

國立臺灣大學工學院土木工程學系

碩士論文

Department of Civil Engineering

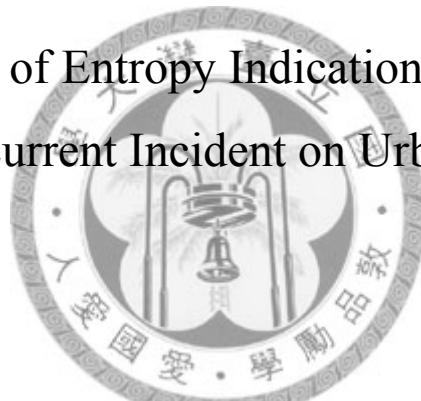
College of Engineering

National Taiwan University

Master Thesis

市區道路非重現性事件判定指標之建立

Development of Entropy Indication Parameter for
Non-recurrent Incident on Urban Road



林楷閔

Kai-Min Lin

指導教授：許添本 博士

Major Professor: Tien-Pen Hsu, Ph.D.

中華民國 98 年 6 月

June, 2009



國立臺灣大學碩士學位論文
口試委員會審定書

市區道路非重現性事件判定指標之建立
Development of Entropy Indication Parameter
for Non-recurrent Incident on Urban Road

本論文係林楷閔君 (R96521522) 在國立臺灣大學土木工程學系碩士班完成之碩士學位論文，於民國 98 年 6 月 26 日承下列考試委員審查通過及口試及格，特此證明

口試委員：

許添本	<u>許添本</u> (簽名)
(指導教授)	
吳水威	<u>吳水威</u>
黃台生	<u>黃台生</u>

系主任

張國鎮 (簽名)



誌謝

本篇論文得以付梓，代表著兩年碩士生涯的告一段落，此亦是人生第一篇誌謝，雖無法將所有從以前到現在幫助過我、支持我的朋友們一一納入篇幅，但是透過此篇誌謝，感謝各位了！

能夠完成本論文，最感謝的人便是指導教授許添本老師，在跟隨老師學習的兩年裡，老師嚴謹的治學態度，自由的學風，讓我能夠在浩瀚的交通領域體會探索的樂趣，尤其是作研究的態度，老師始終力求完美，記得老師曾對我說過：「研究的目的是在於對人類有份貢獻感」學生時常銘記在心，冀望未來能有所貢獻。感謝口試委員吳水威老師與黃台生老師！吳水威老師鉅細靡遺地閱讀本論文，並且指正本論文研究不足之處，使本論文能夠更加完善。黃台生老師於口試期間提供許多寶貴的意見，這些想法與教導，都讓學生清楚地了解本論文不足之處。非常感謝兩位老師寶貴的指正與建議，尤其是老師正面的評價，這些鼓勵讓學生對於研究更有信心，特此感謝！

此外，感謝組上其他幾位老師，龍天立老師講授了許多人生哲理，提供了學生於做人處世上更多的啟發。周義華老師除了專業知識的教導之外，嚴謹的生活態度，更讓學生體悟到老師一絲不苟的處事原則。曹壽民老師幽默風趣的上課風格，總是讓學生抱持著開朗的心情來面對研究，然而我最佩服的是老師的學識淵博，這些是最讓學生望塵莫及的。周家禧老師對於學生的關懷無微不至，時常讓學生感受到交通組的溫暖。感謝張學孔老師給予學生在專業知識上的震撼，讓學生體認到「台大不只是光環，更是包袱」，想要拿到這圈光環，就必須先擁有扛得起這個沉重包袱的能力！

特別要感謝的是育瑞學長，學長給予我在研究與課業上協助與教導，時常地麻煩學長，問了很多問題，學長總是耐心地與我討論並解答，每次的解惑總是讓我更加地佩服學長，能夠順利完成這篇論文，我非常感謝學長！希望能以學長為榜樣持續地努力下去。再來，要感謝這兩年所參與過的研究團隊，首先要感謝行人流團隊的將瓚學長、宸佐學長，帶領我進入交通研究領域，更忘不了調查那天凌晨四點時，平時吵鬧擁擠的台北捷運車站，卻是空無一人、鴉雀無聲的景象。感謝 VISSIM 團隊的各位同伴，永遠記得一起熬夜、一起在颱風天打拼的日子，能夠利用交通專業知識，改善瓶頸路口，並且真的看到模擬的方案成真了！那感覺實在不可言喻！這或許就是老師說的「貢獻感」吧。感謝影像事件偵測團隊的各位以及全微道安科技公司的陳經理 Eric 與邱工程師 Jack，能夠完成這篇論文，資料來源的貢獻實在功不可沒！感謝碩一的彥聰、鎧鋁、崇宇、子揚、依葦等學弟妹，一起討論車流、渡過無數的夜晚，以及其他許多幫忙過我、關心我的學弟妹，

謝謝！更感謝宏仁學長與上民學長，神奇的針灸治療，以及宏仁學長跟我們分享的人生哲理，受用無窮！同時，也感謝思文小姐，協助並教導我處理公文事項，並且共同分享組內事宜，樂趣無限。還有感謝一起重訓一起打籃球的闕 man 學長，除了運動，也替我的論文解惑，希望籃球隊可以越來越強呀！

在這兩年內，最值得的一件事就是組成台大土木所交通組壘球隊，從無到有，一起對抗過無數對手，雖然現在回憶起我才發現每次的先發陣容都不一樣，不過，我還是以球隊為傲，跟大家一起打球一起努力的時光是很快樂的！球衣上的紅土是很容易洗掉的，但是這些回憶卻是怎麼樣也洗不去。宜慶、阿維學長、駿哥、kona、阿香、小明、AD、阿儒、家豪、阿坤、中庭、崇宇、老頭、hibi、心怡，還有當過啦啦隊的大家，格格、怡樺、蘇龜、王大哥、瑤瑤...等等，謝謝大家，照慣例！Circle！一聲交通一聲加油嘿！

再感謝高中好友們，柏杰、阿翰、丁丁、阿唐、Luby、郁騏、昱璋、彥霖.....等等眾人，能夠與你們這一群從中學認識到現在，是不幸卻也很幸運，一起分擔壓力，順利渡過這段日子，謝謝各位！

最後，也是最要感謝的是我的家人，我的爸媽以及妹妹，有了家人的支持，才能讓我無後顧之憂完成論文，儘管未來的日子會很辛苦，但是無論如何，一家人能夠平安地在一起才是最重要的！

僅以此論文獻給我敬愛的父親、母親！

楷閔

2009年7月於志鴻館

摘要

市區道路非重現性事件發生，不僅可能對用路人生命造成極大的威脅，亦會造成交通壅塞，以致付出龐大社會成本，目前智慧型運輸系統(Intelligent Transportation System)為我國交通努力發展方向之一，透過路側所架設之 CCTV(Closed Circuit Television)並搭配影像式事件偵測系統，即可達到交通管理與控制之效果，以減少交通壅塞與事故通報時間。本研究藉由 CCTV 所攝錄之事件發生影像過程，進行資料蒐集，並透過車流理論方法，分別以巨觀及微觀角度針對事件發生過程進行探討，以了解事件發生對於車流所造成之影響。本研究透過熵理論之概念，分別以橫向及縱向兩個維度進行探討，針對車輛於兩個方向維度之速度變化過程計算其熵值，當熵值越大，表示車輛速度變化情形越劇烈，所受干擾越大。當熵值越小，越接近 0，則表示車輛速度變化極小，所受干擾越小。將計算所得熵值整理之後，更進一步建立事件判定指標，將事件判定分為確定有事件、確定無事件以及可能發生事件等三種情形，分別給予事件判定指標比例值，可以發現當熵值大於 2.5 時，將會被判定為有事件發生，而當熵值小於 1 時，將會被判定為無事件發生，至於熵值落於可能發生事件的區間內時，則可以參考事件判定指標比例值，研判事件發生的可能性。最後，透過實例應用說明本研究所建立之事件判定指標具有其實用性。

關鍵詞：市區道路、非重現性事件、車流、熵、判定指標

Abstract

When the non-current incidents happened on urban road, it not only threatens with the drivers' life but also increases traffic congestion. It leads to pay huge social cost for it. In Taiwan, the intelligent transportation system is one of goals that are why we're working hard for developing it. Now, we can get the effects of traffic management and controlling by the CCTV and image incident detection system. So, we can decrease traffic congestion and reduce the time of accident announcing. This study collected the traffic flow data by taking a film from the CCTV on urban road. We discuss with the horizontal and vertical directions for using the information entropy. The entropy parameter within a calculation a vehicle speed variation on the horizontal and vertical directions. When the entropy value is higher, the vehicle speed has more violent variation. It shows that the vehicle runs into the conflict many times. When the entropy value is smaller and it closed to zero, the vehicle speed has less violent variation. It shows that the vehicle drives freely. We can develop the entropy indication parameter for non-current incidents after analyzing these calculated entropy values. We sort the incident indication by three situations: true incident, no incident and incident maybe happened. Then we can calculate the incident indication ratio value. This study find out the entropy value greater than 2.5, it is defined the "true incident." If the entropy value is smaller than 1, it is defined the "no incident." Other entropy values have to depend on the incident indication ratio value, and infer an entropy value representing the percent of an incident happened. Therefore, we can indicate an incident happening. Finally, this study explained the incident entropy indication parameter with a real case that was about a scooter accident. Therefore, we could apply it and proved its practicability.

Keywords: Urban road, Non-recurrent incident, traffic flow, entropy, Indication parameter.

目錄

誌謝	I
摘要	III
Abstract	IV
目錄	V
圖目錄	VIII
表目錄	XII
第一章 緒論	1
1.1 研究動機	1
1.2 研究目的	2
1.3 研究範圍	2
1.4 研究內容與方法	2
1.5 研究流程	3
第二章 文獻回顧	5
2.1 事件	5
2.1.1 事件之定義	5
2.1.2 肇事相關之研究	6
2.2 指標	11



2.2.1 效率指標	11
2.2.2 安全指標	15
2.3 熵理論	26
2.3.1 熵理論回顧	26
2.3.2 熵理論於交通運輸方面之應用	30
2.4 綜合評析	40
第三章 車流資料調查作業	43
3.1 調查作業	44
3.1.1 調查工作之準備	44
3.1.2 調查地點之選擇	45
3.1.3 拍攝作業之進行	48
3.2 事件影像資料處理	51
3.2.1 影像式事件偵測器	51
3.2.2 事件影片處理	53
3.2.3 資料蒐集	56
3.3 事件車流特性	59
3.3.1 巨觀車流特性	61
3.3.2 微觀車流特性	64
3.3.3 事件車流趨勢	67



3.4 小結	69
第四章 事件判定指標建立	71
4.1 研擬指標	71
4.2 建立指標	72
4.2.1 空間軸	72
4.2.2 時間軸	78
4.3 指標分級	83
4.4 小結	90
第五章 指標確認與應用分析	93
5.1 確認指標	93
5.2 以路口事件進行應用分析	103
第六章 結論與建議	111
6.1 結論	111
6.2 建議	112
參考文獻	113
作者簡歷	117



圖目錄

圖 1.1 研究流程圖	4
圖 2.1 膠頸行為流程圖	10
圖 2.2 密度、流量、速率曲線圖	15
圖 2.3 亂度誤判示意圖	19
圖 2.4 方向亂度觀測方式一(圖中 D 值為 2M/10M)	20
圖 2.5 方向亂度觀測方式之二	21
圖 2.6 虛擬車道與分區示意圖	22
圖 2.7 TTC 於車輛軌跡之示意圖	24
圖 2.8 速度分佈比較圖	25
圖 2.9 車速變異範圍圖	26
圖 2.10 不同連續畫面所對應熵值	35
圖 2.11 不同區塊熵值測量方式	35
圖 2.12 不同服務水準所對應熵值	36
圖 2.13 熵與車流密度關係圖	37
圖 2.14 行人平均干擾熵與平均偏移率關係圖	39
圖 3.1 調查工作流程圖	44
圖 3.2 研究地點空照圖	47

圖 3.3 研究地點示意圖	47
圖 3.4 攝影機現場架設情況	49
圖 3.5 現場設備裝設情況	49
圖 3.6 攝影機拍攝畫面	50
圖 3.7 拍攝作業流程圖	50
圖 3.8 事件影像處理流程圖	53
圖 3.9 影像資料重建軟體	54
圖 3.10 影片播放與輸出軟體	55
圖 3.11 影片截圖軟體	56
圖 3.12 資料處理程序	57
圖 3.13 程式操作視窗	58
圖 3.14 個別車輛資料輸出	58
圖 3.15 研究路段劃分區域示意圖	60
圖 3.16 車輛路邊臨時停車擷取畫面	60
圖 3.17 速率與密度關係圖	62
圖 3.18 流量與密度關係圖	62
圖 3.19 流量與速率關係圖	63
圖 3.20 路段臨停事件車輛軌跡圖	65
圖 3.21 路段臨時事件時空圖	66



圖 3.22 速率與密度關係變化趨勢圖	67
圖 3.23 流量與密度關係變化趨勢圖	68
圖 3.24 流量與速率關係變化趨勢圖	69
圖 4.1 熵參數示意圖	72
圖 4.2 虛擬車道劃分示意圖	73
圖 4.3 事件發生前 $ENTX-X$ 關係圖	74
圖 4.4 事件發生前 $ENTY-X$ 關係圖	74
圖 4.5 事件發生時 $ENTX-X$ 關係圖	75
圖 4.6 事件發生時 $ENTY-X$ 關係圖	75
圖 4.7 事件發生後 $ENTX-X$ 關係圖	76
圖 4.8 事件發生後 $ENTY-X$ 關係圖	77
圖 4.9 $ENTX-T$ 於虛擬內車道變化圖	79
圖 4.10 $ENTY-T$ 於虛擬內車道變化圖	79
圖 4.11 $ENTX-T$ 於虛擬中車道變化圖	80
圖 4.12 $ENTY-T$ 於虛擬中車道變化圖	80
圖 4.13 $ENTX-T$ 於虛擬外車道變化圖	81
圖 4.14 $ENTY-T$ 於虛擬外車道變化圖	81
圖 4.15 $ENTX-T$ 於三車道綜合比較圖	82
圖 4.16 $ENTY-T$ 於三車道綜合比較圖	82

圖 4.17 ENTX 於虛擬內車道指標圖.....	83
圖 4.18 ENTY 於虛擬內車道指標圖.....	84
圖 4.19 ENTX 於虛擬中車道指標圖.....	86
圖 4.20 ENTY 於虛擬中車道指標圖.....	87
圖 4.21 ENTX 於虛擬外車道指標圖.....	88
圖 4.22 ENTY 於虛擬外車道指標圖.....	89
圖 5.1 ENTX 指標確立於虛擬內車道.....	94
圖 5.2 ENTY 指標確立於虛擬內車道.....	94
圖 5.3 ENTX 指標確立於虛擬中車道.....	97
圖 5.4 ENTY 指標確立於虛擬中車道.....	97
圖 5.5 ENTX 指標確立於虛擬外車道.....	100
圖 5.6 ENTY 指標確立於虛擬外車道.....	100
圖 5.7 台北市承德路與市民大道路口幾何圖.....	104
圖 5.8 路口 CCTV 拍攝畫面.....	104
圖 5.9 機車追撞影像擷取圖.....	106
圖 5.10 機車追撞之速度與時間關係圖.....	107
圖 5.11 機車追撞之速度與位置關係圖.....	107
圖 5.12 事故 ENTX-X 圖.....	108
圖 5.13 事故 ENTY-X 圖.....	108

表目錄

表 2.1 台灣地區民國 93 至 97 年道路交通事故統計資料.....	7
表 2.2 事故碰撞的運行行為與碰撞型態表.....	8
表 2.3 旅次分佈排列模式.....	33
表 2.4 視窗中影像之 ENTROPY.....	38
表 3.1 調查工具一覽表.....	45
表 3.2 道路幾何資料表.....	48
表 3.3 影像處理之特性.....	52
表 3.4 研究路段基礎構圖方程式及特性.....	63
表 4.1 ENTX-X 變化統計表.....	78
表 4.2 ENTY-X 變化統計表.....	78
表 4.3 ENTX 於虛擬內車道事件判定發生機率表.....	84
表 4.4 ENTY 於虛擬內車道事件判定發生機率表.....	85
表 4.5 ENTX 於虛擬中車道事件判定發生機率表.....	86
表 4.6 ENTY 於虛擬中車道事件判定發生機率表.....	87
表 4.7 ENTX 於虛擬外車道事件判定發生機率表.....	88
表 4.8 ENTY 於虛擬外車道事件判定發生機率表.....	89
表 4.9 ENTX 事件判定機率整理表.....	91

表 4.10 ENT Y 事件判定機率整理表.....	91
表 5.1 虛擬內車道 ENT X 與 ENT Y 樣本數整理.....	95
表 5.2 虛擬內車道 ENT X 與 ENT Y 指標確立.....	96
表 5.3 虛擬中車道 ENT X 與 ENT Y 樣本數整理.....	98
表 5.4 虛擬中車道 ENT X 與 ENT Y 指標確立.....	99
表 5.5 虛擬外車道 ENT X 與 ENT Y 樣本數整理.....	101
表 5.6 虛擬外車道 ENT X 與 ENT Y 指標確立.....	101
表 5.7 ENT X 事件指標確認整理表.....	102
表 5.8 ENT Y 事件指標確認整理表.....	103
表 5.9 台北市承德路與市民大道車道寬.....	105
表 5.10 事故樣本與事件判定指標比較表.....	109
表 5.11 路口事故判定正確率.....	109

第一章 緒論

1.1 研究動機

市區道路重現性事件每天都在發生，如：發生於晨昏峰時的壅塞，至於非重現性事件仍持續發生，不僅可能對用路人生命造成極大的威脅，亦會造成交通壅塞，也就是非重現性壅塞(Non-Recurrent Congestion)。

近年來，智慧型運輸系統(Intelligent Transportation System)已在歐美、日本等先進國家快速發展，我國交通亦朝此方向進行努力。有效的交通管理對於改善交通擁擠、提升運輸安全及減少能源消耗，有明顯的貢獻成效。然而，非重現性事件中最為嚴重、影響最大者當屬交通事故，事故發生不僅可能對用路人造成傷亡，事後仍要付出龐大的社會成本。以往相關研究均是以模擬方法進行，或是以肇事資料進行靜態分析，這都難以還原真相。

本研究欲藉由市區道路路側之 CCTV(Closed Circuit Television)進行監測，完整蒐集非重現事件發生過程，並藉由相關理論方法進行分析，而目前影像式事件偵測系統是以影像處理技術為原理，藉由判讀影像背景之差異來偵測事件是否發生，倘若事件車輛受到其他車輛遮蔽或因其他因素而無法被事件偵測系統所偵測，這樣一來則會增加通報時間，對於車流運行安全與效率將有更大影響。本研究認為非重現性事件發生將會對道路車流造成影響，因此，研究對象將設定為受事件發生所影響之車輛，藉由受事件影響之車流變化，建立事件判定指標，來提高事件偵測的準確性，藉此提升交通管理效率與安全。

1.2 研究目的

本研究目的在於建立一套道路事件發生判定方式，以利於提升交通管理效率，並達成以下目的：


1. 了解非重現性事件所產生之影響

藉由車流理論進行探討，分別從巨觀及微觀角度進行觀察，了解事件發生對於車流所造成的影響。

2. 建立事件判定指標

透過事件前後車流變化特性，依照事件影響範圍建立事件判定指標，此指標必須可以判定事件發生與否。

1.3 研究範圍



為了使本研究建立之指標能夠應用於市區道路，故以台北市基隆路四段於台灣科技大學門口前之路段為主要調查範圍，且以此路段長度大約 120 公尺為主要拍攝範圍，並且以外車道為主要研究範圍，車道寬大約 5.4 公尺。研究中不考慮其他車道對於此觀測車道車流之影響。且車種則以汽機車為主要研究對象，不包括自行車與行人等對象，研究時段則以晨峰尖峰小時為主，由於夜間視線不良及光線不足，避免造成後續人工讀值作業進行不易。研究事件則必須以「非重現性事件」為主要研究對象，包含交通事故、車輛臨停、道路施工等情形，而重現性事件則不在此研究範圍內。

1.4 研究內容與方法

為了擬定事件判定指標，本研究欲研究之內容與方法如下：

1. 回顧事件之定義以及相關事故分析研究。
2. 了解事件發生對於車流之影響。

透過實地勘查法，了解研究調查地點之車流行為，並準備攝影調查工作，採用實地攝影法，進行近似路點觀測調查方法，並透過電腦與人工讀值作業，蒐集相關車流資料。

3. 透過熵理論建立指標，並從不同層面進行探討。

利用熵理論建立橫向與縱向兩個維度之計算方法，並藉由熵與空間、時間之關係變化，探討其趨勢差異，進而建立相關指標。

4. 建立事件判定指標，並評估之。

指標建立完成後，進行指標驗證，確認指標之實用性。

5. 利用事件判定指標進行測試應用。

針對一交通事故變化過程進行探討，並利用所建立之指標進行衡量，確認其實用性。

6. 針對事件判定指標提出結論與建議。

1.5 研究流程

本研究之研究步驟，如圖 1.1 所示。

1. 確立研究方向。
2. 回顧事件相關文獻，以了解事件與事故之差異、事故特性、事故所造成之影響。
3. 回顧有關指標之文獻，包含評估效率及安全之指標。
4. 回顧熵理論起源與其在各領域之應用，尤其於交通運輸領域之應用。
5. 利用 CCTV 於研究範圍取得車流影像資料，並透過影像式事件偵測系統進行資料篩選，針對所得事件，更進一步藉由電腦輔助人工讀值進行資料蒐集。
6. 針對所蒐集之車流資料，分別以巨觀與微觀角度進行初步探討，以了解車流特性與事件所造成之干擾。
7. 以熵理論之觀念建立事件判定指標，並加以分級驗證。
8. 應用所建立之事件判定指標，以確認其實用性。



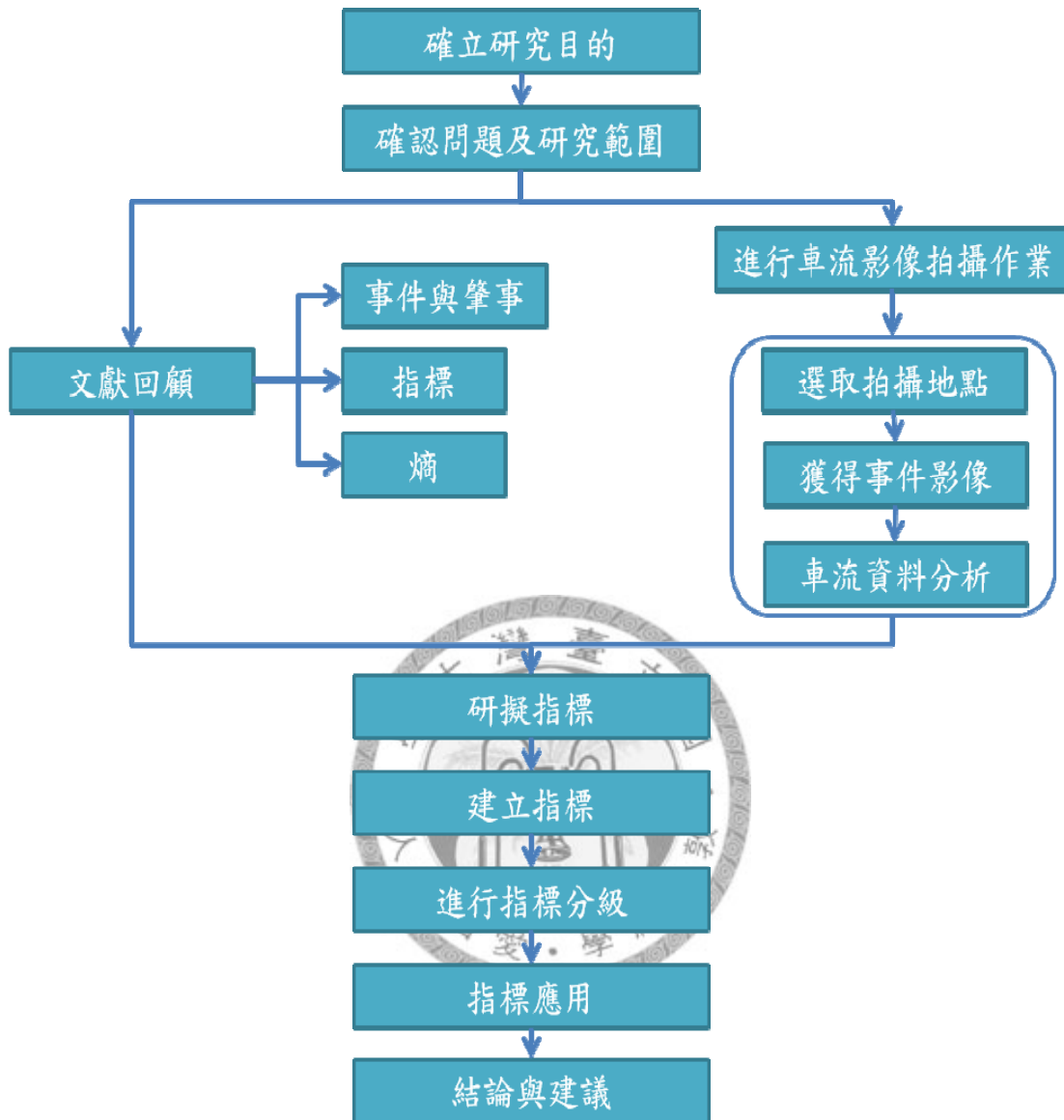


圖 1.1 研究流程圖

第二章 文獻回顧

在確定欲解決之問題與研究範圍後，接下來便開始針對與本研究相關之文獻進行回顧與整理，其主要目的為奠定後續研究工作之基礎與能力。

在文獻蒐集方面，主要幾個需要思考的方向為：

- 一、在交通方面，事件的定義為何？哪些情況屬於非重現性事件？事件與事故是否不同？
- 二、事故之特性為何？肇事發生後會產生哪些影響？以市區道路為限，是否有相關的事件研究文獻？
- 三、評估指標有哪些？分成哪幾類？
- 四、對本研究預計使用的研究方法作理論上的回顧，為何適用於本研究？

釐清上述疑問有助於本研究對於研究對象以及資料蒐集方面更加確定。

2.1 事件

2.1.1 事件之定義

事件(Incident)經常與事故(Accident)在使用上混淆，本小節整理各文獻對於事件的定義，並就研究需要提出所採用的定義。

1. 美國聯邦公路總署(Federal Highway Administration, FHWA)【4】在其出版的「交通事件管理手冊」中提到事件的定義為：「導致道路容量減少或異常需求增加的非重現性的狀況(any non-recurring event that causes a reduction of roadway capacity or an abnormal increase in demand.)」。根據這樣的定義，事件包括交通事故、車輛故障、散落物、道路養護維修以及其他非緊急狀況(球賽、演唱會)。
2. 美國運輸工程師協會(Institute of Transportation Engineers, ITE) 【6】根據其所出版的交通管理數據字典(Traffic Management Data Dictionary)指出事件為：「非

計畫性並隨機發生而使正常交通運行產生負面影響的狀況(an unplanned randomly occurring traffic event that adversely effects normal traffic operations)」。

3. 由運輸研究理事會(Transportation Research Board, TRB)所出版的美國公路容量手冊(Highway Capacity Manual, HCM)【11】指出事件為：「任何發生在道路上妨礙正常車流的狀況(any occurrence on a roadway that impedes normal traffic flow)」。
4. DIA(1997)【2】認為，事件為車輛事故、車輛故障、道路施工以及其他導致道路設施容量下降的狀況。Srinivasan(2004)【10】，事件為非重現性而中斷車流正常運行的狀況，例如事故、車輛拋錨、散落物以及暫時的道路施工養護。Renuis N. Mussa(1998)【9】，其於論文中並未直接對事件定義，但在其模擬時採用四種事件型態：路肩暫停、一個車道封閉、兩個車道封閉、所有車道封閉。Parkany(2005)【3】，事件為導致交通壅塞或中斷的非重現性狀況，可視為產生事件的原因包括事故、車輛故障、散落物、油漬滲漏、惡劣天氣、非排定的道路施工養護以及其他影響道路服務的不正常或特殊狀況。

根據上述之文獻對事件的定義，本研究整理出下列共通性：

- (1) 影響車流運作、
- (2) 非重現性、
- (3) 非計畫性、
- (4) 暫時性。

2.1.2 肇事相關之研究

交通發展除了追求有效率的運輸之外，運輸安全同時也是世界各國所共同面臨的運輸難題之一，隨著汽車製造科技的進步，使得車輛駕駛性能不斷提升，運輸安全問題更顯其重要性。道路交通事故係指駕駛汽車或動力機械在道路上行駛，致人受傷或死亡、或車輛財物損壞之事故，分為 A1 類(造成人員當場或 24 小時內

死亡)、A2類(造成人員受傷或超過24小時死亡)及A3類(僅財物損失)等三類。根據我國內政部警政署資料【13】，台灣地區近五年道路交通事故統計資料如表2.1所示。

表 2.1 台灣地區民國 93 至 97 年道路交通事故統計資料

	肇事資料						肇事率 (件數 /萬輛)
	A1		A2		總計		
年度	肇事 件數	傷亡 人數	肇事 件數	受傷 人數	肇事 件數	傷亡 人數	
93	2,502	3,882	134,719	177,860	137,221	141,103	72.83
94	2,767	4,277	153,047	201,704	155,814	205,981	79.81
95	2,999	4,441	157,898	209,875	160,897	214,316	80.11
96	2,463	3,579	161,508	215,921	163,971	219,500	79.95
97	2,150	3,207	164,138	219,363	166,288	222,570	79.56

資料來源：內政部統計處

道路上的交通事故符合事件的特性，包含影響車流運行、非重現性、非計畫性、暫時性，以下針對事故發生以及對於車流影響的相關研究進行回顧。

鄭雅文(1997)【38】認為跟車行為的反應情形可用能量傳遞的觀點來解釋。當跟車車隊是屬於一較不穩定的車流時，即為漸進式不穩定(asymptotic instability)，其能量(如前車減速度)會呈現一擴散的傳遞情形，追撞事件將有可能發生於此一車隊的其中兩輛車之間。因此，只要得知車隊不穩定行為擴散的傳遞率與傳遞震幅，便能於追撞發生前準確地預測其發生點。其認為，造成跟車車隊發生追撞原因可能包括：車隊的交通穩定性、車隊領航車減速程度，以及車輛的跟車間隔大小等因素。

林芳誼(2004)【21】認為對於駕駛動作為變換車道、超車、迴轉、失控、穿越及倒車等的行為時，駕駛者應付出比一般正常行駛在車道中的車輛還要更多的注意；因此若與進行中的直行發生碰撞，通常改變駕駛動作的駕駛者多半負肇事責

任或全部責任，而直行駕駛者若正常行駛原車道而應變不及，那麼則負的肇事責任多為無肇事責任或次要責任。因此將不同的駕駛動作再做細分，如：向右、向左變換車道或向右側、左側超車等，其肇事責任判定上也有所不同。整理出路段同向行車最常見的造成碰撞的駕駛動作及型態，並將各種駕駛動作更加以細分為向右或向左行向變換，可以進一步做為碰撞責任及車損造成嚴重程度分析之基礎：

表 2.2 事故碰撞的運行行為與碰撞型態表

		駕駛動作	
		變換車道	超車
路段 同向 事故	變換車道	向右變換車道	向左變換車道
		路邊駛入車道	駛出車道
		向右側超車	向左側超車
		向右迴轉(同向)	向左迴轉(同向)
	失控	超速失控	爆胎失控
		右斜前穿越車道	左斜前穿越車道
	穿越	右斜前穿越車道	左斜前穿越車道
		倒車	路邊倒車

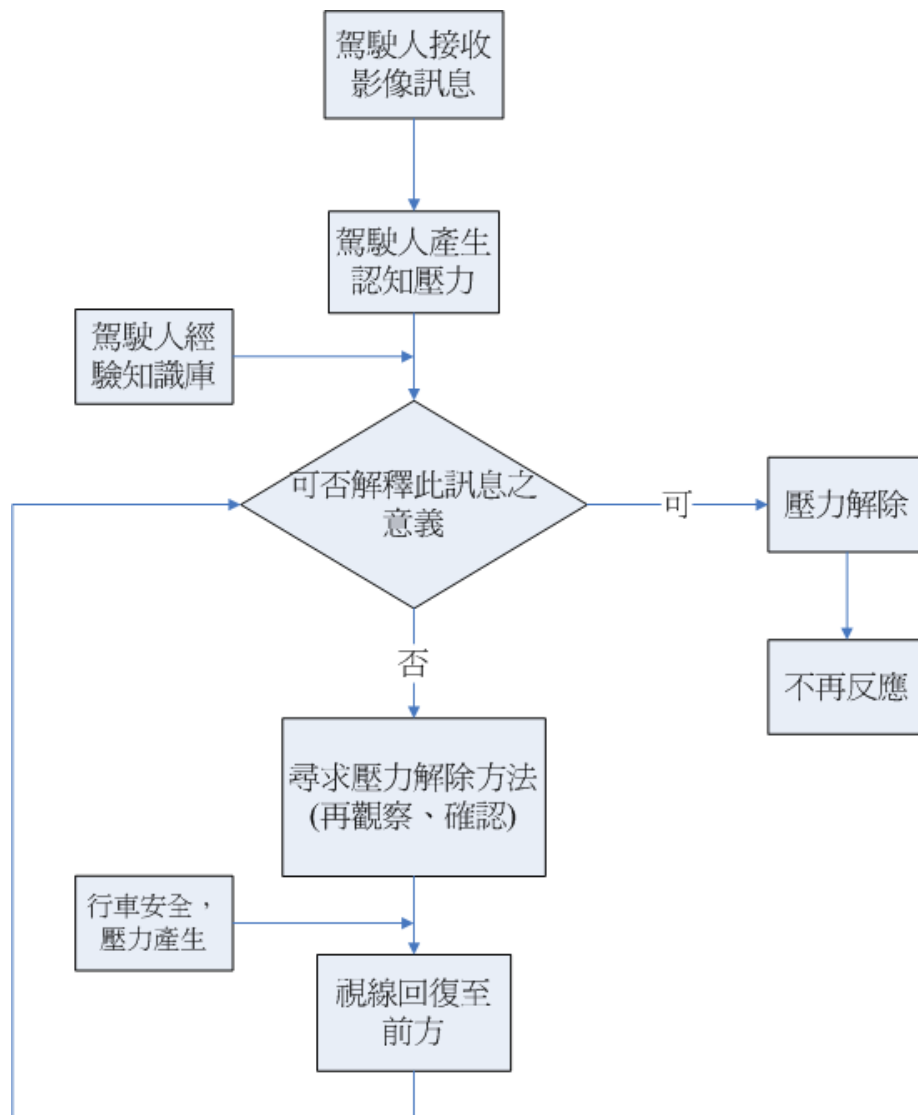
資料來源：林芳誼(2004)

張鈞華(2001)【26】採用車流理論加入事故影響車流情況進行模擬；車流模擬分為路段單車道或多車道事故車流行為與路口車流行為兩部分銜接，探討受到事故影響車流將修正車道內的跟車行為與車道外的變換車道行為模式，及對於變換

車道因素之考量。車流模擬結果得知，路段車輛推進，以一般跟車行為、事故煞車行為與變換車道行為處理；而變換車道決策因素，包含「轉向因素」、「前方車隊速率影響」、「事故因素」與「前方車隊變換車道影響」四項。

陳協昌(2000)【35】建構一非連續性、非線性動態隨機系統，再進一步利用所預測之交通狀態變數，構建動態車流衝擊預測模式，即時預測事故發生的車流衝擊。模式驗證則是利用 Paramics 車流模擬模式產生測試資料，測試結果顯示密度衝擊指標(AK)和受影響車輛與總運行車輛比衝擊指標(WT)均可以反映事故所造成的車流衝擊。

當車流處於不穩定狀態時，容易發生事故。事故一旦產生，勢必對於當地交通造成影響。邱明峰(2006)【20】探討駕駛人在通過事故影響區時，事故會對駕駛人造成的影響，也就是膠頸行為(rubbernecking behavior)。膠頸行為發生於駕駛人經過事故地點，因好奇心驅使而減低行車速度並轉頭觀看交通事故，這種不斷的轉頭看交通事故和回復看前方路況的現象，即為膠頸現象，如圖2.1所示。而且，膠頸現象不只是會發生在事故發生時，一般在高速公路兩旁的廣告看板，或是行車資訊看板，由於駕駛人想了解其中的訊息，因而產生膠頸行為，這樣子也可能讓駕駛人因視線轉移無法注意前方路況，而容易造成事故或二次事故。



資料來源：邱明峰(2006)

