

國立交通大學  
運輸科技與管理學系碩士班

碩士論文

號誌化平面交叉路口序別無衝突左轉車  
微觀紓解模式之研究



A Study on Ordered Unopposed Left-Turn Vehicles  
Microscopic Discharging Model  
at the Signalized Intersection

研究生：吳政諺

指導教授：吳水威

中華民國九十六年六月

號誌化平面交叉路口序別無衝突左轉車

微觀紓解模式之研究

**A Study on Ordered Unopposed Left-Turn Vehicles  
Microscopic Discharging Model  
at the Signalized Intersection**

研究生：吳政諺

Student : Cheng-Yen Wu

指導教授：吳水威

Advisor : Shoei-Uei Wu

國立交通大學

運輸科技與管理學系

碩士論文

A Thesis

Submitted to Institute of Transportation Technology and Management

College of Management

National Chiao Tung University

in Part Fulfillment of the Requirement

for the Degree of

Master of Science

In

Transportation Technology and Management

June 2007

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十六年六月

# 號誌化平面交叉路口序別無衝突左轉車 微觀紓解模式之研究

研究生：吳政諺

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

當交叉路口之車流量過多或達到一定數量時，會藉以設置號誌時相來進行車輛之紓解，但若號誌時相設計不當，可能會產生更大的延滯時間。此外，在過去車流紓解行為文獻中，指出紓解行為特性對於在綠燈時間內紓解車輛數也會有一定的程度影響，有鑑於此，瞭解車流紓解特性乃是作為道路容量估算及號誌時相設計之參考依據。過去車輛紓解行為之研究，係多以巨觀或介觀之角度探討號誌化交叉路口車輛之穩定紓解特性行為，少以微觀之角度從事相關研究。另外，對於轉向車流、大小車種常利用調整因子來進行校調，較少直接對純轉向與大小車混合車流為研究對象，並亦少有考量車輛相對位置之序別關係，來分析序別車輛紓解行為特性，故為一值得研究之課題。

「序別」係指車流抵達路口停止線前而依上下游相對位置，所排序之個別車輛順序關係。本研究係以針對市區左轉保護號誌下之無衝突左轉車流為研究對象，並分別探討在設有單左轉專用車道與雙左轉專用車道型式之左轉專用號誌化路口，分析左轉車流在紓解未達穩定與趨於穩定後之紓解特性，並探討前後兩車不同車種組合、停等間距等因素，再以微觀角度構建序別無衝突左轉車微觀紓解模式。此外，本研究於踏勘時發現，序別第 1 部左轉車輛常有搶燈起動現象，且有其左轉專用時相未始亮前（在直行右轉時相時），已搶先進入口口待轉之行為，而促使上游之部分左轉車跟隨搶先進入口口，本研究亦將考量上述行為特性，分析討論對無衝突左轉車流紓解行為之影響。本研究所探討之無衝突左轉車流紓解特性分析與構建之序別車輛微觀紓解模式，將可提供於微觀車流動態模擬模式、交通動態預測系統開發、車道容量估計與號誌時制設計等之參考依據。

**關鍵詞：**序別無衝突左轉車、微觀紓解模式、號誌化交叉路口

# **A Study on Ordered Unopposed Left-Turn Vehicles Microscopic Discharging Model at the Signalized Intersection**

Student : Cheng-Yen Wu

Advisor : Shoei-Uei Wu

Department of Transportation Technology & Management  
National Chiao Tung University

## **Abstract**

When traffic flow approach to the certain amount at the intersection, in order to make the traffic more efficiently, we can control the traffic flow discharge by signal. If the signal is not well designed, the delay time will be increased instead. Many studies indicate that the amount of vehicle discharged is affected by discharging behavior during green phase. So, to understand discharging behavior could be referenced for estimation of road capacity and traffic signal design. Many studies about discharging behavior at the intersection are in the method of macroscopic or mesoscopic. Few studies directly analyzed the vehicles types and turning discharging characteristics and considered the queuing vehicles opposable position to analyze ordered vehicles queuing discharging behavior. It's worth studying.

Ordered vehicles mean the sequence of vehicles stop before the stop line. This study aims at the characteristics of the unopposed left turns under exclusive signal. And we also compared and discussed the queuing discharging behaviors in cases of single left turn lane and two left turn lanes. We analyze the discharging characteristics of unstable and approximate stable discharging traffic flow in signalized intersection, and discuss the difference of the combination of two types of vehicle and gap interval. Then we construct the Microscopic Discharging Model of Ordered Vehicles. Besides this, we find some characteristics at the intersection. Before the protected left-turn phase begins, the first left-turn vehicle often enters the intersection results of parts of left-turn vehicles following it. We will discuss the characteristics of this behavior. The results of this study could be referenced for microscope traffic flow dynamic simulation model, estimating the capacity of lanes, designing signal and etc.

**Keywords** : Ordered Unopposed Left-Turn Vehicle, Microscopic Discharging Model, Signalized Intersection

## 誌 謝

在著手開始寫誌謝之際，回首二年的研究所學習、打拼，特別是寫論文的那段日子，其內心充滿著五味雜陳！從開始撰寫論文的那一天起，即展開似乎永遠都搜尋不完的文獻回顧，為了蒐集資料與調查，跑遍了「台北」這個對我陌生的城市，也經歷方法上錯誤與不適用的慌恐與不安，但終究還是將論文給完成，心中除了感動也充滿著無限的感激，一路走來要感謝的人真是一言難盡。

本論文得以完成，必須慎重地感謝學生的指導教授 吳水威博士，研究所二年來，讓我學習與吸收到許多做研究計畫案的寶貴經驗，在論文撰寫期間，更是不斷給予學生耐心指導與細心的教學，讓學生能順利克服研究上所遭遇的問題。另外，恩師總是告訴我們在專業領域要深研，學識範圍要廣，增強語文與電腦技術能力，皆成為學生不斷學習的指標。此外，恩師做事嚴謹與不猶豫的積極態度，以及待人處事圓融，給予學生未來在做事及與人相處上的學習榜樣。

感謝論文口試委員警察大學交通學系曾平毅教授及逢甲大學交管系劉需教授撥冗細閱，並承蒙兩位教授提供專業指教與建議，使得本論文之謬誤與疏漏之處得以斧正。在論文期中審查階段，亦感謝台北交研所黃承傳教授與本系卓訓榮教授詳細審閱，並給予建議，使論文後續撰寫階段更為嚴謹完備。學生於授業期間，承蒙系上各位師長在課業研究上的指導，使學生於運輸專業知識的攝取更為紮實，亦感謝系上助理秀蔭姐及幸榮姐在系務與論文口試事務上的協助。感謝台灣省覆議會黃金城老師，平時給予學生對於交通事故鑑定上的意見與經驗分享，提供學生對於交通事故鑑定之觀念認知與釐清。另外，特別感謝臺北市警察信義分局行政組的靳先生、簡阿姨、沈先生與貴局的各位警察先生，在本論文資料蒐集調查期間，所提供的莫大協助與幫忙。

感謝與我一起奮鬥的隊友們銘娟、彥仲、志榮、雅蘭與奇龍，一起做研究計畫案、合作發表學術論文，以及論文撰寫階段的相互砥礪、扶持與傾囊相授，令我感激不盡；感謝郁凱、維翰、彥宏學長們，從進入研究所時的知識傳承與生活上的照顧，到撰寫論文時的適時電話關心與鼓勵；感謝 Lab 學弟妹協政、珮瑜的協助與幫忙，尤其是協政無私的鼎力相助，更讓我感動不已；感謝系上學長姐與學弟妹，在修課期間大家彼此間教學相長，使我學習到很多寶貴的知識；感謝敬億、宗育、洪店、俊宏、楓媚、政諭、璧存、宗里、嬾任、惠君、亞君、佳樺、鳳如、玥蓁、凱羚等摯友，在我煩時陪我聊天、出遊，尤其是敬億，再忙也會抽空陪我玩跑跑卡丁車，紓解寫論文的壓力；感謝大學麻吉的你們，陪我讀書、旅遊、分享喜悅，因為有您們使我的求學生涯並不孤獨而多彩多姿。族繁不及備載，若有缺漏沒感謝到的，在此，跟大家說聲「謝謝您們」！此外，亦感謝交通大學門口的土地公、家鄉的媽祖、岳飛元帥、濟公活佛，以及上天給我在無形中的庇祐與協助。

最後要感謝我的家人，感謝爸媽從小對我的栽培至今日碩士畢業，全力的支持我唸書亦不曾給我過壓力，給予我相當大的學習空間而無後顧之憂，非常謝謝

您們；感謝弟弟與親戚們等，對我的期望與祝福，給我滿滿的打氣與鼓勵，讓我學習過程中得以順遂。感謝一路從高中、大學至研究所都陪伴我的女友晨瑄，不論我遇到不如意的事情或者煩人的壓力，你總會在我身邊不厭其煩的聽我吐苦水，並給予我勇氣與力量去面對任何的問題與挑戰，尤其在論文撰寫期間內，幾乎天天陪著我一起討論論文的細節，並忍受、包容我無厘頭的發神經，謝謝您對我的照顧與呵護。

這一路走來，承蒙這麼多人給予我的指導與鼓勵，更感謝您們對我關懷與協助，我是那麼的幸福，我無以回報，千言萬語也道不盡我對您們的感謝，唯有更加努力以感謝大家給予我的一切，並以這份成果與您們分享。

吳政諺 謹致  
2007年6月  
新竹 交大



# 目 錄

中文摘要.....	I
Abstract.....	II
誌 謝.....	III
目 錄.....	V
表 目 錄.....	VIII
圖 目 錄.....	XI
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.....	3
1.4 研究流程.....	4
1.5 研究架構.....	7
第二章 文獻回顧.....	9
2.1 研究車流行為之對象.....	9
2.2 研究車流行為之方法.....	9
2.3 車流紓解分析方式.....	10
2.4 車流紓解行為之相關研究.....	11
2.4.1 車輛紓解行為相關研究.....	11
2.4.2 單與多左轉車道之紓解特性比較.....	14
2.4.3 車輛紓解間距相關模式之研究.....	15
2.4.4 不同地區之車輛紓解特性比較.....	16
2.4.5 不同車種與轉向型態之車輛紓解特性研究.....	17
2.4.6 機車紓解特性方面.....	17
2.4.7 其他相關文獻.....	17
2.4.8 車種定義方面.....	18
2.5 車流紓解之影響因素.....	19
2.6 文獻評析.....	19
第三章 理論基礎與研究方法.....	21
3.1 理論基礎.....	21
3.1.1 微觀車流理論.....	21
3.1.2 運動學原理.....	21
3.1.3 跟車理論.....	21
3.2 研究方法.....	22
3.2.1 文獻評析法.....	22
3.2.2 攝影調查法.....	23
3.2.3 單因子變異數分析 (One-way Analysis of Variance, ANOVA) ....	23

3.2.4 Scheefe 多重比較.....	23
3.2.5 成對樣本 t 檢定 .....	23
3.2.6 相關分析.....	24
3.2.7 迴歸分析與逐步分析法.....	25
3.2.8 廣義估計方程式(Generalized Estimating Equation, GEE).....	25
3.3 小結.....	26
第四章 車流資料調查蒐集與特性分析.....	27
4.1 資料調查.....	27
4.1.1 資料調查方法.....	27
4.1.2 調查地點選取.....	27
4.1.3 調查步驟.....	28
4.2 資料認定方式與整理.....	31
4.2.1 車輛之參考點.....	31
4.2.2 基準線之設定.....	31
4.2.3 停等車認定方面.....	32
4.2.4 號誌時相 (Signal Phase) 與時段 (Interval) 資料.....	32
4.3 左轉車流資料處理與初步特性分析.....	33
4.3.1 影像資料之處理.....	33
4.3.2 左轉車流資料整理.....	33
4.3.3 左轉車流資料初步分析.....	33
4.3.4 初步特性分析討論.....	37
4.4 車流紓解特性與影響因素分析.....	39
4.4.1 前後大小車種組合與紓解間距之比較.....	39
4.4.2 前後大小車種組合與停等間距之比較.....	40
4.4.3 停等間距與紓解間距之比較.....	41
第五章 序別左轉車輛微觀紓解模式之構建與驗證.....	42
5.1 車隊紓解時趨於穩定車輛位置之分析.....	42
5.2 左轉車流微觀紓解模式之構建.....	45
5.2.1 單左轉—有違規搶先進入口口待轉.....	45
5.2.2 單左轉—無違規搶先進入口口待轉.....	50
5.2.3 雙左轉—內車道.....	54
5.2.4 雙左轉—外車道.....	59
5.3 左轉車流微觀紓解模式之驗證.....	63
5.3.1 單左轉—有違規搶先進入口口待轉.....	63
5.3.2 單左轉—無違規搶先進入口口待轉.....	70
5.3.3 雙左轉—內車道.....	75
5.3.4 雙左轉—外車道.....	81
5.4 各車道情境左轉車微觀紓解模式特性比較分析.....	86

5.4.1 未穩定序別車輛紓解模式特性比較分析.....	86
5.4.2 趨於穩定序別車輛紓解模式特性比較分析.....	87
第六章 結論與建議.....	90
6.1 結論.....	90
6.2 建議.....	91
參考文獻.....	93



## 表目錄

表 2.1 國內車流紓解文獻比較.....	18
表 3.1 相關係數的強度大小與意義.....	24
表 4.1 號誌時相與時段資料表.....	32
表 4.2 左轉車流資料整理.....	33
表 4.3 單左轉違規 VS.無違規車隊第 1 部車紓解間距檢定.....	37
表 4.4 有無搶燈行為 VS.第 2 部車紓解間距檢定.....	38
表 4.5 雙左轉內外車道紓解間距比較.....	38
表 4.6 雙左轉內外車道之車輛組成.....	38
表 4.7 雙左轉內外車道紓解間距比較 (忽略車種因素影響).....	38
表 4.8 前後車種組合與紓解間距之檢定.....	40
表 4.9 Scheefe 多重比較.....	40
表 4.10 前後車種組合與停等車間距之檢定.....	41
表 4.11 Scheefe 多重比較.....	41
表 5.1 單左轉有違規趨於穩定車輛位置檢定.....	43
表 5.2 單左轉無違規趨於穩定車輛位置檢定.....	43
表 5.3 雙左轉內車道趨於穩定車輛位置檢定.....	44
表 5.4 雙左轉外車道趨於穩定車輛位置檢定.....	44
表 5.5 車道趨於穩定車輛位置.....	45
表 5.6 紓解間距與解釋變數之相關分析表.....	45
表 5.7 逐步迴歸模式摘要表 (單左轉違規第 1 部車).....	46
表 5.8 紓解間距與解釋變數之相關分析表.....	47
表 5.9 逐步迴歸模式摘要表 (單左轉違規第 2 部車).....	47
表 5.10 紓解間距與解釋變數之相關分析表.....	48
表 5.11 逐步迴歸模式摘要表 (單左轉違規第 3 部車).....	48
表 5.12 紓解間距與解釋變數之相關分析表.....	49
表 5.13 廣義估計方程式摘要表 (單左轉違規第 4 部車後).....	49
表 5.14 紓解間距與解釋變數之相關分析表.....	50
表 5.15 逐步迴歸模式摘要表 (單左轉無違規第 1 部車).....	51
表 5.16 紓解間距與解釋變數之相關分析表.....	52
表 5.17 逐步迴歸模式摘要表 (單左轉無違規第 2 部車).....	52
表 5.18 紓解間距與解釋變數之相關分析表.....	53
表 5.19 廣義估計方程式摘要表 (單左轉無違規第 3 部車之後).....	53
表 5.20 紓解間距與解釋變數之相關分析表.....	55
表 5.21 逐步迴歸模式摘要表 (雙左轉內車道第 1 部車).....	55
表 5.22 紓解間距與解釋變數之相關分析表.....	55
表 5.23 逐步迴歸模式摘要表 (雙左轉內車道第 2 部車).....	56

表 5.24 紓解間距與解釋變數之相關分析表.....	57
表 5.25 逐步迴歸模式摘要表 (雙左轉內車道第 3 部車) .....	57
表 5.26 紓解間距與解釋變數之相關分析表.....	58
表 5.27 廣義估計方程式摘要表 (雙左轉內車道第 4 部車之後) .....	58
表 5.28 紓解間距與解釋變數之相關分析表.....	59
表 5.29 逐步迴歸模式摘要表 (雙左轉外車道第 1 部車) .....	60
表 5.30 紓解間距與解釋變數之相關分析表.....	60
表 5.31 逐步迴歸模式摘要表 (雙左轉外車道第 2 部車) .....	61
表 5.32 紓解間距與解釋變數之相關分析表.....	62
表 5.33 廣義估計方程式摘要表 (雙左轉外車道第 3 部車之後) .....	62
表 5.34 單左轉違規搶先序別第 1 部微觀紓解模式檢定表.....	64
表 5.35 單左轉違規搶先序別第 1 部之微觀紓解模式之驗證資料.....	64
表 5.36 單左轉違規搶先序別第 2 部微觀紓解模式檢定表.....	65
表 5.37 單左轉違規搶先序別第 2 部之微觀紓解模式之驗證資料.....	66
表 5.38 單左轉違規搶先序別第 3 部微觀紓解模式檢定表.....	66
表 5.39 單左轉違規搶先序別第 3 部之微觀紓解模式之驗證資料.....	67
表 5.40 單左轉違規搶先第 4 部後微觀紓解模式檢定表.....	68
表 5.41 單左轉違規搶先第 4 部後之微觀紓解模式之驗證資料.....	69
表 5.42 單左轉無違規序別第 1 部微觀紓解模式檢定表.....	70
表 5.43 單左轉無違規序別第 1 部微觀紓解模式之驗證資料.....	71
表 5.44 單左轉無違規序別第 2 部微觀紓解模式檢定表.....	71
表 5.45 單左轉無違規序別第 2 部微觀紓解模式之驗證資料.....	72
表 5.46 單左轉無違規第 3 部後之微觀紓解模式檢定表.....	73
表 5.47 單左轉無違規第 3 部後之微觀紓解模式之驗證資料.....	74
表 5.48 雙左轉內車道序別第 1 部微觀紓解模式檢定表.....	75
表 5.49 雙左轉內車道序別第 1 部微觀紓解模式之驗證資料.....	76
表 5.50 雙左轉內車道序別第 2 部微觀紓解模式檢定表.....	76
表 5.51 雙左轉內車道序別第 2 部微觀紓解模式之驗證資料.....	77
表 5.52 雙左轉內車道序別第 3 部微觀紓解模式檢定表.....	78
表 5.53 雙左轉內車道序別第 3 部微觀紓解模式之驗證資料.....	78
表 5.54 雙左轉內車道第 4 部後之微觀紓解模式檢定表.....	79
表 5.55 雙左轉內車道第 4 部後之微觀紓解模式之驗證資料.....	80
表 5.56 雙左轉外車道序別第 1 部微觀紓解模式檢定表.....	81
表 5.57 雙左轉外車道序別第 1 部微觀紓解模式之驗證資料.....	82
表 5.58 雙左轉外車道序別第 2 部微觀紓解模式檢定表.....	82
表 5.59 雙左轉外車道序別第 2 部微觀紓解模式之驗證資料.....	83
表 5.60 雙左轉外車道第 3 部後之微觀紓解模式檢定表.....	84
表 5.61 雙左轉外車道第 3 部後之微觀紓解模式之驗證資料.....	85

表 5.62 各車道情境左轉車微觀紓解模式整理.....86  
表 5.63 各車道情境左轉車微觀紓解模式整理.....88



## 圖目錄

圖 1.1 序別車輛之示意圖.....	1
圖 1.2 設有單左轉專用車道路口示意圖.....	3
圖 1.3 設有雙左轉專用車道路口示意圖.....	4
圖 1.4 研究流程圖.....	6
圖 2.1 車輛紓解間距示意圖.....	11
圖 2.2 車輛紓解間距圖.....	13
圖 3.1 跟車模式示意圖.....	22
圖 4.1 現場拍攝示意圖（單左轉車道）.....	29
圖 4.2 現場拍攝示意圖（雙左轉車道）.....	30
圖 4.3 搶先進入口待轉.....	31
圖 4.4 無搶先進入口待轉.....	32
圖 4.7 有與無違規車隊之車輛平均紓解時間.....	35
圖 4.8 有與無違規車隊之車輛平均紓解間距.....	35
圖 4.11 內與外車道之車輛平均紓解時間.....	36
圖 4.12 內與外車道之車輛平均紓解間距.....	36
圖 4.13 大小車種組合示意圖.....	39
圖 4.14 前後車停等間距與紓解間距關係散佈圖.....	41
圖 5.1 單左轉違規搶先序別第 1 部之微觀紓解模式驗證圖.....	64
圖 5.2 單左轉違規搶先序別第 2 部之微觀紓解模式驗證圖.....	65
圖 5.3 單左轉違規搶先序別第 3 部之微觀紓解模式驗證圖.....	67
圖 5.4 單左轉違規搶先第 4 部後之微觀紓解模式驗證圖.....	68
圖 5.5 單左轉無違規序別第 1 部微觀紓解模式驗證圖.....	70
圖 5.6 單左轉無違規序別第 2 部微觀紓解模式驗證圖.....	72
圖 5.7 單左轉無違規第 3 部後之微觀紓解模式驗證圖.....	73
圖 5.8 雙左轉內車道序別第 1 部微觀紓解模式驗證圖.....	75
圖 5.9 雙左轉內車道序別第 2 部微觀紓解模式驗證圖.....	77
圖 5.10 雙左轉內車道序別第 3 部微觀紓解模式驗證圖.....	78
圖 5.11 雙左轉內車道第 4 部後之微觀紓解模式驗證圖.....	79
圖 5.12 雙左轉外車道序別第 1 部微觀紓解模式驗證圖.....	81
圖 5.13 雙左轉外車道序別第 2 部微觀紓解模式驗證圖.....	83
圖 5.14 雙左轉外車道第 3 部後之微觀紓解模式驗證圖.....	84

# 第一章 緒論

## 1.1 研究動機

都市因經濟活動的活躍，使得市區道路系統中之道路幾何環境、交通流量與特性及延滯皆較郊區道路系統複雜與嚴重，尤其在交叉路口，來自不同方向車流之匯集產生合併 (merging)、分離 (diverging)、穿越 (crossing) 及交織 (weaving) 等行為，使得車流彼此間在交叉路口發生干擾與衝突，在交通需求不斷成長但資源不可能無限供給下，必須透過有效的管理使得交通環境品質提升。因此，交通工程藉由號誌系統來規範車流的行進、停止與轉向，以有效管理交叉路口之行車秩序，來降低車流間彼此之干擾與衝突。當交叉路口之車流量過多或達到一定數量時，會藉以設置號誌專用時相來進行轉向車輛之紓解，以避免過多的轉向車輛受其他行向車輛阻礙，而影響上游車流之紓解，但若號誌專用時相設計不當，可能會產生更大的延滯時間。此外，在過去探討號誌化交叉路口的車流紓解行為文獻中，常藉以應用紓解率換算成飽和流率，進而推算出車道理論容量值，且亦指出紓解行為特性對於在綠燈時間內紓解車輛數也會有一定的程度影響，有鑑於此，瞭解車流紓解特性乃是作為道路容量估算及號誌時相設計之參考依據。

過去多數交叉路口車輛紓解行為之研究，係多以巨觀或介觀之角度探討號誌化交叉路口車輛之穩定紓解率，推求車道飽和流量，較少以微觀之角度來進行分析。對車種、車輛行向及車輛相對停等位置之研究，在車種研究部分，常見以小客車當量數轉換分析大車之穩定紓解特性，較少針對大小車混合車流來考量；對於左轉車流之紓解行為則多以左轉車調整因子來進行分析，少以直接對純左轉車流為研究對象；在車輛相對停等位置研究，亦少有考量依車輛相對位置之序別關係，分析車流紓解未達穩定前之序別車輛紓解特性，故為一值得研究之課題，其中「序別」係指車流抵達路口停止線前而依上下游相對位置，所排序之個別車輛順序關係，如圖 1.1 所示。

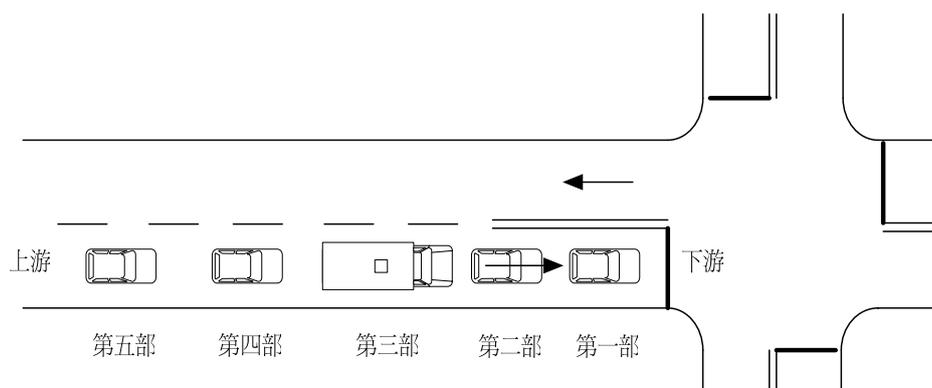


圖 1.1 序別車輛之示意圖

本研究係以針對市區左轉保護號誌下之無衝突左轉車流為研究對象，並分別探討在設有單左轉專用車道與雙左轉專用車道型式之左轉專用號誌化路口，分析左轉車流在紓解未達穩定與趨於穩定後之紓解特性，並探討前後兩車不同車種、停等間距及駕駛行為（搶燈行為）等因素之差異性，再以微觀角度構建序別無衝突左轉車微觀紓解模式，此外，本研究踏勘發現，左轉車輛有其左轉專用時相未始亮前（在直行右轉時相時），已搶先進入路口待轉之行為，而促使上游之部分左轉車跟隨搶先進入路口，本研究亦將針對該行為特性進行分析與討論。

本研究所探討之無衝突左轉車流紓解特性分析與構建之序別車輛微觀紓解模式，將可提供於微觀車流動態模擬模式、交通動態預測系統開發、車道容量估計與號誌時制設計等之參考依據。

## 1.2 研究目的

在交通工程之設計中對於車流紓解時間之研究或認定，以調查整體車流之紓解時間為依據，取一定值概括，另外，在過去相當研究中亦指出停等車流開始紓解時，起動延滯時間會於第 1 部車輛為最大，往車流上游之車輛逐漸遞減，並於第 4 或 5 部後會呈現一穩定情況，此時達到飽和流率，進而可推算其車道容量，但對於車流紓解時序別車輛之起動延滯時間，為何有逐漸遞減後漸趨於穩定之趨勢，以及序別車輛間起動延滯時間與前後車種、停等車間距及駕駛行為等是否存有影響關係，過去研究則較少對該方面來進行探究。有鑑於此，本研究預期分析探究號誌化平面交叉路口序別車輛之紓解時間是否與前後車種及停等車間距等因素之影響關係及所影響之程度，並以微觀角度建立序別車輛紓解模式。

基於上述，本研究探討號誌化平面交叉路口無衝突左轉車流特性，藉以微觀車流理論、跟車理論、運動學原理作為理論基礎，再依文獻評析、攝影調查、單因子變異數分析、Pearson 與 Eta 相關分析進行影響變數分析，並利用逐步迴歸分析與廣義線性方程式（GEE），應用於構建序別車輛微觀紓解模式，其主要目的可歸納如下：

1. 分析左轉車輛有其左轉專用時相未始亮前（在直行或直行右轉時相時），已搶先進入路口待轉之行為，而促使上游之部分左轉車跟隨搶先進入路口，對車流紓解之影響情況進行討論。
2. 探討在有效紓解時間下，影響其左轉車流紓解之第 1 部車大小車種、前後兩車車種組合、停等車間距、超越停止線違規距離與駕駛者違規搶燈等相關因素，以作為構建序別無衝突左轉車微觀紓解模式之影響變數。
3. 試找出研究車道對象之車流紓解趨於穩定位置，並探討左轉車流在紓解未達穩定前與趨於穩定後之紓解特性，並以微觀之角度構建序別無衝突左轉車微觀紓解模式。
4. 本研究所進行紓解特性分析與建立序別車輛微觀紓解模式，將可提供於微觀車流動態模擬模式、交通動態預測系統開發、車道容量估計與號誌時制設計

等之參考依據。

### 1.3 研究範圍

本研究主要係探討市區號誌化平面交叉路口無衝突左轉車流之紓解行為；由於多數設有無衝突左轉之市區號誌化平面交叉路口，左轉機車應以兩段式進行左轉，有鑑於此，本研究係以左轉汽車為研究對象（不含迴轉車輛），研究範圍界定於市區道路系統中，設有左轉專用車道與雙左轉專用車道之左轉號誌化平面交叉路口，並考慮以下條件：

#### 1. 調查環境限制：

- (1) 路口鄰近路段為平坦無坡度：考量公路幾何設計會影響駕駛者於正常情況下之駕駛行為，為簡化影響因素，故僅考慮鄰近路段為平坦無坡度之號誌化平面交叉路口。
- (2) 左轉車道上之車輛僅有汽車且須有一定長度的停等車隊，無機車駛入或行人干擾而阻擾左轉車流之正常運行，另外，左轉車流之紓解不受下游停等車輛之影響，且距離交叉路口 80 公尺內無計程車招呼站及無停車之干擾。

#### 2. 路口型態選擇：

- (1) 選擇設有左轉專用車道之左轉號誌化平面交叉路口，且路口交叉角度為直角（圖 1.2）。
- (2) 選擇設有雙轉專用車道之左轉號誌化平面交叉路口，且路口交叉角度為直角（圖 1.3）。

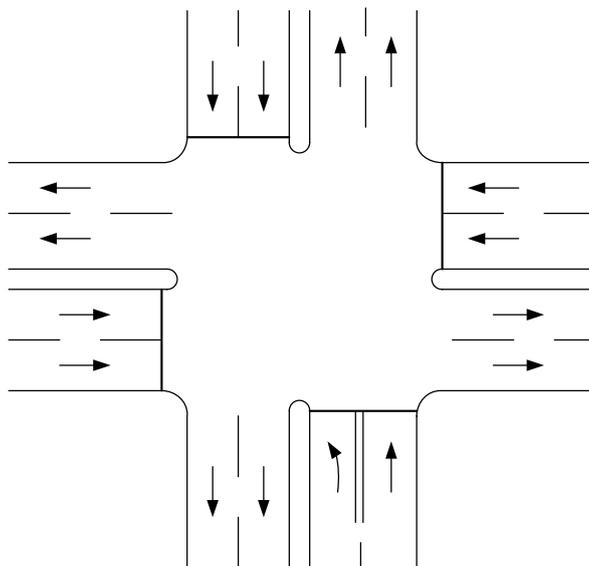


圖 1.2 設有單左轉專用車道路口示意圖

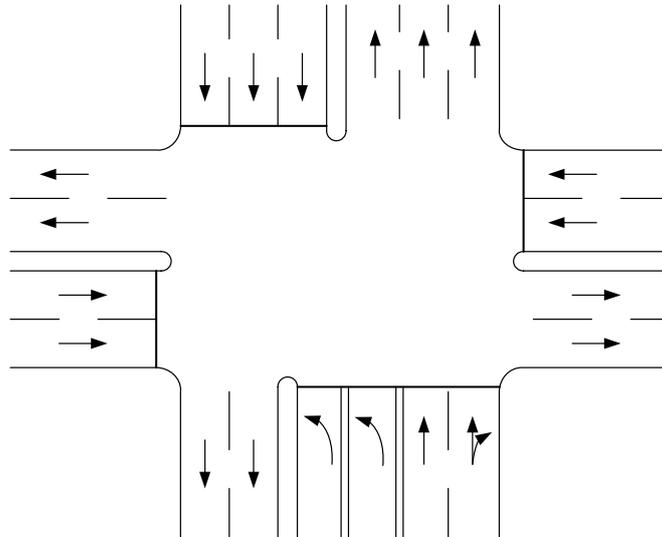


圖 1.3 設有雙左轉專用車道路口示意圖

3. 車種之分類：本研究係以左轉汽車為研究對象，且將車種分為小車與大車，比較分析兩者間之起動延滯特性差異。
  - (1) 小車：普通小客車、營業小客車、小貨車
  - (2) 大車：公車、雙軸與多軸重車
4. 調查時間：不同氣候會對駕駛者之駕駛行為產生不同程度之影響且資料調查係以攝影方式蒐集資料，為簡化氣候變數影響並確保攝影調查效果，本研究調查時間為白天時段，氣候良好，能見度佳。

