

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫 成果報告
 期中進度報告

(計畫名稱)

號誌化平面交叉路口序別車輛微觀紓解模式之研究

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫
計畫編號：NSC 96-2221-E-009-121-
執行期間：96年8月1日至97年7月31日

計畫主持人：吳水威
共同主持人：
計畫參與人員：吳政諺、許銘娟、曾雅蘭、李協政、陳珮瑜

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：
 赴國外出差或研習心得報告一份
 赴大陸地區出差或研習心得報告一份
 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、
列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢
 涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開查詢

執行單位：國立交通大學運輸科技與管理學系
中華民國九十七年七月三十一日

A Study on Ordered Vehicles Microscopic Discharging Models at the Signalized Intersection

吳水威 Shoei-Uei Wu¹ 吳政諺²許銘娟²曾雅蘭³李協政²陳珮瑜²

摘要

號誌化交叉路口車輛紓解特性對交叉路口的容量評估影響至鉅，而紓解率的應用常換算成飽和流率，進而推算出理論容量值。過去多數交叉路口車輛紓解行為之研究，多探討穩定車流下純小客車之紓解率，或以小客車當量數轉換大車的紓解情形，較少以微觀的方式來探討車流紓解趨於穩定前後之序別車輛的不同車種紓解特性，此乃一值得研究之課題，而本研究中「序別」係指當號誌為紅燈期間，依停止線由前往後之個別停等車輛所排序之相對停等位置的順序關係。故本研究針對號誌化交叉路口之直行車流、無衝突右轉車流、無衝突左轉車流等進行調查，分析號誌化路口車流在紓解未達穩定與趨於穩定後之紓解特性，並將每車隊中前後兩輛車之車種分類樣本，探討前後兩車不同車種組合間紓解間距之差異性，再以微觀角度構建序別車輛微觀紓解模式。此外，經由觀察發現在號誌紅燈轉換綠燈前，車輛會有搶先起動之行為，本研究亦將考量此行為特性進行探討。而本研究所得之結果，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：序別直行車、序別無衝突左轉車、序別無衝突右轉車、微觀紓解模式、號誌化路口

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. Few studies about discharging behavior at the intersection are in the method of Microscopic and considered the queuing vehicles opposable position to analyze ordered vehicles queuing discharging behavior. It's worth studying. This study aims at the characteristics of the unopposed left turns, the unopposed right turns ,and straight vehicles. 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 phase begins, the first vehicle often enters the intersection results of parts of 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 Straight Vehicles, Ordered Unopposed Left-Turn Vehicles, Ordered Unopposed Right-Turn Vehicles, Microscopic Discharging Model, Signalized Intersection

一、前言

號誌化交叉路口向為都市地區道路系統之主要交通瓶頸，是車輛衝突與延滯最常發生的地點，一般常會藉由號誌系統來管制車輛的行進、停止與轉向，以維持道路上良好之行車秩序，降低車流間彼此之干擾與衝突。而在號誌化交叉路口的各種行車行為中，車輛紓解特性對於都市道路之運作效率影響至鉅，且對於在綠燈時間內紓解車輛數也會有一定的影響存在。由於車輛的紓解行為對交叉路口的容量評估影響很大，而紓解率的應用常換算成飽和流率，進而推算出理論容量值，因此，瞭解影響車輛紓解特性之因素，乃是做為道路容量分析、號誌設計及管理法規研擬之參考依據。過去有關號誌化交叉路口車輛紓解行為的研究，大多都針對穩定車流下純小客車之紓解率進行探討，進而求出其小車飽和流量，或是以大小車混合的情形以採取混合比率來代表，分別求出其影響的特性，也常採取小客車當量數轉換大車的紓解情況，較少以微觀的方式來分析探討車流紓解趨於穩定後序別車輛的紓解特性，亦或是車流未達穩定前序別車輛的紓解特性。然而號誌化交叉路口車輛之紓解特性，對於道路交通通暢與否有顯著的影響，有鑑於此，號誌化交叉路口車輛紓解模式乃是一值得研究之課題，而本研究中「序別」係指當號誌為紅燈期間，依停止線由前往