圖 2.1 膠頸行為流程圖

方志文等人(2004)【14】認為有關衡量膠頸行為對道路容量之影響，均是由利用監視器來觀察車流經過事故地點之變化而得，是屬於巨觀(macroscopic point of view)之觀察，並推測道路容量的減少是由於該行為所引起。然而，巨觀的觀察車流的變化無法確認駕駛人膠頸行為是否發生，而且很難去追蹤個別車輛(駕駛人)的間距保持情形，特別是在車流擁擠的情形下，後車的影像可能會被前車(例如大卡車、巴士等)所阻擋。在跟車情形下經過事故地點時，駕駛人之視線除了注

視前車之狀況與車內儀表板等外，其視線也可能會被事故影像所吸引，而無法察覺駕駛人與前車間相對速率之變化。利用汽車駕駛模擬器來觀察記錄駕駛人經過路側之事故地點時，對其行車控制之間距保持的能力。主要發現為駕駛人的行車間距保持之控制與車速、駕駛人事先有無事故資訊種類有關。同時，駕駛人在經過事故後之間距控制能力比未經過事故前較為穩定。在實驗中發現，事故資訊的提供扮演著很重要的角色，若受測者並不知道前方有事故發生，絕大部份的受測者直到看到事故影像時，才會開始減速。因此，道路容量的減少並不全然是歸因於膠頸行為之故，駕駛人預期前車會減速而降低車速以增加安全邊界，同時駕駛人知道前方有事故而減低車速，才有較多的時間去尋找事故，也是原因之一。

2.2 指標

在各種不同道路等級、橫斷面配置、車道寬度下，如何將此道路環境之車流狀況，作一個公正與合理的評估，建立一套可作為互相比較之標準，則需透過指標之方式，才能加以評估，主要分析車流之效率與安全兩項來探討之。

2.2.1 效率指標

效率指標在此是用以衡量道路上的車流狀況，了解在此道路服務下效率之好壞。一般衡量一道路系統的指標有平均旅行速率、車流密度、佔有率、服務流率、保留容量和V/C與服務水準，以下針對各個指標進行回顧。

1. 平均旅行速率

速率是駕駛員最關心之績效指標，速率之高低不僅可代表車流的順暢程度，且在速率-容量-密度之關係圖中，車流量小、車流狀況單純、車流秩序順暢，則會有較高的行駛速率。

在台灣 2001 年公路容量手冊【17】中，車流之平均旅行速率是指一固定之距

離除以平均旅行時間，其值可估計為：

$$V = \frac{NL}{\sum t_i} = \frac{N}{\sum \frac{1}{u_i}}$$

此式中，V=平均旅行速率

N=車輛樣本數

L=行車距離

t_i=車輛 i 之旅行時間

u_i=車輛 i 之平均速率

2. 車流密度

密度為單位長度內之車數或單位面積內之人數。車流之密度須利用一相當長的路段以訂定，所以不容易在現場直接衡量。因此，一般交通機構通常利用偵測器估計佔有率以取代密度。

3. 佔有率

公路容量手冊(2001)【17】對佔有率之定義為一特定時間內(如1分鐘或5分鐘)一小路段被車輛佔據的時間百分比。假如在5分鐘內一小路段被車輛佔據的時間為3分鐘，則佔有率為 $3/5 \times 100\% = 60\%$ 。衡量佔有率最常用的工具為感應線圈偵測器(inductive loop detector)，其長度為1.83公尺。一般而言，密度越大佔有率也越大，此兩參數之理論關係如下

$$D = \frac{10K}{L_v + L_D}$$

此式中，D=密度(輛/公里)

K=佔有率(%)

L_v=平均車長(公尺)

L_D=偵測區長度(公尺)

4. 服務流率

流率為單位時間內通過一定點的車輛數或人數，其值等於一時段內流量在單

位時間內之對等流量。在公路容量手冊(2001)【17】中，將流率分為需求流率及實際流率。需求流率之定義為欲通過某一定點的流率，為道路在規劃時之設計需求值。而實際流率則代表在現場可觀查到之流率或可通過一設施之流率，也可稱為此道路真實提供車流通過之服務流率。

服務流率之調查，可顯示此道路之服務情況。當服務流率越高時，則代表此道路系統在單位時間內能服務較多之人或車，讓其通過此一路段；反之，若是服務流率低，則代表此道路系統之服務效率低，但是服務流率之大小還需斟酌此設施所提供之車道數，才能作一公正之比較。

5. 服務水準

以服務水準作為市區道路效率之評估，是目前國內交通相關單位評估道路服務績效好壞之最主要考量。「服務水準」是一種難懂的觀念，最早由1965年HCM 引入交通工程分析中，其定義為：

服務水準是用來指示一道路或車道在不同交通量下所發生許多不同組合運行狀況的一個名詞，其是一個受許多種因素影響的一種質的量度，這些因素包括速率，旅行時間、交通干擾，操作的自由度、安全性、駕駛舒適及方便、營運成本等。

就上列定義，在1967年由ITE Technical council 歸類如下三點：

- (1) 服務水準是一種質的量度。
- (2) 其受無限多個因子 (factor) 之影響。
- (3) 實際定義服務水準時，則只選其中幾個因子來決定。

依據服務水準的定義，服務水準是一種多元化的衡量指標，其決定因素涵蓋定性及定量兩方面的因素，可歸納如下：

- (1) 速度與旅行時間
- (2) 交通干擾與阻礙 (利用每英哩停止數目、延滯、車速變化)
- (3) 駕駛操作的自由度

(4) 安全度肇事及潛在危險 (天雨時)

(5) 駕駛舒適及方便

(6) 經濟性

6. 容量使用率(v/c)值

容量使用率是現在的流量與設施容量之比率，可用以檢視是否此道路設施之容量是足夠的。當然，所有的交通設施是被設計為足以容納現有的交通需求，故多半其v/c值應小於1。

在交通工程書(1998)【15】上提及，當要評估v/c值時，必須了解車流量(v,指flow rate)之來源與設施之容量。車流量可視為交通之需求，可能包含真實的到達車流與其他因壅擠而來自於替代路線之車流量。

若是當v/c值大於1時，則代表道路之容量不足以負荷道路之車流，則道路上則容易形成停等車隊，產生塞車之擁擠現象，因此v/c值也可以作為道路服務水準評估之指標。

7. 密度-流量-速度 關係

在巨觀車流模型中，車流所包含之三個參數為密度、流量與速度，其關係圖如圖2.2所示。



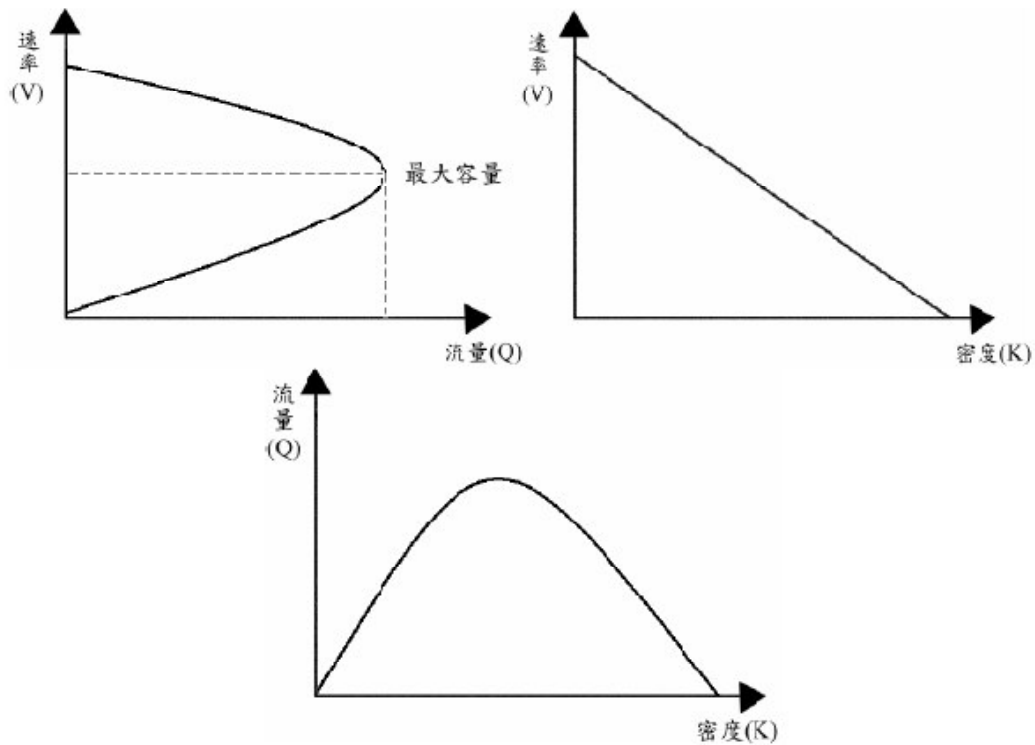


圖 2.2 密度、流量、速率曲線圖

依據May(1990)“Traffic flow fundamentals”【1】一書中，將道路之車流作巨觀車流之分析，在速度-密度關係圖可以找出車流最大流率；在速度-流量關係途中，可以找到擁擠密度以及最佳密度；在流量-密度圖中，可以求得自由流速度以及最佳速度等。

2.2.2 安全指標

以往之道路設計皆以旅行時間等效率指標作為設計之依據，但當車流越擁擠、交通環境越複雜時，造成許多之事故產生，令人回頭思考交通安全應該為道路設計之主軸。

1. 肇事分析

許多的研究以當地肇事情況作為主要安全分析之探討。根據現有各種不同道路路型下，經由各種不同車道種類與車道寬度下，可藉由肇事情況，分析在各種路型與車道寬之安全，進而探討不同之車道寬設計對於肇事之影響。

在賴淑芳(2004)【40】之研究中，為瞭解路型對安全性之影響，研究係以肇事率法進行各路段之肇事率分析。作者蒐集2003年臺北市主要幹道之路段屬性及肇事資料，利用迴歸分析方法，建立路型與肇事率之關係式，進一步探討路型對於肇事率之影響。在安全分析方面以每百萬車公里之肇事率作為安全性指標；以每百萬車公里之肇事死傷率作為事故嚴重性指標。其計算公式如下所示。

肇事率=事件數/百萬車公里

肇事死傷率=死傷人數/百萬車公里

且目前肇事指標的應用主要是在易肇事地點的判定上，主要有下列八種：

- 一、 肇事次數法 (Accident Frequency Method)
- 二、 肇事率法 (Accident Rate Method)
- 三、 品管法 (Rate Quality Control Method)
- 四、 風險分析法 (Risk Analysis Method)
- 五、 肇事嚴重性法及嚴重性比率法 (Accident Severity Method & Accident Severity Rate Method)
- 六、 績點指標- 修正品管法 (Modified Accident Quality Control Method)
- 七、 危險潛因法 (Potential Hazardous Factor Method)
- 八、 矩陣法與多段篩選法 (Matrix Method & Screening Method)

肇事指標在應用上，其肇事資料須進行長期性的紀錄，無法進行短期甚至即時性的反應，而評估結果仍然須要人工來判斷肇事原因，故在本研究中無法應用於車流安全之觀察中。

2. 車團型態安全評估

黃壬信(1990)【24】以電腦影像偵測的方式，對道路上之車流進行交通控制參數之研擬。其所擬定之新交通控制參數如下所示：

1. 自由度指標 (Freedom Index)：顯示車團駕駛人舒適自由的空間。

2. 分散度指標 (Extensive Index) : 顯示車團的散亂 (擴散) 行為。
3. 交織面指標 (Overlay Area Index) : 顯示混合車流的潛在危險。
4. 撓折度指標 (Curvature Index) : 顯示車團的排序是否有概念。
5. 移動判定指標 (Movement Judgment Index) : 顯示車團是否順暢無阻的移動 (前進), 或者受到意外事件的阻擋。其對車團的定義為: 「在 t_i 時間下, 某一特定範圍 (常是幹道的一段, 與拍攝範圍有關) 中, 一群車輛所做集結、擴散、交織等運動的型態」。其所提出之指標中一項描述衝突型態的交織面指數, 利用成長三角形鏈結, 成為一個「型態 (Type)」, 再計算不同車種 (機車與汽車) 的型態交織面的面積, 之後將此面積除以車輛數而成為交織面指標 (Overlay Area Index, OAI)。其認為OAI 值越高, 代表機車與汽車的平均交織範圍越大, 潛在衝突越大。作者在此欲以「面」的交通控制觀念取代以往以「點」之交通衝突作為安全之評估。

而許敦淵(2001)【32】在文獻回顧中, 對此項方法提出了交織面指標具有以下之缺點:

- (1) 外圍單獨車輛拉大交織面面積, 容易造成指數高估。
- (2) 無法描述路段不同位置的機車分佈位置的差異, 當機車呈車隊形式的偏向行為時, 其交織面指數並無法描述出此現象。

3. 交通衝突

交通衝突研究的起源是美國通用汽車公司 (General Motors Corporation) 於西元1967 年發表的「交通衝突技術」 (Traffic Conflict Technique, TCT)。其利用此技術於衡量交叉路口潛在的危險性。

交通衝突技術使用在交通安全評估上大部分是使用在交叉路口。其中少部分研究也將之應用於路段(1981), 主要是以交通衝突次數以及交通衝突比例 (交通衝突次數除以交通量) 兩個指標為主。

交通衝突應用於混合車流時, 衝突的量測方式就顯的相當重要。通用公司

(Gengral Motor)對此的認定方式為「駕駛者採取煞車行為或迂迴閃避，亦可從車輛之煞車燈亮熄與否來判斷」，但事實上煞車行為不一定是遇到衝突；在考慮機車時，判斷方法就顯的更為複雜。

機車操控性非常靈活，偏向行為頻繁車與車間保持的距離也很近，因此將交通衝突技術用在機車上，以偏向與否來判斷衝突會產生衝突次數高估的現象，以煞車與否來判斷則會發生低估的情形，因為機車遇衝突不一定減速。

4. 車流秩序指標

(一)方向亂度

a. 方向亂度之定義

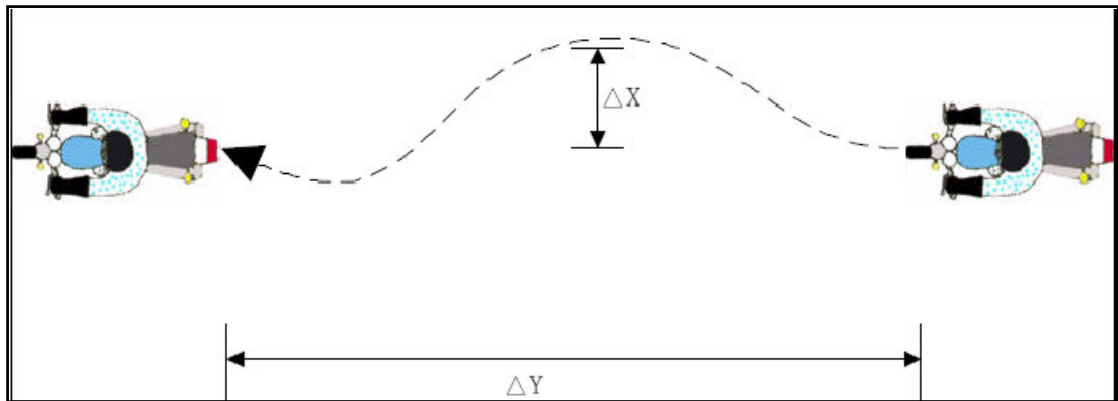
所謂方向亂度為前進單位縱向（Y）位移內之橫向（X）位移量，公式如下：


$$D = \frac{\Delta X}{\Delta Y}$$

D=方向亂度

方向亂度在許添本、葉源祥(1994)【28】之研究中指出，為求儘量避免機車於單位縱向位移內變換兩次行駛位置之後回到原橫向位置，導致亂度值為零，如圖2.3，以及考量拍攝與觀測可行性，其研究建議將亂度值之縱向單位長度訂為10公尺，橫向觀測單位長度則以1公尺為單位。

作者並強調調查時間宜採用白天之時段作攝影調查，本研究將結合資料處理程式將道路車流之相對位置之值作讀取之工作，以便測得此方向亂度之值。



資料來源：許添本等人(1994)

圖 2.3 亂度誤判示意圖

作者認為其可能之結果：

1. 汽機車混合比越高則機車方向亂度有降低的趨勢
2. 大型車交通量越高則方向亂度有增加的趨勢
3. 機車越接近路口，平均方向亂度越大
4. 機車在機車專用道上平均方向亂度值小於在汽車道上
5. 機車混合比高時，混合車流中機車平均行駛速率高於汽車。

若是道路上，機車車流之行車秩序越亂，即方向亂度越高時，代表機車變換軌跡之頻率頻繁，極容易與周遭側向之車流發生擦撞之事故，具有高度危險之安全疑慮。

b. 方向亂度調查方式

方向亂度之調查方法有以下兩種形式：

- (a) 在路段上取一段縱向距離（約10~20公尺），分別記錄機車通過此區域第一斷面與第二斷面的位置，將兩個值相減取絕對值後除以該區域的長度再乘以10，就可以得到此部機車的方向亂度值（公式如下）。如圖2.4，此種方式僅能代表機車在通過該區域的橫向位移變化，並無法代表其在整個路段上的橫向位移情形，因此可以用來觀測某一特定設施（位置）對機車橫向位移的影響。

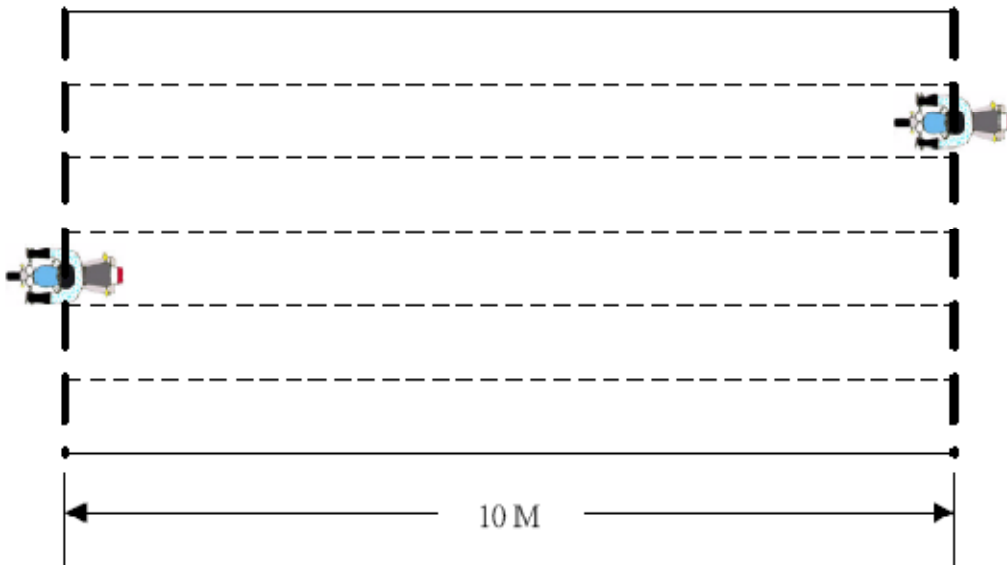
$$D = \frac{|S_1 - S_2| \times U}{L}$$

此式中，D=方向亂度(一般以m/10m為單位)

S=橫斷面虛擬車道編號

L=觀測區長度

U=方向亂度縱向位移單位長度(一般取10m)



資料來源：許添本等人(1994)

圖 2.4 方向亂度觀測方式一(圖中 D 值為 2m/10m)

(b) 第二種方式則是先將觀測路段劃上座標(以1公尺為單位)，如圖2.5。之後紀錄進入觀測路段的機車其相同時間間隔下(約0.5秒)的橫向與縱向座標〔(Xi,Yi)，i代表時間序列〕，再將每一組座標值取 $\Delta X/\Delta Y$ 的絕對值(軌跡斜率m)之後相加取平均值在乘以10，即為該部機車在此區域的方向亂度值。此種方式可以描述出機車在整個路段上的軌跡，因此可以表示整個路段的車流秩序，並可比較不同位置的差異。

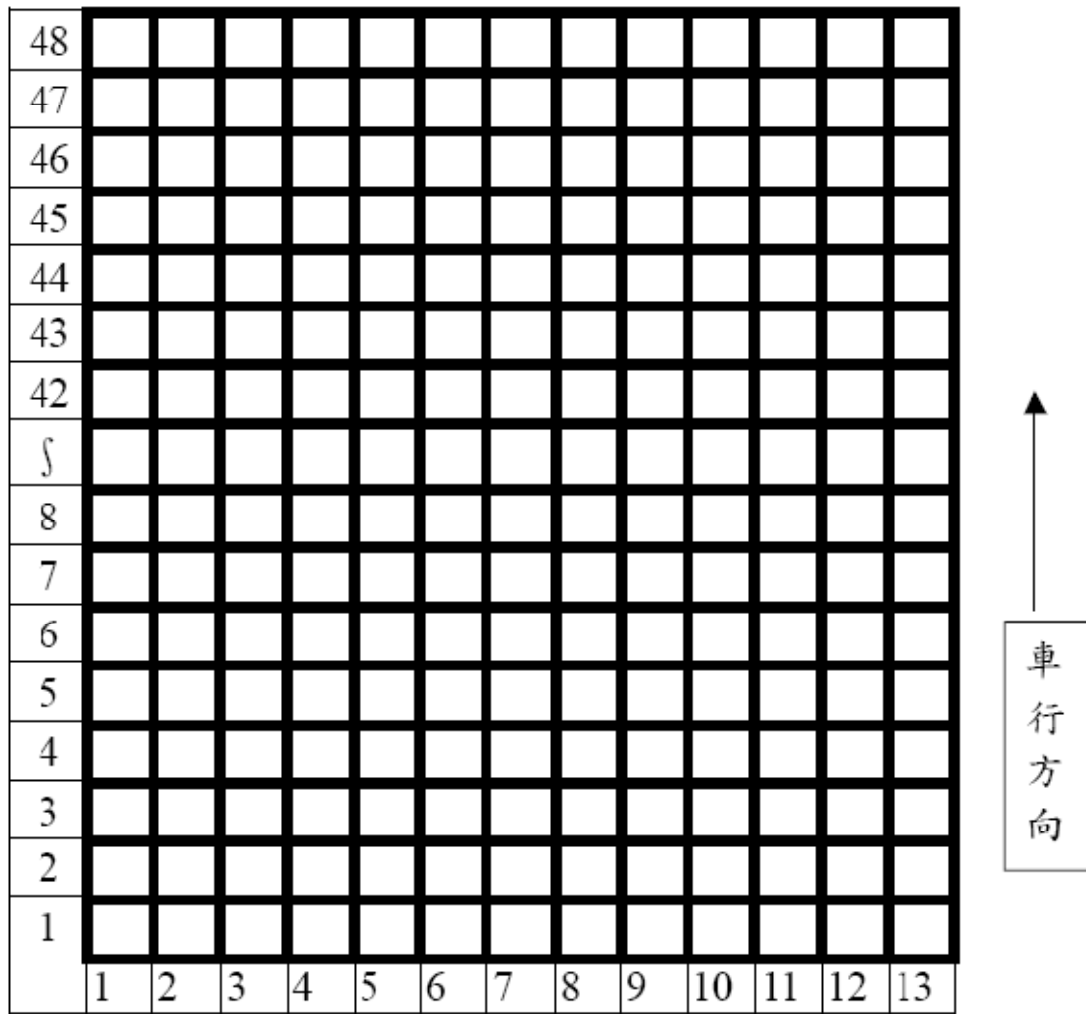
$$D = \frac{\sum |m_i| \times U}{i}$$

此式中，D=方向亂度(一般以m/10m為單位)

m=軌跡斜率

U=縱向位移單位長度(一般取10m)

i=時間序列



資料來源：許添本等人(1994)

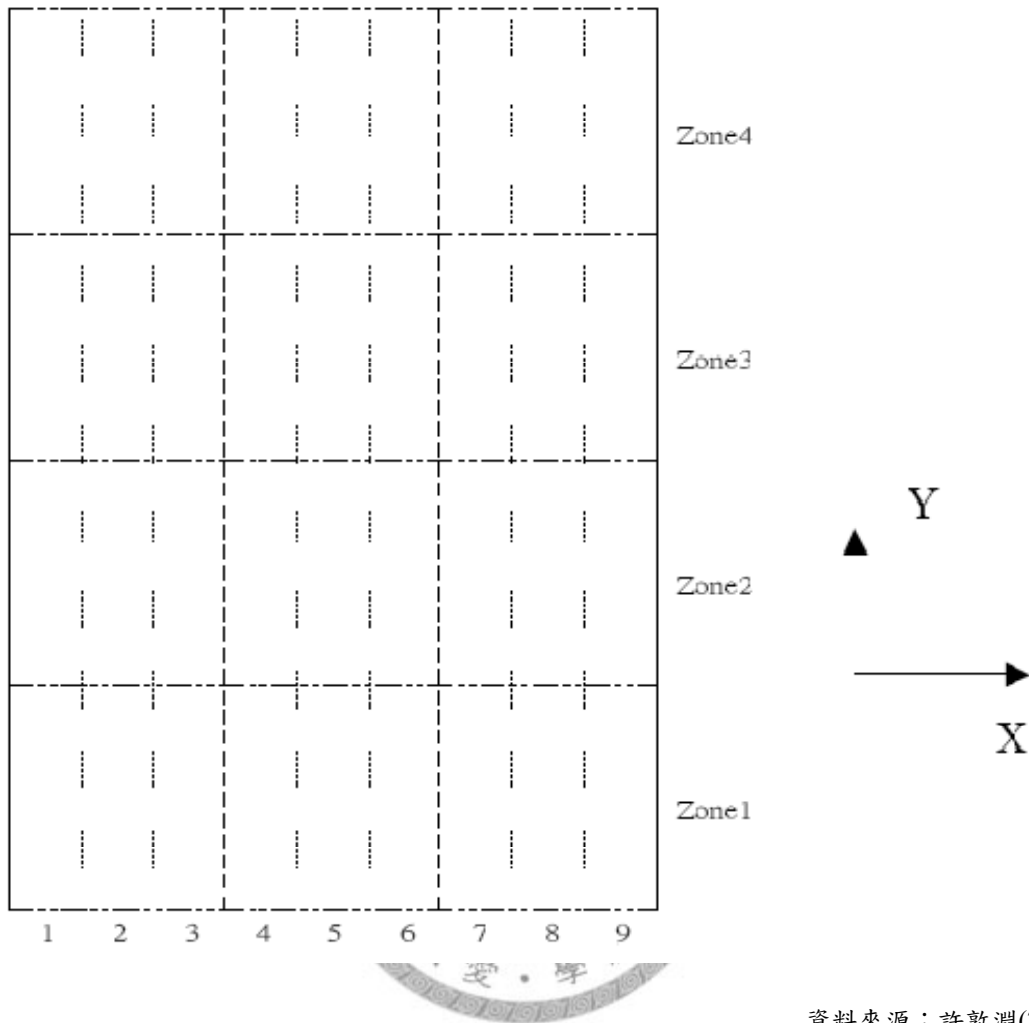
圖 2.5 方向亂度觀測方式之二

2. 虛擬車道變化量

a. 虛擬車道變化量之定義

機車行進時，由於位置之變化較為複雜，並無法如汽車以既有之車道作分析，因此許敦淵(2001)【32】建議必須將車道作一切割成為「虛擬車道 (Dummy Lane)」，如圖2.6。若將車輛行進縱向定義為Y 軸，橫向定義為X 軸，道路形成一個二維座標系統，X 座標代表即為其虛擬車道編號。每一單位所代表的實際長度越小，則可描述的機車位置變化精度越高，但考量機車約0.8 公尺的靜態車寬及實際錄影觀測之可行性，對機車車流的觀測以一公尺為虛擬車道基

本單位，此虛擬車道就可以表示機車所行駛的橫向位置。



資料來源：許敦淵(2001)

圖 2.6 虛擬車道與分區示意圖

而為了表示機車在不同縱向位置的橫向分佈差異，必須要將整個路段分區來計算。因此遂有「虛擬車道變化量(ΔDL)」之說產生。「虛擬車道變化量(ΔDL)」是延續「方向亂度」的概念，用以計算車道上機車所在位置分佈的差異程度。其計算邏輯類似車流模擬中的「格位推進法」的方式，先給予車道分區的座標系統，再來計算車道使用的情況。

圖中Y軸之縱向分區 (zone) 則是為了計算不同分區中機車行駛之橫向分佈差異，分區數目可視路段長度作一調整，但應儘量避開交叉路口與路段中之號誌，減少機車因路口停等位置所造成之偏移現象。而分區長度則應儘量避免機車足夠

進行兩次偏移與跨越分區之時間。虛擬車道變化量之計算方式如式及以下四個步驟，虛擬車道編號以*i* 表示，共*n* 個虛擬車道；分區編號以*j* 表示，共*m*個分區 ($m \geq 2$)。

b. 虛擬車道變化量之計算

ΔDL 計算步驟：

1. 計算各分區 (zone) 之各虛擬車道機車數，得到*j* 組*N*₁到*N*_{*n*}。
2. 將各組*N*_{*i*}除以各分區之總機車數*N*_{*j*}，得到各區虛擬車道之機車佔各分區之百分比。
3. 將前後相鄰區虛擬車道之機車百分比相減取絕對值後加總，得前後相鄰區之虛擬車道變化量。
4. 將所得之前後相鄰區變化量相加即得總虛擬車道變化量。

公式：

$$\Delta DL = \sum_{j=1}^{m-1} \sum_{i=1}^n \left| \frac{N_{i,j}}{\sum_{i=1}^n N_{i,j}} - \frac{N_{i,j+1}}{\sum_{i=1}^n N_{i,j+1}} \right|$$

此式中， ΔDL =總虛擬車道變化量，其最小值為0，最大值為 $2 \times (m - 1)$ 。

N=車輛數

i=虛擬車道編號，*i*=1~*n*

j=分區編號，*j*=1~*m*， $m \geq 2$

而上述兩者車流秩序指標之比較，分析如下：

- 方向亂度：機車單位縱向位移之橫向位移量。
- 虛擬車道變化量：路段中，不同縱向位置之機車分佈比例差異量。

在參數的基本概念上，兩者其實都是希望描述機車在行駛位置上的改變狀況。但方向亂度所計算的是「相同機車」的橫向位移程度，而虛擬車道變化量則是計算「不同機車」前後位置橫向分佈的差異程度。因此方向亂度可以直接反映出機車實際的位移狀況，而虛擬車道變化量則是在「若無干擾因素，則機車應沿著其

原來位置行駛」的假設下來計算。

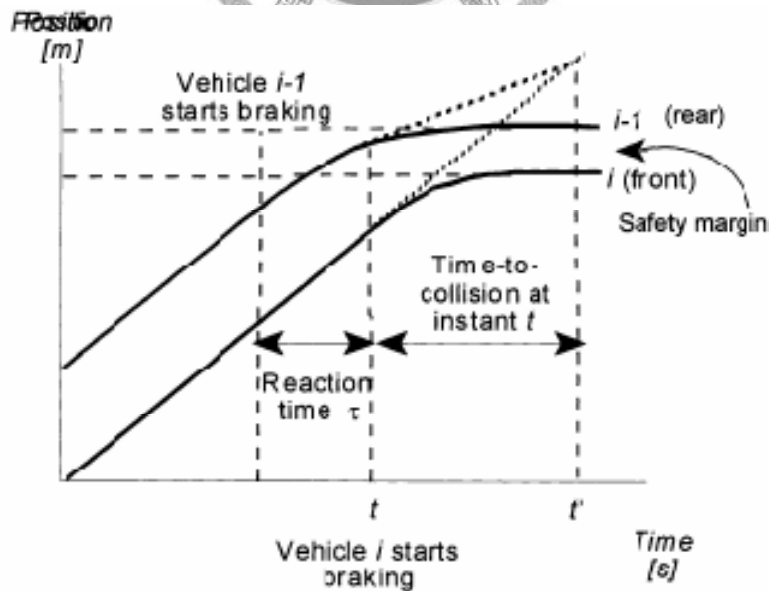
但在實際使用上，兩者目前均無法經由偵測器取得，因此實際觀測上均必須經由車流錄影帶來進行人工讀值作業，所以在尺度單位上必須遷就人工觀測可行性。以過去經驗，在一般天橋拍攝時橫向位移單位取一公尺較為可行，但若拍攝位置較佳，如大樓垂直拍攝時，則橫向位移單位可取至0.5尺，實際操作仍須視拍攝之畫面而定。

5. TTC 分析法

TTC(Time To Collision) 為一碰撞風險指標，為1971年之Hayward所想出之概念(2001)【8】，TTC值代表兩車之間還剩多少時間就會發生碰撞，當兩車維持一固定之相對速度下，其示意圖如圖2.7所示。因此，TTC即為

$$TTC = \frac{\text{gap}}{\text{relative speed}}$$

故TTC值所代表之含意為駕駛者若維持相同之相對速度下，可預期在往後的TTC時間內，間距即將會縮小為0，產生碰撞之可能，可用以警告駕駛者採取加減速等改善措施，以避免碰撞之事故發生。



資料來源：【8】

圖 2.7 TTC 於車輛軌跡之示意圖

6. 速率變異指標

在安全之評估時，車速越高，駕駛者煞停之時間較低速時需較長之時間，故潛在之危險較大。因此將速率大小亦可作為潛在安全評估之指標之一。再者，車流中車輛之車速變異亦可視為一種安全之指標。車流中車速分佈越分散，即表示車流中車輛速度不一致，而有速差之情況產生。當速差產生，車輛煞車之情況就會增加，而間接增加肇事之風險。

試對車流分佈進行分析，由以下之圖2.8顯示：第一張圖表示最初之車速分佈情況，而第二張圖為車速變異較小之分佈，而第三張圖為平均車速降低之車流分佈，第四張圖為平均車速降低且變異數縮小之分佈。以安全角度觀之，第四張圖之車速平均降低與變異縮小可有較佳之安全。

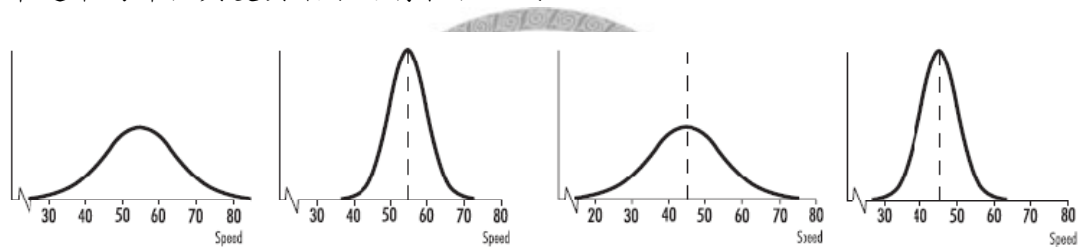


圖 2.8 速度分佈比較圖

在此車流分佈之評估方式，以所包含之最大比例之範圍作比較。例如包含範圍是90%範圍之資料，則可將車速資料作排序之動作，選擇車速位於中間之90%車速，即可找到第5%百分位以及第95%百分位之車速值，將此兩值相減則可找到90%所包含之車速資料。其示意圖如下圖2.9所示，X、Y則為90%車速之端點，其圖中斜線部分則為此道路車速90%之樣本點。

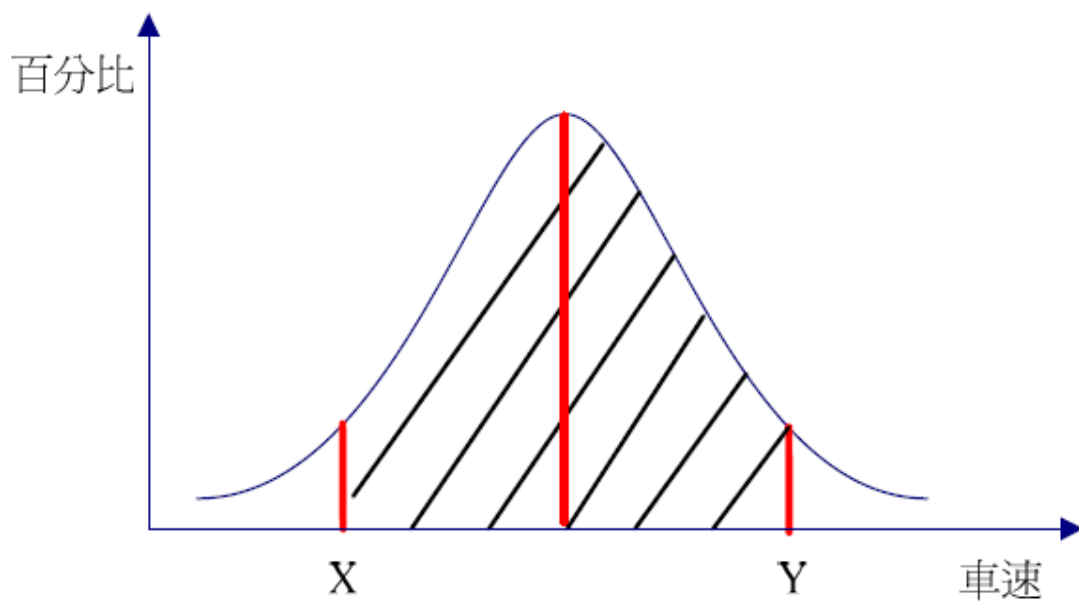


圖 2.9 車速變異範圍圖

此範圍可以顯示大多數之車輛速度為何，避免車速過高與過低之離群值之影響，切確的代表此道路之車流速率。

2.3 熵理論

2.3.1 熵理論回顧

熵是一個極重要的物理量，可將事件的不確定性以定量的形式表現。目前在自然科學和工程技術的許多領域，如物理學、統計學、氣象衛星、通訊工程和資訊工程等，皆有使用熵之理論。