#### 1.4 研究流程

本研究依流程進行各項研究工作，研究流程圖如圖 1.4 所示，其工作項目簡述如下：

##### 1. 確立研究動機與研究目的

清楚說明本研究議題之背景、目前相關研究所發展之狀況、未來研究之目的及預期成果。

##### 2. 確定研究範圍與對象

依照本研究動機與目的，清楚說明本研究所要探討之範圍與對象，以使研究內容與項目、後續資料調查、理論與研究方法應用等，有一明確之方向遵循。

##### 3. 蒐集國內外無衝突左轉紓解之相關文獻，並進行回顧、探討與研析

針對國內外於微觀車流理論、跟車理論、運動學原理、交叉路口車流紓解特性與模式，以及分析應用方法之相關文獻進行回顧，以瞭解目前學術於該議

題上之發展情形，並探究其文獻中之理論與內涵，且加以綜合歸納文獻所採用之研究方法，以作為本研究理論基礎與研究方法之參考依據。

#### 4. 研究方法與理論基礎之建立

依文獻回顧整理後所獲之結論，建立適當之理論基礎與相關應用分析研究方法，以作為從事研究、資料調查蒐集分析與模式構建之依據。

#### 5. 依攝影調查蒐集市區號誌化平面交叉路口無衝突左轉車流之紓解行為資料並整理製表

選定符合上述路口環境限制與路口型態之號誌化平面交叉路口後，以實際攝影調查之方式，蒐集左轉車流紓解之相關資料並將資料系統化整理製表，以利於後續從事左轉車流紓解特性之研析。

#### 6. 左轉紓解特性與影響因素分析

探討市區左轉保護號誌下之無衝突左轉車流，在設有單一左轉專用車道與雙左轉車道之兩種型式路口進行比較，將所蒐集整理後之無衝突左轉車流紓解資料進行分析，推求影響左轉車流紓解之顯著變數，並分析其車流紓解未達穩定與趨於穩定後之紓解特性與影響因素，以作為模式構建之影響變數。

#### 7. 構建國內市區序別無衝突左轉車微觀紓解模式。

利用所蒐集之無衝突左轉車紓解資料與所推求之顯著影響變數，構建序別無衝突左轉車之微觀紓解模式。

#### 8. 模式驗證。

針對所構建之序別無衝突左轉車微觀紓解模式，再蒐集符合研究範圍之新樣本資料對模式進行驗證之工作，以檢視模式本身之預測準確性。

#### 9. 結論與建議。

綜合本研究所獲得之序別無衝突左轉車微觀紓解特性與模式預測能力，提出結論與建議，將可提供於車道容量估計、號誌時制設計、微觀車流動態模擬模式與交通動態預測系統開發與相關措施規劃等之參考依據。

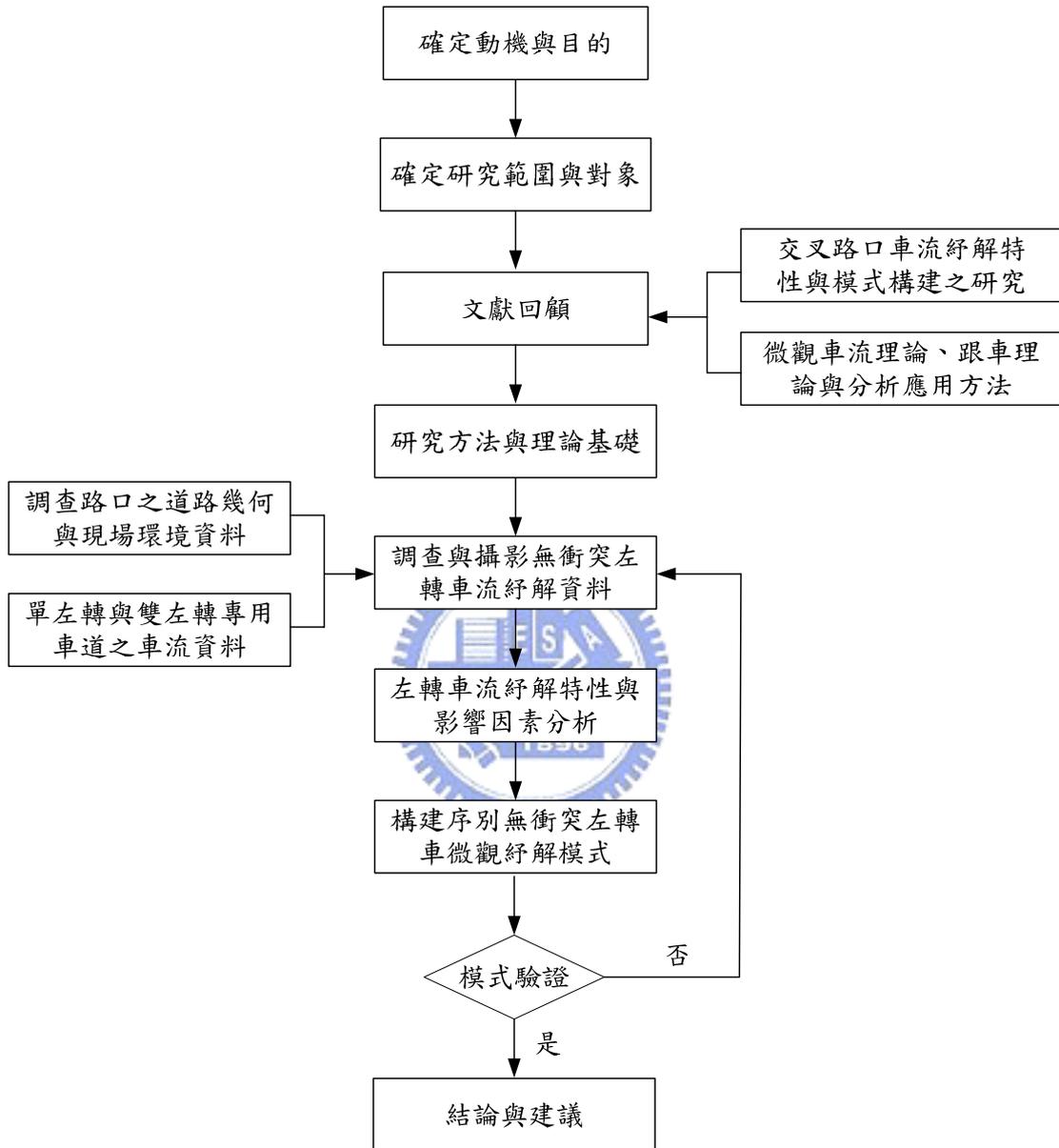


圖 1.4 研究流程圖

## 1.5 研究架構

本研究之主要研究架構，首先針對國內外於微觀車流理論、跟車理論、運動學原理、交叉路口車流紓解特性與模式等相關研究，進行回顧與整理，使對車流與紓解特性有基本認知，並瞭解目前學術於該議題上之發展情形，並探究其文獻中之理論與內涵，且加以綜合歸納文獻所採用之研究方法、結果之優劣，以作為本研究理論基礎與研究方法之參考依據；另外，再蒐集影響因素分析與車流紓解行為分析方法等相關文獻資料，以作為本研究於構建序別左轉車微觀紓解模式之分析應用方法。

資料調查蒐集方面，先選定符合本研究範圍之路口環境限制與型態之號誌化平面交叉路口後，以實際攝影調查之方式，蒐集左轉車流紓解之相關資料，並考量左轉車搶先進入口口之行為，對車流紓解行為產生之影響，再針對搶先進入口口行為、第 1 部車車種與前後車車種組合、前後車停等間距、搶燈起動行為等因素進行因素與特性分析，推求影響左轉車流紓解之顯著變數，以作為模式構建之基礎。

在模式構建方面，將就單左轉專用車道及雙左轉專用車道，為模式構建對象個別探討，再將整體車流之紓解模式分為車流紓解未達穩定與趨於穩定兩階段，並於未達穩定階段，依車後車相對之序別關係進行探討，以微觀之角度構建序別無衝突左轉車輛之紓解模式，而在車流紓解趨於穩定階段，構建其穩定之左轉車微觀紓解模式。最後，針對所構建之序別無衝突左轉車微觀紓解模式，再蒐集符合研究範圍之新樣本資料對模式進行驗證之工作，以檢視模式本身之預測準確性與適用性分析，其研究架構圖如圖 1.5。

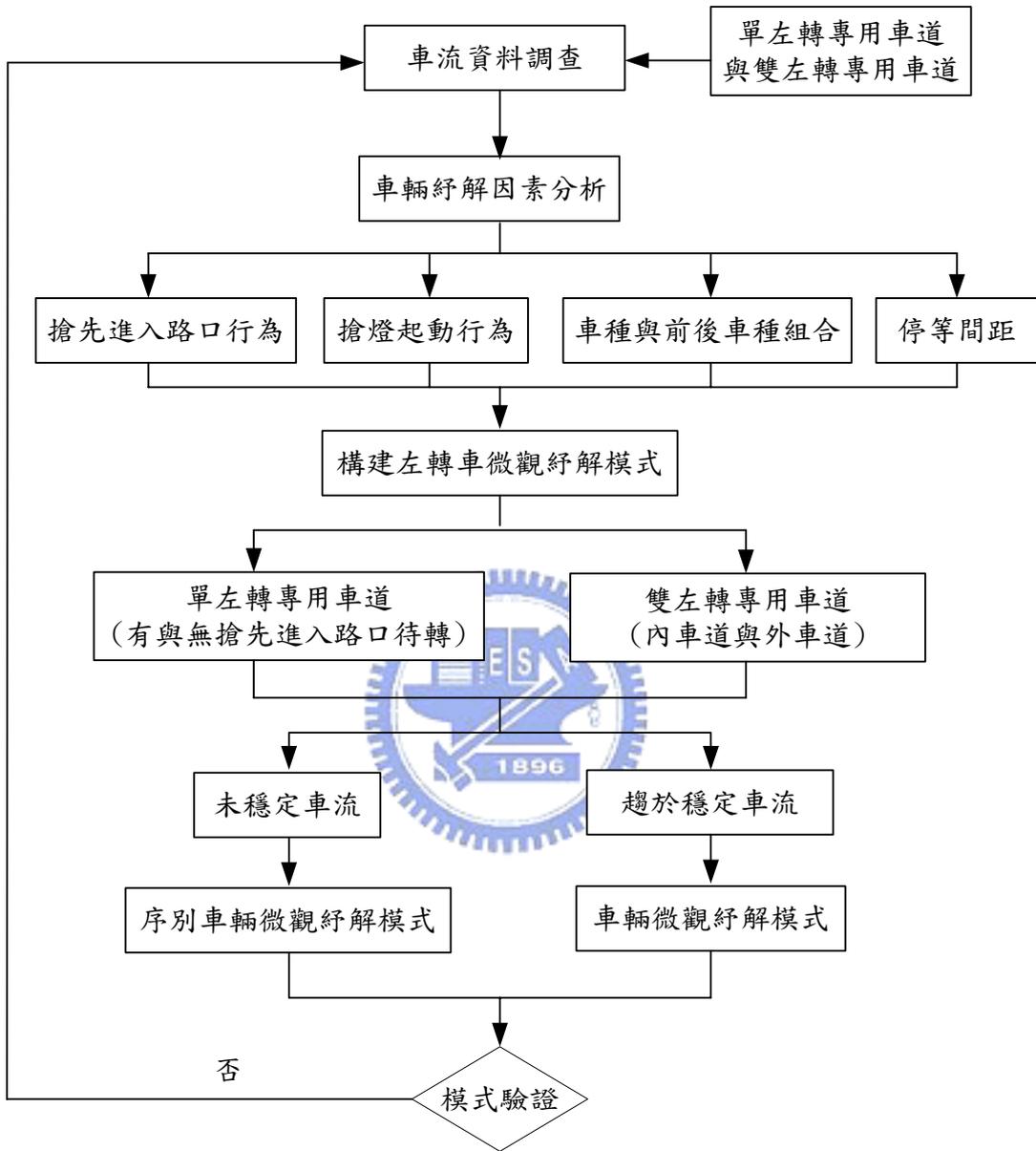


圖 1.5 研究架構圖

## 第二章 文獻回顧

本研究針對國內外車流理論及交叉路口車流紓解特性與模式構建等之相關文獻進行回顧與整理，以瞭解目前於車流行為之研究方法、車流紓解分析方式、探討影響車流紓解之因素及相關研究所使用之研究方法與結果，以作為本研究理論基礎與研究方法之參考依據，其整理如下：

### 2.1 研究車流行為之對象

一般對模擬車流之對象區分，則可分為三種：1.微觀車流；2.介觀車流；3.巨觀車流。三種層次分述如下：

#### 1. 微觀車流(Microscopic traffic flow)

其主要係以個別車輛其相互運作與影響之關係為研究之方向，其處理過程較為複雜，且較不易模擬較大型之網路，但可細部探討個別車輛運作之影響因素分析。

#### 2. 介觀車流(Mesososcopic traffic flow)

其主要係以車隊之形式為研究之方向，使用調查資料之平均數值作為描述車流行為之特性，將可避免車輛間複雜的相互運作與影響，即不處理車輛間相互干擾等複雜因素，進而達到節省時間之效用，亦可用於較大型之網路。

#### 3. 巨觀車流(Macroscopic traffic flow)

其主要係以整體之車流狀況為其研究之方向，透過流量(Q)、密度(K)與速率(V)三項指標作為其基本指標，其並不針對個別車輛間之行為運作與影響做描述。

### 2.2 研究車流行為之方法

目前對於研究車流行為之方法大致上有四種：1.現場控制實驗法；2.理論模擬推導法；3.現場觀測法；4.電腦模擬法。車流行為研究方法比較如表 2.1 所示，四種方法分述如下：

#### 1. 現場控制實驗法(Control Test-Track Experiment)

透過理想之場地進行測試，並配合精密測量之儀器設備，進行大規模之調查。此法需耗費大量之經費、時間與人力成本，測出之數據也容易直接受到受測駕駛者之行為習慣而有所偏頗。

#### 2. 理論模擬推導法(Theoretical Modeling)

在一定之假設條件前提下，利用事前調查蒐集之車流特性資料，推導構建理論模式，其結果一般化程度與重複使用性係為最高，但其無法描述個別車輛現象。

### 3. 現場觀測法(Studies of Phenomena)

實地觀測現場車流之行為並配合相關之車流特性資料，用以構建車流行為之模式，但其通常係觀測特定時間與特定地點之車流特性，較難以得知整體之車流行為模式。

### 4. 電腦模擬法(Computer Simulation)：

利用相關之設備蒐集系統所需之車流資料，構建理論模式，透過撰寫程式並電腦執行，用以重現車流之行為。

## 2.3 車流紓解分析方式

過去文獻針對交叉路口車流紓解過程分析的方法，主要可以分成四類來探討，以下為各方法之理論定義：

### 1. 間距法

屬於微觀法，此方法為測量飽口流率的基本方法，主要是於路口設定一基準線，於綠燈時間計算車輛通過基準線的車間距，通常用於調查單一車道小汽車的紓解間距。

根據 1985 年美國公路容量手冊的定義：「飽和流率即是號誌化路口的臨近路段或車道群，在正常的交通與道路狀況下，所能通過之最大車流量。同時此臨近路段或車道群的可利用時間為一小時有效率燈時間，故其計算單位為每小時有效率燈的最大通過車輛數」[44]。而飽和流率之估算方法，一般可分為 TRRL 估算法(TRRL Counting Method)以及車間距法(Headway Method)[29]，其中 TRRL 估算法一以固定時間內所通過的車輛數推估飽和流率，車間距法一以紓解一定的車輛數所花費的時間計算飽和流率，兩者之差異在於前者以 vehicles/unit time，後者以 time/unit vehicles 為單位。此外，前者無法明確區分小客車、重車之差異性，而車間距法可以區分兩者之不同。另外，1992 年美國交通工程手冊之定義[40]，車間距為兩連續車輛通過道路之某一固定點的時間間隔，車輛的任何一點都可做為觀測之參考點，唯前後兩車輛之參考點必須一致，如車頭至車頭的時間間隔或車尾至車尾的時間間隔。

### 2. 固定時段法

一般由綠燈亮起，取固定時段 5 秒或 6 秒，記錄車輛紓解數目。主要以一車道或路口為衡量對象。在國外部份，英國以 6 秒為準，而澳洲認為 10 秒為準。至於機車分析，一般取 3 秒量則。

### 3. 三時段調查法

此方法為第二種方法的延伸，主要是將綠燈時間分為三階段。第一階段為起動階段，此一時段內，包括了起動延滯；第二階段為飽和時段，此長度一直到車

綠燈時間紓解率隊紓解時為止；第三階段為其餘綠燈時段，亦為未飽和時段。

#### 4. 佔用道路面積比例法

由綠燈亮起取適當秒數為間隔，計算汽車佔用路面比例為紓解時間及距停止線距離的關係。汽車主要是依跟車原理前進，而不同於機車有向前集中，向橫發展，所以車道使用率一直保持穩定，而機車則急速驟減至路段水準。

### 2.4 車流紓解行為之相關研究

本研究之研究對象為號誌化平面交叉路口之無衝突左轉車，並比較分析單左轉專用車道與雙左轉專用車道之紓解行為特性，故針對國內外之交叉路口車流紓解相關研究進行回顧，以了解目前國內外對於交叉路口車流紓解之相關研究方法與所獲成果，以作為本研究在車流資料調查蒐集與車流紓解特性認知之參考依據。

#### 2.4.1 車輛紓解行為相關研究

在過去相當研究中指出停等車流開始紓解時，起動延滯時間會於第 1 部車輛為最大，往車流上游之車輛逐漸遞減，於第 4 或 5 部後會呈現一穩定情況，此時達到飽和流率。

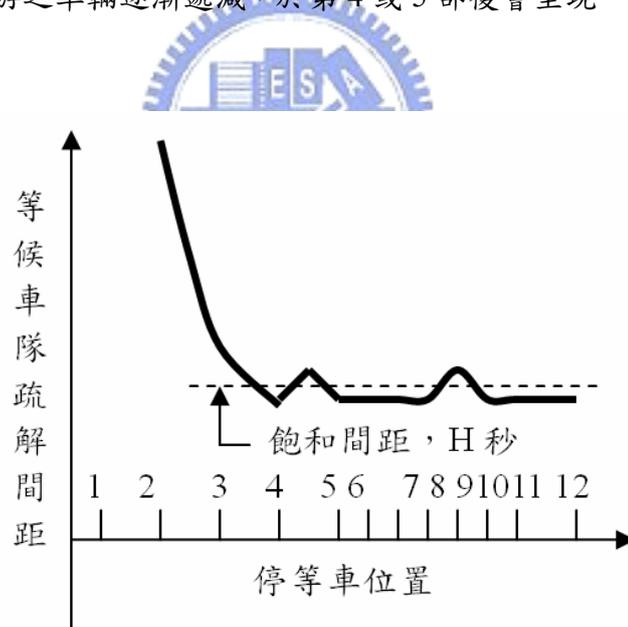


圖 2.1 車輛紓解間距示意圖[3]

張瓊文等[15]，利用在臺灣市區收集的 38 個車道所蒐集之紓解特性資料，以討論使用傳統飽和流率觀念時所造成之誤差，並改良現有之模式；另提及美國與臺灣的現場資料皆顯示，停等車疏解率通常沒有一明顯的穩定值，而其對應的損失時間亦非固定值，此特性造成運用傳統飽和流率觀念來估計號誌化路口容量之困難，間接地使號誌化路口之時制設計亦產生誤差。

曾平毅等[18]，本文探討左轉車輛於左轉時相保護下不受對向直行車之衝突導致延滯或阻礙，而能陸續紓解之無衝突左轉行為；藉由實際調查蒐集 15 個左轉車道之時相週期、平均紓解車距（第 4 部以後）、左轉速率、車道寬度、速限以及路口縱向與橫向距離等資料，並衍生出能描述左轉空間特性之轉彎半徑、臨界左轉距離及左轉切線距離和等變數進行相關分析，發現第 4 部以後之平均紓解車距與左轉速率呈負相關，第 4 部以後之平均紓解車距與縱向距離呈負相關，左轉速率與臨界左轉距離及左轉切線距離和呈正相關，車道寬度與速限與其他變數間無顯著關係。另外，文中提到飽和流率與不同停等位置的平均紓解車距特性之討論，發現紓解間距隨著停等位置後移而以逐漸下降居多，即紓解率逐漸提升，而標準差逐漸減少之趨勢，說明了停等車紓解之穩定逐漸提升，而在車道之車輛不同停等位置以分群作檢定，其結果發現各群間諸多具顯著差異，顯示不同停等位置具有不同之性質與表現。

鄭鼎煜[23]，以微觀分類跟車觀念，描述交叉路口之車隊紓解行為，將車隊之車輛組合分類為四種跟車紓解間距型態，依序為小車-小車、大車-小車、小車-大車及大車-大車型式，並按上述之跟車組合來預測車輛紓解時間，檢視四種微觀跟車紓解間距之間之差異，其結果發現不同車種組合之跟車紓解型態，對於車隊後續之紓解有顯著之影響關係，並證實車隊紓解剛開始為不穩定之車輛紓解間距，不管其車種不同，會隨其位置遞增而慢慢的遞減達到穩定狀況，會呈現一倒數關係模式。另外，在模式構建上，係將車隊分為不穩定區與穩定區兩階段進行探討，在不穩定區之階段，考量車種及順序兩個影響因素，構建每個位置之車輛紓解間距函數，進而推算出車輛紓解時間，而在穩定區階段，係以考量車隊穩定位置點後之所有車輛平均紓解間距及微觀跟車間距函數來探討，最後再將兩階段的模式進行組成車輛紓解時間預測模式。

蔡輝昇、羅彬榮[24]，指出調查中基於國內之駕駛人大部分有超越停止線的習慣，故採取之參考線係以車隊最前面第一輛車停車位置正下方為準，其分析結果發現車隊紓解時，前 3 輛車的間距明顯偏高，至第 4 輛車起漸接近平穩狀態；利用「時間—平均通過車輛數圖」與「時間—紓解時間圖」兩種分析方法，分別求算車流紓解穩定間距與損失時間，所得車流紓解穩定間距與損失時間結果，其前者方法求得之數值較大。在紓解時間預測函數上，係以紓解間距與車輛等候順序關係之指數函數型態為基礎，利用指數特性轉換為線性函數，並以迴歸分析而建立車隊紓解間距預測函數，再利用所建立之車隊紓解間距預測函數，推導出紓解時間預測函數。故該研究所獲得之結論與建議，在考量駕駛人之搶燈行為下，實際之起動損失時間建議為 2 秒，而車流紓解趨於穩定時，其間距大小即為紓解時間之穩定斜率，另外，「時間—紓解時間圖」對於穩定後的間距與損失時間之計算較「時間—平均通過車輛圖」準確，故建議以「時間—紓解時間圖」從事車隊紓解間距及損失時間之研究。

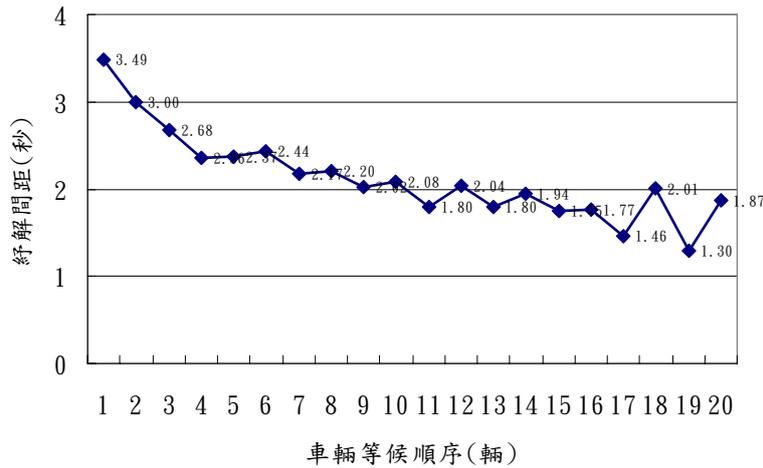


圖 2.2 車輛紓解間距圖 [24]

Greenshields et al. [34]，探討關於交叉路口之車輛紓解間距，提出平均車輛紓解間距會受到車輛停等位置影響，其紓解間距於第 1 部車為最大，且隨車輛停等位置遞增而遞減，並於第 5 部車之後呈現一個固定的紓解間距，其最小平均紓解間距為 2.15 秒。同時指出當大車通過路口時通常需要較多的紓解時間，且會使得後方跟隨的車輛有較大的紓解間距。

朱松偉[5]，提出過去對飽和流率之推估，都以直行車道為基礎，對於不同轉向之車道，則以直行車進行調整，忽略轉向車道之影響，且傳統對飽和流率的調整，不考慮重車與小客車在轉彎之差異，造成飽和流率之錯估。因此針對過去推估飽和流率的觀念進行修正。故該研究特別針對號誌化路口單左轉專用車道、雙左轉專用車道及左轉直行共用車道之飽和流率推估方法，並進行合理的修正。

張瓊文等[16]，初步探討在號誌化交叉路口但無左轉專用保護時相下，左轉車進行左轉紓解之行為；以錄影觀察之方法記錄衝突左轉車輛之行為並蒐集路口幾何資料，由路口空間之使用、先行左轉之現象、間距使用之行為以及在燈號轉換期間內能紓解之車數等層面來探討。目前台灣地區號誌控制多採以 2-3 秒之黃燈時段或全紅時段，以紓解在黃燈時段仍進入路口之車輛。該研究提出對於衝突左轉車輛於號誌週期中採取先行左轉車輛者大約佔 20-75%，其平均先行左轉之車數在 1.2-1.9 之間。此外，在燈號轉換期間能紓解之左轉車數，隨停止線道路口中央附近轉彎點之距離而變，距離為 27 公尺時，每一左轉道大約紓解 2.9 輛小車，距離增為 48 公尺時，大約可紓解 5.5 輛小車。

Moussavi and tarawneh[38]，探討不同等候位置之直行小客車的紓解間距關係，其車輛紓解間距會在第 4 部車之後呈現一穩定紓解情況，並說明當紓解間距呈現上下小幅度變化之穩定情況時即為最小紓解間距。另外，亦指出車輛平均紓解間距可以用來進行公路容量分析與號誌時制設計的參考依據。

H.Y. Tong [35]，指出駕駛行為、車輛特性與交通環境之變動，皆會對在模擬

車輛紓解間距上產生極大困難。研究中以類神經網路進行車輛紓解間距之模擬，並考量車道寬度、停等車位置與不同車種等因素，其將車種分為小客車、小貨車、中與大型貨車及公車等類型，其所獲的之車種，而各車種之平均紓解間距為 1.96、2.24、2.74 與 3.79 (秒)

王慶瑞[1]，利用實地攝影調查直行與左轉車輛進入交叉口之飽和流情形，期可得直行車道小客車約於第 9 輛以後達飽和流狀態，其平均車頭距為 1.81 秒；大客車約於第 4 輛以後就達到穩定飽和流狀態，其平均車間距為 2.54 秒；小貨車約於第 6 輛以後就達到穩定飽和流狀態，其平均車頭距為 1.97 秒；大貨車則約於第 7 輛以後就達到穩定飽和流狀態，其平均車頭距為 2.57 秒；而左轉車道小客車約於第 5 輛以後趨於穩定的飽和流，平均車頭距為 1.92 秒，其平均車頭距較歐美澳等國家小。

許添本[11]，以流動(movement)為容量分析的基本對象，飽和流量為進行方式，並結合號誌時制及交叉口設計等，整體發展成為臨界流動分析法(critical movement approach)。並推估車隊紓解之平均最小間距在第 5 部車漸近最小，與國外類似，其平均最小間距 1.7 秒。

張學孔[14]，探討交叉口右轉流動進行容量分析，除分析直行及轉向車道的飽和流量外，並對於右轉行為特性與衝突特性進行調查，並利用實地右轉行為特性，以機率及等候理論為基礎建立容量分析模式，包含：行人干擾下的右轉流動分析、快車道右轉飽和流量分析、及紅燈右轉容量分析模式。其得到結果如下：右轉車道飽和流量為 1945/綠燈小時、對於直行加右轉車道，其平均間距為 1.965 秒，右轉車之直行當量為 1.14、及在右機車之直進車輛當量值為 1.92~2.72，則推估飽和流量則在 5960~7480MCU/綠燈小時。

李承德[6]分析公車於路口停等紓解之特性，若前車為小客車時，則公車停等位置在第 5 輛車後趨於穩定，其紓解間距約為 3.25 秒；若前車亦為公車時，則公車停等位置在第 4 輛車後趨於穩定，其紓解間距約為 3.68 秒。

顏上堯[25]，以二時段與固定時段調查法推估飽和流量，並利用迴歸分析計算各種路型下的飽和流量，其中中央分隔路型為 1998 小客車/時，快慢分隔及中央快慢分隔路型為 1966 小客車/時，無分隔路型為 1896 小客車/時；另外，研究得知車種實用當量如下：拖車：2.5、大車：1.5、小車：1.0。及針對直行及直行右轉兩種車流，得知起動延滯為 2.5~5.5 秒。

#### 2.4.2 單與多左轉車道之紓解特性比較

曾平毅等[18]，研究中發現雙左轉車道中內側車道之平均紓解車距大於外側車道，內側車道之紓解車距變異數小於外側車道，在三左轉車道中平均紓解車距為內側車道 > 中線車道 > 外側車道，而變異數為內側車道 < 中線車道 < 外側車道；此外，研究中以虛擬變數進行迴歸分析處理多轉轉車道中不同車道間之關

係，提出雙左轉車道與三左轉車道之  $N_{gi}$  迴歸關係式，且於研究中發現雙左轉車道之內外車道綠燈時段變數斜率值比為 1:1.02，三左轉車道之綠燈時段變數斜率值比為 1:1.05:1.18，顯示雙左轉車道之外側車道紓解能力略高於內車道，而三左轉車道之外側車道紓解能力有大幅提升之現象。

朱松偉[5]，研究中指出單左轉與雙車道之齊一性檢定結果發現，單左轉車道與雙左轉車道之平均車間距有顯著差異。另外，Akcelik[26]觀測結果得知，雙左轉車道之飽和流率為單左轉車道的兩倍，兩者分別為 3620(tcu/hr)與 1810(tcu/hr)。

美國 HCM[42]，對於雙左轉車道飽和流率之推估，係直接以單左轉車道之飽和流率推求而得，即雙左轉車道之內側車道之飽和流率與單左轉車道相同，而外側車道則為單左轉車道之 0.8 倍，故內外車道之飽和流率分別為 1200(vphgpl)及 960(vphgpl)，平均為 1080(vphgpl)，該結果為實地觀察所得。

Capelle、Pinnell[33]，以攝影的方式收集兩個路口之交通資料，採取平均間距法(Headway Method)計算等候線之第 3 輛車至最後一輛車之平均車間距，由觀測的雙左轉車道，內為左轉專用車道，外為左轉直行共用車道，兩者之飽和流率分別為 1500(vphgpl)及 1636(vphgpl)，平均為 1568(vphgpl)，顯示內外側車道之飽和流率有差異。

Ray[41]，以實地觀測之方式，選擇 11 個路口並在上下午尖峰進行觀測，採平均間距法觀測綠燈時段所能通過的車輛數，以推求飽和流率，其結果顯示，內側道之飽和流率 1320(vphgpl)與外車道之飽和流率 1220(vphgpl)，兩車道有所差異。

#### 2.4.3 車輛紓解間距相關模式之研究

Briggs[30]，在假設車輛加速度、平均車輛長度、停等間距皆為固定值下，構建車輛之紓解模式，其模式分為兩部份，前部分為車輛速度較小或尚未達到期望速度，後部份為車輛紓解速度已達到期望速度。

$$h_n = \begin{cases} T + \sqrt{\frac{2d_n}{A}} - \sqrt{\frac{2d_{(n-1)}}{A}} & \text{if } d_n < d_{\max}, \\ T + \frac{d}{V_q} & \text{otherwise,} \end{cases}$$

