

# 郊區公路快車道微觀車流模式建立與實證分析

學生姓名：沈彥宏

指導教授：吳水威

國立交通大學運輸科技與管理學系碩士班

## 摘要

隨著台灣汽車的快速成長，國內交通擁擠情況日趨嚴重，交通問題更顯複雜。郊區公路為台灣地區主要道路系統，所佔比例為各型公路之冠，且由於郊區公路有不同形式車道、坡度、線型等，影響駕駛行為之特性相當複雜，因此對於郊區公路之車流特性之瞭解，實乃所需之課題。

本研究目的為構建及驗證郊區公路快車道之微觀車流模式，車流特性之微觀車流研究部分中，跟車及變換車道為重要部份之一，而以往之文獻較為缺乏針對郊區公路車流特性研究，且並未探討本車前之不同車種變換車道駕駛行為差異。故本研究將以國內郊區公路小客車為研究對象，並基於微觀理念、刺激－反應原理、跟車理論、行為門檻、駕駛行為理論等理論基礎，採用文獻評析法、攝影調查法、實車測試法、統計分析法、及模式參數校估法等研究方法進行跟車及變換車道之研究。在跟車模式方面，係以 GM 跟車模式為基礎，利用實車測試法蒐集駕駛者煞車距離以及跟車資料，分析其駕駛者冒險度及跟車行為特性，構建 GM 跟車行為門檻模式，了解 GM 跟車模式之影響範圍，改善 GM 跟車模式之缺失。變換車道模式則是以攝影調查法蒐集郊區公路變換車道資料，考慮前方不同車種（小型車或大型車），分析變換車道行為特性，以構建變換車道偏向角模式以及加速度模式，最後並建立變換車道決策準則。本研究結果將可提供與交通管理者改善交通工程及設計之參考依據，並有助於作為郊區公路控制與管理所需之車流模式。

關鍵字：郊區公路、微觀車流、跟車、變換車道

# **A Study on Microscopic Traffic Flow Model of Rural**

## **Highways**

Student : Yen-Hung Shen

Advisor : Shoei Uei Wu

Department of Transportation Technology & Management  
National Chiao Tung University

### **ABSTRACT**

As the traffic jam in Taiwan getting worse with the fast growth to the amount of the vehicles in Taiwan, it is to hard to resolve the traffic system. Specifically, rural highway is the mainstream road system in Taiwan, and because it has very complex characters, the aim of this study is to know the characters.

Based on car-following theory, microscopic traffic flow theory, kinematics theorem, fuzzy theory, and behavioral threshold model, this study is proposed a microscopic traffic flow model, incorporating the car-following threshold and lane-changing models on rural highways. The car following threshold model is developed by classifying the driver risk factor based on GM Model. This study is also proposed a modified lane changing angle and acceleration models considering the lead car difference between car and bus by video recording data as well. The last part is to propose a lane changing rule based on the proceeding lane changing angel and acceleration models. This study result promotes the road administrators to identify and validate the traffic control system or mange the system on rural highways.

*Keywords:* Rural Highways 、 Microscopic Traffic Flow 、 Car Following 、 Lane Changing.

## 誌 謝

經過兩來辛苦的耕耘，論文終於順利完成，最需要感謝的是指導教授 吳水威博士，恩師在本論文撰寫期間，不斷細心指導，提供意見，讓學生從中學習許多，尤其「文不如表，表不如圖」以及「寫摘要要像國父遺囑」這些話等，更深深印刻於學生心頭。在生活上，恩師待人處事寬厚的態度，更是讓學生感受許多，對學生以後在工作上或是與人相處獲益不少。

在口試期間，承蒙台大土木系羅永光教授以及本系卓訓榮教授撥冗細閱，提出寶貴意見與懇切指教，使本論文謬誤與疏漏之處得以修正。論文中審查，感謝卓訓榮教授及交通運輸研究所藍武王教授詳細審閱，並給予建議，使論文更臻嚴謹完備。學生於授業期間，承蒙系上各位教授給予學生在課業研究的教導，讓學生獲得扎實的知識以及嚴謹的研究態度。亦要感謝系上助理秀蔭姐及幸榮姐在日常生活的協助，使得學生在交大運管的求學生涯得以順利畢業。

論文研究期間，感謝同實驗室的”老王”郁凱和”小張”維翰，於學術生活上的支持交流以及車流錄影奔波，尤其是一起打桌球和許多搞笑的事件，非常開心。立新學長雖然已經畢業，卻常不辭辛勞與我討論論文，真是太感謝了！亦要謝謝俊彬不時電話打氣，提供許多意見給我參考。乃哥雖然已在上班，還是會來 Lab 關心我們的論文，感謝學長們，真是有情有義。

在論文實驗期間，要感謝同為 Wu Lab 貼心的學弟妹政諺、志榮、諺仲、雅蘭、銘娟，還有帥死人不償命運輸官協政的幫忙。有義氣的志傑、志榮以及益卿，特地來新竹幫忙，以及博士班學長剛伯憲宏、學姐慧潔在此一併感謝。在研究生涯裡，室友阿昌、仁甫、源峻、以及失意男，很高興與你們一起生活，跟你們在一起，實在是太開心了。輝鵬兄除了學術上的交流，亦是一起運動的好友，謝謝你。也謝謝同為研究生的表姊一起與我加油打氣，共同邁入完成論文的路程。此外，研究所的各位同學、學長姐等，有你們的參與，才能讓我的研究生生活更加歡樂。

最後要感謝我的父母親與弟弟們，從小到大在我求學的路上，父母給予我百分之一百的支持，今天之所以能夠碩士畢業，你們功勞最大。大弟雖然在外地當兵，仍會不時關心我，小弟雖然還小，卻也常常大哥哥的叫我以及黏著我，你們真是太貼心可愛了，再次謝謝我的父母家人。

最後，僅以本論文獻給我的家人以及所有關心我的人，感謝你們曾經在各個不同階段對我的照顧與支持！

沈彥宏 謹致

2006 年 6 月

于 新竹 交大

# 目 錄

摘要 .....	i
英文摘要 .....	ii
誌謝 .....	iii
目錄 .....	iv
表目錄 .....	vi
圖目錄 .....	vii
第一章 緒論 .....	1
1.1 研究動機 .....	1
1.2 研究目的 .....	2
1.3 研究範圍 .....	2
1.4 研究流程 .....	3
第二章 文獻回顧 .....	5
2.1 跟車理論 .....	5
2.1.1 四大限制方程式 .....	5
2.1.2 刺激-反應方程式 .....	7
2.1.3 行為門檻模式 .....	10
2.1.4 其它相關研究 .....	12
2.2 變換車道 .....	17
2.2.1 變換車道之決策模式 .....	17
2.2.2 變換車道之軌跡 .....	22
2.3 文獻評析 .....	26
第三章 理論基礎與研究方法 .....	27
3.1 理論基礎 .....	27
3.1.1 微觀車流理論 .....	27
3.1.2 運動學原理 .....	29
3.2 研究方法 .....	30
3.2.1 文獻評析法 .....	30
3.2.2 統計迴歸分析 .....	30
3.2.3 攝影調查法 .....	32
3.2.3 實車測試法 .....	32
第四章 資料蒐集與分析 .....	33
4.1 資料蒐集 .....	33
4.1.1 跟車資料蒐集 .....	33
4.1.2 變換車道資料蒐集 .....	37
4.2 車流特性分析 .....	39
4.2.1 跟車資料特性分析 .....	39

4.2.2 變換車道行為特性分析.....	43
4.2.3 小結.....	81
第五章 郊區公路汽車 GM 跟車模式門檻 及變換車道模式之構建.....	84
5.1 郊區公路路段 GM 跟車模式門檻.....	84
5.2 變換車道模式構建.....	90
5.2.1 變換車道偏向角模式.....	92
5.2.2 變換車道加速度模式.....	93
5.2.3 變換車道決策準則.....	99
第六章 變換車道模式參數校估與驗證.....	104
6.1 變換車道加速度模式參數校估.....	104
6.1.1 敏感度 $\alpha_c$ 及 $\alpha_b$ 參數校估.....	104
6.1.2 目標車道後車速度調整因子 $\lambda$ 參數校估.....	104
6.2 變換車道模式驗證.....	105
6.2.1 本車前方為小型車之變換車道行為模式驗證.....	105
6.2.2 本車前方為大型車之變換車道行為模式驗證.....	115
第七章 結論與建議.....	124
7.1 結論.....	124
7.2 建議.....	124
參考文獻.....	126



## 表目錄

表 4.1 煞車距離測試表 .....	39
表 4.2 跟車門檻資料表 .....	41
表 4.3 相關係數強度大小與意義[邱皓政, 2000].....	44
表 4.4 各變數與偏向角關聯性分析表 .....	48
表 4.5 各變數與加速度關聯性分析表 .....	51
表 4.6 各變數與偏向角關聯性分析表 .....	54
表 4.7 各變數與加速度關聯性分析表 .....	57
表 4.8 各變數與偏向角關聯性分析表 .....	61
表 4.9 各變數與加速度關聯性分析表 .....	63
表 4.10 各變數與偏向角關聯性分析表 .....	67
表 4.11 各變數與加速度關聯性分析表.....	69
表 4.12 各變數與偏向角關聯性分析表 .....	72
表 4.13 各變數與加速度關聯性分析表 .....	74
表 4.14 各變數與偏向角關聯性分析表 .....	78
表 4.15 各變數與加速度關聯性分析表 .....	80
表 4.16 前方車種為小型車本車車速及相關跟車距離 .....	82
表 4.17 前方車種為小型車變換車道加速度及偏向角數值與相關變數 .....	82
表 4.18 前方車種為大型車本車車速及相關跟車距離 .....	82
表 4.19 前方車種為大型車變換車道加速度及偏向角數值與相關變數 .....	82
表 5.1 受測者分群表 .....	87
表 5.2 相對具冒險性跟車門檻模式各分配配適表 .....	88
表 5.3 相對不具冒險性跟車門檻模式各分配配適表 .....	89
表 5.4 GM 跟車門檻值 .....	89
表 5.5 相對速差 2.78 公尺/秒(10 公里/小時)門檻值相關資料.....	90
表 5.6 相對速差 5.56 公尺/秒(20 公里/小時)門檻值相關資料.....	90
表 5.7 平坡上車輛最大加速度(ft/sec/sec).....	94
表 5.8 各類車輛之正常及最大減速度(公尺/秒平方).....	94
表 6.1 僅有目標車道前車之變換車道模式驗證資料表 .....	107
表 6.2 僅有目標車道後車之變換車道模式驗證資料表 .....	110
表 6.3 目標車道前、後均有車之變換車道模式-前段加速度模式驗證資料表 ..	112
表 6.4 目標車道前、後均有車之變換車道模式-後段加速度模式驗證資料表 ..	113
表 6.5 僅有目標車道前車之變換車道模式驗證資料表 .....	117
表 6.6 僅有目標車道後車之變換車道模式驗證資料表 .....	119
表 6.7 目標車道前、後均有車之變換車道模式-前段加速度模式驗證資料表 ..	121
表 6.8 目標車道前後均有車之變換車道模式-後段加速度模式驗證資料表 .....	122

## 圖目錄

圖 1.1 研究流程圖 .....	4
圖 2.1 同一車道前後車之相對運動過程示意圖 .....	11
圖 2.2 行為門檻關係圖 .....	11
圖 2.3 跟車控制架構圖 .....	15
圖 2.4 最差情況下座車避免碰撞前車之示意圖[林宏達, 2001].....	20
圖 2.5 下匝道車輛變換車道行為示意圖 .....	22
圖 2.6 The angle of deviation .....	25
圖 2.7 The angle of deviation .....	25
圖 3.1 跟車模式示意圖 .....	28
圖 3.2 正常跟車行為 .....	29
圖 3.3 反跟車行為 .....	29
圖 3.4 反跟車行為示意圖 .....	29
圖 4.1 測試駕駛者冒險度實驗示意圖 .....	37
圖 4.2 攝影機架設拍攝示意圖 .....	38
圖 4.3 第一次至第三次煞停距離測試圖 .....	40
圖 4.4 第二次與第三次煞停距離測試圖 .....	41
圖 4.5 後車起始速度 60 公里跟車門檻資料圖 .....	42
圖 4.6 後車起始速度 50 公里跟車門檻資料圖 .....	42
圖 4.7 變換車道特性分析架構圖 .....	45
圖 4.8 車輛間之距離示意圖 .....	45
圖 4.9 車輛變換車道之偏向角示意圖 .....	45
圖 4.10 本車車速 (VA) 次數分配圖 (單位: 公尺/秒) .....	46
圖 4.11 前車與本車相對距離 (XB-XA) 次數分配圖 (單位: 公尺) .....	47
圖 4.12 目標車道前車之本車縱向相對距離 (XC-XA) 次數分配圖 (單位: 公尺) .....	47
圖 4.13 目標車道僅有前車偏向角次數分配圖 (單位: 度) .....	48
圖 4.14 本車車速 (VA) 與偏向角之關係圖 .....	49
圖 4.15 目標車道前車之本車相對距離 (XC-XA) 與偏向角之關係圖.....	49
圖 4.16 目標車道僅有前車加速度次數分配圖 (單位: 公尺/秒平方) .....	50
圖 4.17 本車車速 (VA) 與加速度之關係圖 .....	51
圖 4.18 目標車道前車之本車相對距離 (XC-XA) 與加速度之關係圖.....	52
圖 4.19 本車車速 (VA) 次數分配圖 (單位: 公尺/秒) .....	52
圖 4.20 前車與本車相對距離 (XB-XA) 次數分配圖 (單位: 公尺) .....	53
圖 4.21 目標車道後車之本車相對距離 (XD-XA) 次數分配圖 (單位: 公尺) .....	53
圖 4.22 目標車道僅有後車偏向角次數分配圖 (單位: 角度) .....	54

圖 4.23 本車車速 (VA) 偏向角之關係圖 .....	55
圖 4.24 本車與目標車道後車 (XD-XA) 偏向角之關係圖 .....	55
圖 4.26 本車車速 (VA) 與加速度之關係圖 .....	57
圖 4.27 本車與目標車道後車 (XD-XA) 加速度之關係圖 .....	58
圖 4.28 本車車速 (VA) 次數分配圖 (單位：公尺/秒) .....	58
圖 4.29 前車與本車相對距離 (XB-XA) 次數分配圖 (單位：公尺) .....	59
圖 4.30 目標車道前車之本車縱向相對距離 (XC-XA) 次數分配圖 (單位：公尺) .....	59
圖 4.31 目標車道後車之本車縱向相對距離 (XD-XA) 次數分配圖 (單位：公尺) .....	60
圖 4.32 目標車道僅有前車偏向角次數分配圖 (單位：度) .....	60
圖 4.33 本車與目標車道前車 (XC-XA) 偏向角之關係圖 .....	61
圖 4.34 本車車速 (VA) 與偏向角關係圖 .....	62
圖 4.35 目標車道僅有前車加速度次數分配圖 (單位：公尺/秒平方) .....	62
圖 4.36 目標車道前車與本車相對縱向距離(XC-XA)加速度關係圖 .....	63
圖 4.37 本車車速(VA)與加速度關係圖 .....	64
圖 4.38 本車車速 (VA) 次數分配圖 (單位：公尺/秒) .....	65
圖 4.39 前車與本車相對距離 (XB-XA) 次數分配圖 (單位：公尺) .....	65
圖 4.40 目標車道前車之本車相對距離 (XC-XA) 次數分配圖 (單位：公尺) .....	66
圖 4.41 目標車道僅有前車偏向角次數分配圖 (單位：度) .....	66
圖 4.42 目標車道前車之本車相對距離 (XC-XA) 與偏向角之關係圖 .....	67
圖 4.43 本車與前車相對距離 (XB-XA) 與偏向角之關係圖 .....	68
圖 4.44 目標車道僅有前車加速度次數分配圖 (單位：公尺/秒平方) .....	68
圖 4.45 目標車道前車之本車相對距離 (XC-XA) 與加速度之關係圖 .....	69
圖 4.46 本車車速 (VA) 次數分配圖 (單位：公尺/秒) .....	70
圖 4.47 前車與本車相對距離 (XB-XA) 次數分配圖 (單位：公尺) .....	70
圖 4.48 目標車道後車之本車相對距離 (XD-XA) 次數分配圖 (單位：公尺) .....	71
圖 4.49 目標車道僅有後車偏向角次數分配圖 .....	71
圖 4.50 本車車速 (VA) 偏向角之關係圖 .....	72
圖 4.51 本車與目標車道後車縱向距離 (XD-XA) 偏向角之關係圖 .....	73
圖 4.52 目標車道後車加速度次數分配圖 (單位：公尺) .....	73
圖 4.53 目標車道後車與本車相對縱向距離 (XD-XA) 加速度之關係圖 .....	74
圖 4.54 本車車速 (VA) 與加速度之關係圖 .....	75
圖 4.55 本車車速 (VA) 次數分配圖 (單位：公尺/秒) .....	75
圖 4.56 前車與本車相對距離 (XB-XA) 次數分配圖 (單位：公尺) .....	76
圖 4.57 目標車道前車之本車縱向相對距離 (XC-XA) 次數分配圖 (單位：公尺)	

.....	76
圖 4.58 目標車道前車之本車縱向相對距離 (XD-XA) 次數分配圖 (單位: 公尺)	76
.....	77
圖 4.59 目標車道前後均有車偏向角次數分配圖 (單位: 度)	77
圖 4.60 目標車道後車與本車相對縱向距離(XD-XA)偏向角關係圖	78
圖 4.61 本車車速(VA)與偏向角關係圖	79
圖 4.62 目標車道前後均有車加速度次數分配圖 (單位: 公尺/秒平方)	79
圖 4.63 目標車道前車與本車相對縱向距離(XC-XA)加速度關係圖	80
圖 4.64 本車車速(VA)與加速度關係圖	81
圖 5.1 GM 跟車門檻距離	88
圖 5.2 GM 跟車門檻訂立流程圖	89
圖 5.3 車長及車寬示意圖	91
圖 5.4 車輛安全間距示意圖	92
圖 5.5 目標車道僅有前車加速度模式示意圖	95
圖 5.6 目標車道僅有前車加速度模式示意圖	95
圖 5.7 僅有目標車道後車之變換車道加速度模式示意圖	97
圖 5.8 僅有目標車道後車之變換車道加速度模式示意圖	97
圖 5.9 目標車道前、後均有車之加速度模式示意圖	98
圖 5.10 目標車道前、後均有車之加速度模式示意圖	99
圖 5.11 變換車道決策模式架構圖	100
圖 5.12 本車與前車之變換車道最小安全距離圖	102
圖 6.1 僅有目標車道前車之變換車道偏向角模式驗證圖	106
圖 6.2 僅有目標車道前車之變換車道加速度模式驗證圖	106
圖 6.3 僅有目標車道後車之變換車道偏向角模式驗證圖	109
圖 6.4 僅有目標車道後車之變換車道加速度模式驗證圖	109
圖 6.5 目標車道前後均有車之變換車道偏向角模式驗證圖	111
圖 6.6 目標車道前後均有車之變換車道前段加速度模式驗證圖	111
圖 6.7 目標車道前後均有車之變換車道後段加速度模式驗證圖	112
圖 6.8 僅有目標車道前車之變換車道偏向角模式驗證圖	116
圖 6.9 僅有目標車道前車之變換車道加速度模式驗證圖	116
圖 6.10 僅有目標車道後車之變換車道偏向角模式驗證圖	118
圖 6.3 僅有目標車道後車之變換車道加速度模式驗證圖	119
圖 6.4 目標車道前後均有車之變換車道偏向角模式驗證圖	120
圖 6.5 目標車道前後均有車之變換車道前段加速度模式驗證圖	120
圖 6.14 目標車道前後均有車之變換車道後段加速度模式驗證圖	121

# 第一章 緒論

## 1.1 研究動機

隨著台灣汽車的快速成長，國內交通擁擠情況日趨嚴重，交通問題更顯複雜。郊區公路為台灣地區主要道路系統，所佔比例為各型公路之冠，且由於郊區公路有不同形式車道、坡度、線型等，駕駛行為之特性較為複雜，因此對於郊區公路之車流特性之瞭解，實乃所需之課題。

而對於郊區公路之研究，以往均視為一般道路之路段來處理，且偏重於服務水準及容量之分析，少有特別針探討郊區路段中車流特性，亦未針對郊區路段不同車種變化之車流影響進行特性分析研究，故本研究將針對郊區公路微觀車流之跟車及考量前車不同車種變化車道之行為進行探討研析。跟車行為方面，以往文獻中採用刺激-反應方程式之研究，假設後車不論在何種情況下均受前車影響，且所有駕駛者冒險度均相同，較不合理，雖後續研究提出行為門檻模式來修正此假設，但因所探討對象為高快速道路之行車速度快封閉路段，是否適用於台灣地區郊區公路之現況，有待探討。在變換車道方面，過去研究大多著重於駕駛者變換車道決策模式，如訂定變換車道之條件，並利用二元羅吉特模式或加入模糊概念構建變換車道模式，但模式中未特別考慮鄰近車道後車受本車變換車道刺激之反應，而後續之研究雖提出針對鄰近車道後車納入變因考量，但探討對象亦僅針對於高快速道路，故如何應用於郊區公路之路段，仍待研究，同時以往之文獻假設前車均為小汽車，然而若前車為大型車之不同前車車種，大部分研究僅針對安全距離避免碰撞議題做探討，較少對前車不同車種之變換車道研究。

因此，本研究將研究對象訂定為台灣地區郊區雙向四車道之道路系統，暫不考慮機車之影響。於跟車模式中，將以實車測試方式，分別測得駕駛人冒險度，進行冒險度分類，而依據不同冒險度構建郊區公路 GM 跟車門檻。在變換車道方面，由於實驗設計困難，將藉由錄影觀察方式，分析目前台灣郊區公路之車流特性及駕駛者行為。假設車輛在變換車道過程目的為改善變換車道前之行車速率，

所考慮的因素有：本車與前車、前車車種、欲變換之目標車道前車及目標車道後車之間相互影響之關係，在安全之前提下，採取變換車道行為。故本研究據此假設及考慮之因素，以“刺激－反應”行為模式為基礎，構建符合國內郊區公路現況之變換車道模式。

## 1.2 研究目的

本研究之主要目的可歸納如下：

1. 分析國內郊區公路之車流行為特性。
2. 根據國內郊區公路車流特性及駕駛人冒險度，利用實車測試法，建立合乎國內之跟車行為門檻，以做為跟車刺激反應方程式應用範圍基礎。
3. 依據國內郊區變換車道特性，利用錄影觀察方式，以刺激－反應反應為基礎，構建合乎現況之變換車道行為模式及變換車道決策準則，以做為建立微觀動態車流模型之基礎。



## 1.3 研究範圍

本研究著重探討於郊區公路路段上跟車及變換車道之行為，故於研究範圍界定為近於市區之郊區路段，暫不考慮號誌化及非號誌化交叉路口、對於路段中路旁干擾因素亦不納入考量。此外，研究範圍同時包括下列條件：

1. 平直無坡度之路段：由於路段之曲線坡度會增加變換車道之變數，為了簡化影響因素，因而考慮此條件。
2. 白天時段，氣候良好，能見度佳：由於不同天氣天候會對車流產生不同程度之影響，本研究為簡化其影響因素起見，定義為其研究對象為白天時段，同時本研究是以攝影的方式蒐集資料，因此天氣狀況良好，才能得到較好的攝影效果。
3. 將車種分類為小型車、大型車：一般所稱小型車指泛一般小客車及小貨車以及目前日漸增加之運動休旅車(SUV)，大型車指大客車、大貨車以及連結車。由於本研究受限於錄影地段選擇，故本研究小型車定義為一般小客車，

而大型車則定義為大客車為探討之對象。

4. 雙向四車道路段：由於本研究須探討變換車道之行為，故選擇郊區雙向四車道之路段進行研究分析

## 1.4 研究流程

本研究依列流程進行各項研究工作，研究流程圖如圖 1.1 所示，各階段執行工作簡要說明如下：

1. 研究動機、目的與範圍之確認及界定。
2. 蒐集國內外跟車理論及變換車道模式之相關文獻，並加以回顧、整理及探討。
3. 研究方法與理論基礎之建立。
4. 調查郊區公路車流特性以及駕駛行為特性。
5. 郊區道路 GM 跟車模式、與變換車道之理論基礎與影響因素研析。
6. 郊區公路 GM 跟車門檻、及變換車道模式之構建。
7. 模式參數校估。
8. 模式驗證。
9. 結論與建議。



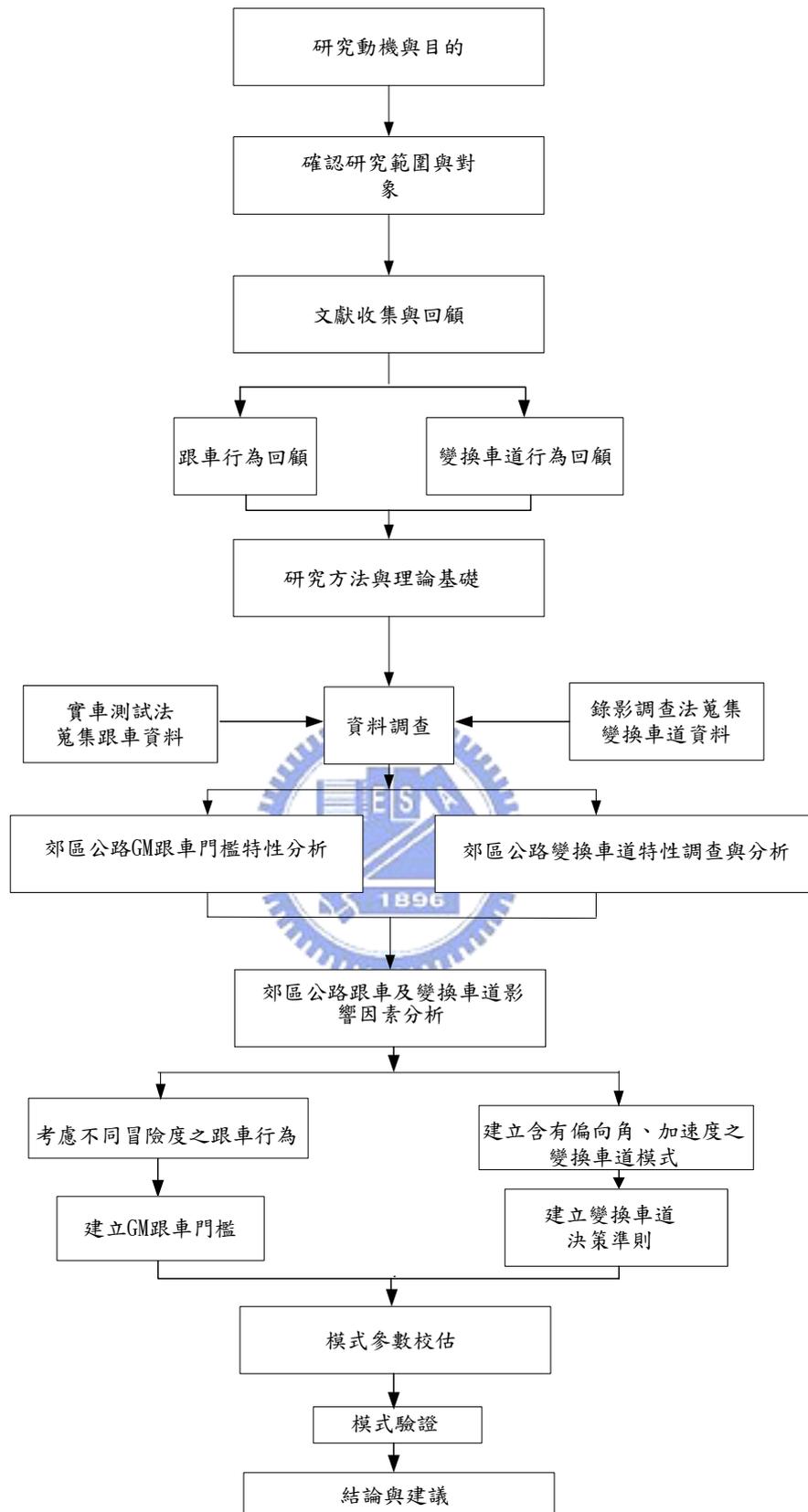


圖 1.1 研究流程圖

## 第二章 文獻回顧

一般車流研究之對象區分，可分為三種：1. 巨觀車流；2. 中觀車流；3. 微觀車流。本研究中係以微觀角度為出發點，分析郊區公路路段中車流行為。傳統微觀車流中，以跟車理論及變換車道行為理論為基礎，故本章將對車流中國內外微觀車流理論中之跟車模式理論、變換車道模式理論及其他相關研究，進行整理及回顧。期能鑑往知來，作為本研究之方向與參考。各項理論分述如下：

### 2.1 跟車理論

所謂跟車(Car Following) 係描述在道路上行駛車輛間的相互關係，是為研究後車如何跟隨前車的行為。假設前車和跟隨車輛在行駛過程中，不斷地調整其行車速率及間距，使其維持一安全距離，以便在發生突發事件時，後車能夠及時煞停而不致於與前車碰撞的動態行為，故跟車理論主要是研究當跟車行為發生時，前後車間速度(speed)、車間距(spacing)和加減速(acceleration and deceleration)等的互動關係。

而依據模式建構的理念不同，本研究將分為四種：四大限制方程式、刺激-反應方程式、行為門檻模式、以及應用物理學理論所建構之模式。

#### 2.1.1 四大限制方程式

四大限制方程式推進邏輯最早由Lewis et al. (1963) 文章中指出觀測車輛在其行駛過程中，常會調整其行車速率，以使後車能夠在前車車尾後方安全地跟隨行進或煞停，而不致於追撞前車。其主要假設：車輛在其行駛過程中，前後車必須保持一最小安全間距，使後車能避免因突發狀況的發生而導致追撞的事故，故通常用以模擬路段之車流行為。在車輛之推進方式上，主要考慮四種限制：

##### (一) 間隔限制 (Spacing Restriction)

係指前車因某種因素而緊急煞車停止時，而後車能安全地完成煞車而不致於追撞前車所應保持的安全間距：

$$S = P + K_1 V_F + K_2 \frac{V_F^2 - V_L^2}{2D} \cdot C \quad (2-1)$$

其中，

$S$ ：安全間距 (公尺)

$P$ ：前車有效車長 (即車長加停車時車輛間之安全間距) (公尺)

$K_1$ ：後車駕駛反應時間 (秒)

$K_2$ ：常數，當採 MKS 制時為 1 公尺/秒

$V_F$ ：後車車速 (公尺/秒)

$V_L$ ：前車車速 (公尺/秒)

$D$ ：後車之平均減速度 (公尺/秒)

$C$ ：常數，當  $V_F > V_L$ ， $C=1$

當  $V_F \leq V_L$ ， $C=0$

## (二) 加速限制 (Acceleration Restriction)

係指車輛受限於本身加速性能，單位時間該車所能行進的最大距離。

## (三) 停止限制 (Stopping Restriction)

當車輛於路口遇到紅燈或其它因素而必需減速時，單位時間內所能行進之距離。

## (四) 轉彎限制 (Turning Restriction)

車輛於路口轉彎時，為避免受離心力作用所造成的不舒適及傾覆的危險，在開始轉彎時會以較低的速率行駛，待通過轉彎點時，再行加速。

在考慮前述四項限制條件後之最小行駛距離，即為車輛在單位時間內所能前進之距離，據此更新輛座標位置與車速，此即為該模式跟車處理之方式。然而 Leutzbach (1998) 指出此四大限制跟車模式雖著重於車輛可推進之安全距離之計算，卻忽略了前後車間交互反應的互動關係。所以後續研究開始針對「跟車行為」的探討，強調跟車時，須經常調整其行車速度以便和前車保持一安全車間距離的動態行為。而此觀念乃建立於「刺激－反應」之基礎上，故出現了所謂的「刺

激-反應方程式」。

### 2.1.2 刺激-反應方程式

此類模式主要觀念為：駕駛者的反應（Response）與來自於外界的刺激（Stimulus）的變化有函數關係，外界刺激越大則駕駛反應也越大，其基本假設為不考量駕駛者超車和變換車道的行為。發展的歷史最早可追溯至1950年代的Pipes（1953）和Forbes（1958），而後陸續許多學者投入研究此類模式，其代表為美國的通用汽車研究群（Gazis、Herman 和Potts, 1959）。其各模式分述如下：

#### 1. Pipes 和 Forbes 理論

Pipes(1953)首先將運動中車輛之間的關係公式化，其以安全距離的觀念來表示後車的車速與前車間距離的關係，如下式所示。

$$d_{n+1}(t) = L_n + \frac{\dot{X}_{n+1}(t)}{10 \times 1.47} \times L_n \quad (2-2)$$

$d_{n+1}(t)$ ：後車與前車間距離 (呎)

$L_n$ ：車長 (呎)

$\dot{X}_{n+1}(t)$ ：後車在 t 時間之速度 (MPH)

Pipes 假設每一位駕駛者與前行車輛維持的空間與後車的速度成比例且加上一段距離，此理論的缺點為在低速與高速情況下會出現低估的現象，這與實際不符。

Forbes 在跟車模式行為中加入反應時間(Reaction Time)，使後車用以判斷是否該減速煞車，其認為前車之後緣與後車之前緣間的時間間隙(Time Gap)至少應大於或等於反應時間，所以，最小的時間間距(Time Headway)的數學關係式等於反應時間加上前車車長距離之行駛時間，如下式所示。

$$h_{\min} = \Delta t + \frac{L_n}{\dot{X}_n(t)} \quad (2-3)$$

$\Delta t$ ：反應時間(秒)

$L_n$  : 車長(呎)

$\dot{X}_n(t)$  : 前車在  $t$  時間時之速度(MPH)

由上式可知 Forbes 的跟車理論與 Pipes 模式類似，Pipes 考量的距離間距與後車的速度成線性遞增，而 Forbes 的最小安全距離間距與前車之速度成線性遞增。

## 2. General Motors 模式

美國通用汽車研究群(GM group)利用統計方法，由現場調查資料來建立  $m, l$  矩陣來建立刺激-反應方程式，模式分別分述如後：

### (1) GM 第一代模式：

第一代 GM 跟車模式假設駕駛者期望與前一部車保持等速前進，倘若前車速度改變則會對駕駛者產生刺激效應，受刺激的敏感度保持不變，而後車的加速度與前後車之間的相對速度是一線性關係，此種觀點表達成下列的方程式：

$$\ddot{X}_{n+1}(t + \Delta t) = \alpha \left[ \dot{X}_n(t) - \dot{X}_{n+1}(t) \right] \quad (2-4)$$

式中：

$\ddot{X}_{n+1}(t + \Delta t)$  : 後車在  $t + \Delta t$  時之加減速度

$\dot{X}_n(t)$  : 前車在  $t$  時的速度

$\dot{X}_{n+1}(t)$  : 後車在  $t$  時的速度

$\alpha$  : 駕駛人反應之敏感度參數

### (2) GM 第二代模式：

駕駛者靈敏度係數  $\alpha$  是衡量駕駛者受前車刺激後的反應強度，當車輛逐漸接近前一部車時，駕駛者必定會注意且提高警覺，事實上  $\alpha$  應該是變量而非常數，所以在第二代模式中將其區分為兩種狀態，兩車空間距離短採用較高靈敏值  $\alpha_1$ ，若兩車距離較遠，則使用另一較低的靈敏值  $\alpha_2$ ，模式修正後如下：

$$\ddot{X}_{n+1}(t + \Delta t) = \frac{\alpha_1}{\alpha_2} \left[ \dot{X}_n(t) - \dot{X}_{n+1}(t) \right] \quad (2-5)$$

式中， $\alpha_1$  或  $\alpha_2$  為駕駛人反應之敏感度參數

### (3) GM 第三代模式：

研究人員發現  $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$  的認定實際上相當困難，經過實證研究後，Herman 將兩車的距離間距加入敏感項中，指出距離間距是敏感度的函數，距離間距的倒數與敏感度成正比例的線性關係，而形成第三代模式：

$$\ddot{X}_{n+1}(t + \Delta t) = \frac{\alpha_0}{X_n(t) - X_{n+1}(t)} \left[ \dot{X}_n(t) - \dot{X}_{n+1}(t) \right] \quad (2-6)$$

式中，

$X_n(t)$ ：前車在  $t$  時之位置

$X_{n+1}(t)$ ：後車在  $t$  時之位置

$\alpha_0$ ：為駕駛人反應之敏感度參數

第三代模式經過積分運算之後可轉換為 Greenberg 巨觀的車流模式。

### (4) GM 第四代模式：

第四代模式進一步考慮到車流速度提高時，跟車者對於前後車之間的相對速度將更為靈敏，因此模式加入跟車者的速度，可表達成：

$$\ddot{X}_{n+1}(t + \Delta t) = \frac{\alpha_1 \left[ \dot{X}_{n+1}(t + \Delta t) \right]}{X_n(t) - X_{n+1}(t)} \left[ \dot{X}_n(t) - \dot{X}_{n+1}(t) \right] \quad (2-7)$$

式中：

$\dot{X}_{n+1}(t + \Delta t)$ ：後車在  $t + \Delta t$  時之速度

$\alpha_1$ ：為常數

### (5) GM 第五代模式：

五代模式繼續改進而將敏感項一般化，將跟車者速度與距離間距改為指數型

態，模式在引入  $m$  與  $l$  兩個指數後變為微觀跟車理論通式：

$$\ddot{X}_{n+1}(t + \Delta t) = \frac{\alpha_{l,m} \left[ \dot{X}_{n+1}(t + \Delta t) \right]^m}{\left[ X_n(t) - X_{n+1}(t) \right]^l} \cdot \left[ \dot{X}_n(t) - \dot{X}_{n+1}(t) \right] \quad (2-8)$$

式中：

$\ddot{X}_{n+1}(t + \Delta t)$ ：後車在  $t + \Delta t$  時之加減速度

$\dot{X}_{n+1}(t + \Delta t)$ ：後車在  $t + \Delta t$  時之速度

$X_n(t)$ ：前車在  $t$  時之距離

$X_{n+1}(t)$ ：後車在  $t$  時之距離

$m$ ：後車駕駛人對於「速度」反應的敏感度參數

$l$ ：後車駕駛人對於前後車間「車間距」反應的敏感度參數

$\alpha_{l,m}$ ：跟車敏感度參數

GM 以「敏感-刺激」方程式作為後車反應的機制，共發展五代的跟車模型，其中一至四代模型都是五代的特例，一代及二代模型皆為  $m=0$ ， $l=0$ ，三代模型則為  $m=0$ ， $l=1$ ，四代模型為  $m=1$ ， $l=1$ 。

### 2.1.3 行為門檻模式

傳統之刺激-反應方程式有兩項不合理的假設：(1)無論距離多遠，兩車都會互相影響。(2)當相對速度不變，跟車反應亦不變。然而行為門檻模式[Colbourn et al., 1978]係認為當跟車駕駛者感知到前車與自身之間距及相對速度差異過大時，會加速接近前車以縮短間距，逐漸由不受影響駕駛範圍進入受影響駕駛範圍；當跟車駕駛者感知到過於接近前車不安全時，則減速以加大間距；減速後之間距若不合跟車駕駛者之期望則再加速，而若本車與前車距離太大時，後車則完全不受前車之影響。整個系統就在本車不斷加減速的自我調整過程中達到穩定跟車狀態。此種駕駛行為會表現出兩種的特有的跟車現象：(1)跟車過程處於一微