熵(Entropy)的提出是由一位德國物理學家 Rudolph Clausius 於 1865 年提出，他借用希臘文中代表「轉變」一字，即 τροπή，配合「能」的組合，創出 Entropy 一字用以代表物體的轉變含量。Clausius 定義一個熱力學系統中熵的增減：在一個可逆性程序裡，被用在恆溫的熱的總數(δQ)，並可以公式表示為：

$$\Delta S = \frac{\Delta Q}{T}$$

熵原是屬於熱力學(Thermodynamics)上之專有名詞，凡一切屬於能量形式上的變化，無論為物理變化或化學變化，皆屬於熱力學研究的範圍，而熱力學所研究的是熱能與它種形式之能量間相互變換之科學。在熱力學上有兩大定律相當重要，即「熱力學第一定律」及「熱力學第二定律」。其中「熱力學第一定律」又稱為「能量守恆定律」，乃指宇宙間一切物質與能量皆不改變，其無法被創造，也無法被消滅；形式可能改變，但本質永遠不變；換言之，在能量轉換過程中，它不會增加或減少。「熱力學第二定律」則承第一定律並可由所引出之「Entropy 法則」來作解釋，其指出能量由一種狀態轉變為另一種狀態的過程中，有一部份的能量會變成「無用」、「不可回收」的「廢能」，換言之，能量如第一定律所言總量並未改變，但在轉換過程中，我們僅使用了一部份的能量，其餘無用、不可回收的廢能並未消失，但它已無法再作我們所需要的功(work)，而「熵(entropy)」即是對這種無法利用之廢能的一種衡量方式，以此角度來作定義：「熵」即是衡量系統無秩序、混亂或不確定程度之指標。

熱力學家玻耳茲曼(Ludwig Boltzmann) (1872)推導玻耳茲曼方程式，且於1877年隱指玻耳茲曼關係式，賦予熵的統計解釋。由玻耳茲曼關係式可知熵增加過程正是系統混亂度增大的過程。因此，玻耳茲曼關係式揭示了熵的本質：熵代表一個系統的混亂程度。

玻耳茲曼(Boltzmann)發現單一系統中的熵跟構成熱力學性質的微觀狀態數量相關。可以考慮情況如：一個容器內的理想氣體。微觀狀態可以以每個組成的原子的位置及動量予以表達。為了一致性起見，我們只需考慮包含以下條件的微觀狀態：(i)所有粒子的位置皆在容器的體積範圍內；(ii)所有原子的動能總和等於該氣體的總能量值。玻耳茲曼並假設：

$$S = k(\ln\Omega)$$

公式中的k 是玻耳茲曼常數， Ω 則為該宏觀狀態中所包含之微觀狀態數量。這個被稱為玻耳茲曼原理的假定是統計力學的基礎。統計力學則以構成部分的統計

行為來描述熱力學系統。玻耳茲曼原理指出系統中的微觀特性(Ω)與其熱力學特性(S)的關係。

根據玻耳茲曼的定義，熵是一則關於狀態的函數。並且因為 Ω 是一個自然數(1,2,3,...)，熵必定是個正數(這是對數的性質)。可以看出 Ω 是一個系統混亂程度的度量，這是有道理的，因為作為有規律的系統，只有有限的幾種構型，而混亂的系統可以有無限多個構型。例如，設想有一組10個硬幣，每一個硬幣有兩面，擲硬幣時得到最有規律的狀態是10 個都是正面或10 個都是反面，這兩種狀態都只有一種構型（排列）。反之，如果是最混亂的情況，有5個正面5 個反面，排列構型可以有 $C_5^{10}=252$ 種。

根據熵的統計學定義，熱力學第二定律說明一個孤立系統的傾向於增加混亂程度，根據上述硬幣的例子可以明白，每一分鐘隨便擲一個硬幣，經過一段長時間後，我們檢查一下硬幣，有「可能」10 個都是正面或都是反面，但是最大的可能性是正面和反面的數量接近相等。

混亂程度傾向於增加的觀念被許多人接受，但容易引起一些錯誤認識，最主要的是必須明白 $\Delta S \geq 0$ 只能用於「孤立」系統，值得注意的是地球並不是一個孤立系統，因為地球不斷地從太陽以太陽光的形式接收能量。但能認為宇宙是一個孤立系統，宇宙的混亂程度在不斷地增加，可以推測出宇宙最終將達到「熱寂」狀態，因為（所有恆星）都在以同樣方式放散熱能，能源將會枯竭，再沒有任何可以作功的能源了。熱寂：根據熱力學第二定律，每個孤立系統的熵會不斷趨向最大，由有序趨向無序，當熵值到達最大值時，表示系統的其他有效能量已經全數轉換成熱能，所有物質溫度達致熱平衡。這個狀態稱為熱寂。

Bertalanffy (1968) 首將「熵」的觀念應用於社會科學領域中，其於提出的一般系統理論中指出封閉系統若不能從外部取得物質能量，將會單向地趨於熵增大的無序狀態。因此可知「熵」應用於一般系統理論的解釋亦為一種系統趨向於混亂或衰亡的傾向。

在社會科學領域中，Entropy 一詞最早應用於資訊管理中的原始訊息論，創始人為美國貝爾電話研究所的Shannon，其於1948年把一定總和事件中偶然事件或一系列事件訊息出現之不確定程度當作熵的度量，理論指出系統具有開放性—系統能與外界系統作能量與資訊之輸入、轉換及輸出；能量、資訊的轉換具可逆性(即「負熵」的引進可減低因熵所產生的混亂程度)，在上述基礎下以訊息各種可能出現之機率來推導出訊息熵的模式，其所提出訊息熵的數學模式對企業的資訊處理與通訊技術有很大的影響。

在管理實證上引用的熵已非原先熱力學上的熵，而是Shannon於1948年提出「資訊理論」上的熵。資訊理論中，Shannon將訊息(message)視為一編碼轉換(transformation)或移動(shifting)的過程，在每個時間點下，使用相同的法則或映射(mapping)，產生連續編碼值(coded values)，反映此過程的隨機變數定義在一機率空間 (Ω, P) 上， Ω 為訊息空間(message space)，表示各種可能出現的訊息所成的集合， P 則是訊息出現機率之測度(probability measurement)。

假設 Ω 中某訊息 i 有一相對應的機率為 P_i ，進一步地Shannon將「資訊」(information)定義為：傳輸過程中要辨識某訊息平均所需使用到的代碼長度。計算這個長度的方式可解釋如電腦中以0與1作為表達的形式，則 N 個訊息至少需要 $\log_2 N$ 個字元才能表達此訊息集合，而假設每一訊息 i 出現的機率為 P_i ($P_i=1/N$)，則可得訊息量 I 如下列公式：

$$I = \log_2 N = \log_2(1/P_i) = -\log_2 P_i$$

上述公式若以自然對數表之，則可表示為訊息量 $I = -k \ln P_i$ (k 為對數轉換常數)，由於訊息空間 Ω 內各訊息出現機率不同，故計算傳輸 Ω 所使用的平均訊息量(或稱平均代碼長度)可表為 $-k \sum_{i=1}^N P_i \ln P_i$ ，即訊息空間之平均訊息量的測度，通常寫成下列公式：

$$H(P) = -k \sum_{i=1}^N P_i \ln P_i$$

上述公式的 $H(P)$ 即是Shannon 的熵，明顯地，Shannon 的熵是隨機變數 I (訊息量)的期望值，反映了訊息傳輸的平均訊息量。由上式可知計算 $P_i \rightarrow 1$ ，則 $H(P) \rightarrow 0$ ，即訊息出現的機率愈大則熵值愈小，表示了當出現某種訊息愈確定，則傳輸之平均訊息量愈少，亦即訊息出現的規則性愈大，不確定性程度低；具體涵義為，測度一事件訊息之多少，稱為訊息量，訊息量有兩個特徵，首先是一個可能事件所包含訊息量是由該訊息發生之機率決定，發生機率愈大，所包含之訊息量愈小，反之，發生機率愈小，則所包含之訊息量愈大；其次，事件之訊息量具有可加性，若兩個相互獨立之事件同時發生，其總和訊息量為各事件訊息量之和。

前述第一個特徵決定了訊息量為機率倒數之函數，第二個特徵則決定機率函數應取對數函數，此乃由於對數運算，可將機率的乘積關係轉換為加總關係，兩點特徵涵義也與Boltzmann熵的觀念相同，即系統中每一氣體分子分佈狀態的個體狀態來定義總體狀態，如個體狀態數目愈多，則意謂系統內部各種情況愈多，系統則較為混亂，故Entropy 可用來衡量一個系統失序或混亂程度的指標。

Shannon所定義的熵更能解釋在巨觀的環境中微觀參數的資訊。因此，本研究欲應用Shannon 所定義之資訊熵。

2.3.2 熵理論於交通運輸方面之應用

熵的應用除了在物理學、統計學、經濟學及工程領域之外，也逐漸被應用於運輸領域上，熵理論的運用主要可分為最大熵理論、熵值權重法，以及熵參數應用。

1. 熵值權重法

熵值的應用之一為熵值權重法，此法是引用熵值觀念求算各方案之間的相對權重，乃屬於較客觀的準則權重求算法。先從各個準則對每一方案的實際值得出的熵值，來表示該準則對整個決策狀況所傳遞(transmit)的決策資訊(decision information)之程度，此程度是指傳遞資訊的不確定性；之後，再求取相對權重，

即比較每一準則後，求得彼此間的相對重要性，其步驟如下：

(一) 計算評估矩陣表中 X_{ij} 的接近程度 d_{ij}

在評估矩陣表內，如一評估準則對各方案的得點(scores)差異越大，表示此準則的顯著差異強度(contrast intensity)越大。此外，因各個準則間的實際值之單位有所不同，故應先抽離單位，其方法是在同一準則中的績效值，選出最大的為理想點(ideal point)，再把此一準則中的各個實際值除以理想點之值，即為各點距離理想點的接近度 d_{ij} ，且 d_{ij} 的值在 0 與 1 之間，其計算公式如下：

$$d_{ij} = \frac{X_{ij}}{X_i^*}$$

其中 $X_i^* = \max(X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{in})$

$$0 \leq d_{ij} \leq 1$$

X_{ij} ：第 j 個方案，第 i 個績效值

(二) 將 d_{ij} 正規化成發生機率 P_{ij}

$$P_{ij} = \frac{d_{ij}}{D_{ij}}$$

其中 $D_{ij} = \sum_{i=1}^m d_{ij}$

$$i = 1, 2, \dots, m$$

$$0 \leq P_{ij} \leq 1$$

(三) 再將 P_{ij} 計算每一準則的熵值 e_i

$$e_j = k \sum_{i=1}^m P_{ij} \ln P_{ij}$$

其中 $i = 1, 2, \dots, m$ ， $j = 1, 2, \dots, m$ ， n 為指標數

$$k = \frac{1}{\ln(n)}$$

熵值 e_j 代表第 j 項方案中，所能傳遞決策資訊程度的不確定性。若設定準則可透露決策資訊的最大程度值(即可完全傳遞決策資訊)為 1，最小程度值為 0，則不確

定性 e_j 值應為0 至1 之間。為了使 e_j 能介於0 和1 之間，K 值應取H 最大值(H_{\max})的倒數。而K 值的計算，如下：

$$H_{\max} = -k \sum_{i=1}^m P_{ij} \ln P_{ij}$$

$$H_{\max} = -kn \left(\frac{1}{n}\right) \ln \left(\frac{1}{n}\right)$$

$$H_{\max} = -k \ln \left(\frac{1}{n}\right)$$

$$K = \frac{1}{\ln(n)}$$

當 $P_{ij}=1/n$ ，(H 為最大時所發生機率分配為均一分配， $j=1, 2, 3, \dots, n$)

所以，由此可知熵(e_j)值的特性為：

1. 熵值越大，代表第j 項方案所透露的訊息越少。
2. 熵值等於1 時，表示此準則沒有辦法傳遞資訊。

(四)準則間相對權重 λ_j 之計算

在求取準則間相對權重之前，各準則傳遞能力的的不確定性應先扣除，即扣除 e_j 值，故得出準則傳遞決策資訊的確定程度為 $(1-e_j)$ 。爾後，再計算準則間的相對重要性(即權重值 λ_j)，其公式為：

$$\lambda_j = \frac{1 - e_j}{n - E}$$

其中 $\lambda_j = i$ 項方案的權重

$$E = \text{總熵值} = \sum_{j=1}^n e_j$$


2. 最大熵理論

另一熵值的應用為最大熵理論，最大熵理論主要應用於運輸規劃領域。以往在預測旅次分佈大多使用引力模式，該模式乃透過引力定律方式，預測各分區往來的流動旅次，以完成旅次起訖表，但有許多人認為引力場與產生旅次之間並無

關係，因此以引力模式解釋旅次的分佈引起許多爭議。針對此問題，Wilson(1970)透過最大熵方式導出一套可說明引力模式的模式，使引力模式更具有理論基礎。Wilson 假定一都市一群旅行者從事某一目的的旅次行為為一 T_{ij} 矩陣，其旅次分佈有極多種可能，因此有不同的 T_{ij} 矩陣，其排列方式總數如下式：

$$\text{旅行分佈排列方式總數} = \frac{T!}{\prod T_{ij}!}$$

表 2.3 旅次分佈排列模式

	1	2	•	•	•	n
1						P_i
2						
•						
•						
•						
N						T

資料來源：凌瑞賢(2001)

並透過一些基本假設進行求解，包括旅次總產生量必須為不同交通分區旅次產生的總和；旅次總吸引量為不同分區旅次的加總；以及總旅次成本為分區內所有旅次的成本加總。Wilson 假設這些旅次分佈發生的機率相同，在此狀況下熵值最大，並透過概似函數 (Lagrangian multipliers) 方式求解。

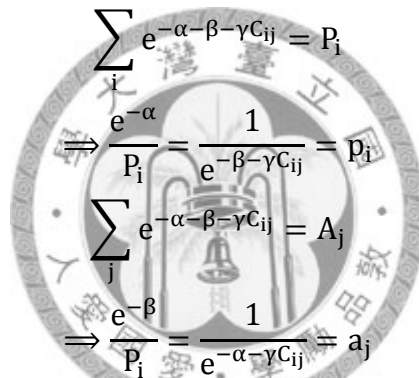
$$\begin{aligned} & \text{Max } \frac{T!}{\prod T_{ij}!} \\ & \text{Subject to } \sum_i T_{ij} = P_i \\ & \sum_j T_{ij} = A_i \\ & \sum_i \sum_j T_{ij} C_{ij} = C \end{aligned}$$

$$\text{Max } W + \alpha \left(\sum_j T_{ij} - P_i \right) + \beta \left(\sum_j T_{ij} - A_i \right) + \gamma \left(\sum_i \sum_j T_{ij} C_{ij} - C \right)$$

再透過Stirling 近似值求解，便可推導出極大熵模式。不同於引力模式，該模式是以統計基礎建立，並非由物理模式所建立。

$$\begin{aligned} \ln N! &= N \ln N - N \\ \Rightarrow \frac{\partial \ln N!}{\partial N} &= N \cdot \frac{1}{N} + \ln N - 1 = \ln N \\ \frac{\partial W}{\partial T_{ij}} &= -\ln T_{ij} - \alpha - \beta - \gamma C_{ij} \\ \Rightarrow T_{ij} &= e^{-\alpha - \beta - \gamma C_{ij}} \end{aligned}$$

再將 T_{ij} 帶回限制式，便可求得



$$\begin{aligned} \sum_i e^{-\alpha - \beta - \gamma C_{ij}} &= P_i \\ \Rightarrow \frac{e^{-\alpha}}{P_i} &= \frac{1}{e^{-\beta - \gamma C_{ij}}} = p_i \\ \sum_j e^{-\alpha - \beta - \gamma C_{ij}} &= A_j \\ \Rightarrow \frac{e^{-\beta}}{P_i} &= \frac{1}{e^{-\alpha - \gamma C_{ij}}} = a_j \\ T_{ij} &= p_i a_j P_i A_j \gamma C_{ij} \end{aligned}$$

上式中， T_{ij} 表示 i 區至 j 區的旅次數； P_i 與 A_j 表 i 區旅次產生數，以及旅次吸引數； p_i 與 a_j 表產生區與吸引區之參數； C_{ij} 為表 i 區至 j 區的阻隔函數。

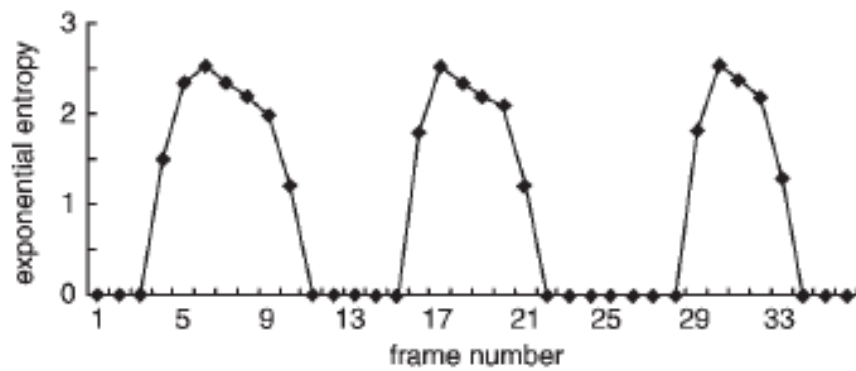
3. 熵參數應用

熵參數的另一項應用主要在於交通工程領域，透過模擬方式或影像處理方式來衡量車流狀況或讀取交通參數，以下分別對不同文獻進行回顧。

Hsu(2004)【5】等人透過影像處理技術監控車流，蒐集車流量、速度，以及車輛排隊長度。其透過熵參數觀念分析影像資料，藉由不同像素 (pixel) 的佔有機率計算各對應的熵值，其計算熵值公式採Pal等人所定義的指數熵公式。此公式可避免資訊熵公式當機率為零時，無法計算的狀況。

$$H = E(I) = \sum_{i=1}^N P_i \exp(1 - P_i)$$

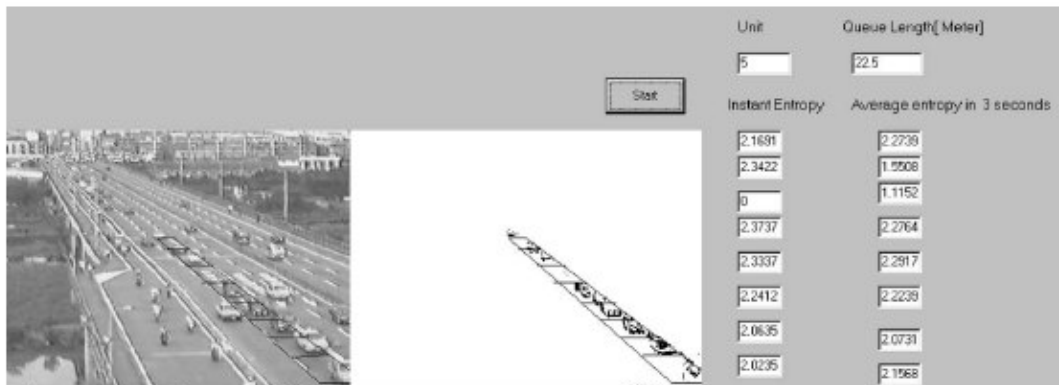
此研究中Hsu等人另透過門檻值界定熵值大小，以判斷車流量是否增加，並透過擷取一小段車流影片，計算車輛通過不同畫面的熵值變化，如圖2. 10所示，發現當車輛通過時，其熵值有明顯增加；當無車輛通過時，熵值為0，以找出判斷門檻值。



資料來源：Hsu(2004)

圖 2.10 不同連續畫面所對應熵值

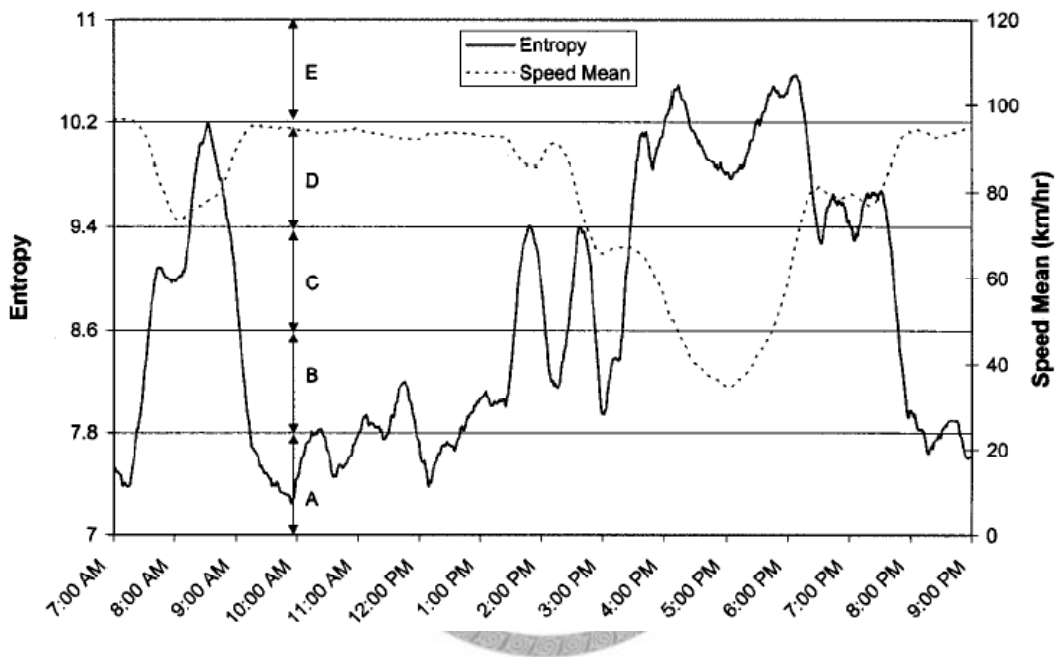
此外，為避免車流堵塞造成重複計算，研究另將觀測區域區分為許多區塊，如下圖2. 11所示，每個區塊約只能容納一步車輛，當每區塊的平均熵值大於門檻值，代表車流產生壅塞現象，不再重複計算車流量，並可藉此計算車輛排隊長度。



資料來源：Hsu(2004)

圖 2.11 不同區塊熵值測量方式

Ishak (2004)【7】透過影像處理技術分析，建立一套評估道路服務水準的方法，其透過影性處理技術中的角二次矩（ASM）、對比度（CON），以及熵對不同車流進行偵測，發現當速度在32~48 公里的狀況，熵值最高，代表速度越混亂，車流越不穩定，且平均速度與車流穩定有反向的關係。此外，Ishak 透過熵值建立不同等級的服務水準，如下圖2. 12所示：服務水準A 級，表示車流穩定；服務水準E 級，表示車流相當不穩定。



資料來源：Ishak(2004)

圖 2.12 不同服務水準所對應熵值

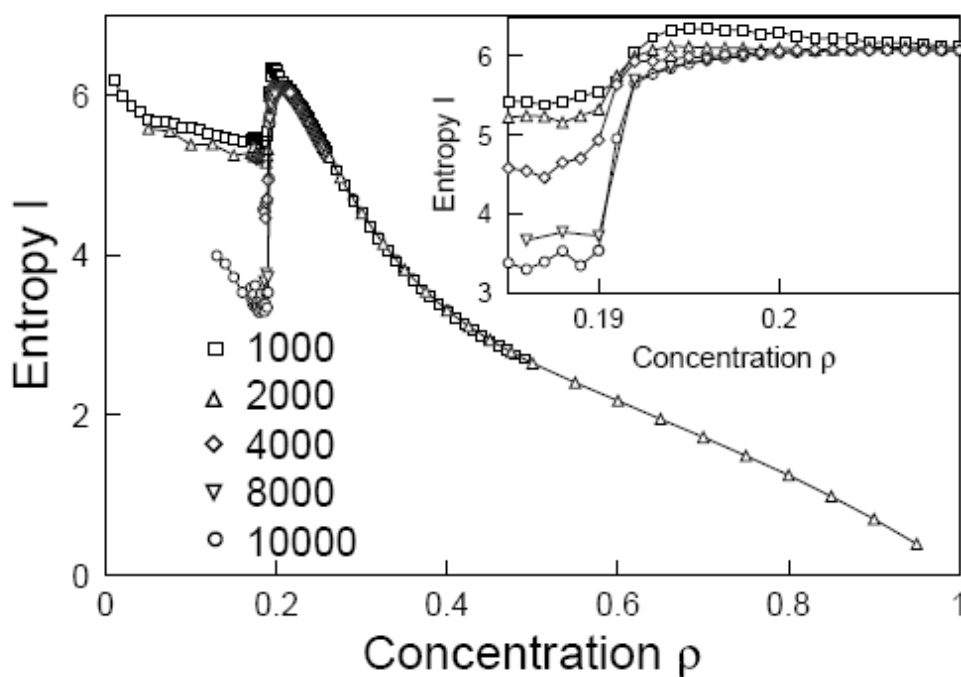
Yukawa 和Kikuchi (2000)【12】透過建立一個車流模擬程式，來探討單一車道中在不同密度的車流狀況，研究透過熵參數判定車流是否穩定，其方程式如下，

$$I = - \sum_{ij} p(v_i, h_j) \ln p(v_i, h_j)$$

其中 $p(v_i, h_i)$ 代表車流在下次時間前，有相同速度及間距之機率。

$p(v_i, h_i)$ 為車流是否有相同間距，以及速率的機率，當車流越穩定，車流會以相同間距或速率行駛機率越大，此時熵值較小；反之，熵值越大，車流越不穩定。

如下圖2.13所示，該研究發現密度在0.193之前，熵逐漸減少，這是因為在自由流中車輛較容易以一定的間距與速度行駛，但是當密度到達0.193後，車流開始呈現不穩定，此時熵值逐漸增加，直到車流離開擁擠區開始重新組合車流。此外，隨著密度越高，熵值越小。當熵值接近於0時，此時車流間距與速率幾乎為零。



資料來源：Yukawa、Kikuchi(2000)

圖 2.13 熵與車流密度關係圖

王思元(2007)【16】以資訊熵建立一路口新的安全評估方式，此種交通安全評估方式乃透過熵參數計算一時間視窗內安全狀況，係以分類後的車輛速度為計算基礎，其計算式如下： $SpeedEntX$ 及 $SpeedEntY$ 分別代表車流的橫向及縱向位移之熵值。當車流速率波動越大，作者認為其較不安全。

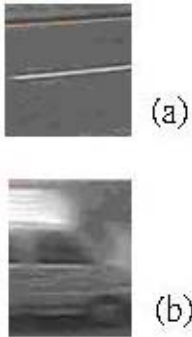
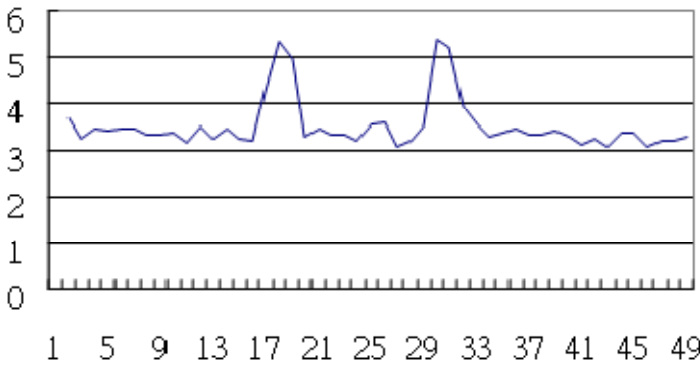
$$SpeedEntX = - \sum_{i=1}^N P(\Delta V_{x_i}) \log_2 P(\Delta V_{x_i})$$

$$SpeedEntY = - \sum_{i=1}^N P(\Delta V_{y_i}) \log_2 P(\Delta V_{y_i})$$

此外，作者以台北市區路口為例，進行資料蒐集熵參數，並藉此與風險參數做驗證，發現其模式只對擁塞車流狀況有相當程度之安全評估能力，因於自由車流狀態下，高車速波動性未必會對車流造成危害。另一方面，作者透過熵參數與車速小於離碰撞時間 (TTC) 做比較，並根據特定區間內所發現之熵與風險關係，也相對應地訂定了五種交通安全服務水準評估等級，作為未來混合車流中即時交通控制與管理之安全評估標準。

鄭其政(2006)【39】考慮偵測視窗當中影像的 histogram，計算每一灰階值 f_i 之機率 p_i ，再以視窗之所有灰階值機率計算 entropy，依此數值可以瞭解視窗內之灰階值變化程度，瞭解影像中之混亂程度，進而偵測車輛。如表 2.4 所示。

表 2.4 視窗中影像之 Entropy

	<p>考慮影像之 Entropy，</p> <p>(a)_Entropy = 5.28</p> <p>(b)_Entropy = 7.23</p> <p>由圖(b)可看出影像較為複雜混亂。</p>
	<p>隨著影像序列的推移，Entropy 隨時間跳動，當 D_Entropy 大於某一門檻便表示有車輛出現。Entropy 突然跳升為5，其餘大都在3 跳動</p>

資料來源：鄭其政(2006)

朱宸佐(2008)【19】認為以往行人設施服務水準評估方式乃採用車流服務水準想法而來，透過密度、流量及速率方法評估行人通道優劣。但是，行人行走較車

輛運行擁有較高自由度，且在通道中行進方向並非為單一方向。因此建立行人干擾評估方式：干擾熵及偏移率，其干擾熵計算式如下：

$$E(X) = - \sum_{j=1}^n P(d_j) \log_2 P(d_j)$$

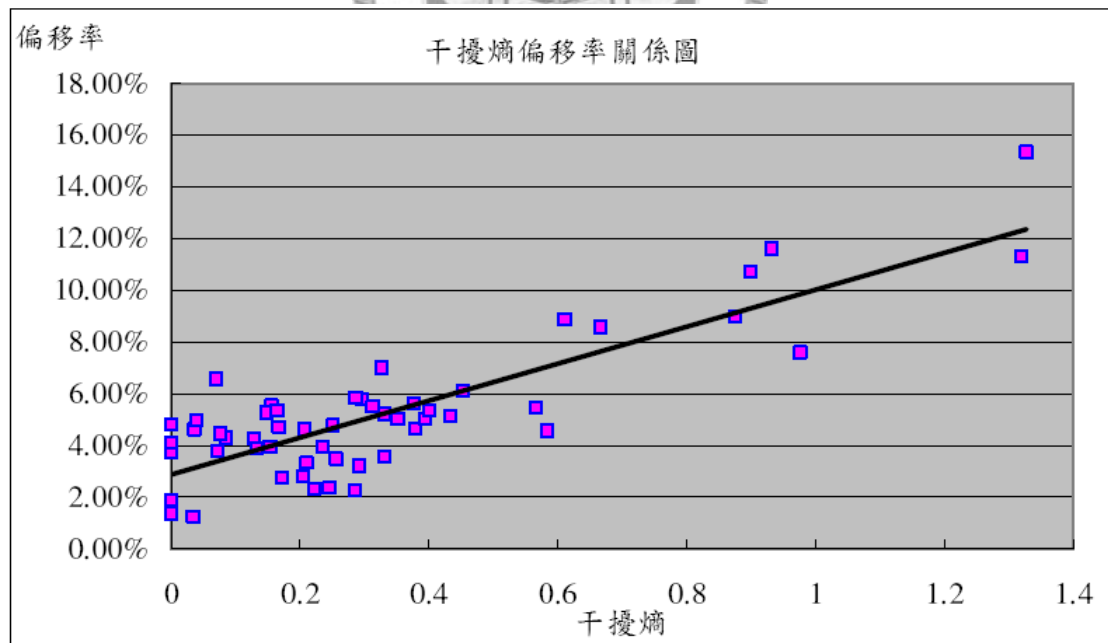
其中 $P(d_j)$ 為步行距離間距機率值

干擾熵主要是衡量行人在通道中受干擾速率的變化程度，而偏移率用以衡量行人在通道中受干擾所產生偏移的程度，其偏移率計算式如下：

$$D(X) = \frac{\sum_{i=0}^n d_i - \bar{\omega}}{\sum_{i=0}^n d_i}$$

其中 $\sum_{i=0}^n d_i$ 為實際行走距離， $\bar{\omega}$ 為最短路徑。

作者發現干擾熵與偏移率之間有一正向線性關係，如圖2. 14所示。最後並針對不同乘客以影片問卷方式調查干擾程度認知，再透過模糊理論區分六個干擾等級，以作為判定通道行人流動干擾程度評估標準。



資料來源：朱宸佐(2008)

圖 2. 14 行人平均干擾熵與平均偏移率關係圖

2.4 綜合評析

由上述文獻，分別針對事件定義、事故發生所造成的影響以及熵理論進行回顧，可歸納下列幾點：

1. 事件(Incident)經常與事故(Accident)在使用上混淆，事件表示為任何發生在道路上妨礙正常車流的狀況，並導致道路容量減少或異常需求增加的情形，且非計畫性並隨機發生而使正常交通運行產生負面影響，常見的事件有事故、車輛拋錨、散落物、惡劣天氣、非排定的道路施工養護以及其他影響道路服務的不正常或特殊狀況。

因此，可以得知「事件」具有以下共通性：

- (1) 影響車流運作、
- (2) 非重現性、
- (3) 非計畫性、
- (4) 暫時性。



2. 事故屬於非重現性事件之一，其會造成相當程度之影響，包含龐大的社會成本在內，因此如何促進交通安全以及提升交通管理效率，均為重要課題所在。在有關事故碰撞運行行為與碰撞型態方面，對於駕駛動作為變換車道、超車、迴轉、失控、穿越及倒車等的行為，駕駛者應付出比一般正常行駛在車道中的車輛還要更多的注意。
3. 有關於道路事故車輛肇事方面的研究，大部分仍以模擬方法進行研究，主要是為了顧及安全以及節省成本。可以知道路段車輛推進，以一般跟車行為、事故煞車行為與變換車道行為處理；而變換車道決策因素，包含轉向因素、前方車隊速率影響、事故因素與前方車隊變換車道影響等四項。均得知事故發生後，會造成當地車流嚴重影響，可以從車流參數(如：密度)變化得知。
4. 關於事故發生後之車流行為的部份，可以知道駕駛人容易出現「膠頸行為」之

現象，此易導致道路容量縮減、二次事故出現以及影響事件偵測之正確性。

5. 在指標方面，探討了效率與安全之評估指標，效率指標包含平均旅行速率、車流密度、佔有率、服務流率、服務水準、容量使用率值等指標。安全指標則包含肇事分析、車團型態安全評估、交通衝突、車流秩序指標(包括方向亂度、虛擬車道變換量)、TTC 分析法、速率變異指標等。可以得知效率指標多從巨觀角度進行分析，並無法精確解釋車輛之間的相互關係；方向亂度為衡量車流秩序的指標，其評估橫向位移及縱向位移的關係，此方法概念可提供本研究進行後續研究之定義。
6. 熵(Entropy)理論自從 1865 年 Rudolph Clausius 提出後，經過不斷地演進，已應用於許多領域研究。Shannon 應用系統熵的觀念發展資訊熵理論，以訊息出現之機率來測度資訊的不確定程度，而建構出 Shannon 資訊熵的衡量模式，以確保資訊系統中資訊量之精簡。本研究進一步應用 Shannon 資訊熵模式，應能解釋在巨觀的環境中微觀參數的資訊，車輛因事件發生而受到干擾有其不確定性，因此本研究欲透過熵參數對其車流變化進行研究。





第三章 車流資料調查作業

本章主要內容為描述如何針對市區道路事件進行調查之工作，以及針對其相關車流分析，以了解市區道路發生事件對車流之影響，因此，此資料對後續分析來說非常重要。

在第二章進行回顧之後，本研究認為要針對事件進行分析，能取得事件過程的影像是最佳的方式，尤其欲於市區道路進行資料蒐集之工作，可利用現有之 CCTV 設備或者自行架設攝影裝備，這是因為無法預期非重現性事件何時會發生，因此，必須全天候 24 小時進行觀測紀錄。

