽車所組成，台灣的混合車流主要是以汽車和機車所構成。台灣機車數量龐大，是全世界機車持有比例最高的國家，平均每兩人就有一台機車。隨著台灣經濟的發展，雖然民眾更有能力購買小汽車，但是機車數量卻沒有因此而減少。機車擁有許多難以取代的優勢，從便利性的觀點考量，在國內地狹人稠的市區道路，機車可以鑽行於壅塞的車陣之中，避免塞車帶來的困擾，而且在市區汽車停車位一位難求，機車的停車則相對容易許多。即使在大眾運輸方便的台北地區，機車使用比例依然很高；而郊區大眾運輸的建設缺乏，民眾駕駛機車則可以節省許多時間。從經濟面考量，機車的價格低廉而購買容易，在高油價時代耗油量小負擔較輕。但是大量機車構成的混合車流亦有許多缺點，每年機車車禍層出不窮，且機車排氣所造成的空氣汙染也造成許多環境危害。

台灣市區道路的混合車流行為模式深受機車特性所影響，汽車車道變換模式與機車的行為模式也與國外不盡相同。過去微觀混合車流研究受限於原始資料收集不易，但是近年來隨著影片拍攝設備不斷進步，配合數位化的資料收集軟體也開始發展，有更多機會可以研究微觀的車流模式。建立以國內市區道路為主體的混合車流行為模式，可以發展應用至國內開發之交通模擬軟體，並改善市區道路模擬預測與號誌控制效能，使整體市區道路路網更加順暢。機車行為模式較汽車更為複雜，且在市區道路變換車道不同於高速公路，還有公車等市區道路因素會造成影響，駕駛者受到環境中更多的變數影響車道變換之決策，因此必須收集國內的原始資料進行分析，才可以建構市區道路微觀混合車流之行為模式並且應用與改善。

目前台灣各縣市交通單位與顧問公司都使用國外開發之交通模擬軟體，這些交通模擬軟體主要是為了國外的車流環境所設計，將其應用至台灣市區道路無法完全符合台灣混合車流之特性。並非全部的交通模擬軟體都有機車選項可設置，國外交通模擬軟體之機車駕駛行為與國內機車騎士不同，因為國外機車駕駛鮮少行駛於車縫中交織穿行；而台灣機車駕駛因應地狹人稠的特性，擁有鑽行於車縫間或者對其他車輛快速超車等特殊的駕駛行為，且市區道路多有設置機車停等區等特殊道路設計，直接使用國外交通模擬軟體常常會發生無法正確計算的現象。因此需要對國內市區道路的汽機車混合車流進行駕駛特性及行為模式的研究。

1.2 研究目的

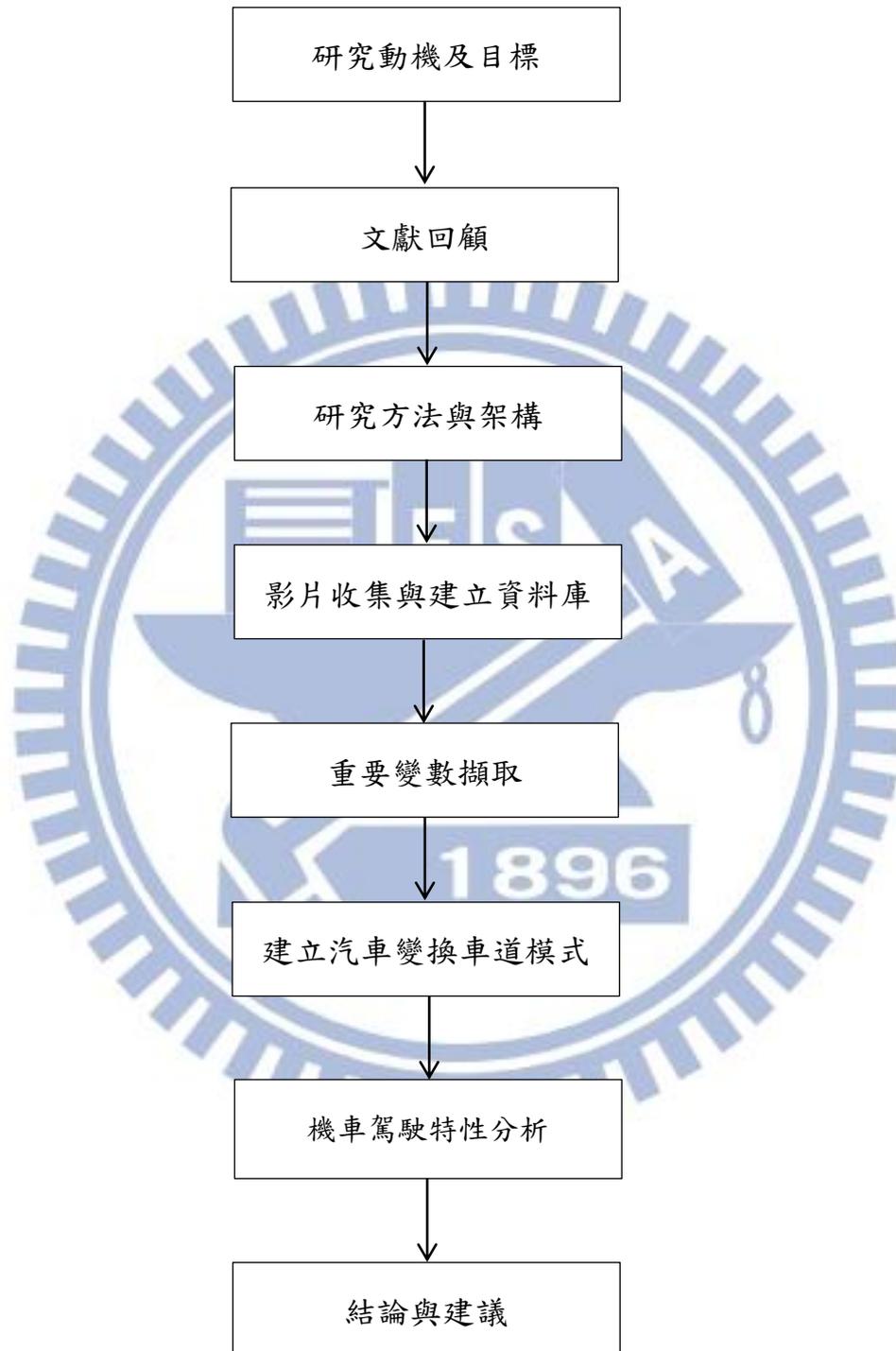
1. 研究國內市區道路路段中的混合車流移動行為，進行汽車與機車的微觀車流分析，收集國內原始資料建立資料庫，瞭解台灣混合車流之特性。
2. 針對小汽車建立變換車道模式，分析影響小汽車在路段中變換車道的變數，完成符合國內市區道路之變換車道決策模式。
3. 分析國內機車車流特性，將機車駕駛分為三種不同的對應情境，並且以影片資料客觀將機車駕駛型態分類，完成機車駕駛分類矩陣，可以針對不同對應關係發展合適的機車行為模式。
4. 汽機車混合車流模式可以應用至微觀模擬軟體，增加模擬的準確性以及號誌控制的效能。

1.3 研究範圍與方法

本研究主要著重國內市區道路的汽機車混合車流，針對本車為汽車建立車道變換模式與本車為機車發展分類矩陣。目前國外的車道變換模式大部分以高速公路為主，這幾年來開始發展應用於市區道路，市區道路之組成因素較多，而本研究則對台灣市區道路進行資料收集與分析，將公車等市區特有環境影響納入研究考量。混合車流的行為模式針對機車的發展較少，歐美國家研究之機車駕駛行為與台灣有差異，因此本研究致力於分析台灣之機車混合車流。車流理論涵蓋範圍廣泛，本研究主要針對車道變換模式進行建構，暫不考慮跟車模式；且研究內容以微觀車流為主，而非巨觀與中觀車流模式，著重於駕駛人在路段中的車道變換行為，不涵蓋機車停等區與車輛路口停等。

本研究使用個體選擇模式判斷小汽車的車道變換，個體選擇模式應用於車道變換模式可將駕駛人在不同時點下的車道選擇計算機率，其機率會依據不同的情境下變數的改變而有所不同，最後依據機率最高的選擇判斷本車的車道變換行為。為了建構微觀的車流模式必須先收集足夠的量化車輛資料，將小汽車為本車個別校估模式，並且進行各種影響車道變換的變數擷取。個體選擇模式計算車輛選擇直行、向左行駛、向右行駛的機率，最後判斷車輛行走方向與模式預期是否符合。機車的行為分析則是將駕駛者依照不同的車輛對應關係，分為機車為本車來對應機車、小汽車、公車的三種對應情境，將所收集的資料點進行分類，利用分群法將機車駕駛人分成不同類型之冒險程度，完成機車駕駛之分類矩陣。

1.4 研究流程



第二章 文獻回顧

本章回顧微觀車流模式之研究方法，比較不同研究方法的差異與研究對象。瞭解整體微觀車流模式包含車道變換模式的發展演進，進而討論國內市區道路混合車流的適用性。2.1 節介紹加速度模式相關文獻，其中分為跟車模式與一般加速度模式兩類。2.2 節介紹車道變換模式的相關文獻，並且區分為小汽車和機車兩種不同的類型，此節為本研究所著重的微觀混合車流車道變換理論。2.3 節是接受間距模式相關文獻回顧。2.4 節是國內市區混合車流行為模式文獻。透過循序歸納整理目前微觀車流發展之情形，研究適合國內混合車流之研究方法。

2.1 加速度模式相關文獻 (Acceleration Models)

依據車流理論可簡單分成三類：巨觀、中觀和微觀車流。本研究主要之探討範圍是微觀混合車流，並且著重於汽車與機車的車道變換模式。微觀車流研究包含加速度模式(Acceleration models)，加速度模式可以分為跟車理論(Car-following models)以及整合性的一般加速度模式(General acceleration models)兩種類別。雖然本研究沒有針對加速度模式進行混合車流研究，但是加速度模式仍然是微觀車流須注意的重點。

2.1.1 跟車模式 (Car-following Models)

跟車模式是描述車道上之車輛間互動關係，主要研究後車跟隨前車時的反應行為，意即在車流行駛過程中，跟隨車輛將不斷地調整行車速度及與前車間距，使其維持在安全距離。後車必須達到被前車影響之程度，且不能超車的情況下才可能發生跟車模式。安全距離模式是描述跟隨車輛與前車輛所維持之動態關係，在早期 Pipes (1953)認為每一位駕駛者與前行車輛維持的最短安全距離，為自身車長加上一段與後車的速度 v 成比例之距離，且彼此呈線性關係。而後方的跟隨車輛會與前車維持大約 1.02 秒的 headway。提出的模式如下：其中 $D_n(v)$ 表示車輛 n 與前車的最短安全距離， L_n 為車輛 n 的長度。

$$D_n(v) = L_n(1 + v/16.1) \quad (1)$$

跟車理論中的重要基礎之一為刺激反應方程式，美國通用汽車公司希望研究高速公路上用路人的駕駛跟車行為，GM 研究實驗室(Herman, 1965)、(Chandler, 1958)等學者進行了跟車的相關研究並且發展了一至五代的 GM 模式，而最基本的刺激反應方程式可以用以下表示：

$$\text{Response}_n(t) = \text{Sensitivity}_n(t) \times \text{Stimulus}_n(t - \tau_n) \quad (2)$$

其中 t 表示觀測時間， τ_n 表示駕駛 n 的反應時間。在描述前車與後車之間的刺激反應可以將兩者分開討論，反應(sensitivity)表示後車駕駛因應前車狀況而產生的加速或者減速行為，也就是加油門或者踩煞車的行為。刺激(stimulus)則是因為前車與後車的速度差所產生，而後車駕駛需要反應時間來應對。

不同的學者不斷改進原始 GM 模式，也利用 GM 模式衍伸出許多不同類型的跟車模式，GM 研究團隊最後發表了第五代的 GM 模式，整合了第一代到第四代模式的演進，GM 模式假設跟車的刺激(stimulus)為前車的相對速度，也就是前車速度減本車速度。而最常被大家使用的非線性基本 GM 模式由 Gazis (1961)所提出如下：

$$a_n(t) = \alpha \frac{V_n(t)^\beta}{\Delta X_n(t - \tau_n)^\gamma} \Delta V_n(t - \tau_n) \quad (3)$$

其中 $a_n(t)$ 和 $V_n(t)$ 表示本車的加速度與速度； $\Delta X_n(t - \tau_n)$ 和 $\Delta V_n(t - \tau_n)$ 則代表前車和本車的相對距離與相對速度， α 、 β 、 γ 為需校估之參數。

Newell (1961)發表跟車行為的空間模式(Spacing models)，空間模式假設駕駛人對於前方車輛的反應為相對距離，而並非用相對速度。假設本車速度是一個和前車距離有關的非線性方程式：

$$V_n(t) = G_n[\Delta X_n(t - \tau_n)] \quad (4)$$

也可以用下列方程式表示，

$$V_n(t) = V_{max} [1 - \exp(\frac{-\lambda}{V_{max}} (\Delta X_n(t - \tau_n) + D))] \quad (5)$$

其中 V_{max} 為最大速度而 D 則代表最小的空間間距(spacing headway)、 λ 也是表示參數。Newell 用上述兩種方程式表示了駕駛的跟車行為，並且用空間距離指數方程式來表達反應方程式。作者也研究此模式的巨觀屬性，但是並沒有校估最終參數結果。

Wiedmann (1974)提出了心理與空間模式跟車模式(Psycho-physical models)。此模式改善只用速度差來反應的模式，假設即使兩車間的速度差非常小，前車依然會影響後車的駕駛行為，作者從駕駛人的心理切入，並且依照不同的刺激程度作反應。利用心理門檻的概念把駕駛者分為自由駕駛與受迫駕駛，當後車駕駛對於速度差異的感知門檻值越大就代表越容易受到前車速度所影響，因此可能會產生變換車道的行為。

Brackstone and McDonald (1999)進行了跟車理論的文獻整理，說明跟車理論在近年來逐步提高的重要性，可以應用至模擬軟體之中，並且增強先進車輛控制

與安全系統(AVCSS)，分別介紹了五種跟車模式的演變：Gazis-Herman-Rothery (GHR) model、Safety distance or collision avoidance models (CA)、Linear (Helly) models、Psychophysical or action point models (AP)以及 Fuzzy logic-based models。

Gipps (1981)提出了可以適用於跟車條件和自由駕駛條件兩種情境下的模式。此模式必須在駕駛保持安全間距下才成立，也就是在前車緊急煞車時的最短避免追撞距離，可以利用方程式推斷出下一秒的速度，結合兩種情境而非傳統只有考慮跟車行為的模式。後續學者們也開始針對不僅是跟車模式的研究，而著重於可同時考慮不同情況下的組合模式，例如同時考慮跟車與車道變換的一般化模式。

2.1.2 一般加速度模式 (General Acceleration Models)

微觀模擬必須捕捉各種駕駛人之行為，因此也會大量增加電腦運算使用。Nagel (1992)等人發展細胞自動機模式(Cellular Automata (CA) Models)。CA 模式可以使得電腦使用更有效率，其作法是將車輛當成在整體系統中占用道路網格的細胞，不同的車種會依照其不同的長度設定由不同數量之細胞組成，因此系統中的網格可以是被占用也可以是空的，車輛會依照模式的規則與鄰車作用，使得 CA 格位化更新，也就是車輛會依據前方車輛間距等外在條件進行橫向與縱向的移動，也可以照側向車道的變換進行水平移動，在不同的時點下不斷更新車輛的位置。Nagel 等人提出的細胞長度為 7.5 公尺，車輛從一個單位移動到另外一個單位總共有加速、減速、損失這三個步驟，其中損失代表輸入一個機率讓車輛會自動地降低車速。

藍武王、張瓊文 (2004)研究機車的跟車行為特性，構建機車的跟車模式，採用影片資料收集的方式，研究發現機車跟車的比例僅佔全部樣本的 13.8%，發現機車的相對速度差、與前車的間距、前車加速率係影響後車(機車)跟車加速率之顯著影響。並且使用通用跟車模式(GM)，並且發展適應性類神經模糊推論系統(ANFIS)，其研究結果 RMSE 較 GM 的配適度更佳，說明使用 ANFIS 描述機車的跟車行為。

2.2 車道變換模式相關文獻 (Lane-changing Models)

不同於加速度模式和跟車模式，車道變換模式不僅考慮後車的行為，前車亦可能被後車所影響，因此交互關係更加複雜，故發展的時間也相對較晚。目前國外的車道變換模式研究多以小汽車為主，且主要的研究範圍多著重於高速公路之駕駛行為，而本研究主要針對台灣市區道路之混合車流，因此除了對於小汽車的車道變換模式進行文獻回顧，也參考機車的車道變換模式研究。

2.2.1 小汽車車道變換模式

微觀車道變換模式依照研究方法可以簡單劃分為兩類：決策結構模式(Rule-based models)和個體選擇模式(Discrete choice-based (DCB) models)。決策結構模式從個別駕駛者的觀點著手，考慮從目前行駛車道轉換至目標車道的眾多可能影響原因，將駕駛者考量該原因後的決策做為一決策流程，最後判斷是否決定變換車道。個體選擇模式使用羅吉特或者普洛比分析，選擇可能影響車道變換選擇的變數，並且校估參數。個體選擇模式的駕駛者決策可以是二元選擇或者多選擇，各選擇的效用將被計算出來，並且求出選擇不同車道變換的機率。使用這兩種模式在駕駛者做出決策後，必須用接受間距(Gap acceptance models)判斷能否變換車道，而接受間距的參數將由原始車輛資料校估求算。

Gipps (1986)首先提出車道變換決策模式以應用於交通模擬，此模式研究對象設定為市區道路，用邏輯性的結構判斷駕駛者決策，分析最後是否產生車道變換行為，為一標準的車道變換決策結構模式。決策的問題可以概分為客觀性問題與主觀性問題。模式決策流程中使用許多二元問題選擇，問題的答案是或否將影響下一步驟的決策流程，決策流程不斷進行直到完成車道變換才結束又重新開始。其中有三個重要的因素影響過程：可行性、嚮往性和安全性。問題涵蓋影響駕駛者進行變換車道決策的影響因素，首先判斷駕駛者欲變換的目標車道，接著開始決策流程的一連串問題：利用跟車模式判斷變換車道是否可行，接著問駕駛是否接近欲轉彎路口、判斷是否行駛於大眾運輸車道、大型車輛影響等問題，最後即可利用以上二元問題的答案，決定駕駛者變換車道的決策。不過最後並未提供正式的參數校估模式。

Yang and Koutsopoulos (1996)提出高速公路車道變換模式，此模式並建置於MITSIM內。將車道變換模式概分為兩種類型：被迫變換車道(MLC)和任意變換車道(DLC)。駕駛者在前車速度低於期望速度，而鄰近車道有機會增加速度時會考慮任意變換車道(DLC)。研究中亦發展接受間距模式，在被迫變換車道(MLC)條件下的接受間距，會小於任意變換車道(DLC)條件下的接受間距。且研究中指出若駕駛匯入車道，必須在與前車和後車的間距都被接受的情況下才可以發生。然而此研究亦未提供正式的參數校估模式。

Ahmed et al. (1996)採用個體選擇模式用於車道變換模式，先後發展MLC與DLC之車道變換模式。將車道變換分為三個步驟：考慮變換車道、目標車道選擇、目標車道接受間距。研究先在美國巴爾的摩地區高速公路進行MLC的特殊情境測試，選定高速公路匯入車道路段，判斷本車與左車道的左前車與左後車間距，本車必須在同時接受左前車和左後車間距才會發生被迫變換車道(MLC)，總共收集了286輛汽車資料。後來發展任意變換車道(DLC)模式，選定美國波士頓