幅振盪調整之間距與速差系統中；(2) 在各反應狀態下，具有如拋物線形之感知門檻界限，如圖 2.1 所示。

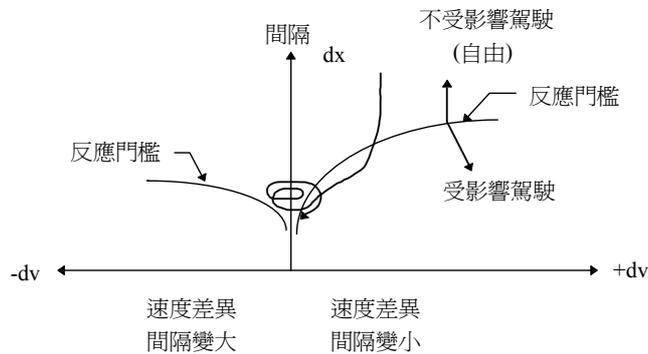


圖 2.1 同一車道前後車之相對運動過程示意圖

Wiedemann (1974) 將此「心理—物理間距模式」(Psycho-Physical Spacing Model) 之觀念引進微觀車流模擬裡，構建數學化模式 (INTAC Model)，即為「行為門檻模式」(Behavioural Threshold Model)，亦可說是一種跟車決策模式 (Car-Following Decision Model)。模式基本假設仍為單一車道，不考慮變換車道情形，將車流狀況分成三個反應區：感知反應區(Perceived Reaction)、無意識反應區(Unconscious Reaction)、無反應區(No Reaction)。經過各感知門檻界限之區隔後，可再細分為各決策行為分區，如圖 2.2 所示。

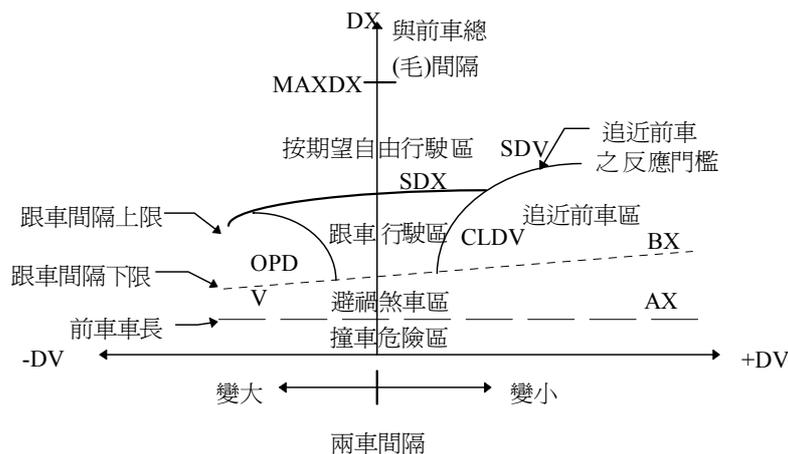


圖 2.2 行為門檻關係圖

各行為問檻的意義如下：

- (1) 靜態間距(AX)：本車在靜止狀態時，希望與前車所保持之車頭距
- (2) 最小安全間距(BX)：前後兩車為緊鄰跟車狀態，本車車速與前車車速相近時，

所欲維持之最小跟車間距。

- (3) 感知速差門檻(SDV)：在一較大間距下，跟車駕駛者對於速度差異(後車車速-前車車速)之感知門檻，此門檻值越大，表示後車駕駛者越容易受前車影響。
- (4) 跟車間距上限(SDX)：為顧及駕駛者判斷間距能力之差異，一般駕駛者通常之跟車間距會在最小跟車間距至最小跟車間距的 1.5~2.5 倍之範圍內。此最大值即為駕駛者的跟車間距上限。
- (5) 間距漸減速差門檻(CLDV)：在一較小間距、間距漸減且速差為正之情況下，速度差異之門檻值，由 SDV 與隨機因子計算而得。
- (6) 間距漸增速差門檻(OPDV)：在一較小間距、間距漸增且速差為負之情況下，速度差異之門檻值，其值約為 1~3 位 CLDV 值，此因駕駛者通常對正在遠離物比正在接近物反應較遲緩之因。

#### 2.1.4 其它相關研究

此部份的相關研究大都以 GM 跟車模式為基礎架構，接著由不同的研究方法，如安全間距、模糊理論、類神經網路、混沌理論等方式對跟車模式作比較及深討。其分述如下：

##### 1.安全間距模式

劉英標(1996)以 GM 第五代跟車行為模式與汽車動能及煞車能量不變定律，並考慮不同冒險度行為對跟車間距之影響，以構成一較完整之本土化跟車模式：

$$S_0 = \left\{ \left( \frac{\mu_0}{\mu_1} \right) \left[ \frac{(1-l)}{\alpha_{l,m}(1-m)} \right] \cdot \left[ V_{n+1}(t_1) + \frac{g \left[ A + \frac{C}{3} V_{n+1}^2 \right]}{W \cdot f \cdot (1 + \delta_m)} (\Delta t) \right]^{1-m} + (L_n + \theta)^{1-l} \right\}^{\frac{1}{1-l}} \quad (2-9)$$

$\frac{\mu_0}{\mu_1}$ ：冒險度權重

$V_{n+1}(t_1)$ ：後車車速

$g$ ：重力加速度

$A$ ：迎風表面積( $m^2$ )

$C$ ：行駛阻力中風阻之常數項( $Newton / kph^2$ )

$W$ ：車重

$f$ ：摩擦係數

$V_{n+1}$ ：後車煞車前之瞬時速度

$\delta_m$ ：反應時間

$L_n$ ：車身長

$\theta$ ：兩車煞停後之最小容許間距(約 1 米)

$\alpha_{l,m}, l, m$ ：行為參數模式  $\alpha_{l,m}, l, m$ ，經由實際測試取得跟車資料，再以統計

分析校估得到在  $\Delta t=1$  時， $\alpha_{l,m}=0.97749$ 、 $m=0.193743$ 、 $l=0.242990$

李樑堅(1992)利用錄影蒐集車輛於市區道路之車流資料，首先求得自由流狀態推進之最低門檻距離(如式 10)，用以判別車輛行駛在某一階段下是否會受到前車之影響，並且利用統計迴歸分析方法以及動態安全間距，分別求得車輛推進之加速率，取其較小值做為車輛推進之加速率。

$$d = p + (K + 1)V_{t-1} \quad (2-10)$$

其中，

$d$ ：代表動態最大安全門檻間距值

$V_{t-1}$ ：本車之期望速率

$P$ ：前車之靜態車

$K$ ：反應時間

## 2. 模糊理論(Fuzzy Theory)

傳統跟車理論假設每位駕駛人為同質(homogeneous)，且假設駕駛人行為與周遭環境的變化有一明確關係。但通常駕駛人的駕駛行為並無一定規則可尋，且與外界環境並非一對一的確定關係，其間存在若干的模糊性。因此，Kikuchi and Chakroborty(1993)將傳統跟車模型與模糊理論(fuzzy theory)結合，將跟車行為想像為一模糊控制系統，並用模糊邏輯(fuzzy logic)、模糊推論(fuzzy inference)等方

法來模擬。

Kikuchi 的模型雖能解決上述 GM 的缺點，但推理過程需繁複的計算，因此使用的績效有限。此外，這個模型也會產生過高的負回饋，使車間距震盪不已。

藍武王(1994)等採用與傳統 GM 跟車模型相同的變數：相對速度、前後車距離、後車速度，其中，前後車距離則引進一個最佳距離的觀念。最佳距離的定義如下：

$$DIST_{best} = 1.36 \times speed_{n+1} + 20/3 \quad (2-11)$$

其中，

$DIST_{best}$ ：最佳距離(公尺)

$speed_{n+1}$ ：後車速度(公尺/秒)

而且透過訪談，向一般駕駛人詢問並觀察其跟車時的經驗法則，設定加減速控制各只需要一條規則，而每條規則都只要注意距離是否太近或太遠，相對速度是接近還是遠離即可，分述如下：

規則 1. IF 前後車距離太遠，或兩車遠離中 THEN 後車加速

規則 2. IF 前後車距離太近，或兩車接近中 THEN 後車減速

經個案實證分析發現，此模型不僅能克服 GM 模型因初速不同導致最終車距不同的缺點，亦可改善 Kikuchi 等人之模糊跟車模型產生過大負回饋震盪的不合理現象。

詹維敏(2001)同樣是應用模糊理論的方法來處理其真實世界中的不確定性，但由於駕駛行為的不同，導致跟車時會因速度差造成擠壓與離開的空間狀態，故此研究將擠壓現象為「迫近相位」，離開現象為「遠離相位」。故此研究認為這兩種相位對駕駛者在跟車時有不同的反應行為和不同的敏感度，故以雙相配合模糊理論來研究跟車模式。

林宏達(2001)提出以串接式模糊推論系統(CFIS)為基礎構建跟車模式。串接式模糊推論系統(CFIS) 為利用直接序列展頻達 (DSSS Radar)作為偵測器，得到相關車輛之相對距離與相對速度，再依二階段模糊推論器來做串接設計，以得到

後車之加速度值，其跟車控制架構圖如圖 2.3。在此 CFIS 之跟車模式裡，由於以舒適性的原則去調整座車的加減速度參考值，因此特別強調其跟車模式具有安全、舒適及合理之三大特性，使得座車加減速度參考值的變化呈現慢慢的上升或下降。但是當發生目標車突然緊急煞車或者突然有鄰車道的車變換到此車道時，會使得座車的加減速度產生劇烈的變化、舒適性差或安全性低，所以此研究多加了緊急狀況與加速度微調系統來調整座車加減速度參考值。其加速度微調系統的設計原則為「欲調整的座車加減速度值」隨時間變大時，設計讓它緩慢加速，當「欲調整的座車加減速度」值隨時間變小時，為了安全性考量，則不做任何調整，並假設假設-30(km/hr/sec)為最大減速度，為了舒適性考量下，加速度最大值依然設定在 6(km/hr/sec)，此為寧拉長跟車的時間來換取座車的舒適性。

CFIS 跟車模式解決了 GM 模式在目標車與座車之初始速度的不同而造成最終安全跟車距離的不同之不合理現象，並也解決了 K&C 跟車模式在最終相對距離會發生振盪之問題。並且在整個跟車過程中，滿足了合理、安全及舒適三大需求。

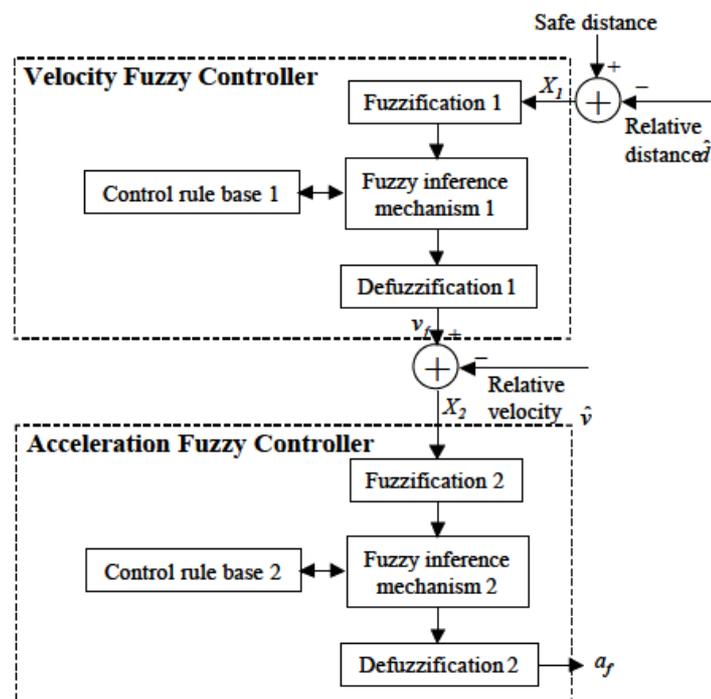


圖 2.3 跟車控制架構圖

### 3.類神經網路(Neural Network)

林鄉鎮(1997)利用虛擬實境技術構建之駕駛模擬系統，來蒐集高速公路小汽車駕駛者跟車資料，且發現除了以刺激-反應方程式中的三個變數外，跟車當時的車流狀況亦為重要變數，因此多考慮了車流狀況之變數，構建了六個倒傳遞類神經網路(BNN)跟車模式，結果顯示受測者在擁擠路段跟車時，在微調與前車之距離的過程中，的確有與前車保持相同的速率達數秒鐘之情形，因此前後兩車之相對速度或後車加速度為零時之資料代表穩態的跟車行為，不宜刪除。並且在六個跟車模式中，均顯示一個隱藏層之倒傳遞類神經網路模式的誤差均方根值較小，且日間駕駛及夜間駕駛之跟車資料有所差異，故因應分開建立其跟車模式。

### 4.模糊類神經(Fuzzy Neural Network)

葉信宏(1998)為減少應用模糊理論於車流方面會缺乏有效的學習法則以及缺乏定義隸屬函數 (Membership function)，故結合傳統跟車行為加上模糊類神經網路，嘗試透過類神經網路的學習功能來修正跟車變數的隸屬函數。而且以實際測得的車流資料來作為網路訓練樣本。並透過群落分析(cluster analysis)利用駕駛人於跟車時與前車保持的距離為依據，將駕駛人分為高冒險性、中冒險性及低冒險性三個族群，分別建立三種駕駛人加減速度決策邏輯作為模式的核心。其研究結果顯示分別於不同冒險者、不同前車起始速度下、及不同起始距離下的跟車間距變化。所得到結果為高冒險者的跟車間距變化最小，中冒險者次之，低冒險者跟車間距變化較大。同時達到穩定車間距的時間與冒險度成反比。

### 5.綜合回顧(Fuzzy Neural Network)

May (1990)、Rothery (1992) 和 Brackstone 和 McDonald (1999) 皆曾對跟車模型的發展作過完整回顧與探討。其中，Rothery (1992) 在其研究報告中，針對跟車模式發展、穩定性分析、穩定狀態車流、實驗觀察與驗證和自動化跟車這五方面來論述跟車理論；而 Brackstone 和 McDonald (1999) 將跟車數學模型的發展分為五類進行探討，分別為：1、Gazis-Herman-Rothery model；2、Safety distance or collision avoidance models；3、Linear models；4、Psychophysical or action

point models ; 5、Fuzzy logic-based models。

## 2.2 變換車道

凡車輛由某一行駛的車道移動變換到鄰近車道上的行為稱為變換車道，根據王文麟(1998)之定義，變換車道條件大致可分為以下三類：

1. 自由性變換車道：當本車與附近車輛皆距離甚遠，本車可任意地變換車道。
2. 選擇性變換車道：當前車車速低於本身期望速度，而欲採取變換車道行為時，得考慮鄰車道之車流狀況，採漸行漸進的方式逐步完成變換車道行為。
3. 強迫性變換車道：大多指鄰近上、下匝道之變換車道行為，其變換車道時間往往較正常所需時間來得短。

### 2.2.1 變換車道之決策模式

張家祝等(1989)認為車輛符合下列五個條件便會採取變換車道：

- 
- (1) 前後兩車車距小於最小跟車距離
  - (2) 本車車速大於前車車速
  - (3) 本車車速低於期望車速 85%
  - (4) 鄰近車道之前車車速大於本車車速 3m/sec 或  
鄰近車道之前車與本車距離大於最小跟車距離
  - (5) 本車變換車道後，鄰近車道之後車不致撞上

其中，最小跟車距離張家祝等是採用 B.b Greenshields 之經驗公式，其所得之最小跟車距離比較符合張家祝等所調查之國內之最小跟車距離。

$$D_m = 0.20955V + 6.4 \quad (2-12)$$

$D_m$ ：最小跟車距離(公尺)

$V$ ：後車車速(公里/小時)

黃國平(1982)係研究市區快車道之變換車道行為，考慮車輛符合下列四項條件將採取變換車道：

1. 所在車道之前車速度較低且兩車相距 30m 內。

2. 目前車速小於期望速度 5m/sec 以上。
3. 鄰車道車速大於前車 3m/sec 以上。
4. 所在位置至停止線範圍，鄰車道車輛數較少。

黃泰林(1994)於模式中採用不具冒險性行為的自由性變換車道需滿足以下條件：

- (1) 本車速率大於前車速率 3.5m/sec 以上
- (2) 本車與前車距離小於 45 公尺以內
- (3) 前車屬性因子不高於本車且期望速率低於本車
- (4) 前車車速小於鄰車道上前方 20m 內之平均動態車速或該範圍內之平均動態車速為 0 且無車
- (5) 本車車速大於鄰車道上後方 15m 內之平均動態車速
- (6) 該秒滿足佔位表格後，下一秒即能斜向推進，若不滿足則不佔位，且下一秒重新判斷。

林鄉鎮(1996)則參考黃泰林的方法，加以修正，其不具冒險性行為之自由性變換車道所需滿足之條件如下：

- (1) 本車速率大於前車速率 3.5m/sec 以上
- (2) 本車與前車距離小於 60 公尺以內
- (3) 前車期望速率低於本車

陳柏榮(1994)於模式中採用之變換車道條件為：

- (1) 與鄰車道前、後車均須大於最小跟車距離。
- (2) 與同車道前車之距離小於最小跟車距離，便不能加速
- (3) 本車速率大於同車道之前車速率
- (4) 目前速率小於期望速率之 85%
- (5) 符合可變換車道之機率

胡順章(1994)利用二元羅吉特模式所建立之變換車道模式，：

$$LC = -0.87584GAP_b + 0.99851V_{ina} + 0.35703GAP_{nbna} - 0.011546D_{ia} \quad (2-13)$$

其中，

$LC$  : 決定變換車道之機率

$GAP_b$  : 前車與本車之時間間距(秒)

$V_{ina}$  : 本車與鄰近車道後車之相對速率(公尺/秒)

$GAP_{nbna}$  : 鄰近車道前車與後車之時間間距(秒)

$D_{ia}$  : 後車車頭與本車車尾之距離(公尺)

由模式之預測率為 85.85%，賴淑芳(1993)證明二元羅吉特模式之預測結果較普羅比模式及傳統臨界間距模式佳，並由模式中可得到以下四點結果：

- (1) 當鄰近車道前車與鄰近車道後車之車間距越大時，變換車道機率越大。
- (2) 當本車與鄰近車道後車之相對速度越大時，變換車道機率越大。
- (3) 前車與本車之時間間距越小時，變換車道機率越大。
- (4) 本前與後車距離越小時，變換車道機率越大。

林宏達(2001)在其智慧型跟車防撞控制系統中，使用 DSSS 雷達偵測鄰車道資訊，當滿足下列以下四項條件時，即可變換車道：

- (1) 本車車速小於等於本車期望速度且大於等於同車道之前車車速。
- (2) 本車車速大於鄰近車道後車車速，且本車與鄰近車道後車之縱向相對距離大於縱向安全跟車距離。
- (3) 鄰近車道前車車速大於本車車速，且本車與鄰近車道前車之縱向相對距離大於縱向安全跟車距離。
- (4) 本車與前車相對距離大於安全變換車道距離。

林宏達之研究中，定義安全變換車道距離為：假設在一最壞的狀況下，當本車以加速度  $a$  快速併入鄰車道時，前車正以最大減速度  $a_{-max}$  緊急煞車時，而本車不會碰撞前車所應保持之距離。

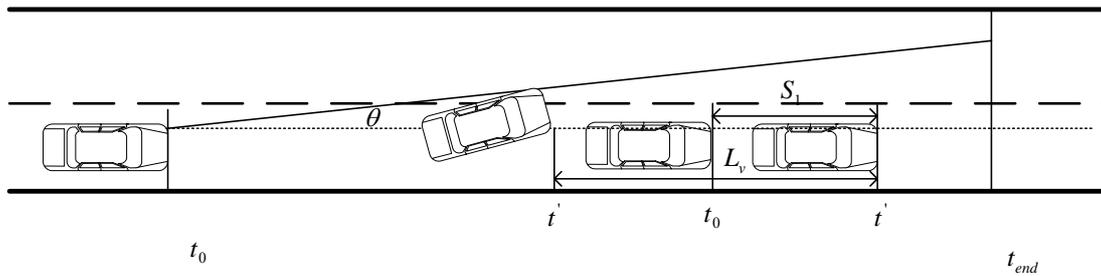


圖 2.4 最差情況下座車避免碰撞前車之示意圖[林宏達, 2001]

$$d_s = \overline{AB} - S_1 + L_v = \left( \frac{V - V'}{3.6} \right) t' + \frac{1}{2} (a_1 - a_{\max}) (t')^2 + L_v > 0 \quad (2-14)$$

其中，

$d_s$ ：安全變換車道距離

$t'$ ：從變換車道開始到座車與前車不會發生碰撞的最小時間

$\overline{AB}$ ：座車由  $t_0$  至  $t'$  所行進之距離

$S_1$ ：前車由  $t_0$  至  $t'$  所行進之距離

$V$ ：座車開始變換車道之速度

$V'$ ：表示當座車進入變換車道模式時，前車的初始速度

$L_v$ ：車長，定為 5m

A

R

變換車道  
開始( )

鐘炳煌(2002)係以倒傳遞網路構建高速公路加速車道併入之行為模式，且仍採用虛擬實境之技術蒐集資料，為了避免之前之 VR 技術無法取得鄰車道之後車相關資料，鐘炳煌在駕駛模擬系統中加入中置及左側後視鏡，以求得鄰車道後車之相關資料，使其模式更符合現況，其結果得到當駕駛者採取併入行為時，後車間距過短出現的機率比前車間距高，除了顯示駕駛者對於本車與後車之掌控能力較差，駕駛者亦有預期後車會有煞車之心理。而網路對於判斷併入之績效可達到 0.9730，而對於不併入之判斷亦提昇至 0.9200，顯示類神經網路能有效地整合進口匝道所有交通道路資訊，透過隱藏層之運作，產生高可靠度之資訊來輔助駕駛者。

陳奕志(1998)利用類神經網路來構建變換車道之決策模式，並且在資料蒐集上考慮以虛擬實境(VR)之技術，來避免以拍攝錄影帶的方式蒐集變換車道行為資料可能遭遇到的問題，並以本車車速、鄰車道前車車速、與鄰車道前車距離、本車道前車車速、與本車道前車距離、鄰車道後車車速、與鄰車道後車之距離做為輸入變數，其中本車與鄰車道後車距離及速率無法由虛擬實境求出，因此乃利用臨界間距觀念，以變換車道不被鄰車道後車追撞為原則而自行產生，且因 VR 所記錄的資料無法得到不變換車道資料，因此陳奕志君定義車輛只要違反下列任一條件，則便繼續保持跟車狀態，不採取變換車道來取得不變換車道資料：

- (1) 本車與前車距離小於 60m
- (2) 本車車速大於前車車速 3.5m/s
- (3) 本車與鄰近車道前車距離大於最小跟車跟離或與鄰近車道前車速率大於本車 3m/s
- (4) 變換車道後，鄰近車道後車不致撞上

經由測試得到以雙層隱藏層構建類神經模式，預測變換車道的準確率高達 95.19% ，比利用羅吉特模式 86.51%還要高，由此可知類神經網路比羅吉特更能代表駕駛者變換車道之行為。

魏建宏、林鄉鎮(1996)同樣以虛擬實境之技術蒐集資料，並且利用倒傳遞網路建構八種狀況下之變換車道模式，分別為：一般車流狀況下之變換車道行為、擁塞下之變換車道行為、受測者前後 100 公尺以內至少有一車輛、受測者方 100 公尺以內均無車輛、強迫性變換車道行為、選擇性變換車道行為、自由性變換車道行為、不分類之所有資料。其考慮之變數與陳奕志類神經變換車道模式相同，其結果得到所有模式中以受測者方 100 公尺以內均無車輛模式之均方差最低，但預測力卻為最強，亦即倒傳遞網路較適用預測後方近距離無車之變換車道行為。擁塞下之變換車道行為模式變異較少，因此預測能力較一般車流狀況下之變換車道行為的預測能力好。

曹壽民(1994)採用半間距觀念，構建強迫性變換車道行為模式，所謂半間距

定義為次車流車輛與主車流車輛通過交叉或併入區內特定參考點之時間間隔，該模式以數學方式表示都市快速道路下匝道車變換車道之判斷準則如下式：

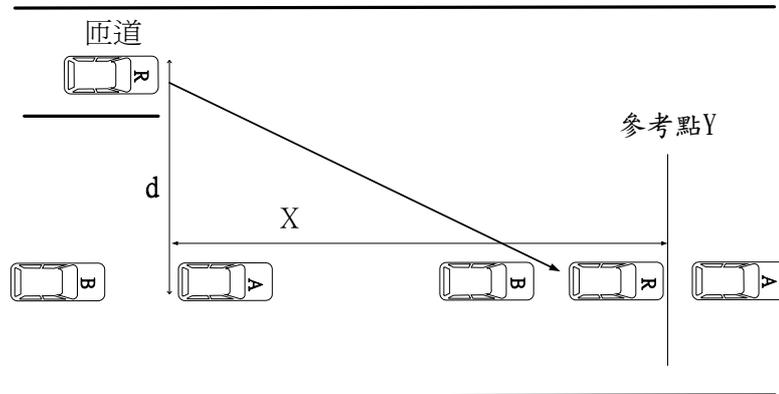


圖 2.5 下匝道車輛變換車道行為示意圖

$$t_r - t_a \geq h_a \quad (2-15)$$

$$t_b - t_r \geq h_b \quad (2-16)$$

式中，

$t_r$ ：下匝道車輛 R 通過參考點 Y 之時點(秒)

$t_a$ ：平面道路前車 A 通過參考點 Y 之時點(秒)

$t_b$ ：平面道路前車 B 通過參考點 Y 之時點(秒)

$h_a$ ：下匝道車輛與前車所需保持之最小安全車頭距(headway 秒)

$h_b$ ：下匝道車輛與後車所需保持之最小安全車頭距(headway 秒)

其模式預測下匝道車輛是否變換車道之正確率為 89%較臨界間距模式高。

### 2.2.2 變換車道之軌跡

黃國平(1982)對於車輛於市區道路之前推進，採用平面二維座標處理方法，因此必須賦予前進中之車輛一最大可前進範圍與最大可偏向角度。在最大可偏向角度乃是依照公路設計中計算車輛最小轉彎半徑計算式如下：

$$R = \frac{V_0^2}{g(f+e)} = \frac{V_0^2}{127(f+e)} \quad (2-17)$$

R：轉彎半徑(公尺)

g：重力加速度(9.81 公尺/秒平方)

V：速率(公尺/秒)

f：路面摩擦係數，當車輛行駛速率為 48KPH 時，值為 0.16

e：為超高

當求得車輛在不同速率下之最小轉彎半徑，再利用最小轉彎半徑求得車輛之偏向角。

傅耀南(1988)使用美國交通工程手冊的資料，以 LOTUS123 軟體求得車速與最大偏向角之關係式，使在模擬時帶入車速，即可直接獲得偏向角。但此關係式指出車輛之最大偏向角會隨著車速增加而遞減，故當車速過大時其求出之偏向角將會出現負值，李樑堅(1992)則為避免此現象發生，因而設定其偏向角最小值不可低於 $10^0$ 。

$$\theta_s = 0.361748 - 0.02925V \quad (2-18)$$

其中，

$\theta_s$ ：汽車最大偏向角(經度)

V：速率(公尺/秒)

胡順章(1994)利用調查高速公路實際變換車道之軌跡微觀資料來探討，首先分析變換車道軌跡之影響因素，發現車輛變換車道時之偏向角、加速度及減速度是變換車道軌跡的主要因素，其中由資料統計可得知，車輛加速行為佔變換車道時間平均約 59%，之後再以減速率方式繼續側移，直到完成變換車道。

在偏向角方面，胡順章利用多元迴歸求得如下式：

$$\theta = 6.911 - 5.6453D_b / V_i + 0.0024(D_b)^2 \quad (R^2 = 0.765) \quad (2-19)$$

其中，

$\theta$ ：偏向角(弧度)

$D_b$ ：前車車尾與本車車頭之距離(公尺)(  $D_b < 50m$ )

$V_i$ ：本車車速(公尺/秒)

本車加速率方面，經由相關分析得出，對於影響本車的加速率最大因素為本車與鄰近車道後車之時間間距，因此利用多元迴歸構建加速率模式，如下式：

$$A_{i1} = 0.13927GAP_{ina} + \frac{0.90571}{\sqrt{GAP_{ina}}} \quad (R^2 = 0.796) \quad (2-20)$$

其中，

$A_{i1}$ ：本車開始變換車道之加速率(公尺/秒平方)

$GAP_{ina}$ ：本車與鄰近車道後車之時間間距(秒)

本車減速率方面，經相關分析得到本車減速率與鄰近車道前車車尾與本車車頭之距離有較明顯的相關係數，並經多元迴歸分析得到減速率模式如下式：

$$A_{i2} = 0.139 \text{LOG}(D_{nb}) - \frac{7.061}{\sqrt{D_{nb}}} \quad (R^2 = 0.7582) \quad (2-21)$$

其中，

$A_{i2}$ ：本車變換車道後段過程之減速率(公尺/秒平方)

$D_{nb}$ ：鄰近車道前車車尾與本車車頭之距離(公尺)

經由以上之偏向角、加速率及減速率便可以得出變換車道之車輛於下一單位時間之位置。

林宏達(2001)認為胡順章在減速率模式之構建存在一不合理的現象，如鄰近車道前車車尾與本車車頭之距離為 80 公尺時，鄰近車道前車與本車之縱向安全距離為 40 公尺，則依照胡順章之減速率模式所得到之加速率依然為減速，違反正常合理狀況。因此，林宏達便以胡順章模式相同，變換車道期間前 60%過程中採等加速度，唯一不同的是，胡順章模式在後段過程中係採用減速，而林宏達模

式則是假設為本車在變換車道後段過程為等速，其速度與鄰向車道前車相同，模式如下：

1. 偏向角模式：

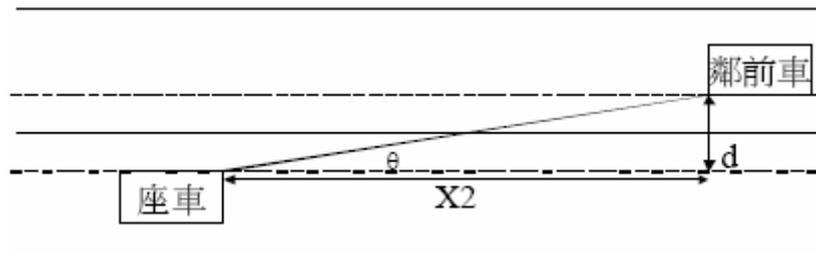


圖 2.6 The angle of deviation

由上圖 此研究先求出  $d = \text{車道寬} - \text{車寬}(\text{m})$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{d}{X_2}\right) \quad (2-22)$$

高速公路車道寬=3.75m，車寬=1.55m。

接著算出變換車道路徑長  $L$ ，其說明如下圖所示。

$$L = \frac{3.75}{\sin \theta} \quad (2-23)$$

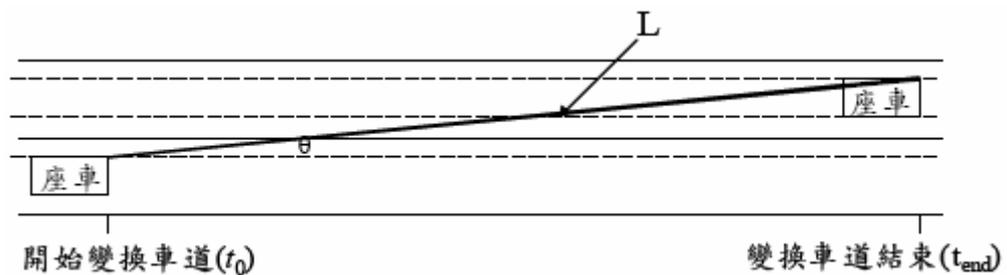


圖 2.7 The angle of deviation

2. 加速度模式：

$$\frac{V}{3.6}t_m + \frac{1}{2}a_1t_m^2 = 0.6L \quad (2-24)$$

$$\frac{V_0}{3.6} + a_1t_m = 0 \quad (2-25)$$

經由(式 22)與(式 23)解二元二次方程式可得：

$$a_1 = -\frac{VV_0}{7.776L} + \frac{V_0^2}{(15.552)^2 L} \quad (2-26)$$

其中，

$a_1$ ：本車開始變換車道之加速度(km/h/s)，且為了舒適性考量， $a_1$ 最大只能等於 6(km/h/s)。

$V_0$ ：為變換車道時，本車與鄰道前車相對速度初始值(km/h)

$V$ ：為變換車道時,本車速度初始值(km/h)

$t_m$ ：本車恰巧完成變換車道達 60%

### 2.3 文獻評析

1. 在跟車行為方面，以刺激—反應為基礎之研究，大部分採用 GM 跟車模式為基礎。然而 GM 跟車模式無法說明前後兩車之影響範圍，且不同冒險性之駕駛人 GM 跟車門檻範圍亦不同。因此，本研究將利用實車測試法了解駕駛人冒險性並以此作為分群，構建 GM 跟車模式門檻。
2. 變換車道行為方面，車輛變換車道行為主要受到車輛變換車道偏向角及加速度二項因素決定。於偏向角方面，過去車輛變換車道偏向角主要研究為車輛於行進時，每單位時間內所能偏向之最大偏向角，但實際之車流行為中駕駛者變換車道，其偏向角度並不一定以車輛最大偏向角進行，同時研究範圍以高快速道路及市區道路車輛為主，故本研究將就以往文獻較少探討之郊區公路變換車道之偏向角進行研究。
3. 於變換車道加速度方面，過去之研究亦較少針對郊區快車道路段中，變換車道加速度進行探討。以及過去文獻較不合理之部分，如胡順章加速度模式說明，車輛在變換車道之後段過程中，一定會有減速行為。因此本研究將就此加以深入探討。

## 第三章 理論基礎與研究方法

### 3.1 理論基礎

#### 3.1.1 微觀車流理論

車流理論中，由於分析角度與技巧、運輸系統大小或密度特性，可分為巨觀 (Macroscopic)、中觀 (Mesoscopic) 及微觀 (Microscopic)。巨觀車流理論乃是探討整體車流特性，探討其流量、密度、速率之相互影響關係。中觀車流理論則主要係以車隊之形式為其研究之方向，使用調查資料之平均數值作為描述車流行為之特性。相較於巨觀及中觀車流理論，微觀車流理論主要是探討車輛間於道路上行駛時自身與車輛間相互影響之特性，由分析個別車輛或個別車輛與其它車輛交互作用之運行特性對整體車流所造成之影響，而在微觀車流中，跟車理論及變換車道為研究微觀車流上之重要理論。

跟車理論是以模擬流體力學之理論，考慮流體在管道中之流動，其質點一個接一個，且一個影響著一個，也就是說每一個運動質點緊跟著前一個質點而以其與前一質點之特性而決定其運動方式，故其基本假設為下列數點：

1. 單一車道：以達管流之要求
2. 不准超車：需一部車尾隨一部車
3. 高密度：其間距能發揮影響效果，及車與車間能有受激反應之相互作用
4. 密度在小時段變化不大，以其均值代表此時段之密度
5. 速度在連續小車隊間變化不大，以其均值代表此小車隊之速度

基於如上假設，考慮第  $n+1$  部車尾隨第  $n$  部車行駛，如圖 3.1：

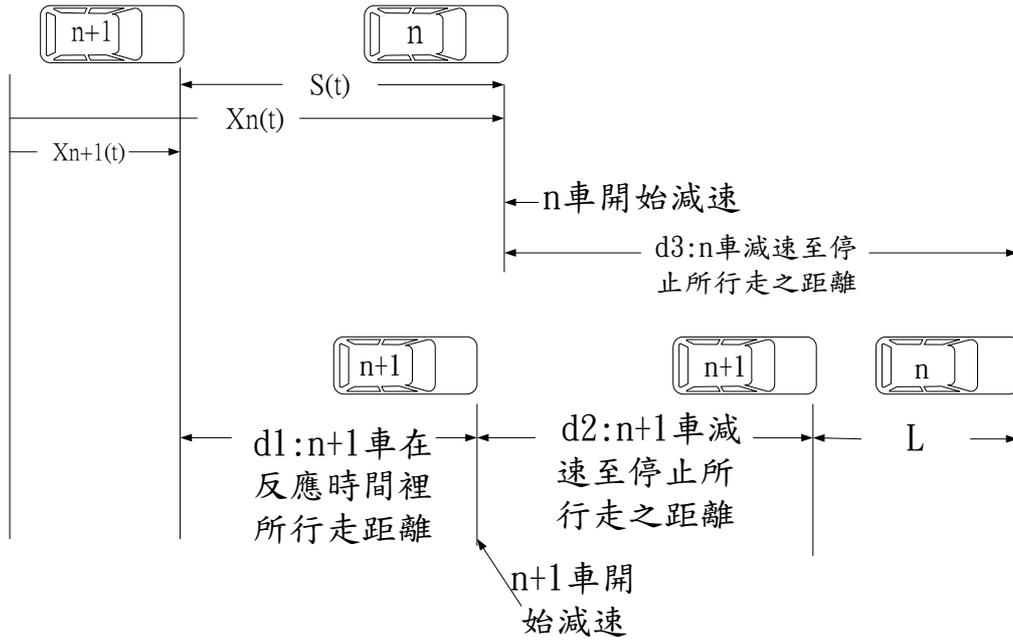


圖 3.1 跟車模式示意圖

第 n+1 部車之反應係受第 n 部車之刺激及本身之敏感度之綜合影響，即

$$d_1 = T \times V_{n+1}(t+T) \quad (3-1)$$

$$d_2 = V_{n+1}^2(t+T) / 2a_{n+1}(t+T) \quad (3-2)$$

$$d_3 = V_n^2(t) / 2a_n(t) \quad (3-3)$$

$$S(t) = d_1 + d_2 + L - d_3 = X_n(t) - X_{n+1}(t) \quad (3-4)$$

If  $d_2 \cong d_3$  (煞車性能一樣)

$$X_n(t) - X_{n+1}(t) = d_1 + L = T \times V_{n+1}(t+T) + L \quad (3-5)$$

對 t 微分

$$a_{n+1}(t+T) = \frac{1}{T} [V_n(t) - V_{n+1}(t)] \quad (3-6)$$

反應(t+T) = 敏感度 × 刺激(t)

其中，

$V_n$ ：第 n 部車之速度

$V_{n+1}$ ：第 n+1 部車之速度

$a_n$ ：第 n+1 部車之加速度

$a_{n+1}$ ：第 n 部車之加速度

在變換車道方面，凡車輛由某一行駛之車道變換到鄰近車道之行為稱為變換車道，分為自由性變換車道、選擇性變換車道以及強迫性變換車道(王文麟, 1998)，本研究以選擇性變換車道為其研究對象。徐立新(2005)於變換車道加速度模式中，引入本車會受到目標車道後車影響之因子。本車切換到目標車道後，而在變換車道後會有受目標車道後車影響，而產生如 GM 跟車模式之反應(稱為反跟車行為)，故本研究亦採用此模式作為對郊區公路變換車道之基礎。