除了詳細地紀錄並拍攝調查地點之車流影像資料，事後讀值作業也需謹慎進行，以確保資料的正確性。問題思考大致上可以分四方面：

一、調查地點選擇方面：

為減少外在因素干擾，調查地點須具備何種條件？本研究欲從車流中分析的資料為何？拍攝的位置與角度對後續處理之影響為何？

二、拍攝作業方面：

為方便後續資料處理部分，拍攝作業之進行應當注意哪些事項？

三、資料處理方面：

應該如何處理所得到的車流影像資料，才能得到想要的資料？該如何降低資料處理上的誤差？

四、車流分析方面：

該如何從車流理論針對事件進行探討？並利用所得到的資料進行初步分析，是否可以了解事件對於車流之影響？

在進行調查工作之前必須有相當仔細的思考與調查計畫，其中整個資料蒐集與資料處理的工作項目、過程，可以分為數個步驟，如下圖 3.1 所示。

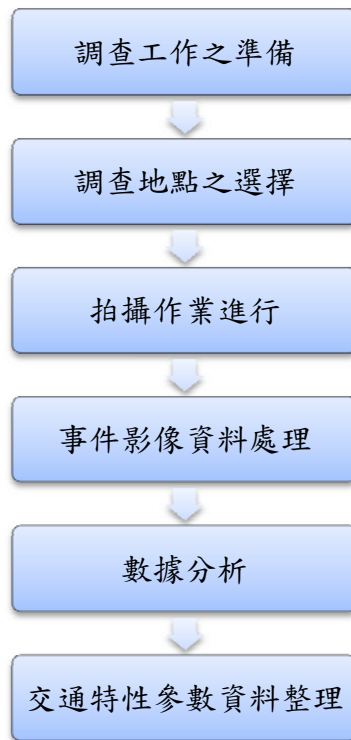


圖 3.1 調查工作流程圖

3.1 調查作業

3.1.1 調查工作之準備

在調查工作開始之前，必須先準備好所需之一切工具，調查工具可分為現場攝影設備與事後電腦分析處理設備，現場攝影設備必須包含攝影機、固定攝影機之器材以及儲存影像之設備，而事後電腦分析處理之設備是以電腦主機為主要器材，必須有影像轉檔之功能。如下表 3.1 為調查工作所需之設備項目。

表 3.1 調查工具一覽表

現場攝影拍攝作業	事後電腦分析處理	
攝影機 一台	電腦配備	
固定攝影機之器材 一套	CPU	Pentium 2.5GHz
儲存影像之設備 一組	硬碟	640GB
	記憶體	1024MB*2
	影像擷取卡	一張
	傳輸線	一條

資料來源：本研究整理

3.1.2 調查地點之選擇

在進行市區道路事件拍攝作業之前，首先必須要做的便是調查地點之選擇，調查地點之好壞將對後續分析結果有莫大的影響，因而必須謹慎進行之。

為便於後續分析工作之進行及分析結果之準確，本研究參考鄧竣夫(2005)【37】、孫將瓊(2006)【25】、楊孚仁(2007)【34】，以及自行現場勘查之經驗，所採用的調查地點須符合以下數點：

(一) 調查地點旁必須有制高點

考量研究需要取得車流資料，本調查將採取近似路點觀點觀測方式，為了能夠較精確判斷車輛的位移（包含縱向位移與橫向位移），本研究必須尋找調查地點附近之制高點，為配合未來路側 CCTV 之應用，本研究則以 CCTV 較常架設位置為主，如號誌燈桿、路燈燈桿等，以此當做拍攝制高點。

(二) 拍攝之車道不受到障礙物遮蔽影響

本研究於市區道路進行拍攝調查作業，必須避免畫面中會受到障礙物之干擾，例如：商家之廣告招牌、路樹等障礙物，這些都可能遮蔽車流

行進方向，造成事後分析誤差，因此，本研究必須使得拍攝畫面不受到障礙物遮蔽，以便分析能夠較為精確。

(三) 路段調查地點須避免有出入巷道

路段中如有出入巷道，恐會對經過之車流產生干擾，挑選路段地點時應當注意此點。

(四) 路段調查地點街廓長度大於 100 公尺

為減少路口因素影響，並具備足夠的觀測距離，觀測研究路段至少需有 100 公尺以上。

(五) 以路旁無公車停靠區之路段為主

當路旁有公車停靠區，並非設置公車專用道，而是設置於混合車道時，公車進入或離開公車停靠區，都會對其後之汽機車車流影響甚鉅，因此，選擇路段時必須以路旁無公車停靠區之路段為選取原則。

(六) 路段研究地點之道路幾何設計為直線線形

路段道路幾何設計盡量以直線線形為主，減少彎道部分，以便後續影像處理分析。

根據以上遴選原則，找尋數個合適的替選地點且進行選擇，並比較其合適性，最後，本研究選擇台北市基隆路四段於台灣科技大學門口前之路段為主要研究對象。研究路段之路段空照圖與示意圖如圖 3.2、圖 3.3 所示，其道路幾何資料如表 3.2 所示，從台灣科技大學門口至基隆路三段 155 巷為止，此路段長度約為 280 公尺。



圖 3.2 研究地點空照圖

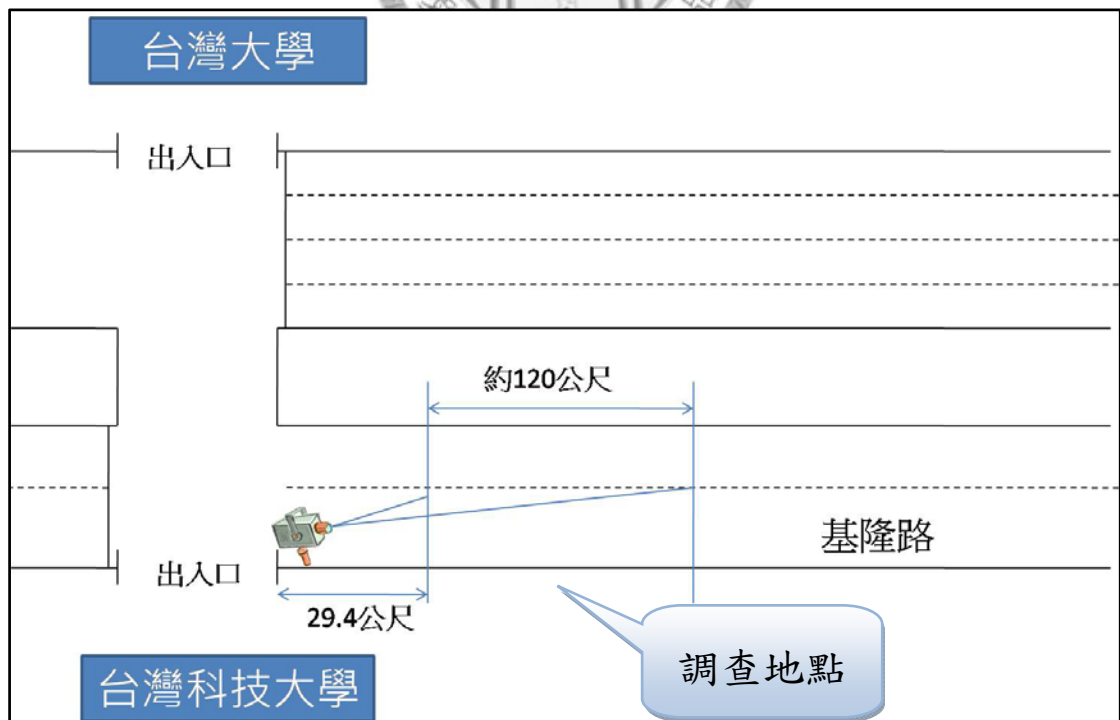


圖 3.3 研究地點示意圖

表 3.2 道路幾何資料表

研究地點	方向	車道數	車道寬 (公尺)
基隆路四段於台灣 科技大學門口前	東向	2	外車道 5.4 公尺 內車道 3 公尺
車道種類	汽機車混合車道		
車道現場圖			



資料來源：本研究現場勘查

3.1.3 拍攝作業之進行

拍攝作業工作需先架設攝影機，並進行調整攝影機拍攝角度，選擇主要的拍攝範圍，並且測量現場的幾何資料，用以紀錄距離供後續資料分析時，擷取定義座標。

攝影機架設工作如圖 3.4、圖 3.5 所示，架設作業完成後即進行拍攝，攝影時間為全天候 24 小時，同時，拍攝角度一經確認，即不再進行調整，以免事後進行影像處理分析時，會有誤差困擾，拍攝畫面如圖 3.6 所示。



圖 3.4 攝影機現場架設情況



圖 3.5 現場設備裝設情況



圖 3.6 攝影機拍攝畫面

最後，必須確認影像傳輸正常，資料能夠正常儲存並且讀取，拍攝作業流程如圖 3.7 所示。

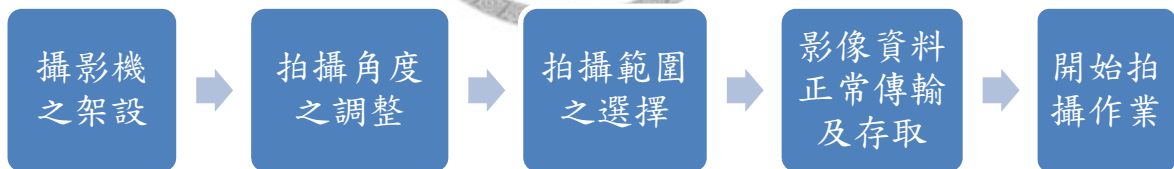


圖 3.7 拍攝作業流程圖

3.2 事件影像資料處理

3.2.1 影像式事件偵測器

許敦淵(2005)【33】使用車輛偵測器進行事件偵測的原理，是透過裝設於道路的車輛偵測器(Vehicle Detector)或監控設備(Surveillance Equipment)，以及一套自動事件偵測演算法(AID algorithm)結合。事件發生後，系統偵測車流特性在時間與空間上的變化或監控範圍內的異狀，作為判斷事件發生之依據，來達成自動事件偵測的目的，系統表現的關鍵包括偵測器與演算法。道路上發生事件時，造成交通特性將隨之改變，車輛行駛速度降低、車道的佔有率突然改變、車流量突然改變或車輛靜止不動等情況出現。因此偵測原理便是透過車輛偵測器來蒐集上述交通參數，並配合不同的演算法來偵測事件的發生。

侯鈞元(2002)【23】描述交通狀況之參數可分為巨觀與微觀兩種。巨觀資料包括密度(Density)、佔有率(Occupancy)與流量(Volume)；微觀資料則包括速度(Speed)與車間距(Headway)。另外，亦有其他較少用之交通參數，如車道變換率、車隊等候長度(Queue Length)。其中事件偵測器與事件偵測演算法較常使用之交通參數有流量、速度與佔有率，其定義如下：

1. 流量(Volume)：單位時間內通過道路某一點之車輛數。
2. 速度(Speed)：單位時間內車輛平均行走距離。
3. 佔有率(Occupancy)：單位時間內車輛佔據偵測器之時間百分比。

近年來越來越多偵測設備使用攝影機或監視器畫面作為事件偵測的資料來源，取代傳統透過裝置在道路上之偵測器來蒐集車流參數。加上電腦運算速度不斷提升，影像處理軟體已經能夠針對整個攝影畫面進行解析，計算車流參數，包括流量、速率、佔有率等；或是直接針對畫面中車輛的停止或慢速行進（壅塞）來進行偵測，並判斷是否發生事件。交通部運輸研究所(2008)【18】發現影像處理法相對於其他演算法的其中一項優點，就是操作人員可以在第一時間透過連線畫面對

事件進行確認。

藉由影像處理技術應用於影像監控系統而擷取交通參數，除了可以偵測交通參數之外，還可以追蹤車輛軌跡，具備多項優點，如表3.3所示。一般常用的方式可分為為全影像區塊分析，以及區域(partial)影像之特性分析。無論是哪一種方式，基本上都包含有三項重要工作：

1. 車輛的偵測，主要目的是擷取影像中的車輛區塊。
2. 車輛追蹤，為決定出連續影像中的車行軌跡。
3. 偵測追蹤結果之應用，從偵測與追蹤所得之結果，計算出各項交通資訊。

表 3.3 影像處理之特性

可量測資料	安裝位置	優點	缺點	可靠度
<ol style="list-style-type: none"> 1. 車輛數 2. 車輛出現 3. 車輛佔有率 4. 車輛速率 5. 瞬間交通密度 6. 等候線長度 7. 轉向流量 8. 車種 9. 延滯 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 公路及平面街道 2. 車道上或路側 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 透過處理可加快偵測速度 2. 提供事件偵測所需之影像 3. 與感應線圈比較，可觀測多車道、可依需求改變偵測區之大小、區位及形狀 4. 安裝及維修時不會影響交通 5. 可蒐集多種車流資料，事件偵測、車輛追蹤等 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 日、夜間必須使用不同的偵測邏輯 2. 轉換時段內可能產生資料誤差 3. 對大氣的模糊物體及天候的對比敏感 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 可靠度中等 2. 若經適當的影像處理分析，可得較高之偵測準確率

資料來源：運研所(2008)

國外在交通領域對影像偵測技術的研究始於 1980 年初，其中美國的 Image Sensing System(ISS)公司是最早研發並獲得相關專利的公司，於 1989 年正式推出用於車輛的 Autoscope2002 車輛偵測系統，並不斷更新其產品與偵測能力。

在歐洲，法國 Citilog 公司在交通資訊影像偵測領域裡是較成功的一家，其研究人員多數為法國國家運輸與安全研究院的專業人員，他們進行了長達 15 年的影

像偵測技術研究，1996 年部分法國國家運輸與安全研究所的專職人員將其研究成果商業化，成立了 Citilog 公司，其所研發之產品 Citilog 主要是輔助管理人員監控，並提高可靠事件訊息的即時監控系統，達成有效率的先進交通管理目標。國內目前已有許多地點採用「Citilog」影像式偵測器作為道路監控與事件偵測之用，自西元 2004 年引進台灣以來，已於木柵北上隧道、八卦山隧道及高雄市交通控制中心等處完成系統相關工程。

本研究特此感謝「全微道安科技有限公司」提供 Citilog 影像式事件偵測系統一組，協助調查作業進行，藉由 Citilog 影像式事件偵測系統針對研究路段進行事件偵測，此研究步驟目的是針對攝錄所得之 24 小時影像資料進行初步篩選，協助人工判別事件發生，於是，再進一步將 Citilog 影像式事件偵測系統所偵測得之事件資料，擷取事件前後三分鐘之影像，進行後續分析，部分作業流程如下圖 3.8。



圖 3.8 事件影像處理流程圖

3.2.2 事件影片處理

攝影工作後，需針對影片資料進行轉檔、切割及擷取等作業，才能進行資料之讀取，以下分別針對不同作業程序進行說明。

1. 影像轉檔輸出

因利用 Citilog 影像式事件偵測系統進行影像檔攝錄存取，其影像檔為特殊專有格式，即 vid 檔，vid 檔是單位時間內所攝錄影像之原始檔，須再利用 DBRebuilder 軟體進行影像資料庫重建，使用介面如圖 3.9，重建完成可取得一檔案格式為 db3 檔之資料庫檔案，此檔案必須透過 TapePlayer 軟體進行影片播放與轉檔，使用介面如圖 3.10，此軟體可將所需影像轉為 AVI 檔，以利後續影片切割與擷取。

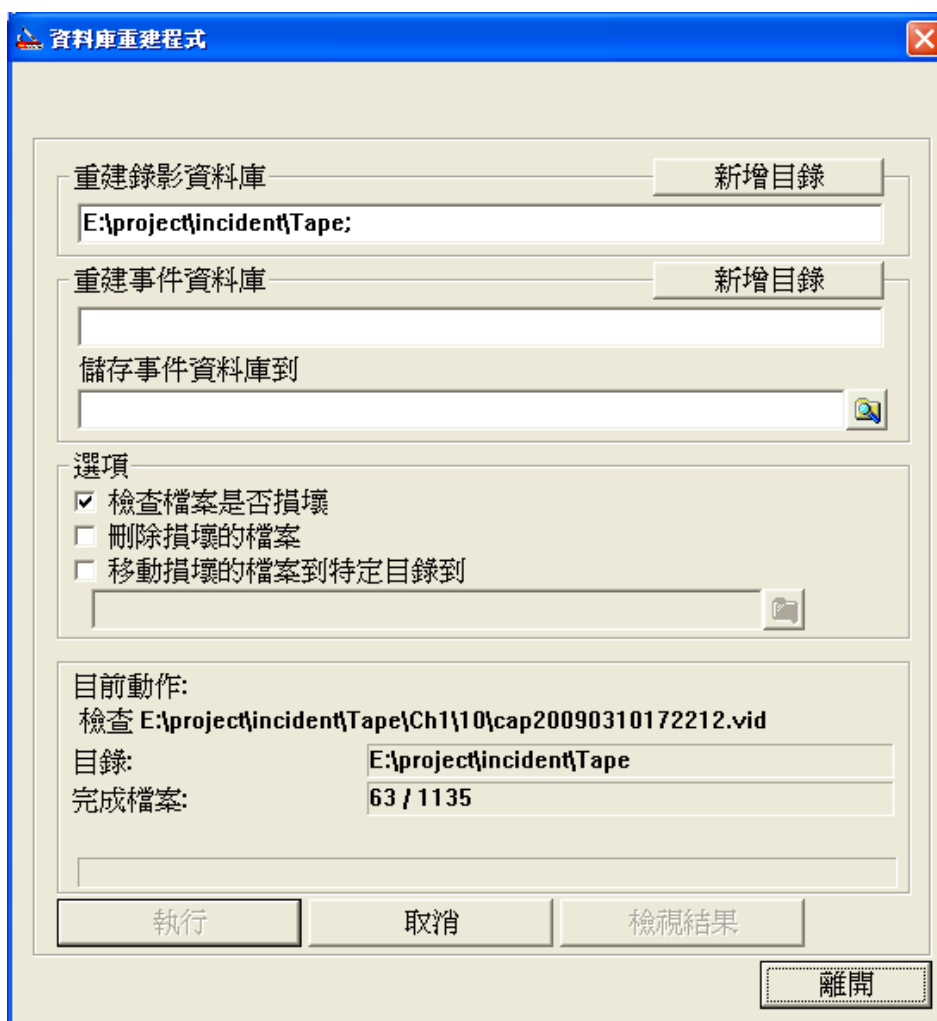


圖 3.9 影像資料重建軟體



圖 3.10 影片播放與輸出軟體

2. 圖片切割

因車輛前進變化為一瞬間過程，且為了觀察更精細的車輛移動過程，因此，透過 TMPGEnc_Plus 截圖軟體，如圖 3.11 所示，以每 0.5 秒作為時間間隔，擷取每張照片，作為資料分析來源。

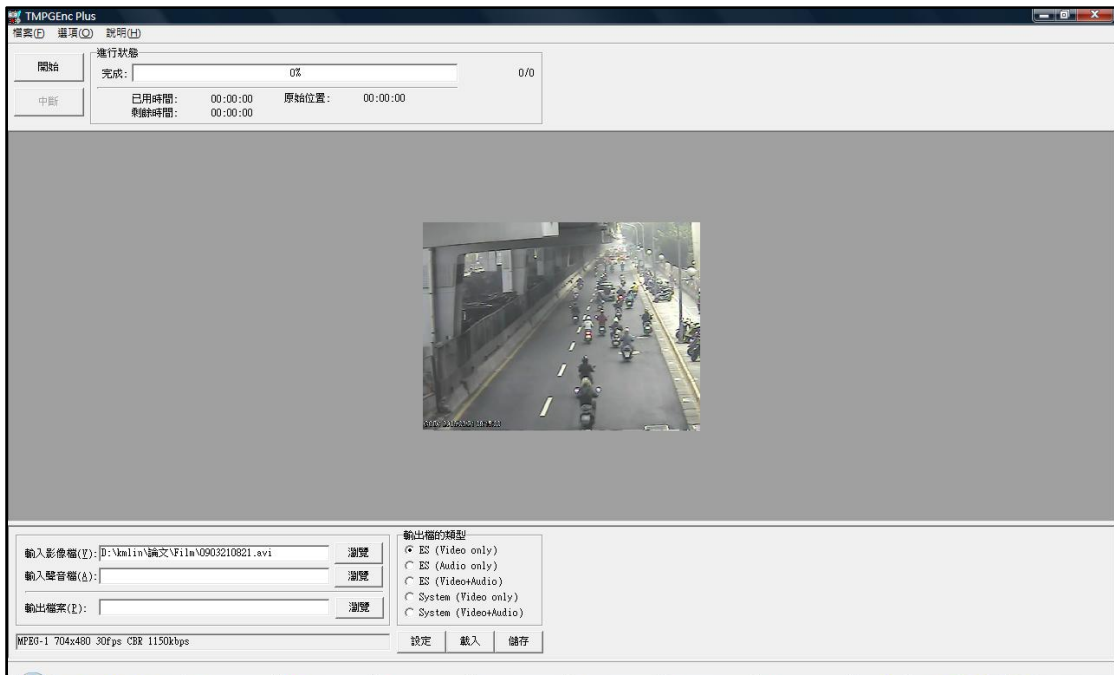


圖 3.11 影片截圖軟體

3.2.3 資料蒐集

為蒐集車流特性資料，本研究則透過台灣大學土木工程研究所交通組所開發之車流讀值程式，進行車流資料蒐集，如圖 3.12 所示。透過此車流讀值程式可蒐集個別車輛微觀資料，包括車輛位置、速度、加速度等，如圖 3.13 所示。

透過此車流讀值程式輔助處理，相較於傳統肉眼處理方法將更為準確，也有助於資料處理上的效率，車流數據資料可輸出儲存為 EXCEL 檔，檔案內儲存每台車輛移動之影像座標、實際座標及速度、加速度等，如圖 3.14 所示。

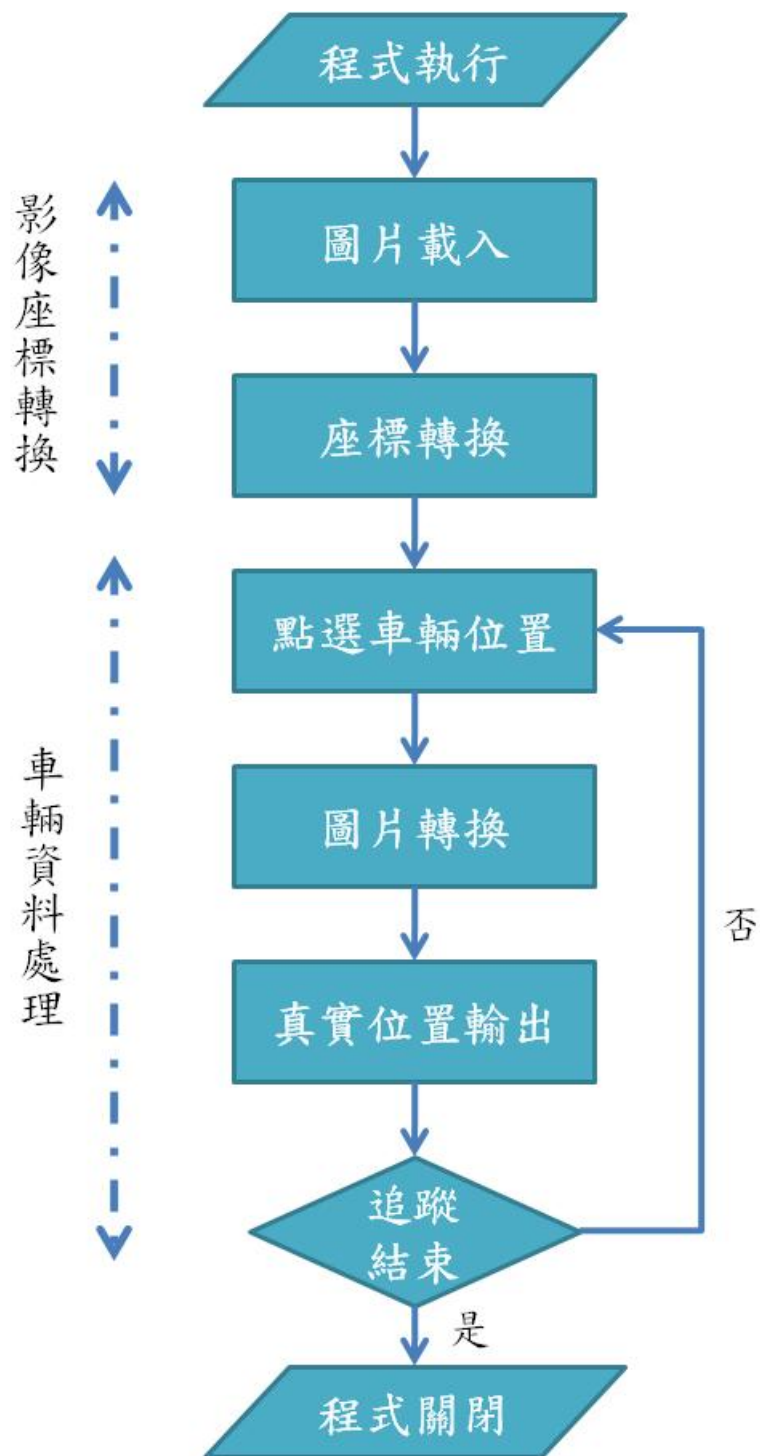
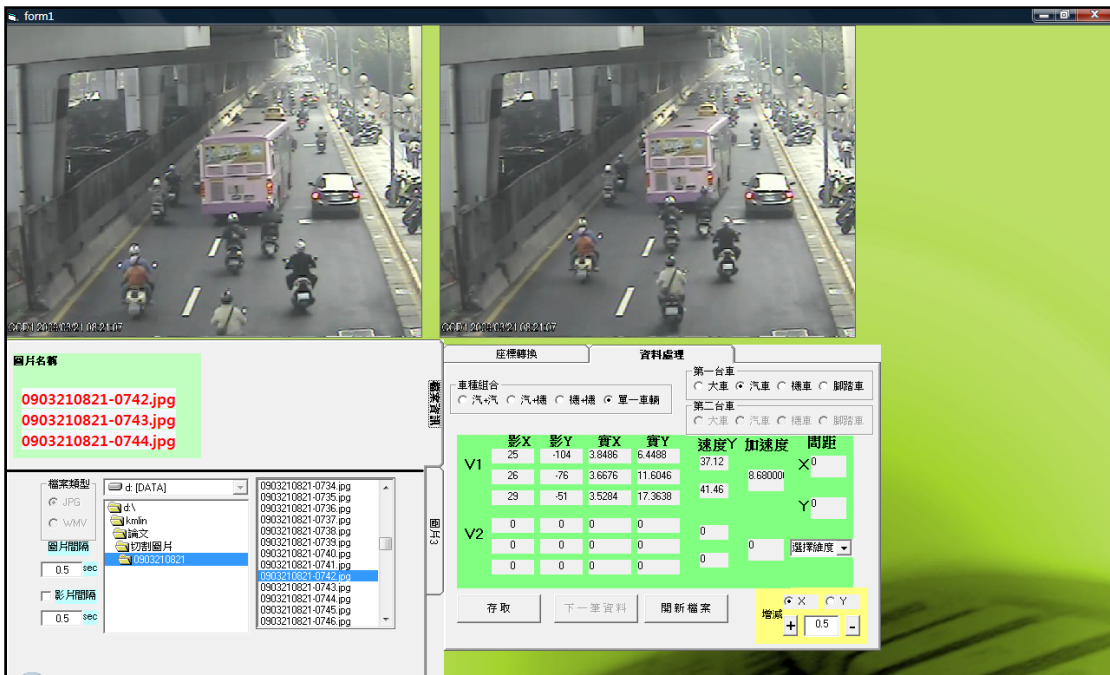


圖 3.12 資料處理程序



車種編號	車種組合	V1類型	V2類型	V1影像P1	V1影像P11	V1影像P2	V1影像P21	V1影像P3	V1影像P31	V1影像P4	V1影像P41	V1影像P5	V1影像P51	V1影像P6	V1影像P61	V1影像P7	V1影像P71	V1影像P8	V1影像P81	V1影像P9	V1影像P91	V1影像P10	V1影像P101	V1影像P11	V1影像P111	V1影像P12	V1影像P121	V1影像P13	V1影像P131	V1影像P14	V1影像P141	V1影像P15	V1影像P151	V1影像P16	V1影像P161	V1影像P17	V1影像P171	V1影像P18	V1影像P181	V1影像P19	V1影像P191	V1影像P20	V1影像P201	V1影像P21	V1影像P211	V1影像P22	V1影像P221	V1影像P23	V1影像P231	V1影像P24	V1影像P241	V1影像P25	V1影像P251	V1影像P26	V1影像P261	V1影像P27	V1影像P271	V1影像P28	V1影像P281	V1影像P29	V1影像P291	V1影像P30	V1影像P301	V1影像P31	V1影像P311	V1影像P32	V1影像P321	V1影像P33	V1影像P331	V1影像P34	V1影像P341	V1影像P35	V1影像P351	V1影像P36	V1影像P361	V1影像P37	V1影像P371	V1影像P38	V1影像P381	V1影像P39	V1影像P391	V1影像P40	V1影像P401	V1影像P41	V1影像P411	V1影像P42	V1影像P421	V1影像P43	V1影像P431	V1影像P44	V1影像P441	V1影像P45	V1影像P451	V1影像P46	V1影像P461	V1影像P47	V1影像P471	V1影像P48	V1影像P481	V1影像P49	V1影像P491	V1影像P50	V1影像P501	V1影像P51	V1影像P511	V1影像P52	V1影像P521	V1影像P53	V1影像P531	V1影像P54	V1影像P541	V1影像P55	V1影像P551	V1影像P56	V1影像P561	V1影像P57	V1影像P571	V1影像P58	V1影像P581	V1影像P59	V1影像P591	V1影像P60	V1影像P601	V1影像P61	V1影像P611	V1影像P62	V1影像P621	V1影像P63	V1影像P631	V1影像P64	V1影像P641	V1影像P65	V1影像P651	V1影像P66	V1影像P661	V1影像P67	V1影像P671	V1影像P68	V1影像P681	V1影像P69	V1影像P691	V1影像P70	V1影像P701	V1影像P71	V1影像P711	V1影像P72	V1影像P721	V1影像P73	V1影像P731	V1影像P74	V1影像P741	V1影像P75	V1影像P751	V1影像P76	V1影像P761	V1影像P77	V1影像P771	V1影像P78	V1影像P781	V1影像P79	V1影像P791	V1影像P80	V1影像P801	V1影像P81	V1影像P811	V1影像P82	V1影像P821	V1影像P83	V1影像P831	V1影像P84	V1影像P841	V1影像P85	V1影像P851	V1影像P86	V1影像P861	V1影像P87	V1影像P871	V1影像P88	V1影像P881	V1影像P89	V1影像P891	V1影像P90	V1影像P901	V1影像P91	V1影像P911	V1影像P92	V1影像P921	V1影像P93	V1影像P931	V1影像P94	V1影像P941	V1影像P95	V1影像P951	V1影像P96	V1影像P961	V1影像P97	V1影像P971	V1影像P98	V1影像P981	V1影像P99	V1影像P991	V1影像P100	V1影像P1001	V1影像P101	V1影像P1011	V1影像P102	V1影像P1021	V1影像P103	V1影像P1031	V1影像P104	V1影像P1041	V1影像P105	V1影像P1051	V1影像P106	V1影像P1061	V1影像P107	V1影像P1071	V1影像P108	V1影像P1081	V1影像P109	V1影像P1091	V1影像P110	V1影像P1101	V1影像P111	V1影像P1111	V1影像P112	V1影像P1121	V1影像P113	V1影像P1131	V1影像P114	V1影像P1141	V1影像P115	V1影像P1151	V1影像P116	V1影像P1161	V1影像P117	V1影像P1171	V1影像P118	V1影像P1181	V1影像P119	V1影像P1191	V1影像P120	V1影像P1201	V1影像P121	V1影像P1211	V1影像P122	V1影像P1221	V1影像P123	V1影像P1231	V1影像P124	V1影像P1241	V1影像P125	V1影像P1251	V1影像P126	V1影像P1261	V1影像P127	V1影像P1271	V1影像P128	V1影像P1281	V1影像P129	V1影像P1291	V1影像P130	V1影像P1301	V1影像P131	V1影像P1311	V1影像P132	V1影像P1321	V1影像P133	V1影像P1331	V1影像P134	V1影像P1341	V1影像P135	V1影像P1351	V1影像P136	V1影像P1361	V1影像P137	V1影像P1371	V1影像P138	V1影像P1381	V1影像P139	V1影像P1391	V1影像P140	V1影像P1401	V1影像P141	V1影像P1411	V1影像P142	V1影像P1421	V1影像P143	V1影像P1431	V1影像P144	V1影像P1441	V1影像P145	V1影像P1451	V1影像P146	V1影像P1461	V1影像P147	V1影像P1471	V1影像P148	V1影像P1481	V1影像P149	V1影像P1491	V1影像P150	V1影像P1501	V1影像P151	V1影像P1511	V1影像P152	V1影像P1521	V1影像P153	V1影像P1531	V1影像P154	V1影像P1541	V1影像P155	V1影像P1551	V1影像P156	V1影像P1561	V1影像P157	V1影像P1571	V1影像P158	V1影像P1581	V1影像P159	V1影像P1591	V1影像P160	V1影像P1601	V1影像P161	V1影像P1611	V1影像P162	V1影像P1621	V1影像P163	V1影像P1631	V1影像P164	V1影像P1641	V1影像P165	V1影像P1651	V1影像P166	V1影像P1661	V1影像P167	V1影像P1671	V1影像P168	V1影像P1681	V1影像P169	V1影像P1691	V1影像P170	V1影像P1701	V1影像P171	V1影像P1711	V1影像P172	V1影像P1721	V1影像P173	V1影像P1731	V1影像P174	V1影像P1741	V1影像P175	V1影像P1751	V1影像P176	V1影像P1761	V1影像P177	V1影像P1771	V1影像P178	V1影像P1781	V1影像P179	V1影像P1791	V1影像P180	V1影像P1801	V1影像P181	V1影像P1811	V1影像P182	V1影像P1821	V1影像P183	V1影像P1831	V1影像P184	V1影像P1841	V1影像P185	V1影像P1851	V1影像P186	V1影像P1861	V1影像P187	V1影像P1871	V1影像P188	V1影像P1881	V1影像P189	V1影像P1891	V1影像P190	V1影像P1901	V1影像P191	V1影像P1911	V1影像P192	V1影像P1921	V1影像P193	V1影像P1931	V1影像P194	V1影像P1941	V1影像P195	V1影像P1951	V1影像P196	V1影像P1961	V1影像P197	V1影像P1971	V1影像P198	V1影像P1981	V1影像P199	V1影像P1991	V1影像P200	V1影像P2001
1	4	2	0	62	-152	67	-47	71	-22	74	-9	4.6457	18.4144	4.6532	26.0228	4.6923	30.8753	54.8	34.9	0	-39.8	0	0.0903210821-0869.jpg	#####																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
2	4	2	0	67	-47	71	-22	74	-9	4.6457	18.4144	4.6532	26.0228	4.6923	30.8753	54.8	34.9	0	-39.8	0	0.0903210821-0872.jpg	#####																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
3	4	2	0	77	11	80	18	82	29	4.6975	39.9817	4.7862	43.7755	4.8141	50.5557	27.32	48.81	0	42.98	0	0.0903210821-0875.jpg	#####																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
4	4	2	0	85	38	87	47	86	49	4.9112	57.0119	4.9679	64.4958	4.8997	66.3286	53.88	13.16	0	-81.44	0	0.0903210821-0878.jpg	#####																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
5	4	2	0	87	61	89	65	89	70	4.8786	78.8398	4.9609	83.7159	4.9465	89.4152	35.1	48.24	0	36.28	0	0.0903210821-0881.jpg	#####																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
6	4	2	0	90	73	91	77	91	82	4.9984	94.8054	5.0493	101.3221	5.0076	109.9959	45.69	63.7	0	36.02	0	0.0903210821-0884.jpg	#####																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
7	4	2	0	92	84	91	88	93	90	5.075	113.8647	4.9787	122.2375	5.12	126.7824	60.29	32.74	0	-55.1	0	0.0903210821-0887.jpg	#####																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
8	4	2	0	92	92	92	96	91	97	5.0133	131.5942	4.9767	142.1189	4.8668	144.9587	75.77	20.46	0	-110.62	0	0.0903210821-0890.jpg	#####																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
9	4	2	0	129	-148	113	-100	104	-75	6.2277	0.2408	5.9556	7.1174	5.752	11.8115	49.55	33.82	0	-31.46	0	0.0903210821-0891.jpg	#####																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
10	4	2	0	98	-51	97	-40	92	-16	5.59	17.3638	5.5379	20.3538	5.3781	28.1742	21.52	56.52	0	69.6	0	0.0903210821-0894.jpg	#####																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
11	4	2	0	91	2	90	5	89	13	5.3074	35.9577	5.2611	37.0225	5.1997	41.0288	10.12	28.99	0	37.74	0	0.0903210821-0897.jpg	#####																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
12	4	2	0	91	22	91	34	91	36	5.285	46.116	5.2331	54.0287	5.2272	55.4963	56.97	10.56	0	-92.82	0	0.0903210821-0900.jpg	#####																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
13	4	2	0	98	42	92	48	93	53	5.3151	60.1973	5.2496	65.4016	5.2858	70.184	37.47	34.43	0	-4.08	0	0.0903210821-0903.jpg	#####																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
14	4	2	0	98	55	90	61	89	64	5.2799	72.2244	5.0895	78.8398	4.9873	82.4573	47.65	26.05	0	-43.2	0	0.0903210821-0906.jpg	#####																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
15	4	2	0	91	69	90	72	92	76	5.0922	89.0161	5.0383	89.3088	5.1249	99.5088	30.91	44.64	0	27.46	0	0.0903210821-0909.jpg	#####																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
16	4	2	0	93	76	92	78	94	82	5.1999	99.5088	5.1333	102.8355	5.25	109.9959	29.96	51.59	0	55.26	0	0.0903210821-0912.jpg	#####																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
17	4	2	0	95	83	98	86	93	88	5.3272	111.9073	5.1459	117.9381	5.1333	122.2375	43.44	30.95	0	-24.98	0	0.0903210821-0915.jpg	#####																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
18	4	2	0	94	91	98	93	91	94	5.2044	129.1535	5.0983	134.1077	4.9001	136.6973	35.67	18.69	0	-33.96	0	0.0903210821-0918.jpg	#####																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
19	4	3	0	196	-157	184	-122	172	-97	7.5425	-0.8174	7.5153	3.6749	7.4071	7.6325	32.34	28.5	0	-7.68	0	0.0903210821-0916.jpg	#####																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
20	4	3	0	165	-45	160	-43	157	-29	7.4679	13.9811	7.515	19.5063	7.5567	29.6917	39.78	30.13	0	-19.3	0	0.0903210821-0919.jpg	#####																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
21	4	3	0	154	-11	149	-2	145	10	7.652	30.0786	7.5714	33.8206	7.561	39.4806	26.63	40.77	0	27.88	0	0.0903210821-0922.jpg	#####																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
22	4	3	0	143	18	137	30	134	34	7.8836	45.7755	7.4746	51.2889	7.384	54.0287	53.67	20.16	0	-67.02	0	0.0903210821-0925.jpg	#####																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
23	4	3	0	132	41	128	51	126	54	7.383	59.3809	7.3152	68.2184	7.2448	71.1946	63.63	21.43	0	-84.4	0	0.0903210821-0928.jpg	#####																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
24	4	3	0	128	59	128	62	120	69	7.1389	76.5474	7.186	80.0221	7.1002	89.0161	25.01	64.76	0	79.5	0	0.0903210821-0931.jpg	#####																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
25	4	3	0	120	70	117	75	116	78	7.1168	90.4152	6.9836	97.9042	6.9573	102.8355	53.92	35.5	0	-36.84	0	0.0903210821-0934.jpg	#####																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
26	4	3	0	115	79	113	81	110	86	6.8948	104.5608	6.7696	108.1409	6.5991	117.9381	25.79	70.55	0	89.52	0	0.0903210821-0937.jpg	#####																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
27	4	3	0	151	-152	142	-116	133	-80	6.6643	-0.2373	6.5952	4.5398	6.5106	10.7044	34.51	44.89	0	20.72	0	0.0903210821-0940.jpg	#####																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
28	4	3	0	128	-55	124	-37	115	-12	6.4696	16.3524	6.4213	21.2272	6.2108	29.6896	35.1	60.94	0	51.68	0	0.0903210821-0943.jpg	#####																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
29	4	3	0	115	-1	115	17	116	21	6.2525	34.2453	6.3346	43.2108	6.401	45.5183	64.55	16.62	0	-56.86	0	0.0903210821-0946.jpg	#####																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
30	4	3	0	122	36	124	45	124	52	6.8029	55.4963	7.0062	62.7316	7.0976	69.1921	52.11	46.52	0	-11.18	0	0.0903210821-0949.jpg	#####																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
31	4	3	0	114	64	107	69	100	74	6.6283	82.4773	6.2	89.0161	5.7221	96.3368	47.32	52.82	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	