$h_n$ ：第  $n$  部車輛的紓解間距

$n$ ：第  $n$  部車輛停等位置

$d$ ：停等車間距

$V_q$ ：期望速度

$d_{\max}$ ：當速度為  $V_q$  時所行駛之距離

$T$ ：駕駛人起動反應時間

## A：停等車固定加速度

其模式前部分主要受到車輛加速度與停等車位置影響，而模式後部份則受到駕駛者的反應時間與期望速度之影響，且模式中顯示當達到期望速度，其車輛平均紓解間距為一固定值。

Bonneson[28]，與 Briggles 作比較，該模式之加速度並非固定值，且另納入第 1 部車輛反應時間修正之變數，而其中亦假設每台車之反應時間亦是相同，進而建立以駕駛人反應時間、車輛速度與加速度建立車輛紓解間距預測模式。

$$h_n = \tau N_1 + T + \frac{d}{V_{\max}} + \frac{V_{sl(n)} - V_{sl(n-1)}}{A_{\max}}$$

$h_n$ ：第 n 部車輛之紓解間距

T：駕駛人起動反應時間

$\tau$ ：第 1 部車輛之額外的反應時間

$N_1$ ：1，表 n=1；0，表 n>1

d：本車與前車之停等距離

$V_{sl(n)}$ ：第 n 部車通過停止線之車輛行駛速度

$V_{\max}$ ：車輛最大行駛速度，其加速度為 0

$A_{\max}$ ：最大加速度

其中模式受到車輛加速度、車輛通過停止線時之速度與駕駛人反應時間之影響。此外，模式中當車輛速度等於期望速度 ( $V_{\max}$ ) 時，其車輛紓解間距為最小，即達到飽和流率，亦說明當車輛通過停止線時，其車輛間之行駛速度之差異為 0，且最小紓解間距係受駕駛人反應時間與期望速度影響，而車輛通過停止線之車輛速度之估計，可以下列表示：

$$V_{sl(n)} = V_{\max} (1 - e^{-nk})$$

k： $\beta / V_{\max}$

$\beta$ ：常數

亦是車輛通過停止線之車輛行駛速度模式，係以第 n 部車輛之停等位置，取代在加速度模式（速度與時間關係）於 t 時間下之速度。

### 2.4.4 不同地區之車輛紓解特性比較

Stoker [43]，收集 3 個都市之 14 路口，採用平均間距法觀測，其結果顯示，College Station 與 Austin 兩都市之雙左轉車道飽和流率無顯著差異，但該兩都市之飽和流率較 Houston 略低，其可能與都市規模有關，且都市內各路口之雙左轉內外側車道平均飽和紓解間距無顯著性差異。鄭鼎煜[23]，針對於不同地區路口，進行微觀跟車紓解間距差異性比較，發現其差異性不大，表示車隊中之微觀

跟車紓解間距，有一固定紓解模式存在，而其間之差異性大小跟其路口型態及車道寬有一定相關性。

#### 2.4.5 不同車種與轉向型態之車輛紓解特性研究

Carstens[33] 比較不同轉向車流的紓解間距，其結果發現不論是直行、左轉或右轉車流之紓解間距，都會隨車輛停等位置遞增而遞減。此外，亦發現直行車之紓解間距會較左或右轉向之車流低。Lu[37]，發現設有左轉保護時相之紓解間距，較無左轉保護時相小，另提出停等車隊中的第 1 部車車種會對整體之車對紓解產生極大的影響，另外，亦指出小車之紓解間距較大車來的小。Bruce[31]，發現飽和車流和路口寬度、轉向比例、交通組成等因素有很大的相關。Lee[36]，對影響車輛紓解間距之因素進行敏感度分析，其結果發現，道路之速限與停等車對長度，對於車輛之紓解有明顯之影響關係。Parker[39]，探討重車對紓解間距之影響，其結果發現在與小車比較時，重車會明顯對後方車對之紓解產生較大的紓解間距。

#### 2.4.6 機車紓解特性方面

劉力銘[21]，對機車車隊紓解特性進行分析，探討紓解並建構模式，根據模式結果與變數之影響，推論機車成為路口亂象的原因，以提出改善建議。該研究係以錄影調查並比較各變數與各模式之結果，確認機車在綠燈始亮後 2~4 秒間，紓解率會升至一高峯值。

蔣靜宜[22]，於多處機車專用道進行調查，以了解機車專用道車輛紓解情形與推估飽和流率，以作為號誌化路口擬定時制計畫與容量分析之依據，並實際操作 VISSIM 微觀模擬軟體，探討此軟體於模擬台灣地區機車專用道車流之可行性，更可為應用此軟體進行相關機車車流模擬之基礎。研究中指出實際調查可用車道寬度為 1.8m、2.1m、3.0m、3.5m 等機車專用道，分析其飽和流量分別為 5139 Mcu/hr/lane、7432 Mcu/hr/lane、8255 Mcu/hr/lane 與 10546 Mcu/hr/lane，具有車道愈寬，飽和流量愈高的趨度。

#### 2.4.7 其他相關文獻

孫信泰[10]，在於推估衝突左轉車流之容量，研究對象為無左轉專用時相之左轉直行共用車道。以往在進行相關研究時，所使用的調整因子，均是以直行車道小客車為基礎所建立之調整因子值，同時趨向於專用時相之研究，忽略了小客車與機車車流特性的差異與非專用時相對路口之重要性。

蘇錦江[26]，其目的建立一套簡易而正確之平面交叉路口混合車流交通模擬模式，並介紹其應用之原理，以提供一實用之模擬模式，文中先進行交叉路口車流現象分析，在其模擬模式中採用路口軌跡座標法，並利用電子計算機程式語言撰述，進而建立簡易而正確之平面交叉路口混合車交通模擬模式，作為分析研討

交叉路口車流行為，其模擬結果為：號誌化路口容量單方向每車道 1200 輛/小時，重型車當量 1.3、機車當量 0.5，左轉及右轉當量分別為 1.5，1。

陳建旭[17]，文中提到交叉路口間距之有效停儲長度，會對幹道車流紓解產生影響，並由實地之路口觀察可發現，當路口間距過短，極可能發生溢流而造成有效綠燈時間延滯。

#### 2.4.8 車種定義方面

根據美國公路容量手冊[44]，車輪數大於四的車輛即為大車；Akcelik[27]，定義為大於兩個車軸或車後軸有四個輪子之車輛。朱松偉[5]，提及市區內其他車種之重車數量較少，該研究所觀測之重車以公車為主，就市區號誌化路口而言，公車為基礎所推估之重車調整因子應較為合理且實用性。

表 2.1 國內車流紓解文獻比較

作者	目的	紓解方式	車種
許添本[11]	在某一混和狀況下之飽和流率模式	間距法	大車、小車、機車
王慶瑞[1]	估計飽和流量及各種小客車當量	間距法、三時段調查法	小客車、大客車、小貨車、大貨車
張學孔[14]	快車道右轉流動容量模式、紅燈右轉容量模式、行人干擾右轉容量模式	固定時段法	小客車、機車
顏上堯[25]	混合車流下修正之飽和流量及容量推估模式	固定時段法	小客車、機車
蔡輝昇、羅彬榮[24]	建立車隊紓解間距與紓解時間之預測函數	間距法	大車、小車
孫信泰[10]	每小時的衝突左轉車流容量模式	間距法	大車、小車、機車
蔣靜宜[22]	機車飽和流量模式	固定時段法	機車
劉力銘[21]	機車在混合車流下之紓解模式	三時段調查法	機車
鄭鼎煜[23]	大小車組合車隊紓解模式	間距法	大車、小車
曾平毅、張瓊文、陳文斌[18]	無衝突左轉停等車紓解特性及估計車道之容量	間距法	大車、小車

## 2.5 車流紓解之影響因素

影響車輛紓解間距原因可分號誌控制、交通組成、道路條件及其他因素等四大類。

### (1) 號誌控制

號誌控制方面可分時制及時相兩方面來探討，所謂時制是號誌中有關時相、週期及時段長短之設計規定，當週期長度相同時，綠燈時間越長，最大之紓解車輛數越多。而所謂時相是指在同一週期中所分成之時段，用以指導各方向交通之行止，當在一個週期中所分成之時相越多，則雖車輛之行進較有規律，但若實際之轉向車流不足，則可能會浪費該時相之設計而降低該路口之紓解車輛數。

### (2) 交通組成與車輛轉向

主要分成車種及轉向比例來探討，當該路段之車種越複雜，尤其當大型車越多時，其飽和紓解率越低。當路段中車輛轉向比例大，而無專用車道或專用時相時，則車輛間所造成之干擾會增加，致降低紓解車輛數，此外當對向車道之轉向交通量極多且又無相關措施加以配合時，則其對路口之飽和紓解車輛數亦有極大之影響。

### (3) 道路與路口幾何因素

在道路條件方面可分車道數、車道寬及是否有專用車道來探討。當該研究路段之車道數越多則該路段所能紓解之總車輛數越多。而車道寬越寬時，車輛間彼此之干擾會減少，駕駛人之心理壓力也會降低，而使紓解率增加。當有一定之轉向交通量需求時，專用車道配合專用時相之設置可減少干擾之產生而使車流能順利行進，以增加紓解車輛數。

### (4) 其它因素

在其他因素方面可分駕駛人行為及環境（如氣候）等。由於駕駛人之行為各有差異，對於紓解率之影響也各有不同。在環境方面，一般而言當雨天或視線不良時，會降低該路段之紓解車輛數。

## 2.6 文獻評析

- (1) 在研究方式與資料蒐集調查方面，早期多以模擬方式取得所需要的資料，作以驗證理論可行性，後續研究多以實際調查資料進行統計分析取得飽和流率、車道容量及穩定紓解間距等相關資訊。本研究係利用現場攝影調查法，蒐集路口無衝突左轉車流之資料，作為分析無衝突左轉車流紓解之特性並構建其微觀紓解模式。

- (2) 車輛紓解特性方面，紓解間距會於第 1 部車輛為最大，隨著停等位置後移而以逐漸下降居多，即紓解率逐漸提升，說明了停等車紓解之穩定逐漸提升，並指出停等車紓解率通常沒有一明顯的穩定值[15]。另外，在左轉車道型態上，單左轉與雙左轉車道之紓解特性皆有其顯著性差異，而在設有左轉保護時相之紓解間距，較無左轉保護時相小。在不同車種與轉向型態，不同轉向車流的紓解間距，其過去研究結果發現不論是直行、左轉或右轉車流之紓解間距，都會隨車輛停等位置遞增而遞減，亦發現直行車之紓解間距會較左或右轉向之車流低。此外，不同車種亦對於紓解行為特性皆會產生不同程度之影響，其停等車隊中的第 1 部車車種，會對整體之車隊紓解產生極大的影響，且小車之紓解間距較小於大車。
- (3) 本研究在車流紓解分析方式上，其車間距法，以 time/unit vehicles 為單位，故可區分小客車、重車之差異性[29]，故本研究將以車間距法作為車流紓解分析調查方式。另外，過去文獻中，多以小客車當量數轉換分析大車之穩定紓解特性，少針對大小車混合車流來考量；對於左轉車流之紓解行為則以左轉車調整因子來進行分析，較少以純左轉車流為研究對象；在車輛相對停等位置研究，多以探討車隊紓解趨於穩定後之紓解特性，亦少有考量依車輛相對位置之序別關係，分析車流紓解未達穩定前之序別車輛紓解特性。
- (4) 過去多數交叉路口車輛紓解行為之研究，係多以巨觀或介觀之角度探討號誌化交叉路口小客車之穩定紓解率，推求車道飽和流量，較少以微觀之角度來進行分析。
- (5) 過去文獻中，對於停等車常有之違規搶燈行為，常以忽略之方式處理，此外，亦少有針對無衝突左轉車於左轉綠燈未始亮前，其左轉車已進入路口待轉之行為特性進行探討。
- (6) 本研究係將以單左轉專用車道及雙左轉專用車道為模式構建對象個別探討，再將整體車流之紓解模式分為車流紓解未達穩定與趨於穩定兩階段；在車流紓解未達穩定階段，係將分別以車輛前後車相對位置之序別關係進行探討，構建車流紓解未達穩定前之序別左轉車微觀紓解模式，而在車流紓解趨於穩定階段，構建其趨於穩定之左轉車微觀紓解模式。並針對停等車輛搶燈起動與搶先進入路口待轉之等行為特性，進行分析與討論。

### 第三章 理論基礎與研究方法

本研究係以微觀之角度探討號誌化平面交叉路口無衝突左轉車紓解特性，並構建其微觀紓解模式，故本研究將依微觀車流理論、運動學原理與跟車理論作為理論基礎，再依文獻評析、攝影調查、單因子變異數分析（One-way Analysis of Variance, ANOVA）與 Scheefe 多重比較、成對樣本 t 檢定、相關分析（Pearson、Eta）、迴歸分析與廣義線性方程式（GEE），作為本研究之研究方法，以作為無衝突左轉資料之蒐集、紓解特性與模式構建之應用分析工具，以下各項理論基礎與研究方法簡述如下：

#### 3.1 理論基礎

本研究為構建微觀車流紓解模式，故將依微觀車流理論、跟車理論、運動學原理作為本研究之理論基礎。

##### 3.1.1 微觀車流理論

車流理論係為交通運輸領域中最先發展之理論基礎，惟過去研究主要以微觀車流與巨觀車流為主要模擬車流之對象，近年來已有學者提出介觀車流理論。而微觀車流其主要係以個別車輛其相互運作與影響之關係為其研究之方向，相較於巨觀車流主要係以整體之車流狀況為其研究之方向，透過流量(Q)、密度(K)與速率(V)三項指標作為其基本指標，微觀車流其處理過程較為複雜，且較不易模擬較大型之網路，但可細部探討個別車輛運作之影響因素分析。

##### 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，主要為探討物體運動之位置、位移、速度、速率、加速度及運動行為之規律，運動學為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。而停等車流紓解行為亦為一種車輛時間與空間位移之運動現象，故本研究輔以運動學原理作為車輛紓解行為之理論基礎。

##### 3.1.3 跟車理論

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：

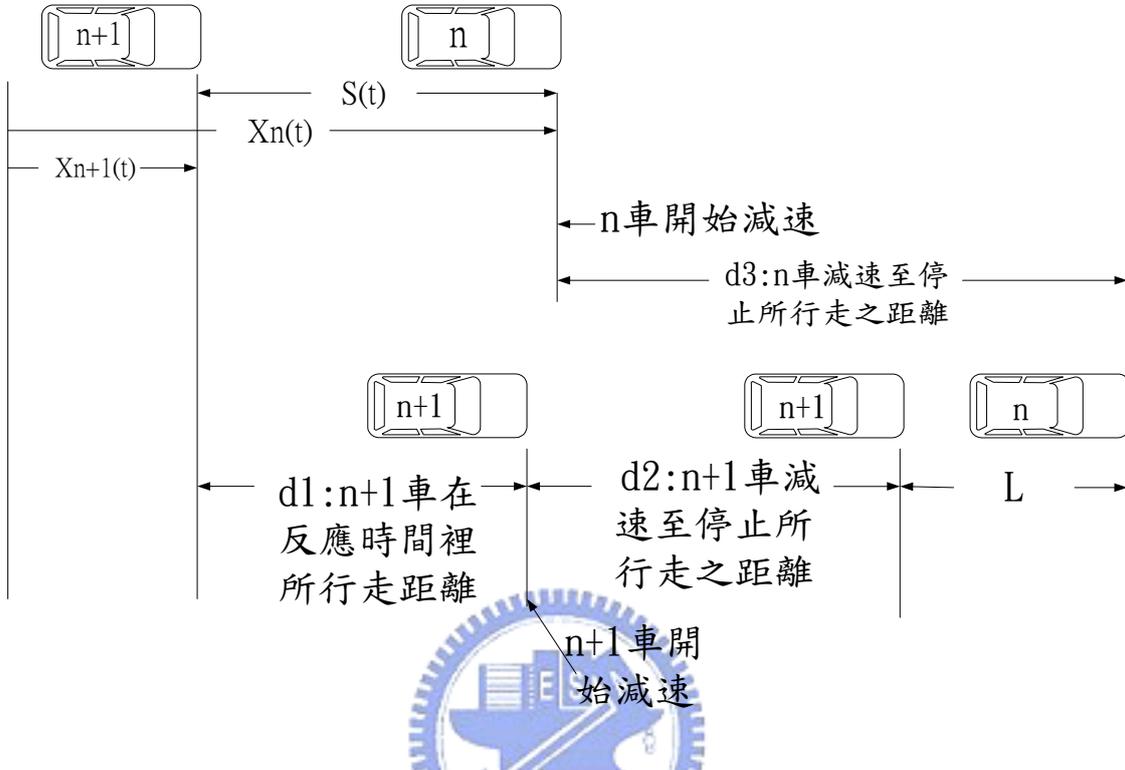


圖 3.1 跟車模式示意圖

當車輛行駛過程中會受到所跟隨前車不同車種特性之影響，而致使駕駛人觀感上之差異，因此，停等車輛於紓解過程中，一部車輛接著一部車輛，且每一部車輛紓解行為特性影響著後方追隨的車輛，也就是說每一部車輛進行運動紓解時會緊跟著前一部車輛，並以前一部車輛之紓解特性而決定其運動紓解行為，致使停等車輛紓解時出現類似跟車之行為。另外，因前車不同車種特性，促使駕駛人不斷調整其最適當之行駛速度與安全跟車間距，進而影響其車輛紓解間距，而本研究係以探討停等車輛紓解之跟車行為結果與特性，故將參考跟車理論作為本研究之理論基礎。

### 3.2 研究方法

本研究主要應用文獻評析法、攝影調查法、單因子變異數分析與 Scheefe 多重比較法、成對樣本  $t$  檢定、相關分析、迴歸分析與廣義線性方程式 (GEE) 等，用以分析車輛紓解行為特性與影響變數，並作為建立與驗證無衝突序別左轉車微觀紓解模式之方法。

#### 3.2.1 文獻評析法

文獻評析法係一傳統探索性之研究方法，透過蒐集國內外相關之研究論著，

分析其研究方法、結果及建議，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。故本研究蒐集並研析國內外車流紓解模式之相關文獻，探究其理論與內涵，並加以綜合歸納其論著所使用之研究方法、結果之優劣，作為本研究之理論基礎。

### 3.2.2 攝影調查法

攝影調查法係透過數位攝影機、照數位相機等攝錄影像之器材，對某一特定對象、事物或地點進行靜態或動態的攝錄，用以瞭解該對象所表達之意象。交通領域方面，攝影調查往往應用於行人或車輛於某一特定道路路段，進行相關之調查，透過攝影調查以獲得車流或人流特性，以及駕駛者之駕駛行為特性等資料，並藉由資料分析，進而研析可能發生之交通問題，提出相關解決方案。而實地攝影調查主要優點在於調查真實所觀測之資料，利用蒐集調查之資料進行分析、研究與探討觀測地點實際所發生之交通問題，並提出適當之解決方法；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，且每一樣本又具地域性，隨著調查區域之相異，其攝影調查資料結果可能因此而改變，故僅能對特定對象或區域具有說服力，較缺乏整體之通用性。

### 3.2.3 單因子變異數分析 (One-way Analysis of Variance, ANOVA)

變異數分析 (ANOVA) 的作用在於分析各種變異的來源，且進而加以比較，以瞭解不同變數所造成的研究結果是否有顯著的差異。而在變異數分析中，若所探討一個自變數與應變數間的關係，即稱為單因子變異數分析。本研究係以單因子變異數分析，分析不同車種組合與紓解間距間，及不同車種組合與停等間距間之關係與差異情形。

### 3.2.4 Scheefe 多重比較

事後比較分析中，由於本研究各組樣本數不同，故採用 Scheefe 法。Scheefe 法是檢定每一個平均數線性組合，而非只是檢定一對平均數間的差異情形，因而 Scheefe 法顯得較為保守，故可能變異數分析 F 值已達顯著，但事後比較時卻沒有發現有任何兩種的平均數達到顯著差異。但是，學者 Kleinbaum 等人所提之多重比較法中，亦建議使用者使用 Scheefe 法[9]。

### 3.2.5 成對樣本 t 檢定

主要在檢定兩組成對(不獨立)樣本的平均數( $\mu_1$  與  $\mu_2$ )之間的差異是否顯著，其原理是計算成對(不獨立)樣本兩者之平均數差異是否為 0。通常用於具有前測(pre-test)與後測(post-test)的研究設計中。本研究係以成對樣本 t 檢定作為找尋無衝突左轉車流趨於穩定紓解之車輛位置，並驗證所構建之序別無衝突左轉車輛微觀紓解模式是否具代表性。

### 3.2.6 相關分析

相關係數是兩個變數之間關聯強度的指標，相關係數越大，表示關聯越強。因本研究所探之杼解間距為連續型變數，而解釋變數分為連續變數與類別變數，故針對兩連續變數及類別與連續變數分別探討。

#### (1) 兩連續變數

本研究針對兩連續變數之相關分析，係以採用 Pearson 相關分析進行討論。Pearson 相關分析係分析兩變數間的相關程度，其中相關係數可作為兩連續變數間線性相關的指標。其相關係數介於-1 與+1 之間，正負符號表示相關的方向，負相關表示線性相關的斜率為負，正相關表示線性相關的斜率為正。不論相關係數為何，只能說明兩者關係密切的程度，而不能誤認兩者間有因果關係。

表 3.1 相關係數的強度大小與意義[8]

相關係數範圍(絕對值)	變項關聯程度
1.00	完全相關
.70 至 .99	高度相關
.40 至 .69	中度相關
.10 至 .39	低度相關
.10 以下	微弱或無相關

#### (2) 類別與連續變數

本研究針對類別與連續變數之相關分析，係以採用 Eta 進行討論。Eta 適用於類別變數與連續變數的相關分析，可以反應非線性關係的強度，原理是計算類別變數的每一個數值（類別）下，連續型變數的離散情形占全體變異量的比例，比例越小（即  $Eta^2$  值越大），表示兩變項的關聯越強。Eta 係數數值類似 Pearson 相關係數，介於 0 至 1 之間，取平方後稱為  $Eta^2$ ，具有削減誤差百分比（PRE）的概念「註 1」，又稱為相關比（correlation ratio）[12]。

$$E^2 = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (Y_{ij} - \bar{Y})^2 - \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} (Y_{ij} - \bar{Y}_i)^2}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (Y_{ij} - \bar{Y})^2}, \quad j = 1, \dots, n_i \quad i = 1, \dots, m$$

其中， $Y$  是連續變數的數值， $\bar{Y}$  是連續變數的平均數， $\bar{Y}_i$  是在每個類別變數 ( $X_i$ ) 上各連續變數的平均數。

註 1：削減誤差是指某一特徵以輔助變數來觀察，降低預測錯誤。以  $X$ 、 $Y$  兩變數為例，藉  $X$  觀察  $Y$  可以減少了解  $Y$  的錯誤，預測錯誤越小即相關性越大。假設  $X$  值不

知道，預測 Y 值時所產生的全部錯誤是  $E_1$ ，根據 X 值來預測 Y 值時所產生的總錯誤是  $E_2$  (X 做為預測時的相關消息)。

$$PRE = \frac{E_1 - E_2}{E_1}$$

PRE 數值越大，表示以 X 預測 Y 能減少錯誤的比例越大，亦是說 X 與 Y 的關係越強，所以 PRE 可以用來預測相關程度。

相關係數可以說是兩變數間關係檢驗的「描述統計量」，可以用來反應變數關聯的基本性質與變化趨勢，但不是用來理解變數間實質關係與統計決策的適合策略。

### 3.2.7 迴歸分析與逐步分析法

迴歸分析係將研究之變數區分為依變數及自變數，並建立兩者之函式模型，再依據樣本所得之資料來估計模型之參數，主要用以解釋資料過去現象及預測依變數未來可能之數值，迴歸按自變數之多寡，可分為簡單線性迴歸與複迴歸分析。簡單線性迴歸用一個自變數來解釋一個依變數的迴歸分析，其表示如下：

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \varepsilon$$

複迴歸則用兩個或兩個以上自變數來解釋一個依變數之迴歸分析，其表示如下：

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \dots + \varepsilon$$

此外，本研究之考量變數因其類別變數，故需藉以 (Dummy Variable) 之轉換來作分析，當類別變數本身有 n 種情況時，必須設定 n-1 個虛擬變數，且虛擬變數值為 0 (屬性不出現) 或 1 (屬性出現)。另外，本研究選以逐步迴歸分析法 (Stepwise Regression)，處理變數間先後因果影響關係，綜合順向進入法 (Forward Selection) 與反向淘汰法 (Backward Elimination)，迴歸分析先依順向進入法，逐步納入最具預測效力的變數，且每納入一個變數後即利用反向淘汰法檢驗在此模式中的所有變數，若有任何未達顯著的變數將被排除，依此原則交叉循環進行檢測，直到所有保留在模式中的變數都達顯著水準、排除的變數為不顯著之變數為止。此法具順向法與淘汰法的優點，經常被研究者使用 [8]。

### 3.2.8 廣義估計方程式 (Generalized Estimating Equation, GEE)

廣義線性模型方法 (Generalized Linear Models, GLM) 是資料分析人員常用的方法，因為它包含許多模型，例如普通的最小平方，序數結果退化，和退化模型對生存資料的分析。然而，GLM 不充分之處在於當資料是縱向 (Longitudinal) 的或是同一組內的資料是有相關時，將無法提出有效的分析。使用廣義估計方程式 (Generalized Estimating Equation, GEE) 是 GLM 的概念化，而 GEE 則是一個半

母數(semi-parametric)的方法，GEE 所提供之迴歸係數是具有一致性的估計量，且亦獲得其估計量的正確變異數估計值。因此 GEE 提供了正確的 Wald 檢定，進而能考慮到資料組內存在的相關性作用。

### 3.3 小結

本研究係針對號誌化平面交叉路口無衝突左轉車流紓解特性進行探討，藉由相關文獻之回顧整理，瞭解其車流紓解相關特性、研究議題發展概況與文獻採用之相關理論基礎與研究方法，藉以攝影調查之方法進行車流資料蒐集。此外，本研究將以微觀角度對無衝突左轉車流進行微觀紓解模式構建，故以微觀車流理論、跟車理論與運動學原理作為本研究之理論基礎，並以上述之文獻評析法、攝影調查法、單因子變異數分析配合 Scheefe 多重比較與相關分析，作為本研究資料調查蒐集與因素分析之方法，再利用成對樣本 t 檢定，找尋無衝突左轉車流趨於穩定紓解之車輛位置，並以逐步迴歸分析與廣義線性方程式 (GEE)，作為序別無衝突左轉車微觀紓解模式構建之應用方法，最後再以成對樣本 t 檢定，驗證所構建之序別無衝突左轉車輛微觀紓解模式是否具代表性。



## 第四章 車流資料調查蒐集與特性分析

本研究係探討市區號誌化平面交叉路口無衝突左轉車流紓解行為特性並構建微觀紓解模式，在構建微觀車流紓解模式前，必須先透過資料調查與蒐集，找出影響車流紓解行為之關鍵變數，以瞭解無衝突左轉車流之行為特性進而構建無衝突左轉車微觀紓解模式，其 4.1 節將介紹車流、號誌資料調查，4.2 節則說明資料調查後的認定方式與整理，4.3 節則為車流資料處理、蒐集與初步分析，4.4 節為車流紓解影響因素分析。

### 4.1 資料調查

#### 4.1.1 資料調查方法

由於本研究之車流資料，較難透過現場實驗之方式或立即於現場直接觀察取得與記錄，並為確保所需之車流資料之正確性及完整性，乃採用現場實地觀測攝影法為本研究資料取得之方式，再經由室內作業將資料進行整理，間接取得研究所需之車流相關資料。

#### 4.1.2 調查地點選取

本研究範圍係分別探討設有單左轉專用車道及雙左轉專用車道之左轉專用號誌化平面交叉路口，在調查地點之選取上，必須考慮以下條件來選定符合本研究範圍之對象，以及現場錄影觀測調查之可行性，其考慮條件如下：

1. 拍攝路口為設有單左轉專用車道及雙左轉專用車道之左轉專用號誌化平面交叉路口，且車道上需具有一定長度之停等車隊。
2. 拍攝路口之臨近路段為一平面之直線路段，以避免因坡度將駕駛行為特性複雜化，且與上、下游號誌路口保持一定距離，以確保車流不被阻斷於上、下游號誌路口，致使停等車隊具有一定長度及車流紓解不受下游停等車影響。
3. 拍攝路口附近應有視野良好且適當高度之建築物，利於架設攝影機器，用以減少斜拍角度，且由高空攝影該觀察路段之視線，不能受到行道樹或招牌等影響攝影之物體遮蔽觀察車道。
4. 觀察路口之需盡量避免有車輛出入之巷道，以及路邊停車、違規停車之干擾，以使路口車輛紓解行為干擾因素降至最低。

經考量上述之原則要點，以及多次現場實地勘察及試拍之後，選定台北市信義路五段一松仁路之交叉路口，在設有雙左轉車道之左轉專用號誌化交叉路口之拍攝日期為民國 96 年 1 月 24 日(星期三)下午 4:00 到 6:00 及民國 96 年 3 月 13 日(星期二) 下午 4:00 到 6:00，在設有單左轉車道之左轉專用號誌化交叉路口之拍攝日期為民國 96 年 1 月 25 日(星期四)下午 4:00 到 6:00 及民國 96 年 3 月 12

日(星期一)下午 4:00 到 6:00 。

#### 4.1.3 調查步驟

本研究採用現場實地觀測攝影法進行資料調查，拍攝路口為台北市信義路五段—松仁路之交叉路口，並於臨近路口之台北市信義警察分局大樓樓頂架設攝影機，以初步取得該路口之左轉車流資料，現場調查時有許多注意事項，應透過適當之調查步驟來逐一進行，以下將就本研究實地調查之步驟予以說明。

1. 先行向台北市信義警察分局行政組提出申請攝影調查之場地借用，取得同意後再至樓頂進行拍攝。
2. 於該大樓 8 樓樓頂架設攝影機(約高 30 公尺)，並於攝影角架下方垂吊重物，以避免高樓風大而造成攝影機架設不穩或掉落。
3. 本研究考量拍攝角度的座標轉換不便及轉換後可能產生之誤差，儘量採取直角垂直往下拍攝之方式，然而垂直拍攝之攝影範圍較為狹窄，但為求能完整拍攝到整體左轉道上之停等左轉車隊，故於樓頂之適當許可距離內架設兩部攝影機，來取得整體左轉車道之車流資料。
4. 由於左轉車輛有其左轉專用時相未開始前(直行右轉時相)，已搶先進入路口待轉之情形，本研究為考量左轉車輛搶先進入路口之特性，故於車流資料拍攝時，位於高處靠近路口端之攝影機所拍攝的範圍涵蓋路口下游約 10-15 公尺處，藉以拍攝搶先進入路口之左轉車資料，其高處路口遠端之攝影機，則拍攝範圍涵蓋路口近端攝影機拍攝範圍上游之左轉車流資料。
5. 由於本研究係以探討號誌化平面交叉路口車輛紓解行為，須考量路口之號誌時相與週期之因素，位於高處拍攝車流紓解資料之攝影機，因拍攝角度關係無法取得與車流紓解時同步之號誌資料，故於調查路口上游平面處之適當地點架設另一攝影機，以拍攝記錄路口號誌資料。

本研究共使用三部攝影機來取得所需之路口車流紓解與號誌資料，為求車流與號誌資料能夠同步配合，本研究利用手機通訊功能進行三方通話，在同一時間按下攝影機錄影鍵，使三部攝影機於同一時間進行拍攝工作，並利用攝影機螢幕上之時間資料(錄影機所顯示之拍攝時間動態秒數)，進行讀秒之工作，檢視三部攝影機之錄影動態秒數是否相同，以確保拍攝之車流紓解資料能與號誌作同步配合。