圖 3.2 正常跟車行為



圖 3.3 反跟車行為

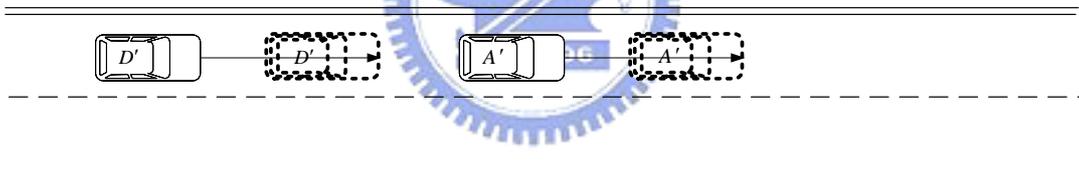


圖 3.4 反跟車行為示意圖

### 3.1.2 運動學原理

運動學為物體運動力學分析之基本原理之一，其內容為探討物體運動之位置、位移、速度、加速度，及運動規律，換言之，運動學係屬研究如何描述物體運動，及其與各運動學量關係之學科。此外，由於運動學著重於突出物體運動軌跡之表現，因此基本上運動學並未涉及使物體產生加速度或發生變形之力之探討。

直線運動方程式係運動學於道路上直線前進車輛運行狀態之描述，係指透過時間、速度、位置、加速度間之關係式表現車輛行進過程因應遭遇道路交通環境改變之加、減或等速度行駛情形。當道路上車輛以直線等加速度行駛時，將遵守

以下直線運動基本方程式：

$$V = V_0 + at \quad (3-7)$$

$$S = V_0t + \frac{1}{2}at^2 \quad (3-8)$$

$$V^2 = V_0^2 + 2aS \quad (3-9)$$

其中，

$V$  = 物體之最終速度（公尺/秒）

$V_0$  = 物體之起始速度（公尺/秒）

$a$  = 物體之加速度值（公尺/秒平方）

$S$  = 物體之行經距離（公尺）

$S_0$  = 物體之起始位置（公尺）

$t$  = 物體運動過程所經過之時間（秒）。

## 3.2 研究方法

本研究主要應用之研究方法有文獻評析法、統計迴歸分析法、攝影調查法、實車測試法等。

### 3.2.1 文獻評析法

文獻評析法為一傳統探索性研究方法，蒐集相關之研究論著，分析其研究方法、結果與建議，以作為進一步研究之基礎，此種方式可協助初次從事某課題之研究者，以避免缺乏理論與根據而致偏頗缺失。因此本研究藉由蒐集、分析國內外等有關微觀車流模式等相關文獻，探究理論與內涵，以作為本研究之理論基礎。

### 3.2.2 統計迴歸分析

迴歸分析係屬統計學中一種有用的分析方法，它利用一組獨立變數的數值，對某一應變數做預測，也可以作為評估獨立變數對應變數的效用。迴歸分析亦分為簡單之線性迴歸分析和複迴歸分析，其不同之處在於簡單線性迴歸之獨立變數只有一個，僅以一個獨立變數去預測應變數的模式，而複迴歸則是討論多個獨立

變數對應變數的預測。

一般來說，其線性迴歸通式如下：

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \varepsilon \quad (3-10)$$

由一個因變數 Y 及 m 個自變數組成的線性多元迴歸模式可用下列表示：

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_m X_m + \varepsilon \quad (3-11)$$

若有 n 個樣本資料，則可表示為：

$$\begin{aligned} Y_1 &= \beta_0 + \beta_1 X_{11} + \beta_2 X_{21} + \dots + \beta_m X_{m1} + \varepsilon_1 \\ Y_2 &= \beta_0 + \beta_1 X_{12} + \beta_2 X_{22} + \dots + \beta_m X_{m2} + \varepsilon_2 \\ &\vdots \\ Y_n &= \beta_0 + \beta_1 X_{1n} + \beta_2 X_{2n} + \dots + \beta_m X_{mn} + \varepsilon_n \end{aligned}$$

此一多元迴歸式  $Y = X \cdot \beta + \varepsilon$  可用最小平方法來求迴歸係數  $\beta$  的數值。最小平方方法的目的是找出未知係數的數值，使誤差平方和(error sum of squares, ESS)最小。

$$\text{Min ESS} = \varepsilon^T \cdot \varepsilon = (Y - X\beta)^T \cdot (Y - X\beta) \quad (3-12)$$

將上述(3-12)式對  $\beta$  偏微分，即可得到迴歸係數  $\beta$  之估計值  $\hat{\beta} = (X^T X)^{-1} X^T Y$ ，其

中， $X^T$  為 X 之轉置矩陣。而在應用上，需有先有下列幾項假設：

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

除了檢定上述假設外，在應用迴歸分析時，亦注意函數設定(Specification)、假設檢定(hypothesis)及預測(prediction)的事項。因而，迴歸分析是一項十分基礎的分析工具，其參數的求解與檢定均已有完整理論，足供依循。而其應用方面有運輸分析及都市分析等，均十分廣泛。

### 3.2.3 攝影調查法

攝影調查法於廣義來說，係指通過攝影機，如電視攝影機、照相機等，針對某一對象、事物進行靜態或動態的拍攝，以瞭解該對象所表達之意象。於交通運輸領域中，攝影調查往往應用於陸地運輸上，並針對某一特定道路或行人進行相關當地之調查，欲利用攝影調查予以獲得相關資料，如車流或人流特性、駕駛者之駕駛行為特性等，並利用調查資料分析探討可能發生之交通問題，以提出相關之解決方案。一般來說，實地攝影調查主要的優點在於能調查實地資料，利用實際調查而得的資料進行分析探討交通問題，並依據該交通問題予以提出適當之解決方法，較一般學術研究而言解決實務之能力，亦具有其說服力。然而，對於交通運輸領域而言，攝影調查之缺點則在於母體過大，對於每一個研究主題僅能調查某一或某幾個特定樣本，具每一樣本又具地域性，隨著調查區域之相異，其攝影調查結果可能因此而改變，故攝影調查資料可能因此而改變，故攝影調查資料僅能對特定對象或區域具說服力，並無通用性，此為攝影調查法之缺點。

### 3.2.3 實車測試法

藉由實車測試法，係利用事前規劃之實驗設計項目，請駕駛者於實際道路進行測試，並以儀器之測量所需資料，可彌補攝影調查法無法得知駕駛者對於駕駛行為的影響，故採此法可得知駕駛者特性與駕駛者行為間之影響關係，以補攝影調查法之不足。然而由於實車測試法亦有缺點存在，其為各駕駛人之駕駛習性之不同，以及實際道路幾何、線型以及壅塞狀況等無法掌控，而不同車輛性能亦有所差別，儀器測量時誤差較大等，此為實車測試法之缺點。

## 第四章 資料蒐集與分析

### 4.1 資料蒐集

欲研究郊區路段，須了解郊區公路路段之特性。郊區路段根據 2001 年台灣地區公路流量手冊(2001)中之定義為高速公路外，每方向最少兩車道之市郊道路及城際道路。市郊道路係指都市邊緣地區之路段，其道路平面交叉距離為 400~2,000 公尺，車輛行駛易受到號誌化路口、行人、公車停靠、機慢車輛等各項市區道路干擾因素之影響，但影響之程度較不嚴重，市郊道路車輛旅行平均速率約為 20~45 公里/小時。在城際公路方面，此型公路通過地區之兩側大多為鄉村地區或是未開發之地區，公路平面交叉甚少，一般交叉路口相距 2 公里以上，車輛於公路行駛所受到干擾亦甚為輕微，平均旅行速率為 40~70 公里/小時。本研究基於車流量必需要有提供攝影調查足夠數據之考量，經過反覆探勘所需調查地點，第二類型城際公路型態由於車流量較小，以及因為位於鄉村地區，較難取得制高點進行攝影調查分析，故以第一類市郊道路之類型為研究對象，可兼顧車流量以及攝影調查高度，獲得所需數據以供分析，而本研究調查地點有以下特性：

1. 車道寬 3.6 公尺
2. 橫向淨距在 2 公尺以上，此淨距為從車道外側到分隔島或路邊障礙物之距離。
3. 道路在平原區
4. 道路為市郊道路，中央劃有分向限制線或實體分隔（禁止超車）。

故本研究將據此郊區公路之定義，於郊區公路之路段中進行跟車及變換車道資料蒐集。其中跟車資料蒐集採用實車測試方式，而變換車道資料蒐集採用攝影觀察，並於事後處理時擷取無機車干擾之錄影片段方式進行。其蒐集方式如 4.1.1 及 4.1.2 節所述。

#### 4.1.1 跟車資料蒐集

在跟車方面，跟車（Car Following）模式中，其理念為當本車駕駛者受到與前車之相對速度之影響，而產生加減速度之行為，此代表為跟車行為，即所謂刺

激—反應行為模式。然而，由於實際上本研究無法直接僅由錄影資料得知駕駛者在自由不受前車干擾駕駛，而後進入受到前方車流狀況“刺激”之範圍，並且由於不同駕駛者冒險度不盡相同，受到前車影響之距離亦有分別，由駕駛人冒險性無法直接利用錄影觀察得知，故一般採用之方法為利用車輛模擬器或實車實驗測試方法進行蒐集資料。

本研究以採實車測試法的方式，來蒐集駕駛者 GM 的冒險度及其跟車門檻，而資料分析之步驟如下：

### 1. 受測者：

受測者抽樣年齡分布及性別上應均採取隨機分布，但考量實際作業上之困難，故本研究之受測者為交通大學學生及親友中挑出。同時本研究為符合大樣本原則，故挑選三十位受測者，領照四年以上駕駛經驗者進行測試。

### 2. 研究人員：

本研究不包括受測者需要三位研究人員協助，其研究員工作分配如下：

- 二位坐於受測車中，其中一位利用雷射測距測速器測量前後兩車之相對距離。另一位則是負責記錄及聯繫前導車駕駛者。
- 二位坐於前導車中，其中一位負責駕駛車輛，另一位則負責與受測車聯繫。

### 3. 實驗設備：

為進行本實驗，本研究使用下列測試設備以進行測試—

#### (1) 實驗車二部：

- TOYOTA 1600c.c. (前導車)
- TOYOTA 2000c.c. (受測車)

(2)雷射測距儀：採用 LASER III，可測量前後兩車之相對距離。

(3)PHS 手機：傳統上進行現場實驗時，通常使用無線電對講機進行連繫。然而

無線電對講機通話距離較受限制，部分使用上需有無線電使用執照，且無法同時進行發話接聽同步（無法雙工），此乃對講機使用上之缺點。利用手機則可避免上述之問題，然而通話費用較貴。採用 PHS 手機可利用網內互打不需要費用之優點，並可同時發話接聽，進行前導車與受測車之溝通，故為較良好之工具。

#### 4. 實驗地點：

由於郊區欲尋找平直之路段，避免其他車輛之干擾，以及號誌路口之影響較為不易，因此本研究經反覆踏勘，其實驗地段為新竹市海濱路，該路段車流量少並且交叉路口少，可以減少其干擾。

#### 5. 實車測試內容：

##### (1) 測試目的

本研究為探討郊區公路路段 GM 跟車模式影響距離範圍。根據 GM 跟車模式，當後車有跟車行為時，則會受到與前車之相對速度影響，而有加減速之反應。而 GM 跟車模式如下（以第四代為例）：

$$a_A(t_0 + \Delta t) = \frac{\alpha [V_A(t_0 + \Delta t)]}{[X_B(t_0) - X_A(t_0)]} [V_B(t_0) - V_A(t_0)] \quad (4-1)$$

其中，

$\alpha$ ：駕駛者敏感參數

$V_A$ ：本車速度

$V_B$ ：前車速度

$X_A$ ：本車位置

$X_B$ ：前車位置

$a_A$ ：本車之加速度

然而 GM 模式存在一缺點，若駕駛者之對於跟車距離之冒險度不同，同時個別駕駛的冒險度亦會影響其跟車之距離。本研究欲了解其駕駛者冒險度，故研擬

採用實車測試了解個別駕駛人冒險度。

(2) 測試限制：

- 受測者及前導車駕駛僅能以鬆油門方式減速。
- 受測者不能變換車道或超車。
- 參考 2001 年台灣地區公路容量手冊之郊區兩類型之平均車速分布範圍，本研究將前導車及受測車之起始受測速度定為 60km/h 及 50km/h 二種類型，並限制受測者在路況允許的情況下，依照上述二種速度行駛(一般駕駛者在情況允許下，會以速限做為期望速度)。
- 為了可以測試出受測者在何種距離下，會開始受到前導車速度影響，因此本研究將前導車與受測車之起始距離定為 100 公尺以上，以確定受測車一開始時，並沒有受到前導車之影響，並且依照期望速度行駛(60km/h 或 50km/h)

(3) 測試內容：

a. 相對跟車距離測試

- 在兩車保持 100 公尺以上，並且保持定速行駛(60km/h 或 50km/h)一段時間。
- 在保持定速一段時間後，前導車則開始減速，並減至與受測車之相對速度為 10km/h、20km/h 或 30km/h，其主要原因係本研究為了探討相對速度對於受測者開始受到前導車影響之距離是否有影響。
- 測量受測者在何種距離下開始減速，研究員得知受測者開始減速係以受測者開始減速時，會口頭告知測距研究員。
- 記錄受測者在何種距離下開始減速。

b. 冒險度測試 (如圖 4.1)

- 地點選擇於一空曠無人之地點進行此項實驗，以避免危險，同時擺設兩標記物作為駕駛人指標。
- 受測者由靜止加速至時速 40 公里/小時，事前於行駛路線旁擺設標記物，當駕駛人由車內後視鏡經過第一標記物 (圖 4.1 A 點) 時，需已將行駛速率達

到所設定限制，同時維持此固定速度，等速行駛。

- 當駕駛人見到第二標記物（圖 4.1 B 點）時，採用自然的煞停方式，以避免撞擊障礙物之原則，當車輛停止後，測量與障礙物之距離。

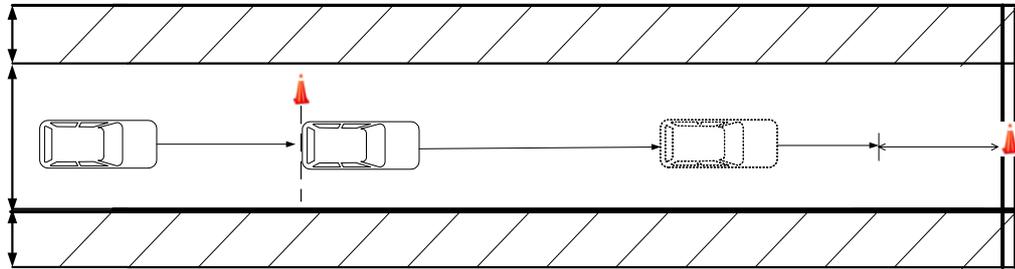


圖 4.1 測試駕駛者冒險度實驗示意圖

#### (4) 測試型態：

考量郊區路段速限通常為 60km/hr 及 70km/hr，然而，考量為郊區路段潛在干擾較多，以及考量測試路段長度問題，故訂定本實驗起始速度定為 60km/hr 及 50km/hr。本研究研究測試型態如下：

- 兩車相距 100 公尺以上，並以時速 60km/h 行駛一段時間後，前導車開始減速至 50km/hr。
- 兩車相距 100 公尺以上，並以時速 60km/h 行駛一段時間後，前導車開始減速至 40km/hr。
- 兩車相距 100 公尺以上，並以時速 50km/h 行駛一段時間後，前導車開始減速至 40km/hr。
- 兩車相距 100 公尺以上，並以時速 50km/h 行駛一段時間後，前導車開始減速至 30km/hr。

#### 4.1.2 變換車道資料蒐集

本研究由於欲了解車流中路段中變換車道行為，採用錄影進行資料蒐集及分析。於本研究中，選定於新竹地區中興路四段往新竹市區方向拍攝，拍攝時間則選定 7:00~9:00 以及 16:00~18:00 做為調查時段。其拍攝地點如圖 4.2 所示，可拍攝長度約為 100 公尺。

安全  
淨空  
實驗  
車道

加速

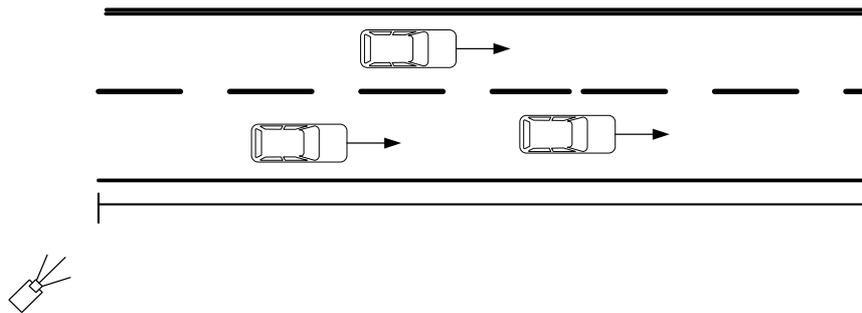


圖 4.2 攝影機架設拍攝示意圖

考量錄影結束後必須經過影像處理進行跟車及變換車道數據蒐集，故拍攝的地點選擇必需考量以下因素[張文彥, 1999]：

- (1) 拍攝地點的高度：考量到遮蓋問題，需在較高地點拍攝，解決遮蓋問題，本研究選定地點為鄰近拍攝路段之 13 層大樓屋頂，故可解決此問題。
- (2) 拍攝角度：拍攝角度愈大可以拍攝路段愈大，不過對於覆蓋問題亦愈大。本研究選取角度，可拍攝研究郊區之路段約 100 公尺，而覆蓋問題需藉助其後續影像處理轉換克服其覆蓋問題。
- (3) 拍攝時段：選擇光線充足時段進行拍攝工作，且無急速的光線變化情形。本研究選定時段為早上尖峰時段，光線充足，且車流穩定，宜於觀察其車流行為。
- (4) 攝影機的穩定度：拍攝車流的時候。攝影機的鏡頭須保持穩定的狀態，無震動偏移的情形產生，如此拍攝完成、數位化出來的影像圖檔方能作為比較之用。本研究拍攝採用三腳架固定，並吊掛重物於重心處，可克服高樓風速較強之問題。

由於拍攝地點為大樓，攝影機擺設位置亦需考量其腳架高度是否可跨越護欄高度，避免護欄阻礙錄影所欲觀察路段。本研所在之大樓其高樓約為 150 公分，故選用支腳架高約 180 公分，方可跨越其護欄高度而不被遮擋。攝影長度約可拍攝 150 公尺之路段，其拍攝器材採用 Panasonic 數位攝影機，錄影媒體則為 DV 帶，採用 LP 記錄方式錄影，故每捲 DV 帶可連續觀察錄影地段約 90 分鐘。拍攝結束後進行室內之事後處理，轉換平台為 Intel Pentium M 1.6GHz 及 Pentium 4 3.0GHz 兩種，平台作業系統則為微軟 Windows XP。轉換軟體為系統內建 Movie Maker，將攝影畫面轉換成為畫面大小為 720×480 像素之 WMV 影像檔，每秒流

量為 2 Mega Bytes，可在兼顧影像畫質與儲存空間中作出較佳的權衡。而轉換之影像檔中，每秒張數為 30 張。

## 4.2 車流特性分析

本研究將於此節中，本研究將針對所蒐集之跟車及變換車道研析。在跟車方面，本研究將對駕駛人進行實車測試之跟車特性予以探討。而在變換車道方面，利用錄影拍攝方式，本研究將針對未變換車道前之本車車速、與鄰近車之相對距離，以了解前方不同車種以及目標車道不同狀況時之特性。而針對變換車道方面，本車之偏向角及加速度特性予以研析，其分析方式，分述於 4.2.1 及 4.2.2。

### 4.2.1 跟車資料特性分析

本研究為了解駕駛人之冒險度因子，故利用測試煞車距離測試，邀集 30 位駕駛人所蒐集之資料，其年齡分佈為 24 歲至 30 歲。本研究針對此實驗，其理念為：當駕駛人由靜止加速至等速 40 km/h 後，看到前方障礙物進行煞停動作，當最後車輛煞停時，其車頭距離障礙物之距離越遠，則其冒險度為相對較低，反之則較大。

由表 4.1 及圖 4.3 可發現，進行此一煞停距離障礙物之測試，第一次煞停距離障礙物均較長，而第二次及第三次之煞停距離障礙物距離則呈現較穩定之值，為方便比較，圖 4.4 為第二次與第三次煞車距離，可看出煞車距離差距與第一次相較，差距極小，顯示已達穩定值，故本研究將取第二次及第三次煞停距障礙物距離取加總平均值進行後續之冒險度分群建構。

表 4.1 煞車距離測試表

樣本編號	第一次煞停 距障礙物距離 (單位：公尺)	第二次煞停 距障礙物距離 (單位：公尺)	第三次煞停 距障礙物距離 (單位：公尺)
1	4.2	3.4	3.4
2	3.3	2.8	2.29
3	3.1	2.9	2.8
4	6	6	5.8
5	18.3	16.2	15.9

6	5.9	5.9	5.7
7	4.4	3.9	3.8
8	8	2.5	2.1
9	3.4	3.2	3
10	3.3	2.1	2.1
11	3.3	2.5	2.3
12	3.2	1.3	1.7
13	2.5	1.8	2.1
14	5.6	2.9	2.5
15	2.6	1.6	1.5
16	15.3	13.3	13.2
17	11	1.6	1.1
18	8.1	3.1	3
19	9.5	8.7	8.3
20	24	11	10
21	1.8	1.4	1.1
22	6.4	4.7	3.3
23	4.9	3.4	3.4
24	18	12	11.8
25	10	9.3	8.7
26	16	7	5
27	13	4.1	3
28	8.3	5.6	4.8
29	9.8	8.1	7.8
30	19	11	9.1

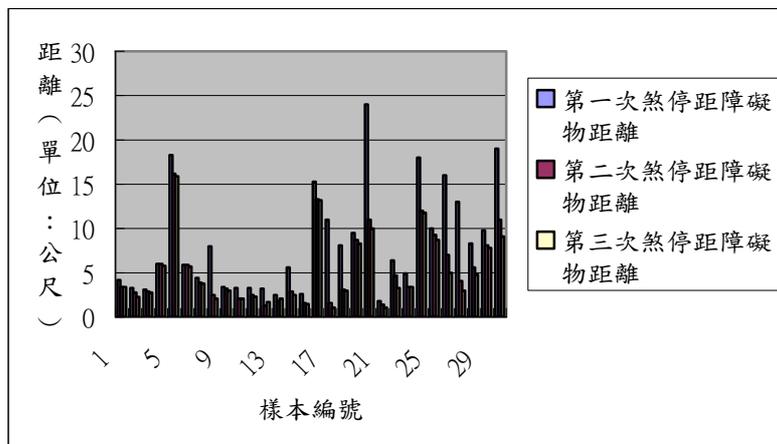


圖 4.3 第一次至第三次煞停距離測試圖

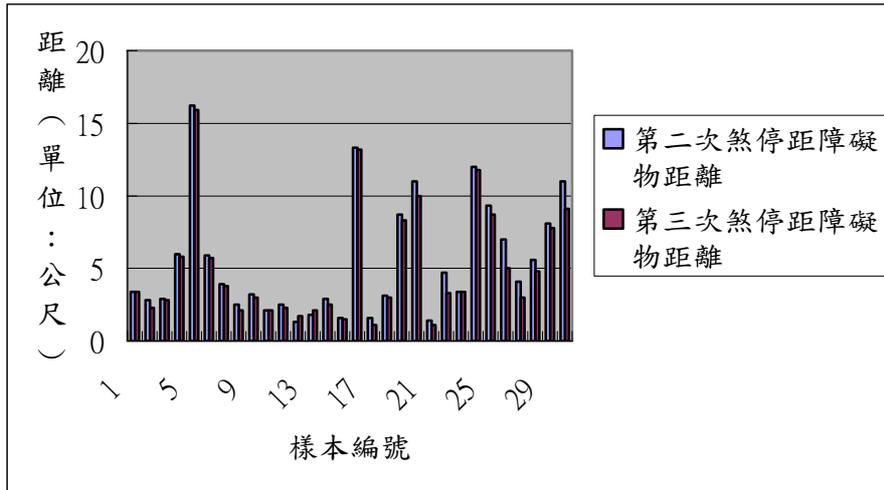


圖 4.4 第二次與第三次煞停距離測試圖

表 4.2 跟車門檻資料表

樣本編號	起始速度 60 公里/小時		起始速度 50 公里/小時	
	相對速差 10 公里/小時跟車門檻值(單位:公尺)	相對速差 20 公里/小時跟車門檻值(單位:公尺)	相對速差 10 公里/小時跟車門檻值(單位:公尺)	相對速差 20 公里/小時跟車門檻值(單位:公尺)
1	25	23	21	23
2	21	27.96	23	29
3	30	36	32	33
4	37	36	33	35
5	50.2	55.3	47	53.4
6	22.1	25.8	24	28.9
7	22.2	29	34	40.5
8	29	32	27	35
9	27	36	32	45
10	27.5	31	28	29
11	29	31	33	37
12	39	40	35	45
13	34	36	42	48
14	33	38	32	35
15	32.2	38.5	25.4	34.7
16	40.1	45.2	42.3	47.3
17	26	30.3	19.7	30
18	25.8	26	25.9	31.3
19	40.3	45.1	31.2	36.8

20	33.2	38.2	35.9	40.6
21	25	38	20	21
22	29	38	34	43
23	30	35	30	33
24	39.7	44.8	38.8	42
25	47	53	45	51.2
26	25	21	30	33
27	25.1	26.7	26	27.8
28	24	28	24.9	29
29	37	42	39	44.8
30	42	47	38	43

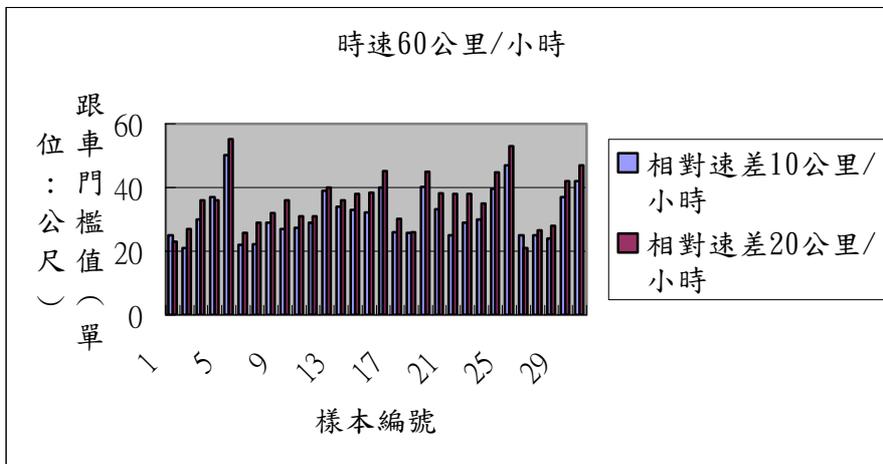


圖 4.5 後車起始速度 60 公里跟車門閥資料圖

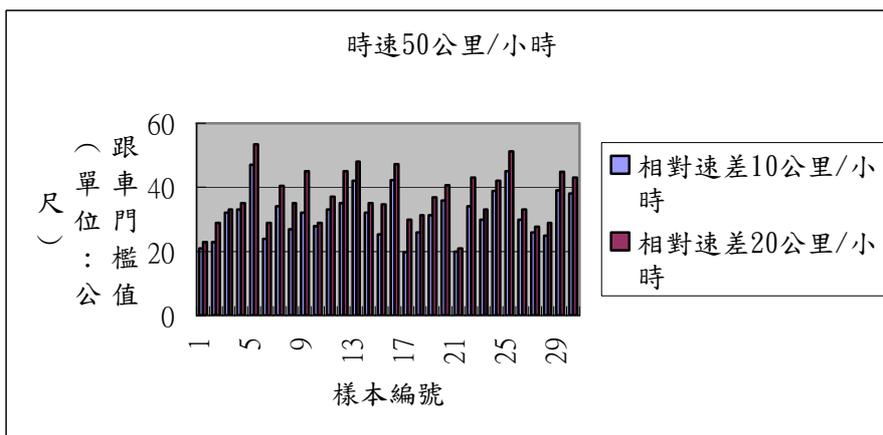


圖 4.6 後車起始速度 50 公里跟車門閥資料圖

#### 4.2.2 變換車道行為特性分析

變換車道大致可分為兩類，一類為強迫性變換車道，另一類則為任意性變換車道。若如匝道並入主線車道，則此型屬於強迫性變換車道；若駕駛者想改變目前駕駛情況而採取變換車道，則屬於任意性變換車道。本研究所研究之變換車道屬於任意性變換車道，變換車道動機為改變目前行車之速度。一般來說，駕駛在種速度及交通狀況下，會有習慣性變換車道行為，包括變換車道之偏向角，加速度等等。而根據駕駛者本身之駕駛經驗，考量欲變換車道之車流狀況，決定是否變換車道。故本研究依照駕駛者決定變換車道之偏向角及加速度為基礎，進行變換車道駕駛特性分析。

對於本車前方不同車種進行考量方面，過去研究發現當本車前方為大型車，則變換車道前之跟車行為，會顯著受到影響(Peeta et al., 2000)，且跟車距離經過模擬結果顯示明顯較前方車種為小型車長(Yoo and Green, 1999)。本研究為了解此行為，故分析各種不同型態之變換車道前，針對本車與前車相對距離、本車與目標車道前車縱向相對距離、以及本車與目標車道後車縱向相對距離。

然而變換車道前，要如何判斷本車正在進行跟車行為，此亦為可探討研究之議題。國內研究中胡順章(1994)中，認為變換車道前兩秒可視為不變換車道，而Peeta et al.(2005)以時間間距兩秒作為判斷是否變換車道之門檻值，故本研究亦採用變換車道前兩秒進行跟車相對距離進行分析。

在分析影響變換車道因素方面，由於影響變換車道因素眾多，多個變數的關聯情形具有共變性(Covariance)，故本研究為分析其各變數相關(Correlation)情形，採用皮爾森相關係數(Pearson's relation)(以下簡稱為皮氏相關係數)進行分析，其相關度計算方法如式 4-1：

$$r = \frac{\text{cov}(x, y)}{s_x s_y} = \frac{\Sigma(X - \bar{X})(Y - \bar{Y})}{\sqrt{(\Sigma(X - \bar{X})^2)(\Sigma(Y - \bar{Y})^2)}} = \frac{SP_{xy}}{\sqrt{SS_x SS_y}} \quad (4-1)$$

此一相關係數為一標準化分數，其值並不受到變數特性之影響，介於-1 與

+1 之間。相關係數值愈接近正負 1 時，表示變數的關聯情形越明顯。1.00 或-1.00 之相關係數稱為完全正（負）相關，而在社會與行為科學當中，完全相關甚少出現，其相關係數的大小與相對應的意義如表 4.4。本研究採取相關係數達 0.5(絕對值)以上，視為變換車道顯著變數進行分析。然而，皮氏相關係數雖然可反應變數之關聯情形，但相關係數是否有統計上的意義，必須透過統計檢定進行判斷，較常見的方式乃採用 t 檢定來進行，如式 4-2，因此本研究亦會利用此項檢定選取變數。

$$t = r \sqrt{\frac{N-2}{1-r^2}} \quad df = N-2 \quad (4-2)$$

表 4.3 相關係數強度大小與意義[邱皓政, 2000]

相關係數範圍(絕對值)	變數關連程度
1.00	完全相關
0.70~0.99	高度相關
0.40~0.69	中度相關
0.1~0.39	低度相關
0.1 以下	微弱或無關

本研究錄影觀察作業後，利用室內作業、事後蒐集分析方式，分析樣本除前方為小型車目標車道僅有前車為 60 筆資料，其於五種型態為各 30 筆資料。其分析架構如圖 4.7 所示，分析其變換車道偏向角及加速度特性。

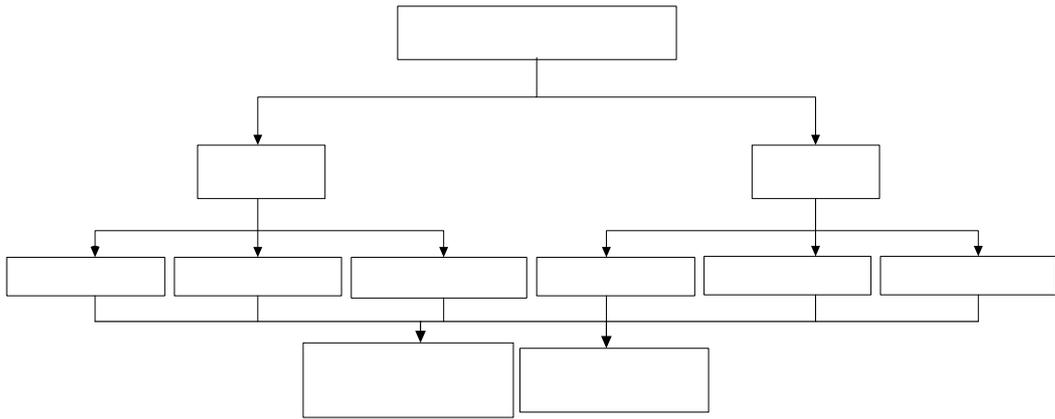


圖 4.7 變換車道特性分析架構圖

在說明特性分析之前，本研究先說明本章對於變換車道之變數相關符號定義，其中車輛相對距離係指車頭至車頭距離，如圖 4.8，而其偏向角如圖 4.9。其他變數符號如下：

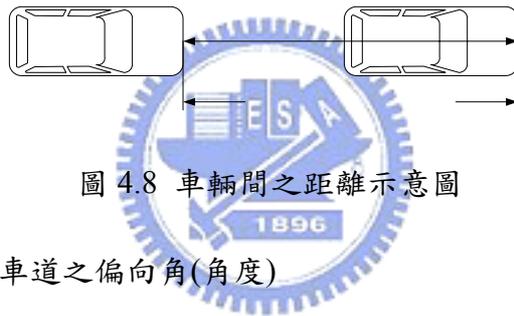


圖 4.8 車輛間之距離示意圖

$\theta$ ：本車變換車道之偏向角(角度)

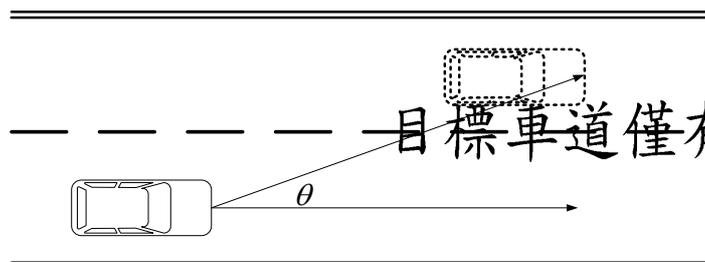


圖 4.9 車輛變換車道之偏向角示意圖

$V_A$ ：本車速度(公尺/秒)

$V_B$ ：前車速度(公尺/秒)

$V_C$ ：目標車道前車速度(公尺/秒)

$V_D$ ：目標車道後車速度(公尺/秒)

$X_A$ ：本車位置

$X_B$ ：前車位置

$X_C$ ：目標車道前車位置

$X_D$ ：目標車道後車位置

$a_A$ ：本車變換車道之”縱向”加速度(公尺/秒平方)

(受限於本研究統計軟體之鍵入符號限制，在此定義與第五章不同)

### (一) 前方車種為小型車

#### (1) 目標車道僅有前車(無後車)

本研究在目標車道僅有前車分析方面，本車速率(VA) (如圖 4.10) 平均速率為 12.343m/s(44.43 $km/hr$ )，顯示與本研究所調查之路段屬於郊區之第一類市郊道路型態。在本車與前車相對距離 ( $X_B-X_A$ )，由圖 4.11 所示，變換車道前距前車距離平均為 18.662m。本車與目標車道前車縱向相對距離 ( $X_C-X_A$ ) 方面，集中於 17~18 公尺左右(如圖 4.12)。

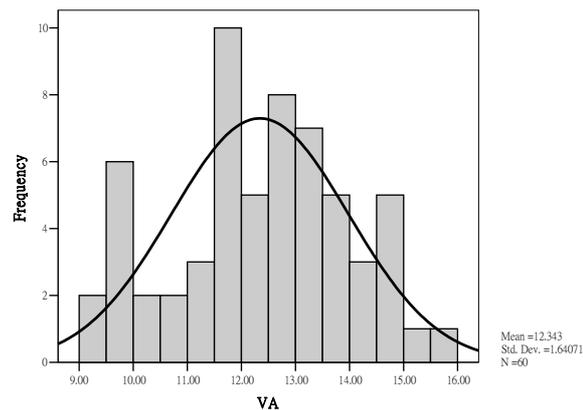


圖 4.10 本車車速 (VA) 次數分配圖 (單位：公尺/秒)

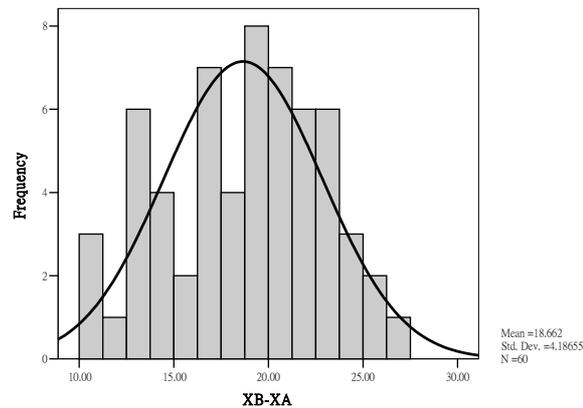


圖 4.11 前車與本車相對距離 (XB-XA) 次數分配圖 (單位：公尺)

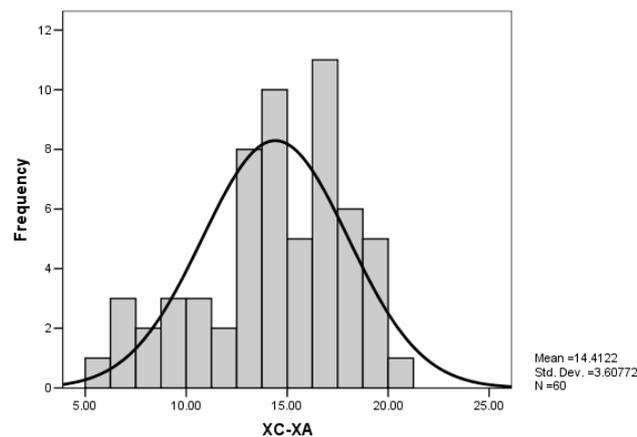


圖 4.12 目標車道前車之本車縱向相對距離 (XC-XA) 次數分配圖 (單位：公尺)

a. 偏向角特性分析

本研究分析目標車道僅有前車之偏向角，平均值為 5.4662 度，分布範圍則為 4 度至 8 度。而由圖 4.13 中，可發現本車在目標車道僅有前車時偏向角集中 5 度左右，此研究相較於以往文獻針對於高快速道路之研究[徐立新, 2005]偏向角為 1.8~3.2 度為大，此為郊區公路之平均時速較高快速道路低，故駕駛者可於在不影響舒適之情況變換至目標車道。

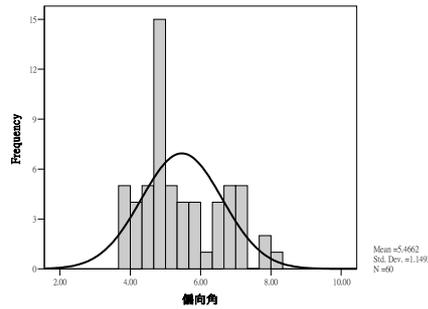


圖 4.13 目標車道僅有前車偏向角次數分配圖（單位：度）

而本研究分析在僅有目標車道前車之變換車道車輛間之相關影響變數與變換車道偏向角之關係（如表 4.4），分析發現以本車車速（VA）與變換車道偏向角有較大的負向關係係數(-0.781)，以及與鄰前車相對縱向距離（XC-XA）亦有負向關係(-0.599)。表示在僅有目標車道後車之情況之變換車道，駕駛者之偏向角主要考慮則為本車車速，其原因則是駕駛者在車速越快時，為考量車輛本身之操控安全，因此大部份之駕駛者會採取較保守之角度變換車道，以保持安全及舒適。同時，由於變換車道需考慮到與鄰前車相對距離，在變換過程須保持其安全距離，同時避免碰撞，故予鄰前車相對縱向距離越近時，其偏向角越大，而越遠時偏向角越小。