3.3 事件車流特性

本研究針對所選定研究路段，台北市基隆路四段於台灣科技大學門口前之路段進行研究，調查時間自民國 98 年 3 月 10 日至民國 98 年 4 月 10 日止，共計 32 天。根據交通大隊於此調查期間內之報案紀錄，以及本研究進行人工觀察，反覆查看所攝錄影帶資料，並無發現任何事故。至於藉助 Citilog 影像式事件偵測系統所偵測到之事件多數為車輛路邊臨時停車之事件，由於此種事件仍屬於非重現性事件，仍會造成道路容量縮減，進而影響車流運行。因此，本研究將針對此種事件更進一步探討。

此研究路段最常見事件類型為車輛臨停，本研究將此路段劃分為三區域，如圖 3.15 所示，共分為 A、B、C 三個區域。而車輛臨停事件均有發生於 A、B、C 三區域之中，本研究則將針對發生於 B 區域之車輛臨停事件進行車流讀值分析。這是因為若發生於 A 區域之車輛臨停事件，則將無法得知車輛於上游之運行情形。若發生於 C 區域之車輛臨停事件，則因為畫面拍攝關係，將無法得知車輛於下游之運行情形。

因此，本研究將以發生於 B 區域之車輛臨停事件為主要分析對象，如此才能得知車流整體運行過程。



圖 3.15 研究路段劃分區域示意圖

本研究針對車輛臨停事件須進行的車流讀值分析，所選擇事件情形如下：

1. 事件發生時間：民國 98 年 3 月 21 日，AM 8:21，總發生時間約 129 秒。
2. 事件經過：此事件為一輛深色小客車臨停於路邊，如圖 3.16 所示。



圖 3.16 車輛路邊臨時停車擷取畫面

針對事件影片進行車流讀值作業，讀取事件前後三分鐘的影像資料，將其進行車流理論分析，分別從巨觀及微觀層面對其探討，使本研究能夠得知車流特性初步分析情形。

3.3.1 巨觀車流特性

本研究利用「近似路點觀測」方式，針對所拍攝取得之事件影像資料進行分析，並透過基礎構圖分析了解速率(V)、密度(K)及流量(Q)三者之間的關係，藉以了解事件發生前後車流變化特性，而其計算公式如下：

$$Q = \frac{M}{T}$$

$$V = \frac{1}{\frac{\sum \frac{1}{V_i}}{M}} = \frac{1}{\frac{\sum \frac{1}{\frac{\Delta X}{\Delta t_i}}}{M}} = \frac{M}{\sum \frac{\Delta t_i}{\Delta X}} = \frac{\Delta X}{\frac{\sum \Delta t_i}{M}} = \frac{\Delta X}{\bar{\Delta t}}$$

$$K = \frac{\frac{\sum \Delta t_i}{T}}{\Delta X} = \frac{\sum \Delta t_i}{\Delta X \cdot T} = \frac{\frac{\sum \Delta t_i}{M}}{\frac{\Delta X \cdot T}{M}} = \frac{\bar{\Delta t}}{\frac{\Delta X \cdot T}{M}} = \frac{M \cdot \bar{\Delta t}}{\Delta X \cdot T}$$

以下分別針對每 30 秒內流量、密度、速率三者之間的關係作比較。

1. 速率與密度關係

將每 30 秒平均速率與平均密度作比較，結果可以發現隨著密度增加，速率有越來越慢的趨勢，透過 Greenshield 線性模式解釋兩者之間的關係，如圖 3.17 所示，關係式為 $y = -0.0885x + 47.73$ ，其中 y 值為車輛行駛平均速率，x 值為平均密度，模式常數項為 47.73，此為自由流狀況下車輛行駛速率，即時速每小時 47.73 公里，因此，推算可以得知，當密度到達 540(veh/km)時，車輛行駛速率則降為 0，推導結果如表 3.4 所示。

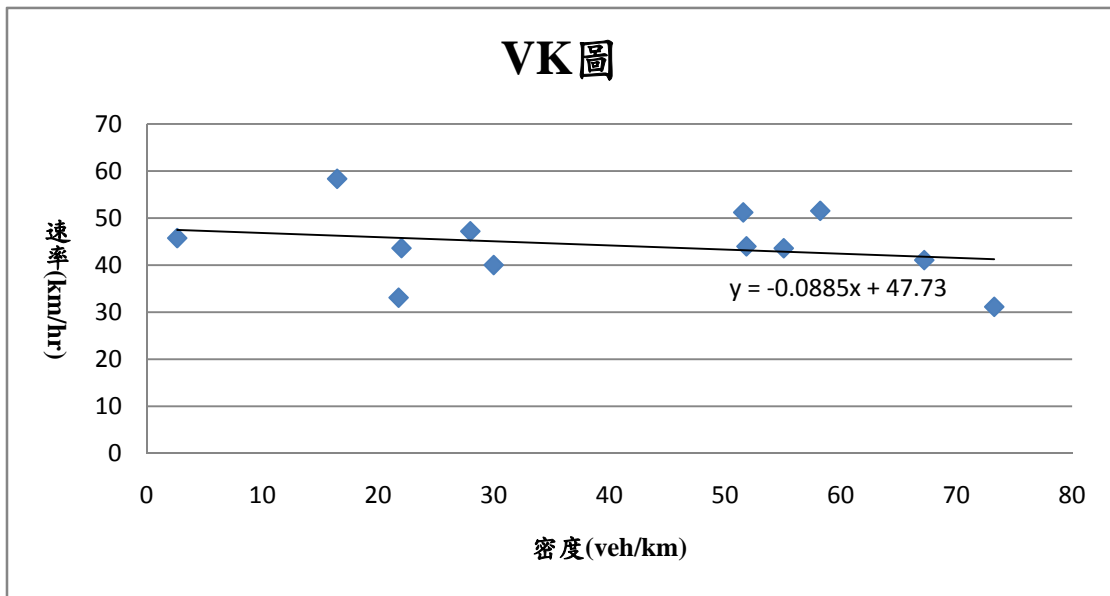


圖 3.17 速率與密度關係圖

2. 流量與密度關係

透過每 30 秒流量與平均密度作比較，如圖 3.18 所示，關係式為 $y = -0.4226x^2 + 72.394x - 298.19$ ，其中 y 值為單位時間內所通過車輛數， x 值為平均密度， R^2 約為 0.9063，表示此關係式有解釋能力。當密度越來越大時，流量也越來越高，因此，本研究由 $Q = KV$ 關係式推演流量與密度關係，其推導結果如表 3.4 所示，透過數學計算可得知此研究路段臨界密度為 86(veh/km)，臨界流量為 2802(veh/hr)。

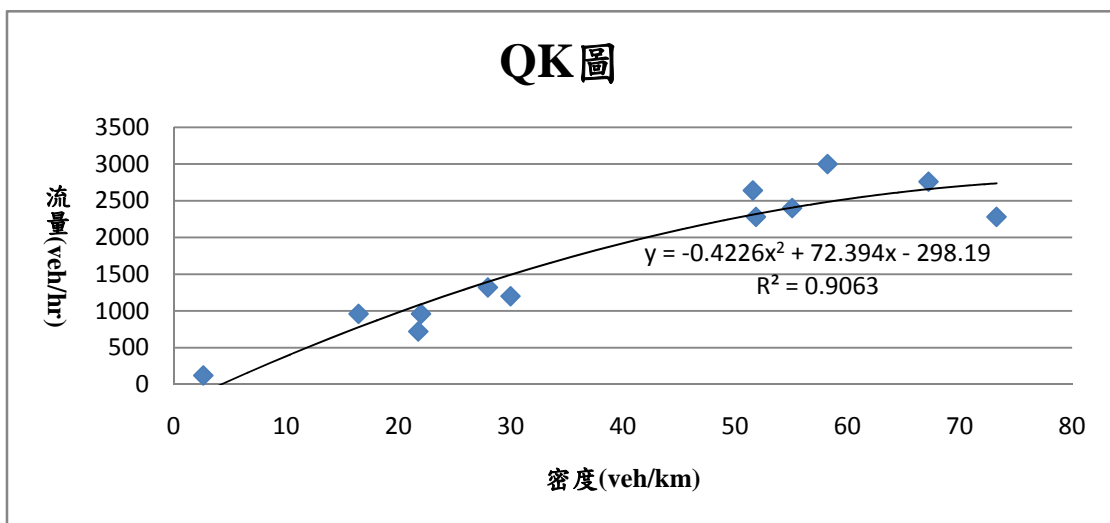


圖 3.18 流量與密度關係圖

3. 速率與流量關係

透過每 30 秒平均速率與通過流量作比較，如圖 3. 19 所示，關係式為 $y=-1.2697x^2+118.31x-961.6$ ，其中 y 值為單位時間內所通過車輛數，x 值為平均速率，本研究由 $Q=KV$ 關係式推演流量與速率關係，其推導結果如表 3. 4 所示，透過數學計算可得知臨界速率約為 46.59(公里/小時)，推導結果如表 3. 4 所示。

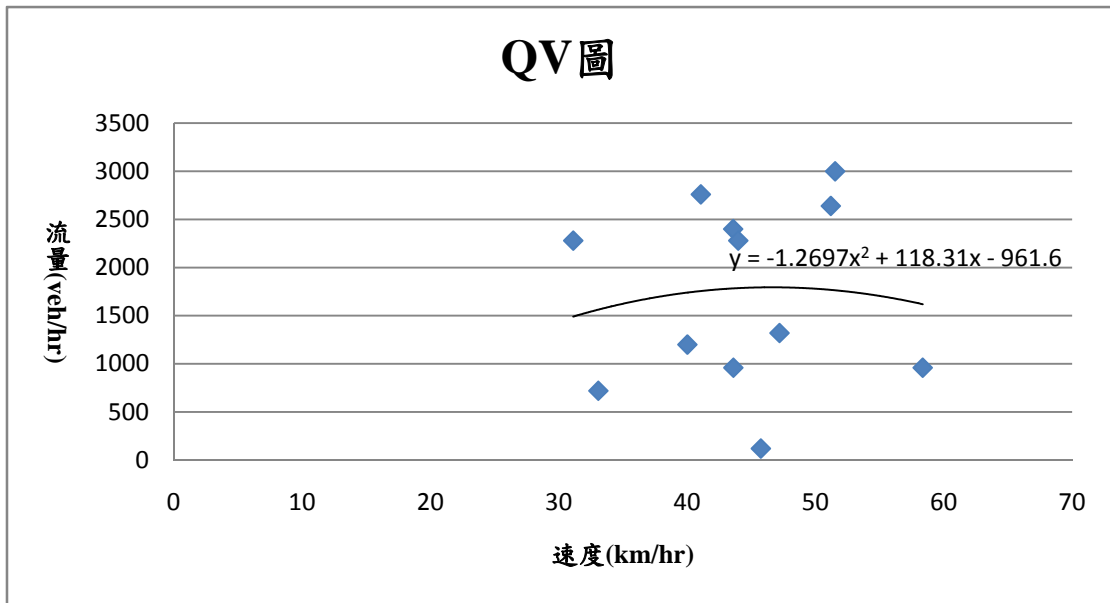


圖 3. 19 流量與速率關係圖

表 3. 4 研究路段基礎構圖方程式及特性

關係	方程式	備註
速率(V)-密度(K)	$V=-0.0885K+47.73$	平均自由流速=47.73(km/hr) 最大密度=540(veh/km)
流量(Q)-密度(K)	$Q=-0.4226K^2+72.394K-298.19$	臨界密度=86(veh/km) 臨界流量=2802(veh/hr)
速率(V)-流量(Q)	$Q=-1.2697V^2+118.31V-961.6$	臨界速率=46.59(km/hr) 最大流量=3991 (veh/hr)

3.3.2 微觀車流特性

從微觀的角度來研究此事件之車流變化，針對事件車輛進行探討，進一步了解事件發生前後之各車輛速度與位置之變化。本研究觀察各車輛於橫向位置與縱向位置之關係，並且以 0.5 秒為一筆資料，進一步讀取個別車輛於此路段中移動運行之情形，如圖 3.20 所示，主要擷取事件發生時的情形進而描繪成軌跡圖，可以由圖看出，大部分較為集中之曲線多為臨停事件發生之前(圖中以綠色及黃色線表示)，因此，車輛於路段上之運行行為無多大變化。而有數條呈現明顯 S 型之曲線(以紅色線表示)，發生時間則多為臨停事件發生之後，由此可以看出後方車輛必須進行繞行之動作。

又如圖 3.21 所示，圖中可以發現因為受到路段上游號誌的影響，此號誌週期紅燈長度約 30 秒，所以有數段時間並無車輛通行(如圖中 45.5~75.5 秒、128~158 秒、195.5~210.5 秒、270.5~300.5 秒等時段)。同時可以看出車輛臨停事件發生之後的曲線斜率都較事件發生前之曲線斜率略小，也就是說，可以看出後方車輛必須進行繞行的動作，加上道路容量縮減等因素，相互影響之下，使得車輛行駛速度下降。

路段臨停事件車輛軌跡圖

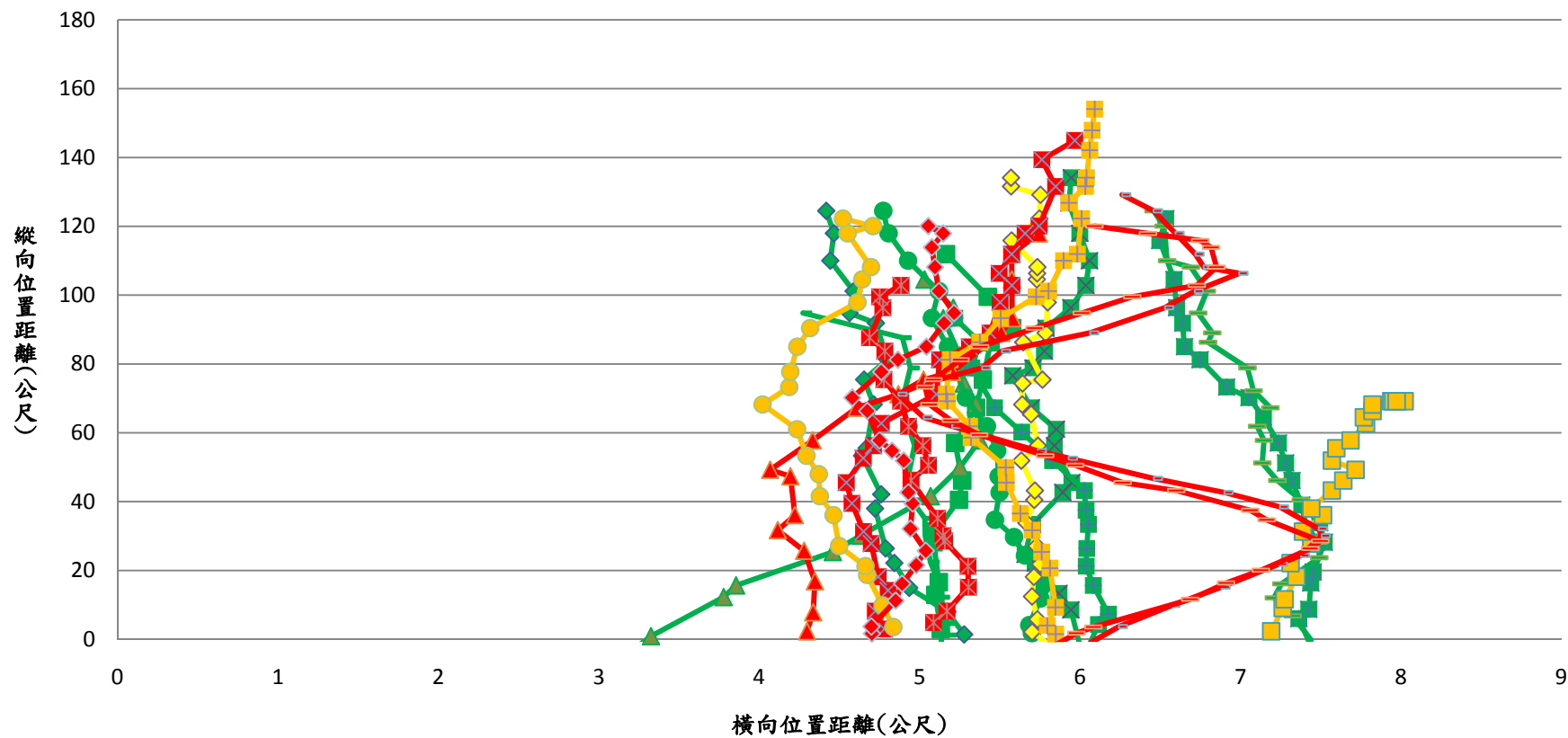


圖 3.20 路段臨停事件車輛軌跡圖

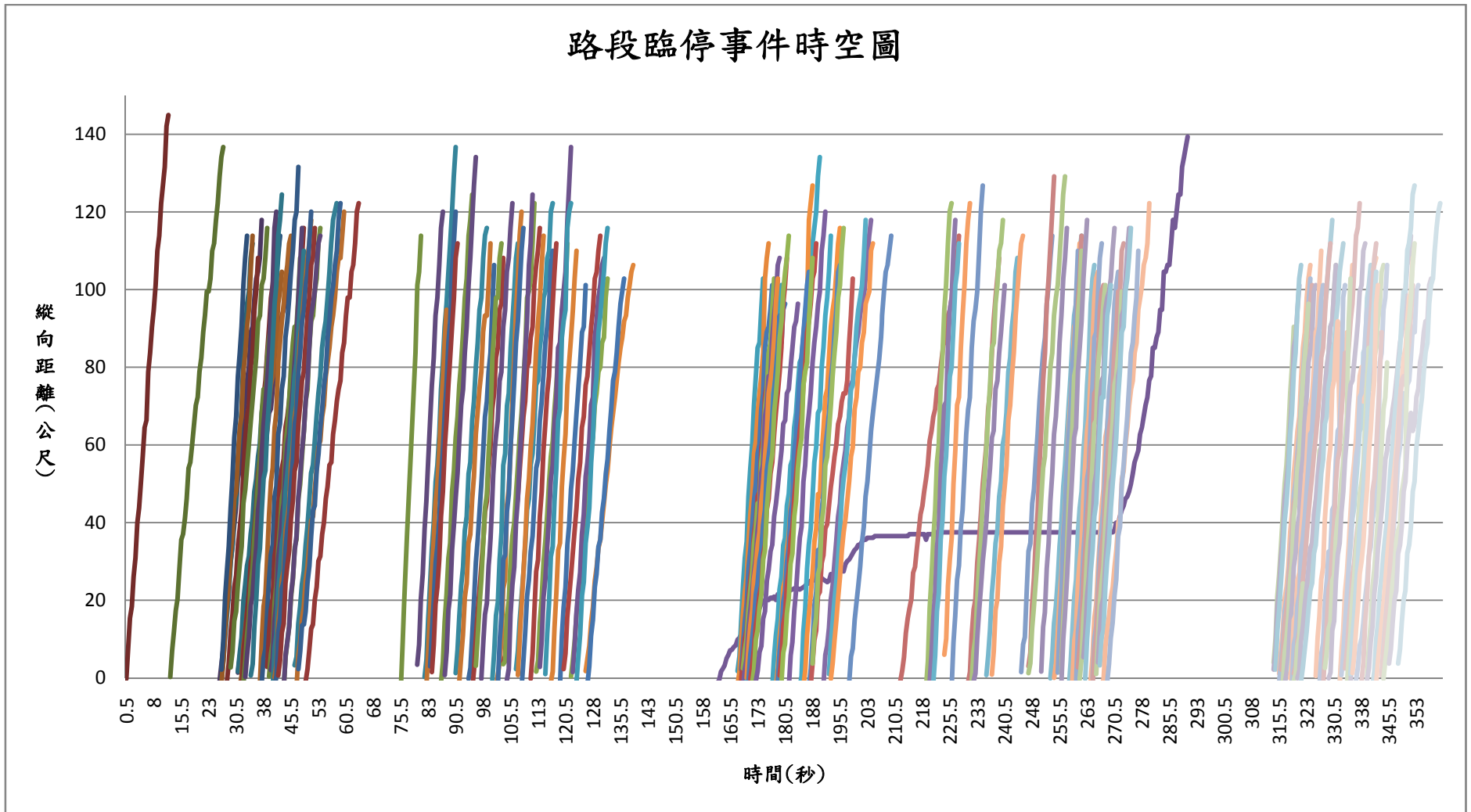


圖 3.21 路段臨時事件時空圖

3.3.3 事件車流趨勢

分別進行巨觀車流分析與微觀車流分析之後，本研究再進一步針對事件發生所造成的影響探討，對於整體車流會有多大影響。因此，從流量(Q)、密度(K)及速率(V)三者之間之關係變化趨勢，來探討事件發生所造成影響。

1. 速率與密度關係變化趨勢

透過每 30 秒平均速率與平均密度作比較，如圖 3.22 所示。起始點則是平均速率為 43.61(km/hr)，平均密度為 22.02(veh/km)，位於圖中最左邊。可以看出依時間變化的趨勢，當密度變大，但是速率仍維持在 40~50(km/hr)左右，則表示流量增加。而事件發生時，平均速率為 31.12(km/hr)，平均密度則為 73.27(veh/km)，位於圖中最右邊。可以得知事件發生導致道路容量縮減，使得通過流量減少，同時為維持一定程度之平均速率通過，則會使得密度下降。而當事件排除之後，又會回復至與事件發生前類似的平均速率與平均密度。

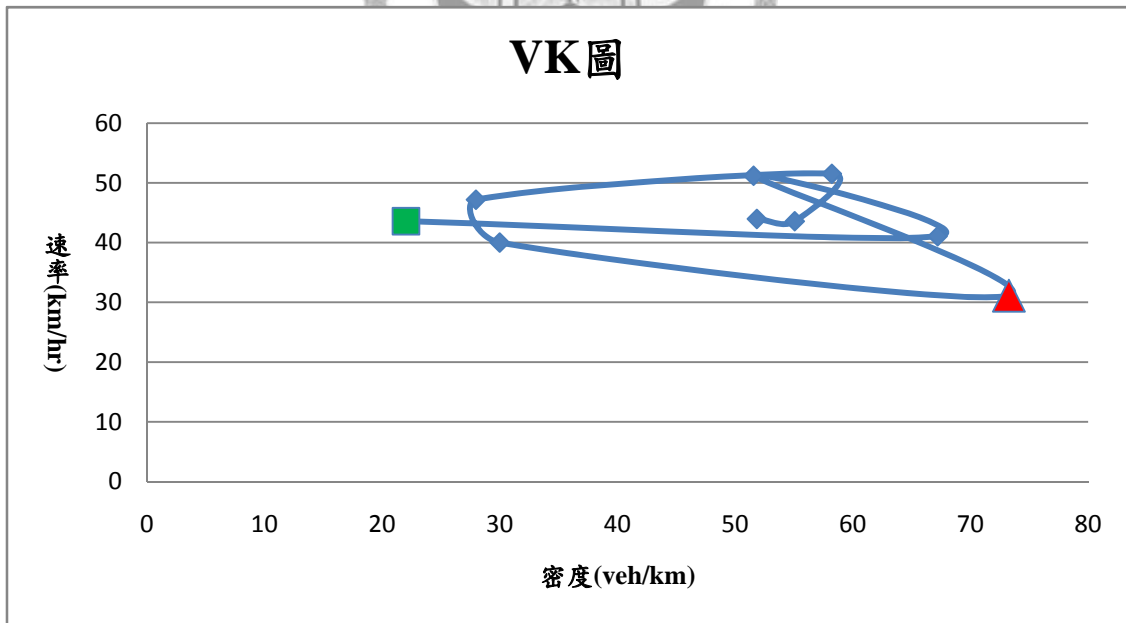


圖 3.22 速率與密度關係變化趨勢圖

2. 流量與密度關係變化趨勢

透過每 30 秒流量與平均密度作比較，如圖 3.23 所示。起始點則是流量為

960(veh/hr)，平均密度為 22.02(veh/km)，位於圖中最左邊。可以看出依時間變化的趨勢，當密度變大，通過流量也隨之增加，而事件發生時使得密度增加為 73.27(veh/km)，而事件發生後，平均密度驟降，通過流量也大幅降低，表示因道路容量突然縮減，造成通過流量降低，而平均速率並未有多大改變，因此平均密度大幅下降。之後事件排除後，又會回復至與事件發生前類似的通過流量與平均密度。

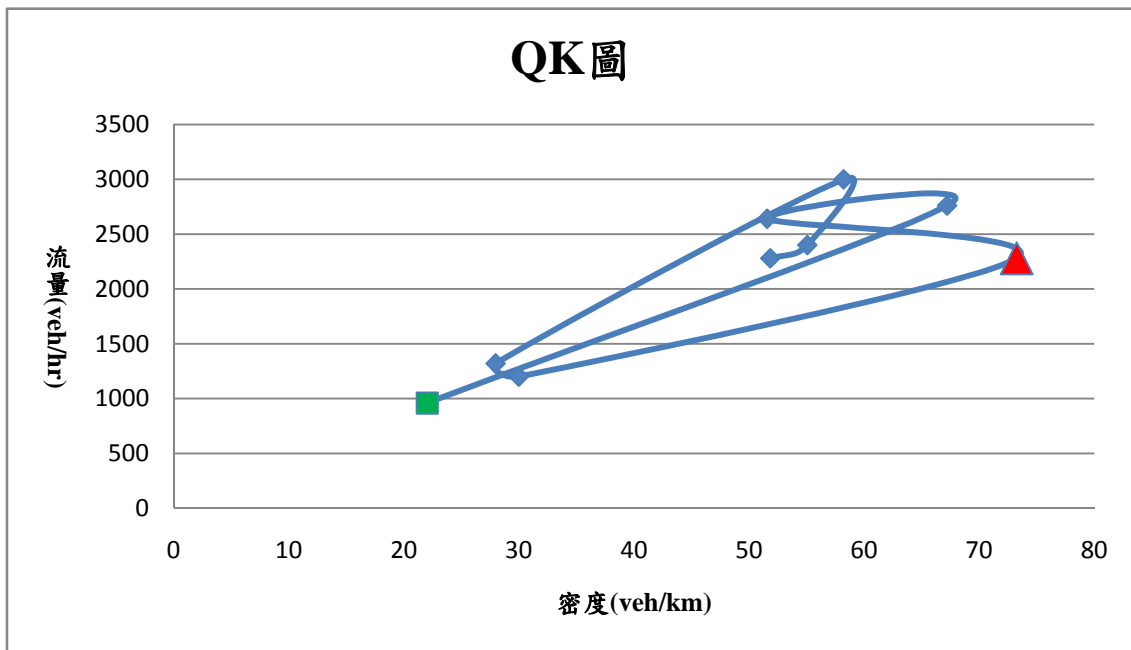


圖 3.23 流量與密度關係變化趨勢圖

3. 速率與流量關係變化趨勢

透過每 30 秒流量與平均速率作比較，如圖 3.24 所示。起始點則是流量為 960(veh/hr)，平均速率為 43.61(km/hr)，位於圖中最下方。可以看出依時間變化的趨勢，通過流量增加，平均速率略為提升，但仍處於 40~50(km/hr)範圍之間，當事件發生時，通過流量為 2280(veh/hr)，平均速率則為 31.12(km/hr)，而事件發生後，使得通過流量減少，而平均速率並未有多大改變，因此可以得知平均密度會有下降趨勢。之後事件排除後，又會回復至與事件發生前類似的通過流量與平均速率。

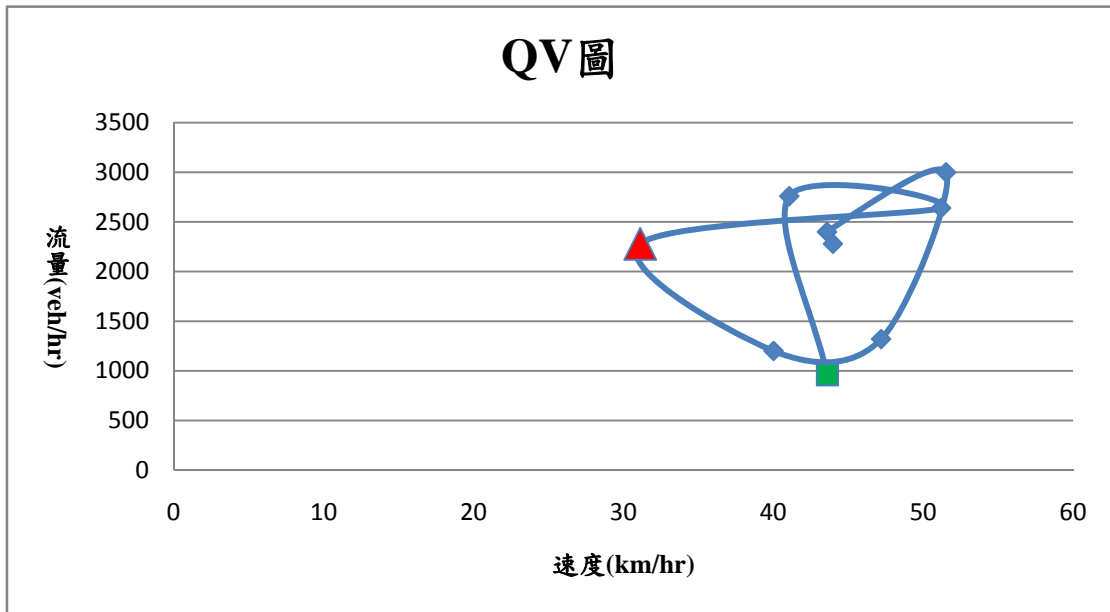


圖 3.24 流量與速率關係變化趨勢圖

3.4 小結

由以上初步分析結果，可歸納下列幾點：

1. 選擇研究地點為台北市基隆路四段於台灣科技大學門口前之路段，皆符合本研究挑選研究地點之原則，因此，設備架設完成後便進行調查拍攝工作，自民國 98 年 3 月 10 日至民國 98 年 4 月 10 日止，共計 32 天，並無發現任何交通事故。
2. 本研究利用 Citilog 影像式事件偵測系統作為偵測事件工具，協助本研究進行篩選，結果於此調查時間內並無任何事故發生，偵測事件多為車輛路邊臨時停車所造成，而臨停事件仍符合事件之定義：影響車流正常運行、非重現性、非計畫性、暫時性。因此，針對臨停事件進行車流分析探討。
3. 基於車流理論，針對車輛臨停事件探討，分別從巨觀及微觀進行初步分析，可以發現事件發生的確會造成後方車流密度下降，流量減少，等到事件排除才會恢復正常。而從車輛軌跡圖得知，事件發生後，會使得後方車輛必須進行繞行動作，因此，車輛於橫向位置及縱向位置的變化劇烈，造成車輛之間的相互干擾，對於交通安全與交通管理方面都是一大問題。