¹ 國立交通大學運輸科技與管理學系副教授（聯絡地址：新竹市大學路 1001 號，電話：03-5712121#31816，E-mail:suwu@faculty.nctu.edu.tw）

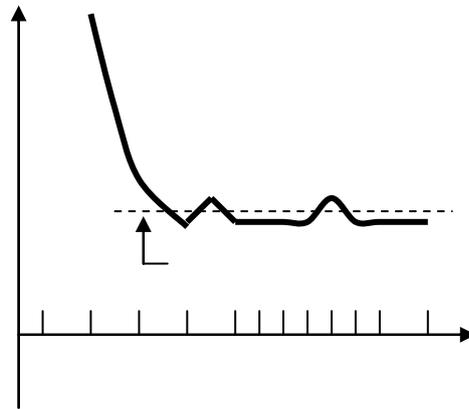
² 國立交通大學運輸科技與管理學系碩士

³ 國立交通大學運輸科技與管理學系碩士生

後之個別停等車輛所排序之相對停等位置的順序關係。號誌化路口車流行為主要可分為直行、右轉及左轉，而本研究則以直行、右轉及左轉等專用車道作為研究範圍，針對實際行駛於號誌化平面交路口車道之車流資料進行調查，分析直行車輛車流在紓解未達穩定與趨於穩定後之紓解特性，並探討前後不同車種之差異性及其他影響紓解行為之因素，另外，經由觀察發現在紅燈轉換成綠燈前，車輛會有搶先起動之行為，因此加以考量車輛搶先起動對車流紓解產生之影響，以建構號誌化平面交叉路口序別直行車、序別無衝突左轉車、序別無衝突右轉車微觀紓解模式。而本研究所得之結果，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，係為本研究之目的。

二、文獻探討

車輛紓解特性方面，紓解行為意指為綠燈期間內車輛離開交叉路口之過程，稱為車輛紓解。而紓解率則定義為單位綠燈時間內之車輛紓解數。由於汽車在路口等候紓解時有依序停等與紓解的特性，使得停等之汽車車隊於路口等候紓解時，若車道上只有小客車且紓解不受其它車流或行人干擾時，第一部停等車輛之平均紓解間距大約在 2.5 秒到 3.5 秒之間，第二部停等車輛之平均紓解間距較第一部停等車輛短，第三部停等車輛之平均紓解間距更短，到第四部或第五部車輛之後，平均紓解間距趨向一穩定值(如圖 1 所示)，此穩定之平均紓解間距稱為飽和間距。



資料來源：2001 年台灣地區公路容量手冊

圖 1 車輛紓解示意圖

直行車流方面，蔡輝昇、羅彬榮(民 75)、美國公路容量手冊(HCM)、鄭鼎煜(民 94)、Tong et al.(2002)、林明志(民 90)、許添本(民 90)、王義川(民 91)。等對直行車流紓解因素均有研究。在單與多左轉車道之紓解特性比較方面，曾平毅等(民 95)、朱松偉(民 83)、Stokes et al. (1986)、鄭鼎煜(民 94)、Carstens (1971)、Lu (1984)、Bruce (1999)、Lee et al. (1986)、Parker (1996) 等對左轉車流紓解均有研究。美國公路容量手冊(1985)、Akcelik R. (1981)、Levison H. (1989)、張學孔(1982)、顏上堯(1996)、王文麟(1998)、詹善斌(2004)等對右轉車流紓解因素均有研究。但三種車流之序別微觀紓解模式尚未構建。

三、研究方法與理論基礎

本研究在構建國內市區號誌化平面交叉路口序別直行車微觀紓解之模式方面，研究方法上主要採用文獻評析法、攝影調查法、單因子變異數分析法、t 檢定分析、相關分析與逐步迴歸分析法。至於理論基礎方面，則有微觀車流理論、運動學理論與跟車理論。另外，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、單因子變異數分析與 Scheefe 多重比較、相關分析、逐步迴歸分析、廣義線性方程式(GEE)與成對樣本 t 檢定，作為本研究之研究方法，以作為無衝突左轉資料蒐集及紓解特性與模式構建之應用分析工具。至於構建國內市區號誌化平面交叉路口序別無衝突右轉車微觀紓