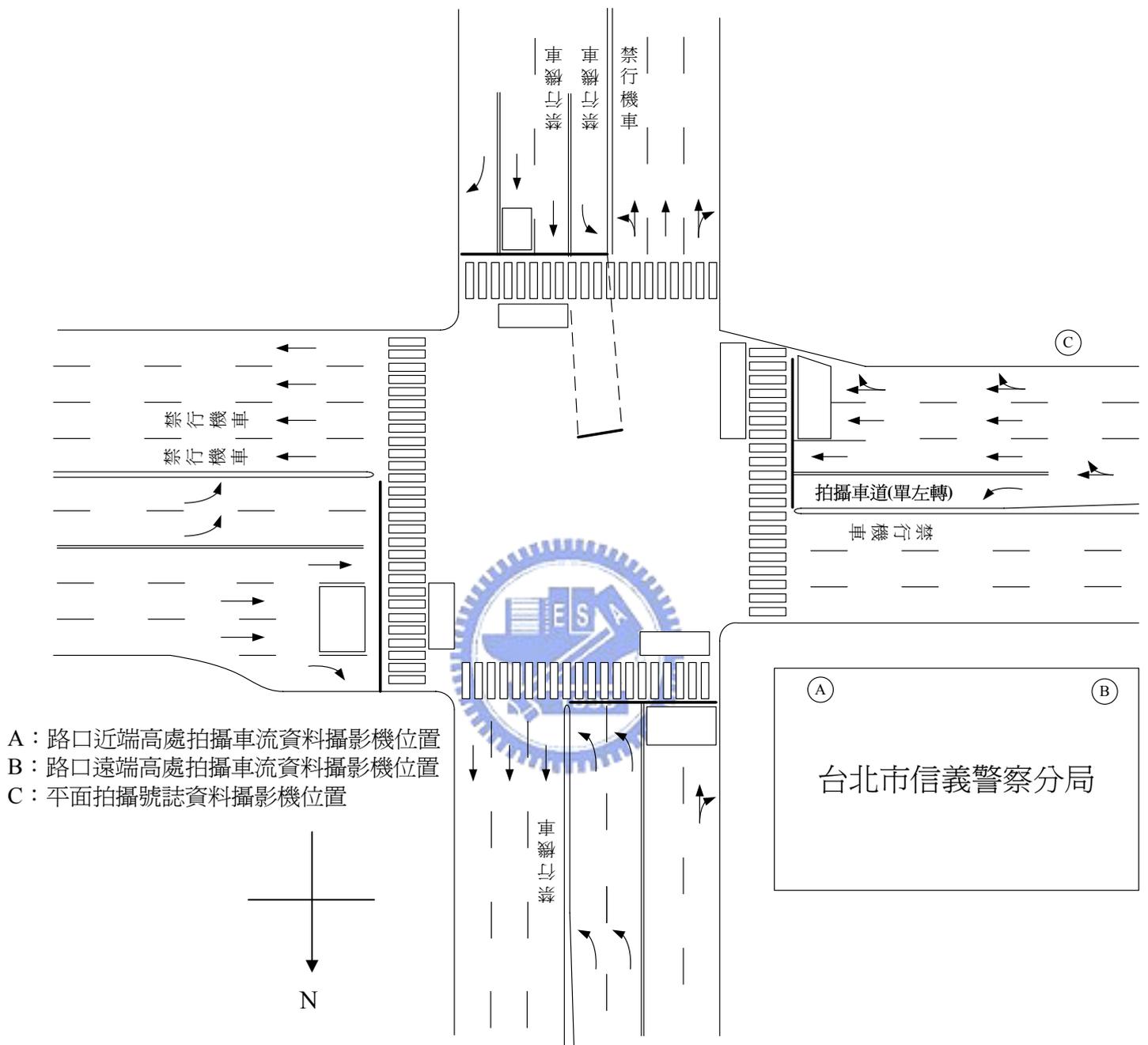


圖 4.1 現場拍攝示意圖 (單左轉車道)

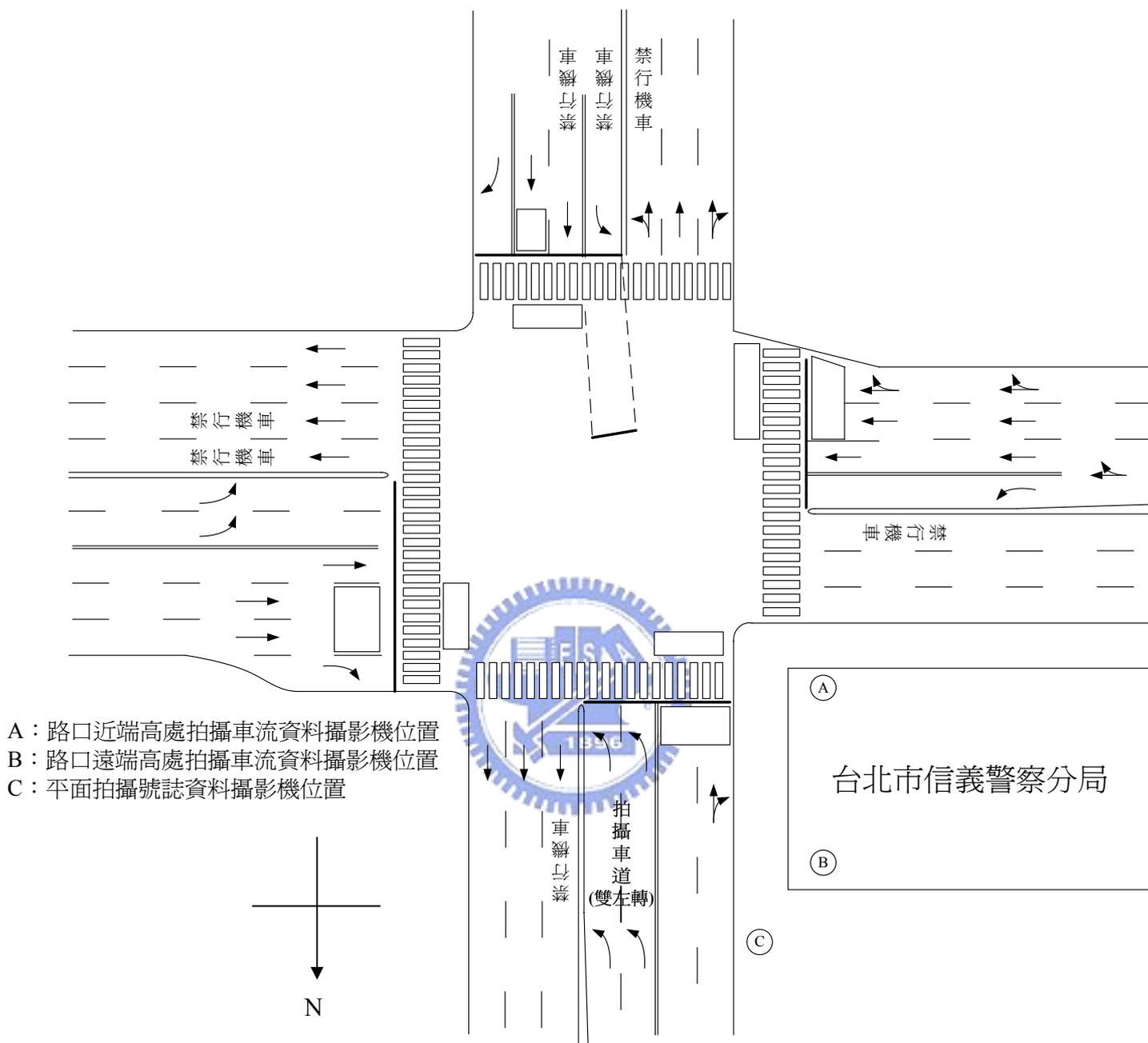


圖 4.2 現場拍攝示意圖 (雙左轉車道)

## 4.2 資料認定方式與整理

本節說明車流紓解資料認定方式之相關車輛之參考點、基準線設定、左轉車道停等車等之定義，及影像資料調查後的室內作業處理方式，包括車流影像資料處理、號誌資料整理、車流資料轉換及蒐集。

### 4.2.1 車輛之參考點

在過去文獻中，車輛參考點，有以車頭為準，有以車尾為準，亦有以後輪為準。本研究由於考量左轉車搶先進入路口待轉與高處攝影之原因不易以後輪為參考點，故係以選取車頭為本研究之車輛參考點。

### 4.2.2 基準線之設定

基準線係用來測定車輛紓解時之間距，藉由車輛通過基準線時間，觀測前後兩部車通過該基準之時間差，以取得車輛紓解間距，本研究設定第 1 部車之紓解間距係以綠燈始亮至該車車頭通過該基準線之時間，而第 2 部以後之紓解間距為前一部車車頭通過該基準線至該部車車頭通過該基準線之時間差。在過去相關文獻中，對於基準線之認定多數係以停止線為基準線，亦有以行人穿越道的標線為基準線。

本研究基準線的設定因考量左轉車有搶先進入路口待轉之情形，將分為左轉車搶先進入路口待轉(圖 4.3)與無搶先進入路口待轉(圖 4.4)之兩情境討論，故其基準線則分兩個固定點來討論。當第 1 部左轉車無搶先進入路口待轉時，則以停止線做為基準線設置之固定點；當第 1 部左轉車搶先進入路口待轉時，則是參考[24]對於違規車輛基準線之設置，以第 1 部車輛之車頭正下方作為基準線設置之固定點。



圖 4.3 搶先進入路口待轉



圖 4.4 無搶先進入路口待轉

#### 4.2.3 停等車認定方面

當左轉車道上之停等車隊因左轉綠燈始亮開始紓解後，除上游車輛停等於原左轉專用道之停等車隊，或與左轉車道上最末車保持三公尺左右之慢速行駛時，亦認定為停等車。

另外，本研究所探討之停等車為無衝突左轉車，故所拍攝之車流資料若停等車隊之車輛出現有迴轉車、其他車道車輛併入左轉車道、停等車輛紓解時駛出原左轉車道等情形，該車隊之樣本資料予以刪除，而不列入進行探討。

#### 4.2.4 號誌時相 (Signal Phase) 與時段 (Interval) 資料

本研究之研究對象有分別為單左轉車道與雙左轉車道之車流紓解行為，故依照平面攝影機所拍攝之號誌資料，分別求算設有單左轉與雙左轉方向之號誌時相與時段資料，並為確保拍攝與計算資料之正確性，亦向台北市交通管制工程處申請該路口之時制計劃報告進行比較對照，其研究路口號誌資料如下：

表 4.1 號誌時相與時段資料表

信義路五段—松仁路路口 (信義路—單左轉車道)						
時相		黃	全紅		紅-黃	紅
	直行-右轉綠			紅-左綠		
時段(秒)	57	3	2	28	3	107
信義路五段—松仁路路口 (松仁路—雙左轉車道)						
時相		黃	全紅		紅-黃	紅
	直行-右轉綠			紅-左綠		
時段(秒)	50	3	2	35	3	107

### 4.3 左轉車流資料處理與初步特性分析

本節說明車流影像資料處理流程以及資料取得之步驟，再將所獲得之車流資料與整理，並初步進行車流特性分析。

#### 4.3.1 影像資料之處理

以攝影機所拍攝之車流影像資料進行室內作業處理，利用 Windows 內建之影像處理軟體 Windows movie maker 進行轉檔，再藉由人工觀察方式，將所需觀測的號誌時段以影像轉錄器轉換成每秒 30 張之靜態圖片，並依前述之車輛參考點、基準線位置等定義，並以人工圖片的方式點取，進而求得路口停等車輛不同時間點下，通過基準線之紓解時間與紓解間距，即可從車流影像資料中取得所需之各項資料數據。

#### 4.3.2 左轉車流資料整理

本研究所蒐集之車流影像資料經轉檔處理後，在單左轉車道部分共獲得 60 個有效週期車隊，並區分為違規搶先與無違規搶先進入路口待轉各 30 個週期車隊之資料；在雙左轉車道部分，共獲取 60 個有效週期車隊，其中內與外車道各為 30 個週期車隊，且皆為有違規搶先進入路口待轉之資料，本研究所調查之雙左轉車道特性，因違規搶先進入路口待轉行為之比例相當高，致使難以蒐集到無違規之車隊樣本資料，故雙轉車道無違規車隊部份不予以討論分析。表 4.2 為本研究所蒐集調查不同車道對象之有效週期車隊數與車輛組成資料。

表 4.2 左轉車流資料整理

對象	單左轉		雙左轉	
	違規行為	無違規行為	內車道	外車道
有效週期數	30	30	30	30
車道車輛組成				
小客車 (小貨車)	149	155	252	170
營業小客車	109	85	31	31
公車	23	16	13	56
重車	0	4	11	13
總計	281	260	307	270

#### 4.3.3 左轉車流資料初步分析

利用影像資料處理後所獲得之車流資料，進行初步車流特性分析，依照不同觀察車道之資料，分別討論各車道停等車輛通過基準線之紓解時間與紓解間距。

### 1. 信義路—單左轉車道

經車流資料蒐集與調查，信義路單左轉車道共獲得 60 個有效週期停等車隊，其中 30 個週期車隊有違規搶先進入路口之情形，其車隊車輛樣本分佈與平均紓解間距（圖 4.5），30 個週期車隊則無搶先進入路口之情形，其車隊車輛樣本分佈與平均紓解間距（圖 4.6）。

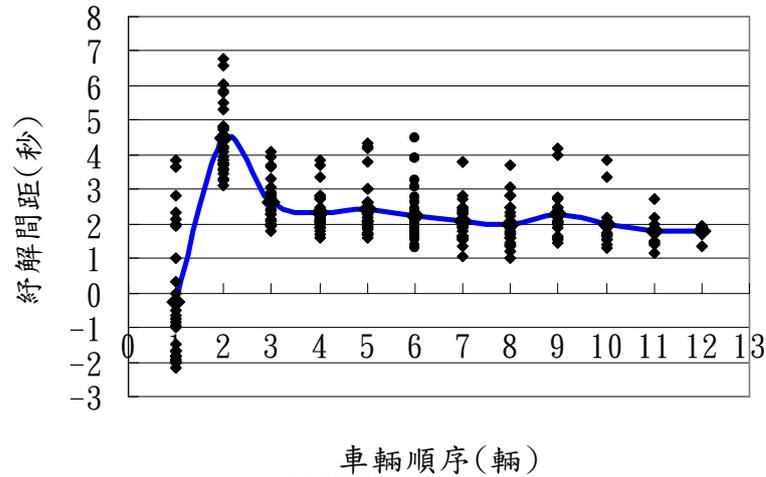


圖 4.5 違規搶先車隊之車輛樣本分佈與平均紓解間距

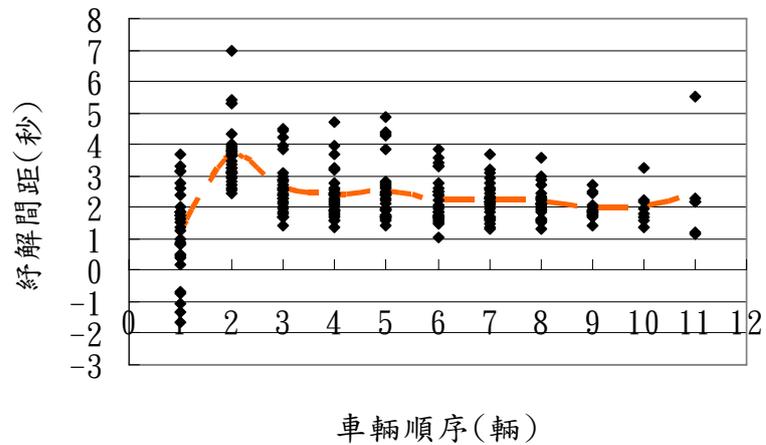


圖 4.6 無違規搶先車隊之車輛車輛樣本分佈與平均紓解間距

另比較單左轉車道之有與無違規搶先進入路口待轉車隊，圖 4.7 為停等左轉車隊有違規與無違規情形通過基準線之車輛平均紓解時間，圖 4.8 為違規與無違規情形車輛平均紓解間距。

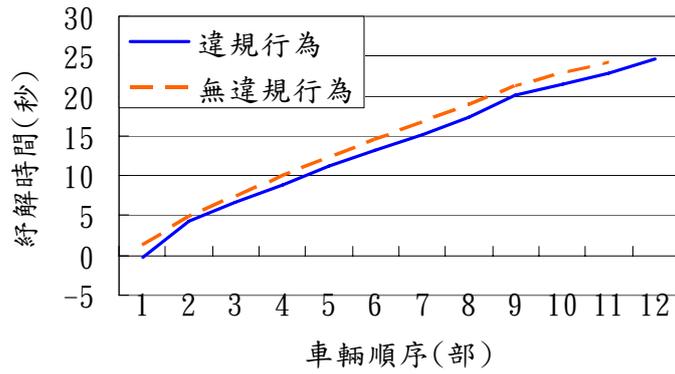


圖 4.7 有與無違規車隊之車輛平均紓解時間

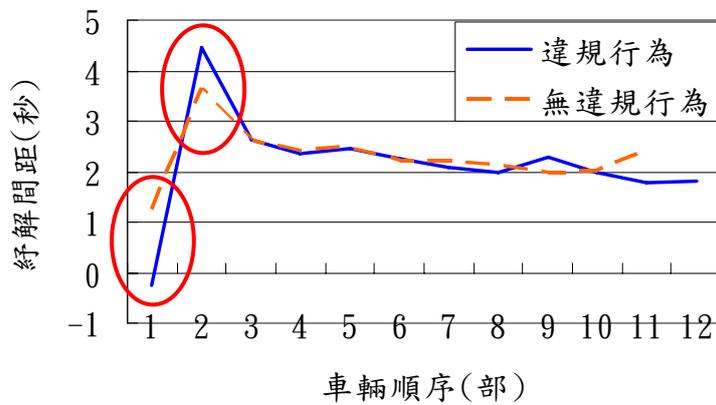


圖 4.8 有與無違規車隊之車輛平均紓解間距

## 2. 松仁路雙左轉

經車流資料蒐集與調查，松仁路雙左轉車道共獲得 60 個有效週期停等車隊，其中內與外左轉車道各為 30 個週期車隊，其內與外車道之車隊車輛樣本分佈與平均紓解間距（圖 4.9）與（圖 4.10）。

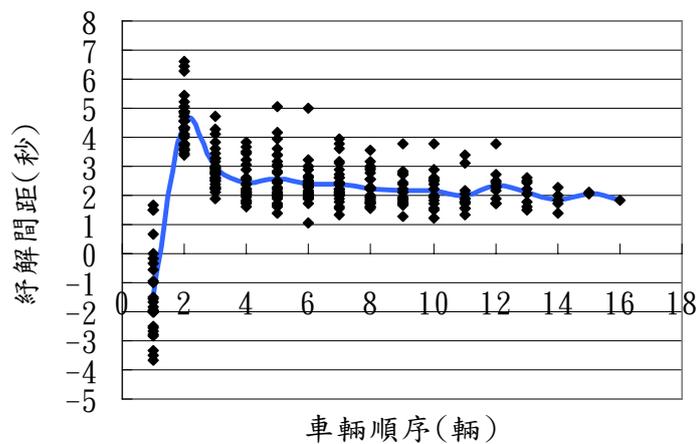


圖 4.9 內車道車隊之車輛車輛樣本分佈與平均紓解間距

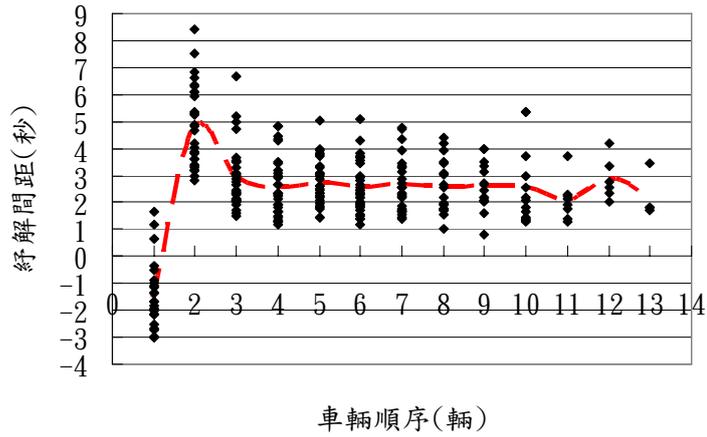


圖 4.10 外車道車隊之車輛車輛樣本分佈與平均紓解間距

另比較雙左轉車道之內與外車道車隊，圖 4.11 為雙左轉內外車道通過基準線之車輛平均紓解時間，圖 4.12 為雙左轉內外車道車輛平均紓解間距。

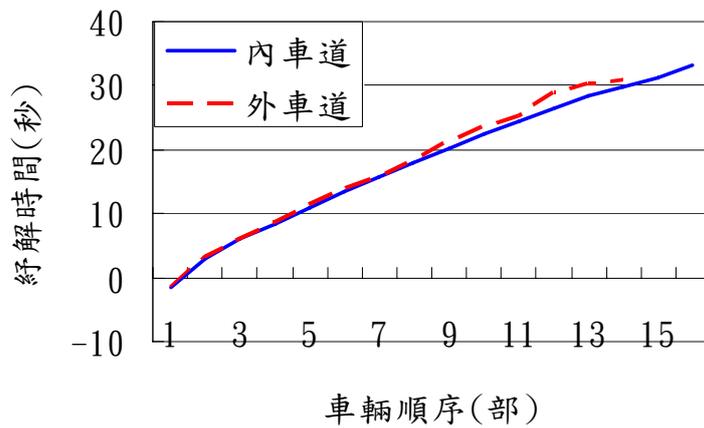


圖 4.11 內與外車道之車輛平均紓解時間

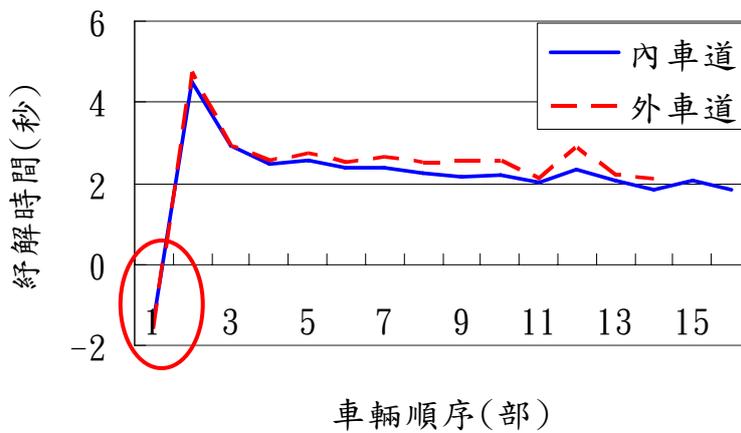


圖 4.12 內與外車道之車輛平均紓解間距

#### 4.3.4 初步特性分析討論

檢視上述單左轉車道違規部份(圖 4.8)與雙左轉車道(圖 4.12)之車輛平均紓解間距圖，可發現其停等車隊中第 1 部左轉車輛除了搶先進入路口待轉之情形外，尚有於左轉時相未始亮時(黃燈或全紅時相時)，已起動開始進行紓解行為，導致其紓解時間為負值。

另外，再討論有違規搶先進入路口待轉車隊之第 1 部車輛，是否相較於無違規搶先進入路口待轉車隊之第 1 部車輛，有其較明顯搶燈先行起動之特性，檢視圖 4.8 違規搶先進入路口待轉車隊之第 1 部車紓解間距為負值，而無違規搶先進入路口待轉車隊之第 1 車紓解間距為正值，但由於本研究對於無違規搶先進入路口待轉之停等車隊基準線定義為停止線，因此無法直接得知無違規車隊之第 1 部車輛是否具搶燈行為，因此，再試將無違規車隊之基準線，由停止線改為車隊第 1 部車車頭正下方，使其違規與無違規車隊之基準線相同，來進行有搶先與無搶先進入路口待轉車隊之第 1 部車輛作比較(表 4.3)。

表 4.3 單左轉違規 VS.無違規車隊第 1 部車紓解間距檢定

車隊行為	第1部車平均紓解間距	t值	顯著性
違規行為	-0.2456	-2.167	.035
無違規行為	0.6386		

經由檢定結果發現，在有搶先進入路口待轉車隊之第 1 部車其平均紓解間距為-0.2456，在無搶先進入路口待轉車隊之第 1 部車其平均紓解間距為 0.6386，且兩者有其顯著差異，可得知有搶先進入路口待轉之車隊第 1 部車輛，其搶燈行為較無搶先進入路口待轉之車隊第 1 部車輛明顯。

此外，在圖 4.8 中發現違規搶先進入路口之第 2 部車輛紓解間距，相較無搶先進入路口之第 2 部車輛紓解間距略高，又基於上述檢定結果，初步懷疑導致該情形之原因可能是受第 1 部車是否具違規搶燈行為或其他因素影響所致，即是第 1 部車之搶燈行為會致使跟隨之第 2 部車紓解間距增加，故本研究針對所蒐集之單左轉車道與雙左轉車道車隊，將其區分為有搶燈與無搶燈行為兩部份(以第 1 部車紓解間距為判別)，再將車隊中第 2 部車輛之紓解間距與第 1 部車是否具搶燈行為進行檢定，其結果發現(表 4.4)，有搶燈行為車隊之第 2 部車輛紓解間距明顯較無搶燈行為車隊之第 2 部車輛紓解間距高，有鑑於此，可以證明第 1 部車輛之搶燈行為會影響跟隨之第 2 部車輛之紓解行為，且搶燈行為亦使第 2 部車之紓解間距增加。另外，影響第 2 部車紓解間距之因素，可能不僅有搶燈行為之因素，亦可能與第 1 部車之車種組合與停等間距有關，該部分將於後續進行討論分析。

表 4.4 有無搶燈行為 VS. 第 2 部車紓解間距檢定

行為	第2部車平均紓解間距	t值	顯著性
無搶燈行為	3.7442	-5.614	.000
搶燈行為	4.7382		

再經檢視圖 4.12 與表 4.5 中，發現在雙左轉內外車道之車輛平均紓解間距，其外車道之車輛平均紓解間距略高於內車道，且外車道之變異數亦大於內車道，與[18]所提雙左轉車道中內側車道之平均紓解車距大於外側車道，內側車道之紓解間距變異數小於外側車道，其特性結果有所不同，再經由表 4.6 可發現，本研究調查雙左轉車道中，外車道之大車組成明顯較內車道之大車組成多，有鑑於此，導致外車道紓解間距與紓解間距變異數皆大於內車道之原因，應是受外車道之大車數量明顯大於內車道之影響所致，亦可間接說明大小車種對於紓解間距確實有其影響。

表 4.5 雙左轉內外車道紓解間距比較

	個數	紓解間距平均數	標準差	變異數
內車道	307	2.2265	1.5865	2.517
外車道	270	2.3938	1.9062	3.634

表 4.6 雙左轉內外車道之車輛組成

	小車	大車	合計
內車道	283	24	307
外車道	201	69	270

經由上述可知，本研究所調查之雙左轉車道，其外車道之大車組成明顯較內車道之大車組成多，致使內與外車道之車輛紓解特性不同於過去文獻[18]之結論，故為避免車種因素影響雙左轉內外車道既有之紓解特性，本研究暫忽略車種之因素（僅考量小車），其經檢定結果發現（表 7），在未考量車種因素影響下，其雙左轉車道之平均紓解間距為內側車道 > 外側車道，而變異數為內側車道 < 外側車道，該結果則與文獻[18]相同。

表 4.7 雙左轉內外車道紓解間距比較（忽略車種因素影響）

	個數	紓解間距平均數	標準差	變異數
內車道	265	2.0405	1.4874	2.212
外車道	157	1.9130	1.5780	2.490

再由上述之車輛平均紓解間距圖（圖 4.8 與圖 4.12），可得知其車輛平均紓解間距，隨車輛停等位置呈現逐漸下降且漸呈趨於穩定之趨勢，該特性與過去文獻中之結論相符合；過去文獻中，第 1 部停等車之紓解間距為最大，但本研究中

第 1 部停等車輛之紓解間距並非最大之情形(無論有無違規搶先進入路口待轉)，較不同過去文獻中之結論，推論左轉停等車隊之第 1 部左轉停等車駕駛者，可能除以號誌時相來判斷進行紓解行為，尚依對向直行車之相對位置、速率感觀相互作用之後為判別，即使當左轉專用號誌未始亮，其左轉車輛駕駛者以主觀認定方式，認為已可安全進行左轉紓解行為，致使產生搶燈起動之負延滯現象。另由微觀之角度去觀察亦發現車輛平均紓解間距在下降與逐漸趨於穩定過程中，有其小幅度之上下震盪情形，並非一穩定定值，該情形可能受停等車隊中之是否受前後車種、車輛停等間距等因素影響所致，本研究亦將於後續做進一步探討。

#### 4.4 車流紓解特性與影響因素分析

上述經由車輛平均紓解間距圖，初步探討影響車流紓解之特性與因素，已知違規搶先進入路口待轉車流之第 1 部車相較無違規車流之第 1 部車，其搶燈行為較為明顯，且第 1 部車輛之搶燈行為會影響第 2 部車輛之紓解；然應尚有其他因素會影響車流紓解行為，故本研究將討論左轉車流之前後大小車種、停等間距等影響車流紓解之因素，以作為後續構建左轉車微觀紓解模式之基礎。

##### 4.4.1 前後大小車種組合與紓解間距之比較

利用所蒐集之停等車隊資料，本研究將其小客車及營業小客車視為小車，將其公車、雙軸與多軸重車均視為大車，並將停等車隊中之車種組合資料，分類為小車-小車、大車-小車、小車-大車及大車-大車之四種型態車種組合(圖 4.9)，利用單因子變異數分析，來檢定不同型態之車種組合對紓解間距是否具差異性，進而分析車種對紓解行為之影響。

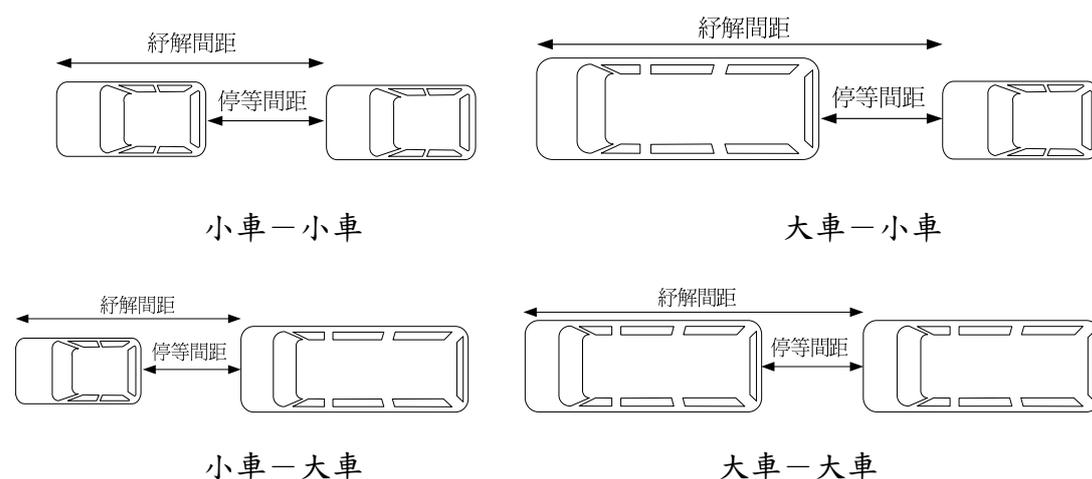


圖 4.13 大小車種組合示意圖

由於車隊中之第 1 部車並無車種組合之型態，故本研究將單左轉專用車道與雙左轉專用車道上之車流資料進行整合，彙整第 2 部車輛之後之車流資料，依上述四種不同大小車種組合型態予以分類進行檢定，其經由檢定結果發現(表 4.8)

為拒絕虛無假設，即四個平均數不全相等，因此，更進一步透過多重比較來檢定所有車種組合兩兩配對之比較，因本研究各組樣本數不同，故採用 Scheefe 法來進行多重比較(表 4.9)，其結果發現小車-小車之平均紓解間距顯著低於大車-小車、小車-大車與大車-大車；大車-小車之平均紓解間距顯著高於小車-大車，而低於大車-大車；即紓解間距最大為大車-大車，次之為大車-小車，再次之為小車-大車，最小為小車-小車。

表 4.8 前後車種組合與紓解間距之檢定

車種組合	樣本數	紓解間距平均數	標準差	F檢定	顯著性
小車-小車	784	2.359	.7914	170.166	.000
大車-小車	99	4.146	1.128		
小車-大車	94	2.951	1.045		
大車-大車	21	4.760	1.459		

表 4.9 Scheefe 多重比較

(I) 車種組合	(J) 車種組合	平均差異 (I-J)	顯著性
小車-小車	大車-小車	-1.787	.000
	小車-大車	-.592	.000
	大車-大車	-2.401	.000
大車-小車	小車-大車	1.194	.000
	大車-大車	-.614	.036
小車-大車	大車-大車	-1.808	.000

#### 4.4.2 前後大小車種組合與停等間距之比較

本研究利用所蒐集觀察之資料，藉由圖檔座標 (x,y)值轉換之方式，取得大小車上述四種車種組合之停等間距，並以 SPSS 軟體中單因子變異數分析法，來檢視大小車種組合間之停等間距是否具差異性，其經由檢定結果發現(表 4.10) 為拒絕虛無假設，即四個平均數不全相等，因此，更進一步透過多重比較來檢定所有車種組合兩兩配對之比較，因本研究各組樣本數不同，故採用 Scheefe 法來進行多重比較(表 4.11)，其結果發現小車-小車之平均停等車間距顯著低於大車-小車而高於小車-大車；小車-大車與大車-大車之平均停等車間距較無顯著差異。