表 4.4 各變數與偏向角關聯性分析表

		Correlations							
		VC-VA	XC-XA	XB-XA	YB-YA	VA	VB	VB-VA	偏向角
VC-VA	Pearson Correlation	1	-.154	-.023	-.195	.087	.132	.025	.071
	Sig. (2-tailed)		.241	.859	.136	.510	.316	.848	.589
	N	60	60	60	60	60	60	60	60
XC-XA	Pearson Correlation	-.154	1	-.024	-.179	.446	.266	-.257	-.592
	Sig. (2-tailed)	.241		.854	.170	.000	.040	.047	.000
	N	60	60	60	60	60	60	60	60
XB-XA	Pearson Correlation	-.023	-.024	1	-.078	-.064	.056	.127	-.202
	Sig. (2-tailed)	.859	.854		.555	.625	.670	.332	.122
	N	60	60	60	60	60	60	60	60
YB-YA	Pearson Correlation	-.195	-.179	-.078	1	-.142	-.531	-.343	.045
	Sig. (2-tailed)	.136	.170	.555		.279	.000	.007	.731
	N	60	60	60	60	60	60	60	60
VA	Pearson Correlation	.087	.446	-.064	-.142	1	.556	-.614	-.781
	Sig. (2-tailed)	.510	.000	.625	.279		.000	.000	.000
	N	60	60	60	60	60	60	60	60
VB	Pearson Correlation	.132	.266	.056	-.531	.556	1	.315	-.397
	Sig. (2-tailed)	.316	.040	.670	.000	.000		.014	.002
	N	60	60	60	60	60	60	60	60
VB-VA	Pearson Correlation	.025	-.257	.127	-.343	-.614	.315	1	.515
	Sig. (2-tailed)	.848	.047	.332	.007	.000	.014		.000
	N	60	60	60	60	60	60	60	60
偏向角	Pearson Correlation	.071	-.592	-.202	.045	-.781	-.397	.515	1
	Sig. (2-tailed)	.589	.000	.122	.731	.000	.002	.000	
	N	60	60	60	60	60	60	60	60

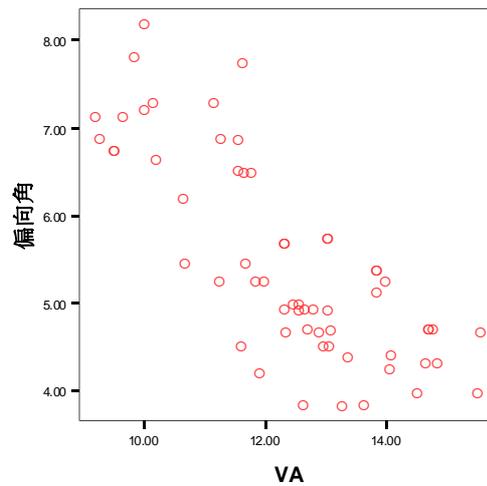


圖 4.14 本車車速 (VA) 與偏向角之關係圖

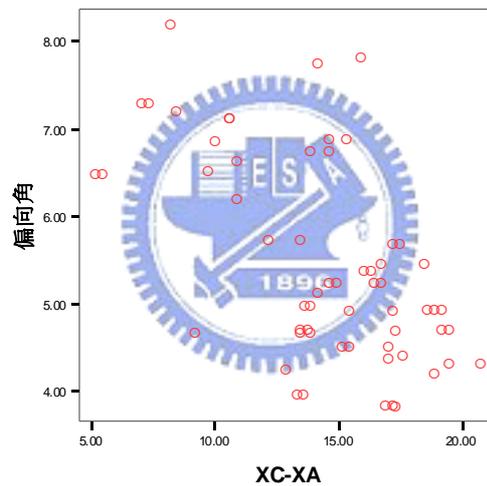


圖 4.15 目標車道前車之本車相對距離 (XC-XA) 與偏向角之關係圖

#### b. 加速度特性分析

本研究分析目標車道僅有前車之加速度，由圖 4.16 中可發現其平均值為  $1.2602 m/s^2$ ，分布範圍為  $0.01 \sim 2.75 m/s^2$ ，而加速度分布範圍除  $0.75 \sim 1.00$  與  $1.75 \sim 2.00 m/s^2$  次數較低外，其他在範圍內之分布大致上頗為平均。

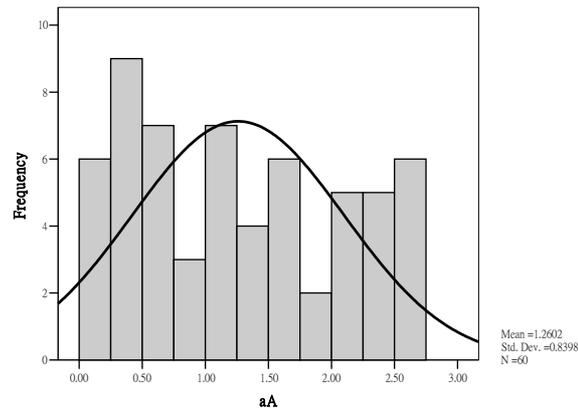


圖 4.16 目標車道僅有前車加速度次數分配圖（單位：公尺/秒平方）

而本研究分析在僅有目標車道前車之變換車道車輛間之相關影響變數與變換車道加速度之關係（如表 4.5），分析發現以與鄰前車相對縱向距離（XC-XA）與變換車道加速度有極大的負向關係係數(-0.845)，以及本車車速（VA）亦有負向關係(-0.681)。表示在僅有目標車道後車之情況之變換車道，駕駛者之加速度與目標車道前車相對縱向距離為主要考量因素，因在變換過程須保持其安全距離。而本車速度(VA)亦須考量，本車車速越大，所變換至目標車道所需之加速度較小，而若是本車車速較小時，需要較大之加速度才切換至目標車道。

表 4.5 各變數與加速度關聯性分析表

		VC-VA	XC-XA	XB-XA	YB-YA	VA	VB	VB-VA	aA
VC-VA	Pearson Correlation	1	-.154	-.023	-.195	.087	.132	.025	.127
	Sig. (2-tailed)		.241	.859	.136	.510	.316	.848	.333
	N	60	60	60	60	60	60	60	60
XC-XA	Pearson Correlation	-.154	1	-.024	-.179	.446	.266	-.257	-.845
	Sig. (2-tailed)	.241		.854	.170	.000	.040	.047	.000
	N	60	60	60	60	60	60	60	60
XB-XA	Pearson Correlation	-.023	-.024	1	-.078	-.064	.056	.127	.035
	Sig. (2-tailed)	.859	.854		.555	.625	.670	.332	.793
	N	60	60	60	60	60	60	60	60
YB-YA	Pearson Correlation	-.195	-.179	-.078	1	-.142	-.531	-.343	.236
	Sig. (2-tailed)	.136	.170	.555		.279	.000	.007	.070
	N	60	60	60	60	60	60	60	60
VA	Pearson Correlation	.087	.446	-.064	-.142	1	.556	-.614	-.681
	Sig. (2-tailed)	.510	.000	.625	.279		.000	.000	.000
	N	60	60	60	60	60	60	60	60
VB	Pearson Correlation	.132	.266	.056	-.531	.556	1	.315	-.409
	Sig. (2-tailed)	.316	.040	.670	.000	.000	.000	.014	.001
	N	60	60	60	60	60	60	60	60
VB-VA	Pearson Correlation	.025	-.257	.127	-.343	-.614	.315	1	.389
	Sig. (2-tailed)	.848	.047	.332	.007	.000	.014	.000	.002
	N	60	60	60	60	60	60	60	60
aA	Pearson Correlation	.127	-.845	.035	.236	-.681	-.409	.389	1
	Sig. (2-tailed)	.333	.000	.793	.070	.000	.001	.002	
	N	60	60	60	60	60	60	60	60

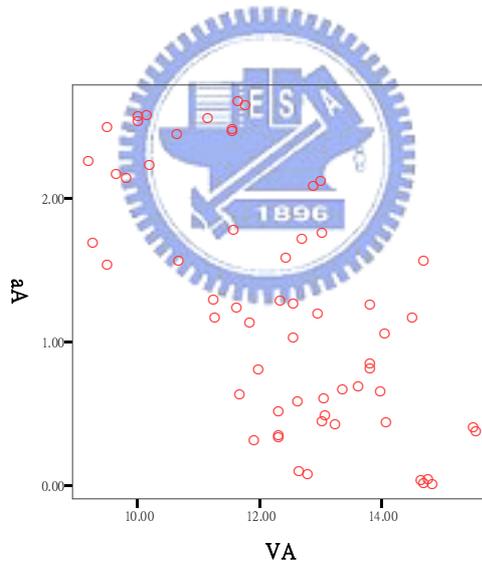


圖 4.17 本車車速 (VA) 與加速度之關係圖

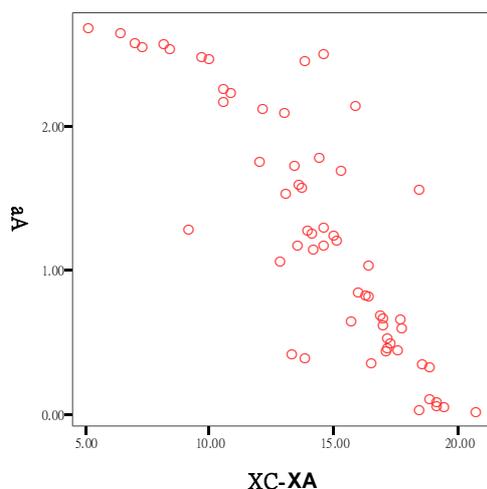


圖 4.18 目標車道前車之本車相對距離 (XC-XA) 與加速度之關係圖

(2) 目標車道僅有後車 (無目標車道前車)

本研究在分析目標車道僅有後車 (無目標車道前車) 方面，本車速率(VA) (如圖 4.19) 平均速率為  $10 \text{ m/s}$  ( $36 \text{ km/hr}$ )，標準差為  $2.47 \text{ m/s}^2$ ，與目標車道僅有前車 (無目標車道後車) 相較，其平均速度較慢，變異亦較大。在本車與前車相對距離 (XB-XA)，由圖 4.20 所示，其跟車距離平均為  $15.66 \text{ m}$ 。本車與目標車道前車縱向相對距離(XC-XA)方面，圖 4.21 分布於  $0.5 \sim 20 \text{ m}$ ，平均為  $11.92 \text{ m}$ ，其中較多集中於  $10 \text{ m}$  及  $20 \text{ m}$  附近。

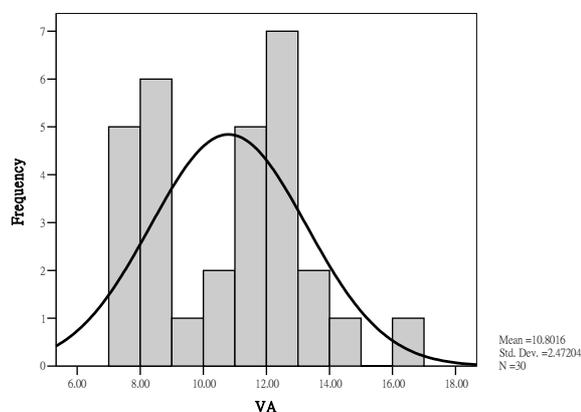


圖 4.19 本車車速 (VA) 次數分配圖 (單位：公尺/秒)

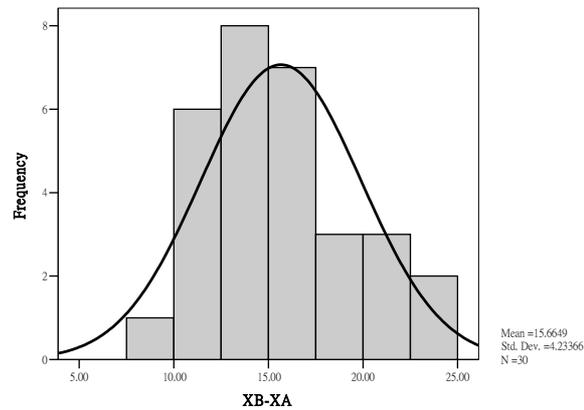


圖 4.20 前車與本車相對距離 (XB-XA) 次數分配圖 (單位：公尺)

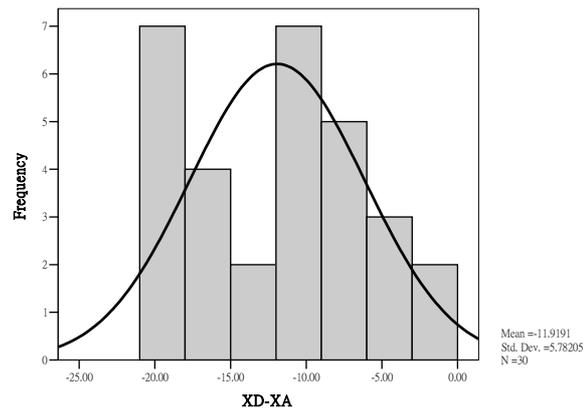


圖 4.21 目標車道後車之本車相對距離 (XD-XA) 次數分配圖 (單位：公尺)

a. 偏向角特性分析

本研究分析目標車道僅有後車之偏向角，平均值為 7.146 度，分布範圍則為 4 度至 12 度。而由圖 4.22 中，可發現本車在目標車道僅有後車時偏向角較集中於 4~6 度，此原因與目標車道僅有前車情況類似，郊區公路之平均時速較高快速道路低，故駕駛者可於在不影響舒適之情況已較大偏向角變換至目標車道。

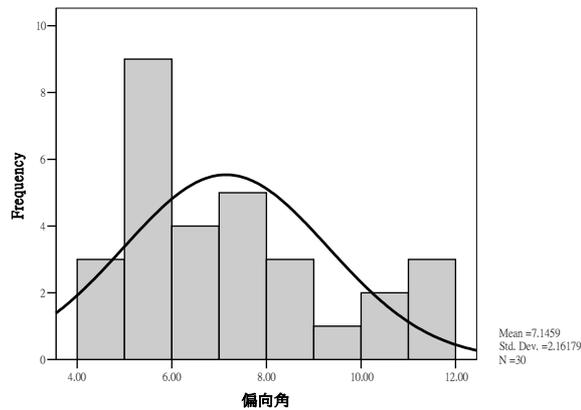


圖 4.22 目標車道僅有後車偏向角次數分配圖（單位：角度）

本研究分析在僅有目標車道後車之變換車道車輛間之相關影響變數與變換車道偏向角之關係（如表 4.6），分析發現以本車車速（VA）與變換車道偏向角有較大的負向關係係數（-0.718），以及本車與目標車道後車相對縱向距離（XA-XD）（相關係數-0.657）。表示在僅有目標車道後車之情況之變換車道，駕駛者之偏向角主要考量本車車速，在本車車速愈大時期偏向角較小，本車車速愈小偏向角較大。

表 4.6 各變數與偏向角關聯性分析表

		Correlations							
		VD-VA	XD-XA	XB-XA	YB-YA	VA	VB	VB-VA	偏向角
VD-VA	Pearson Correlation	1	-.424	-.275	.143	-.699	-.309	.507	.477
	Sig. (2-tailed)		.019	.142	.450	.000	.096	.004	.008
	N	30	30	30	30	30	30	30	30
XD-XA	Pearson Correlation	-.424	1	.173	-.142	.519	.583	-.064	-.657
	Sig. (2-tailed)	.019		.362	.454	.003	.001	.738	.000
	N	30	30	30	30	30	30	30	30
XB-XA	Pearson Correlation	-.275	.173	1	-.367	.311	-.026	-.371	-.218
	Sig. (2-tailed)	.142	.362		.046	.094	.892	.044	.248
	N	30	30	30	30	30	30	30	30
YB-YA	Pearson Correlation	.143	-.142	-.367	1	-.314	.168	.501	.277
	Sig. (2-tailed)	.450	.454	.046		.091	.374	.005	.138
	N	30	30	30	30	30	30	30	30
VA	Pearson Correlation	-.699	.519	.311	-.314	1	.523	-.655	-.718
	Sig. (2-tailed)	.000	.003	.094	.091		.003	.000	.000
	N	30	30	30	30	30	30	30	30
VB	Pearson Correlation	-.309	.583	-.026	.168	.523	1	.302	-.449
	Sig. (2-tailed)	.096	.001	.892	.374	.003		.105	.013
	N	30	30	30	30	30	30	30	30
VB-VA	Pearson Correlation	.507	-.064	-.371	.501	-.655	.302	1	.405
	Sig. (2-tailed)	.004	.738	.044	.005	.000	.105		.026
	N	30	30	30	30	30	30	30	30
偏向角	Pearson Correlation	.477	-.657	-.218	.277	-.718	-.449	.405	1
	Sig. (2-tailed)	.008	.000	.248	.138	.000	.013	.026	
	N	30	30	30	30	30	30	30	30

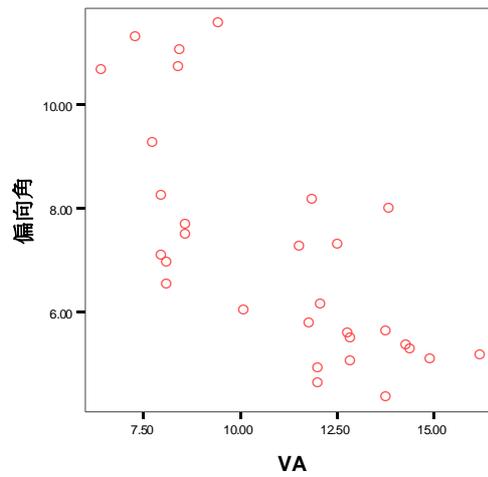


圖 4.23 本車車速 (VA) 偏向角之關係圖

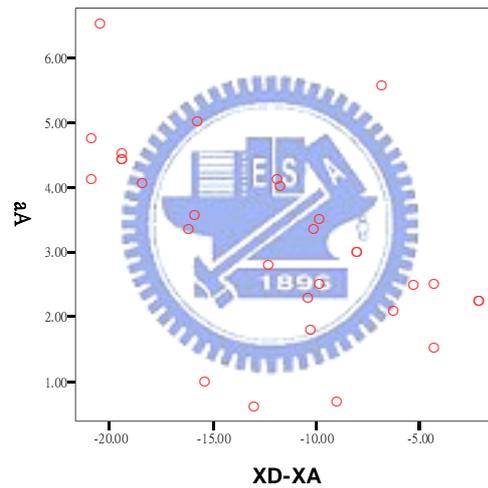


圖 4.24 本車與目標車道後車 (XD-XA) 偏向角之關係圖

#### b. 加速度特性分析

本研究分析目標車道僅有後車之加速度方面(如圖 4.25), 其加速度平均值為  $1.45 m/s^2$ , 分布範圍為  $0.1 \sim 3.01 m/s^2$ 。

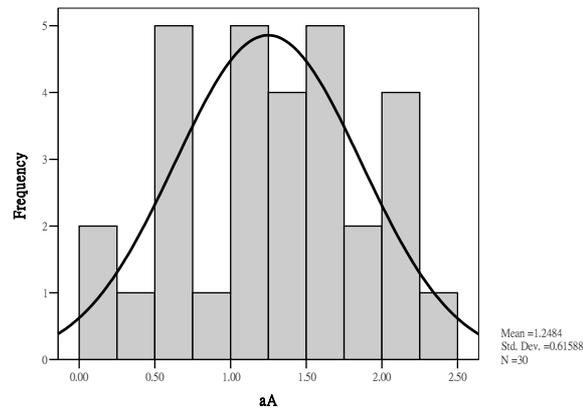


圖 4.25 目標車道後車加速度次數分配圖（單位：公尺）

而本研究分析在僅有目標車道後車之變換車道車輛間之相關影響變數與變換車道加速度之關係（如表 4.7），分析發現以本車車速（VA）與變換車道加速度有較大的負向關係係數(-0.763)，以與目標車道後車相對縱向距離（XA-XD）及亦有負向關係(-0.551)，表示在僅有目標車道後車之情況之變換車道，駕駛者之加速度與本車速度(VA)為主要考量因素，因在變換過程須保持其安全距離。而目標車道後車相對縱向距離亦須考量。此為本車車速越大，所變換至目標車道所需之加速度較小，而若是本車車速較小時，需要較大之加速度才切換至目標車道，在與目標車道後車相對距離考量下，若與目標車道距離較遠，駕駛者之加速度較小，反之則較大。

表 4.7 各變數與加速度關聯性分析表

**Correlations**

		VD-VA	XD-XA	XB-XA	VA	VB	VB-VA	aA
VD-VA	Pearson Correlation	1	-.424	-.275	-.620	-.256	.507	.394
	Sig. (2-tailed)		.019	.142	.000	.172	.004	.031
	N	30	30	30	30	30	30	30
XD-XA	Pearson Correlation	-.424	1	.173	.541	.573	-.064	-.757
	Sig. (2-tailed)	.019		.362	.002	.001	.738	.000
	N	30	30	30	30	30	30	30
XB-XA	Pearson Correlation	-.275	.173	1	.321	-.023	-.371	.001
	Sig. (2-tailed)	.142	.362		.083	.905	.044	.996
	N	30	30	30	30	30	30	30
VA	Pearson Correlation	-.620	.541	.321	1	.544	-.625	-.503
	Sig. (2-tailed)	.000	.002	.083		.002	.000	.005
	N	30	30	30	30	30	30	30
VB	Pearson Correlation	-.256	.573	-.023	.544	1	.292	-.407
	Sig. (2-tailed)	.172	.001	.905	.002		.118	.026
	N	30	30	30	30	30	30	30
VB-VA	Pearson Correlation	.507	-.064	-.371	-.625	.292	1	.163
	Sig. (2-tailed)	.004	.738	.044	.000	.118		.390
	N	30	30	30	30	30	30	30
aA	Pearson Correlation	.394	-.757	.001	-.503	-.407	.163	1
	Sig. (2-tailed)	.031	.000	.996	.005	.026	.390	
	N	30	30	30	30	30	30	30

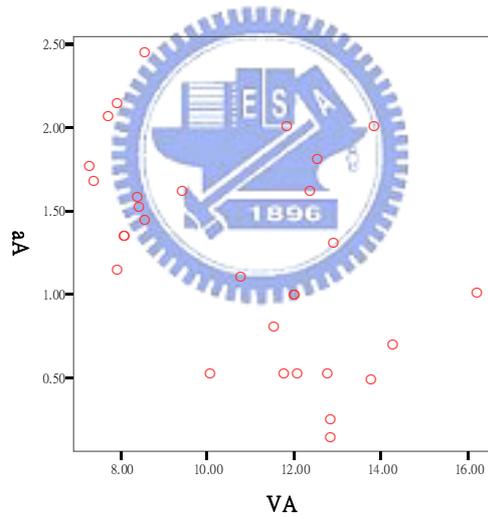


圖 4.26 本車車速 (VA) 與加速度之關係圖

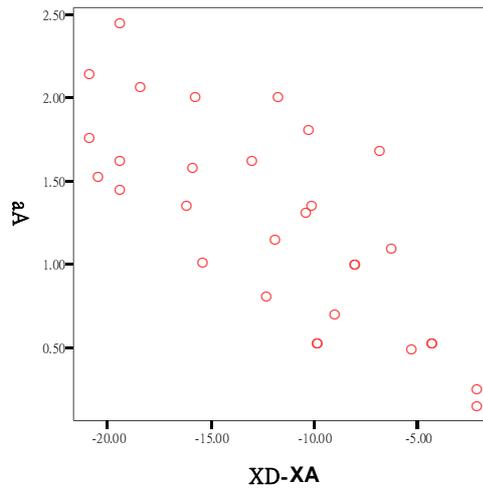


圖 4.27 本車與目標車道後車 (XD-XA) 加速度之關係圖

(3) 目標車道前後均有車

本研究在目標車道前後均有車分析方面，本車速率(VA) (如圖 4.28) 平均速率為 12.47m/s(44.89 $\frac{km}{hr}$ )。在本車與前車相對距離(XB-XA)，由圖 4.28 所示，其跟車距離平均為 18.31m。本車與目標車道前車縱向相對距離 (XC-XA) 方面，平均值則為 14.43 公尺。

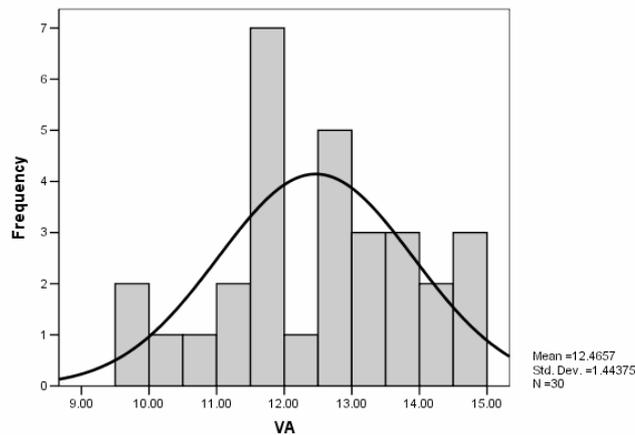


圖 4.28 本車車速 (VA) 次數分配圖 (單位：公尺/秒)

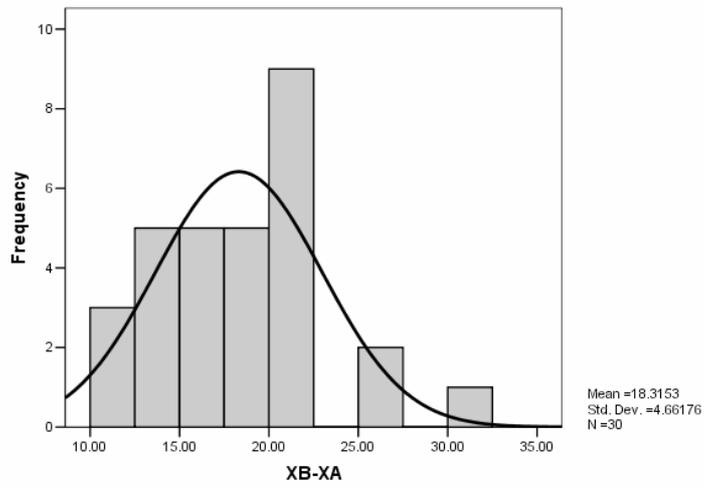


圖 4.29 前車與本車相對距離 (XB-XA) 次數分配圖 (單位：公尺)

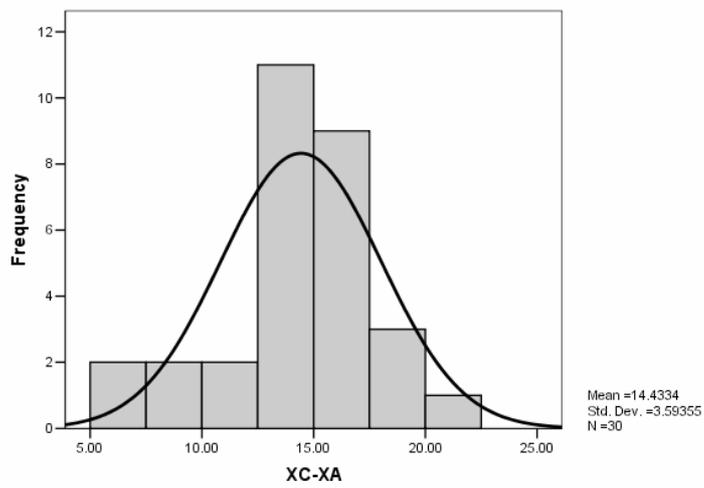


圖 4.30 目標車道前車之本車縱向相對距離 (XC-XA) 次數分配圖 (單位：公尺)

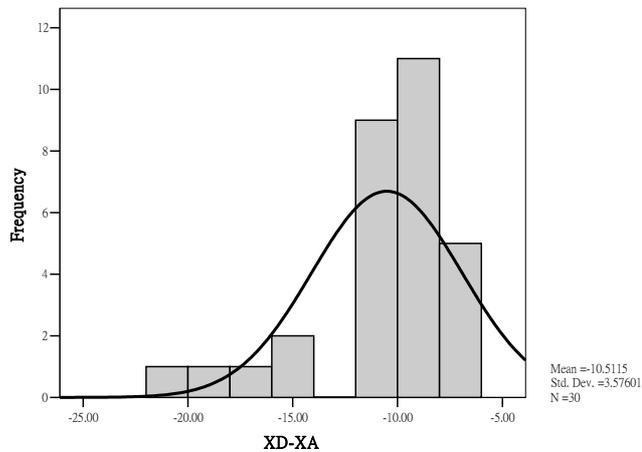


圖 4.31 目標車道後車之本車縱向相對距離 (XD-XA) 次數分配圖 (單位：公尺)

a. 偏向角特性分析

本研究分析目標車道前後均有車之偏向角，平均值為 5.42 度，分布範圍則在 3.5~8 度。

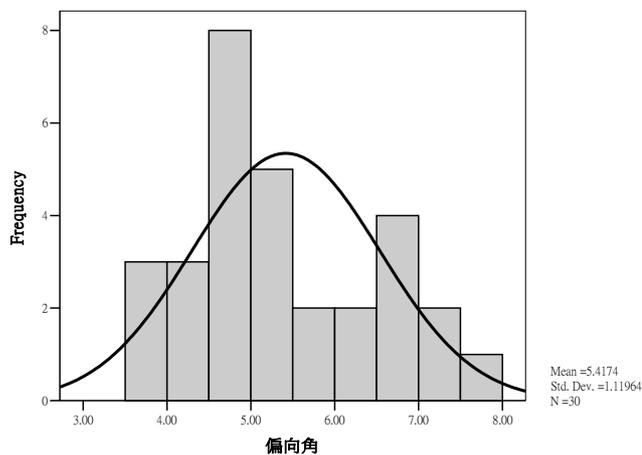


圖 4.32 目標車道僅有前車偏向角次數分配圖 (單位：度)

而本研究分析在目標車道前後均有車之相關影響變數與變換車道偏向角之關係 (如表 4.8)，分析發現以本車車速 (VA) 與變換車道偏向角有較大的負向關係係數(-0.7)，以及與鄰前車相對縱向距離 (XC-XA) 亦有負向關係(-0.636)，

與目標車道僅前方有車偏向角影響相關變數相同。表示在僅有目標車道後車之情況之變換車道，駕駛者之偏向角主要考慮則為本車車速，其原因則是駕駛者在車速越快時，為考量車輛本身之操控安全，因此大部份之駕駛者會採取較保守之角度變換車道，以保持安全及舒適。同時，由於變換車道需考慮到與鄰前車相對距離，在變換過程須保持其安全距離，同時避免碰撞，故予鄰前車相對縱向距離越近時，其偏向角越大，而越遠時偏向角越小。

表 4.8 各變數與偏向角關聯性分析表

		Correlations							
		XC-XA	VD-VA	XD-XA	XC-XD	VA	VB	VB-VA	偏向角
XC-XA	Pearson Correlation	1	.333	-.230	.785	.504	.236	-.347	-.636
	Sig. (2-tailed)		.072	.221	.000	.004	.209	.060	.000
	N	30	30	30	30	30	30	30	30
VD-VA	Pearson Correlation	.333	1	.048	.182	.114	-.039	-.187	-.268
	Sig. (2-tailed)	.072		.801	.334	.547	.838	.322	.153
	N	30	30	30	30	30	30	30	30
XD-XA	Pearson Correlation	-.230	.048	1	-.783	-.091	-.069	.031	.291
	Sig. (2-tailed)	.221	.801		.000	.632	.717	.871	.119
	N	30	30	30	30	30	30	30	30
XC-XD	Pearson Correlation	.785	.182	-.783	1	.380	.195	-.241	-.592
	Sig. (2-tailed)	.000	.334	.000		.038	.302	.199	.001
	N	30	30	30	30	30	30	30	30
VA	Pearson Correlation	.504	.114	-.091	.380	1	.659	-.463	-.700
	Sig. (2-tailed)	.004	.547	.632	.038		.000	.010	.000
	N	30	30	30	30	30	30	30	30
VB	Pearson Correlation	.236	-.039	-.069	.195	.659	1	.361	-.382
	Sig. (2-tailed)	.209	.838	.717	.302	.000		.050	.037
	N	30	30	30	30	30	30	30	30
VB-VA	Pearson Correlation	-.347	-.187	.031	-.241	-.463	.361	1	.417
	Sig. (2-tailed)	.060	.322	.871	.199	.010	.050		.022
	N	30	30	30	30	30	30	30	30
偏向角	Pearson Correlation	-.636	-.268	.291	-.592	-.700	-.382	.417	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.153	.119	.001	.000	.037	.022	
	N	30	30	30	30	30	30	30	30

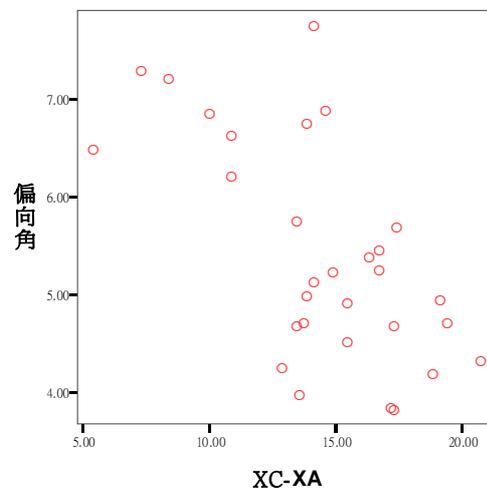


圖 4.33 本車與目標車道前車 (XC-XA) 偏向角之關係圖

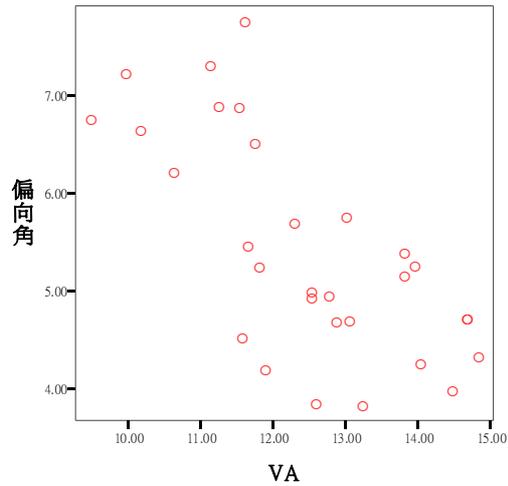


圖 4.34 本車車速 (VA) 與偏向角關係圖

b. 加速度特性分析

本研究分析目標車道僅有前車之加速度，由圖 4.35 中可發現其平均值為  $1.26 m/s^2$ ，分布範圍為  $0.01 \sim 2.75 m/s^2$ 。

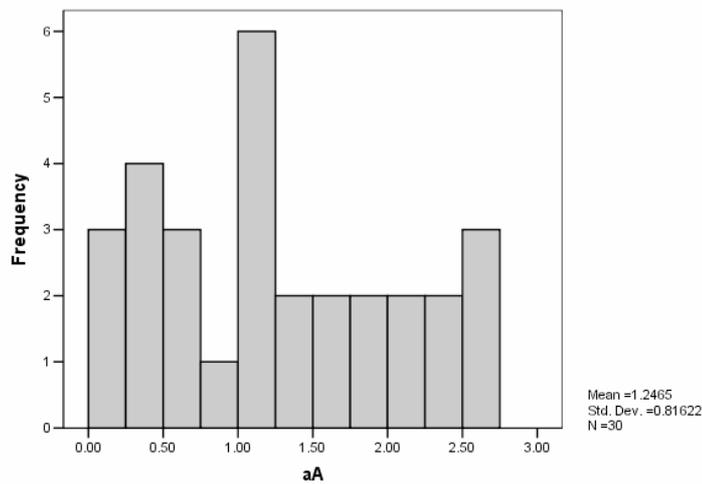


圖 4.35 目標車道僅有前車加速度次數分配圖 (單位：公尺/秒平方)

而在分析在僅有目標車道前後均有車變換車道加速度與各變數之關係(如表 4.9)，分析發現以與鄰前車相對縱向距離 (XC-XA) 與變換車道加速度有極大的負向關係係數(-0.938)，以及與本車車速 (VA) 亦有負向關係(-0.563)，亦與目標車道僅有前車型態類似。表示在有目標車道前後均有車之變換車道，駕駛者之加

速度與目標車道前車相對縱向距離為主要考量因素，因在變換過程須保持其安全距離。而本車速度(VA)亦須考量，本車車速越大，所變換至目標車道所需之加速度較小，而若是本車車速較小時，需要較大之加速度才切換至目標車道。

表 4.9 各變數與加速度關聯性分析表

		Correlations						
		XC-XA	VD-VA	XC-XD	VA	VB	VB-VA	aA
XC-XA	Pearson Correlation	1	.333	.785	.504	.236	-.347	-.938
	Sig. (2-tailed)		.072	.000	.004	.209	.060	.000
	N	30	30	30	30	30	30	30
VD-VA	Pearson Correlation	.333	1	.182	.114	-.039	-.187	-.248
	Sig. (2-tailed)	.072		.334	.547	.838	.322	.186
	N	30	30	30	30	30	30	30
XC-XD	Pearson Correlation	.785	.182	1	.380	.195	-.241	-.707
	Sig. (2-tailed)	.000	.334		.038	.302	.199	.000
	N	30	30	30	30	30	30	30
VA	Pearson Correlation	.504	.114	.380	1	.659	-.463	-.563
	Sig. (2-tailed)	.004	.547	.038		.000	.010	.001
	N	30	30	30	30	30	30	30
VB	Pearson Correlation	.236	-.039	.195	.659	1	.361	-.362
	Sig. (2-tailed)	.209	.838	.302	.000		.050	.049
	N	30	30	30	30	30	30	30
VB-VA	Pearson Correlation	-.347	-.187	-.241	-.463	.361	1	.271
	Sig. (2-tailed)	.060	.322	.199	.010	.050		.148
	N	30	30	30	30	30	30	30
aA	Pearson Correlation	-.938	-.248	-.707	-.563	-.362	.271	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.186	.000	.001	.049	.148	
	N	30	30	30	30	30	30	30