解之模式方面，研究採用之理論基礎包含微觀車流理論與運動學原理；使用之研究方法包含文獻評析法、統計迴歸分析以及攝影調查法。

四、結果與討論

4.1 序別直行車微觀紓解模式

本節以號誌化交叉路口大小車混合車流為研究對象，主要是針對直行車輛紓解行為為主，而在構建序別直行車輛微觀紓解模式前，應先瞭解直行車輛紓解之行為特性，且為了找出影響紓解行為之關鍵變數，本研究透過攝影調查法蒐集直行車流資料，並將所蒐集之資料整理分析，以瞭解車輛紓解之行為特性。進而構建序別直行車微觀紓解模式。

4.1.1 現場資料調查與整理

主要選取平坦無坡度變化之互相垂直之道路的十字路口，而以台北市信義路五段與松仁路交叉路口為資料攝影調查之地點。調查日期將選在 96 年 1-3 月非假日時段，以符合一般車流之型態。經由本研究調查，松仁路之無機車停等區與有機車停等區之直行專用車道共獲得 46 個有效週期，車輛數分別為 586 輛與 524 輛，其中大型車佔 5.46%與 8.59%；而信義路五段之無機車停等區與有機車停等區之直行專用車道共獲得 53 個有效週期，車輛數分別為 542 輛與 678 輛，其中大型車分別佔 5.91%與 5.03%。

4.1.2 特性分析

1. 無機車停等區之直行車道

初步檢視平均紓解間距圖，可看出其車輛平均紓解間距，會隨車輛停等位置後移呈現下降且逐漸趨於穩定。另本研究所蒐集之樣本中有部分的第一部車輛在紅燈轉換成綠燈前，出現搶先起動之行為，因而造成第一部車輛平均紓解間距小於第二部車輛。

2. 有機車停等區之直行車道

由車輛平均紓解間距圖來看，無論是以機車停等區後方線或以停止線為基準線之車道，其平均紓解間距，亦會隨車輛停等位置後移呈現下降且逐漸趨於穩定。另第一部車輛於紅燈轉換成綠燈前已搶先起動之現象。

3. 無車輛搶先起動之分析

本研究將第一部車輛搶先起動之樣本剔除後，可得平均紓解間距，其平均紓解間距，亦會隨車輛停等位置後移呈現下降且逐漸趨於穩定，而平均紓解間距會以第一部車為最大，其較符合過去文獻之結論。

4.1.3 影響因素分析

1. 本研究主要將車種分成小車與大車，而依據車種組合型式，可分成大車-大車、大車-小車、小車-大車及小車-小車四種型式。利用 SPSS 統計套裝軟體中的單因子變異數分析法進行檢定。由檢定結果可得知，不同的車種與跟車車種組合對於紓解間距的確存在顯著差異。
2. 若停等間距越大，則紓解間距也就越大。故不同的停等間距，可能對紓解間距產生影響。
3. 本研究推論不同的機車密度，可能會對紓解間距造成不同程度之影響。
4. 利用獨立樣本 t 檢定結果可知，不同機車停等區縱向長度對紓解間距的確存在顯著差異。
5. 利用獨立樣本 t 檢定，第一部車輛有無搶先起動對於車輛紓解間距有顯著差異。

4.1.4 模式構建與驗證

本研究主要將車隊劃分成兩階段，一為紓解未達穩定階段，其依據不同車輛停等位置分別構建每部車輛之紓解模式。另一為紓解趨於穩定階段，其會構建一具代表性之整體車輛紓解模式。

1. 車輛紓解穩定位置分析

本研究以成對樣本 t 檢定，檢定可知，無機車停等區之直行車道車輛紓解穩定位置位於第八部車輛之後，有機車停等區之直行車道車輛紓解穩定位置皆於第六部車輛之後。

2. 不同基準線設定分析

首先針對有機車停等區之直行車道不同基準線設定之整體車輛紓解間距進行檢定可

知，第一部車輛與第二部車輛在不同基準線設定中，其平均紓解間距有顯著差異，而第三部車輛與第四部車輛則無顯著差異。因此，在後續構建模式時，在有機車停等區之直行車道，會分別構建以停止線與以機車停等區後方線為基準線之第一部車輛與第二部車輛之紓解模式，而於第三部車輛以後之車輛紓解模式，則不再進行分開構建之工作，是選擇以機車停等區後方線為基準線之車輛，構建第三部車輛以後之紓解模式。