第四章 事件判定指標建立

4.1 研擬指標

本小節將利用熵理論建立判定指標，先前已回顧熵理論目前於交通運輸領域之應用，並尋找適合本研究之概念，再建構熵公式，以利後續發展。

一、熵公式之定義：

當事件發生時，因為佔據了部分車道，使得道路容量縮減，對後方車流造成影響，因此可以得知事件發生與否，確實會對車流運行造成影響，也就是說，車流特性有一定程度的差異。本研究認為事件發生會使得後方車輛必須繞行，而當後方車輛繞行時，同時也會影響到相鄰車道的其他車輛，相互影響之下，車流特性則會與正常情形下有很大差異。本研究基於先前對於熵理論之了解，透過 Shannon 熵公式建立熵參數，分別從橫向與縱向兩個維度進行探討。當車輛速度變化大時，則車輛受干擾程度越大，所計算的熵值越大；反之，速度變化越小，所受干擾程度越小，熵值越小。如下式與圖 4.1 所示，其中

$$\text{EntX} = - \sum_{i=1}^N P(\Delta V_{x_i}) \log_2 P(\Delta V_{x_i})$$

$$\text{EntY} = - \sum_{i=1}^N P(\Delta V_{y_i}) \log_2 P(\Delta V_{y_i})$$

其中，

ΔX_i 為每 0.5 秒車輛橫向位置變化

ΔY_i 為每 0.5 秒車輛縱向位置變化

ΔV_{x_i} 為每 0.5 秒車輛橫向速度變化

ΔV_{y_i} 為每 0.5 秒車輛縱向速度變化

$P(\Delta V_{x_i})$ 為每 0.5 秒車輛橫向速度變化程度佔全部橫向速度變化程度的機率值

$P(\Delta V_{y_i})$ 為每 0.5 秒車輛縱向速度變化程度佔全部縱向速度變化程度的機率值

$$\text{且 } P(\Delta V_{x_i}) \geq 0, P(\Delta V_{y_i}) \geq 0$$

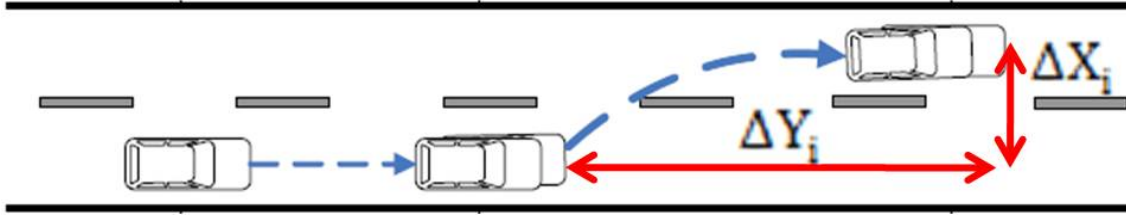


圖 4.1 熵參數示意圖

二、熵公式之說明：

舉例來說，當一輛機車於此路段上的橫向速度變化值如下：0.0544, 0.1124, 0.1934, 0.116, 0.1578, 0.1984, 0.2766, 0.0192, 0.0292, 0.2064, 0.042, 0.2582, 0.4764, 0.1328, 0.0016, 0.3356。且分群幅度是將 0~1.0(m/s²)分為十組，透過計算之後，可得到 $P_1=5/16, P_2=6/16, P_3=3/16, P_4=1/16, P_5=1/16,$
 $P_6=P_7=P_8=P_9=P_{10}=0$ ，因此，此輛車的 EntX 為 2.007856。

4.2 建立指標

基於前一小節已建立之熵公式，本研究將更進一步針對事件進行探討，分別從空間軸與時間軸進行，分析 EntX 與 EntY 之變化趨勢，期望能夠藉此建立判定指標。

4.2.1 空間軸

從空間軸層面來探討，因研究拍攝期間內，並無發生任何交通事故，因而本研究以臨停事件作為觀察對象，發現臨停車輛對於外車道車流運行影響最大，因此主要研究對象針對外車道車流，再者，此研究路段外車道為混合車道，且車道寬長達 5.4 公尺，而本研究觀察車流運行行為的同時，發現大致上會呈現三股車流前進，因此，本研究假設外車道可劃分為三車道，此為「虛擬車道」(Dummy Lane)，分別定義為「虛擬內車道」、「虛擬中車道」、「虛擬外車道」等三車道，如圖 4. 2

所示。因外車道車道寬為 5.4 公尺，本研究則將三虛擬車道平均劃分，每虛擬車道之車道寬均為 1.8 公尺。劃分三虛擬車道後，原本外車道寬度為 5.4 公尺，內車道寬度為 3 公尺，因此原始距離座標為 3~8.4 公尺，本研究所劃分之虛擬內車道橫座標為 3~4.8 公尺，虛擬中車道橫座標為 4.8~6.6 公尺，虛擬外車道橫座標為 6.6~8.4 公尺。



圖 4.2 虛擬車道劃分示意圖

依照先前所定義的熵值，本研究針對每一車輛進行熵值計算，然而 3.3 車流初步分析時，已得知車流會因上游號誌控管，產生車隊化影響，因此，本研究進而針對事件發生前後 75 秒進行分析，分析對象總共有 135 輛機車，20 輛汽車(包含 3 輛大客車)，並且依照所假設虛擬車道進行探討，分析如下。

1. 事件發生前：

針對事件發生前 75 秒進行探討，也就是並未有車輛臨停之情形，共有 29 輛機車，7 輛汽車，再透過熵值計算，如圖 4.3、圖 4.4 所示。此時段內，虛擬內車道共有 9 輛機車，1 輛汽車通行，平均 EntX 值約為 2.0850，平均 EntY 值約為 2.6512；虛擬中車道共有 12 輛機車，6 輛汽車通行，平均 EntX 值約為 1.8193，平均 EntY

值約為 2.7125；虛擬外車道共有 8 輛機車通行，平均 EntX 值約為 1.5108，平均 EntY 值約為 2.5512。

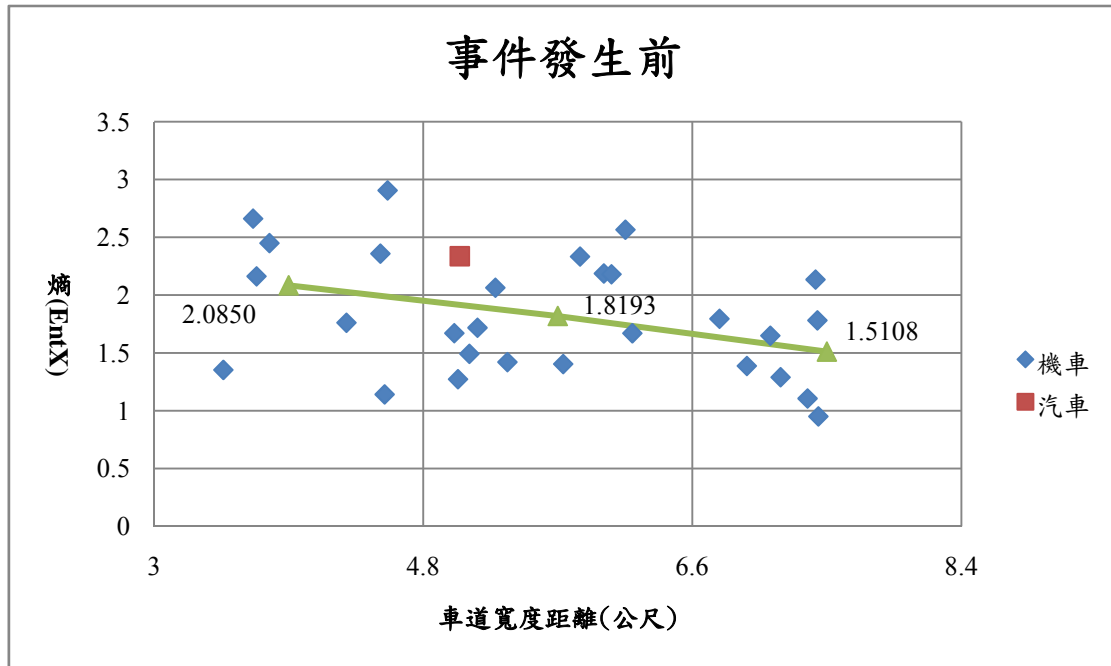


圖 4.3 事件發生前 EntX-X 關係圖

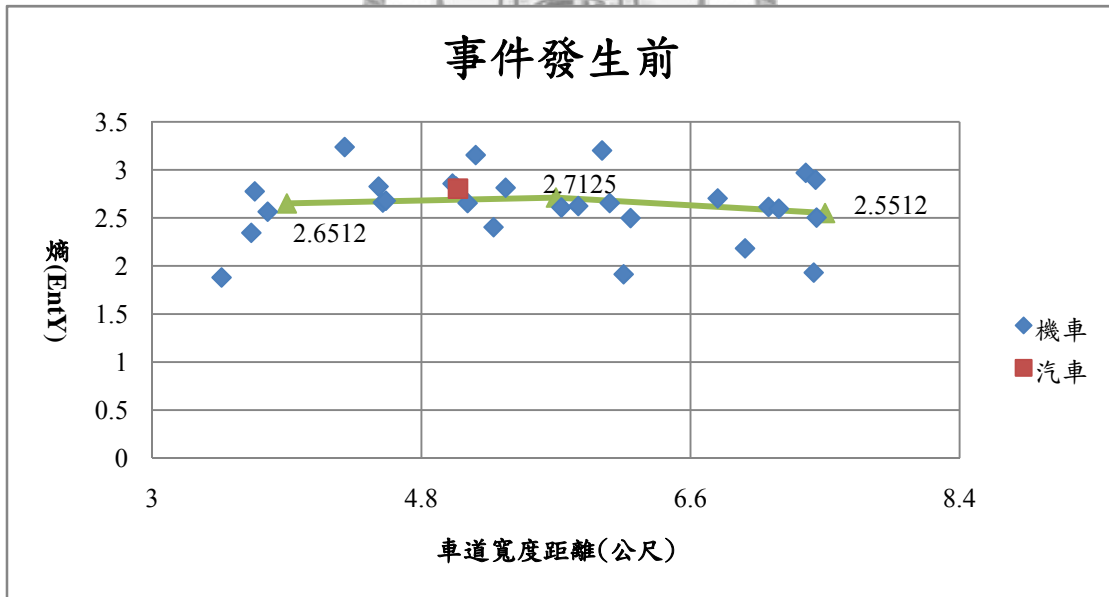


圖 4.4 事件發生前 EntY-X 關係圖

2. 事件發生時：

針對事件發生時進行探討，也就是車輛開始進行臨停之動作，車輛臨停時間約經過 129 秒，共有 66 輛機車，9 輛汽車，再透過熵值計算，如圖 4. 5、圖 4. 6

所示。此時段內，虛擬內車道共有 27 輛機車，3 輛汽車通行，平均 EntX 值約為 2.0241，平均 EntY 值約為 2.715；虛擬中車道共有 29 輛機車，6 輛汽車通行，平均 EntX 值約為 2.3254，平均 EntY 值約為 2.6719；虛擬外車道共有 10 輛機車通行，平均 EntX 值約為 2.5437，平均 EntY 值約為 2.7953。

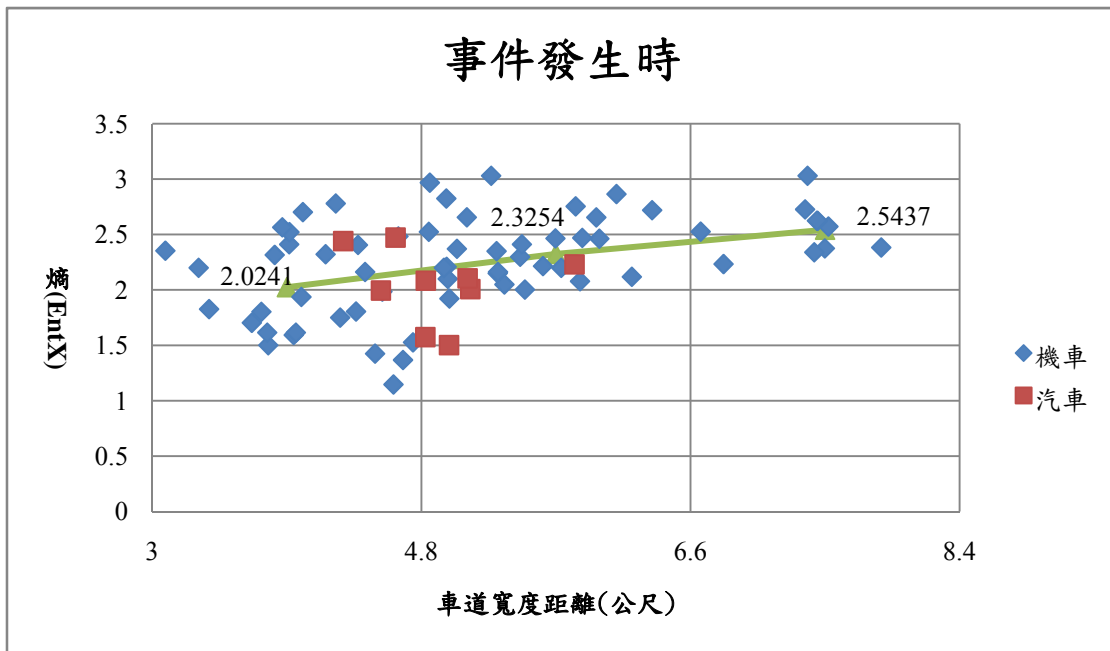


圖 4.5 事件發生時 EntX-X 關係圖

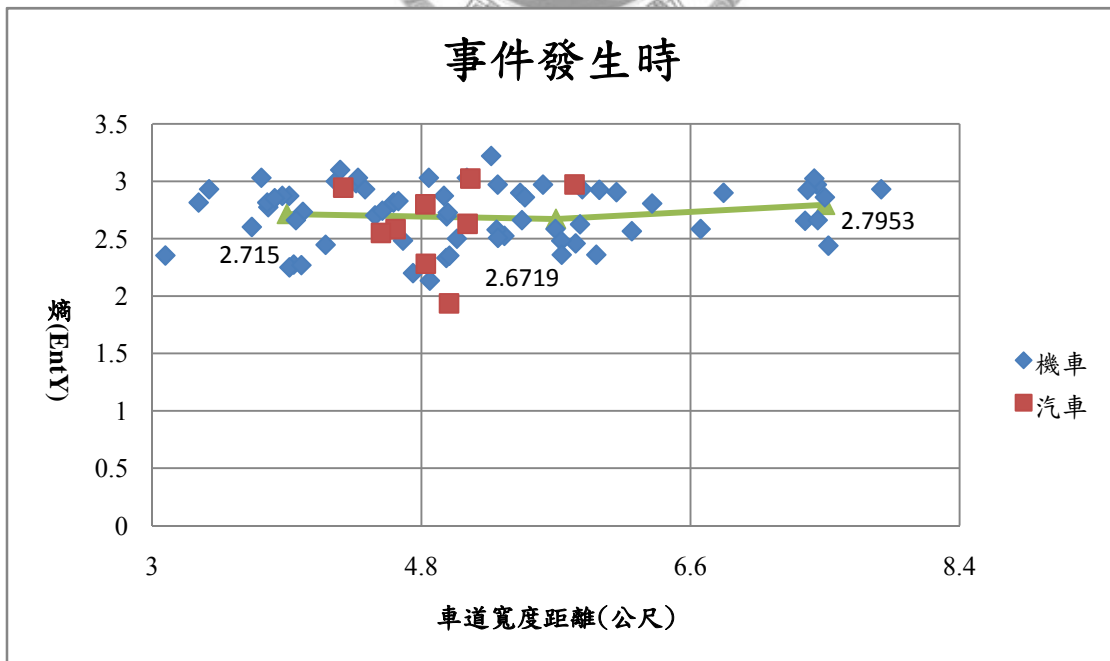


圖 4.6 事件發生時 EntY-X 關係圖

3. 事件發生後：

針對事件發生後 75 秒進行探討，也就是車輛臨停結束並且離去，共有 40 輛機車，7 輛汽車，再透過熵值計算，如圖 4.7、圖 4.8 所示。此時段內，虛擬內車道共有 11 輛機車，平均 EntX 值約為 1.5969，平均 EntY 值約為 2.5605；虛擬中車道共有 19 輛機車，3 輛汽車通行，平均 EntX 值約為 1.685，平均 EntY 值約為 2.6061；虛擬外車道共有 10 輛機車通行，平均 EntX 值約為 1.7176，平均 EntY 值約為 2.6987。

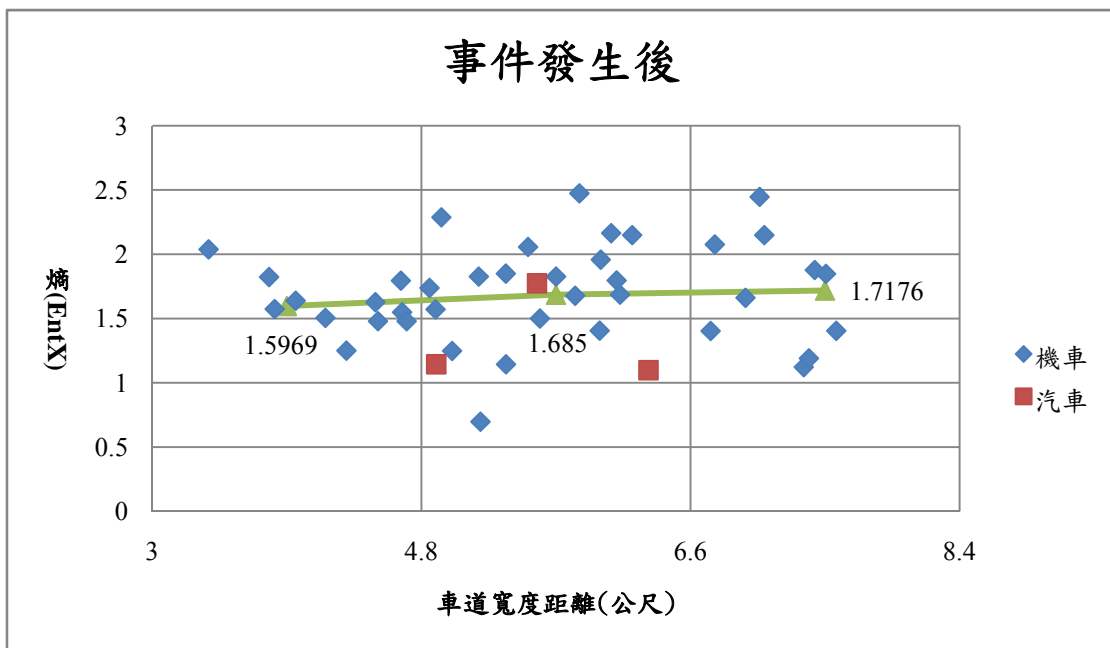


圖 4.7 事件發生後 EntX-X 關係圖

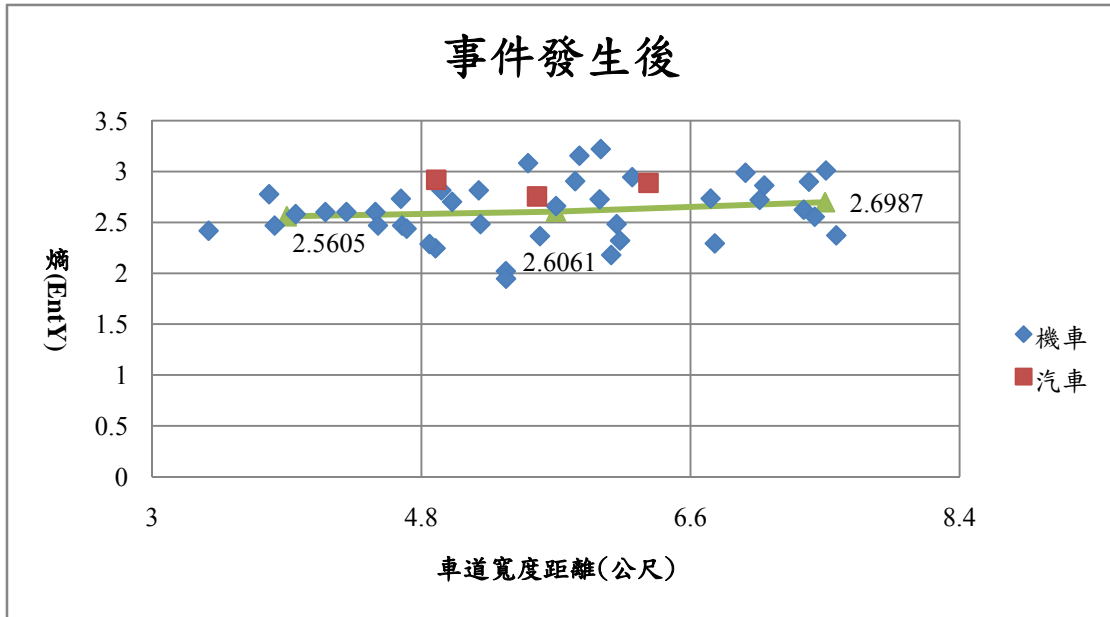


圖 4.8 事件發生後 EntY-X 關係圖

由以上可以得知，將外車道劃分成三虛擬車道，並分成事件發生前、事件發生時、事件發生後等三時期來探討，EntX 與 EntY 的變化如表 4.1、表 4.2。可發現虛擬內車道的 EntX 都是遞減，EntY 為先增後減，可以推測事件發生前已有車輛往虛擬內車道移動，因車輛匯入，造成橫向速度變化較小，縱向速度變化較大，也就是加減速次數較為頻繁；虛擬中車道的 EntX 是先增後減，EntY 都是遞減，表示橫向速度變化較大，縱向速度變化較小，可得知車輛進行變換車道行為；虛擬外車道的 EntX 與 EntY 均為先增後減，橫向速度變化與縱向速度變化皆較大，因車輛臨停事件發生於此虛擬車道，造成車輛須繞行，此為事件發生所造成影響。

表 4.1 EntX-X 變化統計表

平 均 時 期 車 道 別 EntX	虛擬內車道	虛擬中車道	虛擬外車道
事件發生前	2.0850	1.8193	1.5108
事件發生時	2.0241	2.3254	2.5437
事件發生後	1.5969	1.6850	1.7176
變化趨勢	↙ ↘	↗ ↘	↗ ↘

表 4.2 EntY-X 變化統計表

平 均 時 期 車 道 別 EntY	虛擬內車道	虛擬中車道	虛擬外車道
事件發生前	2.6512	2.7125	2.5512
事件發生時	2.7150	2.6719	2.7953
事件發生後	2.5605	2.6061	2.6987
變化趨勢	↗ ↘	↘ ↘	↗ ↘

4.2.2 時間軸

從時間軸層面來探討，本研究分別從 EntX 與 EntY 依時間的變化進行分析，分析時間為事件發生前後三分鐘，總計 360 秒，每 30 秒為一組，可得一平均熵，並且按照前述所定義之虛擬車道，分別觀察 EntX 與 EntY 於虛擬內車道、虛擬中車道以及虛擬外車道之變化，分析如下。

1. 虛擬內車道

針對虛擬內車道，可以看出熵值依時間變化的趨勢，如圖 4.9、圖 4.10 所示。

EntX 與 EntY 變化趨勢並無太大差異，可以推測事件發生於虛擬外車道對於此車道影響較小。唯一較為不同之處則是一開始(0~30 秒)的變化情形，可以看出橫向速度變化較小，縱向速度變化較大，因此可能是跟車過程所產生的加減速情形所致，而熵值為零的兩部分(60~90 秒、210~240 秒)均是因號誌影響而無車輛通行，因此熵值為零。

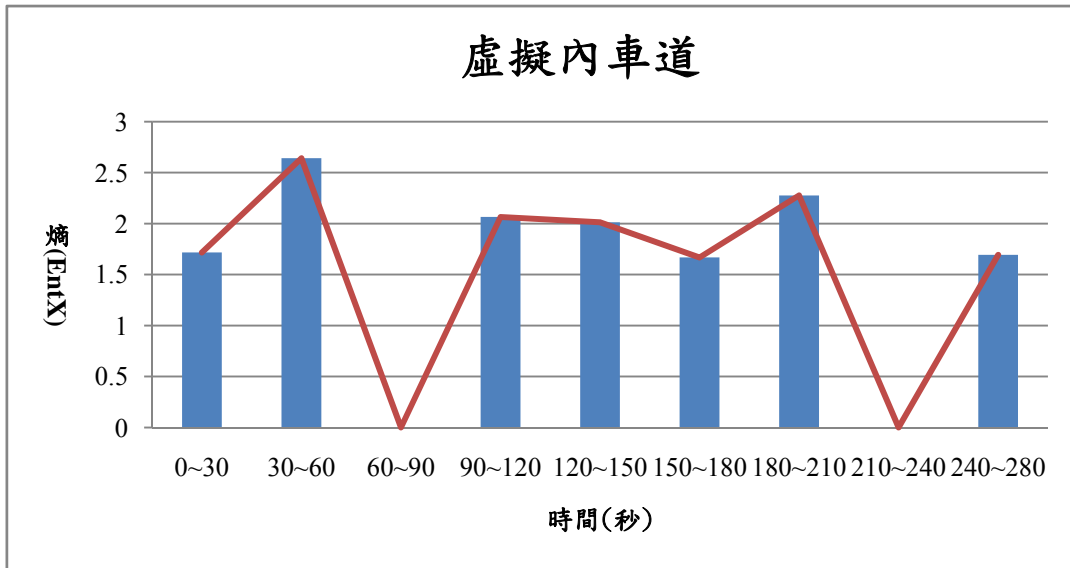


圖 4.9 EntX-T 於虛擬內車道變化圖

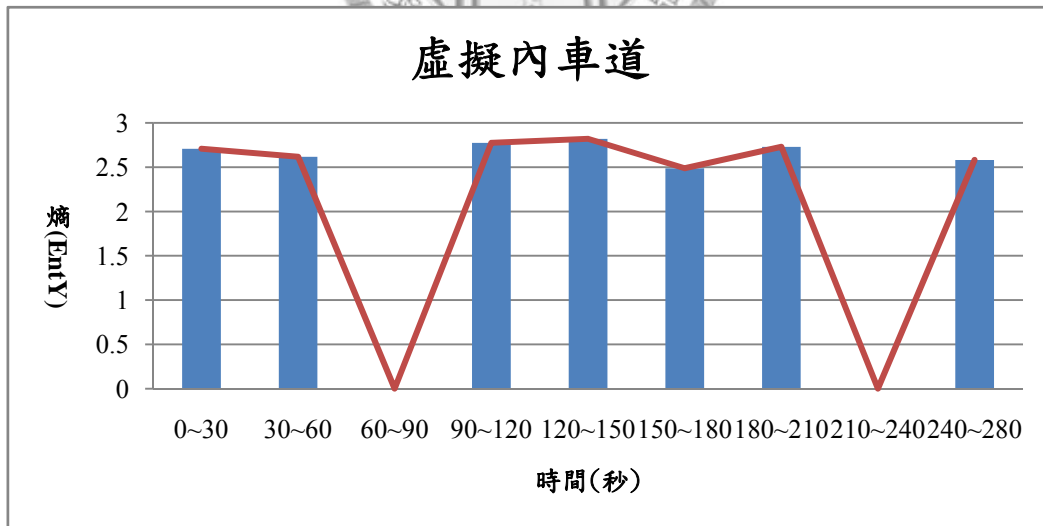


圖 4.10 EntY-T 於虛擬內車道變化圖

2. 虛擬中車道

針對虛擬中車道，可以看出熵值依時間變化的趨勢，如圖 4.11、圖 4.12 所示。

EntX 與 EntY 於事件發生後會產生較大的差異。事件發生於 90~120 秒，因此可以

看出之後 EntX 值變化小，EntY 值變化大，則橫向速度變化小，縱向速度變化大，表示車輛受到其他車道車輛匯入影響，加減速程度頻繁，而事件於 210 秒之後排除，因此，210~240 秒的 EntX 值變小，EntY 值變大，推測是因為事件排除後，道路容量恢復，車輛變換車道情形減少，加速次數增加，車流恢復正常。

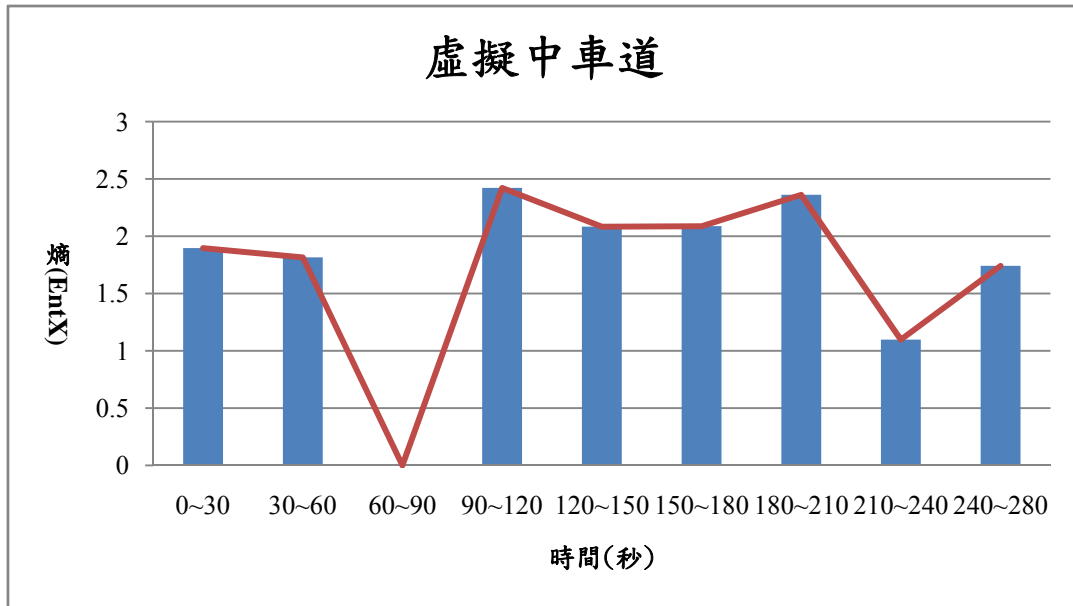


圖 4.11 EntX-T 於虛擬中車道變化圖

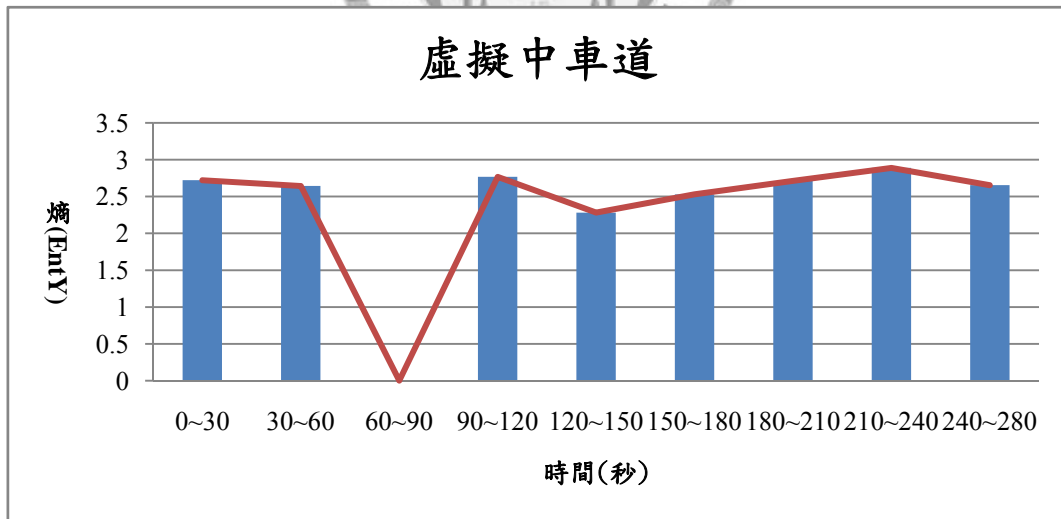


圖 4.12 EntY-T 於虛擬中車道變化圖

3. 虛擬外車道

針對虛擬外車道，可以看出熵值依時間變化的趨勢，如圖 4.13、圖 4.14 所示。

EntX 與 EntY 依時間變化趨勢並無太大差異，可以推測事件發生於此車道，因此

佔據了此車道，使得並無車輛通行。唯一較為不同之處則是一開始(0~30 秒)的變化情形，與虛擬內車道的情形類似，因此也可能是跟車過程所產生的加減速情形所致。而熵值為零的四部分(60~90 秒、90~120 秒、180~210 秒、210~240 秒)，因為事件發生於 90~120 秒，其餘時段為上游號誌控管所影響，並無車輛通行，因此熵值為零。

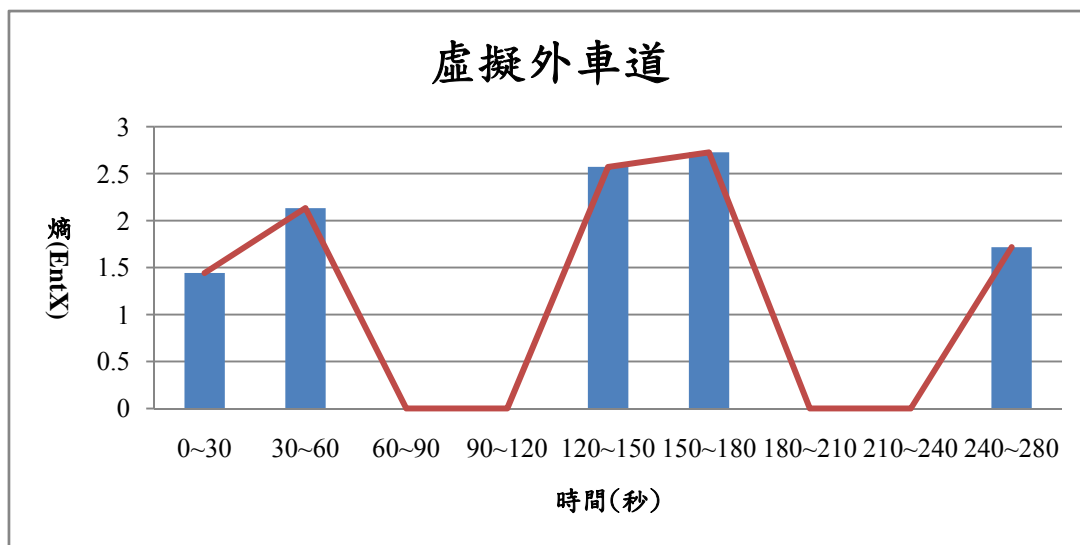


圖 4.13 EntX-T 於虛擬外車道變化圖

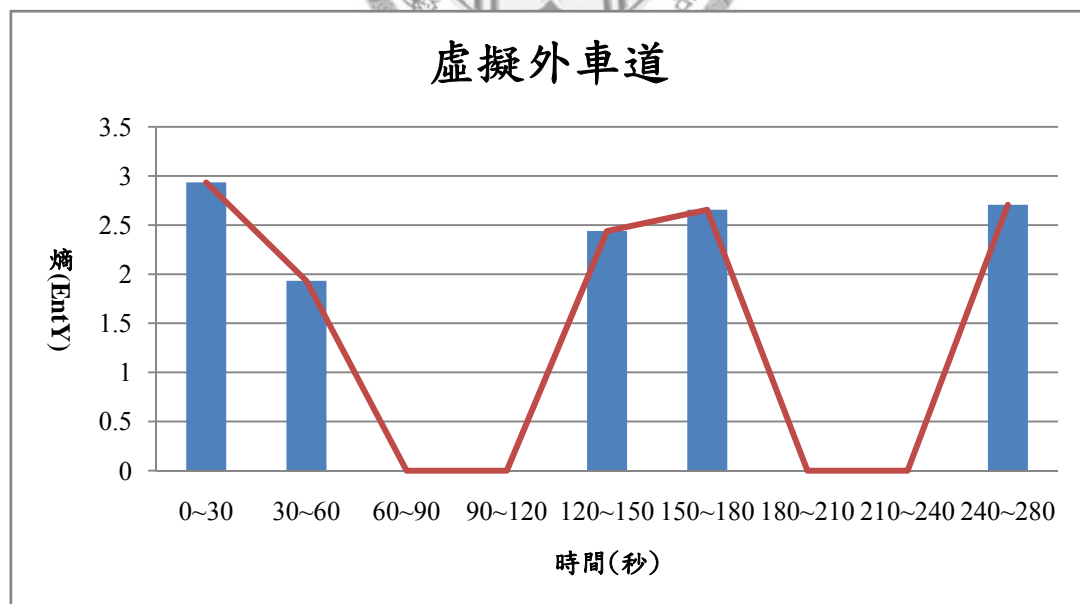


圖 4.14 EntY-T 於虛擬外車道變化圖

4. 比較分析

將三車道綜合比較，可以發現熵值依時間變化的趨勢類似，但是於事件發生後，會有些許差異，如圖 4.15、圖 4.16 所示。可以得知，EntX 值於事件發生後，虛擬外車道的 EntX 會增加，這是因為車輛必須進行繞行；EntY 值方面，虛擬中車道的 EntY 於事件排除後增加，推測是因為道路容量恢復，車輛變換車道情形減少，加速次數增加，車流恢復正常。