表 4.10 前後車種組合與停等車間距之檢定

車種組合	樣本數	停等間距平均數	標準差	F檢定	顯著性
小車-小車	630	2.375	.844	25.332	.000
大車-小車	78	3.175	1.241		
小車-大車	78	1.950	.910		
大車-大車	13	2.607	1.674		

表 4.11 Scheefe 多重比較

(I) 車種組合	(J) 車種組合	平均差異 (I-J)	顯著性
小車-小車	大車-小車	-.800	.000
	小車-大車	.425	.002
	大車-大車	-.232	.845
大車-小車	小車-大車	1.226	.000
	大車-大車	.569	.231
小車-大車	大車-大車	-.657	.125

#### 4.4.3 停等間距與紓解間距之比較

本研究利用所蒐集觀察之車流資料，與配合於左轉車道上之相關道路標線長度，並藉由圖檔座標 (x,y) 值之比例長度轉換方式，取得各研究車道前後車間之停等間距，以進行比較分析與車輛紓解間距間之關係，檢視圖 4.14 為前後車停等間距與紓解間距關係散佈圖之趨勢與趨勢線 ( $R^2=0.148$ ) 結果發現，其前後車之停等間距與車輛紓解間距間，係存有一正相關之關係，即隨著與前車之停等間距增加，其該車之車輛紓解間距亦會增加。

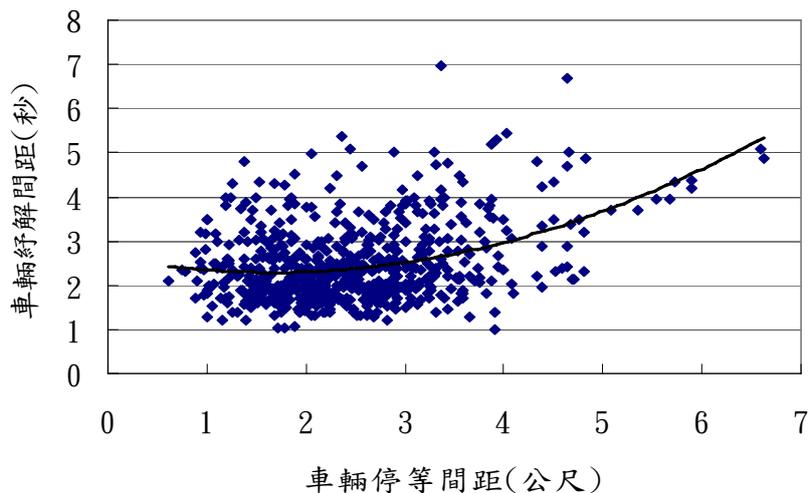


圖 4.14 前後車停等間距與紓解間距關係散佈圖

## 第五章 序別左轉車輛微觀紓解模式之構建與驗證

在正式開始構建序別左轉車輛微觀紓解模式前，必須先探討其車隊紓解時趨於穩定之停等車輛位置，作為整體車流紓解中未穩定與趨於穩定之區別，以進行後續序別左轉車輛微觀紓解模式構建。另外，由上一章節可得知車流紓解行為可能受是否有違規行為、搶燈行為、車種組合、車輛停等間距等因素影響，故本研究將以上述討論之影響因素為基礎，用以構建車輛微觀紓解模式。該 5.1 節為車輛紓解間距趨於穩定之車輛位置分析與討論，5.2 節則將利用上述兩小節所獲結論之紓解間距趨於穩定車輛位置與顯著變數作為自變數，構建序別左轉車輛未穩定與趨於穩定微觀紓解模式，5.3 節則為對所構建之車輛微觀紓解模式進行驗證工作，以確保模式之代表性，5.4 節則進行各車道情境微觀紓解模式比較分析。

### 5.1 車隊紓解時趨於穩定車輛位置之分析

由調查資料分析中可以得知，整體車隊紓解在一個時間點過後，車輛紓解會趨於穩定狀態，藉由攝影資料，將該時間點附近之時段資料轉成空間上位置，亦可得知該時段通過基準線之序別車輛範圍，再經由成對樣本 t 檢定，以推求其較確切之序別車輛位置點；本研究對於紓解間距趨於穩定狀態之定義為：車隊開始紓解後，一定時間內其紓解間距會於某個時間點(空間點)之後，會慢慢趨近於穩定狀態。利用該車輛位置，亦可將整體車隊紓解區分為未穩定與趨於穩定，並進行未穩定與趨於穩定之序別左轉車輛微觀紓解模式之構建。

本研究針對單左轉與雙左轉所蒐集之車流資料，進行紓解間距趨於穩定之車輛位置檢定，經由上一章節圖 4.8 與圖 4.12 之車輛平均紓解間距，可以發現整體車隊平均紓解間距大約會在車隊的第 3 至 6 部車輛位置附近，紓解間距即趨於穩定情況，再利用成對樣本 t 檢定，進行單左轉與雙左轉車道上不同停等車輛位置之紓解間距進行檢定。首先利用停等車隊第 1 部停等車紓解間距與第 1 部車後其它停等車輛位置之紓解間距，兩兩成對進行檢定，檢視車輛紓解間距是否有顯著差異，若有顯著差異，即表示紓解尚未趨於穩定，則再以第 2 部停等車紓解間距與第 2 部車後其它停等車輛位置之紓解間距，兩兩成對進行檢定，依該檢定方法進行找尋，直到第 n 部序位停等車紓解間距與第 n 部車後其它停等車輛位置之紓解間距，其檢定結果皆無顯著差異，即該 n 部車輛位置為車隊之車輛紓解間距趨於穩定位置。

表 5.1 為信義路單左轉車輛有違規搶先進入路口待轉與表 5.2 無違規搶先進入路口待轉兩者情境之穩定車輛位置檢定結果，其結果發現，有違規搶先進入路口待轉之車隊會在第 4 部車輛位置即趨於穩定紓解，而無違規搶先進入路口待轉之車隊會在第 3 部車輛位置即趨於穩定紓解。

表 5.1 單左轉有違規趨於穩定車輛位置檢定

車輛順序		1	2	3	4	5	6	7	8
1	t 值	—	-10.745	-8.019	-6.868	-7.538	-7.357	-6.254	-4.692
	p-value	—	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
2	t 值	—	—	9.430	12.463	10.955	10.398	10.497	9.014
	p-value	—	—	.000	.000	.000	.000	.000	.000
3	t 值	—	—	—	2.387	0.975	2.491	3.439	2.979
	p-value	—	—	—	.024	.337	.091	.002	.007
4	t 值	—	—	—	—	-0.614	0.516	1.452	1.648
	p-value	—	—	—	—	.544	.610	.157	.112
5	t 值	—	—	—	—	—	0.991	1.171	1.510
	p-value	—	—	—	—	—	.330	.251	.144
6	t 值	—	—	—	—	—	—	1.032	0.914
	p-value	—	—	—	—	—	—	.311	.370
7	t 值	—	—	—	—	—	—	—	0.799
	p-value	—	—	—	—	—	—	—	.432
8	t 值	—	—	—	—	—	—	—	—
	p-value	—	—	—	—	—	—	—	—

表 5.2 單左轉無違規趨於穩定車輛位置檢定

車輛順序		1	2	3	4	5	6	7	8
1	t 值	—	-7.113	-3.706	-3.408	-4.114	-3.242	-3.280	-3.024
	p-value	—	.000	.001	.002	.000	.003	.003	.006
2	t 值	—	—	4.816	4.952	4.366	7.020	6.043	7.020
	p-value	—	—	.000	.000	.000	.000	.000	.000
3	t 值	—	—	—	1.348	0.585	1.525	0.916	1.146
	p-value	—	—	—	.188	.563	.138	.367	.261
4	t 值	—	—	—	—	-0.536	1.032	1.128	1.584
	p-value	—	—	—	—	.569	.310	.269	.128
5	t 值	—	—	—	—	—	1.525	1.420	1.939
	p-value	—	—	—	—	—	.138	.167	.065
6	t 值	—	—	—	—	—	—	-0.121	0.534
	p-value	—	—	—	—	—	—	.904	.599
7	t 值	—	—	—	—	—	—	—	0.560
	p-value	—	—	—	—	—	—	—	.581
8	t 值	—	—	—	—	—	—	—	—
	p-value	—	—	—	—	—	—	—	—

表 5.3 與表 5.4 為松仁路雙左轉車道之內與外車道車隊之穩定車輛位置檢定結果，其結果發現，內車道車隊會在第 4 部車輛位置即趨於穩定紓解，而外車道之車隊會在第 3 部車輛位置即趨於穩定紓解。

表 5.3 雙左轉內車道趨於穩定車輛位置檢定

車輛順序		1	2	3	4	5	6	7	8
1	t 值	—	-19.665	-15.350	-14.034	-11.456	-12.378	-13.917	-14.433
	p-value	—	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
2	t 值	—	—	7.433	9.924	8.613	4.808	10.027	10.878
	p-value	—	—	.000	.000	.000	.000	.000	.000
3	t 值	—	—	—	3.439	1.588	3.003	2.491	4.442
	p-value	—	—	—	.002	.123	.005	.019	.000
4	t 值	—	—	—	—	-0.523	0.381	0.400	1.219
	p-value	—	—	—	—	.605	.706	.692	.235
5	t 值	—	—	—	—	—	1.045	1.081	1.394
	p-value	—	—	—	—	—	.305	.289	.176
6	t 值	—	—	—	—	—	—	-0.205	1.666
	p-value	—	—	—	—	—	—	.839	.109
7	t 值	—	—	—	—	—	—	—	0.822
	p-value	—	—	—	—	—	—	—	.419
8	t 值	—	—	—	—	—	—	—	—
	p-value	—	—	—	—	—	—	—	—

表 5.4 雙左轉外車道趨於穩定車輛位置檢定

車輛順序		1	2	3	4	5	6	7	8
1	t 值	—	-16.006	-13.027	-12.996	-15.551	-14.544	-12.797	-10.637
	p-value	—	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
2	t 值	—	—	7.534	6.815	6.691	7.523	5.575	5.689
	p-value	—	—	.000	.000	.000	.000	.000	.000
3	t 值	—	—	—	1.314	0.897	1.532	-0.188	-0.014
	p-value	—	—	—	.199	.377	.136	.853	.989
4	t 值	—	—	—	—	-0.607	0.169	-0.398	-0.211
	p-value	—	—	—	—	.548	.867	.694	.835
5	t 值	—	—	—	—	—	0.772	0.191	0.821
	p-value	—	—	—	—	—	.446	.850	.423
6	t 值	—	—	—	—	—	—	-0.607	-0.671
	p-value	—	—	—	—	—	—	.550	.511
7	t 值	—	—	—	—	—	—	—	0.255
	p-value	—	—	—	—	—	—	—	.802
8	t 值	—	—	—	—	—	—	—	—
	p-value	—	—	—	—	—	—	—	—

表 5.5 車道趨於穩定車輛位置

對象	單左轉		雙左轉	
	違規行為	無違規行為	內車道	外車道
趨於穩定車輛位置	第 4 部之後	第 3 部之後	第 4 部之後	第 3 部之後

## 5.2 左轉車流微觀紓解模式之構建

本研究將針對單左轉車道(有與無違規搶先進入路口待轉)與雙左轉車道(內車道與外車道)為對象，並依各車道情境所獲得之趨於穩定車輛位置，分別構建未穩定與趨於穩定兩部份之無衝突左轉車微觀解模式。本研究先利用相關分析法，探討紓解間距與解釋變數間之相關強度，由於本研究所探討之解釋變數有類別變數與連續變數，故分別以相關比(correlation ratio，又稱平方係數 Eta)及 Pearson 相關係數，探討類別變數對紓解間距之削減誤差百分比(PRE)及連續變數對紓解間距之相關性；再利用逐步迴歸分析，構建序別左轉車輛未穩定之微觀紓解模式，而模式趨於穩定部分，因考量較多的序位車輛間可能有其相關性，故採用廣義估計方程式 (GEE) 來進行模式構建。

### 5.2.1 單左轉—有違規搶先進入路口待轉

在單左轉有搶先進入路口待轉之左轉車流，經上述檢定結果得知會於車隊第 4 部車之後即趨於穩定紓解之情形，故本研究將依此為依據，構建車隊紓解未穩定第 1 部至第 3 部之序別左轉車微觀紓解模式，並構建第 4 部趨於穩定紓解後之左轉車微觀紓解模式。

#### a. 序別第 1 部左轉車微觀紓解模式

經由相關分析結果可知(表 5.6)，搶燈 ( $\text{Eta}^2=0.774$ ) 與違規距離 (相關係數  $-0.809$ ) 對紓解間距較具有相關性。

表 5.6 紓解間距與解釋變數之相關分析表

解釋變數	搶燈	車種	違規距離
相關係數			
Eta	.880	.126	—
Eta <sup>2</sup>	.774(.000)	.016(.509)	—
Pearson 相關係數	—	—	-.809(.000)

註：( ) 為顯著性

再利用逐步迴歸分析探討紓解間距與各解釋變數間之預測關係，先將每個變數個別與紓解間距進行簡單迴歸，得到各個模式之 F 值，取 F 值最大者作為第一投入變數，亦即得到一簡單迴歸式 ( $\widehat{HD} = 2.007 - 3.378G$ )；再納入一個新的變

數後，利用反向淘汰法(backward)，若有未達顯著的變數將被排除，依此原則交叉循環進行檢測，得到如表 5.7(模式 2)：小車與大車的對比與紓解間距間並不顯著，故予以排除，並可知第 1 部車之紓解間距受駕駛者是否具搶燈行為（迴歸係數-2.387）與違規距離（迴歸係數-0.1429）之影響。

表 5.7 逐步迴歸模式摘要表（單左轉違規第 1 部車）

模式	投入變數/常數	迴歸係數	R <sup>2</sup>	R <sub>adj</sub> <sup>2</sup>	F	顯著性	t	顯著性
1	(常數)	2.007	.774	.766	95.937	.000	7.125	.000
	搶燈	-3.378					-9.795	.000
2	(常數)	2.888	.830	.817	65.850	.000	7.466	.000
	搶燈	-2.387					-5.287	.000
	違規距離	-1.429E-01					-3.071	.006

模式	排除變數	t	顯著性
1	違規距離	-2.976	.006
	小車	.714	.481
2	小車	1.089	.286

故其單左轉違規搶先進入路口待轉之序別第 1 部左轉車微觀紓解模式如下：

$$\diamond \widehat{HD} = 2.888 - 2.387G - 0.1429TR$$

HD：紓解間距（秒）

G：搶燈行為（0：無搶燈；1：有搶燈）

TR：違規超越停止線距離（公尺）

本研究對於違規搶先進入路口待轉之車隊基準線係以第 1 部車車頭正下方，故第 1 部車之紓解間距即為左轉綠燈始亮後至該車有其移動之時間差距。因此，由紓解模式可知第 1 部車紓解間距會明顯受到駕駛者具違規搶先行為，且第 1 部車輛超越停止線搶先進入路口待轉之違規距離越長，發生搶燈行為之特性越明顯，而搶燈行為之發生致使紓解間距為負值。

#### b. 序別第 2 部車輛微觀紓解模式

經由相關分析結果可知(表 5.8)，搶燈(Eta<sup>2</sup>=0.152)、車種組合(Eta<sup>2</sup>=0.608)與車間距(相關係數 0.497)對紓解間距較具有相關性。

表 5.8 紓解間距與解釋變數之相關分析表

解釋變數 相關係數	搶燈	車種組合	車間距
Eta	.390	.780	—
Eta <sup>2</sup>	.152(.033)	.608(.000)	—
Pearson 相關係數	—	—	.497(.005)

註：( ) 為顯著性

再利用逐步迴歸分析探討紓解間距與各解釋變數間之預測關係，依 5.2.1-a 之檢測原則，得到最佳模式於表 5.9。發現車間距與紓解間距間並不顯著，故予以排除；並可知第 2 部車之紓解間距受駕駛者是否具搶燈行為(迴歸係數 0.874)、小車-小車與小車-大車的對比(迴歸係數-0.910)，及大車-小車與小車-大車的對比(迴歸係數 1.425)之影響。

表 5.9 逐步迴歸模式摘要表 (單左轉違規第 2 部車)

投入變數/常數	迴歸係數	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>adj</sub>	F	顯著性	t	顯著性
(常數)	4.394	.758	.730	27.182	.000	13.588	.000
大車-小車	1.425					3.340	.003
搶燈	.874					4.015	.000
小車-小車	-.910					-2.642	.014

排除變數	t	顯著性
車間距	.240	.812

故其單左轉違規搶先進入路口待轉之序別第 2 部左轉車微觀紓解模式如下：

$$\diamond \widehat{HD} = 4.394 + 0.874G - 0.910SS + 1.425HS$$

HD：紓解間距 (秒)

G：搶燈行為 (0：無搶燈；1：有搶燈)

SS：小車-小車與小車-大車的對比 (1：表示該車為小車，前車為小車；0：其他)

HS：大車-小車與小車-大車的對比 (1：表示該車為小車，前車為大車；0：其他)

由紓解模式可知第 2 部車紓解間距會受到第 1 部車之搶燈行為影響，當第 2 部車之駕駛者停等於第 1 部車後方時，亦由左轉號誌來判定準備起動進行紓解行為，此時，當左轉號誌時相未始亮時，車隊中第 1 部車若具搶燈行為提前起動，而可能會使第 2 部車之駕駛者產生遲鈍或猶豫是否立即跟隨，致使第 2 部車之紓解間距增加。另外，本研究於該情況所探討之前後車種組合，因第 2 部車與第 1 部車所蒐集之樣本缺乏大車-大車之車種組合，故僅討論其他三種前後車種組合型態與紓解間距之影響，可以發現小車-小車對比小車-大車之紓解間距較小，因此，

當第1部車車種是大車時，因大車之起動紓解相較於小車慢且大車之車身較小車長，故會導致第2部車之紓解間距增加。而大車-小車對比小車-大車之紓解間距較大，若第1部車種是小車時，因大車之起動紓解相較於小車慢，致使第2部車之紓解間距，大車會較慢於小車。

c. 序別第3部車輛微觀紓解模式

經由相關分析結果可知（表 5.10），車種組合（ $\text{Eta}^2=0.657$ ）對紓解間距較具有相關性。

表 5.10 紓解間距與解釋變數之相關分析表

解釋變數 相關係數	搶燈	車種組合	車間距
Eta	.032	.811	—
$\text{Eta}^2$	.001(.867)	.657(.000)	—
Pearson 相關係數	—	—	.037(.846)

註：( ) 為顯著性

再利用逐步迴歸分析探討紓解間距與各解釋變數間之預測關係，依 5.2.1-a 之檢測原則，得到最佳模式於表 5.11。發現搶燈、車間距與紓解間距間並不顯著，故予以排除；並可知第3部車之紓解間距受小車-小車與小車-大車的對比（迴歸係數-0.777），及大車-小車與小車-大車的對比（迴歸係數 0.801）之影響。

表 5.11 逐步迴歸模式摘要表（單左轉違規第3部車）

投入變數/常數	迴歸係數	$R^2$	$R^2_{adj}$	F	顯著性	t	顯著性
(常數)	3.176	.657	.632	25.887	.000	14.336	.000
小車-小車	-.777					-3.308	.003
大車-小車	.801					2.557	.016

排除變數	t	顯著性
搶燈	1.157	.258
車間距	.525	.604

故其單左轉違規搶先進入路口待轉之序別第3部左轉車微觀紓解模式如下：

$$\diamond \widehat{HD} = 3.176 - 0.777SS + 0.801HS$$

HD：紓解間距（秒）

SS：小車-小車與小車-大車的對比（1：表示該車為小車，前車為小車；0：其他）

HS：大車-小車與小車-大車的對比（1：表示該車為小車，前車為大車；0：其他）

由紓解模式可知第3部車紓解間距會受到與第2部車前後車種組合影響，本研

究於該情況所探討之前後車種組合，因第3部車與第2部車所蒐集之樣本缺乏大車-大車之車種組合，故僅討論其他三種前後車種組合型態與紓解間距之影響，可以發現小車-小車對比小車-大車之紓解間距較小，因此，當第2部車車種是大車時，因大車之起動紓解相較於小車慢且大車之車身較小車長，故會導致第3部車之紓解間距增加。而大車-小車對比小車-大車之紓解間距較大，若第2部車種是小車時，因大車之起動紓解相較於小車慢，致使第3部車之紓解間距，大車會較慢於小車。

#### d. 第 4 部車輛後之微觀紓解模式

在單左轉有搶先進入口待轉情境下，經車輛趨於穩定位置檢定結果，會於第 4 部車位置後趨於穩定紓解，故本研究將針對已趨於穩定之車輛部份，構建一整體之微觀紓解模式。經由相關分析結果可知(表 5.12)，車種組合 ( $\text{Eta}^2=0.552$ ) 與車間距 (相關係數 0.481) 對紓解間距較具有相關性。

表 5.12 紓解間距與解釋變數之相關分析表

解釋變數 相關係數	搶燈	車種組合	車間距
Eta	.136	.743	—
Eta <sup>2</sup>	.019(.060)	.552(.000)	—
Pearson 相關係數	—	—	.481(.000)

註：( ) 為顯著性

再利用逐步迴歸分析探討紓解間距與各解釋變數間之預測關係，依 5.2.1-a 之檢測原則，得到最佳模式於表 5.13。發現搶燈與紓解間距間並不顯著，故予以排除；並可知第 4 部車後之紓解間距受車間距 (迴歸係數 0.2524)、小車-小車與小車-大車的對比 (迴歸係數-0.799)，及大車-小車與小車-大車的對比 (迴歸係數 0.757) 之影響。

表 5.13 廣義估計方程式摘要表 (單左轉違規第 4 部車後)

投入變數/常數	迴歸係數	Z	顯著性
(常數)	2.277	18.06	<.0001
大車-小車	.756	4.95	<.0001
小車-小車	-.799	-9.15	<.0001
車間距	2.523E-01	4.52	<.0001

$$\text{Pearson Chi-Square} = 28.9614 < \chi_{154,0.05}^2 = 183.9586$$

排除變數	Z	顯著性
搶燈	-.860	.387

故其單左轉違規搶先進入路口待轉之第 4 部左轉車後之微觀紓解模式如下：

$$\diamond \widehat{HD} = 2.277 + 0.2523IR - 0.799SS + 0.756HS$$

HD：紓解間距（秒）

IR：停等車間距（公尺）

SS：小車-小車與小車-大車的對比（1：表示該車為小車，前車為小車；0：其他）

HS：大車-小車與小車-大車的對比（1：表示該車為小車，前車為大車；0：其他）

由紓解模式可知第4部車後之紓解間距會受到與前後車之停等間距因素影響，當前後車之停等間距越大，其車輛紓解間距會隨著停等間距增加而增加。另外，第4部車後之紓解間距亦受前後車種組合因素之影響，本研究於該情況所探討之前後車種組合，因所蒐集之樣本缺乏大車-大車之車種組合，故僅討論其他三種前後車種組合型態與紓解間距之影響，可以發現小車-小車對比小車-大車之紓解間距較小，因此，當前車是大車時，因大車之紓解相較於小車慢且大車之車身較小車長，故會導致後車之紓解間距增加。而大車-小車對比小車-大車之紓解間距較大，若前車車種是小車時，因大車之紓解相較於小車慢，致使後車之紓解間距，大車會較慢於小車。

### 5.2.2 單左轉—無違規搶先進入路口待轉

在單左轉無搶先進入路口待轉之左轉車流，經上述檢定結果得知會於車隊第 3 部車之後即趨於穩定紓解之情形，故本研究將依此為依據，構建車隊紓解未穩定第 1 部至第 2 部之序別左轉車微觀紓解模式，並構建第 3 部趨於穩定紓解後之左轉車微觀紓解模式。

#### a. 序別第 1 部車微觀紓解模式

經由相關分析結果可知（表 5.14），搶燈（Eta<sup>2</sup>=0.447）、車種（Eta<sup>2</sup>=0.139）與距停止線距離（相關係數 0.380）對紓解間距較具有相關性。

表 5.14 紓解間距與解釋變數之相關分析表

解釋變數 相關係數	搶燈	車種	距停止線距離
Eta	.668	.373	—
Eta <sup>2</sup>	.447(.000)	.139(.043)	—
Pearson 相關係數	—	—	.380(.038)

註：（）為顯著性

再利用逐步迴歸分析探討紓解間距與各解釋變數間之預測關係，依 5.2.1-a 之檢測原則，得到最佳模式於表 5.15。可知紓解間距受駕駛者是否具搶燈行為(迴歸係數-3.116)、距停止線距離(迴歸係數 0.9247)，及小車與大車的對比(迴歸係數-2.402)之影響。

表 5.15 逐步迴歸模式摘要表 (單左轉無違規第 1 部車)

投入變數/常數	迴歸係數	$R^2$	$R^2_{adj}$	F	顯著性	t	顯著性
(常數)	2.514	.961	.956	212.650	.000	12.536	.000
搶燈	-3.116					-21.010	.000
距停止線距離	9.247E-01					13.785	.000
小車	-2.402					-13.219	.000

無排除變數

故其單左轉無違規搶先進入路口待轉之序別第 1 部左轉車微觀紓解模式如下：

$$\widehat{HD} = 2.514 - 3.116G + 0.9247SR - 2.402S$$

HD：紓解間距(秒)

G：搶燈行為(0：無搶燈；1：有搶燈)

SR：距停止線之停等距離(公尺)

S：小車與大車的對比(1：小車；0：大車)

對於無違規搶先進入路口待轉之車隊第1部車之紓解間距，由紓解模式可知第1部車紓解間距會明顯受到駕駛者是否具違規搶燈行為影響，其搶燈行為會導致紓解間距產生負值之情形。另外，本研究對於無違規搶先進入路口車隊係以停止線為基準線，故第1部車之紓解間距與駕駛者距停止線之停等距離有正相關之情況，即第1部車之紓解間距會隨著駕駛者距停止線之停等距離增加而增加。此外，第1部車之紓解間距亦受第1部車之大小車種影響，因大車之起動紓解較小車慢，故其小車之紓解間距較小於大車。

b. 序別第 2 部車微觀紓解模式

經由相關分析結果可知(表 5.16)，搶燈( $\text{Eta}^2=0.204$ )、車種組合( $\text{Eta}^2=0.781$ )與車間距(相關係數 0.364)對紓解間距較具有相關性。

表 5.16 紓解間距與解釋變數之相關分析表

解釋變數 \ 相關係數	搶燈	車種組合	車間距
Eta	.452	.884	—
Eta <sup>2</sup>	.204(.012)	.781(.000)	—
Pearson 相關係數	—	—	.364(.048)

註：( ) 為顯著性

再利用逐步迴歸分析探討紓解間距與各解釋變數間之預測關係，依 5.2.1-a 之檢測原則，得到最佳模式於表 5.17。可知第 2 部車之紓解間距受駕駛者是否具搶燈行為（迴歸係數 0.688）、車間距（迴歸係數 0.2662）、小車-小車與小車-大車的對比（迴歸係數-1.163），及大車-小車與小車-大車的對比（迴歸係數.875）之影響。

表 5.17 逐步迴歸模式摘要表（單左轉無違規第 2 部車）

投入變數/常數	迴歸係數	R <sup>2</sup>	R <sub>adj</sub> <sup>2</sup>	F	顯著性	t	顯著性
(常數)	3.790	.888	.870	49.433	.000	14.271	.000
大車-小車	.875					2.585	.016
小車-小車	-1.163					-5.197	.000
搶燈	.688					4.280	.000
車間距	2.662E-01					2.533	.018

無排除變數

故其單左轉無違規搶先進入路口待轉之序列第 2 部左轉車微觀紓解模式如下：

$$\diamond \widehat{HD} = 3.790 + 0.688G + 0.2662IR - 1.163SS + 0.875HS$$

HD：紓解間距（秒）

G：搶燈行為（0：無搶燈；1：有搶燈）

IR：停等車間距（公尺）

SS：小車-小車與小車-大車的對比（1：表示該車為小車，前車為小車；0：其他）

HS：大車-小車與小車-大車的對比（1：表示該車為小車，前車為大車；0：其他）

由紓解模式可知第2部車紓解間距會受到第1部車之搶燈行為影響，當第2部車之駕駛者停等於第1部車後方時，亦由左轉號誌來判定準備起動進行紓解行為，此時，當左轉號誌時相未始亮時，車隊中第1部車若具搶燈行為提前起動，而可能會使第2部車之駕駛者產生遲鈍或猶豫是否立即跟隨，致使第2部車之紓解間距增加。此外，第2部車之紓解間距會受到與前車之停等間距因素影響，當前

後車之停等間距越大，其車輛紓解間距會隨停等間距之增加而增加。另外，本研究於該情況所探討之前後車種組合，因第2部車與第1部車所蒐集之樣本缺乏大車-大車之車種組合，故僅討論其他三種前後車種組合型態與紓解間距之影響，可以發現小車-小車對比小車-大車之紓解間距較小，因此，當第1部車車種是大車時，因大車之起動紓解相較於小車慢且大車之車身較小車長，故會導致第2部車之紓解間距增加。而大車-小車對比小車-大車之紓解間距較大，若第1部車種是小車時，因大車之起動紓解相較於小車慢，致使第2部車之紓解間距，大車會較慢於小車。

### c. 第3部車後之微觀紓解模式

在單左轉無搶先進入路口待轉情境下，經車輛趨於穩定位置檢定結果，會於第3部車位置後趨於穩定紓解，故本研究將針對已趨於穩定之車輛部份，構建一整體之微觀紓解模式。

經由相關分析結果可知（表 5.18），車種組合（ $\text{Eta}^2 = 0.341$ ）與車間距（相關係數 0.285）對紓解間距較具有相關性。

表 5.18 紓解間距與解釋變數之相關分析表

解釋變數 相關係數	搶燈	車種組合	車間距
Eta	.170	.584	—
Eta <sup>2</sup>	.029(.016)	.341(.000)	—
Pearson 相關係數	—	—	.285(.000)

註：（）為顯著性

再利用逐步迴歸分析探討紓解間距與各解釋變數間之預測關係，依 5.2.1-a 之檢測原則，得到最佳模式於表 5.19。發現搶燈與紓解間距間並不顯著，故予以排除；並可知第3部車之紓解間距受車間距（迴歸係數 0.1402）、小車-小車與大車-大車的對比（迴歸係數-2.306）大車-小車與大車-大車的對比（迴歸係數-0.999），及小車-大車與大車-大車的對比（迴歸係數-1.476）之影響。

表 5.19 廣義估計方程式摘要表（單左轉無違規第3部車之後）

投入變數/常數	迴歸係數	Z	顯著性
(常數)	4.128	26.10	<.0001
小車-小車	-2.307	-23.55	<.0001
小車-大車	-1.479	-4.91	<.0001
車間距	1.401E-01	2.32	.019
大車-小車	-1.001	-4.98	<.0001

$$\text{Pearson Chi-Square} = 55.3097 < \chi_{150,0.05}^2 = 179.5806$$

排除變數	Z	顯著性
搶燈	1.13	.2601

故其單左轉違規搶先進入路口待轉之第 3 部左轉車後之微觀紓解模式如下：

$$\diamond \widehat{HD} = 4.128 + 0.1401IR - 2.307SS - 1.001HS - 1.479SH$$

*HD*：紓解間距（秒）

*IR*：停等車間距（公尺）

*SS*：小車-小車與大車-大車的對比（1：表示該車為小車，前車為小車；0：其他）

*HS*：大車-小車與大車-大車的對比（1：表示該車為小車，前車為大車；0：其他）

*SH*：小車-大車與大車-大車的對比（1：表示該車為大車，前車為小車；0：其他）

由紓解模式可知第3部車後之紓解間距會受到與前後車之停等間距因素影響，當前後車之停等間距越大，其車輛紓解間距會隨停等間距之增加而增加。另外，第3部車後之紓解間距亦受前後車種組合因素之影響，可以發現小車-小車對比大車-大車與其他車種組合對比大車-大車之紓解間距差異性最大，因小車之機動性與車身長度的皆較大車小，故小車-小車之車種組合相較其他型態之車種組合之紓解間距為最小；四種車種組合型態對紓解間距影響為最快為小車-小車，次之為小車-大車，再次之大車-小車，最慢為大車-大車，綜合推論得知若前車車種同為小車或大車時，因大車之紓解相較於小車慢，致使後車之紓解間距大車會較慢於小車，而若比較前車車種為小車與大車時，因大車之紓解相較於小車慢且大車之車身較小車長，故會導致前車車種為大車時之後車紓解間距會較前車為小車時大。