3. 模式構建

本研究總共構建有 16 個車輛紓解模式。首先利用 Pearson 與 Eta 對影響變數進行相關分析可知，在無機車停等區之第一部車輛與第二部車輛，其車輛停等間距(d_1 、 d_2)、第一部車輛有無搶先起動(N)、車種(H)與車種組合(K)與紓解間距較具相關性；第三部車輛以後，則是以車輛停等間距(d_2)與車種組合(K)與紓解間距較具相關性。而在有機車停等區以機車停等區後方線為基準線之第一部車輛，其第一部車輛停等間距(d_1)、機車停等區之機車密度(U_s)、第一部車輛有無搶先起動(N)與車種(H)與紓解間距較具相關性；第三部車輛以後，則是以車輛停等間距(d_2)、第一部車輛有無搶先起動(N)與車種組合(K)與紓解間距較具相關性。另外在有機車停等區以停止線為基準線之第一部車輛，是以第一部車輛停等間距(d_1)、機車停等區之機車密度(U_s)、機車停等區縱向長度(L)與車種(H)與紓解間距較具相關性；而第二部車輛則是以車輛停等間距(d_2)、機車停等區縱向長度(L)與車種組合(K)與紓解間距較具相關性。之後再利用逐步迴歸分析對影響變數進行篩選，選出對車輛紓解間距有最佳解釋能力之變數，其中第一部車輛有無搶先起動(N)與車種(H)為類別變數，為了納入迴歸模式進行預測，則必須先將其轉換成具有連續變數特性之虛擬變數後再進行分析，而在車種組合(K)定義方面，本研究是以小車-小車分別對大車-大車(K_1)、大車-小車(K_2)與小車-大車(K_3)作對比。故所構建之模式整理如表 1 所示。

表 1 序別直行車輛紓解模式整理

車輛 順序	無機車停等區 (停止線)	有機車停等區 (機車停等區後方線)	有機車停等區 (停止線)
1	$\bar{D}H = 1.347 + 0.965d_1 - 1.434N + 1.104H$ ($R_{adj}^2 = 0.736$)	$\bar{D}H = 1.85 + 0.5d_1 + 3.522U_s - 2.163N + 1.956H$ ($R_{adj}^2 = 0.823$)	$\bar{D}H = 2.47 + 0.304d_1 + 4.358U_s + 0.759H$ ($R_{adj}^2 = 0.746$)
2	$\bar{D}H = 0.387 + 0.979d_2 + 0.877N + 1.048K_2 + 0.888K_3$ ($R_{adj}^2 = 0.586$)	$\bar{D}H = 1.665 + 0.784d_2 + 1.408K_1 + 1.124K_2 + 0.707K_3$ ($R_{adj}^2 = 0.526$)	$\bar{D}H = 0.606 + 0.702d_2 + 1.645K_1 + 1.355K_2 + 0.961K_3$ ($R_{adj}^2 = 0.510$)
3	$\bar{D}H = 0.356 + 0.923d_2 + 0.841K_2 + 0.784K_3$ ($R_{adj}^2 = 0.741$)	$\bar{D}H = 0.52 + 0.809d_2 + 1.034K_2 + 0.649K_3$ ($R_{adj}^2 = 0.580$)	
4	$\bar{D}H = 0.381 + 0.785d_2 + 1.142K_2 + 0.724K_3$ ($R_{adj}^2 = 0.642$)	$\bar{D}H = 0.429 + 0.818d_2 + 0.967K_1 + 0.732K_2 + 0.6K_3$ ($R_{adj}^2 = 0.647$)	
5	$\bar{D}H = 0.597 + 0.687d_2 + 1.289K_1 + 1.148K_2 + 0.707K_3$ ($R_{adj}^2 = 0.419$)	$\bar{D}H = 0.406 + 0.731d_2 + 1.288K_1 + 1.055K_2 + 0.975K_3$ ($R_{adj}^2 = 0.681$)	
6	$\bar{D}H = 0.513 + 0.685d_2 + 1.272K_2 + 0.748K_3$ ($R_{adj}^2 = 0.608$)	$\bar{D}H = 0.305 + 0.8d_2 + 1.189K_1 + 1.124K_2 + 0.814K_3$ ($R_{adj}^2 = 0.624$)	