快速道路，收集四車道車輛資料，觀察中間兩車道的小汽車直行與向左切換車道行為，研究著重於駕駛任意變換車道行為(DLC)，最後利用接受間距來判斷車輛是否向左切換車道，總共收集 843 輛汽車資料，共 4335 筆資料。DLC 之研究涵蓋本車道與切換至左車道的觀念，並且使用羅吉特模式校估，選用了與速度差有關的基本變數，建立一有參數校估之個體選擇模式。此研究的 DLC 選擇為二元羅吉特模式：行駛本車道或者向左行駛左車道，尚未考慮到向右行駛右車道。

Toledo et al. (2007), (Toledo, 2007)採用個體選擇模式的研究方式，建立整合 MLC 與 DLC 之目標車道變換模式，同時考慮本車車道、向左行駛左車道、向右行駛右車道三種選擇，建立多項羅吉特模式。原始資料來自於美國維吉尼亞州長 997 公尺的四車道高速公路，共 442 輛汽車資料，共計 15632 筆資料。此整合駕駛行為模式一開始必須先判斷車道選擇，根據三種行駛方向建立多項羅吉特模式，使用最大概似法校估參數，並擷取可能影響駕駛車道選擇之解釋變數，選擇之變數不僅限於距離或速度之觀念，另外加入了車道密度、變換車道數等新解釋變數，而變數的擷取主要著重於與前車的關係，與鄰後車的距離和速度差則沒有考慮放入。車道選擇完成之後，依然使用接受間距模式進行下一步。此研究另外加入了目標車道間距模式和加速度模式，以此兩種模式接續接受間距模式，待四種模式完成後，組合為小汽車整合駕駛行為模式。

Choudhary et al. (2008)開始將個體選擇模式應用至市區道路，在四車道的市區道路上選擇外側第二車道，判斷該車道的三種車道選擇行駛方向，而不考慮最內側車道。資料收集地點來自於美國加州洛杉磯，道路長度 488 公尺，收集 400 輛汽車資料，共 16696 筆資料。研究方法架構與麻省理工大學團隊先前的研究接近，判斷完車道變換選擇之後，用最大概似法校估參數，並採用接受間距檢視，最後的行動則為變換車道或者不變換車道兩種。因應市區道路特性，模式解釋變數擷取考量路徑規劃影響，例如目前車道距離欲轉向路口車道數和距離、前方車輛延滯等市區道路特性。研究之模式如同 Yang and Koutsopoulos (1996)一樣套入 MITSIM 模擬軟體使用，並用總體交通資料比較改善程度。而此研究針對市區道路建構微觀車流模式，但是並未考慮公車站和行人等市區道路影響因素，而模式的績效仍待後續確認。

Sun and Elefteriadou (2012)不同於 Ahmed、Toledo、Choudhury 等人的研究方法，對市區道路車道變換模式提出不同的情境分析模式，建構兩階段的巢式羅吉特模式架構。將駕駛者的變換車道決策視為規劃階段，變換車道決策可以分為嘗試或完成變換車道與未完成變換車道 2 個流程，若嘗試或完成車道變換則可用接受間距判斷。間距是否接受並變換車道則可視為行動階段。研究方法不同於影片拍攝的資料收集方式，而是先設定了 6 種不同的駕駛情境，並且雇用 40 位駕駛實際開車，由駕駛身旁的觀察員紀錄駕駛的行為 (Sun and Elefteriadou, 2012)，並且藉由問卷調查的方式將駕駛者分為 4 種類型 (Sun and Elefteriadou, 2011)，依據

駕駛者變換車道的強烈程度區分。而實際開車時觀察員紀錄的車道變換可分為三種：潛在車道變換、嘗試車道變換(但未成功)、完成車道變換。因此可以用3種車道變換情況與4種駕駛類型做為3×4的組合分析。

研究分了6種類型的駕駛情境分析，將車道變換選擇視為二元羅吉特模式。(1表示駕駛嘗試變換車道或者駕駛完成變換車道；0表示駕駛未完成變換車道)針對6種情境分別擷取不同的變數，並且校估參數留下通過之變數。研究中分類的6種市區道路駕駛情境分別如下：(1)行經停在公車停靠區之公車 (2)避開匯入原本行駛車道之車輛 (3)加速超越前方速度較慢車輛 (4)行駛至路口處延滯較少的車道 (5)避開卡車與大型車輛的影響 (6)避開後方跟車車輛。如果二元羅吉特結果是1，就開始採用接受間距測試，接受者便可判斷為最後完成車道變換。

Hidas (2005)進行車輛交會的微觀模擬，其作法也是利用影片拍攝的方式，此研究之模式不僅用於一般道路的車道變換交織，也可以用在道路之匯流情況。作者利用間距(m)和速度差(m/s)歸類整理了三種車道變換之情形：

- (1) 自由車道變換 (Free lane change)：此種車道變換模式並沒有特別可以觀察的現象，駕駛人憑自己的意識進行車道變換。
- (2) 受迫性車道變換 (Forced lane change)：指當車輛變換車道進入所欲變換之車道時，會使得後方之車輛被迫得減速讓行。
- (3) 合作性車道變換 (Cooperative lane change)：指當後方車輛看到有車輛要變換到該車道時，會自動放低速度讓其變換車道至前方。

作者最後整理成一決策結構模式(Rule-based models)，並且將其模式套用至ARTEMiS 交通模擬軟體中。

2.2.2 機車行為模式

Lee et al. (2009)指出機車在許多國家的市區道路混合車流佔有重要的影響力，但是在目前的車流理論與模擬軟體中卻鮮少被提出，針對英國的汽機車混合車流提出機車的移動行為分析。研究提出了兩個不同的時距模式：

- (1) 直向時距模式 (Longitudinal headway model)：將機車駕駛與前車互動避免撞車的情況分為減速不偏移(6)與偏移避開前車(7)兩種類型，並且分別提出其最小跟車距離：

$$\Delta D^{unswerving} = d_n - d_{n-1} = v_n \tau - \frac{v_n^2}{2b_n} + \frac{v_{n-1}^2}{2\tilde{b}_{n-1}} \quad (6)$$

其中n表示車道中第n輛車；n-1表示n車的前車； d_n 表示n車的停止距離； v_n 表示n車的起始速度； b_n 表示n車在不偏移情況下的剎車減速度； \tilde{b}_{n-1} 表示n-1車的

推測減速度； τ 表示反應時間。

$$\Delta D_n^{swerving} = \Delta v_n \left(\tau + \frac{d^w}{v^w} \right) + \frac{1}{2} (\dot{b}_n - \tilde{b}_{n-1}) \left(\frac{d^w}{v^w} \right)^2 - \frac{1}{2} \tilde{b}_{n-1} \tau \left(\tau + \frac{2d^w}{v^w} \right) \quad (7)$$

其中 Δv_n 表示速度差； d^w 表示橫向移動距離； v^w 表示橫向移動速度； \dot{b} 表示偏移時的剎車減速度。

機車駕駛所保持的最小直向跟車距離可以表示為 $\min\{\Delta D^{unswerving}, \Delta D_n^{swerving}\}$

(2) 斜向與橫向時距模式 (Oblique and lateral headway model): 描述機車駕駛斜向與側向跟車時的安全間距, 在這種情況下無法計算時距, 因此必須建立迴歸模式。但是此模式必須滿足一特定無異線之假設, 無異線是由本車機車與斜前方車輛的直向間距和橫向間距所計算, 假設駕駛者在該線上會維持同樣滿足程度, 並且考慮跟車角度以完成模式校估。

(3) 機車車道選擇模式 (Path choice model): 將駕駛分為向左行駛、直行、向右行駛三個選擇的多項羅吉特模式。不同於小汽車的行駛車道, 機車駕駛並沒有明確的車道觀念而是以虛擬車道取代, 因此三種選擇效用函數所擷取之變數也和小汽車不盡相同。原始資料收集的方式是利用影片拍攝, 地點選在英國倫敦市區道路, 影片拍攝時間為 17:00-18:00, 利用軟體收集影片中車輛量化資料, 共 42711 筆資料, 2109 輛車。機車駕駛行為較汽車更為複雜, 變數擷取除了前方車輛速度, 考量機車具有駕駛靈活的特性, 機車可以較容易切換車道, 因此鄰近車輛間的距離也必須納入變數。而為了更精準的預測機車行駛方向, 包含機車行駛角度的變化量、鄰近車輛大小等汽車未考慮因素, 在此研究中都放入羅吉特模式之變數。校估參數後刪除不顯著之變數, 完成具英國機車駕駛特性的車道變換選擇模式。

Lee et al. (2011) 描述市區道路的混合車流機車駕駛模式, 利用量化數據分析機車跟車距離、速度、加速度與減速度, 發現機車的安全間距較小, 跟車距離服從 lognormal 分配; 機車速度服從常態分配, 但汽車並沒有; 機車的加速度與減速度較汽車變化劇烈, 因為其體積較小且重量較輕。

本篇研究以英國倫敦地區為研究區域, 英國之機車駕駛行為與台灣地區不同, 英國的機車駕駛觀念類似駕駛小客車; 國內的機車駕駛則擁有鑽行和超車等不一樣的行為特性, 比較東西方的開車習慣, 受到駕駛觀念不同和機車密度差異等影響, 擷取不同的變數也會呈現出不同的結果。此研究利用個體選擇模式的研究方法, 並針對英國地區特性擷取變數, 用多項羅吉特模式的路徑選擇模式, 首先將個體選擇模式方法應用至市區混合車流機車駕駛行為。

2.3 接受間距模式相關文獻 (Gap Acceptance)

接受間距(Gap acceptance)原本是用於解釋交叉路口的錯綜行為，現在也被用於車道變換模式，其檢視目標車道的前車與後車之間の間距(Gap)，因此可以將接受間距視為一個二元選擇問題，駕駛者會比較目標車道前後車之間的可行間距(Available gap)和臨界間距(Critical gap)，臨界間距也就是最小的可接受間距，判斷是否接受，若大於鄰界間距代表接受，車輛可以變換車道；小於臨界間距則被拒絕無法變換車道。臨界間距可藉由選取之解釋變數模型化為隨機變數並且服從lognormal 分配以確保為非負值。

$$Y_n(t) = \begin{cases} 1 & \text{if } G_n(t) \geq G_n^{cr}(t) \\ 0 & \text{if } G_n(t) < G_n^{cr}(t) \end{cases} \quad (8)$$

其中 n 為駕駛者， t 表示時間。 $Y_n(t)$ 為指標變數，如果為 1 的話表示接受間距；為 0 表示拒絕間距。

Daganzo (1981) 提出了架構以掌握臨界間距(critical gap)隨時間的變化。使用普洛比模式(Probit model)預測接受間距參數，利用駕駛者從支線道路匯入主線道路進行校估。駕駛者 n 在時間 t 的臨界間距可以用下列方程式描述：

$$G_n^{cr}(t) = G_n + \varepsilon_n^{cr}(t) \quad (9)$$

其中 G_n = 駕駛者 n 的臨界間距； $\varepsilon_n^{cr}(t)$ 為同一駕駛不同間距和不同駕駛之隨機項。 G_n 和 $\varepsilon_n^{cr}(t)$ 假設為互相獨立，並且假設 $G_n \sim N(G, \sigma_G^2)$ 且 $\varepsilon_n^{cr}(t) \sim N(0, \sigma_\varepsilon^2)$ 。

車道變換的個體選擇模式最後必須採用接受間距模式(Gap acceptance model) 衡量是否可以變換車道。接受間距主要被本車與目標車道的前後車空間關係所影響。且必須要在與目標車道前車和目標車道後車兩者間距都被接受的情況下，駕駛者才會產生變換車道的行為。Gipps (1986) 和 Ahmed (1996) 皆指出駕駛人會分開考慮與目標車道前車の間距(lead gap)和目標車道後車の間距(lag gap)，必須要兩個間距都被接受才會產生變換車道的行為。此外 DLC 與 MLC 情況下的 lead critical gap 與 lag critical gap 會不同：在 MLC 情況之下的間距會比 DLC 情況下來較小。Ahmed (1999) 發展了強制性併入車道模式，駕駛人可能會較有禮貌的等待目標車道後車；也可能不管目標車道後車情況強行變換車道。Hidas (2005) 則發展了三種車道變換情況，並且解釋了受迫性車道變換與合作性車道變換的差異，其研究方法是針對接受間距做一完整的資料收集與圖形判斷。

2.4 國內市區混合車流車道變換模式相關文獻

何佳娟 (2001)以新竹市光復路(建功路口至金城一路口)路段進行微觀汽機車混合車流研究，分別考量路段車流行為與鄰近路段車流行為。而路段車流行為主要研究變換車道行為，駕駛人變換車道必須考慮三個條件：(1)與本車道前車之關係。(2)與期望車道前車關係。(3)與期望車道後車關係。當三者關係同時符合時才可以變換車道。與本車道前車的關係主要是考慮偏向角，當與前車的偏向角大於與目標車道前車的偏向角時才可以成立條件，並且將前車車種的觀念導入。與期望車道前後車關係主要考量必須大於動態安全間距即成立條件，將變換車道行為以流程圖表示判斷。提出機車的鄰近車道為機車本身之靜態車寬加上動態側向間距觀念。此研究選擇的光復路樓房較矮，攝影拍攝範圍僅能到達 12 公尺，難以掌握路段中機車的連續移動過程。

張維翰 (2006)針對郊區路段微觀混合車流進行特性研析與模式建立。也是利用攝影拍攝的方式，選定新竹中興路四段二車道，約 100 公尺的拍攝範圍。將混合車流模式分為跟車模式與車道變換模式。其中跟車模式是以適應性類神經模糊推論系統構建郊區的模式；車道變換模式則是分為變換車道的行為準則與偏向角模式兩種。車道變換模式依據本車為汽車和機車分為兩種不同的情況：如果本車為汽車的話，考量前車為機車的情形，並且將目標車道分為沒有車輛、有前車、有後車、有前車和後車四種不同的情境。其主要的考慮變數為偏向角，另外也考慮了本車速度、本車與鄰車的距離差與速度差、還有前方機車距右側車道緣等不同的變數。本車為機車另外考量了本車與前車的相對縱向距離與相對橫向距離，以變換行向代表機車變換車道之行為。

最後研究結果顯示在郊區(本車為汽車、前車為機車)之變換動機為本車車速大於前車車速 1.5m/sec 以上、本車與前車相對距離小於 15.6 公尺。本車為機車變換行向(本車為機車、前車為汽車)之變換動機為本車車速大於前車車速 1.1m/sec 以上、本車與前車相對距離小於 14.1 公尺。

張正達 (2012)研究機車在低速情況下的運動推進模式，將研究範圍限制於鄰近路口與紅燈號誌為條件，研究機車在停止車陣中的低速鑽隙行為。研究中將機車的前方與左右方劃分為 14 個不同大小的格子，機車駕駛有三種方向選擇：左前方、前方、右前方。將 14 個格子的變數輸入，將數據資料格子化判斷機車駕駛在緩慢移動時的方向選擇，並將心理因素的領地效應加入變數中，建構機車推進距離的準則。但是此研究並不適用於路段中高速行駛的機車駕駛，且必須將影像畫面劃分為格子才可進行。

許添本、韓復華 (2011)進行交通技術研發與人才培育規劃研究(2/4)，針對國內混合車流進行了完整性的研究。其中包含跟車模式、錯車模式、強制型變換車道模式、接受間距模式四項主要車流模式的初步建構。原始資料收集的方式是利用高樓影像拍攝，將影片畫面依照每 0.5 秒一張(frame)的方式收集車輛座標，並以人工分組的方式將本車與鄰車的關係分為許多不同的分組類型進行研究。許家齊 (2012)研究中發現兩車的側向偏移量對於機車的縱向跟車有很大的影響，側向偏移量越大會造成縱向間距越小，並且首度引入馬可夫模式於混合車流環境中，結合行為門檻模式之感知分界，駕駛人在不同的感知狀態可用不同之加減速模式做推進。李健豪 (2012)利用多項羅吉特模式進行超車行為路徑選擇決策模式，分別以汽車為本車和以機車為本車校估參數。小汽車為本車考量的主要變數有距離差和車速差。機車為本車則加入了錯車距離、前一秒側向偏移量等新變數，而機車的選擇共有五種：跟車、向左錯車、向右錯車、向左偏移跟車、向右偏移跟車。最後利用判中率來檢視結果。



第三章 影片收集與資料庫建立

本章節介紹微觀混合車流研究使用的原始資料庫。第一節介紹市區路段影片的收集，以及如何將影片車輛軌跡數位化並建成資料庫。第二節介紹原始資料庫的型態與整理。第三節介紹影響車道變換的重要變數擷取：其中包含如何判斷不同車輛間彼此的相對位置、如何判斷車輛進行車道變換、以及本研究的車道變換模式介紹。

3.1 影片資料收集

本研究的原始影片來自許添本、韓復華 (2011)的交通技術研發與人才培育規劃研究中所拍攝的30分鐘路段畫面。然後利用此影片畫面自行進行車輛點擊，並完成原始資料的收集與資料庫建立。進行微觀車流的車道變換模式研究，首先必須拍攝市區道路影片。拍攝影片選擇的路段是台北市忠孝東路四段西向車道，接近忠孝敦化路口之路段。此路段共四個行車道，拍攝畫面涵蓋公車停靠站，路段總長度約170公尺，影片拍攝時間為早上尖峰時段。拍攝的方式是利用在路段旁邊的高樓進行高空攝影，共架設兩台攝影機同時間分別錄影，之後再將兩台攝影機所拍攝的上游與下游路段影片資料合併分析。



圖 3.1-1 影片拍攝路段位置—忠孝東路四段(紅色框線處)

拍攝完路段的影片後，必須進行數位化的資料庫建構，本研究採用 Lee et al. (2008)所開發的車流軌跡讀取程式，使用此程式將影片中所有車輛在不同時間點的位置進行量化收集。首先開啟兩個車輛軌跡收集程式，將所拍攝的30分鐘路段影片依照上游和下游各別讀入程式。在開始收集之前必須將影片畫面的座標轉換為事先測量之路段座標位置。從第一輛車開始點擊車尾中點收集每秒鐘的車輛

x, y 座標位置，每點擊一下車輛尾部，影片畫面便會自動跳到下一秒鐘，也就是影片的 frame 數會以每 30 張為固定間距跳動，而當車輛移動到下游的畫面時，必須配合影片的連續秒數點擊，使得上下游同一車輛的移動軌跡為一完整的時間序列而不間斷，分別用兩個程式所收集的資料可以合併成為一完整的資料庫。完成一輛車的軌跡資料收集後即存檔使畫面返回，並且開始收集下一輛車的軌跡資料，連同路邊停等之車輛也一起點擊，直到影片長度內的所有車輛資料收集完畢為止。



圖 3.1-2 影片拍攝路段上游(左)與下游(右)

在收集的同時也將不同大小的車種進行分類，包含一般小汽車、機車、公車、小型巴士、計程車等不同車種類型。存檔完畢的原始資料庫會將各車輛的車輛位置以車頭中點座標記錄下來，程式會計算資料上一秒與下一秒位置之間的角度，並且利用不同的預設車種長度與寬度，計算出該時間點下車輛的左前方、左後方、右前方、右後方四點座標位置。同時擁有車輛的車頭中點座標位置和四點座標位置可以進行更深入的變數擷取與研究。