### 5.2.3 雙左轉—內車道

在雙左轉內車道之左轉車流，經上述檢定結果得知會於車隊第 4 部車之後即趨於穩定紓解之情形，故本研究將依此為依據，構建車隊紓解未穩定第 1 部至第 3 部之序別左轉車微觀紓解模式，並構建第 4 部趨於穩定紓解後之左轉車微觀紓解模式。

#### a. 序別第 1 部車微觀紓解模式

經由相關分析結果可知（表 5.20），搶燈（ $\text{Eta}^2 = 0.636$ ）與違規距離（相關係數 -0.854）對紓解間距較具有相關性。

表 5.20 紓解間距與解釋變數之相關分析表

解釋變數 相關係數	搶燈	車種	違規距離
Eta	.798	.278	—
Eta <sup>2</sup>	.636(.000)	.077(.136)	—
Pearson 相關係數	—	—	-.854(.000)

註：( ) 為顯著性

再利用逐步迴歸分析探討紓解間距與各解釋變數間之預測關係，依 5.2.1-a 之檢測原則，得到最佳模式於表 5.21。發現小車與大車的對比與紓解間距間並不顯著，故予以排除；並可知第 1 部車之紓解間距受駕駛者是否具搶燈行為（迴歸係數-1.340）與違規距離（迴歸係數-0.2035）之影響。

表 5.21 逐步迴歸模式摘要表（雙左轉內車道第 1 部車）

投入變數/常數	迴歸係數	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>adj</sub>	F	顯著性	t	顯著性
(常數)	1.893	.782	.766	48.389	.000	5.141	.000
車間距	-2.035E-01					-4.245	.000
大車-小車	-1.340					-2.544	.017

排除變數	t	顯著性
小車	-1.930	.065

故其雙左轉內車道之序別第 1 部左轉車微觀紓解模式如下：

$$\diamond \widehat{HD} = 1.893 - 1.340G - 0.2035TR$$

HD：紓解間距（秒）

G：搶燈行為（0：無搶燈；1：有搶燈）

TR：違規超越停止線距離（公尺）

本研究對於雙左轉內車道之車隊基準線係以第 1 部車車頭正下方，故第 1 部車之紓解間距即為左轉綠燈始亮後至該車有其移動之時間差距。因此，由紓解模式可知第 1 部車紓解間距會明顯受到駕駛者具違規搶先行為，且第 1 部車輛超越停止線搶先進入路口待轉之違規距離越長，發生搶燈行為之特性越明顯，而搶燈行為之發生致使紓解間距為負值。

#### b. 序別第 2 部車微觀紓解模式

經由相關分析結果可知（表 5.22），搶燈（Eta<sup>2</sup> = 0.132）與車種組合（Eta<sup>2</sup> = 0.572）對紓解間距較具有相關性。

表 5.22 紓解間距與解釋變數之相關分析表

解釋變數 相關係數	搶燈	車種組合	車間距
Eta	.363	.756	—
Eta <sup>2</sup>	.132(.048)	.572(.000)	—
Pearson 相關係數	—	—	.221(.241)

註：( ) 為顯著性

再利用逐步迴歸分析探討紓解間距與各解釋變數間之預測關係，依 5.2.1-a 之檢測原則，得到最佳模式於表 5.23。發現車間距與紓解間距間並不顯著，故予以排除；並可知第 2 部車之紓解間距受駕駛者是否具搶燈行為(迴歸係數 1.033)、小車-小車與小車-大車的對比(迴歸係數-0.664)，以及大車-小車與小車-大車的對比(迴歸係數 1.287)之影響。

表 5.23 逐步迴歸模式摘要表 (雙左轉內車道第 2 部車)

投入變數/常數	迴歸係數	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>adj</sub>	F	顯著性	t	顯著性
(常數)	3.900	.787	.762	31.934	.000	14.436	.000
大車-小車	1.287					4.148	.000
搶燈	1.033					5.109	.000
小車-小車	-.664					-2.631	.014

排除變數	1996 t	顯著性
車間距	.645	.525

故其雙左轉內車道之序別第 2 部左轉車微觀紓解模式如下：

$$\diamond \widehat{HD} = 3.900 + 1.033G - 0.664SS + 1.287HS$$

HD：紓解間距(秒)

G：搶燈行為(0：無搶燈；1：有搶燈)

SS：小車-小車與小車-大車的對比(1：表示該車為小車，前車為小車；0：其他)

HS：大車-小車與小車-大車的對比(1：表示該車為小車，前車為大車；0：其他)

由紓解模式可知第2部車紓解間距會受到第1部車之搶燈行為影響，其影響原因與上述關於搶燈行為之影響紓解特性相同。另外，本研究於該情況所探討之前後車種組合，因第2部車與第1部車所蒐集之樣本缺乏大車-大車之車種組合，故僅討論其他三種前後車種組合型態與紓解間距之影響，可以發現小車-小車對比小車-大車之紓解間距較小，因此，當第1部車車種是大車時，因大車之起動紓解相較於小車慢且大車之車身較小車長，故會導致第2部車之紓解間距增加。而大車-小車對比小車-大車之紓解間距較大，若第1部車種是小車時，因大車之起動紓解相較於小車慢，致使第2部車之紓解間距，大車會較慢於小車。

c. 序別第3部車微觀紓解模式

經由相關分析結果可知（表 5.24），車種組合（ $Eta^2 = 0.714$ ）對紓解間距較具有相關性。

表 5.24 紓解間距與解釋變數之相關分析表

解釋變數 相關係數	搶燈	車種組合	車間距
Eta	.164	.845	—
Eta <sup>2</sup>	.027(.388)	.714(.000)	—
Pearson 相關係數	—	—	.344(.062)

註：( ) 為顯著性

再利用逐步迴歸分析探討紓解間距與各解釋變數間之預測關係，依 5.2.1-a 之檢測原則，得到最佳模式於表 5.25。發現搶燈、車間距與紓解間距間並不顯著，故予以排除；並可知第 3 部車之紓解間距受小車-小車與小車-大車的對比（迴歸係數-0.910），以及大車-小車與小車-大車的對比（迴歸係數 0.828）之影響。

表 5.25 逐步迴歸模式摘要表（雙左轉內車道第 3 部車）

投入變數/常數	迴歸係數	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>adj</sub>	F	顯著性	t	顯著性
(常數)	3.572	.714	.693	33.776	.000	16.554	.000
小車-小車	-.910					-3.975	.000
大車-小車	.828					2.712	.011

排除變數	t	顯著性
搶燈	.145	.886
車間距	1.661	.109

故其雙左轉內車道之序別第 3 部左轉車微觀紓解模式如下：

$$\diamond \widehat{HD} = 3.572 - 0.910SS + 0.828HS$$

HD：紓解間距（秒）

SS：小車-小車與小車-大車的對比（1：表示該車為小車，前車為小車；0：其他）

HS：大車-小車與小車-大車的對比（1：表示該車為小車，前車為大車；0：其他）

由紓解模式可知第3部車紓解間距會受到與第2部車前後車種組合影響，本研究於該情況所探討之前後車種組合，因第3部車與第2部車所蒐集之樣本缺乏大車-大車之車種組合，故僅討論其他三種前後車種組合型態與紓解間距之影響，可以發現小車-小車對比小車-大車之紓解間距較小，因此，當第2部車車種是大車時，因大車之起動紓解相較於小車慢且大車之車身較小車長，故會導致第3部車

之紓解間距增加。而大車-小車對比小車-大車之紓解間距較大，若第2部車種是小車時，因大車之起動紓解相較於小車慢，致使第3部車之紓解間距，大車會較慢於小車。

#### d. 第 4 部車微觀紓解模式

在雙左轉內車車道情境下，經車輛趨於穩定位置檢定結果，會於第 4 部車位置後趨於穩定紓解，故本研究將針對已趨於穩定之車輛部份，構建一整體之微觀紓解模式。經由相關分析結果可知（表 5.26），車種組合（ $\text{Eta}^2 = 0.313$ ）與車間距（相關係數 0.286）對紓解間距較具有相關性。

表 5.26 紓解間距與解釋變數之相關分析表

解釋變數 相關係數	搶燈	車種組合	車間距
Eta	.124	.559	—
Eta <sup>2</sup>	.015(.067)	.313(.000)	—
Pearson 相關係數	—	—	.286(.000)

註：( ) 為顯著性

再利用逐步迴歸分析探討紓解間距與各解釋變數間之預測關係，依 5.2.1-a 之檢測原則，得到最佳模式於表 5.27。發現搶燈與紓解間距間並不顯著，故予以排除；並可知第 4 部車後之紓解間距受車間距（迴歸係數 0.2581）、小車-小車與小車-大車的對比（迴歸係數-0.877）、大車-小車與小車-大車的對比（迴歸係數 0.697）。

表 5.27 廣義估計方程式摘要表（雙左轉內車道第 4 部車之後）

投入變數/常數	迴歸係數	Z	顯著性
(常數)	2.543	13.12	<.0001
小車-小車	-.877	-5.37	<.0001
車間距	2.581E-01	3.66	.0003
大車-小車	.697	3.12	.0018

$$\text{Pearson Chi-Square} = 44.9367 < \chi_{148,0.05}^2 = 177.3897$$

排除變數	Z	顯著性
搶燈	1.66	.0968

故其雙左轉內車道之第 4 部左轉車後之微觀紓解模式如下：

$$\diamond \widehat{HD} = 2.543 + 0.2581IR - 0.877SS + 0.697HS$$

HD：紓解間距（秒）

IR：停等車間距

SS：小車-小車與小車-大車的對比（1：表示該車為小車，前車為小車；0：其他）

HS：大車-小車與小車-大車的對比（1：表示該車為小車，前車為大車；0：其他）

由紓解模式可知第4部車後之紓解間距會受到與前後車之停等間距因素影響，當前後車之停等間距越大，其車輛紓解間距會隨停等間距之增加而增加。另外，第4部車後之紓解間距亦受前後車種組合因素之影響，本研究於該情況所探討之前後車種組合，因所蒐集之樣本缺乏大車-大車之車種組合，故僅討論其他三種前後車種組合型態與紓解間距之影響，其車種組合對紓解間距之原因與上述原因相同。

#### 5.2.4 雙左轉—外車道

在雙左轉外車道之左轉車流，經上述檢定結果得知會於車隊第3部車之後即趨於穩定紓解之情形，故本研究將依此為依據，構建車隊紓解未穩定第1部至第2部之序別左轉車微觀紓解模式，並構建第3部趨於穩定紓解後之左轉車微觀紓解模式。

##### a. 序別第1部車微觀紓解模式

經由相關分析結果可知（表 5.28），搶燈（ $\text{Eta}^2 = 0.636$ ）與違規距離（相關係數 -0.568）對紓解間距較具有相關性。

表 5.28 紓解間距與解釋變數之相關分析表

解釋變數 相關係數	搶燈	車種	違規距離
Eta	.790	.168	—
Eta <sup>2</sup>	.624(.000)	.028(.376)	—
Pearson 相關係數	—	—	-.568(.001)

註：（）為顯著性

再利用逐步迴歸分析探討紓解間距與各解釋變數間之預測關係，依 5.2.1-a 之檢測原則，得到最佳模式於表 5.29。發現違規距離、小車與大車的對比與紓解間距間並不顯著，故予以排除；並可知第1部車之紓解間距受駕駛者是否具搶燈行為（迴歸係數-3.072）之影響。

表 5.29 逐步迴歸模式摘要表（雙左轉外車道第 1 部車）

投入變數/常數	迴歸係數	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>adj</sub>	F	顯著性	t	顯著性
(常數)	1.178	.624	.610	46.394	.000	2.753	.010
搶燈	-3.072					-6.811	.000

排除變數	t	顯著性
違規距離	.039	.969
小車	-.161	.873

故其雙左轉外車道之序列第 1 部左轉車微觀紓解模式如下：

$$\blacklozenge \widehat{HD} = 1.178 - 3.072G$$

HD：紓解間距（秒）

G：搶燈行為（0：無搶燈；1：有搶燈）

雙左轉外車道之車隊第 1 部車之紓解間距，由紓解模式可知第 1 部車紓解間距會明顯受到駕駛者是否具違規搶燈行為影響，其搶燈行為會導致紓解間距產生負值之情形。

b. 序列第 2 部車微觀紓解模式

經由相關分析結果可知(表 5.30)，搶燈(Eta<sup>2</sup>=0.158)、車種組合(Eta<sup>2</sup>=0.830)與車間距（相關係數 0.473）對紓解間距較具有相關性。

表 5.30 紓解間距與解釋變數之相關分析表

解釋變數	搶燈	車種組合	車間距
相關係數			
Eta	.398	.911	—
Eta <sup>2</sup>	.158(.029)	.830(.000)	—
Pearson 相關係數	—	—	.473(.008)

註：( ) 為顯著性

再利用逐步迴歸分析探討紓解間距與各解釋變數間之預測關係，依 5.2.1-a 之檢測原則，得到最佳模式於表 5.31。發現車間距與紓解間距間並不顯著，故予以排除；並可知第 2 部車之紓解間距受駕駛者是否具搶燈行為(迴歸係數 0.831)、小車-小車與大車-大車的對比(迴歸係數-3.342)大車-小車與大車-大車的對比(迴歸係數-1.019)，以及小車-大車與大車-大車的對比（迴歸係數-2.236）之影響。

表 5.31 逐步迴歸模式摘要表（雙左轉外車道第 2 部車）

投入變數/常數	迴歸係數	$R^2$	$R^2_{adj}$	F	顯著性	t	顯著性
(常數)	6.327	.856	.833	37.252	.000	12.710	.000
小車-小車	-3.342					-9.581	.000
小車-大車	-2.236					-4.759	.000
大車-小車	-1.019					-2.567	.017
搶燈	.831					2.123	.044

排除變數	t	顯著性
車間距	-.279	.782

故其雙左轉外車道之序別第 2 部左轉車微觀紓解模式如下：

$$\diamond \widehat{HD} = 6.372 + 0.831G - 3.342SS - 1.019HS - 2.236SH$$

$HD$ ：紓解間距（秒）

$G$ ：搶燈行為（0：無搶燈；1：有搶燈）

$SS$ ：小車-小車與大車-大車的對比（1：表示該車為小車，前車為小車；0：其他）

$HS$ ：大車-小車與大車-大車的對比（1：表示該車為小車，前車為大車；0：其他）

$SH$ ：小車-大車與大車-大車的對比（1：表示該車為大車，前車為小車；0：其他）

由紓解模式可知第 2 部車紓解間距會受到第 1 部車之搶燈行為影響，當第 2 部車之駕駛者停等於第 1 部車後方時，亦由左轉號誌來判定準備起動進行紓解行為，此時，當左轉號誌時相未始亮時，車隊中第 1 部車若具搶燈行為為提前起動，而可能會使第 2 部車之駕駛者產生遲鈍或猶豫是否立即跟隨，致使第 2 部車之紓解間距增加。此外，第 2 部車之紓解間距會受到與前車之停等間距因素影響，當前後車之停等間距越大，其車輛紓解間距會隨停等間距之增加而增加。

另外，本研究於該情況所探討之前後車種組合，因第 2 部車與第 1 部車所蒐集之樣本缺乏大車-大車之車種組合，故僅討論其他三種前後車種組合型態與紓解間距之影響，可以發現小車-小車對比小車-大車之紓解間距較小，因此，當第 1 部車車種是大車時，因大車之起動紓解相較於小車慢且大車之車身較小車長，故會導致第 2 部車之紓解間距增加。而大車-小車對比小車-大車之紓解間距較大，若第 1 部車種是小車時，因大車之起動紓解相較於小車慢，致使第 2 部車之紓解間距，大車會較慢於小車。

### c. 第 3 部車微觀紓解模式

在雙左轉外車道情境下，經車輛穩定位置檢定結果，會於第 3 部車位置後達一穩定紓解，故本研究將針對已趨於穩定之車輛部份，構建一整體之微觀紓解模

式。經由相關分析結果可知（表 5.32），車種組合（ $Eta^2 = 0.393$ ）與車間距（相關係數 0.279）對紓解間距具有相關性。

表 5.32 紓解間距與解釋變數之相關分析表

解釋變數 相關係數	搶燈	車種組合	車間距
Eta	.141	.627	—
Eta <sup>2</sup>	.020(.041)	.393(.000)	—
Pearson 相關係數	—	—	.279(.000)

註：（）為顯著性

再利用逐步迴歸分析探討紓解間距與各解釋變數間之預測關係，依 5.2.1-a 之檢測原則，得到最佳模式於表 5.33。發現搶燈與紓解間距間並不顯著，故予以排除；並可知第 3 部車之紓解間距受車間距（迴歸係數 0.2310）、小車-小車與大車-大車的對比（迴歸係數 -2.332）、大車-小車與大車-大車的對比（迴歸係數 -0.911），及小車-大車與大車-大車的對比（迴歸係數 -1.875）之影響。

表 5.33 廣義估計方程式摘要表（雙左轉外車道第 3 部車之後）

投入變數/常數	迴歸係數	Z	顯著性
(常數)	3.965	11.66	<.0001
小車-小車	-2.331	-6.58	<.0001
小車-大車	-1.873	-4.90	<.0001
車間距	2.312E-01	3.55	.0004
大車-小車	-.911	-2.33	.0198

$$\text{Pearson Chi-Square} = 84.895 < \chi_{149,0.05}^2 = 178.4854$$

排除變數	Z	顯著性
搶燈	1.36	.1741

故其雙左轉外車道之第 3 部左轉車後之微觀紓解模式如下：

$$\blacklozenge \widehat{HD} = 3.965 + 0.2312IR - 2.331SS - 0.911HS - 1.873SH$$

HD：紓解間距（秒）

IR：停等車間距（公尺）

SS：小車-小車與大車-大車的對比（1：表示該車為小車，前車為小車；0：其他）

HS：大車-小車與大車-大車的對比（1：表示該車為小車，前車為大車；0：其他）

SH：小車-大車與大車-大車的對比（1：表示該車為大車，前車為小車；0：其他）

由紓解模式可知第 3 部車後之紓解間距會受到與前後車之停等間距因素影

響，當前後車之停等間距越大，其車輛紓解間距會隨停等間距之增加而增加。另外，第3部車後之紓解間距亦受前後車種組合因素之影響，可以發現小車-小車對比大車-大車與其他車種組合對比大車-大車之紓解間距差異性最大，因小車之機動性與車身長度的皆較大車小，故小車-小車之車種組合相較其他型態之車種組合之紓解間距為最小；四種車種組合型態對紓解間距影響為最快為小車-小車，次之為小車-大車，再次之大車-小車，最慢為大車-大車，綜合推論得知若前車車種同為小車或大車時，因大車之紓解相較於小車慢，致使後車之紓解間距大車會較慢於小車，而若比較前車車種為小車與大車時，因大車之紓解相較於小車慢且大車之車身較小車長，故會導致前車車種為大車時之後車紓解間距會較前車為小車時大。

### 5.3 左轉車流微觀紓解模式之驗證

以下針對所建立不同車道對象情境之微觀左轉車紓解模式進行驗證，本研究將再從攝影資料中依不同車道對象情境，在車流紓解未達穩定之序別左轉車微觀紓解模式，則個別另取 10 筆樣本數之各項車輛紓解數據進行驗證之用，而在車流紓解趨於穩定之微觀左轉車紓解模式，因所包含之序位車輛較多，則個別另取 30 筆樣本數之各項車輛紓解數據進行驗證之用，並以統計成對樣本 t 檢定驗證模式是否具代表性。

#### 5.3.1 單左轉—有違規搶先進入路口待轉

##### a. 序別第 1 部之微觀紓解模式之驗證

在 10 筆驗證樣本中，紓解間距之平均絕對誤差為 0.48 秒，有 70% 樣本紓解間距絕對誤差在 0.5 秒以下。本研究亦利用統計檢定方式，進一步來檢定紓解間距預測值與實際值之差異是否為顯著，加以證明本模式是否具代表性：

##### ● 紓解間距檢定

$$HD_i^* - HD_i = d_i, i = 1, 2, \dots, 10$$

$HD_i^*$ : 模式紓解間距預測值

$HD_i$ : 模式紓解間距實際值

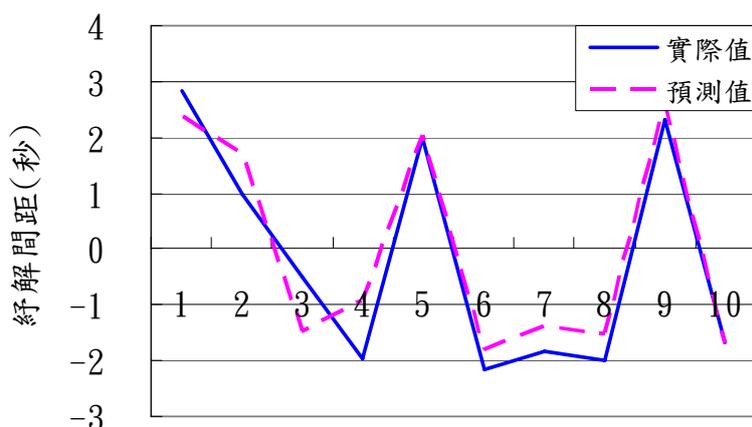
$$H_0: \mu_d = 0$$

$$H_1: \mu_d \neq 0$$

表 5.34 單左轉違規搶先序列第 1 部微觀紓解模式檢定表

		成對變數差異				t	自由度	顯著性(雙尾)	
		平均數	標準差	平均數的標準誤	差異的 95% 信賴區間				
成對1	實際值 - 預測值				下界	上界			
		-1.860	.5780	.1828	-.5994	.2274	-1.018	9	.335

由上表 5.34 檢定結果為  $t = -1.018$ ,  $df = 9$ ,  $p = 0.335 (p > 0.05)$ , 檢定結果顯示微觀紓解模式紓解間距之預測值與實際值並無顯著差異。車輛微觀紓解模式驗證(圖 5.1) 與驗證樣本資料整理(表 5.35)。



驗證樣本編號

圖 5.1 單左轉違規搶先序列第 1 部之微觀紓解模式驗證圖

表 5.35 單左轉違規搶先序列第 1 部之微觀紓解模式之驗證資料

驗證樣本編號	是否搶燈	違規超越停止線距離(m)	實際值(秒)	預測值(秒)	絕對誤差(秒)
1	否	3.51	2.83	2.39	0.44
2	否	8.42	1.00	1.68	0.68
3	是	13.95	-0.50	-1.49	0.99
4	是	10.07	-1.97	-0.94	1.03
5	否	6.08	2	2.02	0.02
6	是	16.08	-2.17	-1.80	0.37
7	是	13.18	-1.83	-1.38	0.45
8	是	14.12	-2.00	-1.52	0.48
9	否	1.86	2.33	2.62	0.29
10	是	15.41	-1.67	-1.70	0.03

b. 序別第 2 部之微觀紓解模式之驗證

在 10 筆驗證樣本中，紓解間距之平均絕對誤差為 0.46 秒，有 70% 樣本紓解間距絕對誤差在 0.5 秒以下。本研究亦利用統計檢定方式，進一步來檢定紓解間距預測值與實際值之差異是否為顯著，加以證明本模式是否具代表性：

● 紓解間距檢定

$$HD_i^* - HD_i = d_i, i = 1, 2, \dots, 10$$

$HD_i^*$ : 模式紓解間距預測值

$HD_i$ : 模式紓解間距實際值

$$H_0: \mu_d = 0$$

$$H_1: \mu_d \neq 0$$

表 5.36 單左轉違規搶先序別第 2 部微觀紓解模式檢定表

		成對變數差異				t	自由度	顯著性(雙尾)	
		平均數	標準差	平均數的標準誤	差異的 95% 信賴區間				
					下界				上界
成對1	實際值 - 預測值	.1610	.5312	.1680	- .2190	.5410	.958	9	.363

由上表 5.36 檢定結果為  $t = 0.958$ ， $df = 9$ ， $p = 0.363 (p > 0.05)$ ，檢定結果顯示微觀紓解模式紓解間距之預測值與實際值並無顯著差異。車輛微觀紓解模式驗證(圖 5.2) 與驗證樣本資料整理(表 5.37)。

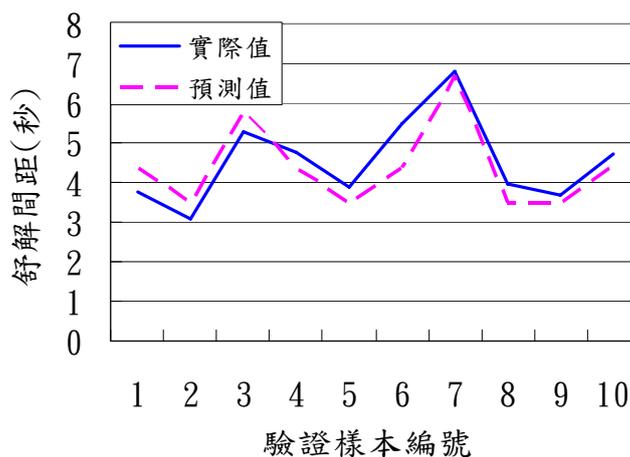


圖 5.2 單左轉違規搶先序別第 2 部之微觀紓解模式驗證圖

表 5.37 單左轉違規搶先序列第 2 部之微觀紓解模式之驗證資料

驗證樣本編號	是否搶燈	車種組合	實際值(秒)	預測值(秒)	絕對誤差(秒)
1	是	小車-小車	3.77	4.36	0.59
2	否	小車-小車	3.1	3.48	0.38
3	否	大車-小車	5.3	5.82	0.52
4	是	小車-小車	4.77	4.36	0.41
5	否	小車-小車	3.87	3.48	0.39
6	是	小車-小車	5.5	4.36	1.14
7	是	大車-小車	6.8	6.69	0.11
8	否	小車-小車	3.97	3.48	0.49
9	否	小車-小車	3.7	3.48	0.22
10	否	小車-大車	4.73	4.39	0.34

c. 序列第 3 部之微觀紓解模式之驗證

在 10 筆驗證樣本中，紓解間距之平均絕對誤差為 0.30 秒，有 90% 樣本紓解間距絕對誤差在 0.5 秒以下。本研究亦利用統計檢定方式，進一步來檢定紓解間距預測值與實際值之差異是否為顯著，加以證明本模式是否具代表性：

● 紓解間距檢定

$$HD_i^* - HD_i = d_i, i = 1, 2, \dots, 10$$

$HD_i^*$ ：模式紓解間距預測值

$HD_i$ ：模式紓解間距實際值

$$H_0 : \mu_d = 0$$

$$H_1 : \mu_d \neq 0$$

表 5.38 單左轉違規搶先序列第 3 部微觀紓解模式檢定表

		成對變數差異					t	自由度	顯著性(雙尾)
		平均數	標準差	平均數的標準誤	差異的 95% 信賴區間				
					下界	上界			
成對1	實際值 - 預測值	-1.860	.3118	9.859E-02	-4.090	3.704E-02	-1.887	9	.092

由上表 5.38 檢定結果為  $t = -1.887$ ， $df = 9$ ， $p = 0.092(p > 0.05)$ ，檢定結果顯示微觀紓解模式紓解間距之預測值與實際值並無顯著差異。車輛微觀紓解模式驗證(圖 5.3)與驗證樣本資料整理(表 5.39)。

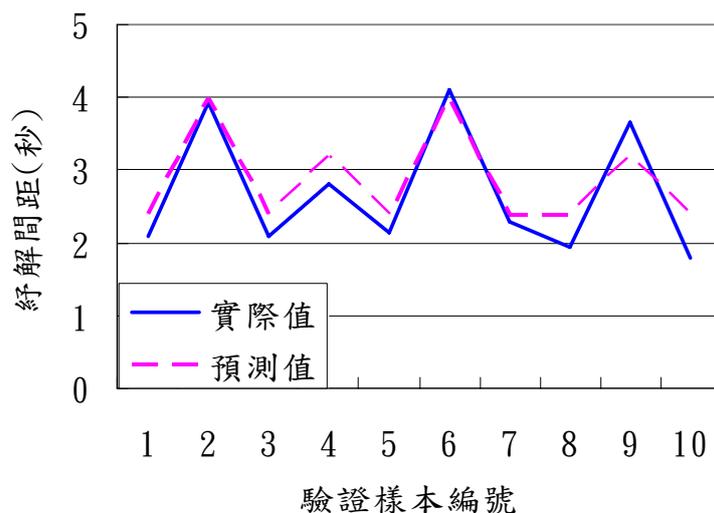


圖 5.3 單左轉違規搶先序別第 3 部之微觀紓解模式驗證圖

表 5.39 單左轉違規搶先序別第 3 部之微觀紓解模式之驗證資料

驗證樣本編號	車種組合	實際值(秒)	預測值(秒)	絕對誤差(秒)
1	小車-小車	2.08	2.399	0.319
2	大車-小車	3.93	3.977	0.047
3	小車-小車	2.1	2.399	0.299
4	小車-大車	2.82	3.176	0.356
5	小車-小車	2.13	2.399	0.269
6	大車-小車	4.1	3.977	0.123
7	小車-小車	2.3	2.399	0.099
8	小車-小車	1.93	2.399	0.469
9	小車-大車	3.65	3.176	0.474
10	小車-小車	1.8	2.399	0.599

d. 第 4 部後微觀紓解模式之驗證

在 30 筆驗證樣本中，紓解間距之平均絕對誤差為 0.26 秒，有 80% 樣本紓解間距絕對誤差在 0.4 秒以下。本研究亦利用統計檢定方式，進一步來檢定紓解間距預測值與實際值之差異是否為顯著，加以證明本模式是否具代表性：

● 紓解間距檢定

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

$HD_i^*$ : 模式紓解間距預測值

$HD_i$ : 模式紓解間距實際值

$$H_0: \mu_d = 0$$

$$H_1: \mu_d \neq 0$$

表 5.40 單左轉違規搶先第 4 部後微觀紓解模式檢定表

		成對變數差異					t	自由度	顯著性(雙尾)
		平均數	標準差	平均數的標準誤	差異的 95% 信賴區間				
					下界	上界			
成對1	實際值 - 預測值	4.900E-02	.3243	5.921E-02	-7.210E-02	.1701	.828	29	.415

由上表 5.40 檢定結果為  $t = 0.828$ ， $df = 29$ ， $p = 0.415(p > 0.05)$ ，檢定結果顯示微觀紓解模式紓解間距之預測值與實際值並無顯著差異。車輛微觀紓解模式驗證(圖 5.4)與驗證樣本資料整理(表 5.41)。

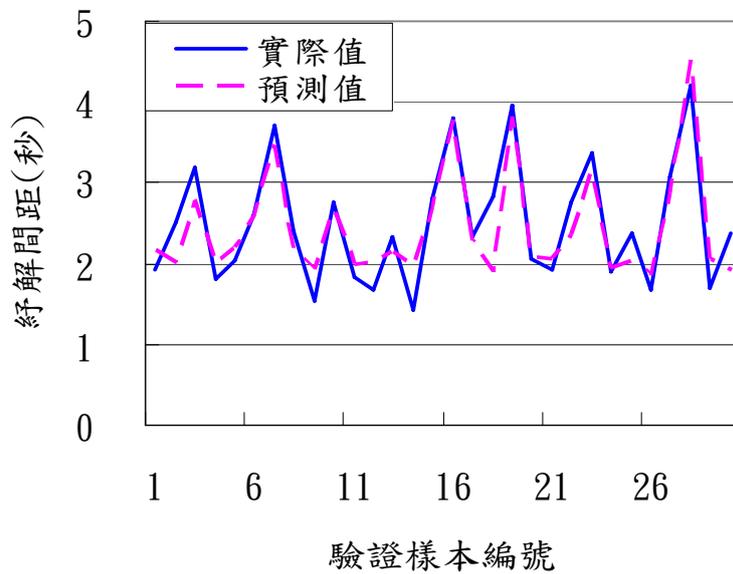


圖 5.4 單左轉違規搶先第 4 部後之微觀紓解模式驗證圖

表 5.41 單左轉違規搶先第 4 部後之微觀紓解模式之驗證資料

驗證樣本編號	停等間距 (m)	車種組合	實際值(秒)	預測值(秒)	絕對誤差 (秒)
1	2.73	小車-小車	1.93	2.17	0.24
2	2.16	小車-小車	2.52	2.02	0.50
3	1.99	小車-大車	3.20	2.78	0.42
4	2.00	小車-小車	1.80	1.98	0.18
5	2.81	小車-小車	2.03	2.19	0.16
6	1.20	小車-大車	2.60	2.58	0.02
7	1.65	大車-小車	3.70	3.45	0.25
8	2.73	小車-小車	2.40	2.17	0.23
9	1.74	小車-小車	1.53	1.92	0.39
10	1.54	小車-大車	2.77	2.67	0.10
11	2.07	小車-小車	1.83	2.00	0.17
12	2.25	小車-小車	1.67	2.04	0.37
13	2.68	小車-小車	2.33	2.16	0.17
14	1.98	小車-小車	1.43	1.98	0.55
15	1.69	小車-大車	2.80	2.70	0.10
16	2.98	大車-小車	3.80	3.79	0.01
17	3.16	小車-小車	2.33	2.27	0.06
18	1.64	小車-小車	2.83	1.89	0.94
19	3.09	大車-小車	3.97	3.81	0.16
20	2.40	小車-小車	2.07	2.08	0.01
21	2.31	小車-小車	1.93	2.06	0.13
22	3.44	小車-小車	2.77	2.35	0.42
23	3.46	小車-大車	3.37	3.15	0.22
24	1.85	小車-小車	1.90	1.94	0.04
25	2.19	小車-小車	2.37	2.03	0.34
26	1.50	小車-小車	1.67	1.86	0.19
27	2.40	小車-大車	3.07	2.88	0.19
28	5.89	大車-小車	4.20	4.52	0.32
29	2.34	小車-小車	1.70	2.07	0.37
30	1.72	小車-小車	2.37	1.91	0.46