$$\begin{aligned} \bar{D}H &= 0.517 + 0.587d_2 + 1.289K_1 \\ &+ 1.168K_2 + 0.974K_3 \end{aligned}$$

$$(R_{adj}^2 = 0.346)$$

$$\begin{aligned} \bar{D}H &= 0.749 + 0.542d_2 + 1.274K_1 \\ &+ 0.905K_2 + 0.57K_3 \end{aligned}$$

$$(R_{adj}^2 = 0.311)$$

註：本研究經檢定結果發現，上述有機車停等區之不同基準線情境於第三部車輛以後，其紓解間距並無顯著差異，故本研究擇取以機車停等區後方線為基準線之情境，構建第三部車輛以後之微觀紓解模式。

4. 模試驗證

本研究之驗證資料先將車流分成未達穩定與趨於穩定兩部份，並分別針對無機車停等區與有機車停等區之直行車道，在未達穩定部份從攝影資料中另取 10 筆樣本數據，而趨於穩定部份，因所觀察之車輛數較多，因此則從攝影資料中另取 30 筆樣本數據來進行驗證之用，並進一步利用成對樣本 t 檢定來驗證序列車輛紓解模式是否具代表性。而檢定結果本研究模式所預測之紓解間距與實際紓解間距並無顯著差異，表示所構建之無車輛紓解模式具有不錯之預測能力。

4.2 序列無衝突左轉車微觀紓解模式

本節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。

4.2.1 資料調查

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平面交叉路口，選定台北市信義路五段—松仁路之交叉路口，拍攝日期為民國 96 年 1-3 月。本研究蒐集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口待轉之資料。

4.2.2 左轉車流特性初步分析

1. 檢視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。
2. 經由檢定結果發現有搶先進入口待轉之車隊第 1 部車輛，其搶燈行為較無搶先進入口待轉之車隊第 1 部車輛明顯。
3. 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。
4. 本研究所調查雙左轉車道中，外車道之大車組成明顯較內車道之大車組成多，亦可間接說明大小車種對於紓解間距確實有其影響。
5. 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(曾平毅等，民 95) 相同。
6. 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之趨勢，該特性與過去文獻中之結論相符合。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。

4.2.3 影響因素分析

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，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。採用 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。

2.採用 Scheefe 法來進行多重比較，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。

3.停等間距與紓解間距之比較，檢視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。

4.2.4 序別左轉車輛微觀紓解模式之構建與驗證

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，由上述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。

1.車隊紓解時趨於穩定車輛位置之分析

利用成對樣本 t 檢定結果，信義路單左轉車輛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。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，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。

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。各車道情境所構建之左轉車微觀紓解模式，其整理如下 (表 2)：

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

註：

HD：紓解間距（秒）

IR：停等車間距（公尺）

G：搶燈行為（0：無搶燈；1：有搶燈）

SS：（1：表示該車為小車，前車為小車；0：其他車種組合）

S：（1：小車；0：大車）

HS：（1：表示該車為小車，前車為大車；0：其他車種組合）

TR：違規超越停止線距離（公尺）

SH：（1：表示該車為大車，前車為小車；0：其他車種組合）

SR：距停止線之停等距離（公尺）

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。經統計檢定結果，在顯著水準為 0.05 下，各車道情境左轉車微觀紓解模式紓解間距之實際值與預測值並無顯著之差異性。

4.3 序別無衝突右轉車微觀紓解模式

本研究以市區單一右轉專用車道以及單一直行右轉混合車道之車流為研究對象，為利於後續構建序列無衝突右轉車之微觀紓解模式，首先需尋找影響該模式之顯著變數。本研究採用實地蒐集車流資料之方式，以分析市區單一右轉專用車道以及單一直行右轉混合車道之車流紓解特性，並透過統計檢定方式尋找影響模式之顯著變數，而構建序列無衝突右轉車之微觀紓解模式。