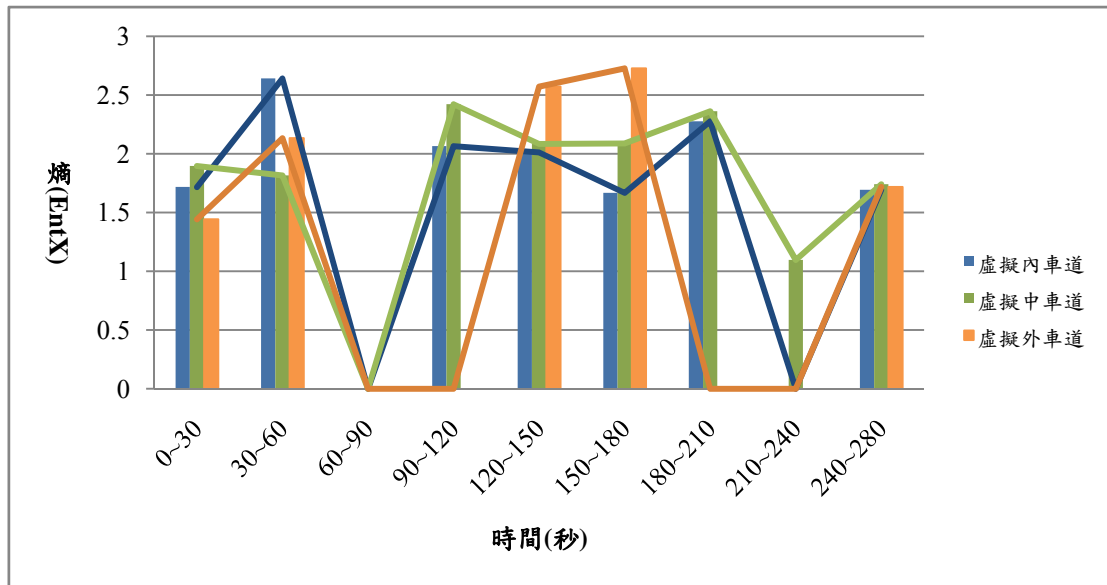


圖 4.15 EntX-T 於三車道綜合比較圖

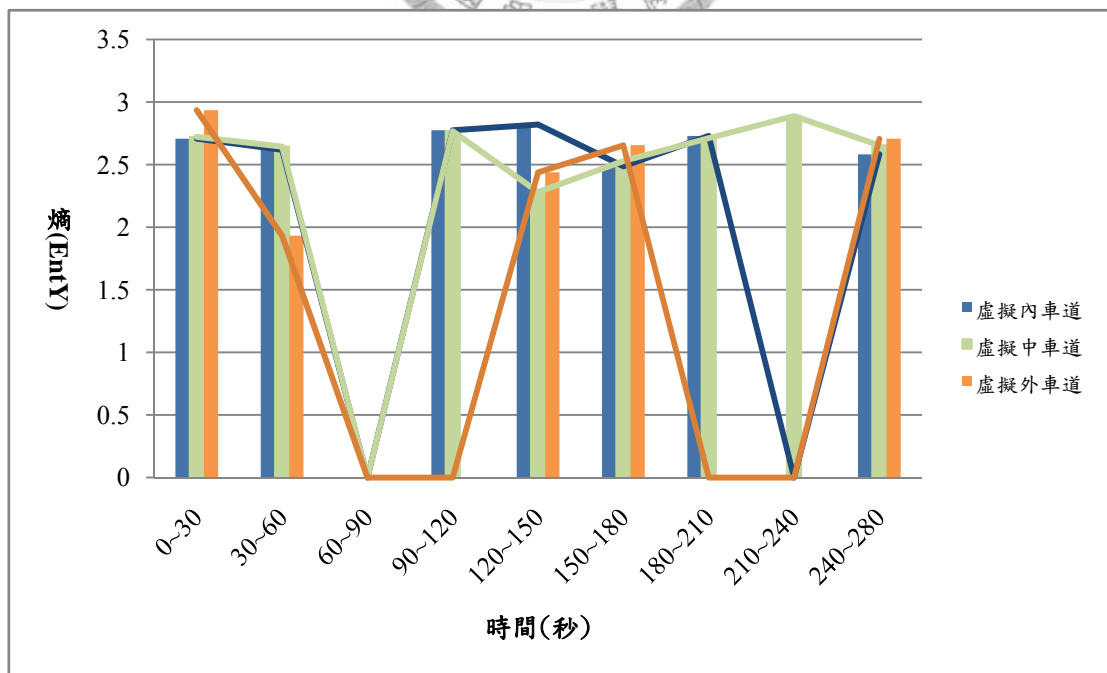


圖 4.16 EntY-T 於三車道綜合比較圖

4.3 指標分級

由上述研究分析結果可知，干擾程度越大，熵值會越大，而事件所造成影響的範圍有限，可以推測不同車道所受到的干擾程度不會相同，因此，本研究將以車道別進行事件判定指標建立，分析如下：

1. 虛擬內車道

針對虛擬內車道，分別建立 EntX 與 EntY 兩指標，如圖 4.17、圖 4.18 所示。以 EntX 指標來看，當 EntX 值小於 1 時，事件被判定發生機率為 0，當 EntX 值大於 2.5 時，事件被判定發生機率為 1，而 EntX 值介於 1~2.5 之間，則依照其所對應之受事件干擾的車輛比例值，代表事件可能發生的機率程度，如表 4.3 所示，計算方式為有事件發生時所得到的樣本總數除以無事件發生時所得到的某熵值區間的樣本數。以 EntY 指標來看，當 EntY 值小於 2 時，事件被判定發生機率為 0，當 EntY 值大於 3 時，事件被判定發生機率為 1，而 EntY 值介於 2~3 之間，則依照其所對應之比例值，代表事件可能發生的機率程度，如表 4.4 所示。

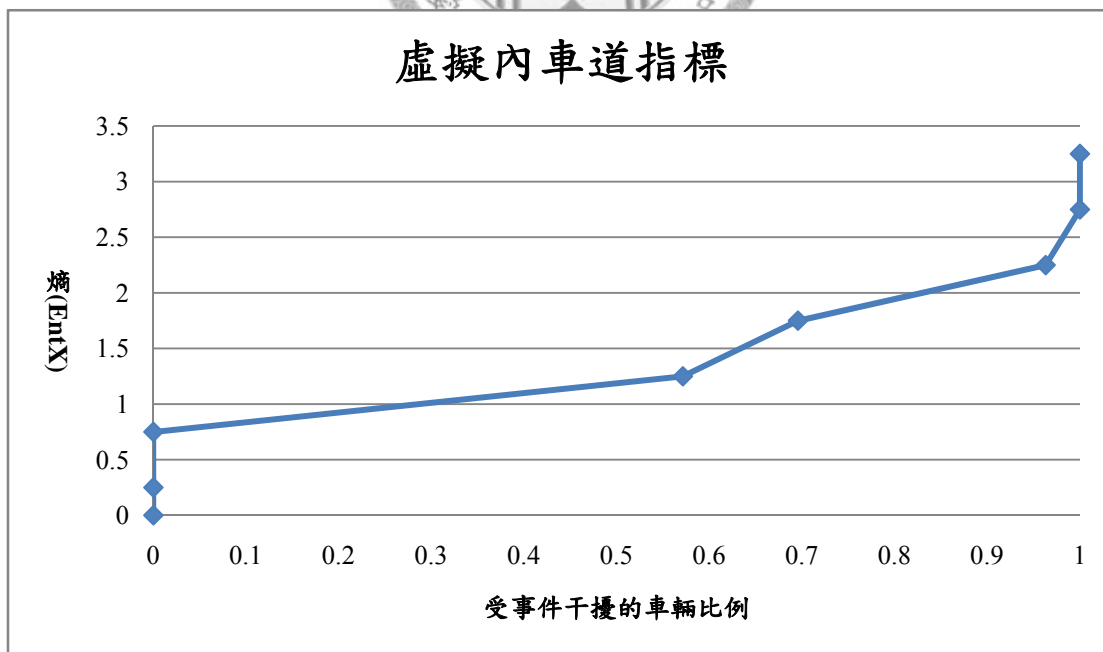


圖 4.17 EntX 於虛擬內車道指標圖

表 4.3 EntX 於虛擬內車道事件判定發生機率表

EntX	事件判定機率
等於 0	0
0~0.5	0
0.5~1.0	0
1.0~1.5	0.5714
1.5~2.0	0.6957
2.0~2.5	0.963
2.5~3.0	1
3.0~3.5	1

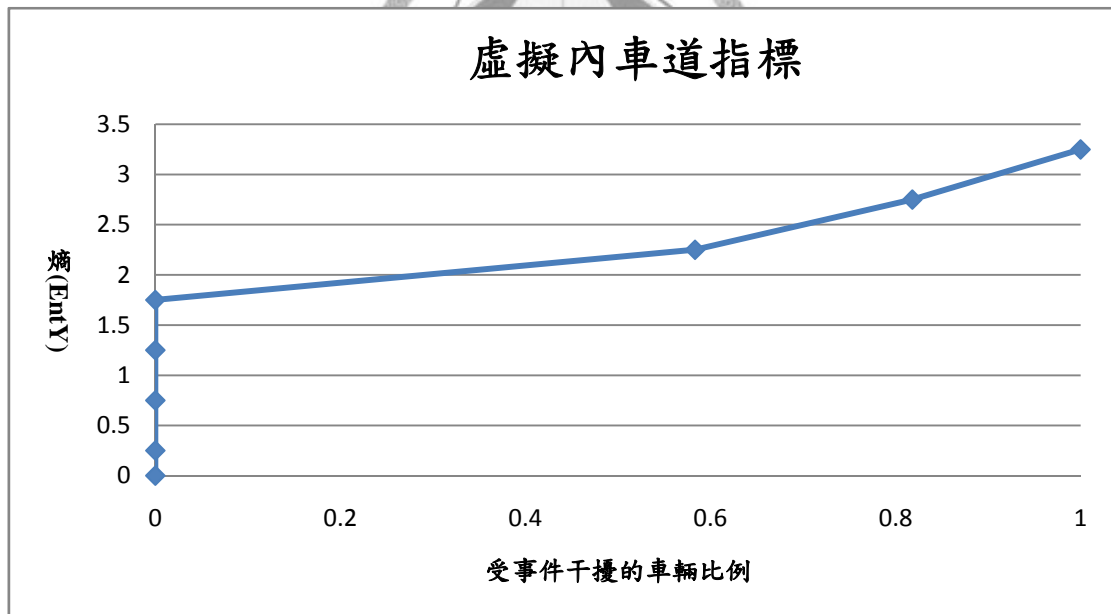


圖 4.18 EntY 於虛擬內車道指標圖

表 4.4 EntY 於虛擬內車道事件判定發生機率表

EntY	事件判定機率
等於 0	0
0~0.5	0
0.5~1.0	0
1.0~1.5	0
1.5~2.0	0
2.0~2.5	0.5333
2.5~3.0	0.8182
3.0~3.5	1

2. 虛擬中車道

針對虛擬中車道，分別建立 EntX 與 EntY 兩指標，如圖 4.19、圖 4.20 所示。以 EntX 指標來看，當 EntX 值小於 1 時，事件被判定發生機率為 0，當 EntX 值大於 2.5 時，事件被判定發生機率為 1，而 EntX 值介於 1~2.5 之間，則依照其所對應之受事件干擾的車輛比例值，代表事件發生的機率程度，如表 4.5 所示，計算方式為有事件發生時所得到的樣本總數除以無事件發生時所得到的某熵值區間內的樣本數。以 EntY 指標來看，當 EntY 值小於 1 時，事件被判定發生機率為 0，當 EntY 值大於 2.5 時，事件被判定發生機率為 1，而 EntY 值介於 1~2.5 之間，則依照其所對應之比例值，代表事件發生的機率程度，如表 4.6 所示。

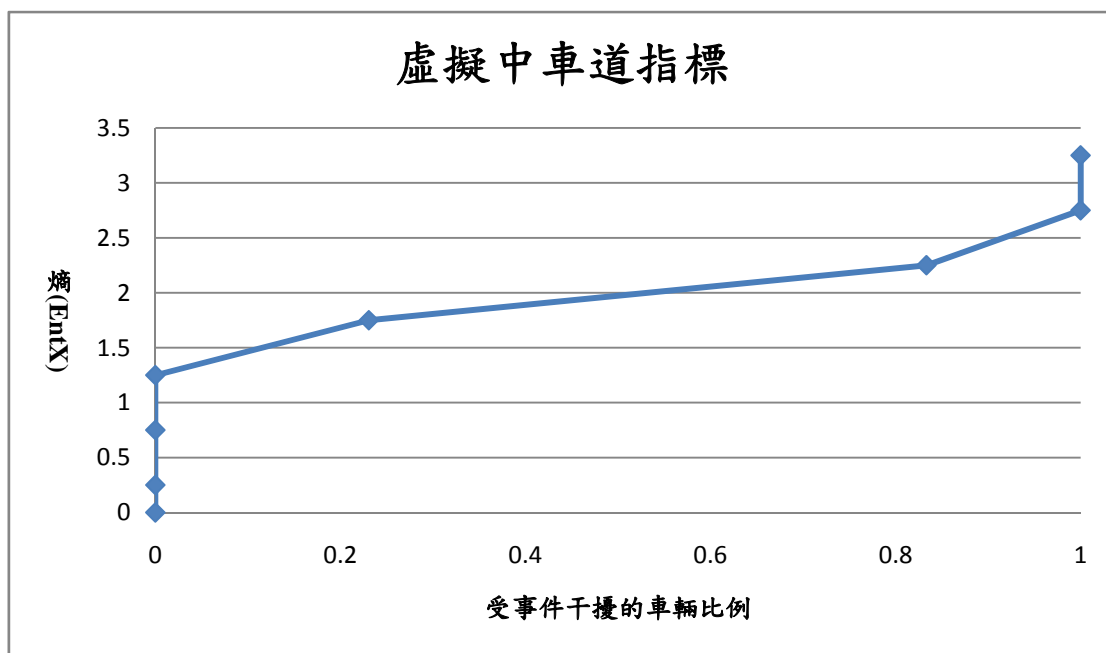


圖 4.19 EntX 於虛擬中車道指標圖

表 4.5 EntX 於虛擬中車道事件判定發生機率表

EntX	事件判定機率
等於 0	0
0~0.5	0
0.5~1.0	0
1.0~1.5	0
1.5~2.0	0.2308
2.0~2.5	0.8333
2.5~3.0	1
3.0~3.5	1

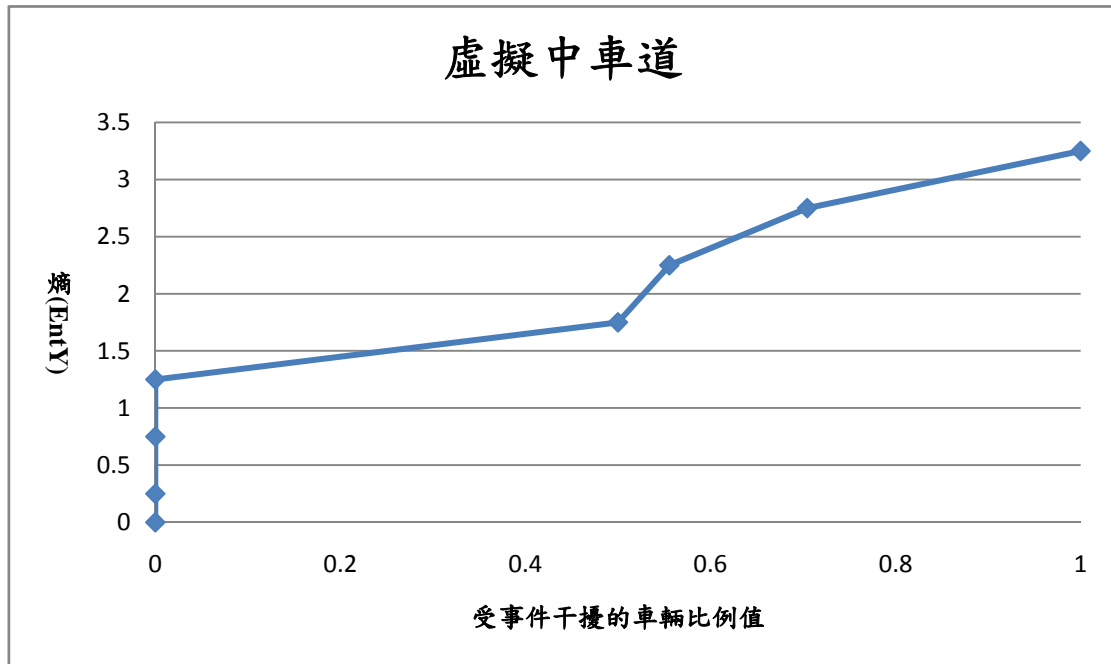


圖 4.20 EntY 於虛擬中車道指標圖

表 4.6 EntY 於虛擬中車道事件判定發生機率表

EntY	事件判定機率
等於 0	0
0~0.5	0
0.5~1.0	0
1.0~1.5	0
1.5~2.0	0.5
2.0~2.5	0.5556
2.5~3.0	0.7045
3.0~3.5	1

3. 虛擬外車道

針對虛擬外車道，分別建立 EntX 與 EntY 兩指標，如圖 4.21、圖 4.22 所示。以 EntX 指標來看，當 EntX 值小於 1 時，事件被判定發生機率為 0，當 EntX 值大於 2.5 時，事件被判定發生機率為 1，而 EntX 值介於 1~2.5 之間，則依照其所對應之受事件干擾的車輛比例值，代表事件發生的機率程度，如表 4.7 所示計算方式

為有事件發生時所得到的樣本總數除以無事件發生時所得到的某熵值區間內的樣本數。以 EntY 指標來看，當 EntY 值小於 1 時，事件被判定發生機率為 0，當 EntY 值大於 2.5 時，事件被判定發生機率為 1，而 EntY 值介於 1~2.5 之間，則依照其所對應之比例值，代表事件發生的機率程度，如表 4.8 所示。

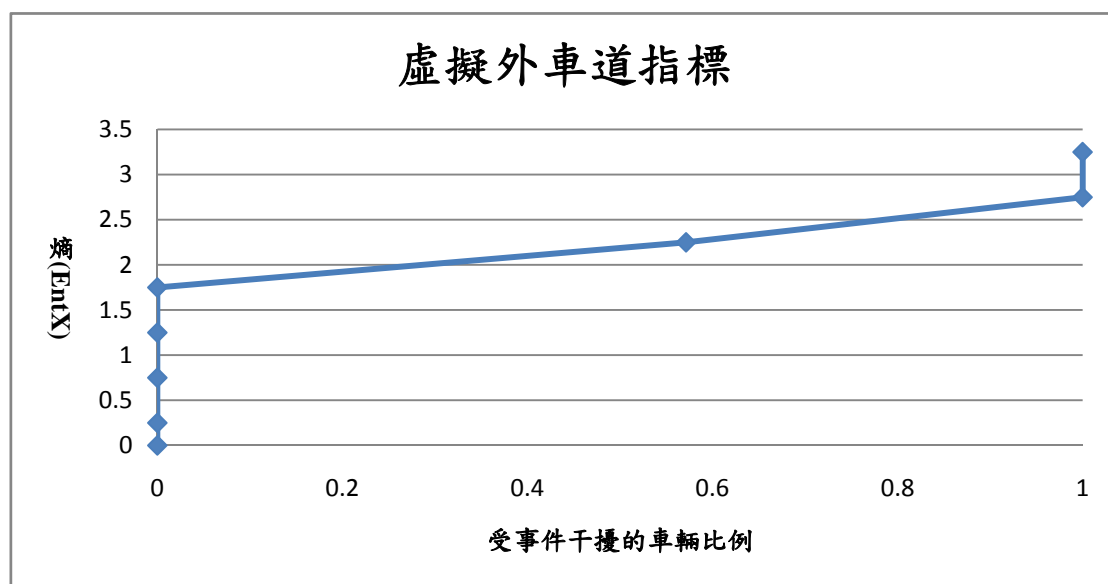


圖 4.21 EntX 於虛擬外車道指標圖

表 4.7 EntX 於虛擬外車道事件判定發生機率表

EntX	事件判定機率
等於 0	0
0~0.5	0
0.5~1.0	0
1.0~1.5	0
1.5~2.0	0
2.0~2.5	0.5714
2.5~3.0	1
3.0~3.5	1

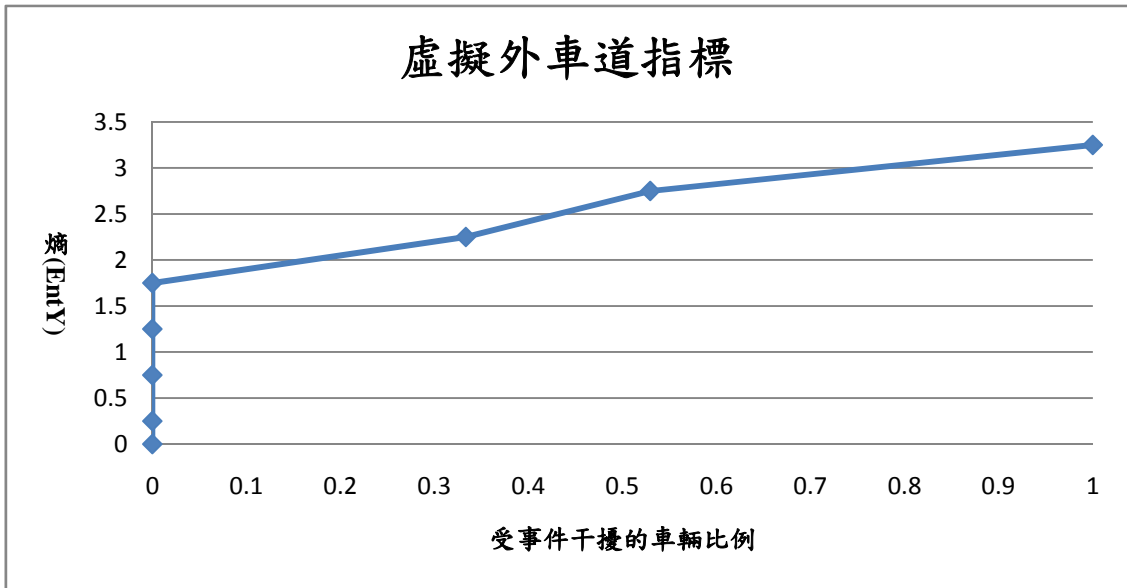


圖 4.22 EntY 於虛擬外車道指標圖

表 4.8 EntY 於虛擬外車道事件判定發生機率表

EntY	事件判定機率
等於 0	0
0~0.5	0
0.5~1.0	0
1.0~1.5	0
1.5~2.0	0
2.0~2.5	0.3333
2.5~3.0	0.5294
3.0~3.5	1

4.4 小結

由上述研究，可以歸納以下數點：

1. 本研究透過 Shannon 熵公式建立熵參數，分別從橫向與縱向兩個維度進行探討。當車輛速度變化大時，則車輛受干擾程度越大，所計算的熵值越大；反之，速度變化越小，所受干擾程度越小，熵值越小。
2. 因研究拍攝期間內，並無發生任何交通事故，因而本研究以臨停事件作為觀察對象，發現臨停車輛對於外車道車流運行影響最大，因此主要研究對象針對外車道車流。
3. 分別從空間軸與時間軸進行探討，空間軸方面，本研究將外車道劃分為三虛擬車道，以便觀察事件所造成的影響差異。並分別就事件發生前、事件發生時、事件發生後三個時期來觀察，將所觀察得到的車輛車流參數透過本研究所定義之熵公式計算，可得 EntX 與 EntY 兩熵值。
4. 本研究將事件車道定義為前述之虛擬外車道，其 EntX 與 EntY 會因事件發生而出現先增後減的趨勢，表示事件發生會產生干擾，熵值增加，事件排除而干擾減少，熵值降低。
5. 時間軸方面，將三虛擬車道綜合比較，可以發現熵值依時間變化的趨勢類似，但是於事件發生後，會有些許差異。EntX 值於事件發生後，虛擬外車道的 EntX 會增加，這是因為車輛必須進行繞行；虛擬中車道的 EntY 於事件排除後增加，推測是因為道路容量恢復，車輛變換車道情形減少，加速次數增加，車流恢復正常。
6. 干擾程度越大，熵值會越大，而事件所造成影響的範圍有限，可以推測不同車道所受到的干擾程度不會相同，因此，本研究將以車道別進行事件判定指標建立，分析結果如表 4.9、表 4.10 所示。

表 4.9 EntX 事件判定機率整理表

判定事件	車道別	EntX	事件發生機率 (該區間事件數/該區間事件總數)
確定有事件	內	>2.5	1
	中	>2.5	1
	外	>2.5	1
確定無事件	內	<1.0	0
	中	<1.5	0
	外	<2.0	0
可能發生事件	內	1.0~2.5	0.7027(26/37)
	中	1.5~2.5	0.5319(25/47)
	外	2.0~2.5	0.5714(4/7)

表 4.10 EntY 事件判定機率整理表

判定事件	車道別	EntY	事件發生機率 (該區間事件數/該區間事件總數)
確定有事件	內	>3.0	1
	中	>2.5	1
	外	>3.0	1
確定無事件	內	<2.0	0
	中	<1.5	0
	外	<2.0	0
可能發生事件	內	2.0~3.0	0.7105(27/38)
	中	1.5~3.0	0.5849 (31/53)
	外	2.0~3.0	0.4737 (9/19)

7. 由前述可以得知，熵值小於 1 時，應判定為無事件發生，熵值大於 2.5 時，應判定為有事件發生，且同一車道必須同時觀察 EntX 與 EntY，其數值變化不一定相同。可發現事件發生車道，也就是虛擬外車道，其熵值均大於 2，換言之，事件發生所造成的干擾程度以事件發生車道最大，影響程度依次往外遞減。



第五章 指標確認與應用分析

本章將針對已建立之事件判定指標進行驗證，以確立事件判定指標之準確性，再利用路口現有之 CCTV 所拍攝事件影像進行分析，本研究選定台北市承德路與市民大道路口為例，並套用事件判定指標進行探討分析。

5.1 確認指標

為確立事件判定指標，另行蒐集資料來進行指標驗證，分別以 EntX 與 EntY 兩維度之熵值來探討，透過所計算之熵值，再代入本研究建立之事件判定指標中，以便驗證事件判定指標之準確性。

本研究將分成有事件發生與無事件發生兩部分進行資料蒐集，同時以本研究先前所假設之虛擬車道進行位置分類，因此，分析每虛擬車道各 30 輛車，總共 90 輛車，且將以有事件發生與無事件發生進行事件判定指標驗證，所以，兩部分各 90 個樣本，總計 180 個樣本。本研究將以車道分類與不同維度進行探討，分析結果如下所示。

1. 虛擬內車道

針對虛擬內車道進行分類，主要是以起始位置位於 3~4.8 公尺之內的車輛，並分別計算其熵值，如圖 5.1、圖 5.2 所示。且由表 5.1 所示，可以得知有事件發生時，EntX 並沒有小於 1 的情形，EntY 沒有小於 2 的情形。而無事件時，EntX 並不會大於 2.5，且 EntY 沒有大於 3 的情形。

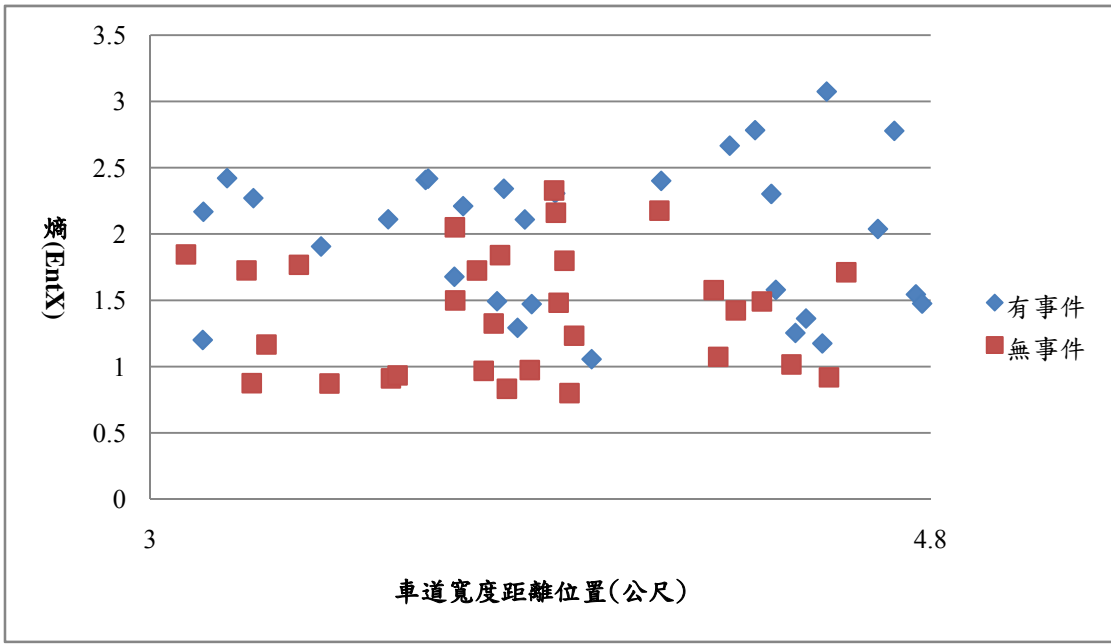


圖 5.1 EntX 指標確立於虛擬內車道

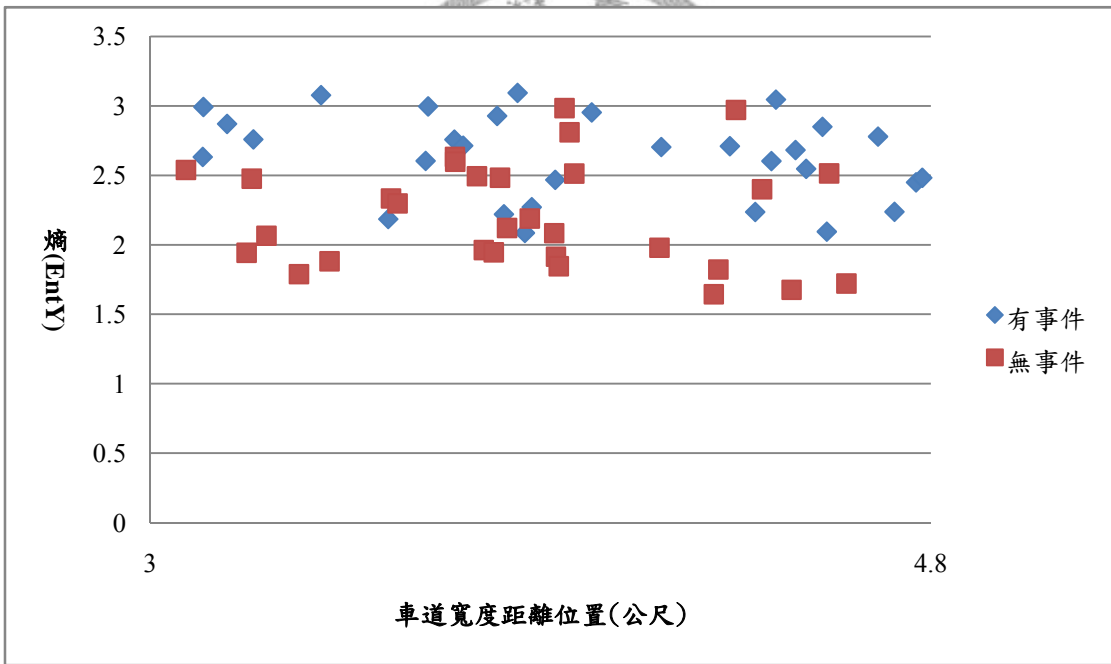


圖 5.2 EntY 指標確立於虛擬內車道

表 5.1 虛擬內車道 EntX 與 EntY 樣本數整理

熵值	有事件發生		無事件發生	
	EntX 樣本數	EntY 樣本數	EntX 樣本數	EntY 樣本數
等於 0	0	0	0	0
0~0.5	0	0	0	0
0.5~1.0	0	0	9	0
1.0~1.5	9	0	9	0
1.5~2.0	4	0	8	12
2.0~2.5	13	10	4	10
2.5~3.0	3	17	0	8
3.0~3.5	1	3	0	0
總計	30	30	30	30

由以上可以得知，當 EntX 值介於 1~2.5 之間時，並不容易判定是否有事件發生，同理，當 EntY 值介於 2~3 之間時，也不容易判定是否有事件發生。

因此本研究將以第四章所建立之事件判定指標與其相互對照，也就是說，得到相同區間的熵值時，有事件發生與無事件發生的樣本數比例應該與指標的比率相同，本研究整理如下所示。

表 5.2 虛擬內車道 EntX 與 EntY 指標確立

熵值	EntX			EntY		
	有事件/ 樣本總數	指標比率	誤差	有事件/ 樣本總數	指標比率	誤差
1.0~1.5	0.5	0.5714	-12.5%	0	0	0
1.5~2.0	0.6190	0.6957	-11.0%	0	0	0
2.0~2.5	0.8667	0.9630	-10%	0.5	0.5333	-6.24%
2.5~3.0	1	1	0	0.7714	0.8182	-5.72%
平均誤差	-	-	-11.17%	-	-	-5.98%

由表 5.2 可知，EntX 值介於 1~2.5 之間所蒐集樣本比率與事件判定指標事件比例值相去不遠，其誤差皆在 10% 左右，平均誤差為 11.17%；而 EntY 值介於 2~3 之間所蒐集樣本比率亦與事件判定指標事件比例值差異極小，誤差均不到 10%，平均誤差為 5.98%。

2. 虛擬中車道

針對虛擬中車道進行分類，主要是以起始位置位於 4.8~6.6 公尺之內的車輛，並分別計算其熵值，如圖 5.3、圖 5.4 所示。且由表 5.3 所示，可以得知有事件發生時，EntX 並沒有小於 1.5 的情形，EntY 沒有小於 2 的情形。而無事件時，EntX 並不會大於 2.5，且 EntY 沒有大於 3 的情形。

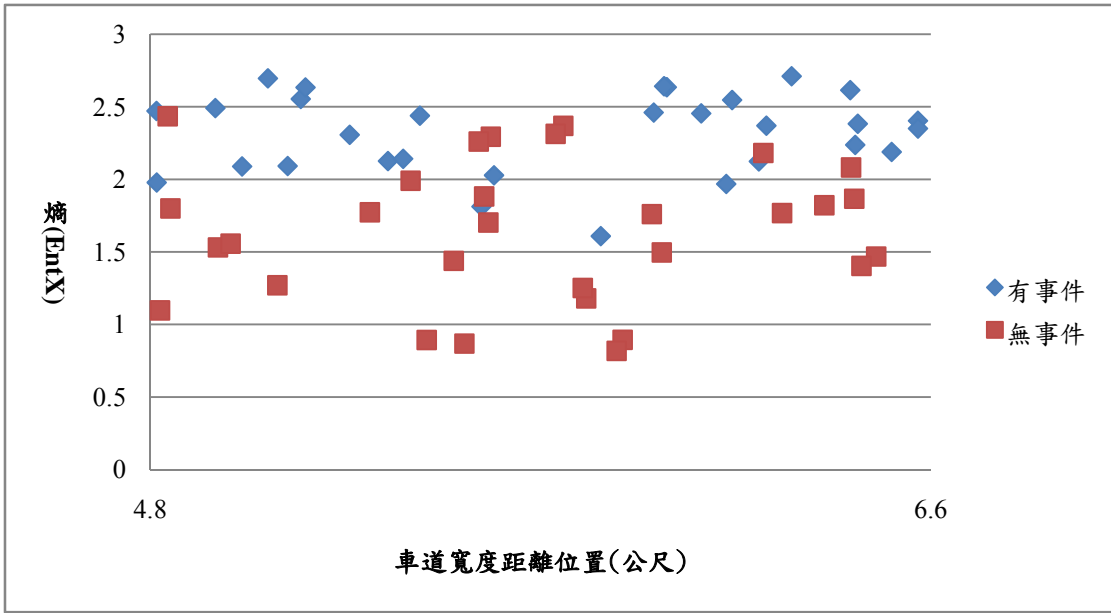


圖 5.3 EntX 指標確立於虛擬中車道

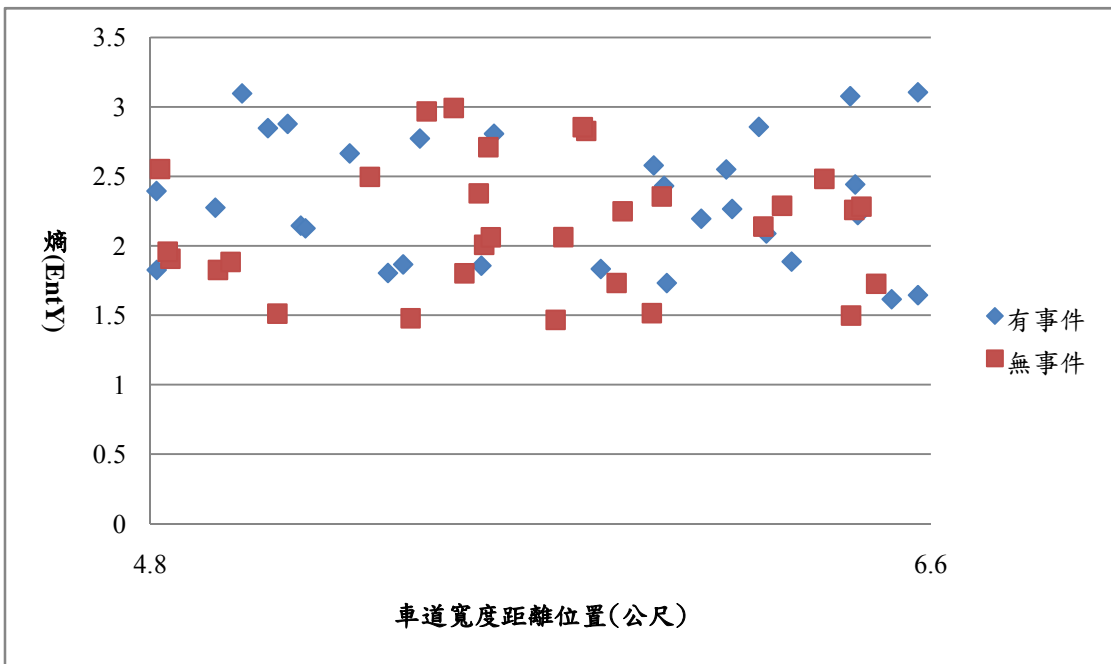


圖 5.4 EntY 指標確立於虛擬中車道

表 5.3 虛擬中車道 EntX 與 EntY 樣本數整理

熵值	有事件發生		無事件發生	
	EntX 樣本數	EntY 樣本數	EntX 樣本數	EntY 樣本數
等於 0	0	0	0	0
0~0.5	0	0	0	0
0.5~1.0	0	0	4	0
1.0~1.5	0	0	8	3
1.5~2.0	4	9	11	9
2.0~2.5	18	10	7	12
2.5~3.0	8	8	0	6
3.0~3.5	0	3	0	0
總計	30	30	30	30