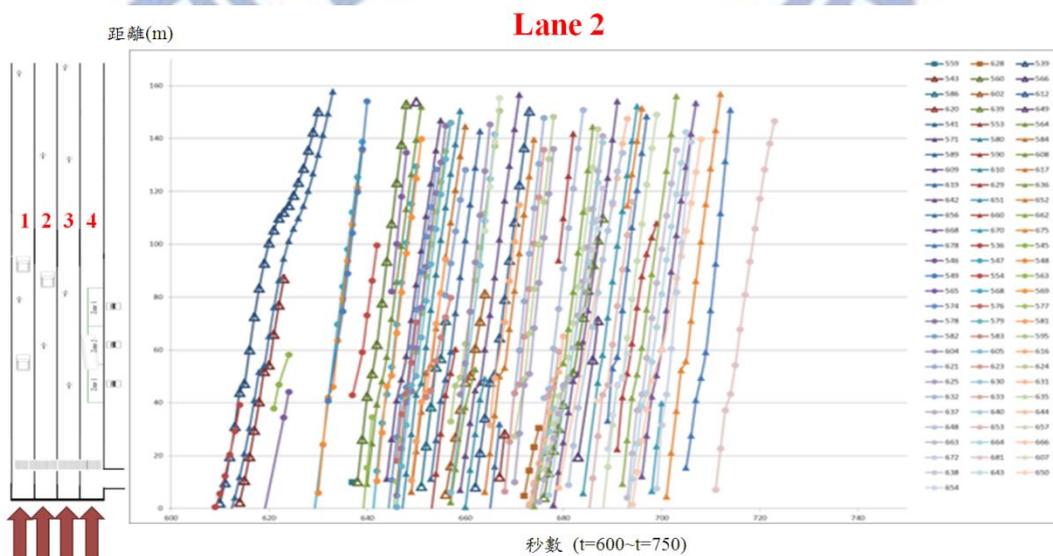
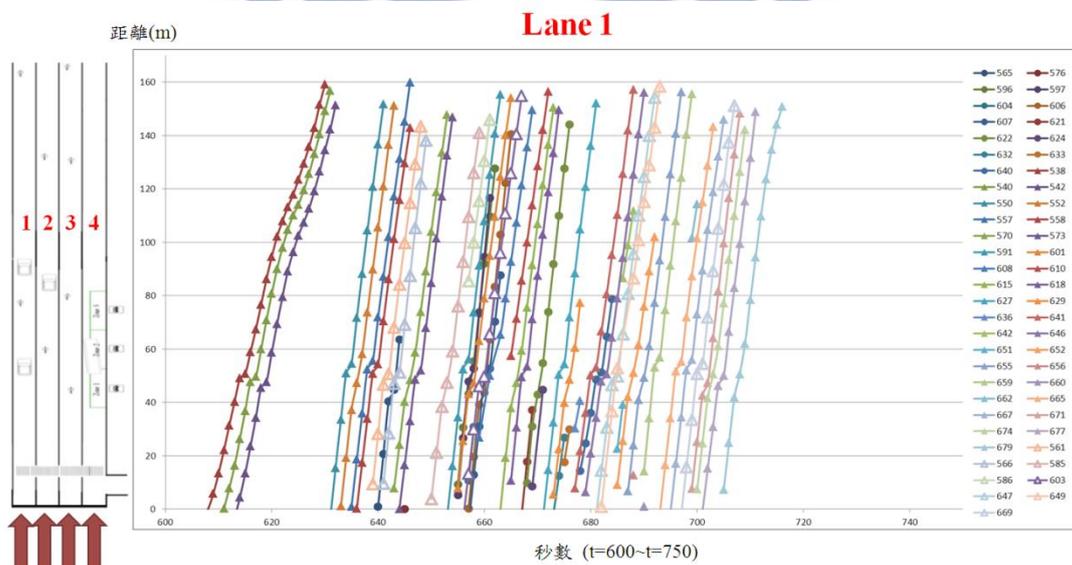
使用程式收集可以在點擊完一輛車後，將時間點跳至所欲點擊時間，將尋找車輛畫面的時間大幅縮短。但是收集上下游路段 30 分鐘影片，單人點擊仍至少需要 30 小時的作業時間，最後影片建立之 30 分鐘原始資料庫共 34498 筆車點資料，1660 台車輛資料。此資料庫將作為後續的變數擷取以及模型建立使用，並且可以將檔案匯入 Excel 進行更多的分析使用。

表 3.1-1 原始資料庫車輛資料筆數統計

車種	機車	小汽車	計程車	小型巴士	公車	總計
資料筆數 (筆)	12311 (36%)	10404 (30%)	8207 (24%)	101 (0%)	3475 (10%)	34498
車輛數 (輛)	818 (49%)	564 (34%)	206 (13%)	3 (0%)	69 (4%)	1660

各車輛在不同時間點的關係除了利用影片還原程式檢查之外，也可以依據原始資料庫所收集的資料進行時空圖比較，藉由時空圖可以同時比較不同車輛在一段時間內的軌跡變化，而以下是依照四個不同的行車道進行劃分，所畫出來的時空圖關係比較，車道 1 至車道 4 分別為最內側車道到最外側車道，由於上游路口有紅綠燈號誌，故選擇 $t=600$ 至 $t=750$ (秒)的綠燈時段作圖比較。分別與左邊車道示意圖做比對，可以觀察在該路段不同位置的距離變化量。

以下四張圖分別表示四個車道的時空圖，其中小汽車：實體三角形、計程車：空心三角形、機車：圓形、公車：方形。而最外側車道(Lane4)因為在該時段路邊停靠了三輛計程車，故僅有少數公車和汽機車資料點。



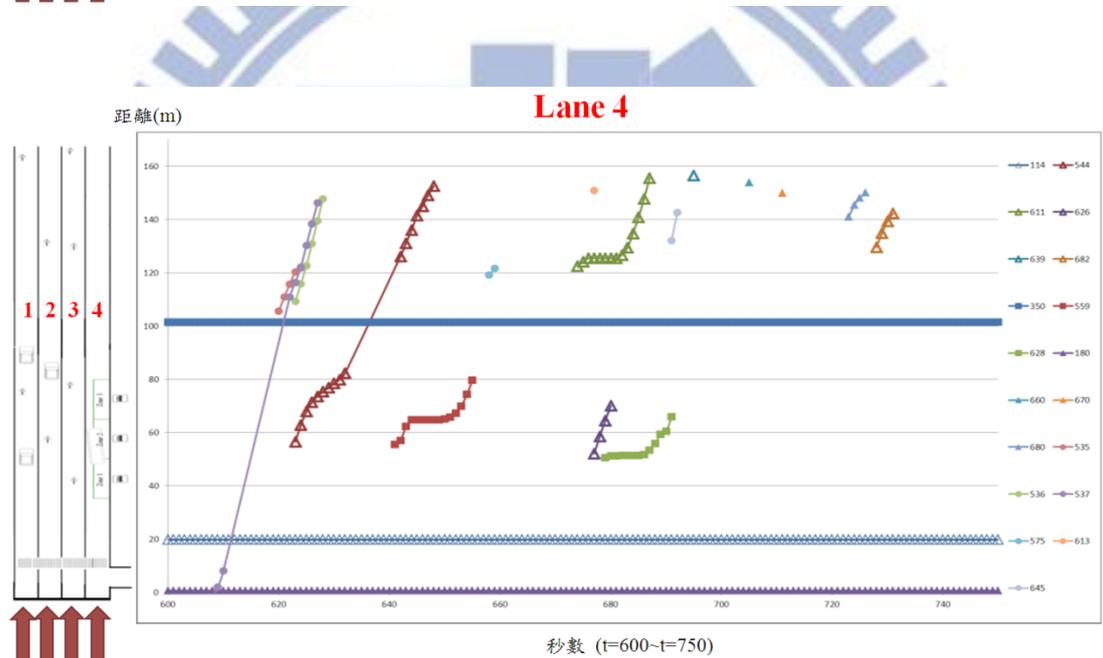
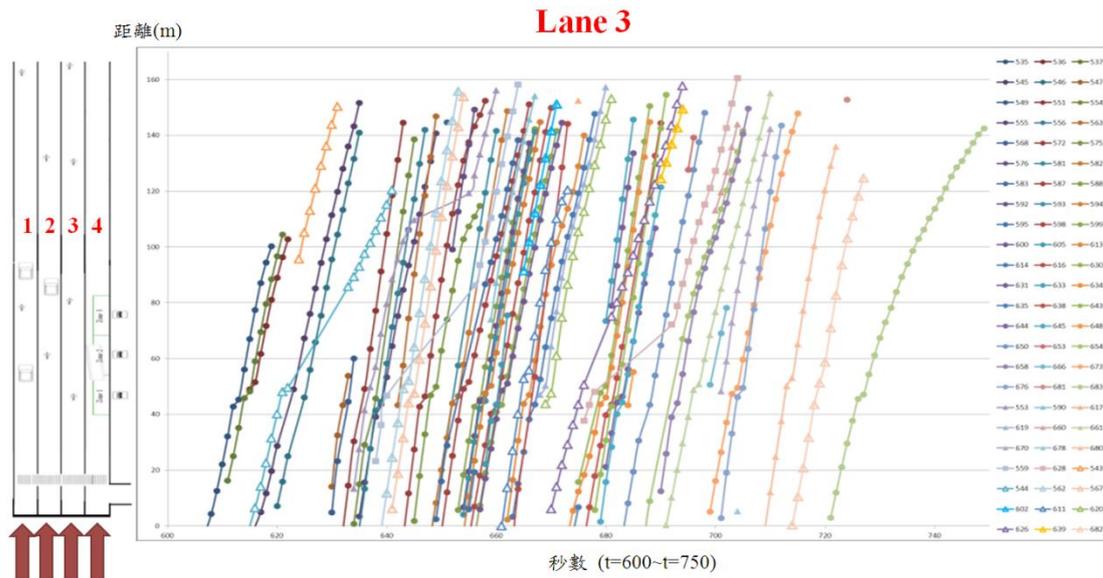


圖 3.1-3 路段四車道車輛時空圖(t=600~t=750)

論文研究限制：本研究的影片上下游接合點如上圖 3.1-3 所示，在影片的接合處資料點(約路段 40 多公尺處)產生接合誤差，其主要之影響在於車輛的橫跨影片 X 移動量，所計算有偏誤的 X 移動量也會影響速度，因此本研究針對該接合時點之車輛資料進行速度資料修補，以該點的前一秒時點資料與下一秒時點資料進行速度平均。對於 Y 座標的車輛橫向移動並沒有影響，後續分析所使用到的 X 移動偏移量也會利用所修補完成的資料來進行填補修正，所以使用的分析資料將可以避免上圖中接合點產生的誤差。

3.2 原始資料庫型態

原始資料庫是點擊影片車輛所記錄的所有車輛資料。包含每輛車的車輛編號，以及在不同時點(秒)下該車的車輛座標位置、速度、加速度、角度等原始資料項目輸出所構成。此作法將原始資料庫的讀取人員與使用資料的分析人員可以獨立分開，也就是分析人員可依照各自喜好擷取所需要的變數，或者進行更複雜的資料分析，採用客觀的資料數據，而非依照車輛讀取人員的個人喜好決定車輛組合，原始檔案輸出資料如下表所示。

表 3.2-1 原始輸出資料項目說明

vehicle_number	車輛編號
vehicle_type	車種
vehicle_length	車長(m)
vehicle_width	車寬(m)
video_frame	圖片編號
screen_x	畫面 X 座標(車頭中點)
screen_y	畫面 Y 座標(車頭中點)
real_x	實際 X 座標(車頭中點)
real_y	實際 Y 座標(車頭中點)
distance	與前一秒的距離(m)
speed	速度(m/sec)
acceleration	加速度(m/sec ²)
theta	角度

讀取人員在點擊資料時可能產生人工失誤，若要檢測點擊完成的資料庫是否與實際影片資料相符合，可以利用影片還原程式(Lee et al., 2008)檢視。影片還原程式將所點擊完的原始資料庫讀入，還原播放時呈現每個時間點下的車輛位置，若連續點擊播放按鍵則可以視為車輛的移動軌跡，藉此可以檢查是否有可疑或錯誤的資料收集，也可藉由車輛編號還原該車輛當時的移動情形，並以圖形化播放來呈現，也可以降低錯誤的發生率並提高檢測的效率。

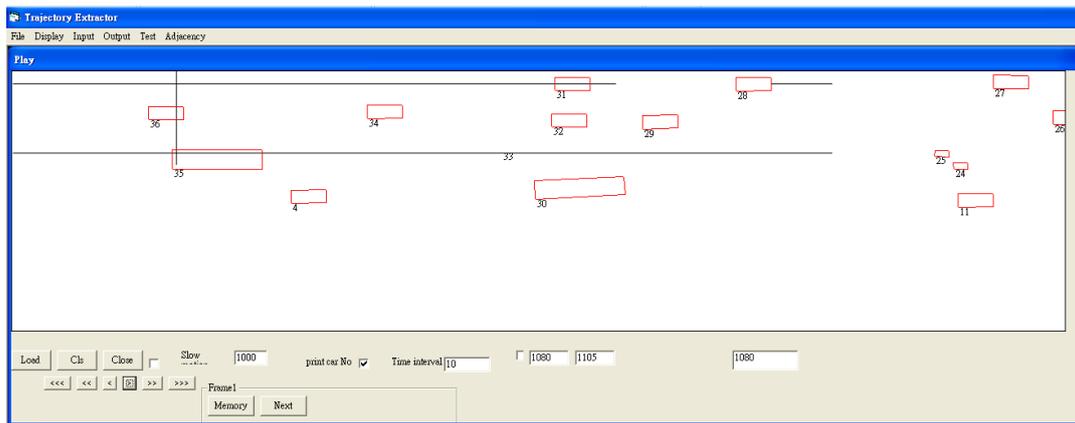


圖 3.2-1 車流影片還原播程序式

而收集原始資料時常常會發生一些設定上的錯誤，例如最常發生的座標轉換設定錯誤，若發生此種錯誤則所有資料庫的座標位置都會錯亂，所推算出來的速度與加速度也會有誤，但是重新點擊需要花費大量的時間，因此將程式加了錯誤修正的功能，若發生座標設定錯誤的情況可以不必重新點擊影片資料，而只要將影片座標與實際座標重新轉換運算，程式即會將所有時點的座標位置更正。另外在點擊影片資料時，由於車種的判斷是人工方式，故有可能發生按錯車種的問題，發生此種錯誤也可以在錯誤更正式中直接改變該車輛編號的車種，利用角度和車種的長寬重新計算四點座標位置。最後在點擊時可能因為人為疏忽產生車輛的偏移角度不正常情況產生，也可以針對該時點的錯誤資料進行角度修正。以上的錯誤更正式功能可以降低使用者重新點擊的成本，並且有效提高原始資料庫的正確性。

3.3 重要變數擷取

分析國內市區道路的小汽車車道變換模式，將資料庫中的本車資料為小汽車先進行篩選，然後使用程式將小汽車車道變換模式中所需要的變數擷取。小汽車車道變換模式過去文獻主要注重高速公路，本計畫探討的對象為國內市區道路的混合車流，因此影響本車小汽車的車種不僅只有小汽車，也涵蓋機車和公車等不同類型的車輛。

3.3.1 判斷車輛相對位置

研究混合車流中車輛彼此之間的交互關係，首先必須將原始資料庫依照車輛位置判斷標準分類，分成前車、左前車、右前車、後車、左後車、右後車的六種原始資料關係。再依據這些原始資料進行變數擷取的步驟，而變數擷取依照不同車種可以使用不同的變數，使用程式功能將變數依每秒每筆資料排序，整理為後續模式建立需要的形式。

由於資料量大，判斷車輛相對位置目前採用自動化的方式，依據汽車與機車設定不同的規則做不同的分類方式如下：

假設：

t = 時間(秒)

i = 本車; l_i, w_i 表示車長與車寬

j = 鄰車車輛編號

x_i^t, y_i^t = 車輛 i 在時間 t 的座標位置 (車頭中點)

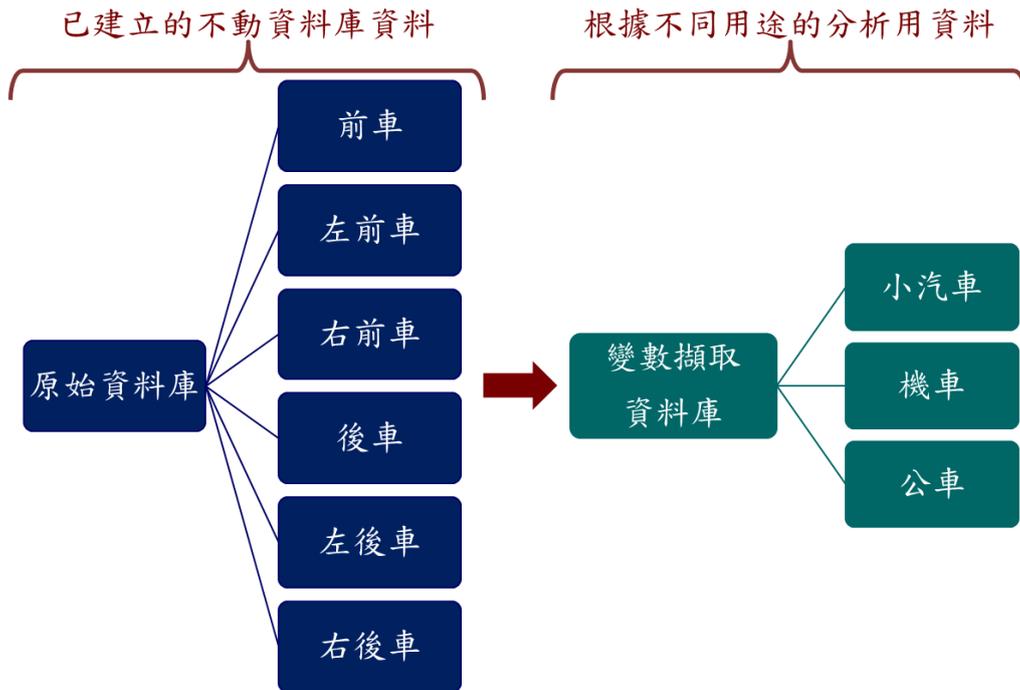


圖 3.3-1 資料庫型式整理與應用

鄰車計算定義(6種方向)：

$F_i^t, LF_i^t, RF_i^t, B_i^t, LB_i^t, RB_i^t$ 表示車輛編號 i 在時間 t 的前車、左前車、右前車、後車、左後車、右後車。目前判斷方法：

小汽車前(後)車： Δy 在 1.5m， Δx 最靠近之車輛

小汽車左(右)前(後)車： Δy 在 1.5m~3m 範圍， Δx 最靠近之車輛

機車前(後)車： Δy 在 0.6m， Δx 最靠近之車輛

機車左(右)前(後)車： Δy 在 0.6m~1.2m 範圍， Δx 最靠近之車輛

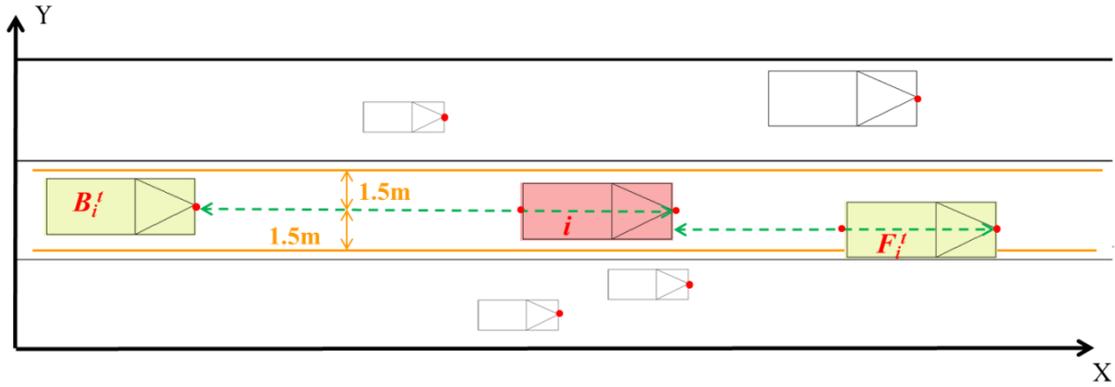


圖 3.3-2 本車與前車及後車相對位置示意圖

上圖中紅色車輛 i 為本車，橙色線條為本車車頭中點向左與向右 1.5 公尺的區間範圍，在此 3 公尺的範圍內即為前車與後車的判斷區間，此範圍內前方最近車輛即為前車 F_i^t ；範圍內後方最近車輛為後車 B_i^t 。