4.3.1 資料調查

經考量選定信義路五段-松江路口之單一右轉專用車道以及單一直行右轉混合車道為調查對象，拍攝日期為民國 97 年 1 月 25 日上午 9:00 至 10:00 以及下午 3:00 到 4:00。車輛分為小車與大車兩類，其中小車包含營業小客車、自用小客車以及小貨車；大車包含大型公車、中型公車、大貨車以及砂石車。

4.3.2 右轉車流特性初步分析

右轉專用車道(共 259 筆樣本數)，不受機車干擾之樣本特性分析(蒐集序別 1~9 共 143 筆樣本數)時，經分析結果整理如下，可判定車隊於序別 4 後即開始穩定下來。受機車干擾之樣本特性分析(蒐集序別 1~6 共 116 筆樣本數)時檢定結果發現，車隊前六輛車雖受不同類型之干擾，但其紓解間距仍屬同質性樣本，故可將所有受干擾樣本合併進行模式構建。

4.3.3 影響因素分析

右轉專用車道假設汽車駕駛者與車輛特性無顯著差異之情形下，實際可由影像資料中獲得可量化的紓解間距之主要影響因素可能包括本車車種(僅於序別 1 時考慮)、本車與前車之車種組成、停等間距以及機車干擾類型等因素。本研究利用統計 Pearson 相關性檢定分析紓解間距之主要影響因素，檢定結果顯示紓解間距與機車有無干擾有相關。

右轉直行共用車道假設汽車駕駛者與車輛特性無顯著差異之情形下，實際可由影像資料中獲得可量化的紓解間距之主要影響因素可能包括本車車種(僅於序別 1 時考慮)、車種組成、停等間距、機車與行人干擾、轉向組合等因素。其中轉向組合包含「本車為右轉車-前車為右轉車」、「本車為右轉車-前車為直行車」以及「本車為右轉車-前兩部以上車輛為直行車」三種類型。

4.3.4 序別右轉車輛微觀紓解模式之構建與驗證

1.車隊紓解時趨於穩定車輛位置之分析

為利於後續模式構建，本研究採用「獨立樣本 T 檢定」方法，尋找車隊開始穩定之位置。

2. 右轉車流微觀紓解模式之構建

本研究構建之右轉車微觀紓解模式綜合如下：

一、右轉專用道

不受機車干擾樣本 (序別 1~3 為未穩定部分, 序別 4~9 為穩定部份)	
未穩定	$Y_1=0.991+1.633*「大車」+1.438*「停等間距」(R^2=0.681)$
	$Y_2=4.461-0.547*「停等間距」+3.334*「大車-小車」+0.952*「大車-大車」$
	$Y_3=2.634+0.188*「停等間距」+0.407*「大車-小車」+1.594*「小車-大車」$
穩定	$Y_4=2.6888-0.002718*「停等間距」+0.633*「大車-小車」+0.324*「小車-大車」$
受機車干擾樣本 (除序別 1 外, 序別 2~9 為穩定部份)	
	$Y_1=2.66+0.513*「停等間距」+1.563*「大車」+1.585*「前方機車干擾」+0.387*「前、側方機車干擾」$
穩定	$Y_2=4.714+0.351*「停等間距」-1.247*「前方機車干擾」-2.216*「側方機車干擾」+0.859*「大車-小車」+0.737*「小車-大車」$
二、右轉直行共用車道	
不受機車干擾樣本 (除序別 2 外, 序別 3~8 為穩定部份)	
	$Y_2=2.36+0.972*「停等間距」+0.429*「大車-小車」+0.653*「直行-右轉」$
穩定	$Y_3=2.704+0.178*「停等間距」-1.026*「小車-小車」-0.679*「大車-小車」+0.683*「右轉-右轉」+0.641*「直行-右轉」$
受機車干擾樣本 (序別 1~2 為未穩定部分, 序別 3~5 為穩定部份)	
未穩定	$Y_1=2.96+1.912*「停等間距」-1.22*「前、側方機車干擾」$
	$Y_2=3.456+0.501*「停等間距」-0.226*「側方機車干擾」-0.221*「直行-右轉」+1.573*「大車-小車」$
穩定	$Y_3=2.362+0.352*「停等間距」-0.709*「前方機車干擾」+0.315*「側方機車干擾」+0.18*「右轉-右轉」+1.425*「直行-右轉」+0.844*「大車-小車」$