由以上可以得知，當 EntX 值介於 1~2.5 之間時，並不容易判定是否有事件發生，同理，當 EntY 值介於 2~3 之間時，也不容易判定是否有事件發生。

本研究將事件判定指標與其相互對照，得到相同區間的熵值時，有事件發生與無事件發生的樣本數比例應該與事件判定指標的事件比例值相同，本研究整理如下所示。

表 5.4 虛擬中車道 EntX 與 EntY 指標確立

熵值	EntX			EntY		
	有事件/ 樣本總數	指標比率	誤差	有事件/ 樣本總數	指標比率	誤差
1.5~2.0	0.2667	0.2308	+15.5%	0.5	0.5	0
2.0~2.5	0.7586	0.8333	-8.9%	0.6129	0.5556	+10.3%
2.5~3.0	1	1	0	0.8182	0.7045	+16.1%
平均誤差	-	-	+12.26%	-	-	+13.23%

由表 5.4 可知，EntX 值介於 1.5~2.5 之間所蒐集樣本比率與事件判定指標比率差異不大，其誤差皆在 20% 以內，平均誤差為 12.26%；而 EntY 值介於 2~3 之間所蒐集樣本比率亦與事件判定指標事件比例值差異不大，誤差皆在 20% 以內，平均誤差為 13.23%。

3. 虛擬外車道

針對虛擬外車道進行分類，主要是以起始位置位於 6.6~8.4 公尺之內的車輛，並分別計算其熵值，如圖 5.5、圖 5.6 所示。且由表 5.5 所示，可以得知有事件發生時，EntX 並沒有小於 2 的情形，EntY 也沒有小於 2 的情形。而無事件時，EntX 並不會大於 2.5，且 EntY 沒有大於 3 的情形。

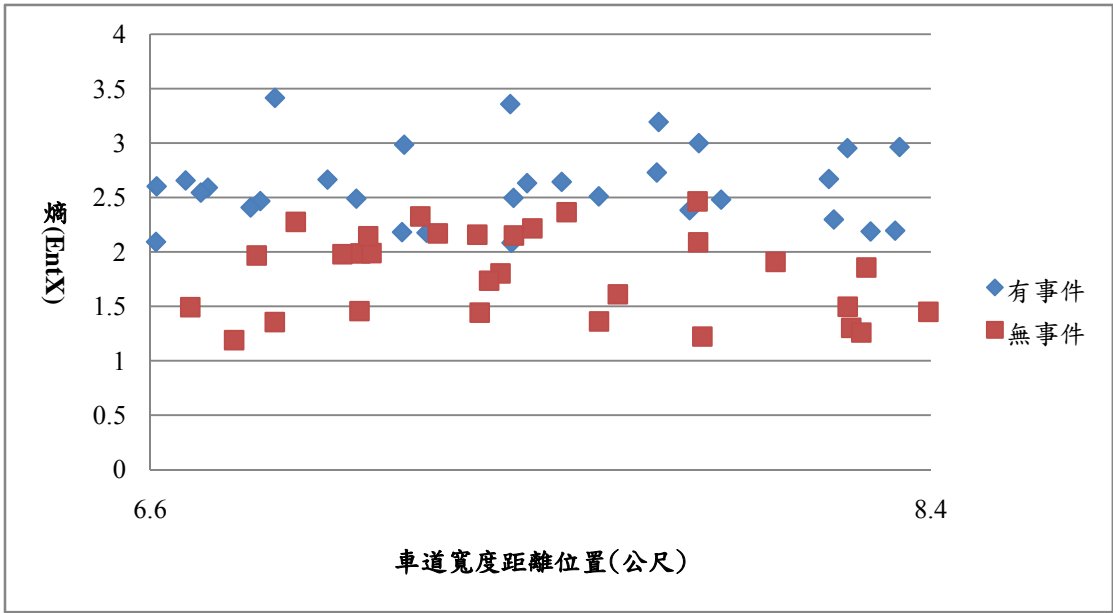


圖 5.5 EntX 指標確立於虛擬外車道

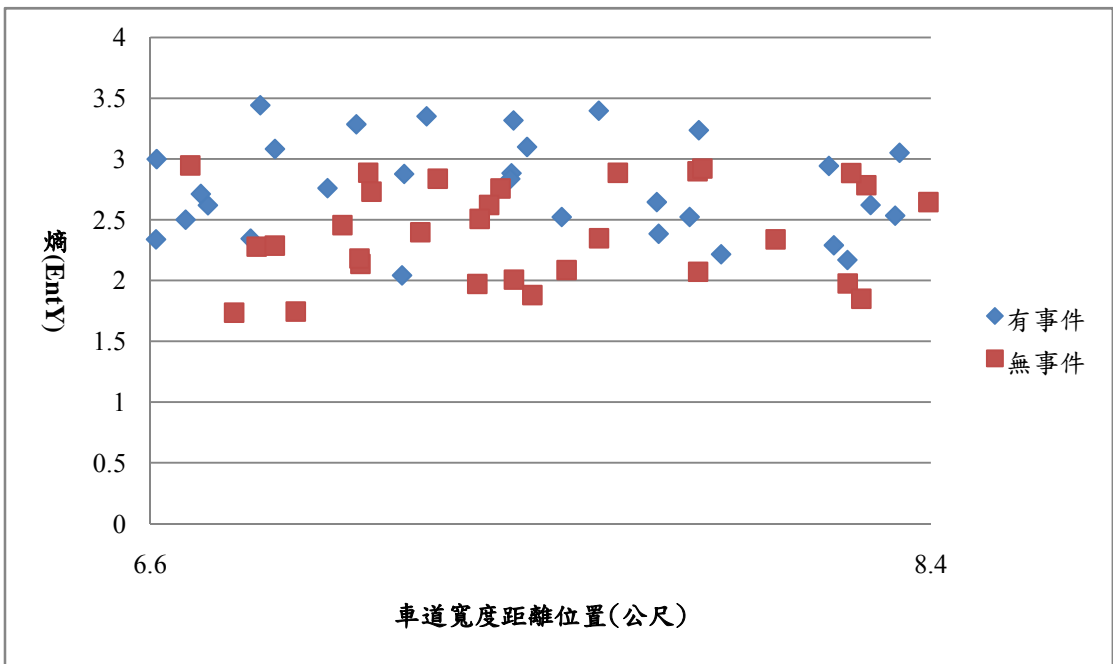


圖 5.6 EntY 指標確立於虛擬外車道

表 5.5 虛擬外車道 EntX 與 EntY 樣本數整理

熵值	有事件發生		無事件發生	
	EntX 樣本數	EntY 樣本數	EntX 樣本數	EntY 樣本數
等於 0	0	0	0	0
0~0.5	0	0	0	0
0.5~1.0	0	0	0	0
1.0~1.5	0	0	11	0
1.5~2.0	0	0	9	6
2.0~2.5	13	7	10	11
2.5~3.0	14	14	0	13
3.0~3.5	3	9	0	0
總計	30	30	30	30

由以上可以得知，當 EntX 值介於 2.0~2.5 之間時，並不容易判定是否有事件發生，同理，當 EntY 值介於 2~3 之間時，也不容易判定是否有事件發生。

本研究將事件判定指標與其相互對照，得到相同區間的熵值時，有事件發生與無事件發生的樣本數比例應該與指標的事件比例值相同，本研究整理如下所示。

表 5.6 虛擬外車道 EntX 與 EntY 指標確立

熵值	EntX			EntY		
	有事件/ 樣本總數	指標比率	誤差	有事件/ 樣本總數	指標比率	誤差
2.0~2.5	0.5652	0.5714	-1.1%	0.3889	0.3333	+16.7%
2.5~3.0	1	1	0	0.6176	0.5294	+16.7%
平均誤差	-	-	-1.1%	-	-	+16.7%

由表 5.6 可知，EntX 值介於 2.0~2.5 之間所蒐集樣本比率與事件判定指標事件比例值差異極小，其誤差為 1.1%，而 EntY 值介於 2~3 之間所蒐集樣本比率亦與事件判定指標事件比例值差異不大，誤差皆在 16% 左右。

4. 綜合評析

本研究透過熵理論針對事件對車流所造成的干擾，建立一事件判定指標，分別從橫向與縱向兩維度進行分析，並蒐集資料，每虛擬車道各蒐集有事件與無事件 30 輛車進行測試，發現落於各事件判定指標事件比例值為 0 與 1 的樣本數，均為正確。至於，所計算之熵值若介於可能發生事件區間內，則計算其所佔之比率是否與本研究建立之事件判定指標差異過大，由上述測試結果可以得知其誤差均在 20% 以內，最大誤差為 16.7%，在可接受範圍之內。如表 5.7、

表 5.8 所示，本研究可以得知其在判定事件是否發生，當熵值落於確定有事件與確定無事件兩區間內，指標機率均相同，而可能發生事件區間內的機率值則差異不大，因此，可以說明事件判定指標是有一定程度的可用性。

表 5.7 EntX 事件指標確認整理表

判定事件	車道別	EntX	事件發生機率	判定指標機率
確定有事件	內	>2.5	1	1
	中	>2.5	1	1
	外	>2.5	1	1
確定無事件	內	<1.0	0	0
	中	<1.5	0	0
	外	<2.0	0	0
可能發生事件	內	1.0~2.5	0.5532(26/47)	0.7027(26/37)
	中	1.5~2.5	0.55(22/40)	0.5319(25/47)
	外	2.0~2.5	0.5652(13/23)	0.5714(4/7)

表 5.8 EntY 事件指標確認整理表

判定事件	車道別	EntY	事件發生機率	判定指標機率
確定有事件	內	>3.0	1	1
	中	>3.0	1	1
	外	>3.0	1	1
確定無事件	內	<2.0	0	0
	中	<1.5	0	0
	外	<2.0	0	0
可能發生事件	內	2.0~3.0	0.6(27/45)	0.7027(26/37)
	中	1.5~3.0	0.5(27/54)	0.5319(25/47)
	外	2.0~3.0	0.4667(21/45)	0.5714(4/7)

5.2 以路口事件進行應用分析

本小節將利用上述章節所分析之結果，實際應用於事件對車流干擾之評估。本研究利用路口 CCTV 所拍攝影像進行分析，選定台北市歷年十大易肇事路口之一，台北市承德路與市民大道交叉口，道路幾何圖如圖 5.7 所示。

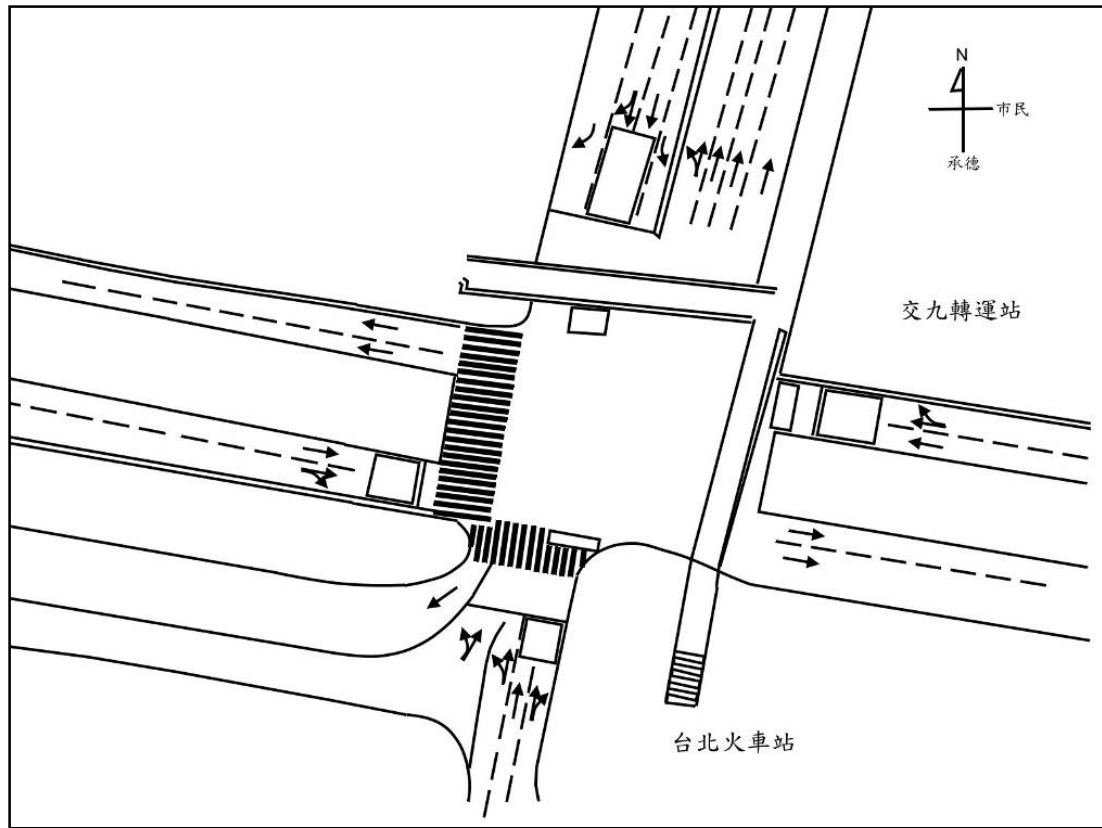


圖 5.7 台北市承德路與市民大道路口幾何圖



本研究藉由台北市交控中心所架設於此路口之 CCTV，其傳輸並儲存於中心電腦主機內之影像進行分析，其拍攝畫面如圖 5.8 所示。



圖 5.8 路口 CCTV 拍攝畫面

同時，本研究進行畫面中之路口幾何測量，以便後續分析處理，幾何條件如表 5.9 所示，市民大道兩車道均為混合車道。

表 5.9 台北市承德路與市民大道車道寬

路名	方向		
市民大道	東向 (→)		
車道寬		雙車道： 外側 4.2 m、內側 3.0 m	過路口雙車道： 內側 3.0 m、外側 4.0 m

資料來源：本研究現場勘查

然而，本研究以非重現性事件為主要分析對象，但是，於此路口發現交通事故，且 CCTV 攝錄下其事故發生過程，依照先前事件定義，事故屬於非重現性事件，因此，本研究即以此交通事故進行車流分析，並且以先前所建立之事件判定指標進行應用。

一、此交通事故為機車同向追撞，初步分析如下：

1. 事故發生時間：民國 97 年 11 月 22 日，AM 6:50:58。
2. 事故類型：A2
3. 事故經過：

此事故發生於白天清晨時刻，當時天候狀況良好，如圖 5.9 所示，畫面右方公車於黃燈時間通過路口，後方緊跟隨著兩輛機車，因對於能否順利通過路口，在判斷上產生差異，後方機車因此追撞前方機車，造成機車騎士倒地受傷。



圖 5.9 機車追撞影像擷取圖

4. 微觀車流讀值分析結果：

從微觀的角度來研究此事故之車流變化，針對事故車輛進行探討，進一步了解事故車輛速度與時間之變化，進而找出肇事原因。如圖 5.10 所示，可以看出事故前車因為發現號誌轉換(綠燈轉黃燈)，因此減速，但是事故後車速度過快，減速不及因而與事故前車產生撞擊。如圖 5.11 所示，此為市民大道由西往東方向，縱向位置距離假設為由負至正，停止線位於 0。可以從圖中得知，事故前車遭受撞擊之後，車輛因而有些微移動，因此，事故前車的曲線會有一小段折線。

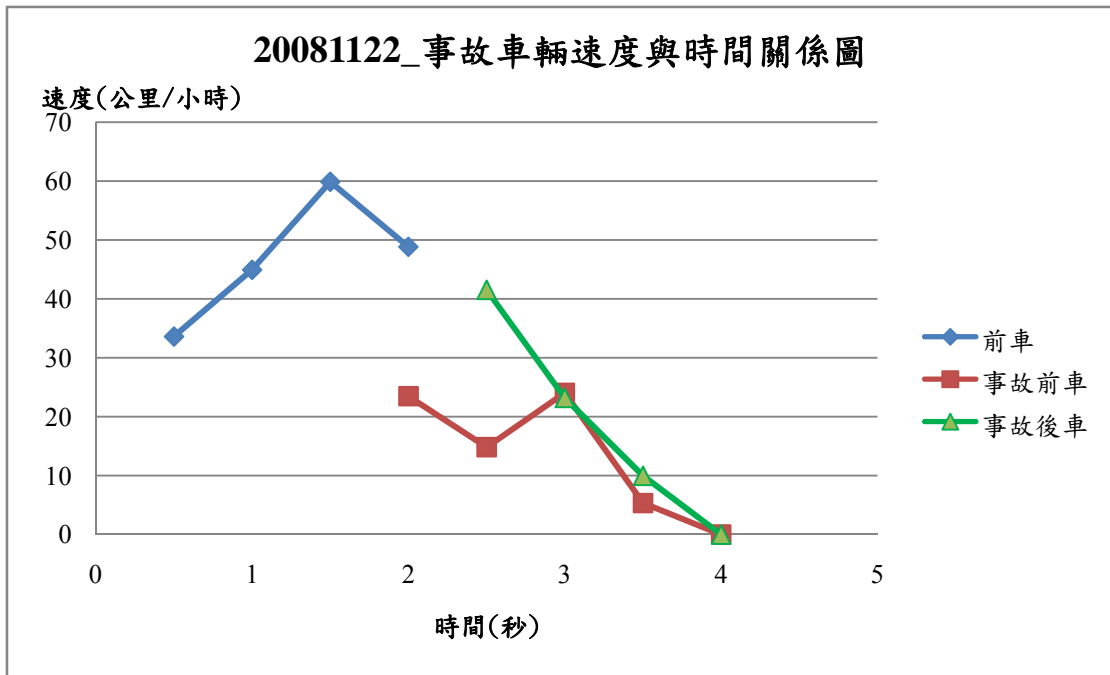


圖 5.10 機車追撞之速度與時間關係圖

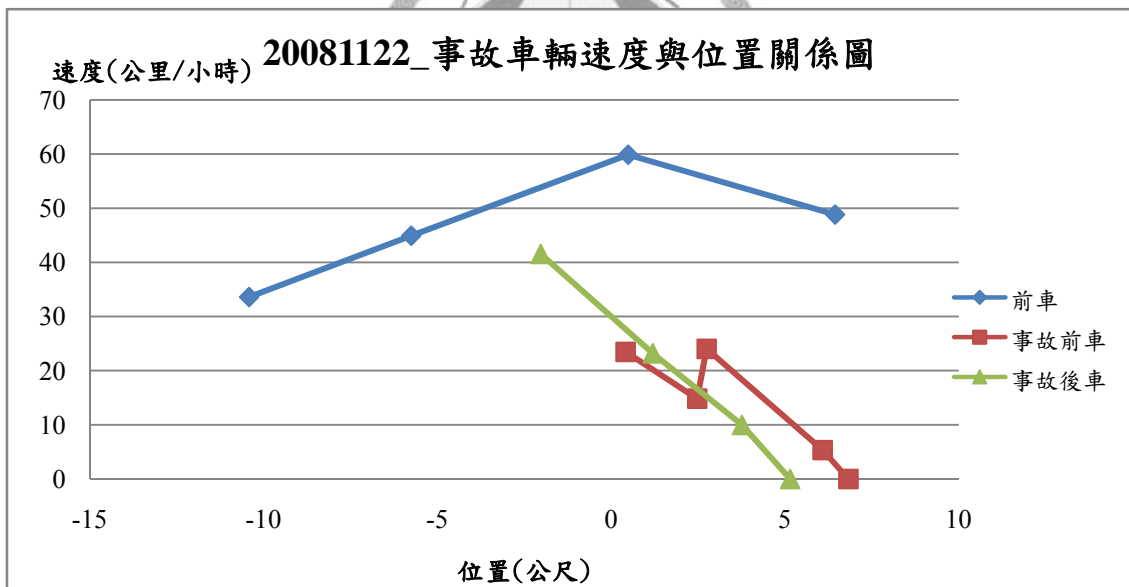


圖 5.11 機車追撞之速度與位置關係圖

二、熵值計算並應用事件判定指標：

本研究依照所建立之熵公式，分別以橫向及縱向維度進行分析，可求得各車輛之 EntX 與 EntY，以利後續事件指標判定進行。

此事故發生於內車道，則本研究將其套用於先前章節所假設之「虛擬外車道」，

因先前建立指標時，事件發生於虛擬外車道，因此相對來說，必須同以事故車道進行判讀。而本研究讀取事故發生後，行駛於此車道上的車輛，共讀取 10 輛車，結果如圖 5.12、圖 5.13 所示。

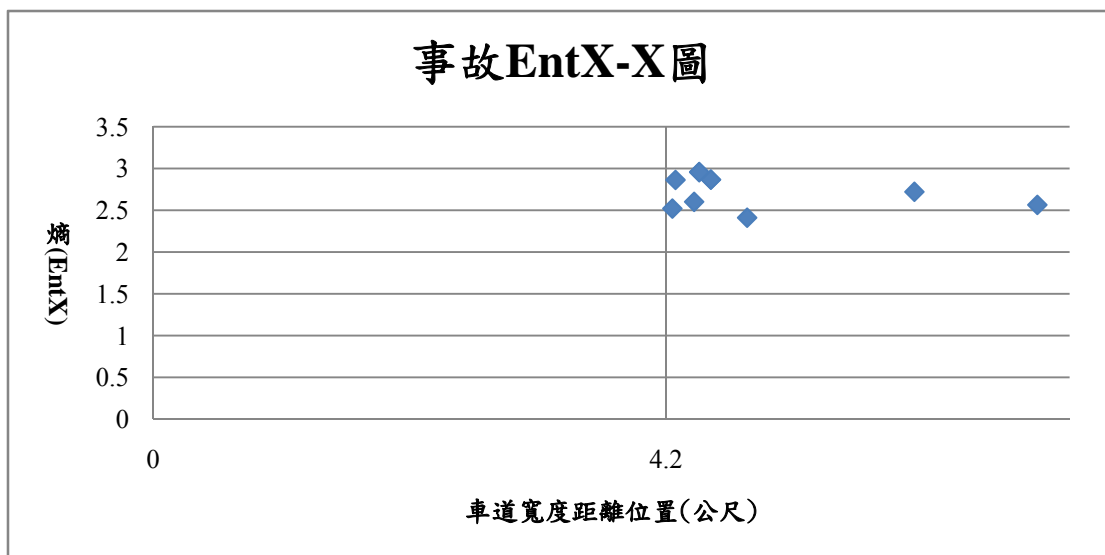


圖 5.12 事故 EntX-X 圖

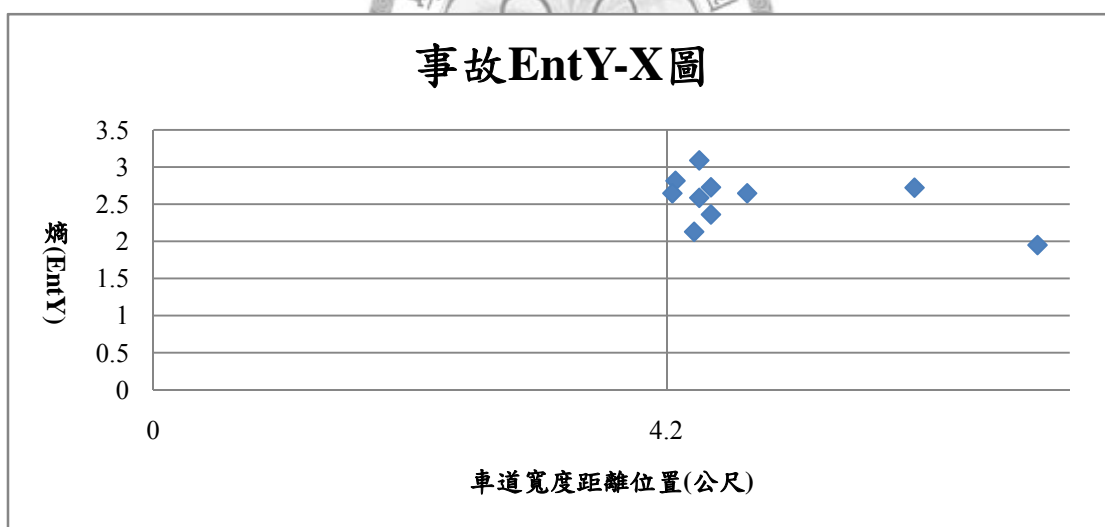


圖 5.13 事故 EntY-X 圖

由表 5.10 所示，可以得知所測試樣本的 EntX 值均大於 2.0，EntY 值均大於 1.5，再比對本研究所建立之事件判定指標，可以發現 EntX 值有 9 個樣本被判定為”事件發生”，僅有 1 個樣本被判定為可能發生機率為 0.5714；而 EntY 值僅有 1 個樣本被判定為”事件發生”，有 6 個樣本被判定為可能發生機率為 0.5294，有 2 個樣本被判定為可能發生機率為 0.3333，另有 1 個樣本產生誤判。

表 5.10 事故樣本與事件判定指標比較表

熵值	EntX		EntY	
	測試樣本數	判定事件機率	測試樣本數	判定事件機率
等於 0	0	0	0	0
0~0.5	0	0	0	0
0.5~1.0	0	0	0	0
1.0~1.5	0	0	0	0
1.5~2.0	0	0	1	0
2.0~2.5	1	0.5714	2	0.3333
2.5~3.0	9	1	6	0.5294
3.0~3.5	0	1	1	1

三、應用結果：

由上述比較分析可以得知，此事故發生後，後方車輛透過本研究所建立之熵公式，分別以橫向與縱向兩維度速度變化進行計算，可以求得 EntX 與 EntY。並且將此事故車道假設為先前本研究所定義之虛擬外車道，再以此虛擬外車道之事件判定指標進行判讀，如表 5.11 所示。

表 5.11 路口事故判定正確率

事件判定情形	EntX	EntY
有事件	90%	10%
無事件	0	10%
可能有事件	10%	80%

可以得知，EntX 準確率相當高，有 90%判定事件發生，10%判定事件發生機率為 0.5714；EntY 則有 10%判定事件發生，有 80%會判定可能有事件發生，其中 60%判定事件發生機率為 0.5294，另外 20%判定事件發生機率為 0.3333，10%判定

沒有事件發生。

相較之下，EntX 較 EntY 準確性高，本研究推測是除了因為畫面拍攝範圍有限，使得縱向距離較路段拍攝範圍小，也因為路口特性與路段較為不同，事件發生後，車輛在縱向維度速度變化較小，在橫向維度速度變化較大，因此，本研究認為可以交互比對 EntX 與 EntY 兩數值分析結果，進而判定是否發生事件。



第六章 結論與建議

本研究旨在探討道路非重現性事件發生對於車流之影響，進而透過熵理論建立計算公式，分別從橫向與縱向維度進行分析，並建立事件判定指標，本章乃根據前述各章節所得之分析結果，以及對後續研究之建議，予以歸納與彙整。

6.1 結論

1. 透過巨觀及微觀層面進行觀察，可以得知道路非重現性事件發生確實會對後方車流造成影響，事件發生車道上之車輛遭遇事件發生時，將會產生繞行行為，同時相鄰車道會因旁車進行變換車道行為，出現減速或偏移現象，等到車輛通過事件地點後，將會加速前進或回到原車道。因此，可以得知車輛遭遇事件發生，將會使得加減速行為次數頻繁，且橫向及縱向兩維度之速度變化劇烈。
2. 因為熵值可被運用於解釋隨機事件系統，測量隨機事件的分配變化。本研究以此觀念建立衡量公式，藉由事件發生後，對於車輛所造成之干擾，使得其他車輛出現頻繁之加減速行為，因此，分別以橫向與縱向兩維度建立熵公式，公式如下。當熵值越大，表示車輛速度變化情形越劇烈，所受干擾越大。當熵值越小，越接近 0，則表示車輛速度變化極小，所受干擾越小。
3. 透過實際調查，並以上述定義之熵公式計算，可發現當熵值大於 2.5 時，可以判定為有事件發生，表示車輛受到干擾情形嚴重。事件判定指標建立後，可分為確定有事件、確定無事件、可能發生事件等三種判定情形，當熵值落於可能發生事件之區間內時，則依照其事件比例值，推斷發生事件之機率。
4. 路口特性與路段特性較為不同，事件發生後，車輛在縱向維度速度變化較小，在橫向維度速度變化較大，且因為拍攝角度範圍之關係，無法觀察其上下游更大範圍之變化，使得 EntX 較 EntY 準確性高，本研究認為可以交互比對 EntX 與 EntY 兩數值分析結果，進而判定是否發生事件。

6.2 建議

1. 因為分析時段為白天時段，若於夜晚時段發生事件是否會因視線不良對駕駛人造成更大影響，本研究並未針對此情形分析，建議未來研究者可以透過實驗設計方式，更進一步深入探討。
2. 本研究僅針對外車道進行分析，建議後續研究者可擴大研究範圍，對事件發生時之所有車道進行研究，更能了解事件發生所造成之影響範圍。
3. 此次研究主要以路段為研究對象，是以路段事件為建構基礎，若套用至交叉路口，方向定義為需克服難題之一，或許交叉路口可以採用「面」的觀察方式，建議未來研究者針對交叉路口進行分析，建立其衡量指標。



參考文獻

1. Adolf D. May, "Traffic Flow Fundamentals", Prentice Hall Inc. 1990.
2. Dia, H. and Rose, G. Assessing the performance of artificial neural network incident detection models. The 4th Meeting of the EURO Working Group on Transport, 1996.
3. Emily Parkany, Chi Xie, A Complete Review of Incident Detection Algorithms & Their Deployment: What Works and What Doesn't, New England Transportation Consortium, February 2005.
4. FHWA, Traffic Incident Management Systems, April 2008.
5. Hsu, W.-L., Liao, H.-Y. M., Jeng, B.-S., and K.-C. Fan, Real-Time Traffic Parameter Extraction Using Entropy. IEEE Proceedings - Vision, Image & Signal Processing. 151:3, 194-202. 2004.
6. ITE, —Traffic Management Data Dictionary (TMDD) and Message Sets for External Traffic Management Center Communications (MS/ETMCC) v3.0, 11.20.2008.
7. Ishak, S., Exploring Textural Characteristics of Spatiotemporal Traffic Contour Maps. Journal of Transportation Engineering. 130:1, 122-131. 2004.
8. Minderhoud M. M. & Bovy P. H. L., "Extended Time-To-Collision Measures for Road Traffic Safety Assessment," Accident Analysis & Prevention, 33, pp 89-97, 2001.
9. Renatus N. Mussa, Modeling detection of incidents by drivers, Transportation Research Part C 6 (1998) 129-139.
10. Srinivasan, Dipti. Adaptive neural network models for automatic incident detection on freeways. Neurocomputing, 64, 473-496.

11. Transportation Research Board, Highway Capacity Manual, 4.1.2004.
12. Yukawa, S. and M. Kikuchi, Complexity in a Critical Traffic Flow, International Journal of Modern Physics C. 11:2, 221-231. 2000.
13. 內政部統計處，內政統計月報-機動車輛及道路交通事故，民國 98 年。
14. 方志文、方志中，「跟車情況下之膠頸行為對行車間距控制之影響」，中華民國運輸學會第 19 屆論文研討會，民國 93 年 11 月。
15. 王文麟，交通工程學理論與實用，修訂三版，民國 87 年 9 月。
16. 王思元，「混合車流交通安全評估熵參數之建立」，國立台灣大學土木工程研究所碩士論文，民國 96 年 6 月。
17. 交通部運輸研究所，「2001 年台灣地區公路容量手冊」，民國 90 年。
18. 交通部運輸研究所，「影像式車輛偵測器擴充模組研發-事件偵測功能模組研發與試作」，民國 97 年。
19. 朱宸佐，「透過熵參數建立行人流干擾指標之研究」，國立台灣大學土木工程研究所碩士論文，民國 97 年 6 月。
20. 邱明峰，「高速公路事故發生時非事故車道上駕駛人感受與駕駛行為之研究」，國立交通大學碩士論文，民國 95 年 6 月。
21. 林芳誼，「路段中同向碰撞事故責任鑑定之統計分析及模式建構—以變換車道與直行關係為例」，逢甲大學碩士論文，民國 93 年 6 月。
22. 周義華，運輸工程，第五版，民國 90 年 8 月。
23. 侯鈞元，「應用羅吉特模式於市區道路事故偵測系統」，國立成功大學交通管理科學系碩士論文，民國 91 年。
24. 黃壬信，「一種新的交通控制方向-以電腦視覺邏輯來發展」，國立台灣大學土木工程研究所碩士論文，民國 79 年 6 月。
25. 孫將瓚，「市區道路小汽車變換車道防撞警示系統之研究」，國立台灣大學土木工程研究所碩士論文，民國 95 年 6 月。

26. 張鈞華，「模擬一般市區道路事故發生之微觀車流行為」，國立台灣大學土木工程研究所碩士論文，民國 90 年 6 月。
27. 凌瑞賢，運輸規劃原理與實務，修訂版，民國 90 年 9 月。
28. 許添本、葉源祥，「車道標線對道路容量與車流衝擊分析」，運輸計劃季刊第 25 期，民國 83 年 9 月。
29. 許添本、鄭雅文，「具備預測機制的追撞事件偵測新演算模式之研發」，運輸計劃季刊第 30 卷第 3 期，P.539-P.576，民國 90 年 9 月。
30. 許添本，車流理論與應用基礎課程講義，國立台灣大學土木研究所交通組，2008 年 9 月。
31. 許鉅秉、周義華、陳協昌，「市區路段動態事故衝擊之即時預測研究」，中華民國第七屆運輸安全研討會，民國 89 年 11 月。
32. 許敦淵，混合車流下路段機車安全評估參數之建立，國立台灣大學土木工程研究所碩士論文，民國 90 年。
33. 許敦淵，「高快速道路隧道影像事件偵測系統績效評估之研究」，中央警察大學交通管理研究所，民國 94 年 6 月。
34. 楊孚仁，「市區道路混合車道寬度設計準則之研究」，國立台灣大學土木工程研究所碩士論文，民國 96 年 6 月。
35. 陳協昌，「市區道路事故發生對車流衝擊之及時預測」，國立台灣大學土木工程研究所碩士論文，民國 89 年 6 月。
36. 彭康麟，「決策不確定之衡量—Shannon 熵之應用」，明新學報第 31 期，P.171-P.181，民國 94 年 10 月。
37. 鄧竣夫，「車輛防撞警示系統之動態門檻研究」，國立台灣大學土木工程研究所碩士論文，民國 94 年 6 月。
38. 鄭雅文，「高速公路追撞事故預測模式之研究」，國立台灣大學土木工程研究所碩士論文，民國 86 年 6 月。

39. 鄭其政，「影像監控系統交通參數擷取技術之研究」，國立台灣大學土木工程研究所碩士論文，民國 95 年 6 月。
40. 賴淑芳，「市區幹道不同路型之安全、速率與景觀分析」，國立台灣大學土木工程研究所碩士論文，民國93年。



作者簡歷



姓名：林楷閔

籍貫：台灣省台南市

出生日期：民國73年11月13日

學歷：



民國86年，台南市新興國小畢業。

民國89年，台南市私立長榮中學國中部畢業，直升高中部。

民國92年，台南市私立長榮中學高中部畢業。

民國96年，國立成功大學交通管理科學系學士畢業。

民國98年，國立台灣大學土木工程學系交通工程組碩士畢業。