### 5.3.2 單左轉—無違規搶先進入路口待轉

#### a. 序列第 1 部之微觀紓解模式之驗證

在 10 筆驗證樣本中，紓解間距之平均絕對誤差為 0.34 秒，有 70% 樣本紓解間距絕對誤差在 0.5 秒以下。本研究亦利用統計檢定方式，進一步來檢定紓解間距預測值與實際值之差異是否為顯著，加以證明本模式是否具代表性：

#### ● 紓解間距檢定

$$HD_i^* - HD_i = d_i, i = 1, 2, \dots, 10$$

$HD_i^*$ ：模式紓解間距預測值

$HD_i$ ：模式紓解間距實際值

$$H_0: \mu_d = 0$$

$$H_1: \mu_d \neq 0$$

表 5.42 單左轉無違規序列第 1 部微觀紓解模式檢定表

		成對變數差異					t	自由度	顯著性(雙尾)
		平均數	標準差	平均數的標準誤	差異的 95% 信賴區間				
成對 1	實際值 - 預測值				下界	上界			
		-1.340	.3788	.1198	-4.050	.1370	-1.119	9	.292

由上表 5.42 檢定結果為  $t = -1.119$ ， $df = 9$ ， $p = 0.292$  ( $p > 0.05$ )，檢定結果顯示微觀紓解模式紓解間距之預測值與實際值並無顯著差異。車輛微觀紓解模式驗證 (圖 5.5) 與驗證樣本資料整理 (表 5.43)。

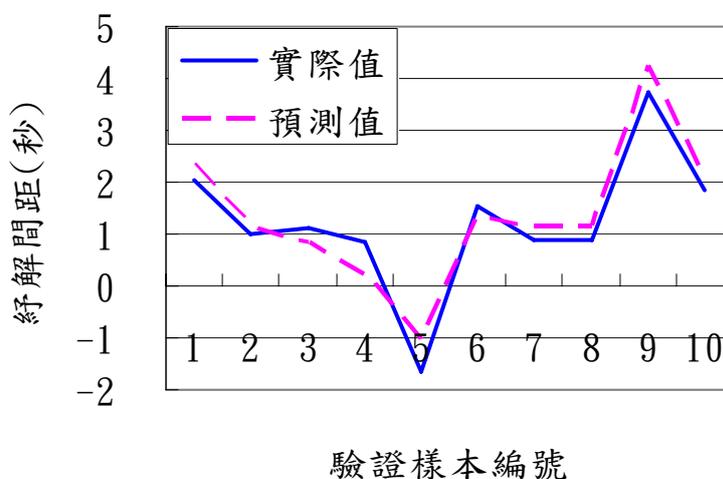


圖 5.5 單左轉無違規序列第 1 部微觀紓解模式驗證圖

表 5.43 單左轉無違規序列第 1 部微觀紓解模式之驗證資料

驗證樣本編號	是否搶燈	車種	距停止線距離(m)	實際值(秒)	預測值(秒)	絕對誤差(秒)
1	否	小車	2.41	2.03	2.34	0.31
2	是	小車	1.13	1.00	1.16	0.16
3	是	大車	1.58	1.13	0.86	0.27
4	否	小車	0.12	0.83	0.22	0.61
5	是	小車	2.14	-1.67	-1.02	0.65
6	否	小車	1.34	1.53	1.36	0.17
7	否	小車	1.12	0.90	1.15	0.25
8	否	小車	1.12	0.90	1.15	0.25
9	否	大車	1.87	3.73	4.24	0.51
10	否	小車	2.14	1.83	2.09	0.26

b. 序列第 2 部微觀紓解模式之驗證

在 10 筆驗證樣本中，紓解間距之平均絕對誤差為 0.26 秒，有 90% 樣本紓解間距絕對誤差在 0.5 秒以下，有 70% 樣本紓解間距絕對誤差在 0.4 秒以下。本研究亦利用統計檢定方式，進一步來檢定紓解間距預測值與實際值之差異是否為顯著，加以證明本模式是否具代表性：

● 紓解間距檢定

$$HD_i^* - HD_i = d_i, i = 1, 2, \dots, 10$$

$HD_i^*$ ：模式紓解間距預測值

$HD_i$ ：模式紓解間距實際值

$$H_0 : \mu_d = 0$$

$$H_1 : \mu_d \neq 0$$

表 5.44 單左轉無違規序列第 2 部微觀紓解模式檢定表

		成對變數差異				t	自由度	顯著性(雙尾)	
		平均數	標準差	平均數的標準誤	差異的 95% 信賴區間				
					下界				上界
成對1	實際值 - 預測值	-1.270	.3020	9.550E-02	-0.3430	8.903E-02	-1.330	9	.216

由上表 5.44 檢定結果為  $t = -1.330$ ， $df = 9$ ， $p = 0.216$  ( $p > 0.05$ )，檢定結果顯示微觀紓解模式紓解間距之預測值與實際值並無顯著差異。車輛微觀紓解模式驗證

(圖 5.6) 與驗證樣本資料整理 (表 5.45)。

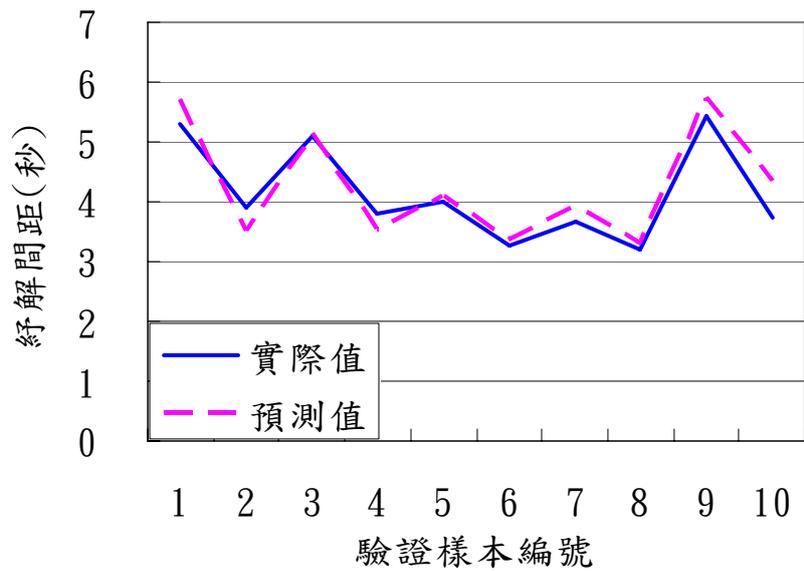


圖 5.6 單左轉無違規序別第 2 部微觀紓解模式驗證圖

表 5.45 單左轉無違規序別第 2 部微觀紓解模式之驗證資料

驗證樣本編號	是否搶燈	停等間距(m)	車種組合	實際值(秒)	預測值(秒)	絕對誤差(秒)
1	否	3.93	大車-小車	5.30	5.71	0.41
2	否	3.25	小車-小車	3.90	3.49	0.41
3	是	2.44	小車-大車	5.10	5.13	0.03
4	否	3.38	小車-小車	3.80	3.53	0.27
5	否	1.19	小車-大車	4.00	4.11	0.11
6	否	2.81	小車-小車	3.27	3.38	0.11
7	是	2.31	小車-小車	3.67	3.93	0.26
8	否	2.57	小車-小車	3.20	3.31	0.11
9	否	4.03	大車-小車	5.43	5.74	0.31
10	是	3.84	小車-小車	3.73	4.34	0.61

c. 第 3 部後之微觀紓解模式之驗證

在 30 筆驗證樣本中，紓解間距之平均絕對誤差為 0.35 秒，有 77% 樣本紓解間距絕對誤差在 0.4 秒以下。本研究亦利用統計檢定方式，進一步來檢定紓解間距預測值與實際值之差異是否為顯著，加以證明本模式是否具代表性：

● 紓解間距檢定

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

$HD_i^*$ : 模式紓解間距預測值

$HD_i$ : 模式紓解間距實際值

$$H_0: \mu_d = 0$$

$$H_1: \mu_d \neq 0$$

表 5.46 單左轉無違規第 3 部後之微觀紓解模式檢定表

		成對變數差異					t	自由度	顯著性(雙尾)
		平均數	標準差	平均數的標準誤	差異的 95% 信賴區間				
成對1	實際值 - 預測值	-4.933E-02	.4344	7.931E-02	下界	上界			
					-2.115	.1129	-0.622	29	0.539

由上表 5.46 檢定結果為  $t = -0.622$ ， $df = 29$ ， $p = 0.539 (p > 0.05)$ ，檢定結果顯示微觀紓解模式紓解間距之預測值與實際值並無顯著差異。車輛微觀紓解模式驗證（圖 5.7）與驗證樣本資料整理（表 5.47）。

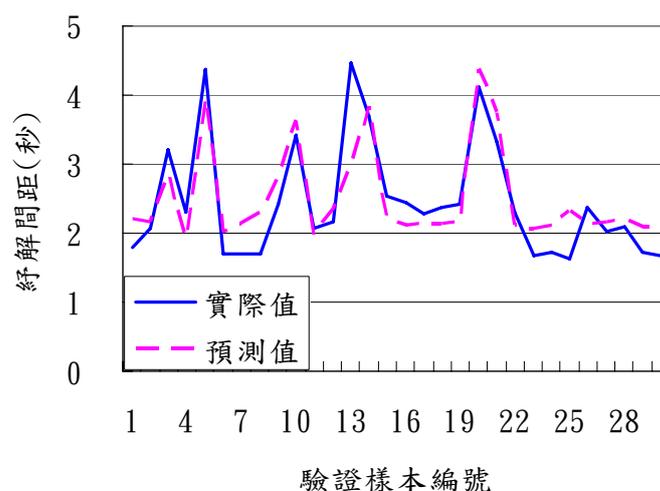


圖 5.7 單左轉無違規第 3 部後之微觀紓解模式驗證圖

表 5.47 單左轉無違規第 3 部後之微觀紓解模式之驗證資料

驗證樣本編號	停等間距 (m)	車種組合	實際值(秒)	預測值(秒)	絕對誤差 (秒)
1	2.73	小車-小車	1.80	2.20	0.40
2	2.52	小車-小車	2.07	2.17	0.10
3	1.55	小車-大車	3.20	2.87	0.33
4	0.78	小車-小車	2.30	1.93	0.37
5	5.89	大車-小車	4.37	3.95	0.42
6	1.45	小車-小車	1.70	2.02	0.32
7	2.29	小車-小車	1.70	2.14	0.44
8	3.39	小車-小車	1.70	2.30	0.60
9	1.38	小車-大車	2.43	2.84	0.41
10	3.62	大車-小車	3.43	3.63	0.20
11	1.18	小車-小車	2.07	1.99	0.08
12	3.76	小車-小車	2.17	2.35	0.18
13	2.31	小車-大車	4.47	2.97	1.50
14	5.08	大車-小車	3.70	3.84	0.14
15	2.75	小車-小車	2.53	2.21	0.32
16	2.16	小車-小車	2.45	2.12	0.33
17	2.21	小車-小車	2.27	2.13	0.14
18	2.29	小車-小車	2.37	2.14	0.23
19	2.37	小車-小車	2.43	2.15	0.28
20	1.78	大車-大車	4.12	4.38	0.26
21	4.38	大車-小車	3.33	3.74	0.41
22	2.04	小車-小車	2.30	2.11	0.19
23	1.70	小車-小車	1.67	2.06	0.39
24	2.13	小車-小車	1.73	2.12	0.39
25	3.53	小車-小車	1.63	2.32	0.69
26	2.20	小車-小車	2.37	2.13	0.24
27	2.45	小車-小車	2.03	2.16	0.13
28	2.73	小車-小車	2.10	2.20	0.10
29	1.86	小車-小車	1.72	2.08	0.36
30	1.70	小車-小車	1.67	2.06	0.39

### 5.3.3 雙左轉—內車道

#### a. 序列第 1 部微觀紓解模式之驗證

在 10 筆驗證樣本中，紓解間距之平均絕對誤差為 0.45 秒，有 70% 樣本紓解間距絕對誤差在 0.5 秒以下。本研究亦利用統計檢定方式，進一步來檢定紓解間距預測值與實際值之差異是否為顯著，加以證明本模式是否具代表性：

#### ● 紓解間距檢定

$$HD_i^* - HD_i = d_i, i = 1, 2, \dots, 10$$

$HD_i^*$ ：模式紓解間距預測值

$HD_i$ ：模式紓解間距實際值

$$H_0: \mu_d = 0$$

$$H_1: \mu_d \neq 0$$

表 5.48 雙左轉內車道序列第 1 部微觀紓解模式檢定表

		成對變數差異				t	自由度	顯著性(雙尾)	
		平均數	標準差	平均數的標準誤	差異的 95% 信賴區間				
					下界				上界
成對1	實際值-預測值	.1090	.5333	.1687	-.2725	.4905	.646	9	.534

由上表 5.48 檢定結果為  $t = 0.646$ ， $df = 9$ ， $p = 0.534 (p > 0.05)$ ，檢定結果顯示微觀紓解模式紓解間距之預測值與實際值並無顯著差異。車輛微觀紓解模式驗證(圖 5.8)與驗證樣本資料整理(表 5.49)。

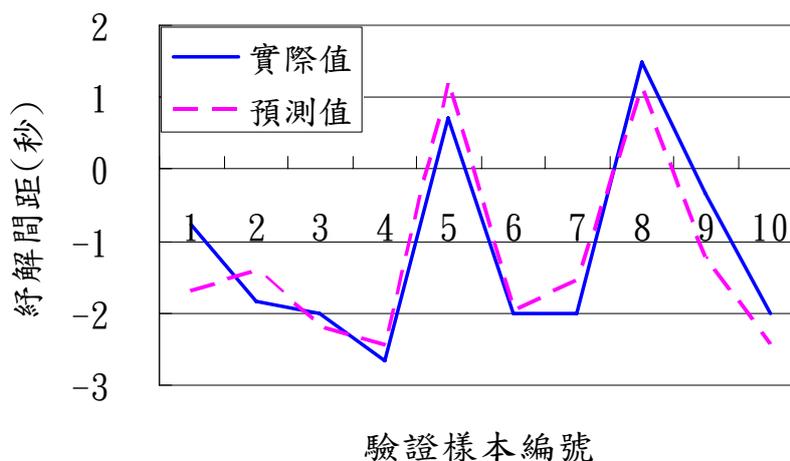


圖 5.8 雙左轉內車道序列第 1 部微觀紓解模式驗證圖

表 5.49 雙左轉內車道序列第 1 部微觀紓解模式之驗證資料

驗證樣本編號	是否搶燈	違規超越停止線距離(m)	實際值(秒)	預測值(秒)	絕對誤差(秒)
1	是	10.97	-0.77	-1.68	0.91
2	是	9.56	-1.83	-1.39	0.44
3	是	13.44	-2	-2.18	0.18
4	是	14.69	-2.67	-2.44	0.23
5	否	3.28	0.72	1.23	0.51
6	是	12.28	-2	-1.95	0.05
7	是	10.33	-2	-1.55	0.45
8	否	3.72	1.5	1.14	0.36
9	是	8.72	-0.33	-1.22	0.89
10	是	14.67	-2	-2.43	0.43

b. 序列第 2 部微觀紓解模式之驗證

在 10 筆驗證樣本中，紓解間距之平均絕對誤差為 0.35 秒，有 70% 樣本紓解間距絕對誤差在 0.5 秒以下。本研究亦利用統計檢定方式，進一步來檢定紓解間距預測值與實際值之差異是否為顯著，加以證明本模式是否具代表性：

● 紓解間距檢定

$$HD_i^* - HD_i = d_i, i = 1, 2, \dots, 10$$

$HD_i^*$ ：模式紓解間距預測值

$HD_i$ ：模式紓解間距實際值

$$H_0: \mu_d = 0$$

$$H_1: \mu_d \neq 0$$

表 5.50 雙左轉內車道序列第 2 部微觀紓解模式檢定表

		成對變數差異					t	自由度	顯著性(雙尾)
		平均數	標準差	平均數的標準誤	差異的 95% 信賴區間				
					下界	上界			
成對1	實際值 - 預測值	-2030	3786	.1197	-4738	6.783E-02	-1.696	9	.124

由上表 5.50 檢定結果為  $t = -1.696$ ， $df = 9$ ， $p = 0.124$  ( $p > 0.05$ )，檢定結果顯示微觀紓解模式紓解間距之預測值與實際值並無顯著差異。車輛微觀紓解模式驗證(圖 5.9)與驗證樣本資料整理(表 5.51)。

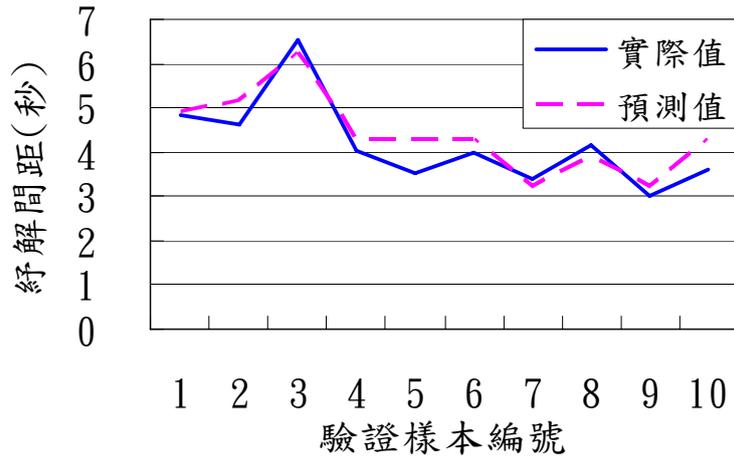


圖 5.9 雙左轉內車道序列第 2 部微觀紓解模式驗證圖

表 5.51 雙左轉內車道序列第 2 部微觀紓解模式之驗證資料

驗證樣本編號	是否搶燈	車種組合	實際值(秒)	預測值(秒)	絕對誤差(秒)
1	是	小車-大車	4.83	4.93	0.10
2	否	大車-小車	4.63	5.19	0.56
3	是	大車-小車	6.55	6.22	0.33
4	是	小車-小車	4.03	4.27	0.24
5	是	小車-小車	3.53	4.27	0.74
6	是	小車-小車	4.00	4.27	0.27
7	否	小車-小車	3.40	3.24	0.16
8	否	小車-大車	4.17	3.90	0.27
9	否	小車-小車	3.03	3.24	0.21
10	是	小車-小車	3.60	4.27	0.67

c. 序列第 3 部微觀紓解模式之驗證

在 10 筆驗證樣本中，紓解間距之平均絕對誤差為 0.32 秒，有 70% 樣本紓解間距絕對誤差在 0.5 秒以下。本研究亦利用統計檢定方式，進一步來檢定紓解間距預測值與實際值之差異是否為顯著，加以證明本模式是否具代表性：

● 紓解間距檢定

$$HD_i^* - HD_i = d_i, i = 1, 2, \dots, 10$$

$HD_i^*$ ：模式紓解間距預測值

$HD_i$ ：模式紓解間距實際值

$$H_0: \mu_d = 0$$

$$H_1: \mu_d \neq 0$$

表 5.52 雙左轉內車道序列第 3 部微觀紓解模式檢定表

		成對變數差異					t	自由度	顯著性(雙尾)
		平均數	標準差	平均數的標準誤	差異的 95% 信賴區間				
					下界	上界			
成對1	實際值 - 預測值	-1.094	.3708	.1173	-3.747	1.559	-0.933	9	.375

由上表 5.52 檢定結果為  $t = -0.933$ ， $df = 9$ ， $p = 0.375$  ( $p > 0.05$ )，檢定結果顯示微觀紓解模式紓解間距之預測值與實際值並無顯著差異。車輛微觀紓解模式驗證(圖 5.10)與驗證樣本資料整理(表 5.53)。

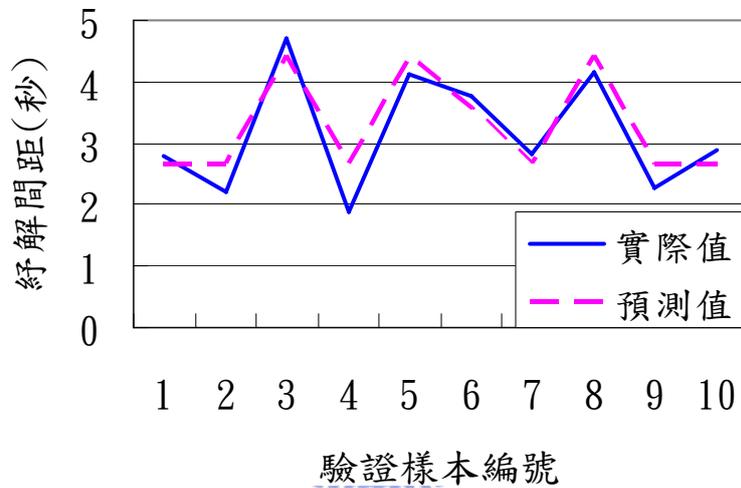


圖 5.10 雙左轉內車道序列第 3 部微觀紓解模式驗證圖

表 5.53 雙左轉內車道序列第 3 部微觀紓解模式之驗證資料

驗證樣本編號	車種組合	實際值(秒)	預測值(秒)	絕對誤差(秒)
1	小車-大車	4.83	4.93	0.10
2	大車-小車	4.63	5.19	0.56
3	大車-小車	6.55	6.22	0.33
4	小車-小車	4.03	4.27	0.24
5	小車-小車	3.53	4.27	0.74
6	小車-小車	4.00	4.27	0.27
7	小車-小車	3.40	3.24	0.16
8	小車-大車	4.17	3.90	0.27
9	小車-小車	3.03	3.24	0.21
10	小車-小車	3.60	4.27	0.67

d. 第 4 部後之微觀紓解模式之驗證

在 30 筆驗證樣本中，紓解間距之平均絕對誤差為 0.42 秒，有 67% 樣本紓解間距絕對誤差在 0.5 秒以下。本研究亦利用統計檢定方式，進一步來檢定紓解間距預測值與實際值之差異是否為顯著，加以證明本模式是否具代表性：

● 紓解間距檢定

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

$HD_i^*$ ：模式紓解間距預測值

$HD_i$ ：模式紓解間距實際值

$$H_0: \mu_d = 0$$

$$H_1: \mu_d \neq 0$$

表 5.54 雙左轉內車道第 4 部後之微觀紓解模式檢定表

		成對變數差異				t	自由度	顯著性(雙尾)
		平均數	標準差	平均數的標準誤	差異的 95% 信賴區間 下界 上界			
成對1	實際值 - 預測值	-3.667E-02	.5387	9.8335E-02	- .2378 .1645	-.373	29	.712

由上表 5.54 檢定結果為  $t = -0.373$ ， $df = 29$ ， $p = 0.712(p > 0.05)$ ，檢定結果顯示微觀紓解模式紓解間距之預測值與實際值並無顯著差異。車輛微觀紓解模式驗證（圖 5.11）與驗證樣本資料整理（表 5.55）。

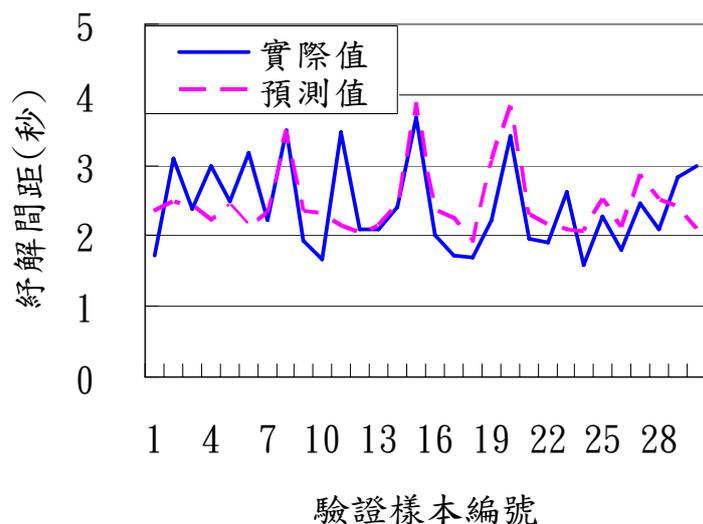


圖 5.11 雙左轉內車道第 4 部後之微觀紓解模式驗證圖

表 5.55 雙左轉內車道第 4 部後之微觀紓解模式之驗證資料

驗證樣本編號	停等間距 (m)	車種組合	實際值(秒)	預測值(秒)	絕對誤差 (秒)
1	2.68	小車-小車	1.73	2.36	0.63
2	3.19	小車-小車	3.10	2.49	0.61
3	3.00	小車-小車	2.37	2.44	0.07
4	2.13	小車-小車	3.00	2.21	0.79
5	3.00	小車-小車	2.48	2.44	0.04
6	1.76	小車-小車	3.17	2.12	1.05
7	2.52	小車-小車	2.23	2.32	0.09
8	1.00	大車-小車	3.50	3.50	0.00
9	2.63	小車-小車	1.93	2.35	0.42
10	2.59	小車-小車	1.67	2.33	0.66
11	1.85	小車-小車	3.47	2.14	1.33
12	1.41	小車-小車	2.10	2.03	0.07
13	1.81	小車-小車	2.10	2.13	0.03
14	3.07	小車-小車	2.40	2.46	0.06
15	2.53	大車-小車	3.67	3.89	0.22
16	2.63	小車-小車	2.00	2.35	0.35
17	2.24	小車-小車	1.73	2.25	0.52
18	0.88	小車-小車	1.70	1.89	0.19
19	2.02	小車-大車	2.23	3.06	0.83
20	2.29	大車-小車	3.40	3.83	0.43
21	2.49	小車-小車	1.97	2.31	0.34
22	1.85	小車-小車	1.90	2.14	0.24
23	1.61	小車-小車	2.63	2.08	0.55
24	1.51	小車-小車	1.60	2.06	0.46
25	3.32	小車-小車	2.27	2.52	0.25
26	1.79	小車-小車	1.80	2.13	0.33
27	1.18	小車-大車	2.47	2.85	0.38
28	3.25	小車-小車	2.10	2.50	0.40
29	2.82	小車-小車	2.83	2.39	0.44
30	1.60	小車-小車	3.00	2.08	0.92

### 5.3.4 雙左轉—外車道

#### a. 序列第 1 部微觀紓解模式之驗證

在 10 筆驗證樣本中，紓解間距之平均絕對誤差為 0.48 秒，有 60% 樣本紓解間距絕對誤差在 0.5 秒以下。本研究亦利用統計檢定方式，進一步來檢定紓解間距預測值與實際值之差異是否為顯著，加以證明本模式是否具代表性：

- 紓解間距檢定

$$HD_i^* - HD_i = d_i, i = 1, 2, \dots, 10$$

$HD_i^*$ ：模式紓解間距預測值

$HD_i$ ：模式紓解間距實際值

$$H_0 : \mu_d = 0$$

$$H_1 : \mu_d \neq 0$$

表 5.56 雙左轉外車道序列第 1 部微觀紓解模式檢定表

		成對變數差異					t	自由度	顯著性(雙尾)
		平均數	標準差	平均數的標準誤	差異的 95% 信賴區間				
					下界	上界			
成對1	VAR00001 - VAR00002	.2760	.4986	.1577	-8.068E-02	.6327	1.750	9	.114

由上表 5.56 檢定結果為  $t = 1.750$ ， $df = 9$ ， $p = 0.114$  ( $p > 0.05$ )，檢定結果顯示微觀紓解模式紓解間距之預測值與實際值並無顯著差異。車輛微觀紓解模式驗證 (圖 5.12) 與驗證樣本資料整理 (表 5.57)。

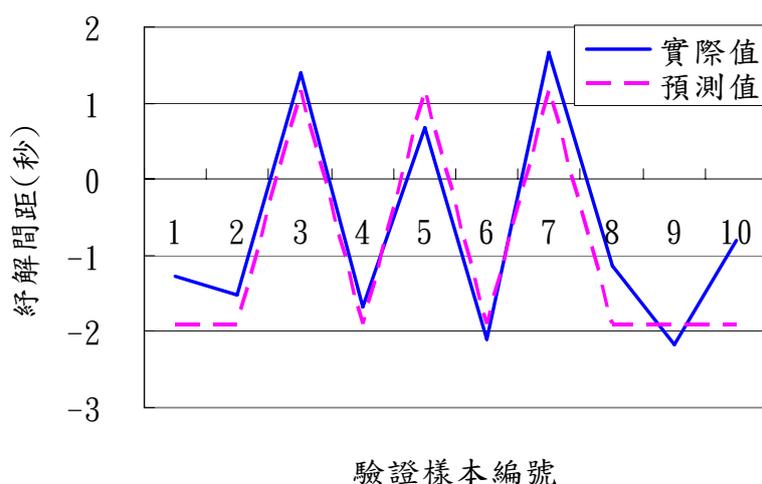


圖 5.12 雙左轉外車道序列第 1 部微觀紓解模式驗證圖

表 5.57 雙左轉外車道序列第 1 部微觀紓解模式之驗證資料

驗證樣本編號	是否搶燈	實際值(秒)	預測值(秒)	絕對誤差(秒)
1	是	-1.27	-1.89	0.62
2	是	-1.53	-1.89	0.36
3	否	1.40	1.18	0.22
4	是	-1.67	-1.89	0.22
5	否	0.67	1.18	0.51
6	是	-2.10	-1.89	0.21
7	否	1.67	1.18	0.49
8	是	-1.13	-1.89	0.76
9	是	-2.17	-1.89	0.28
10	是	-0.80	-1.89	1.09

b. 序列第 2 部微觀紓解模式之驗證

在 10 筆驗證樣本中，紓解間距之平均絕對誤差為 0.21 秒，有 90% 樣本紓解間距絕對誤差在 0.4 秒以下。本研究亦利用統計檢定方式，進一步來檢定紓解間距預測值與實際值之差異是否為顯著，加以證明本模式是否具代表性：

● 紓解間距檢定

$$HD_i^* - HD_i = d_i, i = 1, 2, \dots, 10$$

$HD_i^*$ ：模式紓解間距預測值

$HD_i$ ：模式紓解間距實際值

$$H_0 : \mu_d = 0$$

$$H_1 : \mu_d \neq 0$$

表 5.58 雙左轉外車道序列第 2 部微觀紓解模式檢定表

成對樣本檢定

成對1	實際值 - 預測值	成對變數差異				t	自由度	顯著性(雙尾)	
		平均數	標準差	平均數的標準誤	差異的 95% 信賴區間				
					下界				上界
		-8.200E-02	.2535	8.018E-02	-0.2634	9.937E-02	-1.023	9	.333

由上表 5.58 檢定結果為  $t = -1.023$ ， $df = 9$ ， $p = 0.333(p > 0.05)$ ，檢定結果顯示微觀紓解模式紓解間距之預測值與實際值並無顯著差異。車輛微觀紓解模式驗證(圖 5.13)與驗證樣本資料整理(表 5.59)。