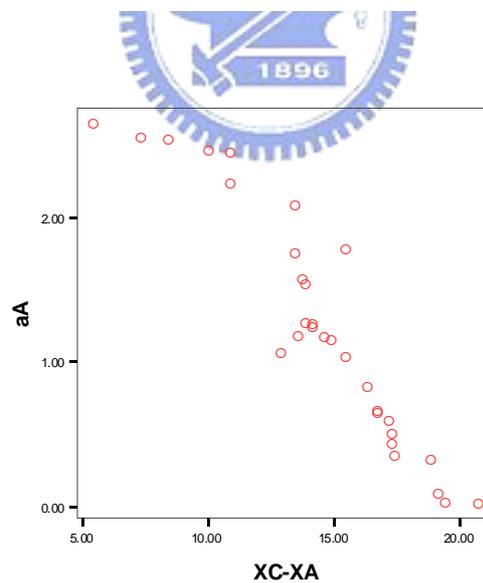


圖 4.36 目標車道前車與本車相對縱向距離(XC-XA)加速度關係圖

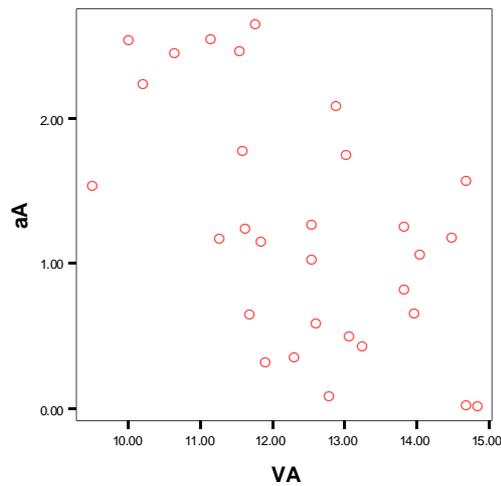


圖 4.37 本車車速(VA)與加速度關係圖

## (二) 前方車種為大型車

### (1) 目標車道僅有前車 (無後車)

本研究在前方車種為大型車、目標車道僅有前車分析方面，本車速率(VA) (如圖 4.38) 平均速率為  $9.2478\text{m/s}$  ( $33.26\text{km/hr}$ )，標準差為  $2.3018\text{m/s}^2$ 。在本車與前車相對距離(XB-XA)方面，由圖 4.39 所示，其跟車距離平均為  $24.8879\text{m}$ ，可發現在前方為大型車之相對距離較前方為小型車為長(前方車種為小型車、目標車道僅有前車： $18.662\text{m}$ )。本車與目標車道前車縱向相對距離(XC-XA)方面，如圖 4.40 平均為  $18.2554\text{m}$ 。

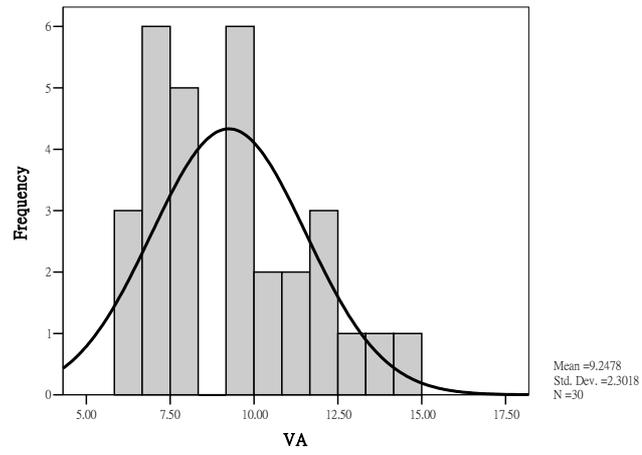


圖 4.38 本車車速 (VA) 次數分配圖 (單位：公尺/秒)

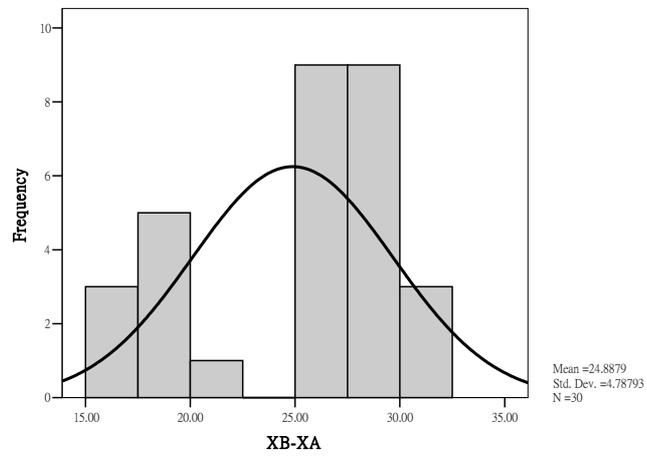


圖 4.39 前車與本車相對距離 (XB-XA) 次數分配圖 (單位：公尺)

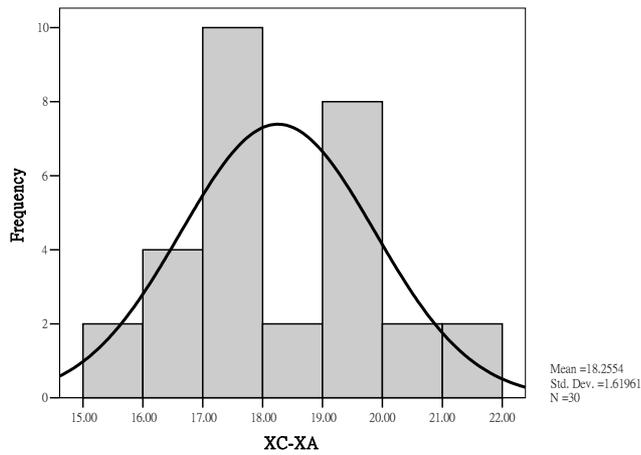


圖 4.40 目標車道前車之本車相對距離 (XC-XA) 次數分配圖 (單位：公尺)

a. 偏向角特性分析

本研究分析目標車道僅有前車之偏向角，平均值為 7.0568 度，分布範圍則為 5.5 度至 9 度。而觀察圖 4.41 本車在目標車道僅有前車時偏向角，分佈情形較為平均。

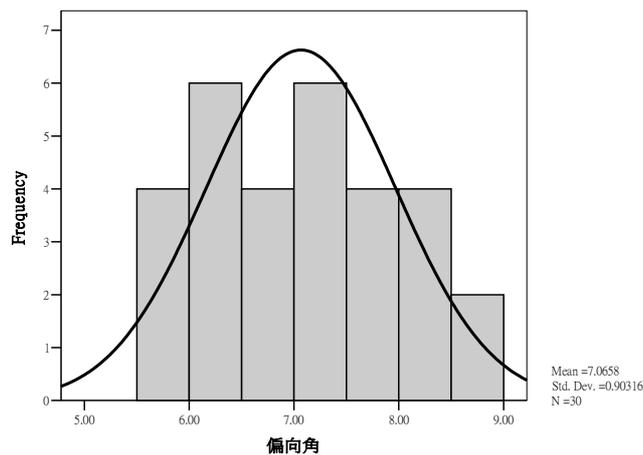


圖 4.41 目標車道僅有前車偏向角次數分配圖 (單位：度)

本研究分析在前方車種為大型車、僅有目標車道前車之變換車道車輛間之相關影響變數與變換車道偏向角之關係 (如表 4.10)，分析發現以本車與目標車道

前車相對縱向距離 (XC-XA)、以及本車與前車 (XB-XA) 相對距離與變換車道偏向角有較大的負向關係係數(分別為-0.784 及-0.732)，本車車速 (VA) 與偏向角亦有負向關係(-0.599)。表示在前方為大型車時、僅有目標車道前車之情況之變換車道，會將與前車相對距離納入考量(與前方車種為小型車相較)，此為前方大型車給予後車相對之壓迫感，故若與前車相對距離愈近，其偏向角愈大，而若與前車相對愈遠，則偏向角愈小。

表 4.10 各變數與偏向角關聯性分析表

		VC-VA	XC-XA	XB-XA	YB-YA	VA	VB	VB-VA	偏向角
VC-VA	Pearson Correlation	1	-.234	-.268	.074	-.310	-.311	-.050	.339
	Sig. (2-tailed)		.221	.159	.703	.101	.100	.797	.072
	N	29	29	29	29	29	29	29	29
XC-XA	Pearson Correlation	-.234	1	.535	.324	.459	.244	-.316	-.696
	Sig. (2-tailed)	.221		.002	.081	.011	.194	.089	.000
	N	29	30	30	30	30	30	30	30
XB-XA	Pearson Correlation	-.268	.535	1	.416	.660	.445	-.283	-.809
	Sig. (2-tailed)	.159	.002		.022	.000	.014	.129	.000
	N	29	30	30	30	30	30	30	30
YB-YA	Pearson Correlation	.074	.324	.416	1	.691	.646	.030	-.485
	Sig. (2-tailed)	.703	.081	.022		.000	.000	.876	.007
	N	29	30	30	30	30	30	30	30
VA	Pearson Correlation	-.310	.459	.660	.691	1	.836	-.138	-.668
	Sig. (2-tailed)	.101	.011	.000	.000		.000	.468	.000
	N	29	30	30	30	30	30	30	30
VB	Pearson Correlation	-.311	.244	.445	.646	.836	1	.429	-.571
	Sig. (2-tailed)	.100	.194	.014	.000	.000		.018	.001
	N	29	30	30	30	30	30	30	30
VB-VA	Pearson Correlation	-.050	-.316	-.283	.030	-.138	.429	1	.070
	Sig. (2-tailed)	.797	.089	.129	.876	.468	.018		.714
	N	29	30	30	30	30	30	30	30
偏向角	Pearson Correlation	.339	-.696	-.809	-.485	-.668	-.571	.070	1
	Sig. (2-tailed)	.072	.000	.000	.007	.000	.001	.714	
	N	29	30	30	30	30	30	30	30

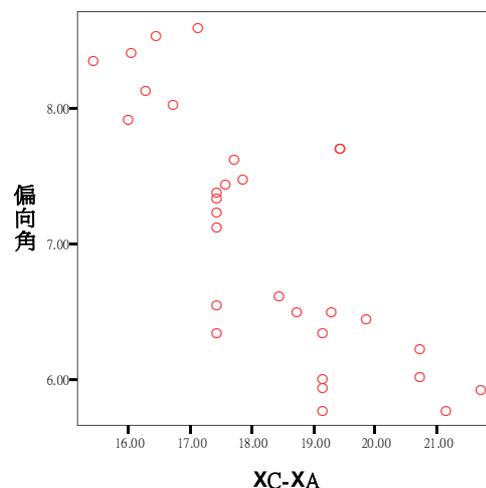


圖 4.42 目標車道前車之本車相對距離 (XC-XA) 與偏向角之關係圖

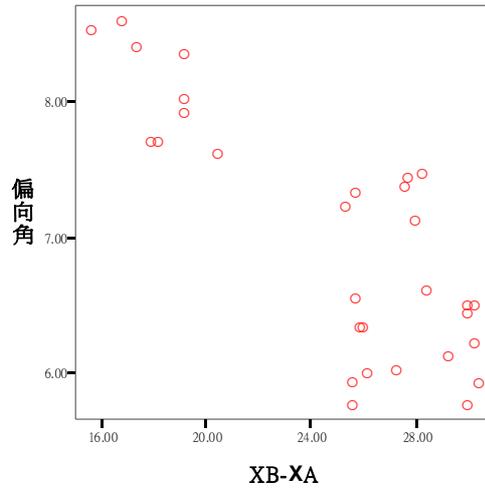


圖 4.43 本車與前車相對距離 (XB-XA) 與偏向角之關係圖

b. 加速度特性分析

本研究分析目標車道僅有前車之加速度，由圖 4.44 中可發現平均值為  $1.4578 m/s^2$ ，分布範圍為  $0.01 \sim 3 m/s^2$ 。

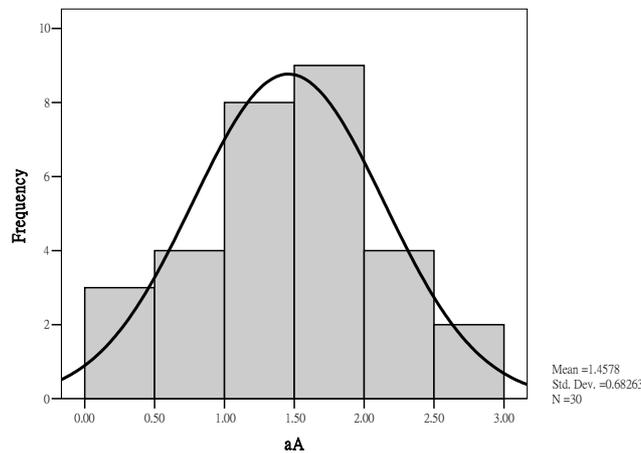


圖 4.44 目標車道僅有前車加速度次數分配圖 (單位：公尺/秒平方)

而本研究分析在僅有目標車道前車之變換車道車輛間之相關影響變數與變換車道加速度之關係 (如表 4.11)，分析發現以與鄰前車相對縱向距離 (XC-XA) 與變換車道加速度有極大的負向關係係數(-0.845)，表示在僅有目標車道後車之

情況之變換車道，駕駛者之加速度與目標車道前車相對縱向距離為主要考量因素，因在變換過程須保持其安全距離。

表 4.11 各變數與加速度關聯性分析表

		Correlations							
		VC-VA	XC-XA	XB-XA	YB-YA	VA	VB	VB-VA	aA
VC-VA	Pearson Correlation	1	-.234	-.268	.074	-.310	-.311	-.050	.202
	Sig. (2-tailed)		.221	.159	.703	.101	.100	.797	.292
	N	29	29	29	29	29	29	29	29
XC-XA	Pearson Correlation	-.234	1	.535	.324	.459	.244	-.316	-.649
	Sig. (2-tailed)	.221		.002	.081	.011	.194	.089	.000
	N	29	30	30	30	30	30	30	30
XB-XA	Pearson Correlation	-.268	.535	1	.416	.660	.445	-.283	-.133
	Sig. (2-tailed)	.159	.002		.022	.000	.014	.129	.484
	N	29	30	30	30	30	30	30	30
YB-YA	Pearson Correlation	.074	.324	.416	1	.691	.646	.030	-.146
	Sig. (2-tailed)	.703	.081	.022		.000	.000	.876	.443
	N	29	30	30	30	30	30	30	30
VA	Pearson Correlation	-.310	.459	.660	.691	1	.836	-.138	-.375
	Sig. (2-tailed)	.101	.011	.000	.000		.000	.468	.041
	N	29	30	30	30	30	30	30	30
VB	Pearson Correlation	-.311	.244	.445	.646	.836	1	.429	-.217
	Sig. (2-tailed)	.100	.194	.014	.000	.000		.018	.249
	N	29	30	30	30	30	30	30	30
VB-VA	Pearson Correlation	-.050	-.316	-.283	.030	-.138	.429	1	.226
	Sig. (2-tailed)	.797	.089	.129	.876	.468	.018		.229
	N	29	30	30	30	30	30	30	30
aA	Pearson Correlation	.202	-.649	-.133	-.146	-.375	-.217	.226	1
	Sig. (2-tailed)	.292	.000	.484	.443	.041	.249	.229	
	N	29	30	30	30	30	30	30	30

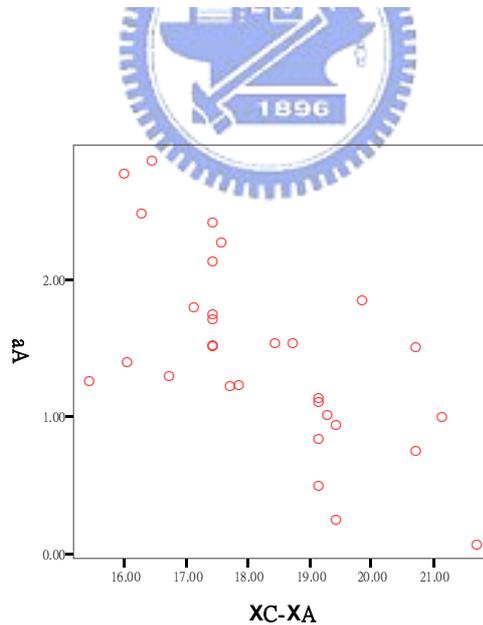


圖 4.45 目標車道前車之本車相對距離 (XC-XA) 與加速度之關係圖

(2) 目標車道僅有後車 (無前車)

本研究在分析前方為大行車目標車道僅有後車 (無目標車道前車) 方面，本車速率(VA) (如圖 4.46) 平均速率為 11.6028m/s，標準差為 2.18，與前方為小

型車目標車道僅有後車（無目標車道前車）相較，無明顯差異，顯現郊區公路路段無論前方車種為何，其本車速率均在每小時 40 公里左右。在本車與前車相對距離（XB-XA），由圖 4.47 所示，其跟車距離平均為 20.4746m，與前方為小型車目標車道僅有後車（無目標車道前車）相較，前方為大型車之前後縱向間距較長。目標車道後車與本車縱向相對距離（XD-XA）方面，由圖 4.48，分布於 0.5~20m，平均為 11.9191m，其中較多集中於 10m 及 20m 附近。

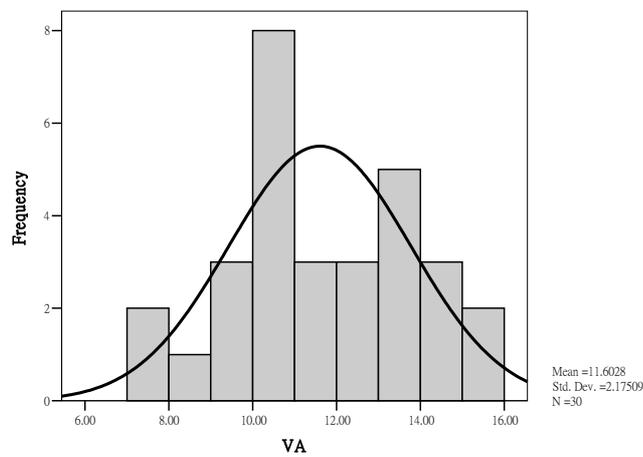


圖 4.46 本車車速（VA）次數分配圖（單位：公尺/秒）

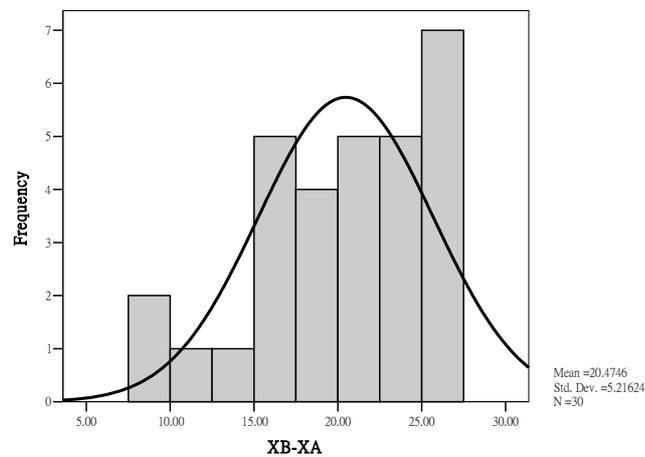


圖 4.47 前車與本車相對距離（XB-XA）次數分配圖（單位：公尺）

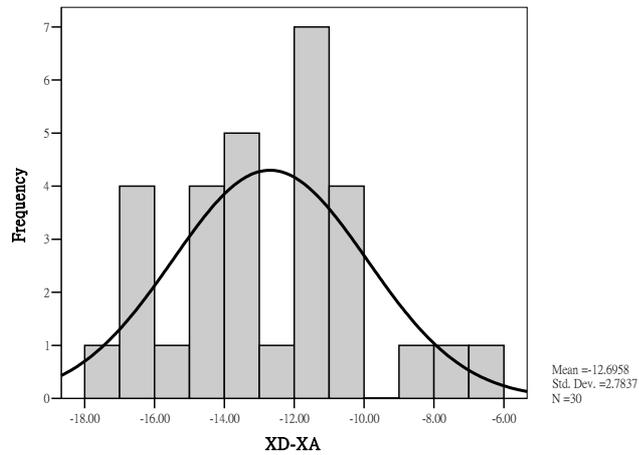


圖 4.48 目標車道後車之本車相對距離 (XD-XA) 次數分配圖 (單位：公尺)

a. 偏向角特性分析

本研究分析目標車道僅有後車之偏向角，平均值為 8.713 度，分布範圍則為 4 度至 15 度。而由圖 4.49 中，可發現本車在目標車道僅有後車時偏向角較集中於 8~10 度，與前方車種為小型車目標車道僅後方有車相較，其偏向角較大，此為較不同之處。

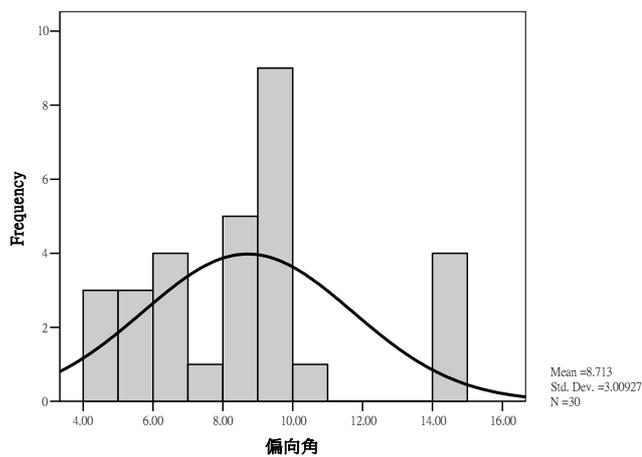


圖 4.49 目標車道僅有後車偏向角次數分配圖

本研究分析在僅有目標車道後車之變換車道車輛間之相關影響變數與變換

車道偏向角之關係 (如表 4.12)，分析發現以本車車速 (VA) 與變換車道偏向角有較大的負向關係係數 (-0.754)、前車與本車橫向間距(YB-YA) (相關係數 -0.793)、本車與目標車道後車相對縱向距離 (XD-XA) (相關係數-0.659)，以及前車與本車速度差 (VB-VA)。顯示表示在前方車種為大型車僅有目標車道後車之情況之變換車道，駕駛者之偏向角主要考量本車車速，在本車車速愈大時期偏向角較小，本車車速愈小偏向角較大。

表 4.12 各變數與偏向角關聯性分析表

Correlations								
		VD-VA	XD-XA	XB-XA	VA	VB	VB-VA	偏向角
VD-VA	Pearson Correlation	1	.201	-.215	.257	-.254	-.423	-.059
	Sig. (2-tailed)		.287	.254	.170	.175	.020	.758
	N	30	30	30	30	30	30	30
XD-XA	Pearson Correlation	.201	1	.358	.785	.175	-.598	-.855
	Sig. (2-tailed)	.287		.052	.000	.355	.000	.000
	N	30	30	30	30	30	30	30
XB-XA	Pearson Correlation	-.215	.358	1	.290	.399	.023	-.313
	Sig. (2-tailed)	.254	.052		.120	.029	.902	.092
	N	30	30	30	30	30	30	30
VA	Pearson Correlation	.257	.785	.290	1	.286	-.716	-.754
	Sig. (2-tailed)	.170	.000	.120		.126	.000	.000
	N	30	30	30	30	30	30	30
VB	Pearson Correlation	-.254	.175	.399	.286	1	.465	-.243
	Sig. (2-tailed)	.175	.355	.029	.126		.010	.196
	N	30	30	30	30	30	30	30
VB-VA	Pearson Correlation	-.423	-.598	.023	-.716	.465	1	.520
	Sig. (2-tailed)	.020	.000	.902	.000	.010		.003
	N	30	30	30	30	30	30	30
偏向角	Pearson Correlation	-.059	-.855	-.313	-.754	-.243	.520	1
	Sig. (2-tailed)	.758	.000	.092	.000	.196	.003	
	N	30	30	30	30	30	30	30

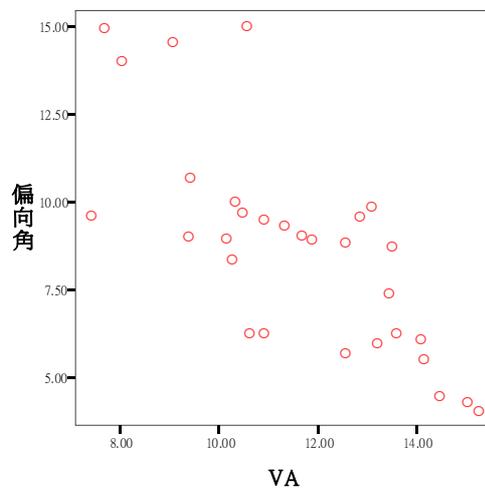


圖 4.50 本車車速 (VA) 偏向角之關係圖

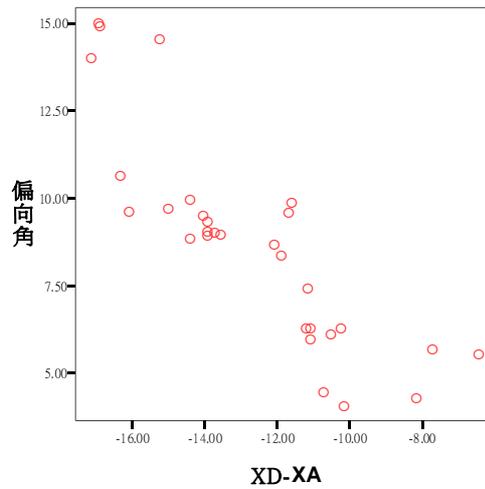


圖 4.51 本車與目標車道後車縱向距離 (XD-XA) 偏向角之關係圖

b. 加速度特性分析

本研究分析目標車道僅有後車之加速度方面，其加速度平均值為  $2.8938 m/s^2$ ，分布範圍為  $0.53 \sim 5.94 m/s^2$ 。

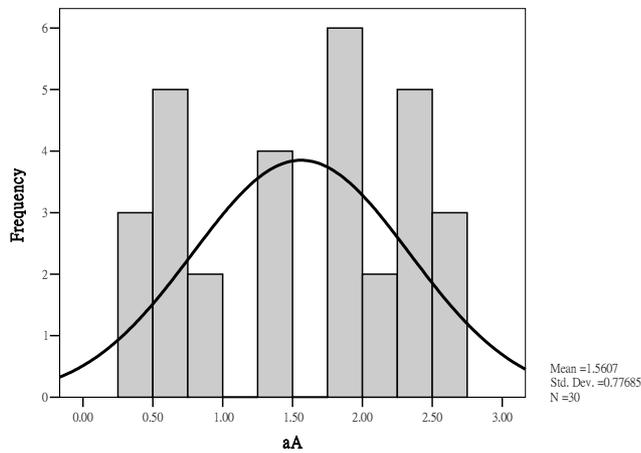


圖 4.52 目標車道後車加速度次數分配圖 (單位：公尺)

而本研究分析在僅有目標車道後車之變換車道車輛間之相關影響變數與變換車道加速度之關係 (如表 4.14)，分析發現以本車車速 (VA) 與變換車道加速度有較大的負向關係係數(-0.926)，以與前車與本車速差 (VB-VA) 及亦有負向關係 (-0.551)，表示在僅有目標車道後車之情況之變換車道，駕駛者之加速度與本車

速度(VA)為主要考量因素，此為本車車速越大，所變換至目標車道所需之加速度較小，而若是本車車速較小時，需要較大之加速度才切換至目標車道。本研究分析目標車道後車加速度與各變數關聯性中，本車與前車橫向距離 (YB-YA) 雖亦與加速度相關，然而與本車車速 (VA) 存在於共線性關係，故予以排除。

表 4.13 各變數與加速度關聯性分析表

		VD-VA	XD-XA	XB-XA	VA	VB	VB-VA	aA
VD-VA	Pearson Correlation	1	.201	-.215	.257	-.254	-.423	-.423
	Sig. (2-tailed)		.287	.254	.170	.175	.020	.020
	N	30	30	30	30	30	30	30
XD-XA	Pearson Correlation	.201	1	.358	.785	.175	-.598	-.712
	Sig. (2-tailed)	.287		.052	.000	.355	.000	.000
	N	30	30	30	30	30	30	30
DXB	Pearson Correlation	-.215	.358	1	.290	.399	.023	-.077
	Sig. (2-tailed)	.254	.052		.120	.029	.902	.688
	N	30	30	30	30	30	30	30
VA	Pearson Correlation	.257	.785	.290	1	.286	-.716	-.833
	Sig. (2-tailed)	.170	.000	.120		.126	.000	.000
	N	30	30	30	30	30	30	30
VB	Pearson Correlation	-.254	.175	.399	.286	1	.465	.005
	Sig. (2-tailed)	.175	.355	.029	.126	.010	.979	.979
	N	30	30	30	30	30	30	30
VB-VA	Pearson Correlation	-.423	-.598	.023	-.716	.465	1	.773
	Sig. (2-tailed)	.020	.000	.902	.000	.010		.000
	N	30	30	30	30	30	30	30
aA	Pearson Correlation	-.423	-.712	-.077	-.833	.005	.773	1
	Sig. (2-tailed)	.020	.000	.688	.000	.979	.000	
	N	30	30	30	30	30	30	30

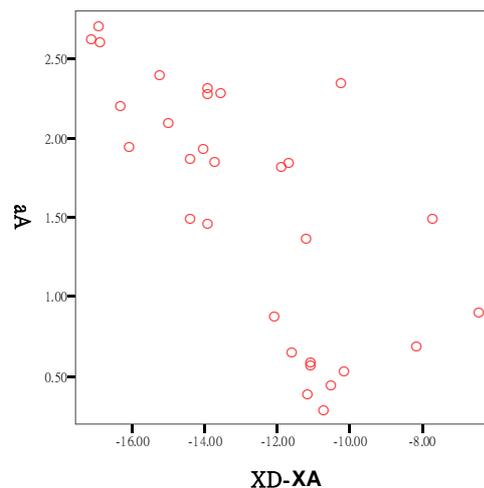


圖 4.53 目標車道後車與本車相對縱向距離 (XD-XA) 加速度之關係圖

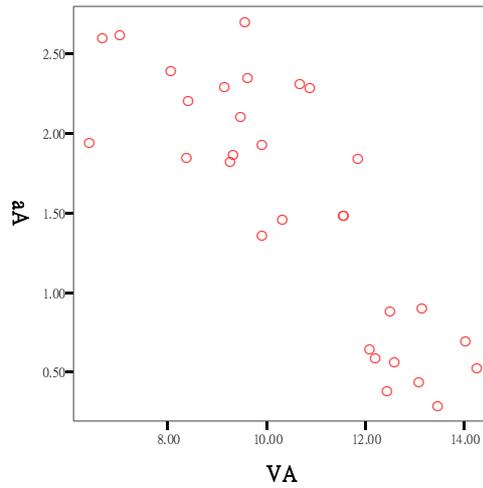


圖 4.54 本車車速 (VA) 與加速度之關係圖

(3) 目標車道前後均有車

本研究在目標車道前方車種為大型車，前後均有車分析方面，本車速率 (VA) (如圖 4.55) 平均速率為  $8.84\text{m/s}$  ( $31.63\text{km/hr}$ )，。在本車與前車相對距離 (XB-XA)，由圖 4.55 所示，其跟車距離平均為 23 公尺。本車與目標車道前車縱向相對距離 (XC-XA) 方面，圖 4.57 平均值為 16 公尺，本車與目標車道後車縱向相對距離 (XD-XA) 則為 12.81 公尺。

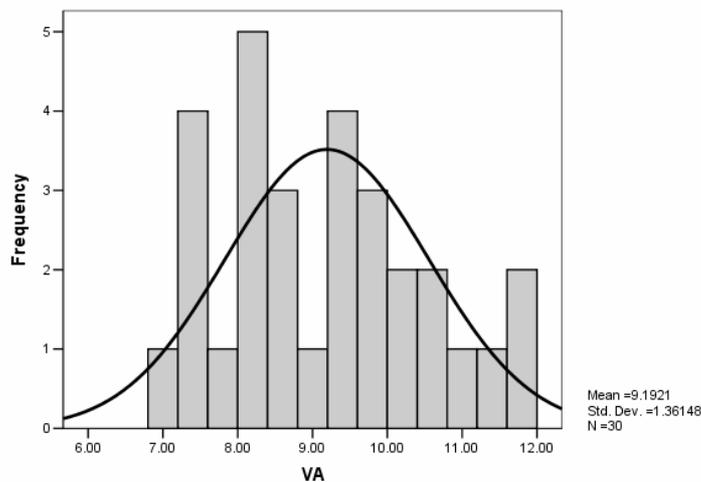


圖 4.55 本車車速 (VA) 次數分配圖 (單位：公尺/秒)

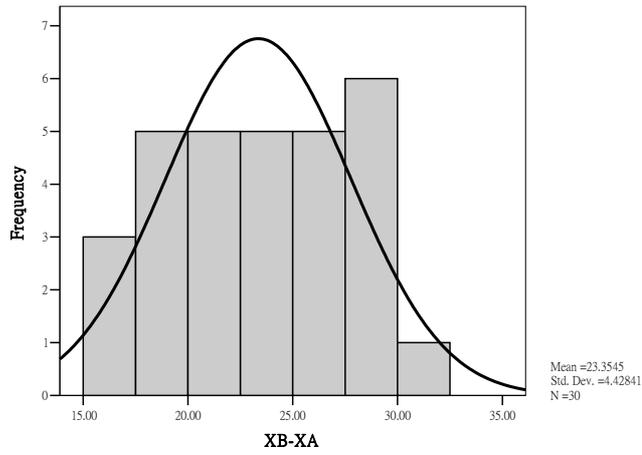


圖 4.56 前車與本車相對距離 (XB-XA) 次數分配圖 (單位：公尺)

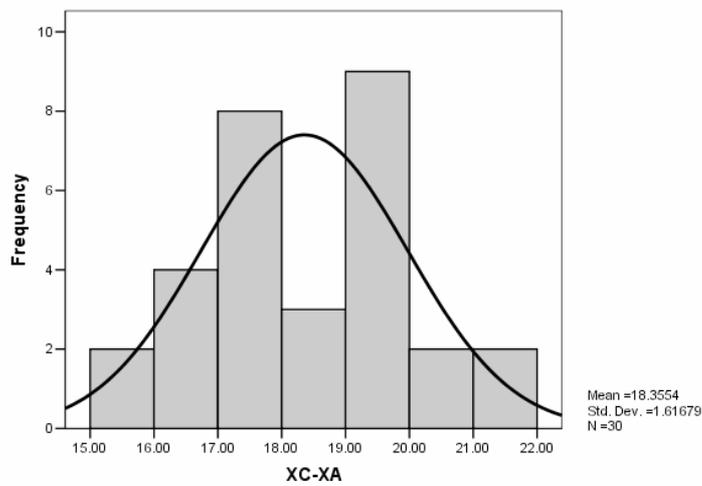


圖 4.57 目標車道前車之本車縱向相對距離 (XC-XA) 次數分配圖 (單位：公尺)

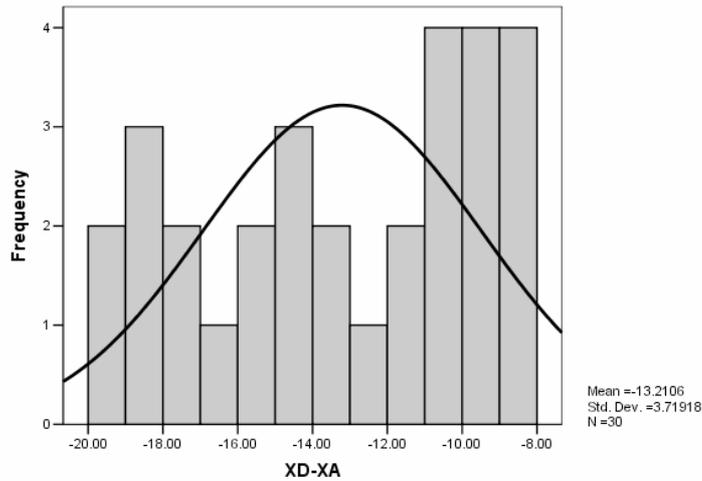


圖 4.58 目標車道前車之本車縱向相對距離 (XD-XA) 次數分配圖 (單位：公尺)

a. 偏向角特性分析

本研究分析前方為大型車目標車道前後均有車之偏向角，平均值為 7.22 度，與前方為小型車目標車道前後均有車型態相較，其值較大。

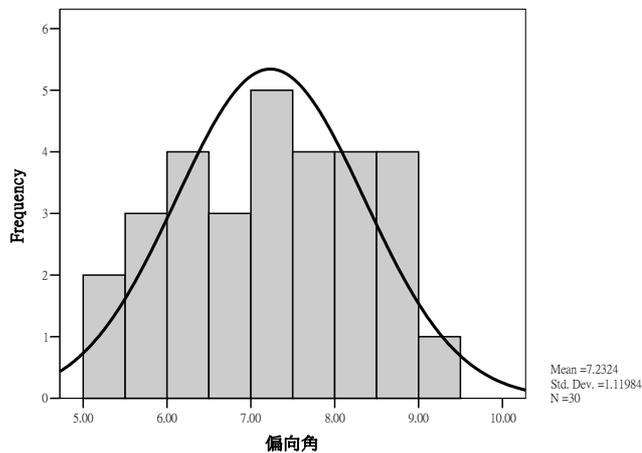


圖 4.59 目標車道前後均有車偏向角次數分配圖 (單位：度)

而本研究分析在僅有目標車道前車之變換車道車輛間之相關影響變數與變換車道偏向角之關係 (如表 4.14)，分析發現以本車車速 (VA) 與變換車道偏向角有較大的負向關係係數(-0.681)，以及與目標車道後車相對縱向距離 (XD-XA)

亦有負向關係(-0.791)。表示在僅有目標車道後車之情況之變換車道，駕駛者之偏向角主要考慮則為本車車速，其原因則是駕駛者在車速越快時，為考量車輛本身之操控安全，因此大部份之駕駛者會採取較保守之角度變換車道，以保持安全及舒適。目標車道前車與目標車道後車相對距離(XC-XD)因與目標車道後車與車相對縱向相對距離(XD-XA)與有共線性，故排除。

表 4.14 各變數與偏向角關聯性分析表

Correlations										
		VC-VA	XC-XA	VD-VA	XD-XA	XC-XD	XB-XA	VA	VB-VA	偏向角
VC-VA	Pearson Correlation	1	-.088	-.149	-.040	.193	-.119	.111	.109	-.214
	Sig. (2-tailed)		.644	.430	.834	.307	.532	.561	.568	.256
	N	30	30	30	30	30	30	30	30	30
XC-XA	Pearson Correlation	-.088	1	.158	-.096	.351	.154	-.177	.207	.285
	Sig. (2-tailed)	.644		.406	.613	.057	.416	.350	.272	.127
	N	30	30	30	30	30	30	30	30	30
VD-VA	Pearson Correlation	-.149	.158	1	-.360	-.244	.031	-.788	.367	.484
	Sig. (2-tailed)	.430	.406		.050	.195	.870	.000	.046	.007
	N	30	30	30	30	30	30	30	30	30
XD-XA	Pearson Correlation	-.040	-.096	-.360	1	.641	.079	.620	-.342	-.791
	Sig. (2-tailed)	.834	.613	.050		.000	.680	.000	.064	.000
	N	30	30	30	30	30	30	30	30	30
XC-XD	Pearson Correlation	.193	.351	-.244	.641	1	.282	.418	.066	-.683
	Sig. (2-tailed)	.307	.057	.195	.000		.131	.021	.730	.000
	N	30	30	30	30	30	30	30	30	30
XB-XA	Pearson Correlation	-.119	.154	.031	.079	.282	1	.020	.400	-.107
	Sig. (2-tailed)	.532	.416	.870	.680	.131		.918	.028	.574
	N	30	30	30	30	30	30	30	30	30
VA	Pearson Correlation	.111	-.177	-.788	.620	.418	.020	1	-.285	-.681
	Sig. (2-tailed)	.561	.350	.000	.000	.021	.918		.127	.000
	N	30	30	30	30	30	30	30	30	30
VB-VA	Pearson Correlation	.109	.207	.367	-.342	.066	.400	-.285	1	.336
	Sig. (2-tailed)	.568	.272	.046	.064	.730	.028	.127		.069
	N	30	30	30	30	30	30	30	30	30
偏向角	Pearson Correlation	-.214	.285	.484	-.791	-.683	-.107	-.681	.336	1
	Sig. (2-tailed)	.256	.127	.007	.000	.000	.574	.000	.069	
	N	30	30	30	30	30	30	30	30	30