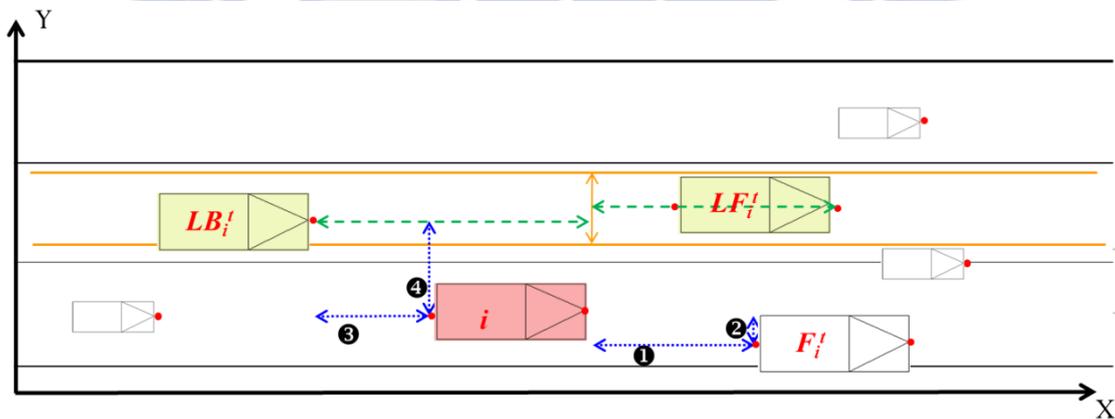


圖 3.3-3 本車與左前車及左後車相對位置示意圖

上圖中紅色車輛 i 為本車，橙色線條為本車車頭中點向左 1.5 公尺到 3 公尺的區間範圍，在此 3 公尺的範圍內即為左前車與左後車的判斷區間，此範圍內前方最近車輛即為左前車 LF_i^t ；範圍內後方最近車輛為左後車 LB_i^t 。判斷右前車與右後車的方法如同判斷左側方法，判斷區間向右 1.5 公尺到 3 公尺。其判斷標準主要是以車道寬度 3 公尺作為準則，而機車車寬較窄僅 0.6 公尺進行判斷。

有了車輛相對位置的判斷才能進行變數的擷取，例如在第 150 秒本車與前車之相對距離與相對速度等變數擷取，前後左右車輛關係在建立了自動化的篩選機制後，可以用影像還原播放的方式檢測各車輛相對位置，而自動化產生的結果與影片還原播放所呈現的相對位置符合，本篇研究的判斷將以此為依據，將 30 分鐘內各時點(秒)的所有車輛相對位置求算判斷。

3.3.2 判斷車輛車道變換

車道變換模式的車道變換選擇採用自動化判斷的方式。可以判斷每個時點的本車直行、向左偏移、向右偏移狀態。三種狀態之規則如下：

1. 向左偏移：

- (1) 汽車：同一車機於連續時間內，當 $\Delta y_t = y_{t+1} - y_t$ 之值最少連續兩秒大於 0.75 公尺，或者與下兩秒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 $\Delta y_t' > 0$ ，則視為向左偏移。
- (2) 機車：同一車機於連續時間內，當 $\Delta y_t = y_{t+1} - y_t$ 之值最少連續兩秒大於 0.6 公尺，或者與下兩秒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 $\Delta y_t' > 0$ 。則視為向左偏移。

2. 向右偏移：

- (1) 汽車：同一車機於連續時間內，當 $\Delta y_t = y_{t+1} - y_t$ 之值最少連續兩秒大於 0.75 公尺，或者與下兩秒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 $\Delta y_t' < 0$ ，則視為向右偏移。
- (2) 機車：同一車機於連續時間內，當 $\Delta y_t = y_{t+1} - y_t$ 之值最少連續兩秒大於 0.6 公尺，或者與下兩秒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 $\Delta y_t' < 0$ 。則視為向右偏移。

3. 直行：

- (1) 汽車：未發生向左偏移與向右偏移之狀態判斷為直行，其 Δy_t 與 $\Delta y_t'$ 皆未達到汽車偏移之標準。
- (2) 機車：未發生向左偏移與向右偏移之狀態判斷為直行，其 Δy_t 與 $\Delta y_t'$ 皆未達到機車偏移之標準。

表 3.3-1 車輛車道變換資料量統計

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

統計的資料量如上表所示，市區道路中的汽機車向左偏向和向右偏向的比率是屬於偏低的，尤其一般小汽車直行的比例遠高於向左與向右之比例。表中的純粹直行車輛數代表該車在任何時點下都未發生偏移的情況；直行車輛數則代表有出現過直行狀態的車輛。而機車佔整體資料量的比例為最高，接近 50% 的車輛數為機車，其次才為小汽車與計程車。此資料筆數為原始資料庫筆數，並非分析時所用的資料筆數，模式建立時使用的資料會先經過過濾（例如車輛速度為 0 的資料），因此實際校估所使用的資料筆數會較原始資料為少。

第四章 小汽車與機車車道變換模式

4.1 小汽車車道變換模式

本研究之車道變換模式使用個體選擇模式建立。個體選擇模式可應用於間斷型選擇，本章節所用之選擇可概分為三類：向前直行、往左偏向、往右偏向三種選擇行為。在此使用個體選擇模式中的多項羅吉特模式，基本假設為隨機效用理論與效用最大化原則。假設不同之方案選擇對於使用者都有一特定效用(U_{ni})，並且可分為可衡量部分(V_{ni})與不可衡量部分的隨機誤差項(ε_{ni})。其中羅吉特模式假設誤差項(ε_{ni})獨立且服從 IID 的 Gumbel 分配。

$$\begin{aligned} U_{ni} &= V_{ni} + \varepsilon_{ni} \\ V_{ni} &= \alpha_i + \beta_{i1} \times x_{n1} + \beta_{i2} \times x_{n2} + \dots + \beta_{ik} \times x_{nk} \end{aligned} \quad (10)$$

其中，

U_{ni} ：替選方案 i (車道選擇) 可以帶給觀測值 n 的效用

V_{ni} ：替選方案 i (車道選擇) 可以帶給觀測值 n 的可衡量效用

ε_{ni} ：替選方案 i (車道選擇) 可以帶給觀測值 n 的不可衡量隨機誤差項

α_i ：校估的常數項

β_{ik} ：校估的替選方案第 k 個解釋變數

藉由多項羅吉特模式校估出參數後，可將三種不同的替選方案(向前、向左、向右)選擇機率計算，選擇方案 i 的機率如下表示：

$$P_{ni} = \frac{\exp(V_{ni})}{\sum_{j \in J_n} \exp(V_{nj})} \quad (11)$$

小汽車車道變換模式使用多項羅吉特模式建構，模式中的替選方案效用為：向前直行(V_1)、向左偏移(V_2)、向右偏移(V_3)三種車道選擇效用。藉由變數擷取並且校估參數可以分析在該時點下的駕駛行為，依照不同的效用比較駕駛人當時的選擇機率。而影響小汽車駕駛人的主要影響變數有本車與鄰車之相對距離、本車與鄰車之相對速度、鄰車車種、本車車速等變數。本研究 30 分鐘小汽車資料筆數共有一萬多筆，但是小汽車在市區道路向左與向右偏移的資料僅有 96 筆(0.9%)和 281 筆(2.7%)。本研究嘗試過將所有資料進行參數校估，但是直接將所有資料校估會發生選擇皆為直行(Choice=1)的情形，結果的 Rho-square 值偏高。故進行汽車小樣本資料的過濾：除了過濾不正常的資料，也不考量強制變換車道(MLC)情形，僅保留有向左或向右偏移車輛的直行資料，並將座標範圍設定為路段中央，不考慮速度為 0 的本車資料。基本小汽車車道變換模式如下表示：

$$V_1 = \beta_{DX1} \cdot DX_F + \beta_{DV1} \cdot DV_F + \beta_{M1} \cdot Mode_F + \beta_V \cdot V$$

$$V_2 = ASCL + \beta_{DX2} \cdot DX_LF + \beta_{DV2} \cdot DV_LF + \beta_{M2} \cdot Mode_LF + \beta_{DXB} \cdot DX_LB + \beta_{DVB} \cdot DV_LB + \beta_{MB} \cdot Mode_LB$$

$$V_3 = ASCR + \beta_{DX2} \cdot DX_RF + \beta_{DV2} \cdot DV_RF + \beta_{M2} \cdot Mode_RF + \beta_{DXB} \cdot DX_RB + \beta_{DVB} \cdot DV_RB + \beta_{MB} \cdot Mode_RB$$

表 4.1-1 小汽車車道變換模式變數說明

變數	正前	左前/左後	右前/右後
常數		ASCL	ASCR
相對距離	DX_F	DX_LF/DX_LB	DX_RF/DX_RB
相對速度	DV_F	DV_LF/DV_LB	DV_RF/DV_RB
車種	Mode_F	Mode_LF/Mode_LB	Mode_RF/Mode_RB

此模式「向前直行」的考量變數有本車與前車之相對距離，本車與前車的相對速度，本車當時的行駛速度(V)。而「向左偏移」必須考量左前車與左後車的相對距離、相對速度和車種；「向右偏移」與向左偏移類似，右前車和右後車的變數都必須一起考量。小汽車車道變換模式參數校估測驗結果如下表所示：

表 4.1-2 小汽車車道變換模式測驗結果

變數名稱	參數值	標準誤差	t 值	p-value
ASCC	0.00	fixed		
ASCL	-1.79	0.604	-2.97	0.00
ASCR	-1.81	0.591	-3.06	0.00
β_{DV1} (前車)	0.277	0.113	2.45	0.01
β_{DV2} (左前車、右前車)	0.140	0.0821	1.71	0.09*
β_{DVB} (左後車、右後車)	0.251	0.0672	3.73	0.00
β_{DX1} (前車)	-3.76	0.917	-4.11	0.00
β_{DX2} (左前車、右前車)	2.58	0.487	5.29	0.00
β_{DXB} (左後車、右後車)	3.87	0.582	6.65	0.00
β_{M1} (前車)	-0.358	0.181	-1.98	0.05
β_{M2} (左前車、右前車)	-0.453	0.121	-3.75	0.00
β_{MB} (左後車、右後車)	0.196	0.124	1.58	0.11*
β_V (本車速度)	0.479	0.0961	4.98	0.00
分析資料筆數：483 Init log-likelihood:-499.409 Final log-likelihood:-329.610 Adjusted rho-square：0.316				

測驗結果鄰前車的速度差與鄰後車車種校估結果較不顯著，其餘參數結果皆顯著。P-value 值標註*者表示在顯著水準=0.05 的前提下，其參數校估結果不顯著者。前車的車種參數亦為顯著結果，表示不同車種對駕駛人選擇不同車道時會有直接影響。參數結果的正負號與預測結果大致符合，常數項、相對距離和速度差皆符合預測，當前方車輛離本車越遠，或者前車車輛較本車越快，汽車駕駛越不會變換車道；而本車駕駛離後車越遠或者速度越快也較不會變換車道。參數的正負號預測僅後車車種的正負號預測錯誤，小汽車駕駛人可能較不偏好行駛於機車等小型車輛前方，但是前方的大型車輛也會讓本車駕駛變換車道意願提高。向左偏移常數項(ASCL)與向右偏移常數項(ASCR)數值接近，但是汽車駕駛相對偏好向左偏移變換車道，並非所有汽車變換車道都是為了進行超車，某些駕駛只是為了取得更順暢的行駛空間才變換車道。

參考表 3.3-1 的統計資料量可發現，在市區道路的小汽車向左向右偏移資料量偏低，必須將接近路口的強制性左右轉(Mandatory lane change, MLC)資料手動刪除，另外並不將駕駛行為較特殊的計程車放入模式中。

小汽車車道變換模式的結果可以如下表示：

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

$$V_2 = -1.79 + (2.58 \cdot DX_LF) + (0.140 \cdot DV_LF) - (0.453 \cdot Mode_LF) + (3.87 \cdot DX_LB) + (0.251 \cdot DV_LB) + (0.196 \cdot Mode_LB)$$

$$V_3 = -1.81 + (2.58 \cdot DX_RF) + (0.140 \cdot DV_RF) - (0.453 \cdot Mode_RF) + (3.87 \cdot DX_RB) + (0.251 \cdot DV_RB) + (0.196 \cdot Mode_RB)$$

模式結果的好壞可以用統計檢定比較加入不同參數是否改善，另外也可使用判中率的方式來比較模式結果。使用判中率法比較主要是先將資料篩選出小樣本筆數資料，然後依照模式校估出來的結果，和其他資料進行比對，如果判斷正確則算判中，藉此可以比較模式的判中率。但是採用判中率法必須將樣本比例切割至比例差距不可過大，否則全部的判中率將會是以最高比例之決定為主。在進行判中率法時，將樣本資料的模式決策與實際決策比對，可以建立下表判中率矩陣檢視結果，整體判中率為 70%。

表 4.1-3 小汽車小樣本模式判中率

模式判中率		實際決策		
		直行	左偏向	右偏向
模式決策	直行	221(91.70%)	21(16.94%)	26(22.03%)
	左偏向	5(2.07%)	68(54.84%)	45(38.14%)
	右偏向	15(6.22%)	35(28.23%)	47(39.83%)
整體判中率：70%				

另外一種判中率測試方式為將 483 筆資料切割。利用其中的 80% 資料共 380 筆進行模式參數校估 (直行：偏左：偏右 = 190 : 98 : 92)；剩餘的 20% 資料共 103 筆拿來進行判中率測試 (直行：偏左：偏右 = 51 : 26 : 26)。測試的結果如下表所示，整體判中率約為 63%。

本研究將李健豪 (2012) 所建立之模式進行改善，以規則化的方式找出本車的鄰近車輛，鄰近車輛的考量不僅只考慮汽車，包含機車及公車等混合車流不同車種亦在研究中納入，並且將直行車輛的解釋變數加入了本車的移動速度，將前車與鄰前車的參數校估分開討論，因此不同的鄰近車輛關係會產生不同的變換車道決策考量，可以相同的規則進行小樣本資料選取，以及變換車道、鄰車判斷與變數擷取，以應用至不同地區資料。

表 4.1-4 小汽車小樣本模式判中率(資料切割)

模式判中率		實際決策		
		直行	左偏向	右偏向
模式決策	直行	42(82.3%)	4(15.4%)	6(23.1%)
	左偏向	3(5.9%)	10(38.5%)	7(26.9%)
	右偏向	6(11.8%)	12(46.1%)	13(50.0%)
整體判中率：63%				

4.2 機車車道變換模式

國內混合車流中機車車輛數佔了超過 50% 的比例，對於整體車流影響甚大。機車的車道變換模式較小汽車複雜，機車的車道不像小汽車有實線劃分，而是以虛擬車道的觀念在運行，且機車具有機動性高的特性，在國內市區道路行駛時常鑽行於車陣之中，因此必須擷取更複雜的變數解釋其行為特點。

微觀機車車道變換模式研究文獻不多，Lee et al. (2009)研究以多項羅吉特模式分析英國機車車道選擇行為。但是國內機車駕駛特性與國外不同，必須從國內影片擷取機車重要變數，並且分析影響機車駕駛行為的各種可能性，包含公車的影響也必須納入。目前建立的機車車道變換模式，先以類似小汽車車道變換模式的多項羅吉特模式為主，主要變數除了涵蓋小汽車模式就有的相對距離、速度差和車種外，加入了前車與左前車之間的可鑽行空間距離，前車與右車也一起考量。此外上一秒的角度偏移量也納入變數中建立模式。基本機車車道變換模式如下：

$$V_1 = \beta_{DX1} \cdot DX_F + \beta_{DV1} \cdot DV_F + \beta_{M1} \cdot Mode_F$$

$$V_2 = ASCL + \beta_{DX2} \cdot DX_LF + \beta_{DV2} \cdot DV_LF + \beta_{DXB} \cdot DX_LB + \beta_{DVB} \cdot DV_LB + \beta_{MB} \cdot Mode_LB + \beta_{DG} \cdot DG_FLF + \beta_{lasttheta} \cdot \theta_L$$

$$V_3 = ASCR + \beta_{DX2} \cdot DX_RF + \beta_{DV2} \cdot DV_RF + \beta_{DXB} \cdot DX_RB + \beta_{DVB} \cdot DV_RB + \beta_{MB} \cdot Mode_RB + \beta_{DG} \cdot DG_FRF + \beta_{lasttheta} \cdot \theta_R$$

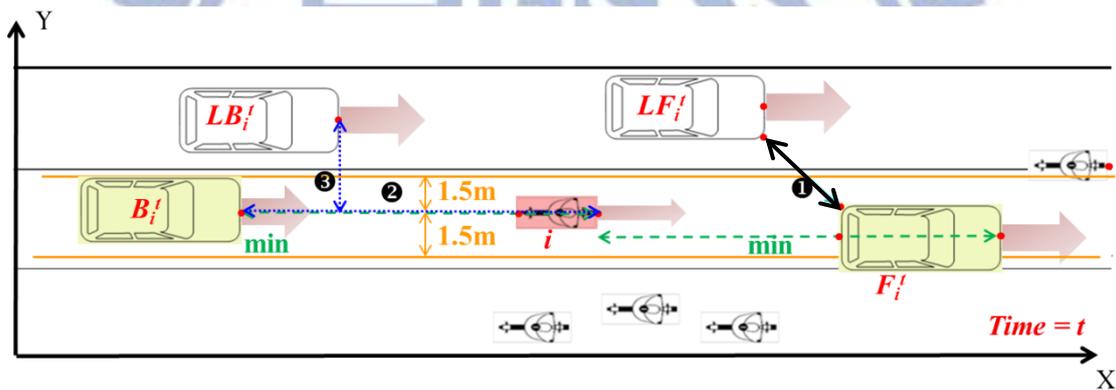


圖 4.2-1 機車變數說明

- ❶：前車與左前車可鑽行縫隙空間，DG_FLF。
- ❷：本車與左後車 x 軸距離， $S_{xi}^{LB}(t)$ 。
- ❸：本車與左後車 y 軸距離， $S_{yi}^{LB}(t)$ 。

表 4.2-1 基本機車車道變換模式測驗結果

變數名稱	參數值	標準誤差	t 值	p-value
ASCC	0.00	fixed		
ASCL	-3.99	0.150	-26.62	0.00
ASCR	-3.36	0.148	-22.79	0.00
β_{DG} (可鑽行縫隙空間)	-0.00384	0.00260	-1.48	0.14*
β_{DV1} (前車)	0.0192	0.00367	5.24	0.00
β_{DV2} (左前車、右前車)	0.00262	0.00351	0.75	0.46*
β_{DVB} (左後車、右後車)	0.0101	0.00249	4.05	0.00
β_{DX1} (前車)	-0.00615	0.00116	-5.29	0.00
β_{DX2} (左前車、右前車)	0.00835	0.00176	4.76	0.00
β_{DXB} (左後車、右後車)	0.00339	0.00197	1.72	0.08*
β_{M1} (前車)	-0.167	0.0524	-3.19	0.00
β_{MB} (左後車、右後車)	0.0331	0.0490	0.68	0.50*
$\beta_{lasttheta}$ (前一秒偏移角度)	14.2	0.954	14.87	0.00
分析資料筆數：6685 Init log-likelihood: -7344.223 Final log-likelihood: -3142.270 Adjusted rho-square: 0.571				