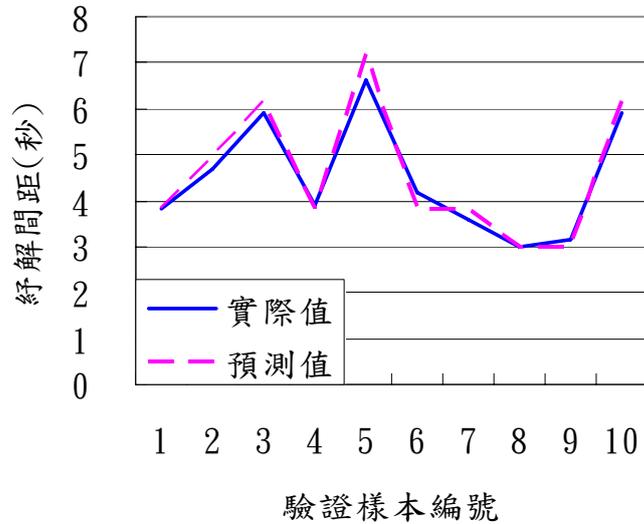


圖 5.13 雙左轉外車道序列第 2 部微觀紓解模式驗證圖

表 5.59 雙左轉外車道序列第 2 部微觀紓解模式之驗證資料

驗證樣本編號	是否搶燈	車種組合	實際值(秒)	預測值(秒)	絕對誤差(秒)
1	是	小車-小車	3.83	3.82	0.01
2	是	小車-大車	4.67	4.92	0.25
3	是	大車-小車	5.93	6.14	0.21
4	是	小車-小車	3.90	3.82	0.08
5	是	大車-大車	6.63	7.16	0.53
6	是	小車-小車	4.17	3.82	0.35
7	是	小車-小車	3.60	3.82	0.22
8	否	小車-小車	2.98	2.99	0.00
9	否	小車-小車	3.17	2.99	0.19
10	是	大車-小車	5.92	6.14	0.22

c. 第 3 部後之微觀紓解模式之驗證

在 30 筆驗證樣本中，紓解間距之平均絕對誤差為 0.38 秒，有 77% 樣本紓解間距絕對誤差在 0.5 秒以下。本研究亦利用統計檢定方式，進一步來檢定紓解間距預測值與實際值之差異是否為顯著，加以證明本模式是否具代表性：

● 紓解間距檢定

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

$HD_i^*$ ：模式紓解間距預測值

$HD_i$ : 模式紓解間距實際值

$$H_0: \mu_d = 0$$

$$H_1: \mu_d \neq 0$$

表 5.60 雙左轉外車道第 3 部後之微觀紓解模式檢定表

		成對變數差異					t	自由度	顯著性(雙尾)
		平均數	標準差	平均數的標準誤	差異的 95% 信賴區間				
					下界	上界			
成對1	實際值 - 預測值	-5.600E-02	.4466	8.154E-02	-2.228	.1108	-0.687	29	.498

由上表 5.60 檢定結果為  $t = -0.687$ ， $df = 29$ ， $p = 0.498$  ( $p > 0.05$ )，檢定結果顯示微觀紓解模式紓解間距之預測值與實際值並無顯著差異。車輛微觀紓解模式驗證 (圖 5.14) 與驗證樣本資料整理 (表 5.61)。

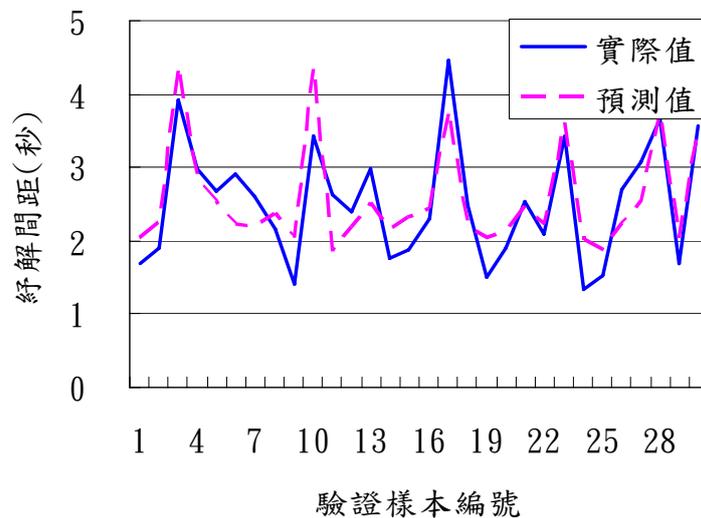


圖 5.14 雙左轉外車道第 3 部後之微觀紓解模式驗證圖

表 5.61 雙左轉外車道第 3 部後之微觀紓解模式之驗證資料

驗證樣本編號	停等間距 (m)	車種組合	實際值(秒)	預測值(秒)	絕對誤差 (秒)
1	1.76	小車-小車	1.70	2.04	0.34
2	2.71	小車-小車	1.90	2.26	0.36
3	1.84	大車-大車	3.93	4.39	0.46
4	3.24	小車-大車	2.97	2.84	0.13
5	3.94	小車-小車	2.67	2.54	0.13
6	2.63	小車-小車	2.90	2.24	0.66
7	2.44	小車-小車	2.60	2.20	0.40
8	1.22	小車-大車	2.17	2.37	0.20
9	1.75	小車-小車	1.40	2.04	0.64
10	1.74	大車-大車	3.43	4.37	0.94
11	1.00	小車-小車	2.64	1.87	0.77
12	2.39	小車-小車	2.40	2.19	0.21
13	3.80	小車-小車	2.97	2.51	0.46
14	2.25	小車-小車	1.77	2.15	0.38
15	3.01	小車-小車	1.87	2.33	0.46
16	1.55	小車-大車	2.30	2.45	0.15
17	3.12	大車-小車	4.47	3.78	0.69
18	2.44	小車-小車	2.50	2.20	0.30
19	1.80	小車-小車	1.50	2.05	0.55
20	2.20	小車-小車	1.90	2.14	0.24
21	3.61	小車-小車	2.53	2.47	0.06
22	0.61	小車-大車	2.10	2.23	0.13
23	2.39	大車-小車	3.43	3.61	0.18
24	1.69	小車-小車	1.33	2.03	0.70
25	1.06	小車-小車	1.53	1.88	0.35
26	2.59	小車-小車	2.70	2.23	0.47
27	1.88	小車-大車	3.07	2.53	0.54
28	3.13	大車-小車	3.67	3.78	0.11
29	1.76	小車-小車	1.70	2.04	0.34
30	2.09	大車-小車	3.57	3.54	0.03

表 5.62 各車道情境左轉車微觀紓解模式整理

單左轉 違規	平均絕 對誤差	t	顯著性	雙左轉 內車道	平均絕 對誤差	t	顯著性
1	0.48	-1.018	.335	1	0.45	0.646	.534
2	0.46	0.958	.363	2	0.35	-1.696	.124
3	0.3	-1.887	.092	3	0.32	-0.933	.375
4 部後	0.26	0.828	.415	4 部後	0.42	-3.73	.712
單左轉 無違規	平均絕 對誤差	t	顯著性	雙左轉 外車道	平均絕 對誤差	t	顯著性
1	0.34	-1.119	.292	1	0.48	1.750	.114
2	0.26	-1.330	.216	2	0.21	-1.023	.333
3 部後	0.35	-0.622	.539	3 部後	0.41	-0.687	.498

本研究以單左轉與雙左轉專用車道之不同對象情境，建立其序別左轉車微觀紓解模式，並經由上述之統計檢定驗證其模式確具代表性，以下再針對所構建之左轉車微觀紓解模式進行綜合之特性討論。

#### 5.4 各車道情境左轉車微觀紓解模式特性比較分析

##### 5.4.1 未穩定序別車輛紓解模式特性比較分析

###### (1) 序別第 1 部車輛特性

- a. 在單左轉（有違規搶先進入路口待轉）與雙左轉（內外車道）之序別第 1 部車微觀紓解模式，因皆為有違規搶先進入路口待轉之停等車隊，其基準線係以違規第 1 部車之車頭正下方，而車輛紓解時間即為左轉綠燈始亮至該車開始移動之時間差，亦僅取決於第 1 部左轉車何時起動之時間點，故導致模式無法顯現出大小車種上之差異。另外，模式解釋其搶燈行為係數為負值，因此，車輛具搶燈行為會致使車輛紓解間距產生負延滯，推論左轉車之駕駛者可能除以號誌時相來判斷進行紓解行為，尚依對向直行車之相對位置、速率感觀相互作用之後為判別，即使當左轉專用號誌未始亮，其左轉車輛駕駛者以主觀認定方式，認為已可安全進行左轉紓解行為，致使產生搶燈起動之負延滯現象。
- b. 在單左轉（無違規搶先進入路口待轉）之序別第 1 部車微觀紓解模式，係以路口停止線基準線，可以反應出駕駛人距基準線之不同停等間距，而車輛紓解時間即為左轉綠燈始亮至該車車頭通過基準線之時間差，故模式可顯現出大小車種與距停止線距離之差異性影響。另外，模式解釋其搶燈行為係數為負值，因此，車輛具搶燈行為可能致使車輛紓解間距產生負延滯。此外，距停止線距離之係數為正值，故車輛停等距停止線越遠，其紓解間距越長，而在大小車種方面之影響，大車會較小車之紓解間距大。

- c. 在單左轉（有違規搶先進入路口待轉）與雙左轉內車道之情境，其第 1 部左轉車微觀紓解模式，會隨超越停止線搶先進入路口待轉之違規距離越長，發生搶燈行為之特性越明顯，推論其原因，搶先進入路口待轉違規距離越長之駕駛人，其駕駛行為或心理可能是較具冒險性或急躁性，故越容易傾向於較容易搶燈之行為。
- d. 試比較雙左轉內車道與外車道第 1 部左轉車微觀紓解模式，經分析後發現雙左轉外車道第 1 部車之違規超越停止線距離，對其紓解間距之影響並無顯著關係，即是說外車道第 1 部車之駕駛者，不因違規超越停止線距離越遠，致使搶先起動行為較為明顯，推論可能係因外車道之停等車輛，必須跨越內車道來進行左轉彎，故外車道之左轉車輛駕駛人會受到內車道左轉車輛之干擾影響，故導致外車道之違規超越停止線距離對與紓解間距無顯著關係。

## (2) 序別第 2、3 部車輛特性

- a. 在序別第 2 部車之搶燈行為對紓解間距之影響，其結果發現 4 種不同車道情境所建立的序別第 2 部車微觀紓解模式中，車輛紓解間距皆受前方序別第 1 部車輛是否具搶燈行為之影響，且紓解間距與搶燈行為為正相關，即當第 2 部車之駕駛者停等於第 1 部車後方時，亦由左轉號誌來判定準備起動進行紓解行為，此時，當左轉號誌時相未始亮時，車隊中第 1 部車若具搶燈行為提前起動，可能會使第 2 部車之駕駛者產生遲鈍或猶豫是否立即跟隨，致使第 2 部車之紓解間距增加。
- b. 在車種組合對紓解間距之影響，其 4 種車種組合型態對紓解間距影響，最快為小車-小車，次之為小車-大車，再次之大車-小車，最慢為大車-大車，綜合推論得知若前車車種同為小車或大車時，因大車之紓解相較於小車慢，致使後車之紓解間距大車會較慢於小車，而若比較前車車種為小車與大車時，因大車之紓解相較於小車慢且大車之車身較小車長，故會導致前車車種為大車時之後車紓解間距會較前車為小車時大。
- c. 在車流紓解未穩定時，除單左轉（無違規搶先進入路口待轉）序別第 2 部之紓解間距與車輛停等間距有其影響關係外，另外 3 種有違規搶先進入路口待轉情境，其車輛紓解間距與車停等間距並無明顯之關係。此外，在第 4.3 節亦有探討有搶先與無搶先進入路口待轉之序別第 1 部車輛紓解特性，其可得知有搶先進入路口待轉之車隊第 1 部車輛，其搶燈行為較無搶先進入路口待轉之車隊第 1 部車輛明顯，而搶燈行為會影響其後方之車輛紓解行為特性，因此，推論有違規搶先進入路口待轉情境之後方紓解未穩定車輛，可能易受搶燈行為影響，以導致紓解間距與停等間距無顯著關係。

## 5.4.2 趨於穩定序別車輛紓解模式特性比較分析

- a. 在 4 種不同車道情境所建立趨於穩定之車輛微觀紓解模式中，其結果發現紓解間距會受到車輛間之停等車間距與不同車種組合影響，紓解間距與停等間距呈現正相關之關係，即當車輛與前車之停等間距愈大，其所需之紓解間距則愈長。
- b. 在車種組合影響方面，其特性與上述相同，但不同車種組合對紓解間距影響差異性與未穩定情境比較，則有縮小之趨勢，推論停等車隊較後方序位之車輛，可能因距離基準線之距離較遠，故其車輛通過基準線時之速度較停等車隊前方之未穩定車輛快，故使得不同車種組合之差異性縮小。

表 5.63 各車道情境左轉車微觀紓解模式整理

情境 車輛 順序	單左轉—有違規搶先進入路口待轉（第 4 部車後趨於穩定）
1	$\widehat{HD} = 2.888 - 2.387G - 0.1429TR \quad (R_{adj}^2 = 0.817)$
2	$\widehat{HD} = 4.394 + 0.874G - 0.910SS + 1.425HS \quad (R_{adj}^2 = 0.73)$
3	$\widehat{HD} = 3.176 - 0.777SS + 0.801HS \quad (R_{adj}^2 = 0.632)$
4 後	$\widehat{HD} = 2.277 + 0.2523IR - 0.799SS + 0.756HS$
情境 車輛 順序	單左轉—無違規搶先進入路口待轉（第 3 部車後趨於穩定）
1	$\widehat{HD} = 2.514 - 3.116G + 0.9247SR - 2.402S \quad (R_{adj}^2 = 0.956)$
2	$\widehat{HD} = 3.790 + 0.688G + 0.2662IR - 1.163SS + 0.875HS \quad (R_{adj}^2 = 0.870)$
3 後	$\widehat{HD} = 4.128 + 0.1401IR - 2.307SS - 1.001HS - 1.479SH$
情境 車輛 順序	雙左轉—內車道（第 4 部車後趨於穩定）
1	$\widehat{HD} = 1.893 - 1.340G - 0.2035TR \quad (R_{adj}^2 = 0.766)$
2	$\widehat{HD} = 3.900 + 1.033G - 0.664SS + 1.287HS \quad (R_{adj}^2 = 0.762)$
3	$\widehat{HD} = 3.572 - 0.910SS + 0.828HS \quad (R_{adj}^2 = 0.693)$
4 後	$\widehat{HD} = 2.543 + 0.2581IR - 0.877SS + 0.697HS$
情境 車輛 順序	雙左轉—外車道（第 3 部車後趨於穩定）
1	$\widehat{HD} = 1.178 - 3.062G \quad (R_{adj}^2 = 0.610)$
2	$\widehat{HD} = 6.372 + 0.831G - 3.342SS - 1.019HS - 2.236SH \quad (R_{adj}^2 = 0.833)$
3 後	$\widehat{HD} = 3.965 + 0.2312IR - 2.331SS - 0.911HS - 1.873SH$

註：

HD：紓解間距（秒）

G：搶燈行為（0：無搶燈；1：有搶燈）

S：（1：小車；0：大車）

TR：違規超越停止線距離（公尺）

SR：距停止線之停等距離（公尺）

IR：停等車間距（公尺）

SS：（1：表示該車為小車，前車為小車；0：其他）

HS：（1：表示該車為小車，前車為大車；0：其他）

SH：（1：表示該車為大車，前車為小車；0：其他）



## 第六章 結論與建議

本研究為分析號誌化平面交叉路口序別無衝突左轉車微觀紓解行為特性，並構建左轉車流紓解未穩定與趨於穩定之車輛微觀紓解模式，以作為微觀車流動態模擬模式與交通動態預測系統開發等之參考依據，所得結論與建議如下：

### 6.1 結論

1. 由車輛平均紓解間距圖，可得知其車輛平均紓解間距，隨車輛停等位置呈現逐漸下降且漸呈趨於穩定，該特性與過去文獻中之結論相符合；此外，過去文獻中，第 1 部停等車之紓解間距為最大，但本研究中第 1 部停等車輛之紓解間距並非最大之情形(無論有無違規搶先進入路口待轉)，較不同過去文獻之結論，推論左轉停等車隊之第 1 部左轉停等車駕駛者，可能除以號誌時相來判斷進行紓解行為，尚依對向直行車之相對位置、速率感觀相互作用之後為判別，即使當左轉專用號誌未始亮，其左轉車輛駕駛者以主觀認定方式，認為已可安全進行左轉紓解行為，致使產生搶燈起動之負延滯現象。
2. 討論有違規搶先進入路口待轉車隊之第 1 部車輛，是否相較於無違規搶先進入路口待轉車隊之第 1 部車輛，有其較明顯搶燈先行起動之特性，經比較有搶先與無搶先進入路口待轉車隊之第 1 部車其平均紓解間距，結果發現兩者有其顯著差異，可得知有搶先進入路口待轉之車隊第 1 部車輛，其搶燈行為較無搶先進入路口待轉之車隊第 1 部車輛明顯。
3. 在序別第 2 部車之搶燈行為對紓解間距之影響，其結果發現 4 種不同車道情境所建立的序別第 2 部車微觀紓解模式中，車輛紓解間距皆受前方序別第 1 部車輛是否具搶燈行為之影響，且紓解間距與搶燈行為為正相關，即車隊中第 1 部車若具搶燈行為提前起動，可能會使第 2 部車之駕駛者產生遲鈍或猶豫是否立即跟隨，致使第 2 部車之紓解間距增加。
4. 本研究所調查雙左轉車道中，外車道紓解間距與紓解間距變異數皆大於內車道之原因，應是受外車道之大車數量明顯大於內車道之影響所致，亦可間接說明大小車種對於紓解間距確實有其影響。
5. 在 4 種不同車道情境之車輛紓解趨於穩定位置探討上，在單左轉車道方面，有違規搶先進入路口待轉之車隊會在第 4 部車輛位置即趨於穩定紓解，而無違規搶先進入路口待轉之車隊會在第 3 部車輛位置即趨於穩定紓解。另外，在雙左轉內外車道方面，內車道車隊會在第 4 部車輛位置即趨於穩定紓解，而外車道之車隊會在第 3 部車輛位置即趨於穩定紓解。
6. 在比較 4 種不同型態車種組合之紓解間距，其檢定結果顯示是具有其差異性，續以 Scheefe 法來進行多重比較，其結果發現小車-小車之平均紓解間距顯著

低於大車-小車、小車-大車與大車-大車；大車-小車之平均紓解間距顯著高於小車-大車，而低於大車-大車；即紓解間距最大為大車-大車，次之為大車-小車，再次之為小車-大車，最小為小車-小車。

7. 另外，再比較 4 種車種組合型態之停等間距，其檢定結果顯示是具有其差異性，續以 Scheefe 法來進行多重比較，其結果發現小車-小車之平均停等車間距顯著低於大車-小車而高於小車-大車；小車-大車與大車-大車之平均停等車間距較無顯著差異。另外，前後車之停等間距與車輛紓解間距間，係存有一正相關之關係，即隨著與前車之停等間距增加，其該車之車輛紓解間距亦會增加。
8. 比較雙左轉內車道與外車道第 1 部左轉車微觀紓解模式，經分析後發現雙左轉外車道第 1 部車之違規超越停止線距離，對其紓解間距之影響並無顯著關係，即是說外車道第 1 部車之駕駛者，不因違規超越停止線距離越遠，致使搶先起動行為較為明顯，推論可能係因外車道之停等車輛，必須跨越內車道來進行左轉彎，故外車道之左轉車輛駕駛人會受到內車道左轉車輛之干擾影響，故導致外車道之違規超越停止線距離對與紓解間距無顯著關係。
9. 在車流紓解未穩定時，除單左轉（無違規搶先進入路口待轉）序列第 2 部之紓解間距與車輛停等間距有其影響關係外，另外 3 種有違規搶先進入路口待轉情境，其車輛紓解間距與車停等間距並無明顯之關係。搶燈行為會影響其後方之車輛紓解行為特性，再因有搶先進入路口待轉之車隊第 1 部車輛，其搶燈行為較無搶先進入路口待轉之車隊第 1 部車輛明顯，因此，推論有違規搶先進入路口待轉情境之後方紓解未穩定車輛，易受搶燈行為影響，以導致紓解間距與停等間距無顯著之關係。
10. 在 4 種不同車道情境所建立趨於穩定之車輛微觀紓解模式中，其結果發現紓解間距會受到車輛間之停等車間距與不同車種組合影響，紓解間距與停等間距呈現正相關之關係，即當車輛與前車之停等間距愈大，其所需之紓解間距則愈長。另外，在車種組合影響方面，其特性與上述相同，但不同車種組合對紓解間距影響差異性與未穩定情境比較，則有縮小之趨勢，推論停等車隊較後方序位之車輛，可能因距離基準線之距離較遠，其車輛通過基準線時之速度較停等車隊前方之未穩定車輛快，故使得不同車種組合之差異性縮小。
11. 本研究所構建之 4 種不同車道情境之無衝突左轉車微觀紓解模式，在顯著水準為 0.05 下，經由統計檢定結果，其顯示模式之對於無衝突序列左轉車紓解間距之實際值與預測值並無顯著之差異性。

## 6.2 建議

1. 本研究除受限於人力、時間，另受到借用一般民用建築物高點拍攝車流資料被允許上之困難等因素關係，對不同無衝突左轉車流路口型態所蒐集之樣本

數較少，建議未來可再增加無衝突左轉車流資料樣本數，並針對不同地點與不同幾何型態路口之左轉專用車道進行比較分析，以驗證本車流模式之代表性與實用性。

2. 本研究所蒐集之各車道情境資料樣本數皆為 30 個有效週期車隊，在車輛紓解未穩定部分，其序位車輛之樣本資料皆有達 30 筆資料，但在趨於穩定部分之較後方序位車輛(第 9 部後)，則樣本數有隨序位車輛位置增加而遞減之情形，故建議後續相關研究，於樣本數蒐集調查時，可視研究所將探討之最後序位車輛位置之樣本數，作為蒐集調查總有效樣本車隊數之基礎。
3. 本研究對無衝突左轉車流進行攝影調查後，再以人工方式將影片轉為圖檔，取得左轉車流紓解之序別車輛紓解間距、大小車種、大小車種組合型態、距基準線之距離、判別搶燈行為與車種組合間之停等車間距等相關因素，用以分析序別左轉車紓解特性，其過程相當耗時，故建議後續之研究可應用車流影像辨識之技術，將錄影資料直接轉換為研究所需之資訊，減少處理車流影像樣本資料蒐集時之時間，以增加樣本蒐集時之效率。
4. 在搶燈行為因素方面，本研究發現序別第 1 部車輛之搶燈行為，會影響後方跟隨車輛之紓解特性並致使其紓解間距增加，但其搶燈行為之嚴重程度對後方跟隨車輛之駕駛者感認等因素無法得知，故建議未來研究可利用實驗設計之實車測試方法進行相關資料之蒐集，使車流資料能夠更趨於完整。
5. 本研究於序別左轉車微觀車流紓解模式採逐步迴歸與廣義估計方程式來構建，建議未來可針對模式本身再考量不同之變數，如：車輛速度變化或跟車行為等，對紓解模式本身進行改良，或嘗試其他不同之研究方法構建左轉車流紓解模式，以提升預測率並可作方法適用性上之比較。

## 參考文獻

1. 王慶瑞,「飽和流量與浩至交叉路口容量之研究」,運輸計畫季刊,第十一卷第二期,第147-176頁,民國71年6月。
2. 王郁凱,「機車專用車道車流模式建立之研究」,國立交通大學運輸科技與管理學系碩士論文,民國95年6月。
3. 交通部運輸研究所,「2001年台灣地區公路容量手冊」,民國90年3月。
4. 交通部運輸研究所,「市區號誌化路口容量分析手冊」,民國87年1月。
5. 朱松偉,「左轉車道飽和流率之推估分析」,國立台灣大學土木工程所博士論文,民國83年。
6. 李承德,「公車停靠對號誌化路口容量之影響」,國立交通大學交通運輸研究所碩士論文,民國87年。
7. 沈彥宏,「郊區公路快車道微觀車流模式建立與實證分析」,國立交通大學運輸科技與管理學系碩士論文,民國95年6月。
8. 邱浩政,「量化研究與統計分析」,五南圖書出版公司,民國95年3月二版。
9. 吳明隆,「SPSS 統計應用實務」,松崗電腦圖書資料股份有限公司,民國91年1月。
10. 孫信泰,「號誌化路口衝突左轉車流容量之研究與 UTSS 模式之應用」,碩士論文,國立交通大學交通運輸研究所,民國87年。
11. 許添本,「號誌化交叉口容量分析及應用之研究—臨界流動方法之發展」,碩士論文,國立台灣大學土木工程所,民國69年。
12. 黃登源,「統計調查規劃設計及分析訓練進階班教材—統計調查分析方法」,行政院主計處,民國85年12月。
13. 張維翰,「郊區路段微觀混合車流特性研析與模式建立」,國立交通大學運輸科技與管理學系碩士論文,民國95年6月。
14. 張學孔,「混合車流狀況下右轉流動特性及容量之研究」,國立台灣大學土木工程所碩士論文,民國71年。
15. 張瓊文、曾平毅、林豐博,「停等車疏解特性與號誌時制設計之關係」,中華民國運輸學會第二十一屆論文研討會,民國95年12月。
16. 張瓊文、鄭嘉盈、陳文斌、曾平毅,「衝突左轉停等車紓解行為之初探」,交通學報第五卷第一期,第33-52頁,民國94年10月。
17. 陳建旭,「交叉路間距對幹道車流紓解影響之研究」,國立交通大學交通運輸研究所碩士論文,民國87年。
18. 曾平毅、張瓊文、陳文斌,「無衝突左轉停等車之紓解特性」,運輸計畫季刊,第三十五卷第二期,第233-260頁,民國95年6月。
19. 賀力行、林淑萍、蔡明春,「統計學觀念、方法、應用」,前程企業管理有限公司,民國94年7月三版。
20. 詹維敏,「雙相跟車行為模式之研究」,淡江大學運輸科學研究所碩士論文,

民國八十九年。

21. 劉力銘,「機車在號誌路口混合車流中之紓解特性研究」,國立交通大學交通運輸研究所碩士論文,民國 93 年。
22. 蔣靜宜,「機車專用道飽和流率探討與模擬參數校估之應用」,國立台灣大學土木工程所碩士論文,民國 91 年。
23. 鄭鼎煜,「交叉路口大小車組合車隊紓解模式之研究」,淡江大學運輸管理學系碩士論文,民國 94 年 6 月。
24. 蔡輝昇、羅彬榮,「國內交叉路口車隊紓解時間與車隊間距之特性分析」,運輸計劃季刊第十五卷第四期,第 545-561 頁,民國 75 年 12 月。
25. 顏上堯,「混合車流狀況下市區號誌交叉口車流運轉特性及容量參數之研究」,國立台灣大學土木工程所碩士論文,民國 75 年。
26. 蘇錦江,「混合車流狀況下平面交叉路口交通狀況模擬模式之建立及其應用」,國立台灣大學土木工程所碩士論文,民國 64 年。
27. Akcelik R., "Traffic Signals : Capacity and Timing Analysis", ARR, No.123, 1981.
28. Bonneson, J.A., "Modeling queued driver behavior at signalized junctions", Trans. Res. Record 1365, pp.99-107, 1992.
29. Branston D. and H. V. Zuylen, "The Estimation of Saturation Flow , Effective Green Time and Passenger Car Equivalents at Traffic Signals by Multiple Linear Regression", Transportation Research ,Vol.12, pp.47-53, 1987.
30. Briggs, T., "Time headways on crossing the stop line after queuing at traffic light", Traffic Eng. Control 18, pp.264-265, 1977.
31. Bruce W. Robinson, Zongzhong Tian, Wayne Kittelson, Mark Vandehey, Michael Kyte, Werner Brilon, Ning Wu, Rod Troutbeck, "Extensions of theoretical capacity models to account for special conditions", Transportation Research Part A 33, pp.217-236, 1999.
32. Capelle D., C. Pinnell, "Capacity Study of Signalized Diamond Interchanges", HRB, Bulletin 291, pp.1-25, 1961.
33. Carstens, R.L., "Some traffic parameters at signalized intersection", Traffic Eng.41(11), p33-36, 1971.
34. Greenshields, B.D., Schapiro, D., Ericksen, E.L., "Traffic performance at urban intersections. Eno foundation for Highway Traffic Control", 1947.
35. H.Y. Tong and W.T. Hung, "Neural network modeling of vehicle discharge headway at signalized intersection : model descriptions and results", Trans. Research Part A 36, pp.17-40, 2002.
36. Lee, J., Chen, R.L., "Entering headway at signalized intersections in a small metropolitan area", Transportation Research Record 1091, pp.117-126, 1986.
37. Lu, Y. J., "A study of left-turning maneuver time for signalized intersections",

- ITE J. 54 (10), pp.42-47, 1984.
38. Moussavi, M., Tarawneh, M., “Variability of departure headways at signalized intersections”, Compendium of Technical Papers, Annual Meeting-ITE, pp.313-317, 1990.
  39. Parker, M.T., “The effect of heavy goods vehicles and following behavior on capacity at motorway roadwork sites”, Traffic Eng. Control 37, P.524-531, 1996.
  40. Pline J., “TRAFFIC ENGINEERING HANDBOOK Fourth Edition”, Institute of Transportation Engineers, 1992.
  41. Ray J., “Two Lane Left Turns Studied at Signalized Intersections”, Traffic Eng., 1965.
  42. Special Report 87 : Highway Capacity Manual, TRB, National Research Council, 1965.
  43. Stokes R., C.J. Messer and V.G. Stover, “Saturation Flows of Exclusive Double Left-Turn Lanes”, TRR1091, pp.86-95, 1986.
  44. Transportation Research Board, Special Report 209 : ”Highway Capacity Manual”, National Research Council, 1985.



## 簡 歷



姓 名：吳政諺

籍 貫：台南縣

出生日期：72 年 5 月 1 日

電子郵件：[youthday.tem94g@nctu.edu.tw](mailto:youthday.tem94g@nctu.edu.tw)

學 歷：

民國 96 年 6 月 國立交通大學運輸科技與管理學系碩士班畢業

民國 94 年 6 月 逢甲大學交通工程與管理學系畢業

民國 90 年 6 月 興國高級中學（高中部）畢業

民國 87 年 6 月 興國高級中學（國中部）畢業

民國 84 年 6 月 台南縣後壁國民小學畢業

獲 獎：

行政院國家科學委員會一九九十三年度國科會大專學生參與專題  
研究計畫研究創作獎



## PUBLICATION LIST

### A. 研討會論文

1. 劉霈、吳政諺、劉昭廷，「隔音牆對其隔減音效能影響之評估研究」，中華民國運輸學會第十九屆論文研討會論文集，民國 93 年 11 月。
2. 劉霈、吳政諺、陳姿穎，「高速公路隔音牆瑕疵對隔減音效能之影響分析」，中華民國運輸學會第二十屆論文研討會論文集，民國 94 年 11 月。
3. 吳水威、王郁凱、吳政諺、林志榮，「駕駛者對號誌化平面交叉路口對向直行左轉車輛行車路權感認分析」，94 年道路交通安全與執法研討會論文集，民國 94 年 9 月。
4. 吳水威、吳政諺、林志榮、曾雅蘭，「國內危險物品運送調和系統之研究」，第十四屆海峽兩岸都市交通學術研討會論文集，民國 95 年 11 月。

### B. 計畫案研究

1. 劉霈（計畫主持人）、吳政諺，「高速公路隔音牆瑕疵對隔減音效能之影響分析」，93 年度國科會大專學生參與專題研究計畫，民國 94 年 2 月。
2. 吳水威（計畫主持人）、黃金城、吳政諺等，「93 年度交通部鼓勵國內大專院校設置車輛行車事故鑑定研究中心計畫—車輛油漆刮痕走向與特性分析（二）」，交通大學行車事故鑑定研究中心，民國 94 年 7 月。
3. 吳水威（計畫主持人）、黃金城、吳政諺等，「94 年度交通部鼓勵國內大專院校設置車輛行車事故鑑定研究中心計畫—車輛油漆刮痕走向與特性分析（三）」，交通大學行車事故鑑定研究中心，民國 95 年 6 月。