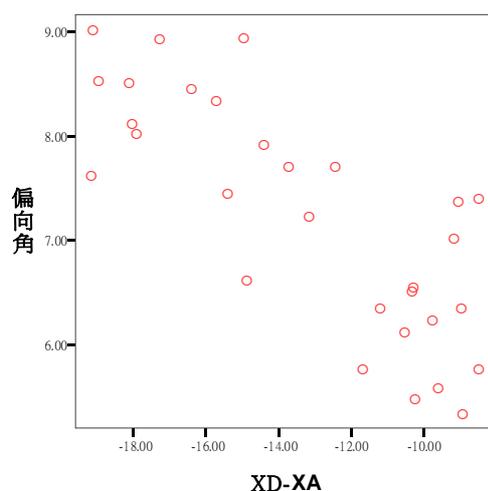


圖 4.60 目標車道後車與本車相對縱向距離(XD-XA)偏向角關係圖

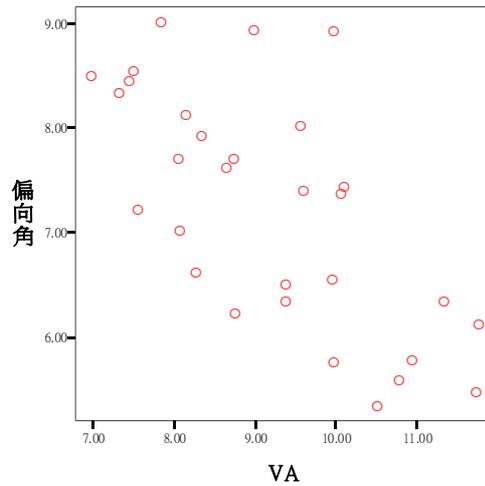


圖 4.61 本車車速(VA)與偏向角關係圖

### b. 加速度特性分析

本研究分析目標車道僅有前車之加速度，由圖 4.62 中其平均值為  $1.53 m/s^2$ ，分布範圍為  $0.51 \sim 2.21 m/s^2$ 。

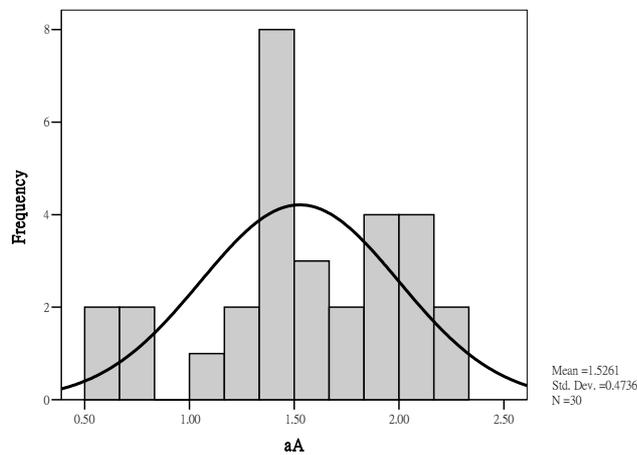


圖 4.62 目標車道前後均有車加速度次數分配圖（單位：公尺/秒平方）

而本研究分析在前方為大型車目標車道前後均有車之變換車道車輛間之相關影響變數與變換車道加速度之關係（如表 4.15），發現以本車車速（VA）與變換車道加速度有負向關係係數(-0.6)，以及目標車道前車與本車縱向距離（XC-XA）亦有負向關係(-0.630)。表示如上之分析本車速度(VA)相同，以及目

標車道後車之影響。而較特別的為本研究發現本車於目標車道前後均有車時，無論前方車種為大型車或是小型車，在變換車道時，前方車種並非主要考量因素，其原因推測為在變換車道時，本車已在本車道與前車保持相當距離，才會進行變換車道。

表 4.15 各變數與加速度關聯性分析表

		VC-VA	XC-XA	VD-VA	XD-XA	XB-XA	VA	VB	VB-VA	aA
VC-VA	Pearson Correlation	1	-.118	-.149	-.040	-.119	.111	.121	.109	-.237
	Sig. (2-tailed)		.533	.430	.834	.532	.561	.523	.568	.207
	N	30	30	30	30	30	30	30	30	30
XC-XA	Pearson Correlation	-.118	1	.162	-.066	.332	-.183	.090	.367	.630
	Sig. (2-tailed)	.533		.392	.728	.073	.332	.635	.046	.000
	N	30	30	30	30	30	30	30	30	30
VD-VA	Pearson Correlation	-.149	.162	1	-.360	.031	-.788	-.180	.367	.359
	Sig. (2-tailed)	.430	.392		.050	.870	.000	.342	.046	.051
	N	30	30	30	30	30	30	30	30	30
XD-XA	Pearson Correlation	-.040	-.066	-.360	1	.079	.620	.241	-.342	-.475
	Sig. (2-tailed)	.834	.728	.050		.680	.000	.199	.064	.008
	N	30	30	30	30	30	30	30	30	30
XB-XA	Pearson Correlation	-.119	.332	.031	.079	1	.020	.138	.400	.354
	Sig. (2-tailed)	.532	.073	.870	.680		.918	.469	.028	.055
	N	30	30	30	30	30	30	30	30	30
VA	Pearson Correlation	.111	-.183	-.788	.620	.020	1	.366	-.285	-.600
	Sig. (2-tailed)	.561	.332	.000	.000	.918		.047	.127	.000
	N	30	30	30	30	30	30	30	30	30
VB	Pearson Correlation	.121	.090	-.180	.241	.138	.366	1	.333	-.292
	Sig. (2-tailed)	.523	.635	.342	.199	.469	.047		.073	.118
	N	30	30	30	30	30	30	30	30	30
VB-VA	Pearson Correlation	.109	.367	.367	-.342	.400	-.285	.333	1	.355
	Sig. (2-tailed)	.568	.046	.046	.064	.028	.127	.073		.054
	N	30	30	30	30	30	30	30	30	30
aA	Pearson Correlation	-.237	.630	.359	-.475	.354	-.600	-.292	.355	1
	Sig. (2-tailed)	.207	.000	.051	.008	.055	.000	.118	.054	
	N	30	30	30	30	30	30	30	30	30

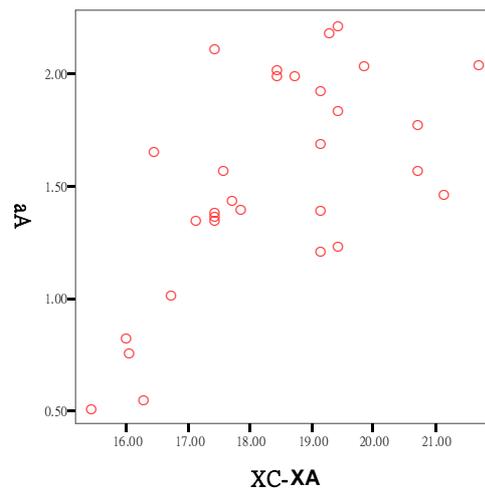


圖 4.63 目標車道前車與本車相對縱向距離(XC-XA)加速度關係圖

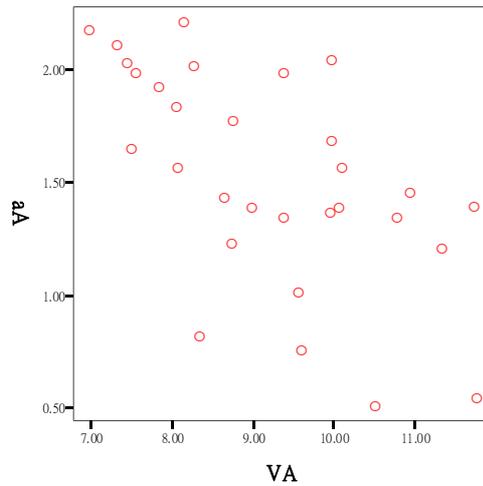


圖 4.64 本車車速(VA)與加速度關係圖

### 4.2.3 小結

本研究分析跟車方面，係以 GM 為基礎，進行駕駛者冒險性測試，以供模式之駕駛人冒險性分群。其結果顯示於第一次實驗之駕駛煞停距離明顯較第二次及第三次長，而第二次與第三次之實驗結果顯示已達較穩定之值，故採用第三次煞停據障礙物距離數據進行後續模式分析基礎。於跟車門檻值實驗方面，分別測試路段上以起始速度 60 公里/小時和 50 公里/小時下，相對速差 10 公里/小時及 20 公里/小時之相對跟車門檻值，其結果如表 4.2。

變換車道方面，以前方車種為大型車及小型車之六種型態進行研析。在前方車種為小型車方面，可發現變換車道之偏向角及加速度，本車車素有均有顯著相關，顯示不變換車道之偏向角受到本車車速影響，當本車車速越大，其偏向角越小；而於加速度方面，本車車速越大，其加速度值越小。其它影響之因素，目標車道前車亦為主要考量因素，此為考量變換車道完成後，避免與前車相撞(安全考量因素)，故會與加速度與偏向角相關。

表 4.16 前方車種為小型車本車車速及相關跟車距離

型態	目標車道僅有前車	目標車道僅有後車	目標車道前後均有車
本車車速(VA)(單位：公尺／秒)	12.34	11	12.47
前車與本車相對距離 (XB-XA)(單位：公尺)	18.66	15.66	18.31
目標車道前車與本車相對縱向 距離(XC-XA)(單位：公尺)	14.41		14.43
目標車道後車與本車相對縱向 距離(XA-XD)(單位：公尺)		11.92	10.51

表 4.17 前方車種為小型車變換車道加速度及偏向角數值與相關變數

型態	目標車道僅有前車	目標車道僅有後車	目標車道前後均有車
偏向角平均值(單位：度)	5.47	7.15	5.42
影響偏向角相關變數	本車車速、與目標車 道前車相對縱向距離	本車車速、與目標車 道後車相對縱向距離	本車車速、與目標車道前 車相對縱向距離
加速度平均值 (單位：公尺／秒平方)	1.26	1.25	1.25
影響加速度相關變數	本車車速、與目標車 道前車相對縱向距離	本車車速、與目標車 道後車相對縱向距離	本車車速、與目標車道前 車相對縱向距離

在前方為大型車部份，可發現變換車道前本車距前車相對距離較前方車種為小型車之跟車距離來得長，此與以往針對大型車跟車距離之研究有相同之結果，故若前方為大型車，本車駕駛者會因為感受不舒適或壓迫感，在變換車道前與前車相對距離會與前方為小型車保持較遠距離。

表 4.18 前方車種為大型車本車車速及相關跟車距離

型態	目標車道僅有前車	目標車道僅有後車	目標車道前後均有車
本車車速(VA)(單位：公尺／秒)	9.25	11.6	8.84
前車與本車相對距離 (XB-XA)(單位：公尺)	24.89	20.47	23
目標車道前車與本車相對縱向 距離(XC-XA)(單位：公尺)	18.26		14.43
目標車道後車與本車相對縱向 距離(XA-XD)(單位：公尺)		12.7	12.81

表 4.19 前方車種為大型車變換車道加速度及偏向角數值與相關變數

型態	目標車道僅有前車	目標車道僅有後車	目標車道前後均有車
偏向角平均值(單位：度)	7.06	8.71	7.22
影響偏向角顯著 相關變數	本車車速、前車相對 距離、與目標車道前 車相對縱向距離	本車車速	本車車速、與目標車道後 車相對縱向距離
加速度平均值 (單位：公尺／秒平方)	1.46	1.56	1.36
影響加速度顯著 相關變數	與目標車道前車相對 縱向距離	本車車速、與目標車 道後車相對縱向距離	本車車速、與目標車道前 車相對縱向距離



## 第五章 郊區公路汽車 GM 跟車模式門檻 及變換車道模式之構建

### 5.1 郊區公路路段 GM 跟車模式門檻

本研究將首先由第四章駕駛人行為特性分析後，檢定對 GM 跟車門檻之顯著變數，而後藉由駕駛人之冒險度分群，構建其 GM 跟車門檻。

#### 1. GM 跟車門檻之顯著變數檢定

在跟車門檻部分，由於本研究跟車門檻所測得之數據為起始速度以及相對距離，故本研究將先利用統計方法，檢定受測者在起始受測速度分別為 60km/h 及 50km/h 時，其前後車之相對速度是否對受測者 GM 跟車門檻值有所影響。其檢定項目在起始速度為 60km/h 時，相對速度 10km/h 與 20km/h，以及在起始速度 50km/h 時，相對速度 10km/h 與 20km/h 等。

##### a. 車速對受測者 GM 跟車門檻值的影響

(1) 受測者在相對速度為 10km/h：

$$d_{1i} - d_{2i} = d_i, i = 1, 2..30$$

$d_{1i}$ ：起始速度 60km/h 之 GM 跟車門檻值

$d_{2i}$ ：起始速度 50km/h 之 GM 跟車門檻值

$$H_0 : \mu_d = 0$$

$$H_1 : \mu_d \neq 0$$

$$|t_{29}| = 2.02 < t_{0.025, 29}$$

由上可知，在顯著水準為 0.05 下，受測者當時車速對於受測者 GM 跟車門檻值的影響並無顯著關係。

(2) 受測者在相對速度為 20km/h：

$$d_{1i} - d_{2i} = d_i, i = 1, 2, \dots, 30$$

$d_{1i}$  : 起始速度 60km/h 之 GM 跟車門檻值

$d_{2i}$  : 起始速度 50km/h 之 GM 跟車門檻值

$$H_0 : \mu_d = 0$$

$$H_1 : \mu_d \neq 0$$

$$|t_{29}| = 1.958 < t_{0.025, 29}$$

由上可知，在顯著水準為0.05下，受測者當時車速對於受測者GM跟車門檻值的影響並無顯著關係。

b. 相對速度對受測者 GM 跟車值之影響

(1) 受測者在起始受測速度為 60km/h :

$$d_{1i} - d_{2i} = d_i, i = 1, 2, \dots, 30$$

$d_{1i}$  : 相對速度 10km/h 之 GM 跟車門檻值

$d_{2i}$  : 相對速度 20km/h 之 GM 跟車門檻值

$$H_0 : \mu_d = 0$$

$$H_1 : \mu_d \neq 0$$

$$|t_{29}| = 6.813 > t_{0.025, 29}$$

由上可知，在顯著水準為0.05下，其相對速度10km/h與20km/h，對於受測者GM跟車門檻值有顯著影響。

(2) 受測者在起始受測速度為 50km/h :

$$d_{1i} - d_{2i} = d_i, i = 1, 2, \dots, 30$$

$d_{1i}$  : 相對速度 10km/h 之 GM 跟車門檻值

$d_{2i}$ ：相對速度 20km/h 之 GM 跟車門檻值

$$H_0 : \mu_d = 0$$

$$H_1 : \mu_d \neq 0$$

$$|t_{29}| = 4.204 > t_{0.025, 29}$$

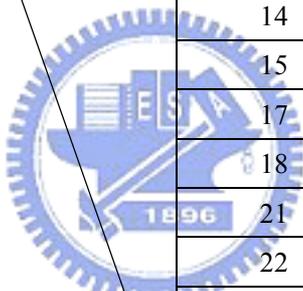
由上可知，在顯著水準為 0.05 下，其相對速度 10km/h 與 20km/h 對於受測者 GM 跟車門檻值有顯著影響。

因此由 a.與 b.之檢定結果，可發現影響郊區公路之跟車門檻顯著變數為”相對速度”，故本研究將選取此變數進行 GM 跟車門檻之構建。

## 2. 駕駛人分群

由於每位駕駛人知偏好、習性、反應能力各不相同，所對應之冒險度亦有差別[劉英標, 1996]，本研究乃將冒險度分為相對冒險性及相對不具冒險性等二個群組。而對應不同冒險度判定其冒險度高低之方式，乃藉由第四章之實驗針對三十位駕駛人測定煞停距離進行推論，將駕駛者之分群，其分類方法乃依據以往之研究([葉信宏, 1998]、[徐立新, 2005])，採用基準為歐基里德距離 (Euclidean distance)，而群落間之區分採用重心法 (Centroid method)。其分群結果如表 5.1 及表 4.2，受測者屬於相對不具冒險性駕駛人有 8 人，而相對具冒險性駕駛人有 22 人。由 Colbourn et al.(1978)之實驗發現，受測人員中於 2 年左右者，具有較高之冒險度，2~5 年中，其具有最高的冒險度。相反的，駕駛經歷 10 年以上，其冒險度反而為最低。由本實驗之分組結果亦呈現駕駛者 2~5 年之現象，可顯示本次實驗受測者並非隨機挑選，受到年齡分布之影響，因此相對具冒險性之受測者佔多數。

表 5.1 受測者分群表

相對不具冒險性	相對具冒險性
編號	編號
5	1
16	2
19	3
20	4
24	6
25	7
29	8
30	9
	10
	11
	12
	13
	14
	15
	17
	18
	21
	22
26	
27	
28	

### 3. GM跟車行為模式門檻：

由上述檢定結果，可發現於郊區公路上，駕駛人對於相對車速對於其跟車門檻有顯著影響。故本研究將受測者分為相對不具冒險性及相對具有冒險性二種，其跟車門檻距離定義如圖5.1，為後車車頭至前車車尾之距離。利用相對車速為變項，跟車門檻距離為應變項，使用線性迴歸方法建立GM跟車模式門檻，結果如5-1及5-2式：

(1) 相對不具冒險性之 GM 跟車模式門檻：

$$D_s = 33.93 + 2.1V_r \quad (R^2=0.26) \quad (5-1)$$

(t=11.83) (t=3.25)

(p=0.00) (p=0.00)

$D_s$  : 駕駛者GM跟車門檻值(公尺)

$V_r$  : 相對車速(公尺/秒)

(2) 相對具冒險性之 GM 跟車模式門檻 :

$$D_s = 23.89 + 1.62V_r \quad (R^2=0.14) \quad (5-2)$$

( $t=12.3$ ) ( $t=3.68$ )

( $p=0.00$ ) ( $p=0.00$ )

$D_s$  : 駕駛者GM跟車門檻值(公尺)

$V_r$  : 相對車速(公尺/秒)

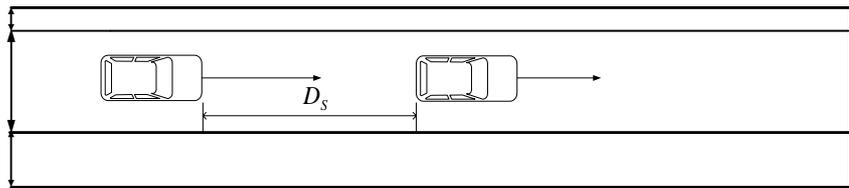


圖 5.1 GM 跟車門檻距離

由上可知，若是利用線性迴歸方式建立其跟車門檻，配適結果並不好。故本研究為了了解其實驗資料符合何種分配，利用SPSS檢定各種不同分配配適度，其結果均與線性迴歸配適度相差不大，如表5.2及表5.3所示。可發現由於樣本數經過分群後，群內樣本數過少(相對不具冒險性樣本數：8；相對具冒險性資料樣本數：22)，可能是產生各分配配適結果不好之主因。另一方面，由於本實驗並非每次於同一時段，非同日實驗，產生之誤差亦可能是影響此距離之因素。

表 5.2 相對具冒險性跟車門檻模式各分配配適表

Dependent Variable: Ds

Equation	Model Summary
	R Square
Linear	.136
Logarithmic	.136
Inverse	.136
Compound	.132
Power	.132
S	.132
Growth	.132
Exponential	.132

The independent variable is Vr

分向線 G

單車道 W

表 5.3 相對不具冒險性跟車門檻模式各分配配適表

Dependent Variable: Ds

Equation	Model Summary
	R Square
Linear	.267
Logarithmic	.207
Inverse	.207
Compound	.209
Power	.209
S	.209
Growth	.209
Exponential	.209

The independent variable is Vr.

為解決此問題，本研究擬採用將冒險度分類後，將資料進行統整分析，而進行 GM 跟車門檻之訂立，其流程如圖 5.2。分析兩種不同冒險度之平均數、中位數、極小值、極大值、變異數等，而其分析結果如表 5.5 及表 5.6。由表中可發現，GM 跟車門檻模式的建立，門檻值若是定為極大值，則與最小值差值過大(30 至 40 公尺)。而若採用平均數作為門檻值，因計算較簡單且容易進行分類，故本研究利用其平均值，訂立出如表 5.4 作為其 GM 跟車門檻。



圖 5.2 GM 跟車門檻訂立流程圖

表 5.4 GM 跟車門檻值

相 對 速 差 冒 險 性	相對速差2.67 公尺/秒	相對速差5.56 公尺/秒
相對具冒險性跟車門檻值 (單位：公尺)	28.4	32.92
相對不具冒險性跟車門檻值 (單位：公尺)	40.42	45.61

表 5.5 相對速差 2.78 公尺/秒(10 公里/小時)門檻值相關資料

	資料筆數	平均數	中位數	極小值	極大值	區間	變異數
相對具冒險性	44	28.4	28	19.7	42	22.3	26.73
相對不具冒險性	16	40.42	39.9	31.2	50.2	19	25.98

表 5.6 相對速差 5.56 公尺/秒(20 公里/小時)門檻值相關資料

	資料筆數	平均數	中位數	極小值	極大值	區間	變異數
相對具冒險性	44	32.92	33	21	48	27	40.57
相對不具冒險性	16	45.61	44.95	36.8	55.3	18.5	29.16

## 5.2 變換車道模式構建

本研究在變換車道模式構建方面，係針對偏向角及加速度分別建立其模式，而後再對於變換車道之決策模式。而在進行模式構建前，本研究將對模式的符號先進行定義，分述如下：

模式符號：

$\theta$ ：本車變換車道之偏向角(角度)

$\alpha$ ：敏感度參數

$\alpha_c$ ：前車為小型車時，敏感度參數

$\alpha_b$ ：前車為大型車時，敏感度參數

$S$ ：本車變換車道所行經之距離(公尺)

$t_0$ ：本車開始變換車道之時間

$t_1$ ：為完成變換車道所需之時間

$\Delta t'$ ：後段變換車道所需時間

$\Delta t$ ：前段變換車道中所需之時間，其值等於  $t_1 - t_0$

$V_A$ ：本車速度(公尺/秒)

$V_A^X$ ：本車縱向速度(公尺/秒)



$V_B$ ：前車速度(公尺/秒)

$V_C$ ：目標車道前車速度(公尺/秒)

$V_D$ ：目標車道後車速度(公尺/秒)

$X_A$ ：本車位置

$X_B$ ：前車為小型車位置

$X_C$ ：目標車道前車位置

$X_D$ ：目標車道後車位置

$a_A$ ：本車變換車道之加速度(公尺/秒平方)

$a_A^x$ ：本車變換車道之縱向加速度(公尺/秒平方)

$a_B$ ：前車為小型車之加速度(公尺/秒平方)

$a_C$ ：目標車道前車之加速度(公尺/秒平方)

$a_D$ ：目標車道後車之加速度(公尺/秒平方)

$K$ ：車長(公尺)

$H$ ：車寬(公尺)

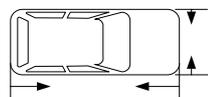


圖 5.3 車長及車寬示意圖

$E$ ：車輛橫向安全間距(公尺)

$R$ ：車輛縱向安全間距(公尺)

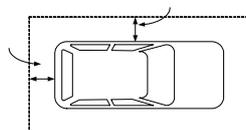


圖 5.4 車輛安全間距示意圖

### 5.2.1 變換車道偏向角模式

變換車道偏向角方面，對於第四章 4.2 節所分析本車加速度偏向角所影響之變數，本研究將針對(1)車種：前方車種為小型車、大型車，以及(2)目標車道僅有前車、僅有後車、前後均有車之六種組合情境，分別利用多元線性迴歸建立其偏向角模式。

#### a. 前方車種為小型車之偏向角模式

##### (1) 目標車道僅有前車與目標車道前後均有車偏向角模式

由前述 4.2 節所分析結果，目標車道僅有前車(無後車)與目標車道前後均有車此二型態，其影響變換車道之變數均為為本車車速 (VA) 以及鄰前車與本車速差 (XC-XA)，故本研究將之合併為單一模式，使用線性多元回歸建立其偏向角模式：

$$\theta = 12.353 - 0.103(XC - XA) - 0.437VA \quad (R^2=0.656) \quad (5-3)$$

(t=21.799)	(t=-4.595)	(t=-8.543)
(p=0.00)	(p=0.00)	(p=0.00)

##### (2) 目標車道僅有後車偏向角模式

影響本車變換車道之變數為本車車速(VA)(相關係數達-0.664)，故利用此變數構建其偏向角模式：

$$\theta = 13.421 - 0.581VA \quad (R^2=0.441) \quad (5-4)$$

(t=9.814)	(t=-4.703)
(p=0.00)	(p=0.00)

綜合上述模式，在郊區公路路段汽車變換車道方面，前方車種為小型車情況下偏向角，駕駛人為保持行車之舒適，主要考量之因素為本車車速(VA)，在本車車速越快下，其偏向角會較小，而本車車速較小下，偏向角則會越大，此研究亦與傅耀南(1988)、李樑堅(1992)最大偏向角方程式(當車輛車速越快，最大偏向角則越小)、邱顯鳴(1995)，徐立新(2005)之研究結果(車輛車速越快，其變換車道之

長度越長，代表偏向角越小，車速越慢，變換車道之長度越短，偏向角則越大)相符。而若目標車道有車，則變換車道偏向角的大小不但要考慮到變換車道過程中的車輛操控安全性及舒適性，還要顧慮到是否會與目標車道前車碰撞，且因本車要能安全迅速的切入目標車道，故亦會考量其與目標車道前車之相對距離(XC-XA)。

#### b. 前方車種為大型車之偏向角模式

##### (1) 目標車道僅有前車偏向角模式

$$\theta = 13.575 - 0.204(XC - XA) - 0.114(XB - XA) \quad (R^2=0.752) \quad (5-5)$$

(t=13.915)	(t=-3.256)	(t=-5.386)
(p=0.00)	(p=0.00)	(p=0.00)

##### (2) 目標車道僅有後車偏向角模式

$$\theta = 19.772 - 1.043VA \quad (R^2=0.568) \quad (5-6)$$

(t=10.642)	(t=-6.072)
(p=0.00)	(p=0.00)



##### (3) 目標車道前後均有車偏向角模式

$$\theta = 7.186 - 0.18(XD - XA) - 0.254VA \quad (R^2=0.684) \quad (5-7)$$

(t=4.947)	(t=-4.346)	(t=-2.242)
(p=0.00)	(p=0.00)	(p=0.00)

### 5.2.2 變換車道加速度模式

由前章 4.2 節分析其變換車道特性，可發現郊區公路變換車道之加速度，分別受到本車車速及與目標車道前後車相對距離所影響，其型態類似刺激-反應之行為模式，而徐立新學長(2005) 係採用 GM 第三代所建構”刺激-反應”模式應用於高速公路變換車道模式，其驗證結果顯示績效良好。本研究將以此為基礎，建構變換車道加速度模式。同時而 GM 團隊認為，於刺激-反應之行為中，加入前車單位時間下一秒車速，會更為合理，本研究將納入考量。

此外，由於駕駛者對於本車前方之不同車種感受不同，故本研究擬由修正駕

駛人敏感度參數。若本車前方為小型車，則駕駛人敏感度參數修正為 $\alpha_c$ ，而若前方為大型車，則駕駛人敏感參數為 $\alpha_b$ 。

在加速度模式之上下限值方面，根據文獻 Ajay K. et al.(1983)及李樑堅(1982)所得知，小客車在各種不同的速度範圍內，有一定的最大加速度值，通常採用的值約為 2~3 公尺/秒平方，本研究所調查結果與此相近，最大值約為 2.8 公尺/秒平方，而減速度採用值如表 5.2，因此本研究以 2.8 做為加速度模式最大值之限制，而各類車輛之正常及最大減速度如表 5.3，故本研究則以減速度-2.04 公尺/秒平方做為加速度模式之下限值。

表 5.7 平坡上車輛最大加速度(ft/sec/sec)

Speed Range(ft/sec)	Passenger Car
0.0-22.0	11.733
22.0-44.0	7.333
44.0-58.7	6.747
58.7-73.3	5.867
73.3-88.0	4.546
>88.0	2.933

表 5.8 各類車輛之正常及最大減速度(公尺/秒平方)

車種	小型車	大型車
正常減速度	-2.04	-1.50
最大減速度	-8.05	-8.05

a.目標車道僅有前車加速度模式

(1) 目標車道僅有前車加速度模式（無目標車道後車）

經由變換車道特性分析，加速度會受到本車車速、與目標車道前車相對縱向

距離所影響。因而縱向加速度模式如下：

$$a_A^x(t_0 + \Delta t) = \frac{\alpha[V_C(t_0 + \Delta t)]}{X_C(t_0) - X_A(t_0)} [V_C(t_0) - V_A^x(t_0)] \quad (5-8)$$

藉由向量之分解： $a_A \cdot \cos\theta = a_A^x$

故其目標車道僅有前車加速度為：

$$a(t_0 + \Delta t) = \frac{a_A^x(t_0 + \Delta t)}{\cos\theta} = \frac{\alpha[V_C(t_0 + \Delta t)]}{\cos\theta[X_C(t_0) - X_A(t_0)]} [V_C(t_0) - V_A^x(t_0)] \quad (5-9)$$

而駕駛人在變換車道時，會因為前方車種的不同，因而會有不同的駕駛人敏感度，故建構前方車種為小型車時，其加速度為：

$$a_{A,c}(t_0 + \Delta t) = \frac{a_A^x(t_0 + \Delta t)}{\cos\theta} = \frac{\alpha_c[V_C(t_0 + \Delta t)]}{\cos\theta[X_C(t_0) - X_A(t_0)]} [V_C(t_0) - V_A^x(t_0)] \quad (5-10)$$

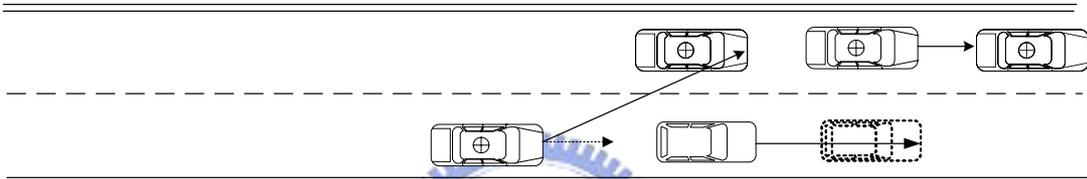


圖 5.5 目標車道僅有前車加速度模式示意圖

若前方車種為大型車，則其加速度為：

$$a_{A,b}(t_0 + \Delta t) = \frac{a_A^x(t_0 + \Delta t)}{\cos\theta} = \frac{\alpha_b[V_C(t_0 + \Delta t)]}{\cos\theta[X_C(t_0) - X_A(t_0)]} [V_C(t_0) - V_A^x(t_0)] \quad (5-11)$$

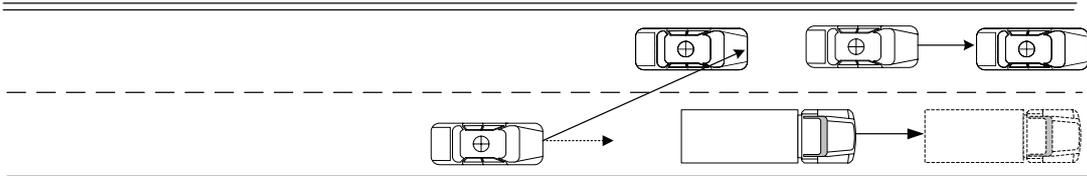


圖 5.6 目標車道僅有前車加速度模式示意圖

## 2. 僅有目標車道後車之變換車道加速度模式(無目標車道前車)：

經由加速度特性可得知，車輛在變換車道時，會考慮目標車道後車與本車之間的相對距離及本車速度。經由加速度特性分析後，在距離越近的情況下，其加速度則越快，並且相對距離越遠，則刺激越小，故本研究構建在僅有目標車道後車(無目標車道前車)之情況下變換車道加速度模式如式 5-12：

$$a_A^x(t_0 + \Delta t) = \frac{\alpha[V_A^x(t_0 + \Delta t)]}{X_A(t_0) - X_D(t_0)} [V_A^x(t_0) - V_D(t_0)] \quad (5-12)$$

5-12 式中，

$$V_A^x(t_0 + \Delta t) = V_A^x(t_0) + a_A^x(t_0 + \Delta t) \cdot \Delta t \quad (5-13)$$

將之帶入 5-12，得到：

$$a_A^x(t_0 + \Delta t) = \frac{\alpha[V_A^x(t_0) + a_A^x(t_0 + \Delta t) \cdot \Delta t]}{X_A(t_0) - X_D(t_0)} [V_A^x(t_0) - V_D(t_0)] \quad (5-14)$$

5-14 式中等號兩邊均會出現  $a_A^x(t_0 + \Delta t)$ ，由於  $V_A^x(t_0)$  以及  $\Delta t$  均為已知，故仍可以求解，而接下來同樣利用向量之分解： $a_A \cdot \cos\theta = a_A^x$ ，得到 5-15 式：

$$a_A(t_0 + \Delta t) = \frac{a_A^x(t_0 + \Delta t)}{\cos\theta} = \frac{\alpha[V_A^x(t_0) + a_A^x(t_0 + \Delta t) \cdot \Delta t]}{\cos\theta[X_A(t_0) - X_D(t_0)]} [V_A^x(t_0) - V_D(t_0)] \quad (5-15)$$

在觀察駕駛者變換車道時，因為對於目標車道後車車速僅能由後照鏡所得，與對前車之速度感受有所差異。故本研究引用徐立新所加入之參數，將式 5-15 增加參數  $\lambda$ ，做為駕駛者對於目標車道後車車速之感受調整因子，因此駕駛者變換車道加速度修正如下：

a. 若  $V_A^x(t_0) - \lambda \cdot V_D(t_0) \leq 0$ ，

$$a_A(t_0 + \Delta t) = -\frac{\alpha[V_A^x(t_0) + a_A^x(t_0 + \Delta t) \cdot \Delta t]}{\cos\theta[X_A(t_0) - X_D(t_0)]} [V_A^x(t_0) - \lambda \cdot V_D(t_0)] \quad (5-16)$$

b. 當  $V_A^x(t_0) - \lambda \cdot V_D(t_0) > 0$ ，則不考慮目標車後車的影響。

因此當僅有目標車道後車的考慮不同車種

若  $V_A^x(t_0) - \lambda \cdot V_D(t_0) \leq 0$ ，前方車種為小型車，其加速度模式：

$$a_{A,c}(t_0 + \Delta t) = -\frac{\alpha_c[V_A^x(t_0) + a_A^x(t_0 + \Delta t) \cdot \Delta t]}{\cos\theta[X_A(t_0) - X_D(t_0)]} [V_A^x(t_0) - \lambda \cdot V_D(t_0)] \quad (5-17)$$

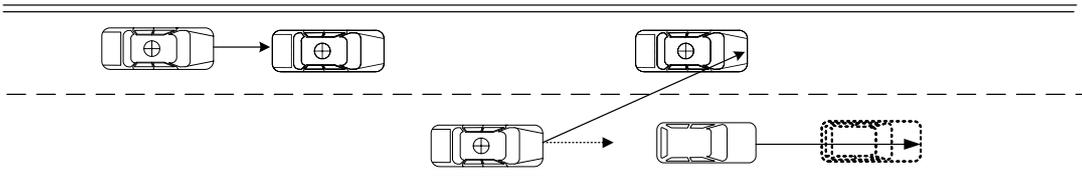


圖 5.7 僅有目標車道後車之變換車道加速度模式示意圖

若  $V_A^X(t_0) - \lambda \cdot V_D(t_0) \leq 0$ ，前方車種為大型車，其加速度模式：

$$a_{A,b}(t_0 + \Delta t) = -\frac{\alpha_b [V_A^X(t_0) + a_A^x(t_0 + \Delta t) \cdot \Delta t]}{\cos \theta [X_A(t_0) - X_D(t_0)]} [V_A^X(t_0) - \lambda \cdot V_D(t_0)] \quad (5-18)$$

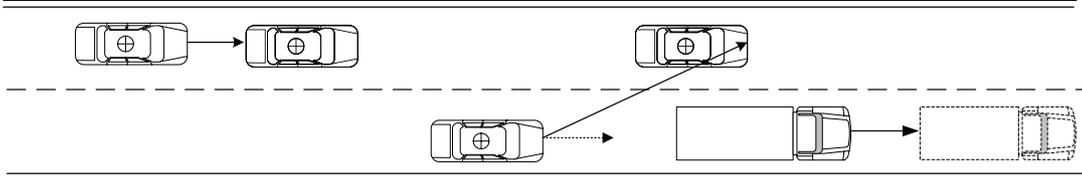


圖 5.8 僅有目標車道後車之變換車道加速度模式示意圖

當  $V_A^X(t_0) - \lambda \cdot V_D(t_0) > 0$ ，不受目標車道後車之影響。

### 3. 在有目標車道前、後車之加速度模式：

#### (2) 在有目標車道前、後車之加速度模式：

當在有目標車道前、後車時，以往文獻變換車道加速度特性，區分於兩段加速度進行探討，如林宏達(2001)。同時本研究 4.2 節研析目標車道前後均有車情況，若本車前方為小型車，其加速度與目標車道前車相對距離有影響關係，然而若本車前方為大型車，則加速度與目標車道後車相對距離有顯著關係，故本研究將一起考量，分為兩段加速度分別進行考量，其中前段加速度受到後車相對距離所影響，若：

D

#### (1) $V_A^X(t_0) - \lambda \cdot V_D(t_0) > 0$ ：快車道

則表示本車不受目標車道後車之影響，加速度僅受目標車道前車之影響，加速度模式與僅有目標車道前車之加速度模式相同，如前 5-12 式。

#### (2) $V_A^X(t_0) - \lambda \cdot V_D(t_0) \leq 0$ ，慢車道

則前段加速度，如式 5-19：

$$a_{A1}(t_0 + \Delta t) = -\frac{\alpha [V_A^X(t_0) + a_A^x(t_0 + \Delta t) \cdot \Delta t]}{\cos \theta [X_A(t_0) - X_D(t_0)]} [V_A^X(t_0) - \lambda \cdot V_D(t_0)] \quad (5-19)$$

後段加速度，如式 5-20：

$$a_{A2}(t_1 + \Delta t') = \frac{a_A^x(t_1 + \Delta t)}{\cos \theta} = \frac{\alpha [V_C(t_1 + \Delta t')]}{\cos \theta [X_C(t_1) - X_A(t_1)]} [V_C(t_1) - V_A^x(t_1)] \quad (5-20)$$

5-19 與 5-20 式中，

$a_{A1}$ ：本車前段加速度

$a_{A2}$ ：本車後段加速度

$t_0$ ：本車開始變換車道之時間

$t_1$ ：本車開始後段加速度之變換車道時間， $t_1 = t_0 + \Delta t$

故由式 5-19 及式 5-20 可求得變換車道前段過程加速度及後段過程加速度。

而修正其駕駛者敏感度參數後，在  $V_A^x(t_0) - \lambda \cdot V_D(t_0) \leq 0$  時，可得到前方車種為小型車之變換車道加速度模式，如式 5-21 及 5-22：

其前段加速度為式 5-21：

$$a_{A1,c}(t_0 + \Delta t) = -\frac{\alpha_c [V_A^x(t_0) + a_A^x(t_0 + \Delta t) \cdot \Delta t]}{\cos \theta [X_A(t_0) - X_D(t_0)]} [V_A^x(t_0) - \lambda \cdot V_D(t_0)] \quad (5-21)$$

而後段加速度為式 5-22：

$$a_{A2,c}(t_1 + \Delta t') = \frac{\alpha_c [V_C(t_1 + \Delta t')]}{\cos \theta [X_C(t_1) - X_A(t_1)]} [V_C(t_1) - V_A^x(t_1)] \quad (5-22)$$