機車的參數校估並沒有像小汽車資料進行小樣本過濾，僅有將不正常的資料與路段範圍進行篩選，因為機車的向左偏移資料筆數有 463 筆(3.8%)；相右偏移資料筆數有 959 筆(7.8%)，明顯較小汽車資料多。故機車參數校估未採用小樣本，而是將六千多筆資料全部進行參數校估。機車參數校估顯示後方車輛對於機車為本車的影響較不顯著，與一般小汽車之駕駛行為有差異，而前車車種、相對距離與速度差對機車都有較顯著的影響，且正負符號與預測相同。目前僅考慮基本的變數擷取，尚未添加更多符合機車行為模式的變數考量，但是機車在市區道路中向左偏移與向右偏移的數量較多，因此 rho-square 值較低。而新添加的變數，可鑽行縫隙空間校估結果不顯著，可能是變數考量尚不完善，必須進行修正再測試。目前機車模式僅為最基本的變數設定，還必須再進行將影響力不足的變數刪除，並且納入更多具影響力之變數才能完成。前一秒偏移角度($\beta_{lasttheta}$)在此校估結果顯著，但是機車變換車道的角度較小，可能從較遠處就開始產生偏移，本模式依舊保留本參數，作為一種機車偏向角度的解釋變數。機車相對於汽車在市區道路的變換車道行為較多，但是周圍環境的影響較敏感，必須審慎篩選可用的變數，且機車的駕駛行為較複雜，目前的基本模式尚無法完整描述機車的移動行為。從模式建立的過程可發現前方車輛對於機車的影響明顯大於後方車輛，因此未來的變數擷取會以前方為主，並且改善鑽行空間類型之變數，觀察機車駕駛特性，建立較複雜之機車車道變換模式，才能符合國內市區混合車流特性。

4.3 小結

本章的車道變換模式分為小汽車和機車為本車兩小節介紹。4.1 節介紹汽車的車道變換模式，小汽車的車道變換模式有較多的文獻與研究，主要考量的變數為相對距離、相對速度、鄰車車種，另外不同於李健豪 (2012)的小汽車模式，本研究將本車速度也納入考量，並且將前車與(左前車+右前車)分開校估。完成利用國內原始資料校估的小汽車車道變換模式。並且以判中率來測試小樣本情況下的判中情形，整體判中率結果為 70%；如果將樣本切割測試也有 63%的判中率，符合預期水準。本研究主要針對路段中的行進汽車，並沒有涵蓋路口的機車停等與紓解，因此模式中機車影響的考量僅以車種變數考量影響，在路口停等區機車大量聚集對於小汽車駕駛者有較大的影響，本研究暫不考量。

4.2 節介紹機車的車道變換模式，機車在市區道路的車道變換較複雜，目前完成的是類似小汽車模式的基本機車車道變換模式，變數擷取的内容新增了前方兩輛車之間的可鑽行縫隙，以及前一秒偏移量變數加入模式中，模式校估結果可以發現後方車輛對於機車的影響較不顯著，此基本模式仍然須要改善並且更加準確擷取對機車駕駛影響之變數，使得機車行為模式符合台灣市區混合車流特性。

機車車道變換模式直接使用類似小汽車模式的大樣本進行參數校估，雖然許多參數的結果顯著，但是結果並無法完全顯現國內機車的移動特性，機車行為模式仍需改善。在第五章進行更符合機車駕駛特性的市區機車移動行為模式之分析，以改良目前的基本機車車道變換模式。

第五章 市區道路機車移動行為分析

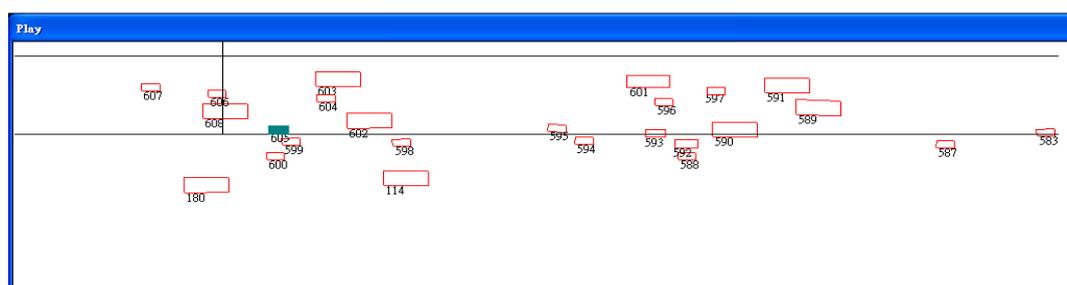
台灣地區機車密度遠高於歐美國家，機車駕駛也並非以汽車駕駛觀念行駛，因此產生了超車(Overtaking)和鑽車(Filtering)等特有的移動行為。前一章節沿用汽車的車道變換行為發展機車的羅吉特模式，未能完全掌握機車移動之行為特性。國內混合車流中機車的比例遠超過其他國家，因此機車為混合車流的關鍵車種。本章希望透過收集的國內原始數據資料分析機車駕駛行為，將機車駕駛進行不同對應車種與駕駛類型的 3×3 矩陣分類，將分類中的不同駕駛類型發展不同的對應駕駛行為模式，以瞭解機車在混合車流與其他車輛的互動情況與移動方式。

5.1 市區機車駕駛特性

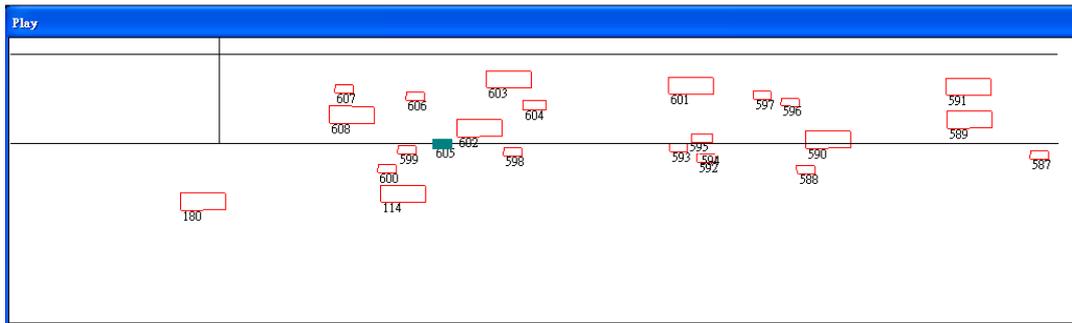
機車駕駛在市區道路中的駕駛行為較汽車駕駛更為複雜，因為機車具有較高的機動性可以在車輛壅擠的市區道路中快速移動，國內路段中的機車駕駛行為與汽車不同，不只有跟車與變換車道等傳統車流理論行為，在機車數量龐大與高機動性的特性之下，也對於整體混合車流產生了不同的行為。

機車在混合車流的市區道路之中，會與其他的機車、汽車和公車共同行駛於車陣之中，機車駕駛的防護能力較差但行動靈巧，對於汽車和公車會產生鑽車(filtering)來避開前方阻擋的車輛，過程中並沒有傳統的車道觀念，也可以展現出機車在市區道路中的高機動性表現。對於前方速度較慢的車輛，機車也可能產生超車(overtaking)的行為，在一般市區道路中汽車較少會產生超車的行為，但是機車卻很常出現此種特殊現象，因此有必要針對機車在市區道路中的特殊駕駛行為進行分析，才能找出機車駕駛的行為模式。

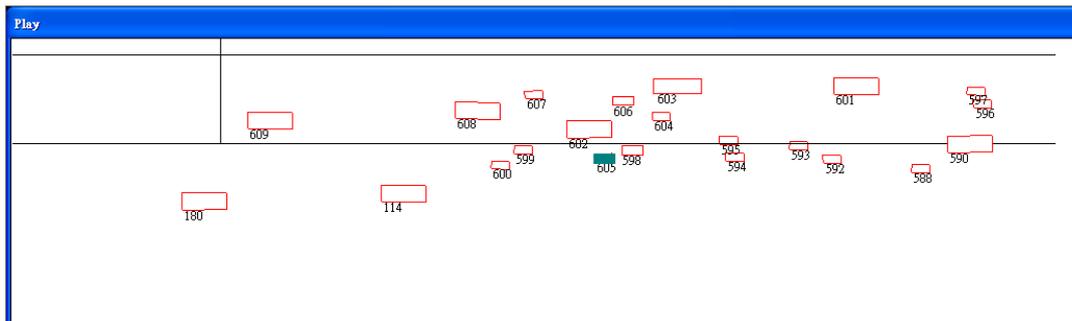
利用國內忠孝東路路段收集的原始資料進行影片還原，可以觀察機車特有的通過車陣行為，此種特殊的超車行為無法以傳統的模式架構描述。下圖(a)至(e)為不同秒數下本車機車編號 #605 的連續移動行為。機車首先被前方小汽車擋住，在下一秒時發現右方有較大的間隙可以穿越，後來加速遠離車陣。



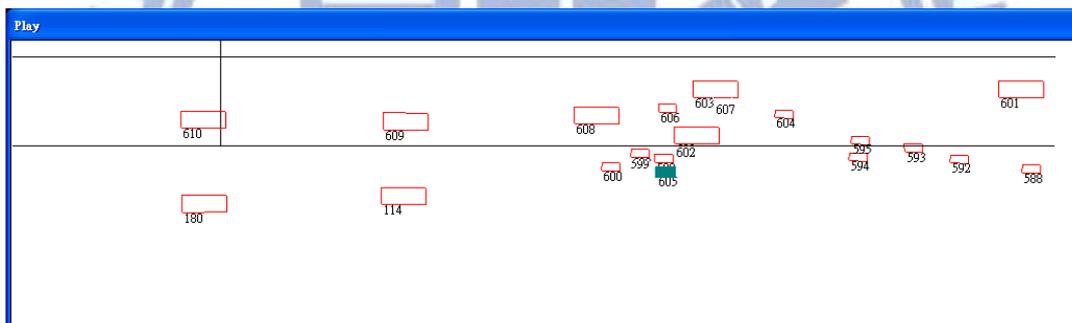
(a) 時間 = t：機車號碼 #605 被一些車輛包圍，被前車 #602 阻擋



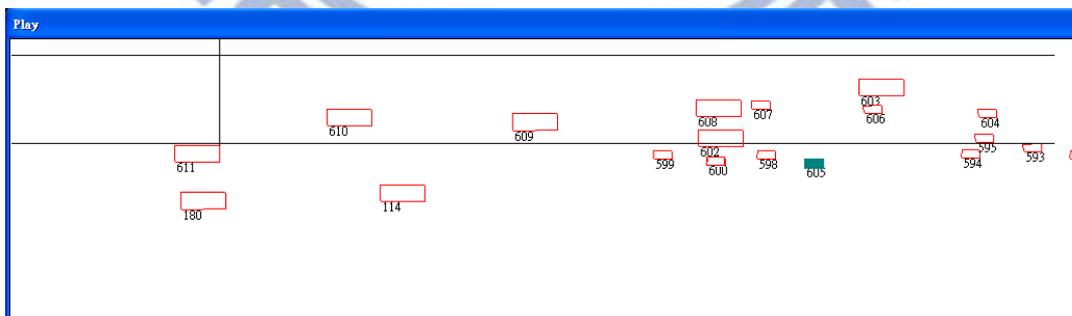
(b) 時間 = t+1：機車加速並在右方有較大的空間



(c) 時間 = t+2：機車偏右去超過 #602 遠離車群，並嘗試超過 #598



(d) 時間 = t+3：機車減速和調整橫向位置，後方有其他機車近貼



(e) 時間 = t+4：再加速並已經穿越到前方

圖 5.1-1 機車通過車陣穿越到前方 (本車號碼 #605)

5.2 機車駕駛分類 — 三種情境 vs. 三種駕駛類型

在國內混合車流中，可以將本車為機車分成三種情境：分別是機車—機車(Scenario 1)、機車—汽車(Scenario 2)、機車—公車(Scenario 3)三種不同的對應情境，在三種情境下機車駕駛行為也會受到不同的影響。由前一節觀察的機車駕駛特性可以發現，機車的穿越車陣行為並無法像汽車一樣以變換車道行為為完全解釋，影片資料收集方式雖然較客觀準確，但是比較難以區分不同的駕駛類型，例如個性較激進的駕駛會對於前方車輛進行超車，而較溫和的駕駛群可能選擇在外側車道緩慢前進。本節希望以自動客觀的方式將機車駕駛進行分群，藉以區分出不同的駕駛型態，並且發展出不同的對應關係，完成三種對應情境與三種駕駛類型的3×3矩陣分類。

5.2.1 三種情境 — 機車鄰近區域車輛判斷

小汽車駕駛有固定的車道前進，但是機車體積較小，因此同一車道時常出現許多機車並排成群駕駛的情況，因此若以傳統的鄰近車輛判斷方式，僅能找出各個方向的單一影響車輛，無法判斷各方向的其他可能影響車輛，故本節發展新的鄰近車輛判斷方式以掌握更多的鄰近區域車輛資訊。

為了能夠掌握鄰近區域車輛而非單純的鄰車，本研究將區塊範圍設定為六個不同長寬的長方形，希望以類似橢圓形的鄰近周遭概念來擷取周邊車輛資訊，以圖 5.2-1 的本車機車說明，分別可以在六個鄰近區塊找出該區域車輛編號與車種等相關資訊，在每一個時點(秒數)下的各個車輛，都可以找出六種不同方向區塊的鄰近車輛資訊。六個長方形區塊設定的長×寬如下：

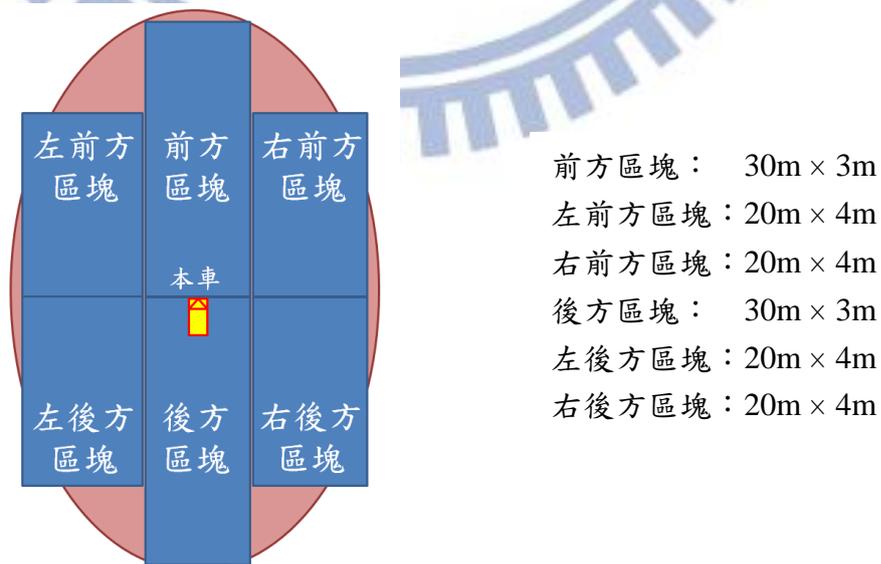


圖 5.2-1 機車鄰近六個區塊範圍示意圖

區塊大小設定主要考量了機車群的鄰近範圍，前後長度設定一樣因為同一輛機車在機車群中的移動可能會處於不同的前後位置，因此採用相同的長度可以較充分的掌握本車與鄰近車輛的互動關係，前後長度主要參考機車群在影片畫面中的可能影響範圍，中間寬度 3 公尺主要是考量車道寬度，左右各 4 公尺的寬度則是考慮機車未必行駛於車道中線，因此多增加 1 公尺來涵蓋鄰近車到狀況。

有了鄰近區塊的各個車輛資訊，可以將本車機車對於其他不同情境的對應關係分類，主要的關係分為(1) 機車—機車 (2) 機車—汽車 (3) 機車—公車三類。判斷的方式主要是考量前方三個區塊內的車種型態，判斷的對應車種關係規則：

- 機車—公車 (Scenario 3)：當前方的三個區塊內涵蓋至少一輛公車，即為公車對應類型(S3)。
- 機車—汽車 (Scenario 2)：若前方三區塊無公車，且涵蓋至少二輛汽車以上，則判斷為小汽車對應類型(S2)。
- 機車—機車(Scenario 1)：若非 S3 與 S2 則為機車對應類型(S1)，即為前方三區塊皆為機車，或者僅涵蓋一輛汽車。

以圖 5.2-2(a)為例說明，本車機車的前方三個區塊並沒有公車，因此判斷不是機車—公車的對應類型(S3)，前方三個區塊共有小汽車三台，符合機車—汽車(S2)的對應型態(至少兩台以上汽車)，因此將該時點下的本車判斷為機車—汽車的對應關係。而圖 5.2-2(b)則是前方三個區塊內沒有公車但是有一台小汽車(小於兩台)，因此依照情境的判斷方式將其判斷為機車—機車(S1)的對應關係。

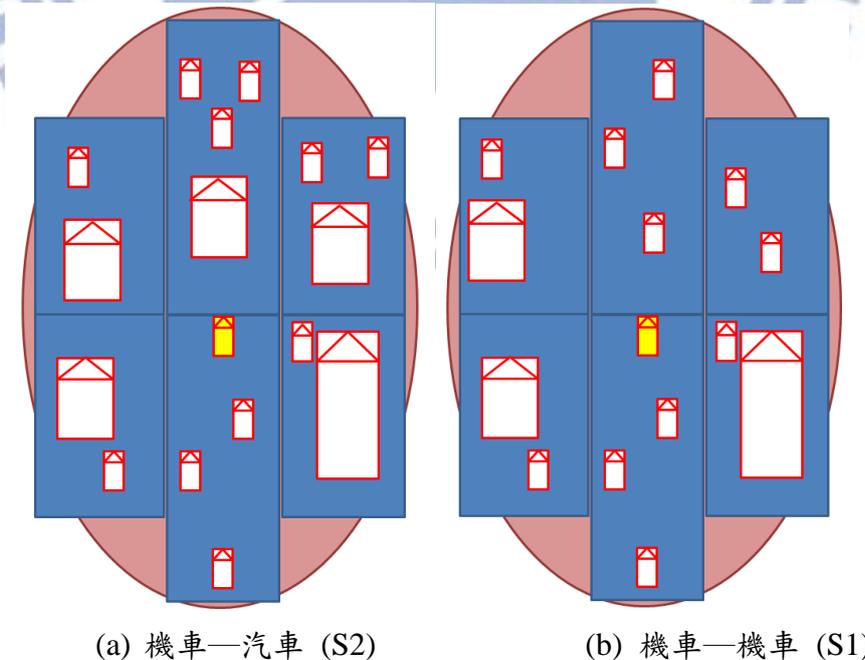


圖 5.2-2 機車情境判斷範例

5.2.2 三種駕駛類型 — 機車駕駛類型分類

前一節提到了國內混合車流的機車駕駛特性，由於機車體積較小駕駛容易，在市區道路中可以靈活的自由移動，因此不同的駕駛者將會產生不同的駕駛行為，如果將所有駕駛者假設為同一種類型的駕駛，會使得某些駕駛行為無法完整呈現，所以本節針對機車駕駛人進行類型的分類，透過駕駛人分類的方式，可以整理出機車在國內市區道路駕駛行為的差異。首先將駕駛者的型態依據不同的冒險程度分為三類：

- 駕駛類型 A (Type A)：表示冒險程度最高的駕駛者類型。此類型駕駛者行為最激進，屬於較積極的駕駛族群。
- 駕駛類型 B (Type B)：表示冒險程度其次的駕駛者類型。此類型駕駛者行為較接近一般正常駕駛者，人數也相對較多。
- 駕駛類型 C (Type C)：表示冒險程度最低的駕駛者類型。此類型駕駛者行為較緩慢，屬於較保守的駕駛族群。

駕駛類型 A 的駕駛者在車陣中喜歡行駛於前方，其速度最快冒險程度最高，在駕駛時較其他類型的駕駛者移動距離更大，對於阻擋本車的前車駕駛會選擇進行超車的行為，但是超車的路徑較多樣化，未必會遵守交通規則，時常從最內側禁止機車通行的車道進行超車動作，加速超越使得前方阻擋消失。

駕駛類型 C 的駕駛者則是屬於速度較緩慢的駕駛類型，其通常是老人、女性或者輕型機車駕駛居多，駕駛時會行駛於接近最外側車道，並不受到其他機車速度的影響，而是緩慢且平穩的在外側車道中行駛。