3. 右轉車流微觀紓解模式之驗證

本研究利用統計檢定方式, 檢定模式預測值與實際值之差異性是否為顯著, 以證明本模式是否具有代表性。在 10-16 筆資料由上述統計檢定結果可得知, 在顯著水準 $\alpha=0.05$ 之下, 模式之紓解間距估計值與實際值並無顯著差異(P 值)。

五、結論與建議

本研究以號誌化交叉路口大小車混合車流為研究對象, 針對號誌化交叉路口之直行車流、無衝突右轉車流、無衝突左轉車流等進行調查, 分析號誌化路口車流在紓解未達穩定與趨於穩定後之紓解特性, 並將每車隊中前後兩輛車之車種分類樣本, 探討前後兩車不同車種組合間紓解間距之差異性, 且找出影響紓解行為之關鍵變數, 再以微觀角度構建序別車輛微觀紓解模式。此外, 經由觀察發現在號誌紅燈轉換綠燈前, 車輛會有搶先起動之行為, 本研究亦將考量此行為特性進行探討。經由模式構建與驗證, 證實所構建模式可接受, 而本研究所得之結果, 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。至於建議方面, 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, 對序別車流路口

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進行比較分析，以驗證本車流模式之代表性與實用性。且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車流紓解模式，以提升預測率並可作方法適用性上之比較。

六、計畫成果自評

本研究係以號誌化交叉路口大小車混合車流為研究對象，主要研究項目：(1)車輛紓解特性，(2)紓解穩定性分析，(3)紓解影響因素分析，(4)構建微觀紓解模式與驗證。經由本研究均達成上述研究項目，並經檢定均可接受，本研究計畫亦提供碩士論文研究，完成兩篇論文，另於中華民國運輸學會研討會發表兩篇論文。至於本研究結果可應用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。

參考文獻

- 王義川、許添本，「分流式機車交通工程設計」，第四屆機車交通與安全研討會論文集，第 15-28 頁，民國 91 年 11 月。
- 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。
- 林明志，「設置機車停等區對號誌化路口之影響」，國立台灣大學土木研究所，碩士論文，民國 90 年。
- 林國顯、湯儒彥，「機車專用道車流特性與容量探討」，交通部運輸研究所，民國 91 年 10 月。
- 吳健生、張書銘、王政彥、劉士豪，「汽機車分流對路口影響之研究」，第四屆機車交通與安全研討會論文集，第 29-36 頁，民國 91 年 11 月。
- 許添本、簡正銓、王義川，「直行機車停等專用區紓解特性之研究」，中華民國第二屆機車交通與安全研討會論文集，第 155-164 頁，民國 87 年 10 月。
- 湯儒彥，「純機車車流路口紓解型態之研究」，中華民國第三屆機車交通安全研討會學術論文集，第 43-54 頁，民國 90 年 4 月。
- 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。
- 鄭鼎煜，「交叉路口大小車組合車對紓解模式之研究」，淡江大學運輸管理學系運輸科學碩士班碩士論文，民國 94 年。
- 蔡輝昇、羅彬榮，「國內交叉路口車對紓解時間與車隊間距之特性分析」，運輸計畫季刊，第十五卷第四期，第 545-561 頁，民國 75 年。
- H.Y. Tong, and W.T. Hung, "Neural network modeling of vehicle discharge headway at signalized intersection: model descriptions and results", Transportation Research Part A, Vol.36, pp.17-40, 2002.
- Leong, H. J., "Some Aspects of Urban Intersection Capacity", Australian Road Research Proceedings, Vol 2, Part 1, 1964.
- Lu, Y.J., "A study of left-turning maneuver time for signalized intersections", ITE J. 54(10), pp.42-47, 1984.
- R. M. Kimber, M. McDonald, N. Houn, "Passenger car units in saturation flows: concept, definition, and derivation", TRB, Vol. 19, pp.39, 1985.
- Transportation Research Board, Special Report 209, "Highway Capacity Manual", National Research Council, 2000.