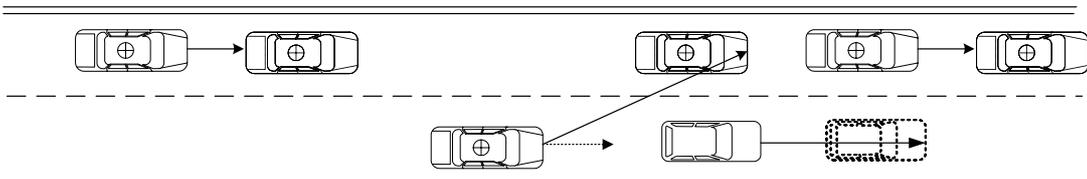


圖 5.9 目標車道前、後均有車之加速度模式示意圖

而前方車種為大型車之變換車道加速度模式，如式 5-23 及 5-24：

其前段加速度為式 5-23：

$$a_{A1,b}(t_0 + \Delta t) = -\frac{\alpha_b [V_A^x(t_0) + a_A^x(t_0 + \Delta t) \cdot \Delta t]}{\cos \theta [X_A(t_0) - X_D(t_0)]} [V_A^x(t_0) - \lambda \cdot V_D(t_0)] \quad (5-23)$$

而後段加速度為式 5-24：

$$a_{A2,b}(t_1 + \Delta t') = \frac{\alpha_b [V_c(t_1 + \Delta t')]}{\cos \theta [X_c(t_1) - X_A(t_1)]} [V_c(t_1) - V_A^x(t_1)] \quad (5-24)$$

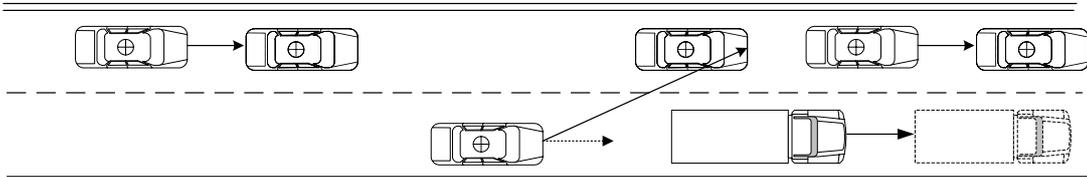


圖 5.10 目標車道前、後均有車之加速度模式示意圖

### 5.2.3 變換車道決策準則

本研究於此節探討本車為小型車，面對前方不同車種，其變換車道之決策，如圖 5.11。將分別探討：(一)前方所面對車種為大型車或小型車。(二)駕駛者變換車道之動機。(三)比較目前車道與目標車道之車流情況，以做為是否要變換車道之依據。(四)預測駕駛者完成變換車道後是否會與目標車道之前車及後車碰撞，以判斷駕駛者是否會變換車道。



快車道

D

慢車道

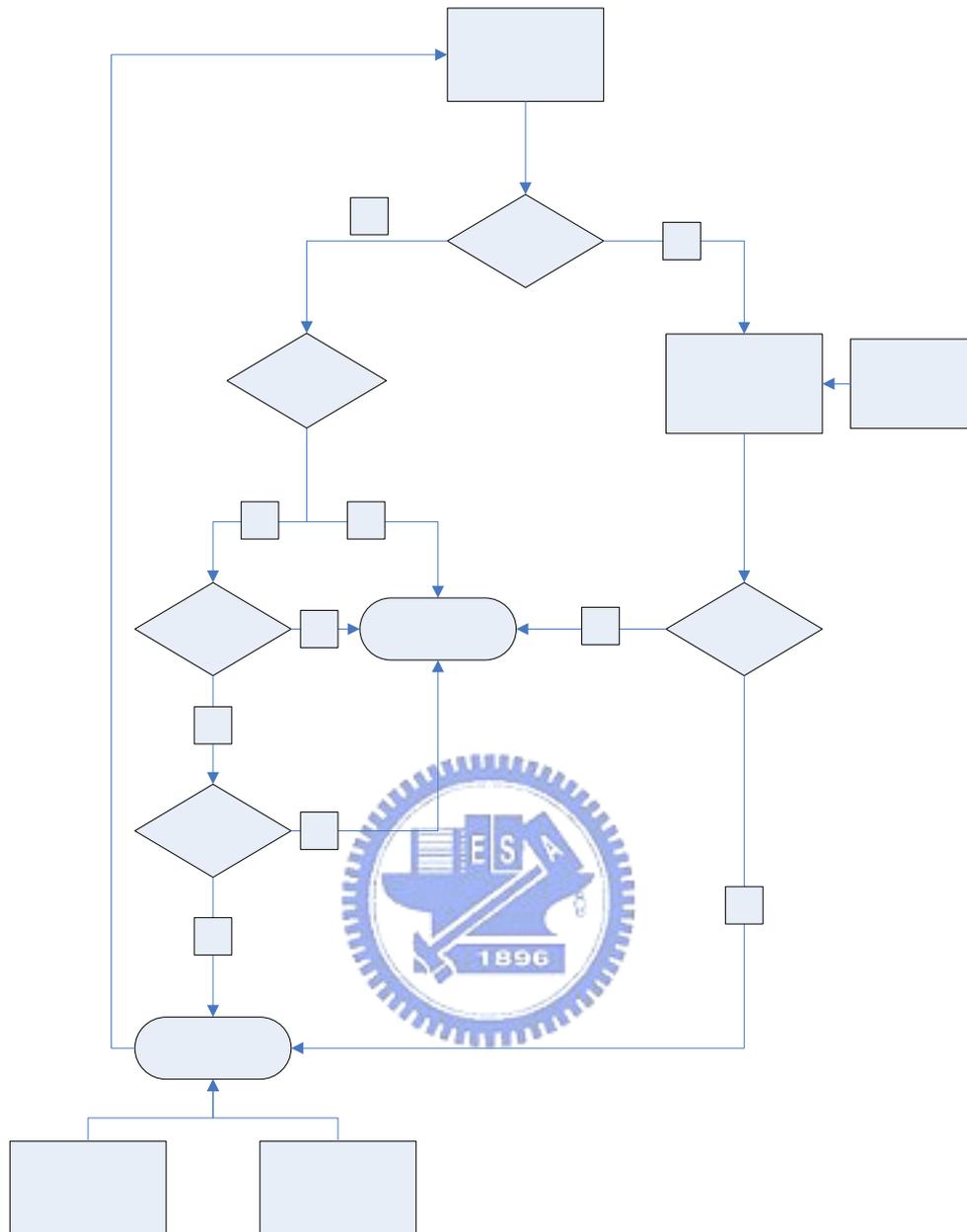


圖 5.11 變換車道決策模式架構圖

**(一)前方所面對車種為大型車或小型車**

在本車欲變換車道前，前方車種不同，會影響駕駛人之變換車道意願。由於國內少有討論當前車為大型車時，本車為小型車之駕駛者決策行為。國外進年研究中，Srinivas Peeta et. al(2005)中，該研究係採取模糊方法進行駕駛人決策，區分為自由車流速率、可容忍速率。其理論基礎為當駕駛人前車為小型車，在本車道達到自由車流速率(free flow speed)變不會變換車道，當在自由車流至可容忍速

率(intolerance speed)下，則會有一機率值產生變換車道動機，若降至可容忍速率下，則一定會變換車道。然而，當面對前方車種為卡車時，則即使達到自由車流速率，仍然會有變換車道之動機。故本研究乃以此理念為基礎，在前方為不同車種下，訂定變換車道之動機。

## (二) 變換車道之動機

一般而言駕駛者會變換車道的動機大致上而可分二種形態，一為強迫性，如由匝道併入主線道、主線併入匝道、因前方車道縮減或事故等而採取變換車道。另一種則為任意性，主要是因為駕駛者想改變目前的行車狀況而有變換車道之動機，如行車速度低於期望速度、前車為大客車或重車等。本研究研究基礎為駕駛者變換車道之動機，是為改變行車速度，然而由本研究採用之郊區公路攝影資料方式，本研究無法得知駕駛者之期望速度，然而經由資料調查分析後，可歸納為下兩點：

- (1) 當前車車速低於本車車速到達一臨界值時，大部份車輛會變換車道。
- (2) 當本車逼近前車達到一距離時，大部份車輛會變換車道。

因此由上所述，本研究所蒐集之變換車道資料可得當前車車速低於本車車速 1.82 公尺/秒時，有 85%車輛會採取變換車道，故本研究則訂定駕駛者變換車道之動機條件為：

a. 當前車為小型車時：

$$\text{本車車速} - \text{前車車速} \geq 1.82 \text{公尺/秒}$$

b. 當前車為大型車時：

$$\text{本車車速} - \text{前車車速} \geq 1.82 \text{公尺/秒} \quad \Longrightarrow \quad \text{有變換車道動機}$$

$$0 \leq \text{本車車速} - \text{前車車速} < 1.82 \text{公尺/秒} \quad \Longrightarrow \quad \text{若目標車道與本車相對縱向距離} > \text{目標車道與本車相對速差，有變換車道動機}$$

## (二) 比較目前車道與目標車道之車流情況及本車與前車之變換車道

### 最小安全距離

當駕駛者產生變換車道之動機後，此時便要考量目標車道車流情況是否符合期望或是比目前所在車道之車流情況佳，經由郊區公路攝影資料可得知，變換車道之車輛在完成變換車道後，其車速一定會大於或等於變換前車速。

此部分參考徐立新(2005)之最小安全變換車道最小安全距離推導模式。車輛在變換車道時，必須考慮與前車的相對距離及相對速度，避免在變換車道的過程中與前車碰撞。本研究定義車輛在變換車道前與前車應保持之變換車道最小安全距離為本車在偏向角 $\theta$ 變換車道時，當前車採取 $a_B$ 加速度行駛，本車變換車道之過程中不致與前車發生碰撞所需是最小安全距離，其最小距離如式 5-29：

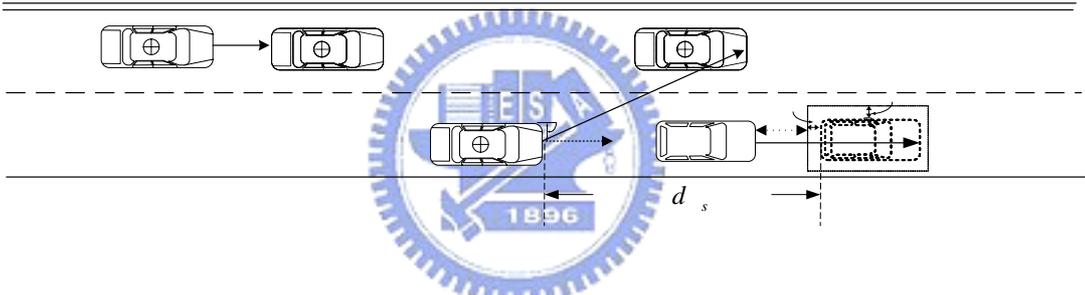


圖 5.12 本車與前車之變換車道最小安全距離圖

$$d_s = X_B(t_0) - X_A(t_0) = [X_A(t_0 + t_c) - X_A(t_0)] - S \quad (5-25)$$

其中，

$$X_A(t_0 + t_c) - X_A(t_0) = \frac{0.5H + 0.5H + E}{\tan \theta} = \frac{H + E}{\tan \theta} = V_A(t_0)t_c + \frac{1}{2}a_A^X(t_0 + \Delta t)t_c^2 \quad (5-26)$$

藉由上式可得 $t_c$ 。

$$S = [X_B(t_0 + t_c) - X_B(t_0)] - R - K \quad (5-27)$$

$$X_B(t_0 + t_c) - X_B(t_0) = V_B(t_0)t_c + \frac{1}{2}[a_B(t_0 + \Delta t)]t_c^2 \quad (5-28)$$

因此本車變換車道與前車在偏向角 $\theta$ 變換車道時，當前車採取 $a_B$ 加速度行駛時，本車變換車道之過程中不致與前車發生碰撞所需是最小安全距離為：

$$d_s = V_A(t_0)t_c + \frac{1}{2}[a_A^x(t_0 + \Delta t)]t_c^2 - V_B(t_0)t_c - \frac{1}{2}[a_B(t_0 + \Delta t)]t_c^2 + R + K \quad (5-29)$$

$d_s$ ：本車變換車道與前車之最小安全距離

由上式求得車輛在變換車道偏向角為 $\theta$ 的情況下，與前車所應保持之變換車道最小安全距離。因而若符合此一變換車道最小安全距離，則會有變換車道行為之產生。



## 第六章 變換車道模式參數校估與驗證

本研究將針對第五章所建立之變換車道進行參數校估及驗證，以了解本研究所建構之模式是否合理。因此在所蒐集之郊區公路錄影資料部份，變換車道行為模式驗證方面共 75 筆樣本，其中包括有前方車種為小型車僅有目標車道前車之變換車道 30 筆樣本、前方車種為小型車僅有目標車道前車之變換車道 15 筆樣本，而前方車種為大型車僅有目標車道前車之變換車道 15 筆樣本，以及前方車種為大型車僅有目標車道後車之變換車道 15 筆樣本。本章節將所建立郊區公路之變換車道加速度模式參數進行校估，而後針對變換車道偏向角、加速度進行驗證。於驗證資料中，為方便計算，故單位時間車速定為一秒。

### 6.1 變換車道加速度模式參數校估

#### 6.1.1 敏感度 $\alpha_c$ 及 $\alpha_b$ 參數校估

本研究在假設前方目標為小型車僅有目標車道前車、目標車道後車之變換車道以及目標車道前、後均有車之變換車道之加速度模式參數  $\alpha_c$  相同，而前方車種為大型車之  $\alpha_b$  亦相同。並且由第五章之變換車道加速度特性可了解，在僅有目標車道前車之變換車道加速度以及目標車道前、後均有車之變換車道之後段加速度特性相似，皆受到目標車道前車與本車之相對距離及本車的影響，故本研究分別取這二種情況之樣本，並以最小平方方法合併校估參數  $\alpha$ ，其校估之結果為  $\alpha_c=0.367(t=6.52, p=0.00)$ ， $\alpha_b=1.854(t=6.299, p=0.00)$

#### 6.1.2 目標車道後車速度調整因子 $\lambda$ 參數校估

在加速度敏感度參數  $\alpha_c=0.367$  的情況下，其僅有前方車種為小型車目標車道後車之變換車道之加速度模式及目標車道前、後均有車之變換車道前段加速度模式如 6-1 式：

$$a_{A1}(t_0 + \Delta t) = -\frac{0.637[V_A^x(t_0) + a_A^x(t_0 + \Delta t) \cdot \Delta t]}{\cos\theta[X_A(t_0) - X_D(t_0)]} [V_A^x(t_0) - \lambda \cdot V_D(t_0)] \quad (6-1)$$

同理，在前方車種為大型車時目標車道後車之變換車道之加速度模式及目標車道前、後均有車之變換車道前段加速度模式如 6-2 式：

$$a_{A1}(t_0 + \Delta t) = -\frac{1.854[V_A^x(t_0) + a_A^x(t_0 + \Delta t) \cdot \Delta t]}{\cos\theta[X_A(t_0) - X_D(t_0)]}[V_A^x(t_0) - \lambda \cdot V_D(t_0)] \quad (6-2)$$

而第五章變換車道加速度特性可說明僅有目標車道後車之變換車道加速度以及目標車道前、後均有車之變換車道之前段加速度特性相似，皆受到本車與目標車道後車之相對距離影響，故本研究仍以最小平方法，將這二種情況之樣本合併校估目標車道後車速度調整因子 $\lambda$ ，帶入其結果得到為 $\lambda = 0.624$ 。

## 6.2 變換車道模式驗證

### 6.2.1 本車前方為小型車之變換車道行為模式驗證

本研究另外取出僅有目標車道前車 30 筆樣本、僅有目標車道後車及目標車道前後均有車三種情況各 15 筆變換車道樣本，以做為驗證模式之用。本研究將分別對上述三種變換車道之狀況驗證其偏向角模式及加速度模式。

#### 1. 僅有目標車道前車之變換車道模式驗證

由表 6.1 可知在偏向角模式之平均誤差百分比為 5.38%，而加速度平均誤差則為 9.32%，由此可得知模式值與實際值差異性並不太大。本研究也利用統計檢定方法，來檢定模式所得之值與實際值差異性是否顯著，其檢定結果模式預測值與實際值無顯著差異。

##### (1) 偏向角模式檢定

$$\theta_i^* - \theta_i = d_i, i = 1, 2, \dots, 30$$

$\theta_i^*$ ：模式偏向角

$\theta_i$ ：實際偏向角

$$H_0 : \mu_d = 0$$

$$H_1 : \mu_d \neq 0$$

$$|t_{29}| = 1.593 < t_{0.025, 29}$$

##### (2) 加速度模式檢定

$$a_{Ai}^* - a_{Ai} = d_i, i = 1, 2, \dots, 30$$

$a_{Ai}^*$  : 模式加速度

$a_{Ai}$  : 實際加速度

$$H_0 : \mu_d = 0$$

$$H_1 : \mu_d \neq 0$$

$$|t_{29}| = 1.984 < t_{0.025, 29}$$

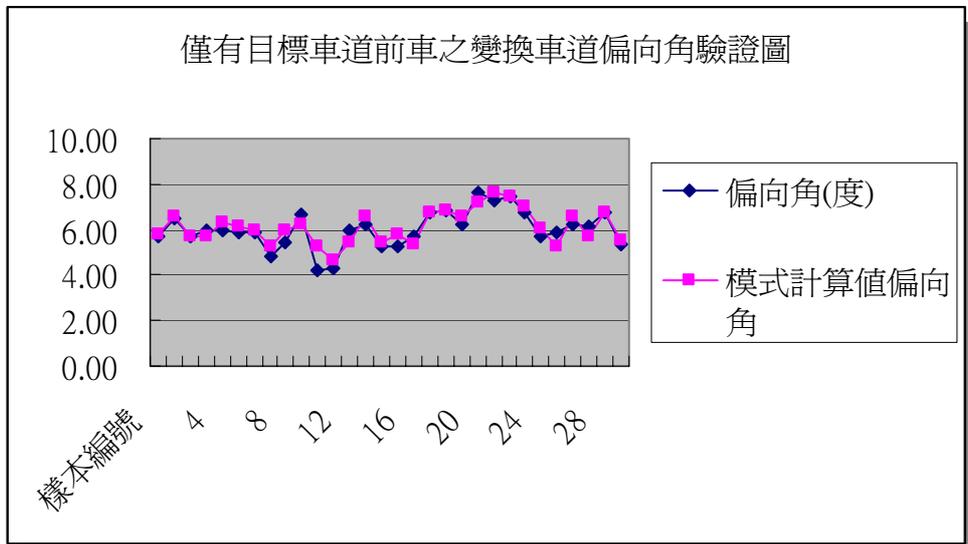


圖 6.1 僅有目標車道前車之變換車道偏向角模式驗證圖

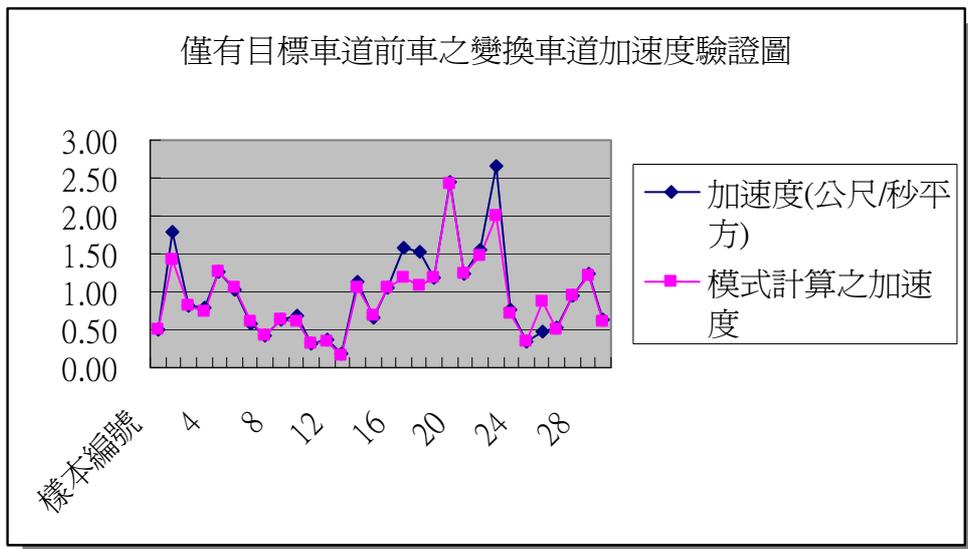


圖 6.2 僅有目標車道前車之變換車道加速度模式驗證圖

表 6.1 僅有目標車道前車之變換車道模式驗證資料表

編號	本車車速 (m/s)	目標車道前車與本車相對速度 (m/s)	目標車道前車與本車之相對距離 (m)	目標車道前車下一秒車速 (m/s)	實際偏向角 (角度)	模式偏向角 (角度)	偏向角誤差百分比 (%)	實際加速度 (m/s <sup>2</sup> )	模式加速度 (m/s <sup>2</sup> )	差距 (m/s <sup>2</sup> )	加速度誤差百分比 (%)
1	11.07	2.13	17.27	11.03	5.69	5.76	1.22	0.50	0.50	0.00	0.98
2	9.58	4.29	15.42	13.95	6.51	6.61	1.44	1.78	1.43	0.35	19.87
3	10.68	3.14	19.42	13.92	5.70	5.73	0.41	0.83	0.83	0.00	0.15
4	10.78	2.57	19.13	15.1	5.95	5.71	3.98	0.80	0.74	0.06	6.95
5	10.54	4.01	13.85	11.8	5.98	6.33	5.78	1.27	1.25	0.02	1.33
6	10.54	3.38	15.42	13	5.92	6.18	4.31	1.03	1.05	0.01	1.30
7	10.61	2.55	17.1	11.01	5.85	5.98	2.27	0.59	0.60	0.01	2.19
8	12.25	1.50	17.27	13.29	4.83	5.23	8.16	0.43	0.43	0.01	1.53
9	10.67	2.15	16.	13.1	5.45	5.99	9.90	0.64	0.62	0.02	3.37
10	10.88	1.67	13.42	13	6.68	6.22	6.96	0.69	0.60	0.09	13.65
11	11.91	1.00	18.84	15.88	4.20	5.23	24.58	0.32	0.31	0.01	2.80
12	12.84	1.42	20.70	13.8	4.32	4.63	7.08	0.37	0.35	0.02	6.02
13	12.49	0.37	13.5	15.73	5.97	5.48	8.33	0.17	0.16	0.02	9.29
14	9.83	3.47	14.85	12.15	6.24	6.55	4.98	1.14	1.04	0.10	8.84
15	11.97	2.42	16.70	12.82	5.25	5.41	3.03	0.66	0.68	0.03	3.86
16	12.05	2.69	12.85	13.52	5.26	5.75	9.30	1.06	1.04	0.02	1.86
17	12.68	2.90	13.71	15.22	5.71	5.38	5.71	1.57	1.18	0.39	24.59
18	9.50	2.70	13.85	14.98	6.75	6.80	0.76	1.53	1.07	0.46	30.10
19	9.26	4.64	14.56	10.11	6.87	6.84	0.55	1.17	1.18	0.01	0.89
20	10.64	4.23	10.85	16.89	6.20	6.58	6.00	2.45	2.42	0.03	1.17
21	9.19	3.21	10.85	11.3	7.63	7.23	5.29	1.23	1.23	0.00	0.04
22	9.14	2.37	7.28	12.23	7.30	7.59	4.07	1.55	1.46	0.09	5.77
23	9.76	2.08	5.42	14.22	7.49	7.50	0.07	2.65	2.01	0.64	24.19
24	9.02	1.99	13.42	13.1	6.74	7.06	4.62	0.75	0.71	0.04	5.39
25	10.30	1.23	17.42	12.9	5.69	6.09	7.09	0.35	0.34	0.02	5.17
26	11.54	3.55	19.99	13.19	5.86	5.28	9.82	0.46	0.86	0.40	85.67
27	8.99	1.55	18.42	16.01	6.21	6.58	6.03	0.54	0.50	0.04	7.67
28	11.82	2.24	14.14	16.03	6.14	5.72	6.79	0.94	0.94	0.00	0.01
29	9.62	4.89	14.14	9.58	6.74	6.71	0.47	1.24	1.22	0.03	2.07
30	11.82	2.17	16.28	12.32	5.38	5.52	2.49	0.62	0.60	0.02	2.99

## 2. 僅有目標車道後車之變換車道模式驗證

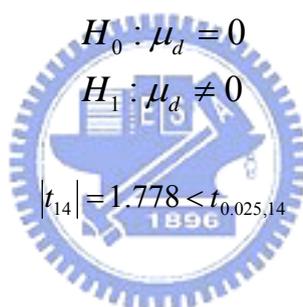
由表 6.2 可知，在偏向角模式之平均誤差百分比為 8.8%，而加速度平均誤差則為 30.6%，由此可得知模式值與實際值差異性並不太大。本研究也利用統計檢定方法，來檢定模式所得之值與實際值差異性是否顯著，其檢定結果顯示預測值與實際值相差不大。

### (1) 偏向角模式檢定

$$\theta_i^* - \theta_i = d_i, i=1,2,\dots,15$$

$\theta_i^*$ ：模式偏向角

$\theta_i$ ：實際偏向角


$$H_0: \mu_d = 0$$
$$H_1: \mu_d \neq 0$$
$$|t_{14}| = 1.778 < t_{0.025,14}$$

### (2) 加速度模式檢定

$$a_{Ai}^* - a_{Ai} = d, i=1,2,\dots,15$$

$a_{Ai}^*$ ：模式加速度

$a_{Ai}$ ：實際加速度

$$H_0: \mu_d = 0$$

$$H_1: \mu_d \neq 0$$

$$|t_{14}| = 2.137 < t_{0.025,14}$$

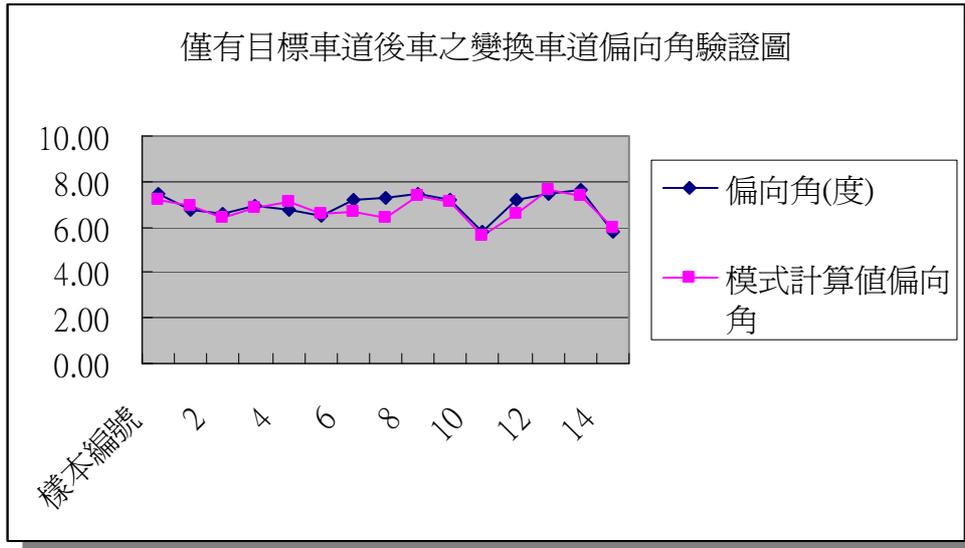


圖 6.3 僅有目標車道後車之變換車道偏向角模式驗證圖

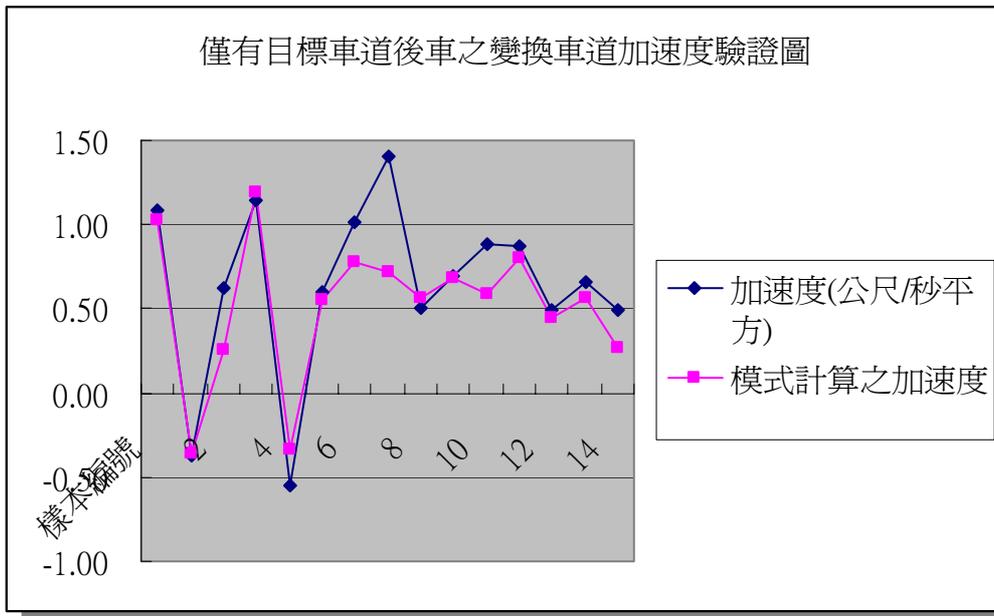


圖 6.4 僅有目標車道後車之變換車道加速度模式驗證圖

表 6.2 僅有目標車道後車之變換車道模式驗證資料表

編號	本車車速 (m/s)	目標車道後車與本車相對速度 (m/s)	目標車道前車與本車之相對距離 (m)	本車下一秒車速 (m/s)	實際偏向角 (角度)	模式偏向角 (角度)	偏向角誤差百分比 (%)	實際加速度 (m/s <sup>2</sup> )	模式加速度 (m/s <sup>2</sup> )	差距 (m/s <sup>2</sup> )	加速度誤差百分比 (%)
1	10.85	4.00	16.99	11.94	7.47	7.23	3.23	1.09	1.03	0.06	5.41
2	11.42	-0.87	9.85	11.05	6.78	6.90	1.76	-0.37	-0.36	0.01	-3.95
3	12.28	0.57	10.57	12.90	6.54	6.41	1.96	0.62	0.26	0.36	58.63
4	11.57	4.71	18.42	12.71	6.93	6.82	1.60	1.14	1.19	0.05	4.45
5	11.14	-0.86	10.00	10.59	6.77	7.06	4.40	-0.55	-0.33	0.22	-39.80
6	12	1.29	10.71	12.59	6.53	6.58	0.74	0.60	0.55	0.04	6.78
7	11.76	3.82	22.99	12.77	7.15	6.71	6.21	1.01	0.78	0.23	22.88
8	12.28	3.14	22.13	13.68	7.24	6.41	11.39	1.40	0.71	0.69	49.11
9	10.57	2.57	18.42	11.07	7.43	7.39	0.53	0.50	0.57	0.07	12.96
10	11.12	2.89	18.42	11.81	7.16	7.08	1.15	0.70	0.68	0.02	2.73
11	13.71	2.43	22.13	14.59	5.77	5.60	2.97	0.88	0.59	0.29	33.16
12	12	3.43	20.27	12.87	7.23	6.58	9.03	0.87	0.80	0.07	8.58
13	10.07	2.14	18.85	10.56	7.47	7.67	2.74	0.49	0.44	0.05	10.74
14	10.67	2.76	20.27	11.33	7.63	7.33	3.88	0.66	0.57	0.09	14.12
15	13.14	1.29	24.42	13.63	5.75	5.92	3.08	0.50	0.26	0.23	46.95

### 3. 目標車道前後均有車之變換車道模式驗證

#### (1) 前段加速度模式驗證

由表 6.3 可知，在偏向角模式之平均誤差百分比為 7.87%，而前段加速度平均誤差則為 36.99%，然而，有約 33%之樣本誤差大幅超過平均值，顯示其模式與實際值具有顯著的差異。

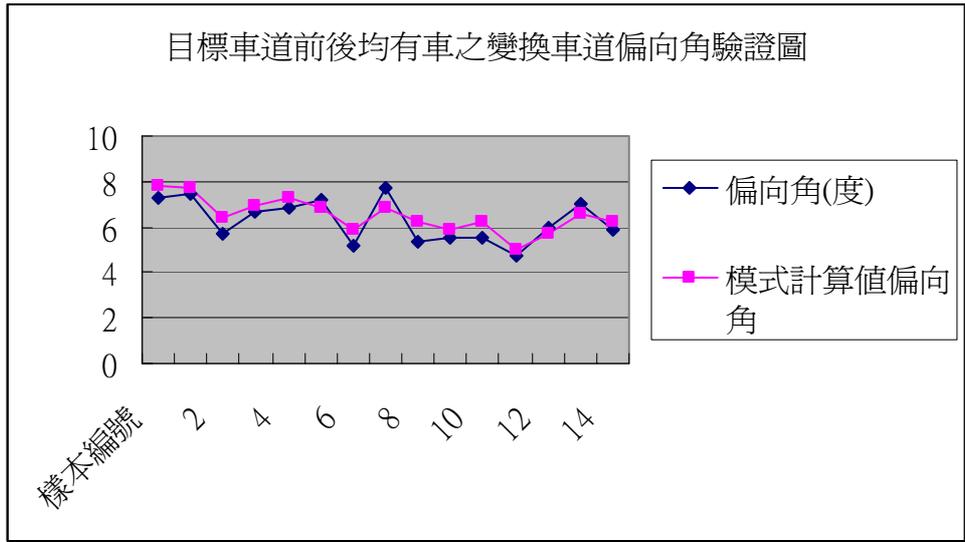


圖 6.5 目標車道前後均有車之變換車道偏向角模式驗證圖

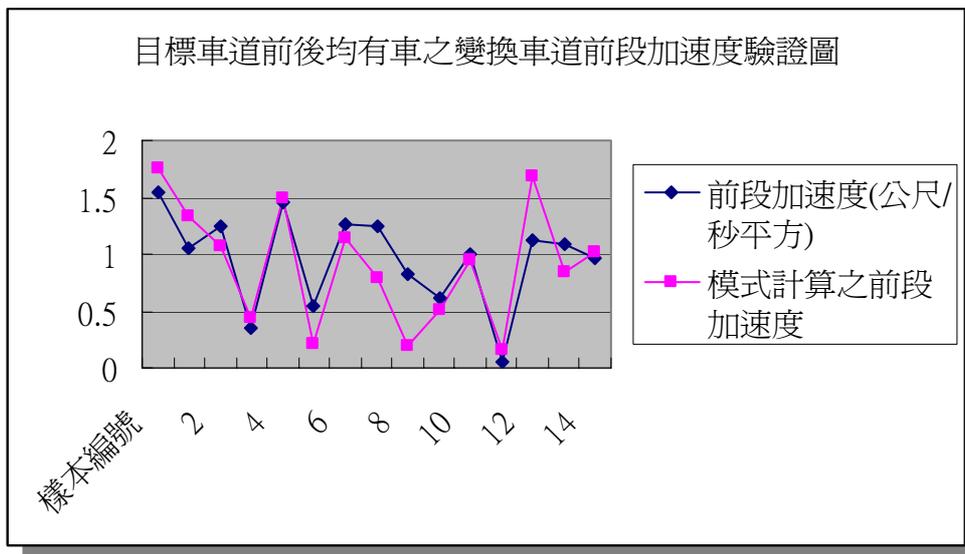


圖 6.6 目標車道前後均有車之變換車道前段加速度模式驗證圖

(2) 後段加速度模式驗證

由表 6.4 可知，後段加速度平均誤差則為 15.89%，由此可得知模式值與實際值差異性並不太大。

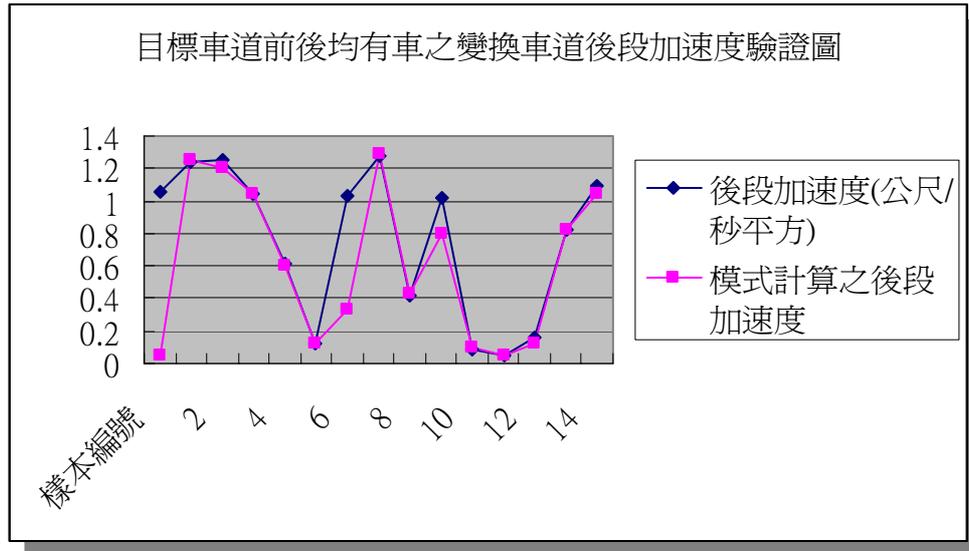


圖 6.7 目標車道前後均有車之變換車道後段加速度模式驗證圖

表 6.3 目標車道前、後均有車之變換車道模式-前段加速度模式驗證資料表

編號	本車車速 (m/s)	本車下一秒車速 (m/s)	本車與目標車道後車相對車速 (m/s)	本車與目標車道後車之相對距離(m)	實際偏向角(角度)	模式偏向角(角度)	偏向角誤差百分比 (%)	實際前段加速度 (m/s <sup>2</sup> )	模式前段加速度 (m/s <sup>2</sup> )	差距 (m/s <sup>2</sup> )	加速度誤差百分比(%)
1	11.14	12.70	2.62	6.94	7.30	7.79	6.80	1.55	1.76	0.21	13.43
2	11.76	12.81	2.39	8.47	7.49	7.71	2.98	1.05	1.33	0.28	26.97
3	13.02	14.27	2.02	9.89	5.74	6.45	12.21	1.25	1.07	0.19	14.88
4	12.30	12.66	0.98	10.43	6.69	6.89	3.11	0.35	0.44	0.08	23.69
5	11.54	13.01	2.55	8.14	6.86	7.24	5.54	1.46	1.50	0.03	2.23
6	9.99	10.52	0.55	10.18	7.21	6.84	5.10	0.54	0.21	0.33	61.06
7	13.82	15.08	1.30	6.33	5.14	5.92	15.10	1.26	1.14	0.11	9.16
8	11.62	12.86	1.34	8.02	7.74	6.88	11.20	1.24	0.79	0.45	36.29
9	13.82	14.65	0.31	8.50	5.38	6.25	16.10	0.82	0.20	0.62	75.93
10	13.05	13.67	0.83	8.23	5.51	5.85	6.17	0.61	0.51	0.11	17.26
11	12.95	13.95	1.80	9.82	5.51	6.19	12.34	1.00	0.94	0.06	6.23
12	14.76	14.81	0.27	9.75	4.70	4.99	6.16	0.05	0.15	0.10	188.63
13	12.65	13.78	2.84	8.52	5.95	5.73	3.55	1.13	1.69	0.56	49.84
14	12.44	13.53	1.05	6.20	6.98	6.58	5.80	1.09	0.84	0.25	23.27
15	13.02	13.98	0.90	4.57	5.92	6.27	5.84	0.96	1.01	0.06	5.97