駕駛類型 B 則是介於兩者之間，此類型的駕駛者並不會隨時都想要超車至前方，但也不會一直安於緩慢的行駛速度，而是在混合車流的車陣中進行鑽行，此類型的數量龐大，也是在尖峰時間車輛較多時容易在國內觀察到的特殊現象，機車駕駛成為一群又一群的機車群，穿梭於汽車與公車的車陣之中，其移動的方式較複雜，並非傳統的小汽車車道變換模式，而類型 A 和類型 C 的駕駛者可能有時候會變成駕駛類型 B 的駕駛者，例如在騎機車載人的情況之下，或者趕時間等情況。故需要將此三種類型駕駛分類，才可以歸類出符合不同類型駕駛的行為模式。

5.2.2.1 K-Means 分群演算法

駕駛人的分群方式是採用 K-Means 分群演算法 (K-means clustering algorithm)來進行分類。MacQueen (1967)提出的演算法首先必須設定群集的數量 k ，一開始先隨機找出 k 個初始群集中心，然後計算每一筆資料與群集中心的距離，比較與哪一個中心的距離較近，然後該筆資料就會被指派到最接近的群集中心，並且產生群集邊界。群集邊界內的同一群資料點會重新計算質心，新的質心將取代舊有的群集中心，指定完新的群集中心再將所有資料點比較距離，並且重新分配每一筆資料所屬的群集，反覆執行直到群集成員不再變動即停止。也就是計算下列公式的最小值，所有資料點 x_j 到其對應群集中心 μ_i 的和最小，找到 μ_i 及 x_j 所屬的群來符合上面的要求，以達到分群的最佳化。其中 $S = \{S_1, S_2, \dots, S_k\}$

$$\arg \min_s \sum_{i=1}^k \sum_{x_j \in S_i} \|x_j - \mu_i\|^2 \quad (12)$$

本研究利用 K-Means 分群法進行不同號誌週期駕駛類型的分群，所設定之群數 k 主要以 3 群為主，但是在某些情況下，分群的群數也可能是 2 群或者 1 群，當路段機車較少且暢通無阻時，或者過於壅塞的情況之下，駕駛的群組差異無法明顯呈現，因此只能分為較少的群組數。

5.2.2.2 分群參數 1896

K-means 分群法的分群參數可以選擇不同種類的參數來將資料進行分群，本研究主要是取 2 種分群參數進行二維度的計算，並且可以將分群資料以圖形檢視。超車行為即表示本車機車連續 n 秒的移動距離較鄰近車輛遠，而本研究指的鄰近車輛也就是六個區塊內所涵蓋的所有機車，使用的兩種機車駕駛分群參數如下：

$$(1) dx_i^i(n) - dxb_i^i(n)$$

其中 $dx_i^i(n)$ = 本車 i 在 n 秒內移動距離 (m)，即 $X_{t+n}^i - X_t^i$

其中 $dxb_i^i(n)$ = 鄰近區塊內機車 n 秒平均移動距離(m)，

$$\frac{1}{N_i^t} \sum_j (X_{t+n}^i - X_t^i), j \in N_i^t$$

其中 N_i^t = i 車在 t 時點的周邊車輛 (6 區塊內的鄰近車輛集合)

(2) $V_i^j(n)$ = 本車過 n 秒後的行駛速度 (km/hr)

利用上述的兩項指標可以進行駕駛類型的 K-means 分群，而分群參數中的秒數 n 可使用不同的秒數來表示車輛的移動時間。圖 5.2-3 分別將號誌週期三時段($t = 405 \sim 605$)進行不同秒數 n 的分群，各以 $n = 1, 2, 3$ 秒的移動來進行比較分析。由圖形結果可發現在使用 $n = 1, 2, 3$ 三張圖的趨勢一致，但是 $n = 3$ 秒的超車情況較為明顯，故本研究將使用 $n = 3$ 秒做為後續研究發展。

除了因為上述的超車情況更為明顯所以使用 $n = 3$ 秒外， n 秒移動的計算需要相對應更多的足夠秒數才可以計算距離，所以使用更高的秒數雖然超車效果會更加明顯，但是相對的可分析資料量也會因此減少，並不是將秒數 n 一直往上加就會更好。如圖 5.2-3 在號誌週期三的 $n=1, 2, 3$ 的秒數累積出現次數，由於計算不同秒數的距離需要有相對應的足夠資料，因此當所需要計算的 n 秒長度越長，所能用的資料量也就會被迫減少， $n=3$ 秒會比 $n=2$ 秒與 $n=1$ 秒資料量少。故在道路攝影範圍固定的情況下，每輛機車在畫面中的秒數原本就有限，若使用 $n=4$ 或者更高的秒數，會使得可以分群的資料量更少，故本研究使用 $n=3$ 進行分析，既可以從圖形看出明顯的分群族群，也可以避免資料量過少的問題。

本研究所講述的號誌週期主要是指在三十分鐘的影像畫面中，所涵蓋的九個號誌時段，而研究所採用的資料來自於綠燈時段的車輛路段中移動軌跡，因此不涵蓋在號誌路口的資料，號誌週期僅為時間的劃分與交叉路口資料無關。

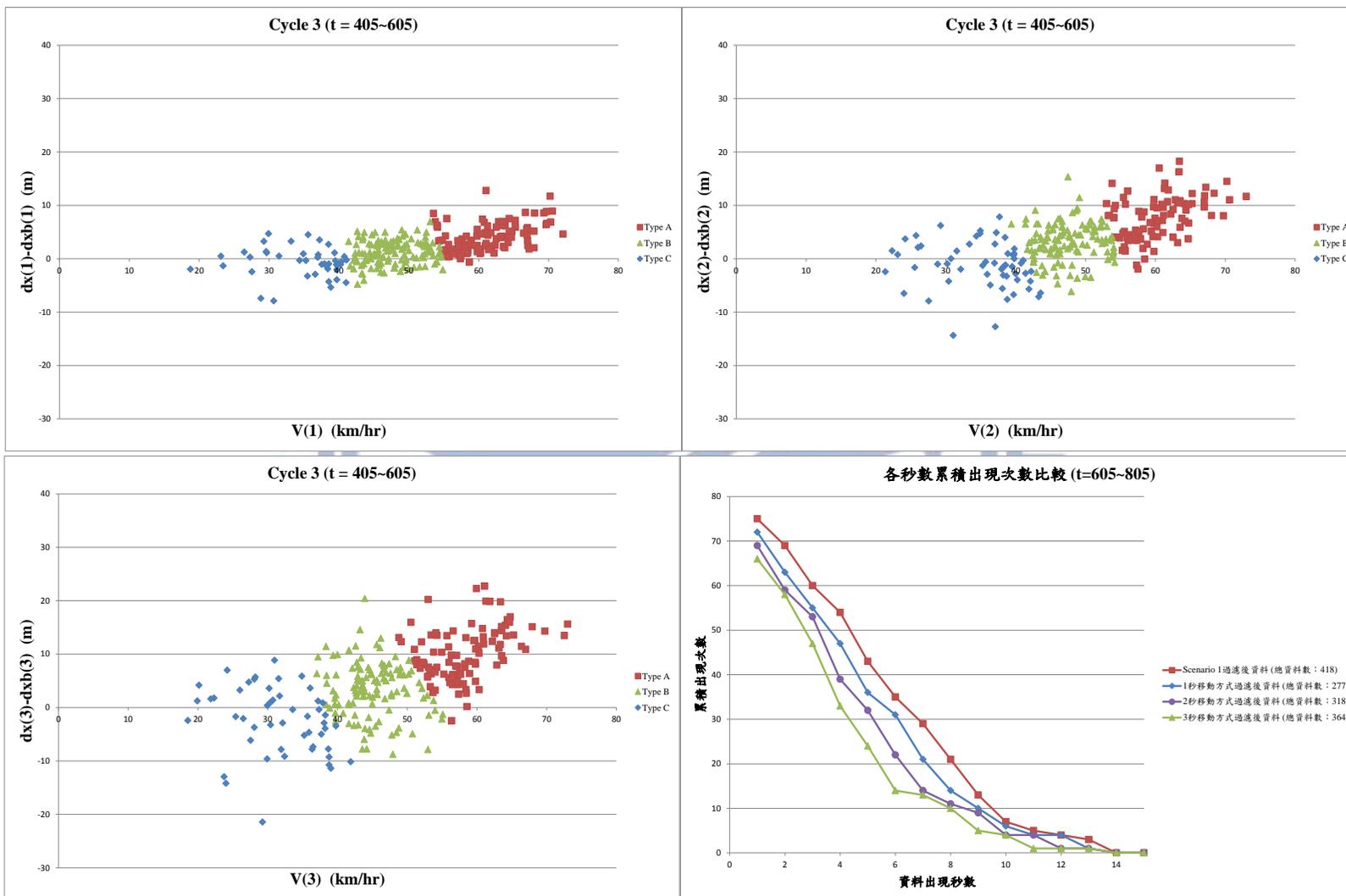


圖 5.2-3 秒數 n=1,2,3 分群圖與各秒數累積出現次數比較 (t=405~605)

5.3 機車駕駛 3×3 分類矩陣

有了 5.2.1 的機車鄰近車種情境和 5.2.2 的機車駕駛類型分類可以將兩者合併成為一個 3×3 的分類矩陣，不同的對應類型可以對應不同的駕駛行為，如表 5.3-1 所示，格內的駕駛行為則是由影片還原中觀察所推測的假設，等進行完分群之後必須將資料進行模式的建構，完成各種符合推測的機車駕駛行為模式。而表 5.3-2 則是將矩陣各空格內的行為找出個別車輛編號案例。

表 5.3-1 三種機車駕駛型態 vs. 三種車種

駕駛 型態 前方車種	駕駛型態 A (Type A)	駕駛型態 B (Type B)	駕駛型態 C (Type C)
機車 (Scenario1)	Overtaking (a ₁)	Keep minimum safety gap (b)	Keep minimum safety gap (b)
汽車 (Scenario2)	Overtaking (a ₂)	Filtering (c ₁)	Filtering (c ₂)
公車 (Scenario3)	Overtaking (a ₂)	Filtering (c ₁)	Filtering (c ₂)

不同的空格分類之內會產生不同的行為模式，以下為各代碼說明：

- a₁：脫離機車群體移動，加速超車到機車群的前端。
- a₂：對汽車與公車超車，速度快可從最內側車道向左偏移超車。
- b：機車群體內的移動，保持機車車間最短安全距離。
- c₁：對汽車與公車避車，選擇最適合的汽車與公車間縫隙行駛。
- c₂：同 c₁，但是速度較慢且只行駛車群的外側通過。

表 5.3-2 機車移動行為 3×3 矩陣案例

車種 \ 駕駛型態	駕駛型態 A		駕駛型態 B		駕駛型態 C	
	車輛編號	時間	車輛編號	時間	車輛編號	時間
機車	234	270-275	533-534	67-74	303	300-315
	311	303-310	92-99	70-78	364	427-438
汽車	45	55-59	88	68-75	68	62-71
	363	416-428	91	69-75	216	258-273
公車	74	65-71	79	66-73	49	56-64
	282	291-299	533	67-73	112	75-82

使用影像還原軟體可以目測假設之 Type A 超車車輛，針對三個號誌週期進行超車車輛之人工預測，再與分群後的圖形進行比對，可以判斷預測之超車機車是否有落在 Type A 的分群之中，瞭解分群之結果是否可信。

圖 5.3-1 的號誌週期一的車輛#50 與#111 都是屬於 Type A 的超車車輛，並且可以找出該車輛的鄰近被超越車輛，呈現超車車輛與被超車車輛的對應圖；圖 5.3-2 則是號誌週期二的車輛比對結果，在表 5.3-2 預測之#234 在圖形中也正確的分群為 Type A，#216 則是很緩慢的行駛於外側車道因此被歸類為 Type C。圖 5.3-3 則是號誌週期四的車輛比對，目測預期的超車車輛都有在圖形的 Type A 中出現，可以從圖形中看出超車的互相對應關係。

- #49 被#50 瞬間拉遠彼此距離；
- #112 則是對應#111 被拉開距離；
- #5 在號誌轉換成綠燈便緩慢行駛於外側車道，被機車#9 超越；
- #673 對應被#672 快速的超越；
- #600 被鄰近不同車輛一一超越。

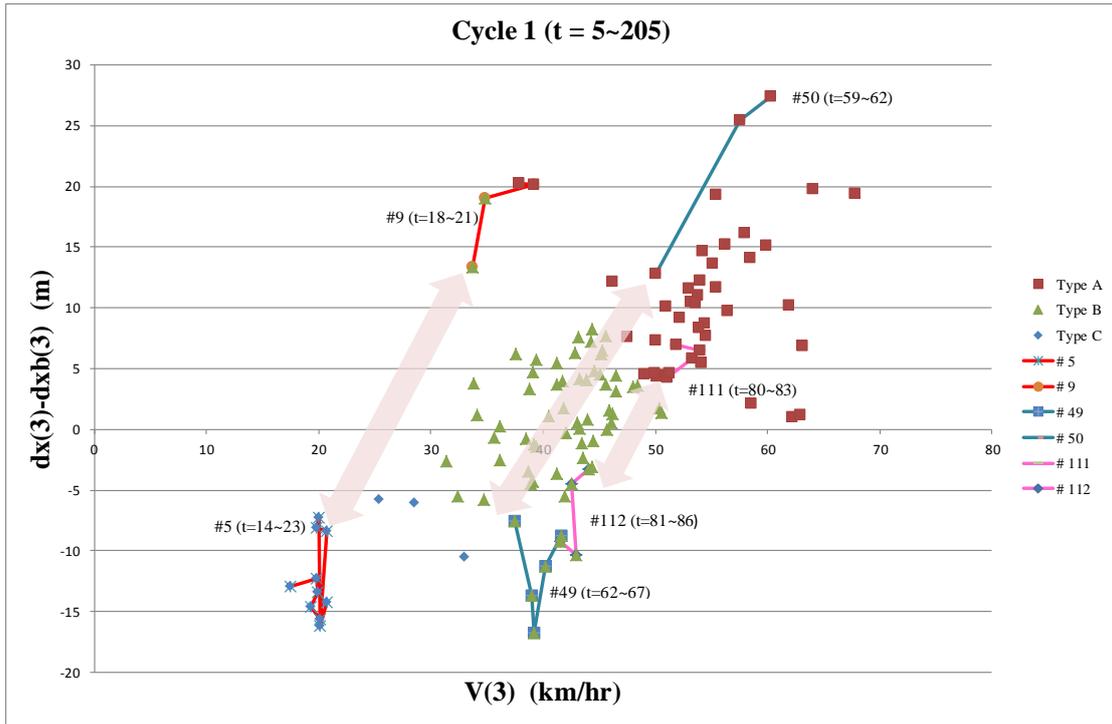


圖 5.3-1 超車車輛與被超車車輛對應圖 (t = 5~205)

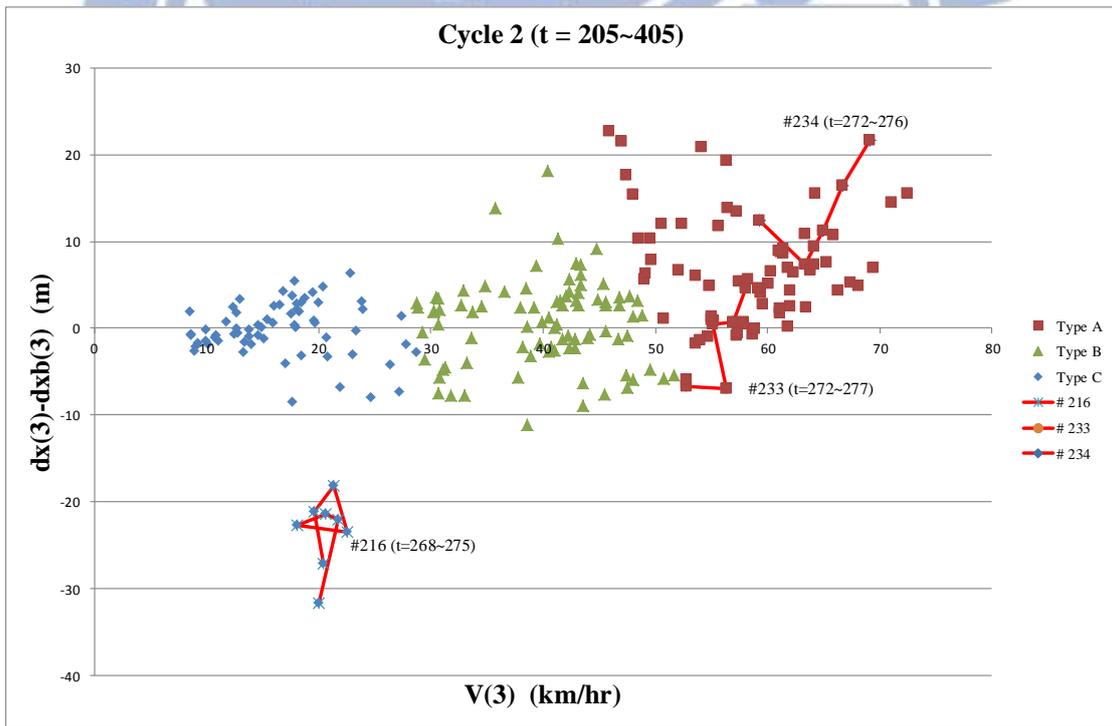


圖 5.3-2 超車車輛與被超車車輛對應圖 (t = 205~405)

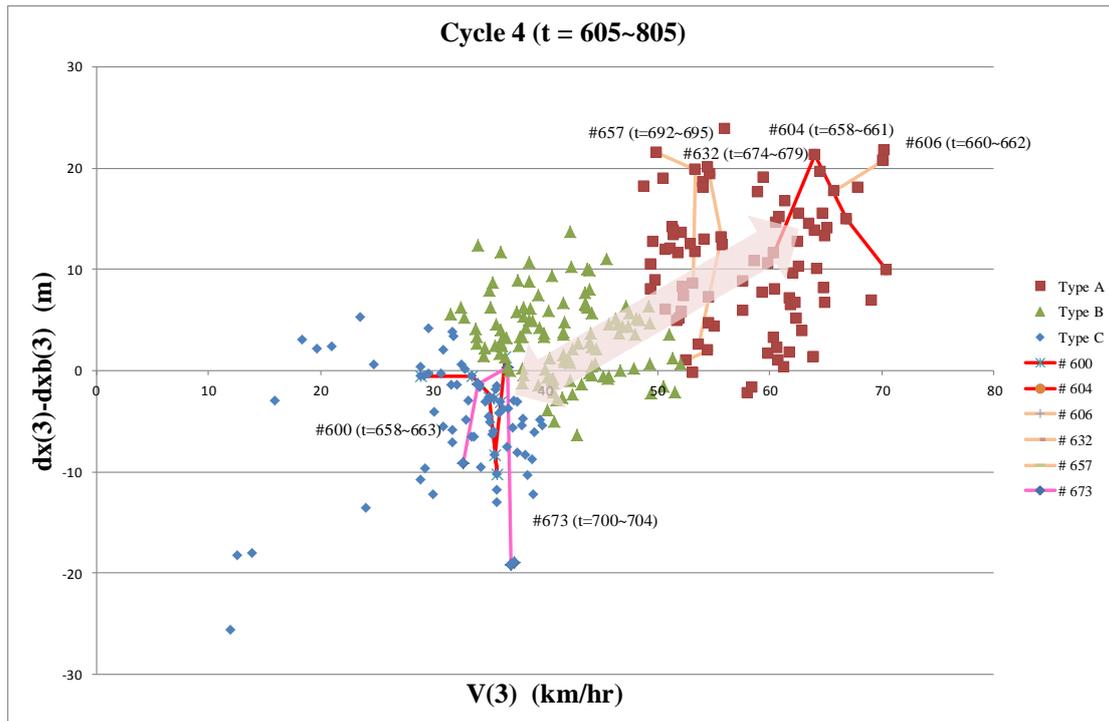


圖 5.3-3 超車車輛與被超車車輛對應圖 (t = 605~805)