表 6.4 目標車道前、後均有車之變換車道模式-後段加速度模式驗證資料表

編號	本車車速 (m/s)	本車與目 標車道前 車相對車 速(m/s)	目標車道 前車下一 秒車速 (m/s)	目標車道 前車與本 車之相對 距離(m)	實際後段 加速度 (m/s <sup>2</sup> )	模式後段 加速度 (m/s <sup>2</sup> )	差距 (m/s <sup>2</sup> )	加速度誤 差百分比 (%)
1	11.14	0.07	14.09	7.28	1.05	0.05	1.00	95.13
2	11.76	1.15	16.02	5.43	1.24	1.25	0.01	0.50
3	13.02	2.39	17.05	12.43	1.25	1.20	0.05	3.94
4	12.30	1.66	19.01	11.10	1.05	1.04	0.00	0.21
5	11.54	1.06	17.02	11.00	0.61	0.60	0.01	1.96
6	9.99	0.56	13.02	21.43	0.13	0.12	0.00	1.21
7	13.82	0.85	15.06	14.14	1.04	0.33	0.70	68.00
8	11.62	3.89	12.79	14.14	1.28	1.29	0.01	0.77
9	13.82	1.16	11.02	10.92	0.42	0.43	0.01	1.85
10	13.05	2.14	18.24	18.00	1.01	0.80	0.22	21.52
11	12.95	0.30	13.03	15.14	0.09	0.09	0.00	1.56
12	14.76	0.14	16.43	19.14	0.05	0.04	0.01	15.44
13	12.65	0.57	12.03	20.86	0.16	0.12	0.03	22.33
14	12.44	2.01	15.13	13.57	0.82	0.82	0.00	0.00
15	13.02	2.39	16.93	14.14	1.09	1.05	0.04	3.97

(3) 模式檢定：

本研究利用統計檢定方法，來檢定模式所得之值與實際值差異性是否顯著。

證明模式是否有代表性：

a. 偏向角模式檢定

$$\theta_i^* - \theta_i = d_i, i = 1, 2, \dots, 15$$

$\theta_i^*$ ：模式偏向角

$\theta_i$ ：實際偏向角

$$H_0 : \mu_d = 0$$

$$H_1 : \mu_d \neq 0$$

$$|t_{14}| = 1.934 < t_{0.025,14}$$

b. 前段加速度模式檢定

$$a_{Ali}^* - a_{Ali} = d, i = 1, 2, \dots, 15$$

$a_{Ali}^*$  : 模式前段加速度

$a_{Ali}$  : 實際前段加速度

$$H_0 : \mu_d = 0$$

$$H_1 : \mu_d \neq 0$$

$$|t_{14}| = 0.744 < t_{0.025,14}$$

c. 後段加速度模式檢定

$$a_{A2i}^* - a_{A2i} = d, i = 1, 2, \dots, 15$$

$a_{A2i}^*$  : 模式後加速度

$a_{A2i}$  : 實際後加速度

$$H_0 : \mu_d = 0$$

$$H_1 : \mu_d \neq 0$$

$$|t_{14}| = 1.756 < t_{0.025,14}$$

由以上統計檢定可得知，在顯著水準 0.05 下，偏向角模式、前段加速度模式以及後段加速度模式皆與實際值差異不明顯。但前段加速度雖經檢定並不顯著，然而實際值誤差百分比較大，因此在前段加速度方面有顯著差異。

由三種情況模式驗證顯示，變換車道偏向角模式之總平均誤差百分比為 5.63%，而加速度模式總平均誤差則為 19.43%。

## 6.2.2 本車前方為大型車之變換車道行為模式驗證

### 1. 前方為大型車僅有目標車道前車之變換車道模式驗證

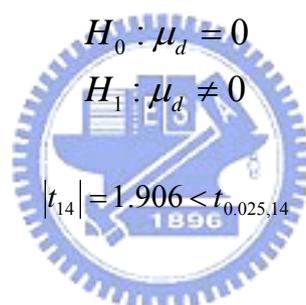
由表 6.5 可知在偏向角模式之平均誤差百分比為 7.07%，而加速度平均誤差則為 5.47%，由此可得知模式值與實際值差異性並不太大。本研究也利用統計檢定方法，來檢定模式所得之值與實際值差異性是否顯著，其結果顯示並不顯著。

#### (1) 偏向角模式檢定

$$\theta_i^* - \theta_i = d_i, i=1,2,\dots,15$$

$\theta_i^*$ ：模式偏向角

$\theta_i$ ：實際偏向角


$$H_0: \mu_d = 0$$
$$H_1: \mu_d \neq 0$$
$$|t_{14}| = 1.906 < t_{0.025,14}$$

#### (2) 加速度模式檢定

$$a_{Ai}^* - a_{Ai} = d, i=1,2,\dots,15$$

$a_{Ai}^*$ ：模式加速度

$a_{Ai}$ ：實際加速度

$$H_0: \mu_d = 0$$

$$H_1: \mu_d \neq 0$$

$$|t_{14}| = 0.939 < t_{0.025,14}$$

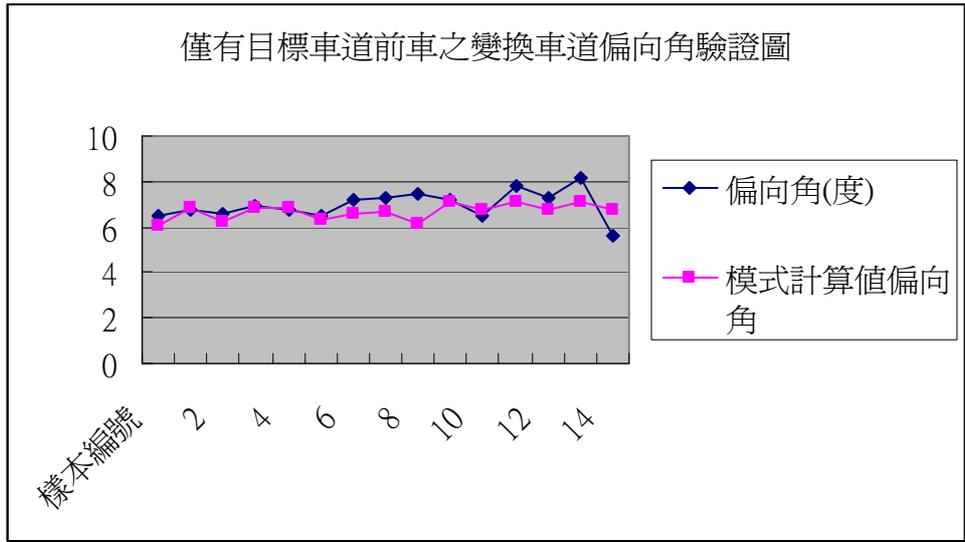


圖 6.8 僅有目標車道前車之變換車道偏向角模式驗證圖

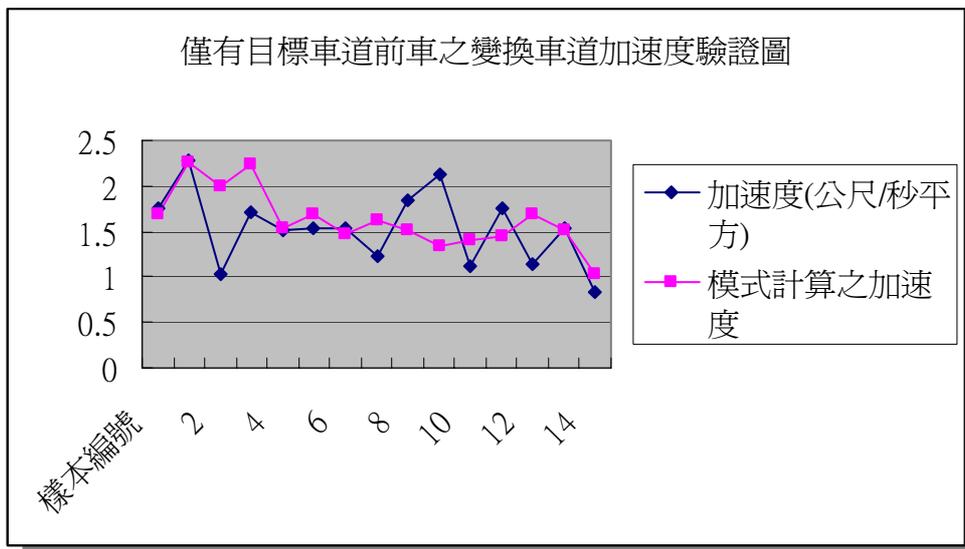


圖 6.9 僅有目標車道前車之變換車道加速度模式驗證圖

表 6.5 僅有目標車道前車之變換車道模式驗證資料表

編號	本車車速 (m/s)	目標車道前車與本車相對速度 (m/s)	目標車道前車與本車之相對距離 (m)	目標車道前車下一秒車速 (m/s)	實際偏向角 (角度)	模式偏向角 (角度)	偏向角誤差百分比 (%)	實際加速度 (m/s <sup>2</sup> )	模式加速度 (m/s <sup>2</sup> )	差距 (m/s <sup>2</sup> )	加速度誤差百分比 (%)
1	10.85	1.80	21.71	11	6.47	6.04	6.64	1.75	1.70	0.00	0.98
2	11.42	1.57	17.57	13.6	6.78	6.83	0.77	2.27	2.27	0.35	19.87
3	12.28	1.57	19.29	13.2	6.54	6.22	4.84	1.02	2.00	0.00	0.15
4	11.57	1.71	17.43	12.2	6.93	6.83	1.44	1.71	2.23	0.06	6.95
5	11.14	1.26	17.43	11.38	6.77	6.88	1.67	1.51	1.53	0.02	1.33
6	12.00	1.29	18.71	13.22	6.53	6.31	3.33	1.54	1.69	0.01	1.30
7	11.76	1.22	18.43	12.02	7.15	6.58	8.04	1.54	1.48	0.01	2.19
8	12.28	1.14	17.86	13.7	7.24	6.71	7.28	1.23	1.63	0.01	1.53
9	10.57	1.23	19.86	13.12	7.43	6.11	17.78	1.85	1.52	0.02	3.37
10	11.12	0.89	17.43	14.07	7.16	7.09	0.97	2.13	1.34	0.09	13.65
11	13.71	1.03	19.14	13.97	6.49	6.76	4.12	1.11	1.40	0.01	2.80
12	13.71	0.99	17.43	13.65	7.77	7.14	8.14	1.75	1.44	0.02	6.02
13	12.85	1.31	19.14	13.22	7.29	6.73	7.76	1.14	1.69	0.02	9.29
14	13.14	1.01	17.43	13.88	8.19	7.09	13.44	1.53	1.50	0.10	8.84
15	12.85	0.78	19.14	13.5	5.63	6.76	19.93	0.83	1.03	0.03	3.86

## 2. 僅有目標車道後車之變換車道模式驗證

由表 6.6 可知在偏向角模式之平均誤差百分比為 10.4%，而加速度平均誤差則為 21.94%，由此可得知模式值與實際值差異性並不太大。本研究也利用統計檢定方法，來檢定模式所得之值與實際值差異性是否顯著，結果顯示模式與實際值差異並不顯著。

### (1) 偏向角模式檢定

$$\theta_i^* - \theta_i = d_i, i=1,2,\dots,15$$

$\theta_i^*$  : 模式偏向角

$\theta_i$  : 實際偏向角

$$H_0 : \mu_d = 0$$

$$H_1 : \mu_d \neq 0$$

$$|t_{14}| = 2.004 < t_{0.025,14}$$

(2) 加速度模式檢定

$$a_{Ai}^* - a_{Ai} = d, i=1,2,\dots,15$$

$a_{Ai}^*$  : 模式加速度

$a_{Ai}$  : 實際加速度

$$H_0 : \mu_d = 0$$

$$H_1 : \mu_d \neq 0$$

$$|t_{14}| = 2.099 < t_{0.025,14}$$

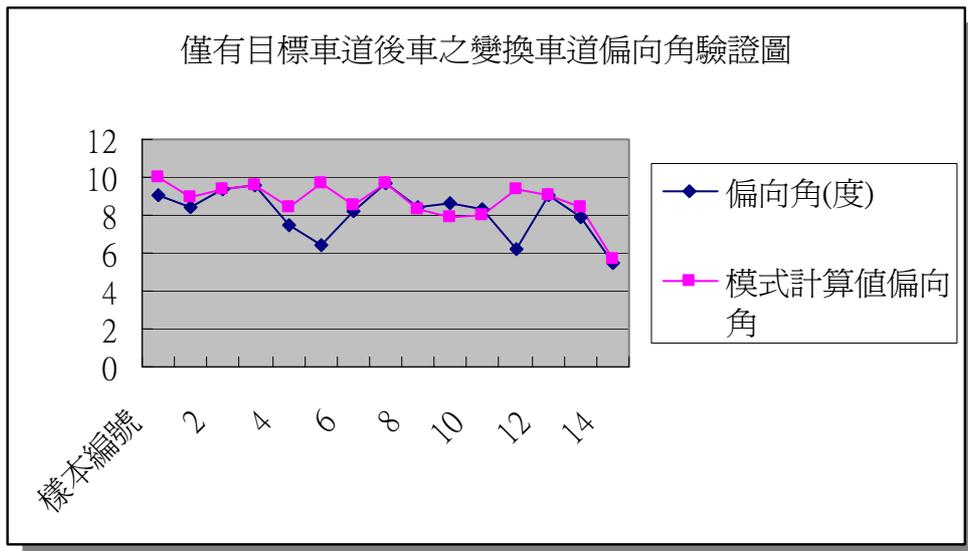


圖 6.10 僅有目標車道後車之變換車道偏向角模式驗證圖

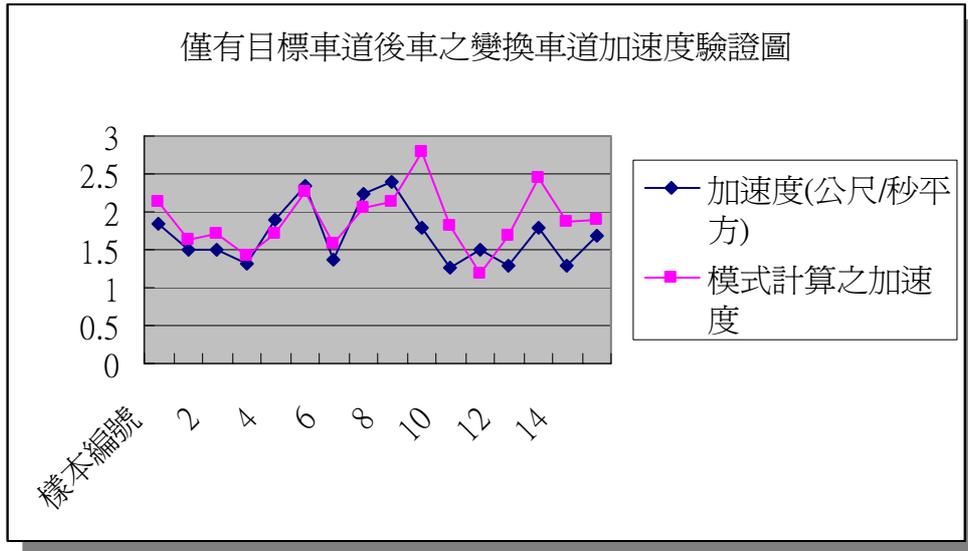


圖 6.3 僅有目標車道後車之變換車道加速度模式驗證圖

表 6.6 僅有目標車道後車之變換車道模式驗證資料表

編號	本車車速 (m/s)	目標車道後車與本車相對速度 (m/s)	目標車道前車與本車之相對距離 (m)	本車下一秒車速 (m/s)	實際偏向角 (角度)	模式偏向角 (角度)	偏向角誤差百分比 (%)	實際加速度 (m/s <sup>2</sup> )	模式加速度 (m/s <sup>2</sup> )	差距 (m/s <sup>2</sup> )	加速度誤差百分比 (%)
1	9.39	2.13	20.71	11.24	9.02	9.98	10.62	1.85	2.14	0.29	15.85
2	10.39	1.30	17.57	11.88	8.44	8.94	5.87	1.49	1.63	0.14	9.37
3	9.94	1.41	17.43	11.43	9.38	9.40	0.26	1.49	1.71	0.22	15.05
4	9.74	1.13	16.43	11.05	9.62	9.61	0.07	1.31	1.41	0.10	7.56
5	10.89	1.28	17.86	12.79	7.48	8.41	12.48	1.90	1.70	0.20	10.56
6	9.63	2.03	19.86	11.98	6.45	9.73	50.82	2.35	2.27	0.08	3.39
7	10.8	1.22	17.43	12.16	8.23	8.51	3.37	1.36	1.58	0.22	16.03
8	9.64	1.81	19.43	11.89	9.71	9.72	0.08	2.25	2.05	0.20	8.73
9	10.95	1.50	16.03	13.35	8.40	8.35	0.58	2.40	2.14	0.26	10.73
10	11.34	2.11	17.13	13.14	8.59	7.94	7.52	1.80	2.80	1.00	55.56
11	11.25	1.20	15.43	12.51	8.35	8.04	3.73	1.26	1.80	0.54	43.16
12	10.02	1.16	20.71	11.53	6.23	9.32	49.62	1.51	1.20	0.31	20.71
13	10.28	1.32	16.71	11.58	9.02	9.05	0.33	1.30	1.70	0.40	30.46
14	10.88	1.67	15.99	12.66	7.92	8.42	6.37	1.78	2.45	0.67	37.72
15	13.49	1.34	19.71	14.77	5.48	5.70	4.14	1.29	1.86	0.57	44.17

### 3 目標車道前、後均有車之變換車道模式驗證

#### (1) 前段加速度模式驗證

在前方為大型車之偏向角與加速度驗證方面，由表 6.7 可知，在偏向角模式之平均誤差百分比為 5.97%，而前段加速度平均誤差則為 96.29%。然而，此前段加速度部分，樣本編號 1、4、7、9 及 10 模式輸出值已經超出於第五章本研究設定最大加速度 2.8 公尺/秒平方，故其輸出值限制為本研究設定最大加速度。經過此限制後，可發現結果輸出仍然不理想，因此此前段加速度模式值與實際值有較顯著之差異。

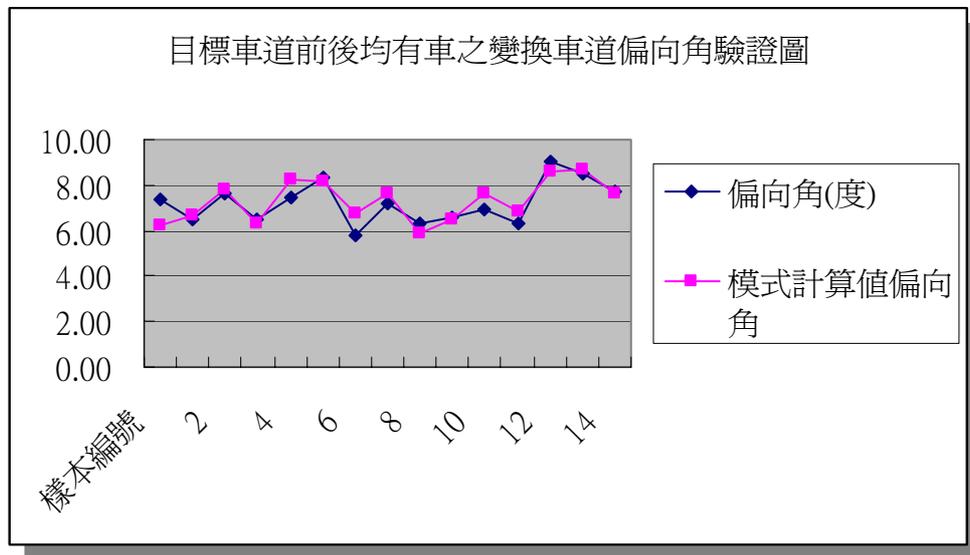


圖 6.4 目標車道前後均有車之變換車道偏向角模式驗證圖

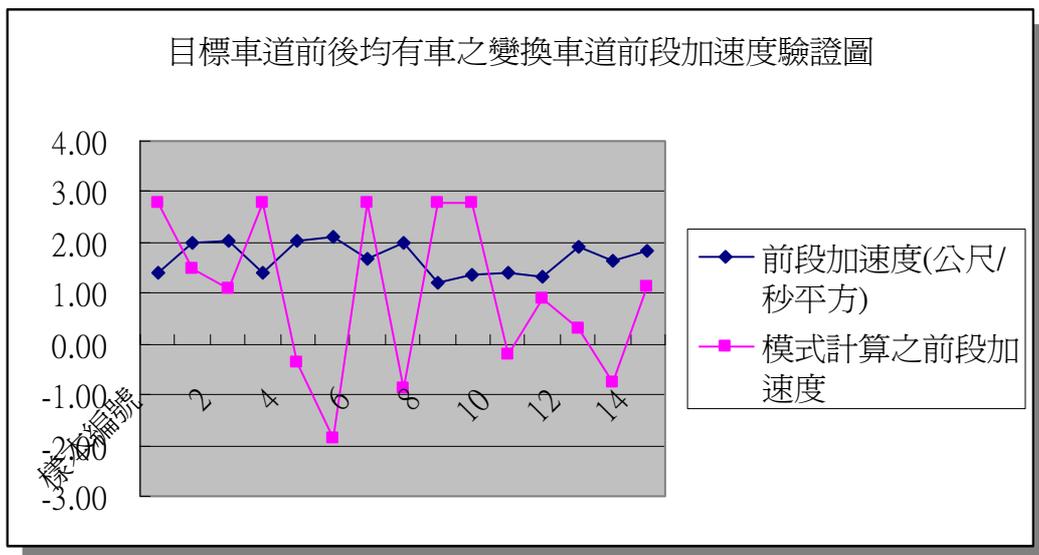


圖 6.5 目標車道前後均有車之變換車道前段加速度模式驗證圖

(2) 後段加速度模式驗證

由表 6.8 可知，後段加速度平均誤差則為 11.96%，由此可得知模式值與實際值差異性並不太大。

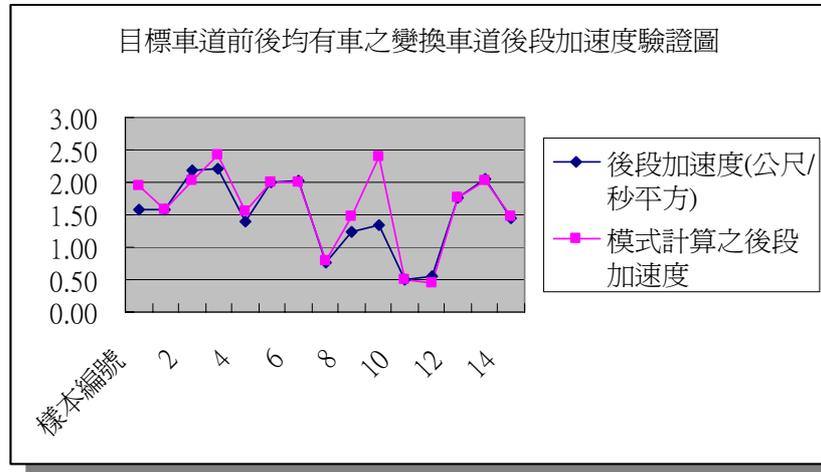


圖 6.14 目標車道前後均有車之變換車道後段加速度模式驗證圖

表 6.7 目標車道前、後均有車之變換車道模式-前段加速度模式驗證資料表

編號	本車車速 (m/s)	本車下一秒車速 (m/s)	本車與目標車道後車相對車速 (m/s)	本車與目標車道後車之相對距離(m)	實際偏向角(角度)	模式偏向角(角度)	偏向角誤差百分比 (%)	實際前段加速度 (m/s <sup>2</sup> )	模式前段加速度 (m/s <sup>2</sup> )	差距 (m/s <sup>2</sup> )	加速度誤差百分比(%)
1	10.07	11.45	1.87	9.02	7.38	6.25	15.22	1.38	2.80	1.42	102.18
2	9.38	11.37	0.73	10.33	6.51	6.66	2.42	1.99	1.50	0.49	24.66
3	8.26	10.28	0.85	14.89	7.62	7.77	1.94	2.02	1.09	0.93	45.94
4	10.73	12.13	1.77	10.24	6.48	6.30	2.68	1.39	2.80	1.41	101.01
5	7.45	9.48	0.34	16.43	7.45	8.25	10.76	2.04	-0.36	2.40	117.85
6	7.32	9.43	1.67	15.71	8.34	8.15	2.22	2.11	-1.86	3.97	188.41
7	9.99	11.68	2.31	11.67	5.77	6.75	16.89	1.69	2.80	1.11	65.54
8	7.56	9.55	0.65	13.16	7.23	7.63	5.59	1.99	-0.87	2.86	143.98
9	11.34	12.56	2.03	8.94	6.34	5.91	6.74	1.21	2.80	1.59	131.33
10	9.97	11.33	2.25	10.28	6.55	6.50	0.74	1.37	2.80	1.43	104.92
11	8.99	10.37	0.16	14.98	6.94	7.60	9.51	1.39	-0.21	1.59	114.76
12	9.39	10.73	0.50	11.19	6.34	6.82	7.49	1.34	0.89	0.45	33.74

13	7.84	9.77	0.32	19.14	9.01	8.64	4.11	1.93	0.30	1.62	84.25
14	7.49	9.14	0.87	18.99	8.54	8.70	1.92	1.65	-0.77	2.42	146.91
15	8.06	9.89	0.84	13.71	7.71	7.61	1.33	1.84	1.12	0.72	38.94

表 6.8 目標車道前後均有車之變換車道模式-後段加速度模式驗證資料表

編號	本車車速 (m/s)	本車與目 標車道相 對車速 (m/s)	目標車道 前車下一 秒車速 (m/s)	目標車道 前車與本 車之相對 距離(m)	實際後段 加速度 (m/s <sup>2</sup> )	模式後段 加速度 (m/s <sup>2</sup> )	差距 (m/s <sup>2</sup> )	加速度誤 差百分比 (%)
1	10.07	1.41	13.00	17.43	1.57	1.94	0.38	24.17
2	9.38	1.45	11.01	18.71	1.57	1.58	0.02	0.96
3	8.26	1.13	17.80	18.43	2.18	2.03	0.15	6.98
4	10.73	2.28	10.20	17.86	2.21	2.41	0.20	9.11
5	7.45	2.03	8.20	19.86	1.38	1.55	0.17	12.28
6	7.32	2.27	8.31	17.43	1.99	2.01	0.02	0.97
7	9.99	1.56	13.32	19.14	2.02	2.01	0.01	0.28
8	7.56	0.78	10.20	18.43	0.76	0.80	0.04	5.37
9	11.34	1.57	9.70	19.14	1.23	1.48	0.25	20.16
10	9.97	2.07	10.90	17.43	1.35	2.40	1.05	78.28
11	8.99	0.43	12.30	19.14	0.51	0.51	0.00	0.10
12	9.39	0.27	15.70	17.43	0.55	0.44	0.10	18.64
13	7.84	1.29	14.20	19.14	1.78	1.77	0.01	0.42
14	7.49	1.28	13.99	16.43	2.04	2.02	0.03	1.36
15	8.06	1.01	15.21	19.43	1.46	1.46	0.01	0.35

(3) 模式檢定：

本研究利用統計檢定方法，來檢定模式所得之值與實際值差異性是否顯著。

證明模式是否有代表性：

a. 偏向角模式檢定

$$\theta_i^* - \theta_i = d_i, i = 1, 2, \dots, 15$$

$\theta_i^*$ ：模式偏向角

$\theta_i$  : 實際偏向角

$$H_0 : \mu_d = 0$$

$$H_1 : \mu_d \neq 0$$

$$|t_{14}| = 0.638 < t_{0.025,14}$$

b. 前段加速度模式檢定

$$a_{Ali}^* - a_{Ali} = d, i = 1, 2, \dots, 15$$

$a_{Ali}^*$  : 模式前段加速度

$a_{Ali}$  : 實際前段加速度

$$H_0 : \mu_d = 0$$

$$H_1 : \mu_d \neq 0$$

$$|t_{14}| = 1.513 < t_{0.025,14}$$

c. 後段加速度模式檢定

$$a_{A2i}^* - a_{A2i} = d, i = 1, 2, \dots, 15$$

$a_{A2i}^*$  : 模式後加速度

$a_{A2i}$  : 實際後加速度

$$H_0 : \mu_d = 0$$

$$H_1 : \mu_d \neq 0$$

$$|t_{14}| = 1.603 < t_{0.025,14}$$

由以上統計檢定可得知，在顯著水準 0.05 下，偏向角模式、前段加速度模式以及後段加速度模式皆與實際值差異不明顯，然而經由差異百分比可知，其前段加速度與實際值具有顯著之差異。

## 第七章 結論與建議

本研究主要是分析國內郊區快車道跟車及變換車道行為特性，並利用駕駛人冒險性之不同，構建 GM 跟車模式門檻。變換車道方面，則以錄影方式進行分析，建構加速度及偏向角為基礎之變換車道模式，其結果可用於做為建立郊區微觀車流模型之基礎，有助於作為郊區公路控制與管理所需之車流模式。而本研究所得結論與建議如下：

### 7.1 結論

1. 本研究利用實車測試法蒐集跟車資料，並構建 GM 跟車模式門檻，以改善 GM 跟車模式無法確定跟車影響範圍之缺失。同時由實車測試調查之 GM 跟車模式門檻資料可得知，其前後車之相對速度對於 GM 跟車模式門檻值有顯著的影響，車速對跟車門檻值無顯著影響。
2. GM 跟車門檻模式之建立，乃先以線性迴歸模式建立，然而其模式  $R^2$  顯示配適度較不佳，經過不同分配嘗試，其配適度亦不高。故本研究最後使用資料平均值建立其跟車門檻。
2. 變換車道偏向角模式方面，本研究經由郊區公路快車道車流資料分析其特性，構建偏向角模式，其中以本車車速及目標車道前車與本車之相對距離為主要影響因素。本研究亦加入前方車種為大型車或小型車之考量，其模式經由驗證顯示平均誤差為 6.4%，且與實際值檢定結果並無顯著差異。
3. 變換車道加速度模式方面，主要受到本車與目標車道前車或後車之相對速度的影響，且相對距離越遠，則影響越小。本研究亦加入前方車種為大型車或小型車之考量，經由驗證發現在目標車道前後均有車時，雖經統計檢定無顯著差異，但因，但其前段加速度模式與實際值誤差百分比比較大，顯示本研究之加速度模式應用於目標車道前後均有車之結果較不符合預期。

### 7.2 建議

1. 本研究受限於時間關係，在進行冒險度分類實驗時，僅邀請 30 位駕駛人作實

車測試，而且年齡集中在 20~30 歲，而結果亦顯示顯示於駕駛車齡 2~5 年相對冒險性較高，且經過分群結果建構模式  $R^2$  亦不高，顯示樣本數較不足之問題。建議未來研究可增加實車測試的樣本數，並且增大抽樣範圍，增加年齡分布之考量，使其樣本更具隨機性，以增加樣本的可信度。

2. 本研究係以實車測試法蒐集 GM 跟車模式門檻，受限雷射測試儀器，在無固定位置下，無法測試出相對車速。因此只能利用固定相對速差之情況，建議未來研究可研擬如何改進取得精確相對車速速差，使資料更具完整性。

3. 因為 GM 跟車模式門檻實驗設計不易，本研究僅考慮前車車速小於本車車速情況下之 GM 跟車門模式門檻，因此建議未來研究可增加前車車速大於本車車速之情況，使實驗情境更符合實際狀況。

4. 變換車道資料蒐集方面，本研究係根據攝影調查蒐集變換車道資料，本研究所蒐集之樣本數，經過型態分類後各類型筆數為 30 筆，故建議增加蒐集之資料，使其資料更具代表性。

5. 變換車道行為模式方面，通常駕駛人的駕駛行為並無一定規則可尋，對於相對速度或相對距離的感受具有若干模糊性，因此建議未來研究可結合模糊理論，構建變換車道行為模式。

## 參考文獻

1. 王文麟，「交通工程學理論與實用(修正版)」，民國八十七年九月。
2. 交通部運研所，「2001年台灣地區公路容量手冊」，民國九十年三月。
3. 李樑堅，「建立微觀車流模擬模式以發展交通適應性號誌控制邏輯之研究」，博士論文，國立成功大學交通管理(科學)研究所，民國八十一年。
4. 林鄉鎮，「高速公路小汽車駕駛者跟車行為之研究-以虛擬實境(VR)技術所構建之駕駛模擬系統為工具」，博士論文，成功大學交通管理科學研究所，民國八十六年七月。
5. 林鄉鎮，「以類神經網路探討駕駛人跟車模式之可行性研究」，中華民國運輸學會第十一屆學術論文研討會，1093-1104頁，民國八十五年十二月。
6. 林鄉鎮，「以虛擬實境(VR)及類神經網路(ANN)應用於高速公路小汽車變換車道行為之研究」，中華民國運輸學會第十三屆學術論文研討會，821-829頁，民國八十五年十二月。
7. 曹壽民、蘇昭銘，「都市快速道路下匝道車輛強迫性變換車道之特性分析」，運輸計劃季刊，第二十三卷 第一期，1-10頁，民國八十三年三月。
8. 陳柏榮，「高速公路微觀車流模擬模式雛型建立之研究」，碩士論文，成功大學交通管理科學研究所，民國八十三年六月。
9. 黃泰林，「構建智慧型適應性網路號誌控制模式之研究」，博士論文，成功大學交通管理科學研究所，民國八十三年六月。
10. 劉英標，「汽車駕駛人行車控制指示系統之模式構建研究」，博士論文，成功大學交通管理科學研究所，民國八十五年二月。
11. 藍武王、王日昌、江勁毅，「模糊控制跟車模式之探討」，運輸，第二十五期，頁43-55，民國八十三年九月。
12. 張家祝、柯松澤，「台灣地區高速公路進口匝到加速車道設計標準之研究」，運輸計劃季刊，第十八卷第一期，1-36頁，民國七十八年三月。
13. 陳奕志，「含類神經網路變換車道的高速公路微觀車流模擬模式之研究」，碩士論文，成功大學交通管理科學研究所，民國八十七年六月。
14. 廖晉德，「微觀車流模擬模式之確認和驗證方法研究」，碩士論文，成功大學交通管理研究所，民國八十一年六月。
15. 賴淑芳，「高速公路交流道區段匝道併入車流行為之探討」，碩士論文，淡江大學土木工程學研究所，民國八十二年六月。
16. 葉信宏，「適應性類神經模糊推論系統於跟車模式之應用」，交通大學交通運輸研究所碩士論文，民國八十七年。
17. 詹維敏，「雙相跟車行為模式之研究」，碩士論文，淡江大學運輸科學研究所，民國九十年。
18. 林宏達，「處理跟車及變換車道之串接式模糊推論系統」，碩士論文，元智大學工程研究所，民國九十年。

19. 黃國平，「混合車流二維座標模擬模式之建立及驗證」，碩士論文，國立臺灣大學/土木工程研究所，民國七十一年。
20. 傅耀南，「以混合車流模擬方法設計單一交叉路口號誌時制之研究」，碩士論文，國立臺灣大學土木工程研究所，民國七十七年。
21. 黃月貞，「模擬微觀混合車流下幹道號誌連鎖策略之研究」，碩士論文，交通大學運輸科技與管理研究所，民國九十一年
22. 胡順章，「高速公路雙車道路段變換車道行為之研究」，碩士論文，淡江大學土木工程研究所，民國八十三年六月。
23. 鐘炳煌，「應用汽車駕駛模擬系統從事高速公路加速車道併入行為之研究---以類神經網路為分析工具」，碩士論文，民國九十一年六月。
24. 張文彥，「應用影像處理技術於車輛辨識與車種分類之研究」，碩士論文，民國八十八年七月。
25. 薛春明，「混合車流狀況下獨立平面號誌交岔路口之模擬研究」，台大土木工程研究所碩士論文，民國六十九年。
26. 徐立新，「考量跟車及變換車道行為之高快速道路微觀車流模式研究」，交通大學運輸科技與管理研究所，民國九十四年六月。
27. 邱皓政，「量化研究與統計分析：SPSS 中文視窗版資料分析範例與解析」，五南圖書出版社，民國九十四年二版 8 刷。
28. Ajay K. Rathi, B.E. (Hons.), M.S., "Development of a Microscopic Simulation Model For Freeway Lane Closures", The Ohio State University, 1983.
29. Brackstone, M., McDonald, M., "Car-following : a historical review" , Transportation Research-F, Vol. 2, pp. 181-196, 1999.
30. Colbourn, Christopher J., Brown, Ivan D., and Copeman, Alan K., "Drivers' Judgments of Safe Distance in Vehicle Following Human Factors" , Annual Report of Royal Medical Research Center, NP4735-576, Cambridge England, 1978.
31. Forbes, T. W. , Zagorski, H. J. , Holshouser, E. L. and Detetline, W. A., "Measurement of driver reactions to tunnel conditions", Highway Research Board, Proceedings, Vol. 37, pp. 345-357, 1958.
32. Gazis, D. C., R. Herman, and R. B. Potts, "Car-Following Theory of Steady-State Traffic Flow", Operations Research, Vol. 7, pp.499-505, 1959.
33. Herman, R., E. W. Montroll, R. B. Potts, and R. W. Rothery, "Traffic Dynamics: Analysis of Stability in Car Following", Operations Research, Vol. 7, pp.499-505, 1959.
34. Hoefs, D.H., Untersuchung des Fahrverhaltens in Fahrzeugkolonnen, Forschungsberichte des Institut fur Verkehrswesen, Heft 140, Universitat Karlsruhe, 1972.
35. Leutzbach, W., "Introduction to The Theory of Traffic Flow", Springer-Verlag,

- 1998.
36. Kikuchi, S. and P. Chakroborty, "Car-Following Model Based on Fuzzy Inference System," TRR, Vol.1395, pp.82-91, 1993.
  37. Lewis, R.M., H.L. Michael, "Simulation of Traffic Flow to Obtain Volume Warrants for Intersection Control", HRR 15, pp.1-43, 1963.
  38. May, A.D., Traffic Flow Fundamentals, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1990.
  39. Peeta, S., Ramos, J., Pasupathy, R., Content of variable message signs and on-line driver behavior. Transportation Research Record 1725, 102–108, 2000.
  40. Pipes, L. A., "An operational analysis of traffic dynamics", Journal of Applied Physics, Vol. 24, No. 3, pp. 274-287, 1953.
  41. Rothery, R. W. , "Car Following Models" in Traffic Flow Theory (Gartner, N., Messer, C. J., and Rathi, A. K., eds.), Transportation Research Board Special Report 165 (newest edition), Chapter 4, 1992.
  42. Srinivas Peeta, Pengcheng Zhang, Weimin Zhou, Behavior-based analysis of freeway car–truck interactions and related mitigation strategies, Transportation Research Part B, TRB Vol. 39, pp.417-451, 2005.
  43. Widemann, R., Simulation de Stranssenverkehrsflusses, Schriftenreihe des Instituts fur Verkehrswesen, Heft 8, Universitat Karlsruhe, 1974.
  44. Yoo, H., Green, P., Driver behavior while following cars, trucks, and buses. Project report prepared for University of Michigan Transportation Research Institute, UMTRI-99-14, Ann Arbor, MI, 1999.