5.4 資料分群

整段拍攝影片 30 分鐘可以劃分為 9 個號誌週期，將不同號誌週期的資料點針對機車—機車的情形分群，可以將駕駛型態 A,B,C 的駕駛人劃分，以下分別為不同號誌週期的分群情形，由於不同時間的道路狀況不盡相同，因此該時段的車輛資料點也不一樣，有些時段車道較不壅塞速度較快，有些時段車輛較擁擠，也有每個時段特別快或慢的機車駕駛者，因此會產生不同的圖形，圖 5.4-1 至圖 5.4-9 是 9 個號誌週期的分群結果。

表 5.4-1 是對影片九個號誌週期進行車輛數與資料筆數的統計，其中原始資料是點車所收集的原始資料庫，而分群篩選車輛數和資料筆數是針對機車—機車 (Scenario 1) 的資料進行不同駕駛類型 (Type) 分群的統計結果，型態 B 符合預期屬於資料較多的群。人工過濾保留連續秒數車輛數是將分群篩選車輛數 (Scenario 1) 中的資料進行過濾，若該車資料的 Scenario 1 出現秒數過少，則不保留該車輛資料，剩餘的車輛則是進行分析的機車。

表 5.4-1 九個號誌週期原始車輛數與資料筆數統計表

		cycle 1	cycle 2	cycle 3	cycle 4	cycle 5	cycle 6	cycle 7	cycle 8	cycle 9	Total
號誌週期時段 (秒)	綠燈	5~145	205~345	405~545	605~745	805~945	1005~1145	1205~1345	1405~1545	1605~1745	1260(秒)
	紅燈	145~205	345~405	545~605	745~805	945~1005	1145~1205	1345~1405	1545~1605	1745~1805	540(秒)
原始車輛數	機車	71	87	96	75	95	103	96	113	88	824
	汽車	66	72	65	53	69	61	61	67	57	571
	公車	6	11	5	3	9	6	11	14	10	75
	計程車	22	22	25	22	22	23	31	26	33	226
	小巴士	1	0	0	0	1	0	0	1	0	3
原始資料筆數	機車	927	1445	1222	1035	1292	1586	1249	1844	1349	11949
	汽車	896	1187	1181	978	1116	1208	905	1202	1098	9771
	公車	190	425	278	212	374	282	448	559	337	3105
	計程車	754	612	727	485	437	589	983	1067	1205	6859
	小巴士	36	0	0	0	23	0	0	23	0	82

表 5.4-2 九個號誌週期分群用車輛數與資料筆數統計表

		cycle 1	cycle 2	cycle 3	cycle 4	cycle 5	cycle 6	cycle 7	cycle 8	cycle 9	Total
號誌週期時段 (秒)	綠燈	5~145	205~345	405~545	605~745	805~945	1005~1145	1205~1345	1405~1545	1605~1745	1260(秒)
	紅燈	145~205	345~405	545~605	745~805	945~1005	1145~1205	1345~1405	1545~1605	1745~1805	540(秒)
分群篩選車輛數 (Scenario 1)	Type A	18	29	31	27	24	41	31	29	19	249
	Type B	20	28	47	45	44	41	49	42	49	365
	Type C	4	20	26	22	31	13	24	21	20	181
分群篩選資料筆數 (Scenario 1)	Type A	44	75	100	86	61	130	82	58	38	674
	Type B	66	87	120	119	133	90	137	81	103	936
	Type C	13	73	50	72	82	32	54	59	64	499
人工過濾保留連續秒數車輛數	Type A	15	16	18	17	24	19	24	11	20	164

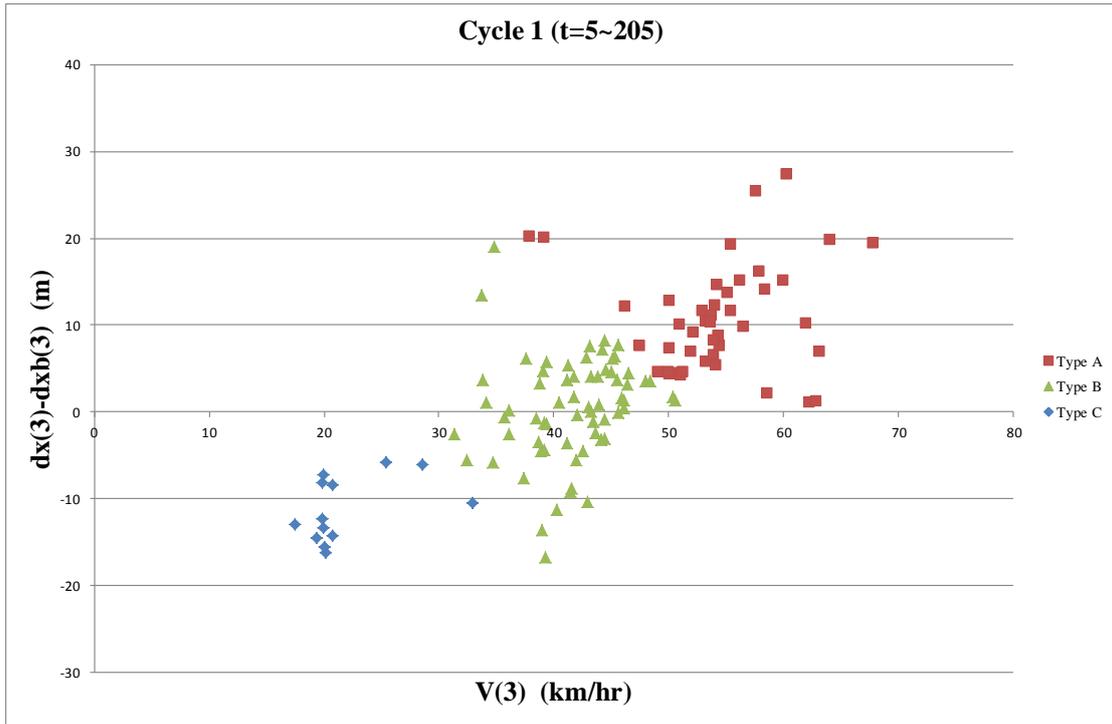


圖 5.4-1 資料分群結果 (號誌週期一)

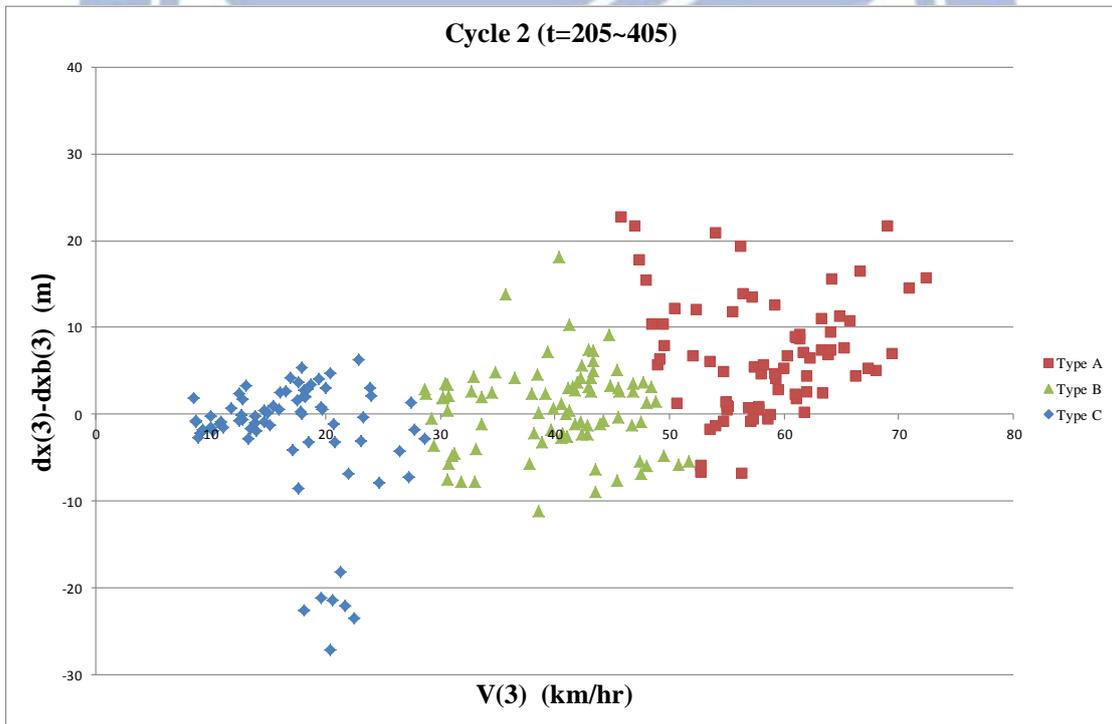


圖 5.4-2 資料分群結果 (號誌週期二)

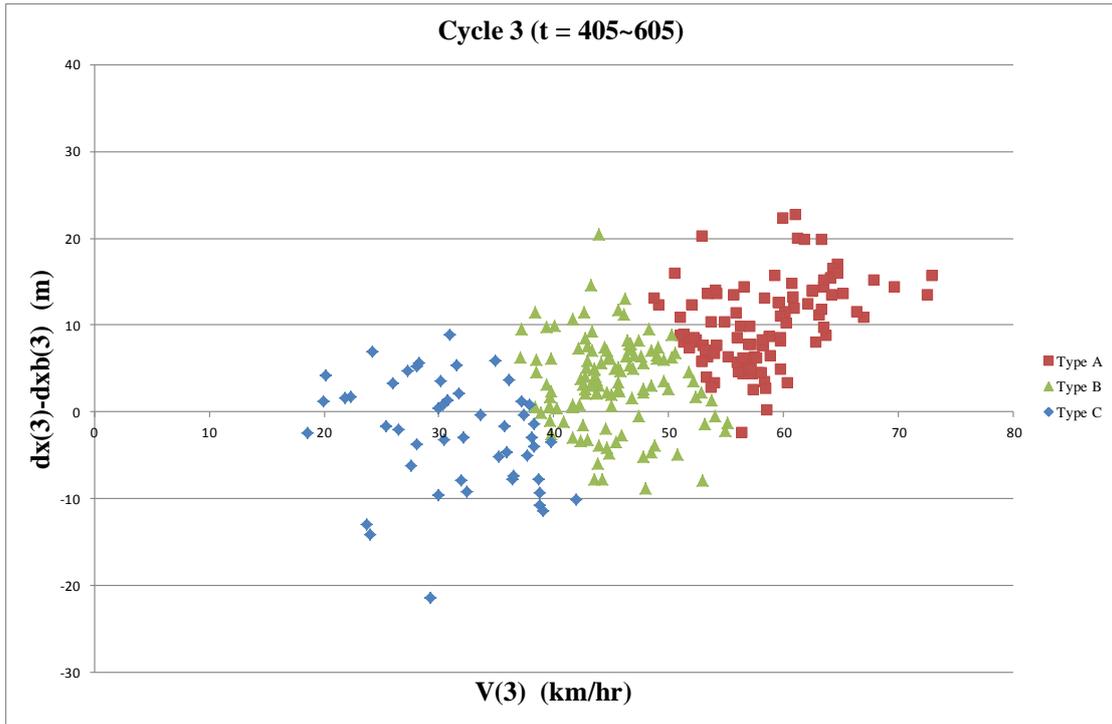


圖 5.4-3 資料分群結果 (號誌週期三)

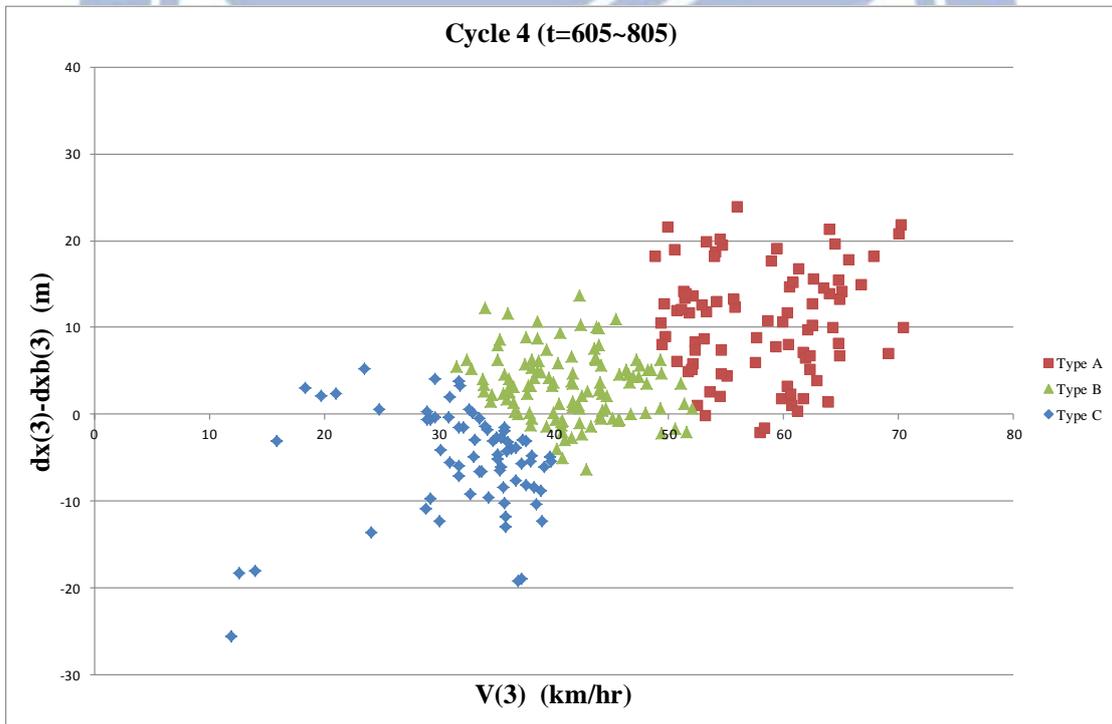


圖 5.4-4 資料分群結果 (號誌週期四)

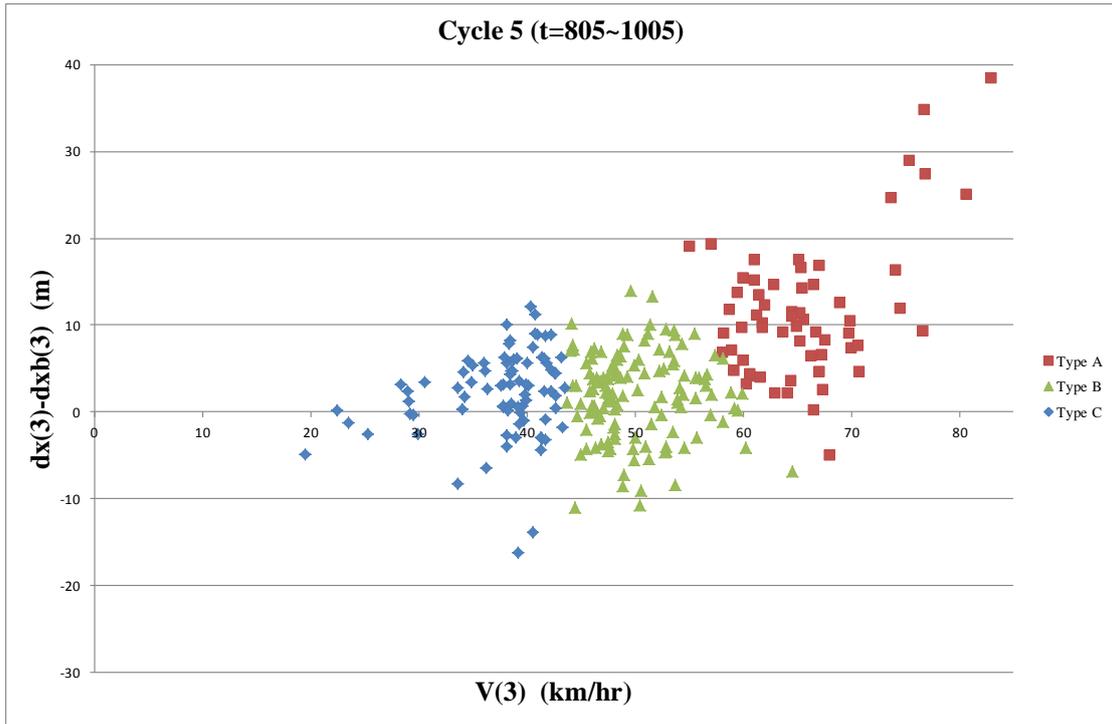


圖 5.4-5 資料分群結果 (號誌週期五)

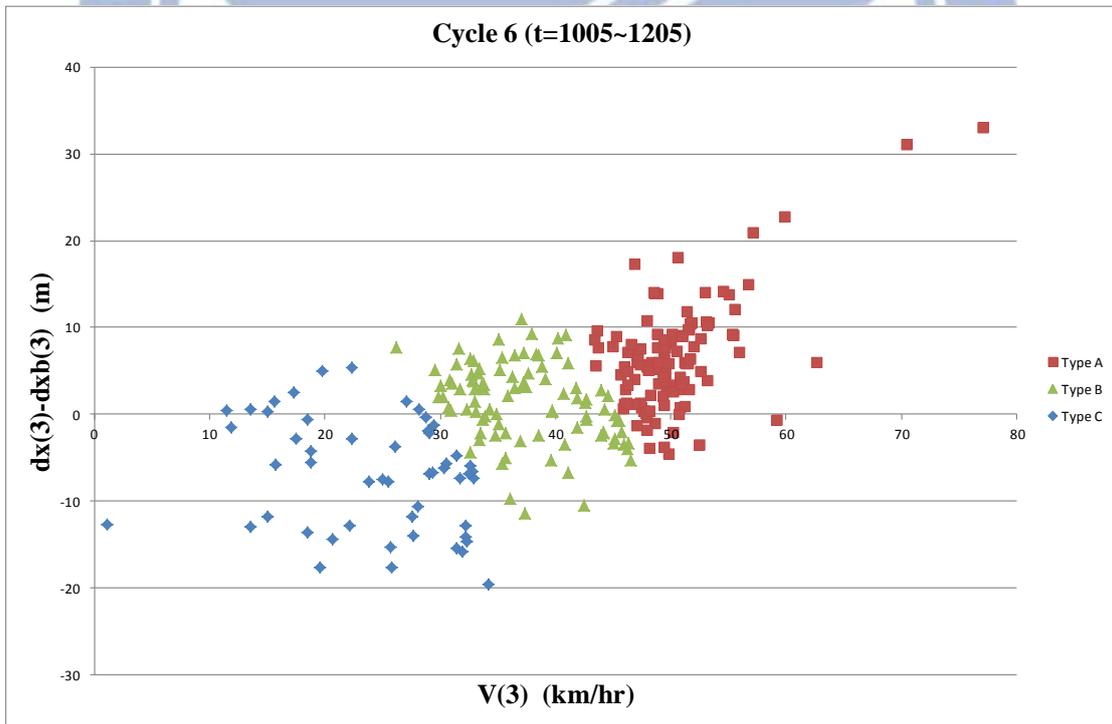


圖 5.4-6 資料分群結果 (號誌週期六)

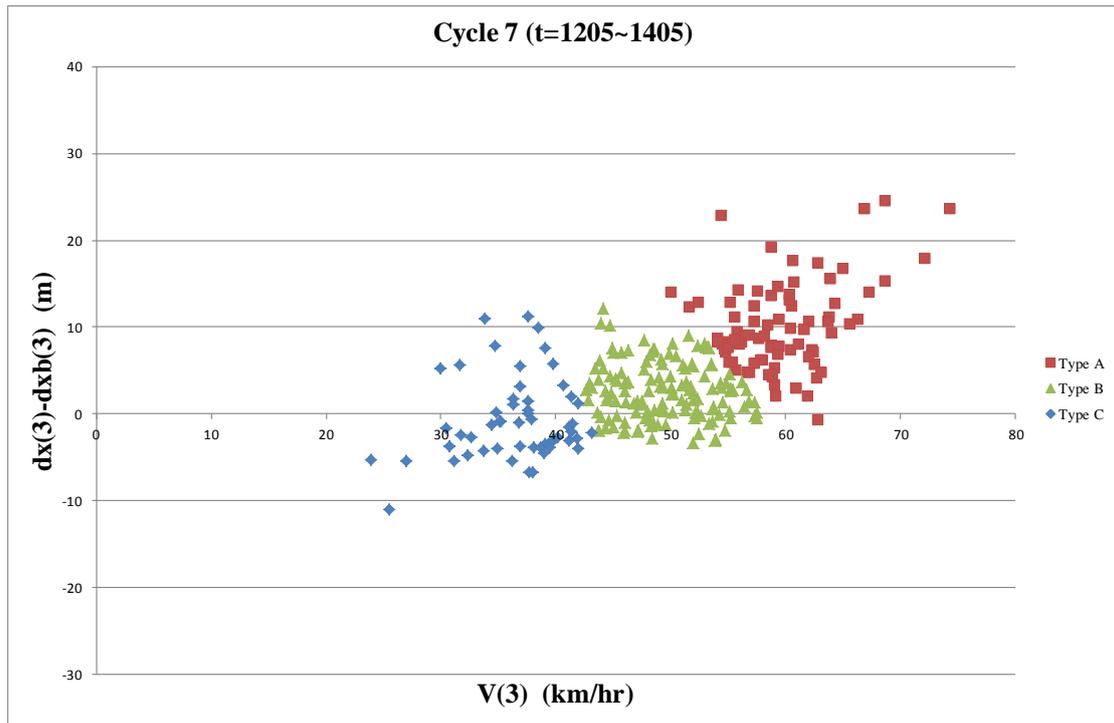


圖 5.4-7 資料分群結果 (號誌週期七)

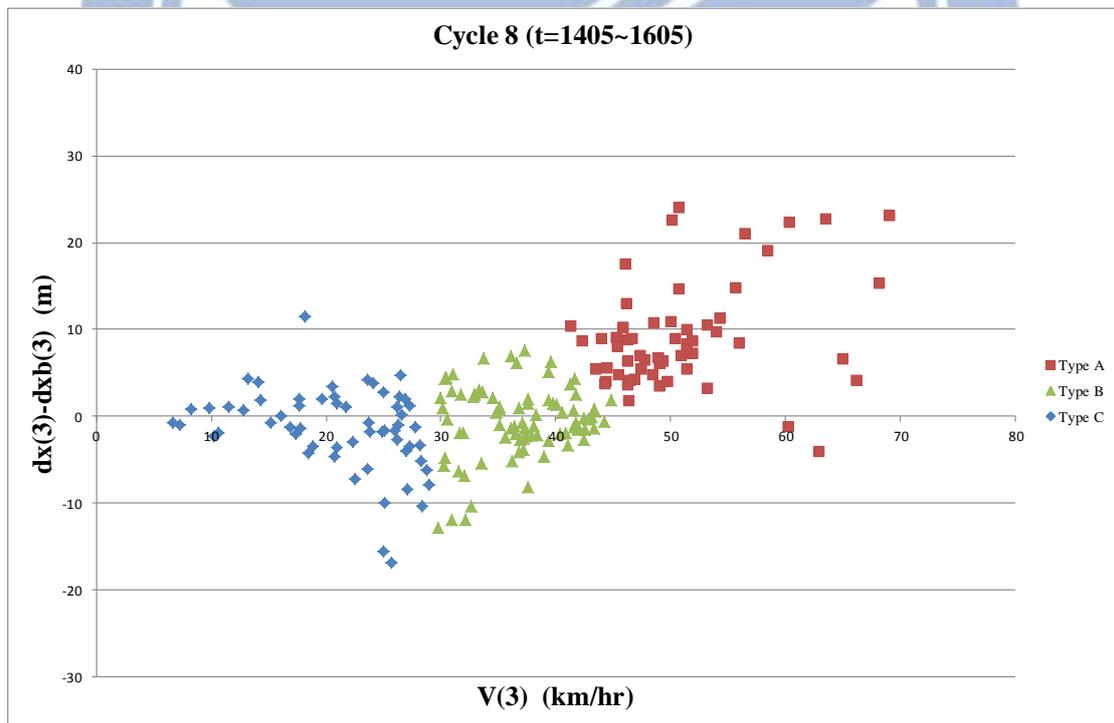


圖 5.4-8 資料分群結果 (號誌週期八)

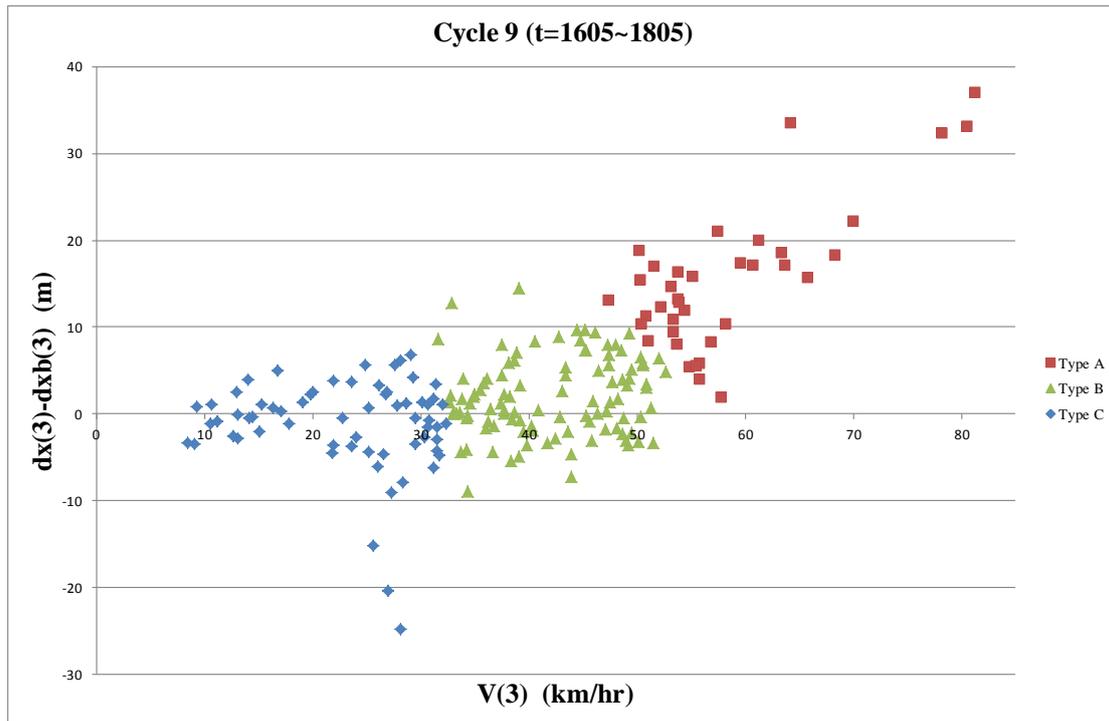


圖 5.4-9 資料分群結果 (號誌週期九)

5.5 駕駛者分群

5.4 節將每個號誌週期的資料點進行駕駛類型的分群，同一機車駕駛者在影片畫面中會出現若干秒，所以就依據每秒一筆資料記錄而產生相對應的資料筆數。但是並非同一駕駛者每一秒資料點的情境和分群之駕駛類型都相同，同一位駕駛者可能在該路段不同時點遇到不同的情境，也有可能在不同的時點下被判斷為不同駕駛類型的資料點，所以有本節將介紹如何將每個資料點分群的結果對應至各個駕駛者的分群，將每位機車駕駛者都可以對應至一種駕駛類型。

使用前一節利用情境一資料點(Scenario 1)不同號誌週期駕駛型態分群的結果，將每一位駕駛者的各時點資料分群結果統計，每位駕駛者可能會有不同資料筆數的型態 A、型態 B 和型態 C 資料點，但是每種型態的資料筆數不盡相同，故需要建立一套規則來判斷該駕駛者是屬於哪一種型態。本研究比較兩種判斷規則來進行駕駛者分群：

規則一：用該機車駕駛資料分群結果中型態 A、型態 B 和型態 C 中資料筆數最多者判斷為該型態，若筆數相同則以 A 同則以同的優先順序判斷。

規則二：若型態 A 筆數 ≥ 2 則判斷為型態 A；若沒有則看型態 B 筆數是否 ≥ 2 ，有則判斷是型態 B；若沒有則看型態 C 是否 ≥ 2 ，有則判斷是型態 C；都沒有符合則斷定為無法判斷之駕駛型態。

分別將兩種規則進行機車駕駛者分群的判斷，可以把每位駕駛者都判斷一種駕駛型態，所以最終駕駛者僅會有一種駕駛型態的判斷，但是兩種規則的判斷結果並不會完全一樣，故本研究針對兩種規則進行比較。如表 5.5-1 可以比較不同機車駕駛在兩種判斷規則下的駕駛型態，兩種規則大部分都判斷一樣，規則一的駕駛者類型判斷，可能出現駕駛分類型資料只有 1 筆資料也會判斷；而規則二的駕駛者類型可能對於型態 A 的駕駛者會相對比較容易被判定，但是在有限的路段長度中，若能出現 2 秒的駕駛類型判定資料點，對於該駕駛者類型便具有一定的可信度。經過兩種規則交叉比對其駕駛者分群結果與優缺點，本研究決定使用規則二的方式判斷駕駛者型態，如此一來便可以將所有駕駛者分類成不同冒險程度的類型，並且逐一完成機車駕駛的 3×3 分類矩陣。未來可針對矩陣中對應空格的情境與駕駛類型，研究其相對應的機車行為模式。

表 5.5-1 駕駛者分群比較(規則一 vs. 規則二)

駕駛者型態 判斷比較	規則二					
	(單位：人)	Type A	Type B	Type C	無法判斷	Total
規則一	Type A	157	0	0	60	217
	Type B	11	178	0	68	257
	Type C	1	21	66	26	114
	Total	169	199	66	154	588

5.6 小結

國內市區道路機車的行為模式較複雜，觀察完市區機車的駕駛特性後，開始進行機車駕駛的分類，將駕駛者對照不同的對應情境與駕駛類型分群，可以研究不同類型駕駛者在不同的情境下之行為模式。從機車駕駛特性的分析中判斷較具冒險性的型態 A 駕駛在市區道路會產生超車行為(Overtaking)，型態 B 的駕駛者則可能產生在車陣中鑽車的行為(Filtering)，由拍攝畫面與影像還原可以驗證。以下用幾張實測地點的影像畫面說明駕駛型態 A 和駕駛型態 B 的駕駛者的行為觀察，分別用四張圖片闡述機車駕駛如何超車以及鑽車。



(a) 兩台駕駛速度較快的機車對公車向左偏移超車



(b) 剩餘車輛前方前駛空間不足形成機車群 B₁



(c) 後方機車群被三輛汽車阻擋，形成機車群 B₂



(d) 駕駛速度快的 A₃ 脫離機車群向左偏移至最內側車道超車，B₁ 機車群找到右前方較寬縫隙避車移動

圖 5.6-1 不同類型駕駛行為說明

駕駛型態 B 的駕駛人會對於混合車流中的車輛產生鑽車行為，對於前方阻擋的小汽車與公車間縫隙選擇適合的空間並且鑽行，但是當車輛間的縫隙距離不夠大時則會避免鑽行維持原車道繼續行駛，故前方車輛間的距離是機車駕駛的重要影響變數，本研究判斷的方式是以本車機車的前方三個區塊內最接近車輛作為影響的車輛，駕駛人判斷車輛間的縫隙距離後，若距離夠大則會產生鑽車的行為，

形成機車駕駛的隱形車道，因此當同型態的駕駛都產生類似行為時，整體機車群的移動就會變成不同的群體，此種群體會被汽車以及公車等環境受限，因此由影片畫面變成明顯的一團機車群，如果前方車輛間的縫隙距離都不夠大的話則不會產生鑽車的行為，反而小汽車和公車形成一道屏障阻擋了機車的鑽行空間，機車駕駛只能選擇原路徑繼續行駛。

本章節不直接對機車駕駛進行行為模式的建構，而是將不同的機車駕駛情境與駕駛類型分群完成，由影片畫面可以看出在國內市區道路的混合車流中，機車移動行為相對於小汽車複雜許多，很難以全部的機車資料點進行模式建立，因此必須發展不同的對應關係分類矩陣，此種對應關係是依照路段資料庫以程序化的步驟完成，在不同的號誌週期或者路段也可以使用，而完成的分類矩陣未來也可以進行更進一步的不同機車行為模式建構。



六、結論與建議

國內市區道路混合車流主要的車種為汽車、機車與公車。本研究針對汽車的車道變換模式與機車的行為進行分析，研究在混合車流環境下汽機車在路段中的移動行為，並且提供機車駕駛的分類矩陣架構，未來可將完成的對應汽機車行為模式應用至微觀模擬軟體，模擬符合國內車流現況的市區道路車輛移動，以改善微觀模擬軟體較欠缺的機車移動行為。本研究之結果與相關建議如下分述。

6.1 結論

本研究針對台北市忠孝東路的市區混合車流進行原始資料收集，建立一完整的路段混合車流資料庫。原始資料進行自動化的處理程序，將本車鄰近車輛的判斷和車道變換以標準化的方式處理，影響變數的擷取也全部採用程式化的方式，每個時點下不同車輛編號的資料都可以提供完整的相關資訊，並且可以採用相同的標準程序應用至不同的資料庫。

小汽車的車道變換模式主要利用個體選擇模式，將駕駛人直行、向左偏移、向右偏移作為決策選擇，建立成多項羅吉特模式。考慮的影響變數有相對距離、相對速度、不同道路車種、本車速度，並且將前車的左前車和右前車區分。所建立的模式整體判中率結果為 70%；如果將樣本切割成測試也有 63%的判中率，符合預期水準，提供各種影響變數校估結果之參數，以判斷汽車駕駛的變換車道決策行為。當前方車輛相對距離越近或者相對速度越慢，本車駕駛有較高的意願變換車道，前方車輛有大型車輛也會讓提高變換車道的可能性；當後方車輛相對距離越近或者速度較本車快，本車也有較可能會進行變換車道。

利用個體選擇模式應用至機車的車道變換模式，必須考量的變數種類較複雜，因為機車並不像汽車會行駛於車道之中，而必須以虛擬車道的概念移動。本研究的機車車道變換模式同樣以多項羅吉特模式建立，校估的參數雖然大部分都顯著但是無法完整呈現國內機車群移動的車流特性，因此必須進行機車行為模式之分析，從機車車道變換模式的參數結果可以發現，前方車輛的影響變數對於機車駕駛較具影響力，而後方的車輛對於機車變換車道影響較小，可以以此觀念研究機車的行為模式，以前方的變數作為主要影響來源。

本研究針對國內市區道路的機車駕駛行為特性進行分析，觀察台灣機車的超車與鑽車等特殊行為。為了瞭解在市區道路中的不同行為模式，將機車駕駛的鄰車以鄰近區塊的方式來擷取不同車輛資訊，以客觀的方式將不同的駕駛者類型進行分類，以本車機車鄰近區塊的概念擷取不同周邊車輛資訊，使用 K-Means 分

群法將機車駕駛人分成不同冒險程度的類型，利用兩種分群參數來將不同號誌週期內的機車駕駛分群。型態 A 表示較激進的駕駛者；型態 C 是較緩慢行駛的駕駛者；型態 B 駕駛者較多，為介於兩者之間的機車群。並且將資料依照前方區塊影響情境 (Scenario 1,2,3) 分開討論，可以判斷不同對應車種對機車駕駛的影響，因為機車體積較小相對弱勢，因此不同的車種對於機車影響也不盡相同。最後將所用來分群的資料點使用規則來判斷每位駕駛者的型態。以 3 種情境和 3 種駕駛類型可以形成一 3×3 的分類矩陣，矩陣內會對應不同的觀察機車移動行為，可以針對不同組合進行模式分析。

6.2 建議

混合車流中機車的相關研究主題仍然很多，本研究針對路段中機車車輛，以客觀的影片方式將不同號誌週期的駕駛者進行分群，而不是採用單一模型描述所有的機車行為。研究設立基本的 3×3 機車駕駛分類矩陣，完成機車移動行為分析的基本架構，但是矩陣內空格所對應之機車行為模式仍然需要逐步完成，才可以將混合車流的行為完整呈現。

型態 A 的駕駛者具有冒險的特質，利用機車敏捷的移動行為在市區道路混合車流中進行超車行為，可以利用本研究已發展的前方車輛間可鑽行縫隙進行機車超車行為的分析，有完整的資料庫也可以掌握車輛之所有橫向與縱向位移，掌握機車鄰近各時點的所有車輛對應情況。型態 B 的人數相對較多，可能在市區道路中形成一群明顯的機車群，並且在道路中群體鑽行，可以針對汽車與公車形成的前方車輛可鑽行縫隙分析，型態 B 的駕駛者在影片中會受到影響因而產生鑽行於車陣中的特殊行為。而型態 C 的機車駕駛速度緩慢較常行駛在外側車道，在國內仍然存在一定比例的較保守駕駛，必須將三種類型可能產生之行為模式進行不同的完整研究才可以將分類矩陣對應的行為模式完成。

國內混合車流還涵蓋了公車，應針對公車 (Scenario 3) 進行機車行為的研究。在台北地區公車數量較多，市區道路混合車流沒有公車專用道會對機車駕駛產生較大的壓力，而且公車體積龐大行動遲緩並受限於公車站牌，因此影響的情況也與一般鄰近機車或小汽車不同，將分類矩陣中的不同對應情境進行模式建立方可完成完整的機車移動行為模式，以展現國內目前的混合車流移動行為。

參考文獻

- 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*.
- 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*.
- DAGANZO & F., C. 1981. Estimation of gap acceptance parameters within and across the population from direct roadside observation. *Transportation Research Part B: Methodological*, 15, 1-15.
- SUN, D. & ELEFTERIADOU, L. 2012. A Driver Behavior-Based Lane-Changing Model for Urban Arterial Streets. *Transportation science*, Articles in Advance, pp. 1-22.
- GIPPS, P. G. 1981. A behavioural car-following model for computer simulation. *Transportation Research Part B: Methodological*, 15, 105-111.
- GIPPS, P. G. 1986. A Model for the Structure of Lane Changing Decisions. *Transportation Research B*, pp. 403-414.
- HIDAS, P. 2005. Modelling vehicle interactions in microscopic simulation of merging and weaving. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 13, 37-62.
- 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.
- LEE, T.-C., POLAK, J. W., BELL, M. G. H. & WIGAN, M. R. 2011. The kinematic features of motorcycles in congested urban networks. *Accident Analysis & Prevention*, 49, 203-211.
- MACQUEEN, J. 1967. Some methods for classification and analysis of multivariate observations. *Proceedings of the fifth Berkeley symposium on mathematical statistics and probability*, 1, 14.
- 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.
- TOLEDO, T. 2007. Driving Behaviour: Models and Challenges. *Transport Reviews*, 27, 65-84.
- TOLEDO, T., KOUTSOPOULOS, H. N. & BEN-AKIVA, M. 2007. Estimation of an integrated driving behavior model. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 17, 365-380.
- 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, 113-129.
- 何佳娟，民國 90 年。微觀汽、機車混合車流模式之研究。碩士論文，國立交通大學運輸科技與管理學系。
- 李健豪，民國 101 年。市區幹道汽機車超車行為路徑選擇決策模式。碩士論文，國立臺灣大學土木工程學系。
- 張正達，民國 101 年。混合車流中機車運動推進模式之研究—以鄰近路口與紅燈號誌為條件。碩士論文，淡江大學運輸管理學系。
- 張維翰，民國 95 年。郊區路段微觀混合車流特性研析與模式建立。碩士論文，國立交通大學運輸科技與管理學系。
- 許家齊，民國 101 年。市區道路微觀汽機車混合車流機率式跟車模式之研究，碩士論文，國立臺灣大學土木工程學系。
- 許添本、韓復華，民國 100 年。交通技術研發與人才培育規劃研究 (2/4)。交通部委託研究。
- 藍武王、張瓊文，民國 93 年。GM 與 ANFIS 機車跟車模式之比較。運輸計劃季刊, 33, 511-536。