

## 建立號誌化路口交通安全分析模式之研究 -以桃園市為例<sup>1</sup>

王銘亨<sup>2</sup>、熊啓中<sup>3</sup>

### 摘要

本研究參考美國公路安全手冊(Highway Safety Manual, HSM)中有關交通事故預測模式和校估程序，以桃園市 2016 和 2017 年交通流量特性調查的路口為研究範圍，蒐集各路口道路幾何資料，包含路口面積、道路寬度、交岔傾斜的角度、道路分隔情形等，配合各路口交通事故歷史資料，以負二項迴歸方法(Negative Binomial Regression)，建構桃園市道路交通安全分析模式，探討影響事故頻次之重要因子，結果發現影響交通事故發生的頻次主要以交通流量為主，其次是路口面積，在三岔路口，路口面積愈大，則事故發生的頻率次數愈高；但在四岔路口，路口面積與事故發生的頻率次數卻呈反比現象。另在四岔路口，主要道路上是否有機車道，亦顯著降低交通事故發生的頻次；在三岔路口，中央分隔的型式則顯著影響事故的發生頻次，若以一般分向標線(含限制線)，則設置實體的窄式分隔島(護欄)可以減少事故的發生。研究結果可作為道路規劃設計或易肇事路段鑑別與改善之參考依據，並藉以建立台灣道路交通安全分析基本架構，作為後續研究發展交通安全分析手冊之基礎。

**關鍵詞：**公路安全手冊、交通事故預測、負二項迴歸

### 一、前言

藉由交通事故統計可以掌握交通事故發生較為頻繁的路口(段)，作為易肇事路口(段)的判定基礎，但通常所得到的易肇事路口(段)都集中在車流量較大的路口或路段，在缺乏交通流量資料的狀況下，確實難以了解影響事故發生真正的原因，僅是車流量較大的因素，亦或是有其他道路設施的問題。國內相關文獻針對道路交通事故分析的研究甚多，主要以探究事故發生原因和鑑別易肇事路段為主，利用各種不同統計方法，分析各類交通事故發生的原因和嚴重程度的影響因子，部分研究雖已建立交通事故發生次數分析模式，但大都以高速公路路段為主(謝孟昌，1992；黃國平，1996；藍武王，1996；戚培芳，1997；鄭麗珍、李麗美，2014)。對於平面或市區道路的相關分析模式構建，由於缺乏整體性的道路和交通特性資料，如道路的詳細的幾何配置和交通流量資料，相關的研究有限。目前台灣相關的交通基礎資料的蒐集及建檔，除部分省道路段外，由交通部公路總局公佈歷年的交通流量資料之外，各縣市政府也逐年進行轄內的交通特性調

<sup>1</sup> 本研究為桃園市政府委託計畫之部分成果，作者在此感謝桃園市政府之經費補助。

<sup>2</sup> 臺灣警察專科學校交通管理科副教授(聯絡地址：臺北市文山區興隆路 3 段 153 號，E-Mail: mhwan@mail.tpa.edu.tw)。

<sup>3</sup> 桃園市政府交通局主任秘書。

查，但所調查的交通流量大都僅限於上下午尖峰時段，且只限於特定的路口或路段，並無常態性，且全面性的資料蒐集機制，因此在都市地區有關道路的交通事故分析，較著重於交通事故的型態、肇事的責任和嚴重程度原因分析為主(吳宗修、曾建民，2001；林佐鼎等，2000；林佐鼎等，2001；黃昶斌，2004)，在事故發生及嚴重程度的原因分析則可分為以違規型態和當事人特性等可變的因子，及以道路幾何和控制方式等固定因子進行分析，相對於國外在交通事故預測模式中的主要變數—交通流量—的應用較少，因此，國內相關研究針對平面或都市地區道路的所建立的交通事故分析模式，大都以肇事原因或事故嚴重度分析為主，較少導出具備預測事故發生次數的功能。

有鑑於此，本研究參考美國 HSM 的內容架構，其中的交通事故預測模式和校估程序，依現有資源，以桃園市 2016 和 2017 年交通流量特性調查的路口為研究範圍，蒐集各路口道路幾何資料，包含路口面積、道路寬度、交岔傾斜的角度、道路分隔情形等，配合各路口交通事故歷史資料，建構桃園市道路交通安全分析模式，探討影響事故頻次之重要因子，作為道路規劃設計或易肇事路段鑑別與改善之參考依據，並藉以建立台灣道路交通安全分析基本架構，作為後續研究發展交通安全分析手冊之基礎。

## 二、交通安全分析模式

### 2.1 美國公路安全手冊

美國公路運輸協會(American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO)於 2010 結合了美國聯邦公路總署(Federal Highway Administration, FHWA)、美國運輸研究學會(Transportation Research Board, TRB)，及許多專家學者的研究，出版公路安全手冊(Highway Safety Manual, HSM)，內容包含各種道路安全設計、評估和分析模式，提供公路規劃及管理單位，於公路設計、建置和維護的階段中，能事先進行交通事故的預測分析，用以評選最適當的建置或改善方案，期望能藉此降低道路交通事故發生的頻率及其嚴重性。其中所提供的道路交通事故預測模式(Crash Prediction Model, CPM)，主要以安全績效函數(Safety Performance Function, SPFs)為基礎，配合公路的幾何設計、交通情況及所處區域特性等變數，預測道路交通事故發生的次數，藉以鑑別事故發生的危險因子及其影響程度。該手冊並包含預測模式事故調整參數(Crash Modification Factors, CMFs)的調查規範及設定準則，並設立專門網站(<http://www.cmclearinghouse.org/>)，提供各州或各區域的道路主管單位，得依各轄區的道路型態、交通特性，以及交通事故的歷史資料型態，導入不同的調整參數，以推導出符合其區域或道路特性的交通事故預測模式。

自從 HSM 出版之後，美國各州交通管理當局即致力於地區道路的交通安全分析模式校估(Srinivasan et al., 2011; Dixon et al., 2012; Shin et al., 2014; Srinivasan et al., 2016; Smith et al., 2017)，其他國家也著手參考利用 HSM 中所提供的模式及操作程序，進行相關的驗證與校估(Sacchi 等，2012)。近期的研究也持續著重在如何提高交通事故分析模式的預測能力(Dadvar et al., 2020)因此，HSM 預期將成為未來公路安全分析的主要參考標準及使用手冊。然而國內目前於道路交通安全的分析工作，大都是在道路建置後，依交通事故發生的歷史資料，進行易肇事路段的鑑別與改善，對於交通事故的分析，也大多以專案方式，針對特定的路口進行檢討改善，缺乏較為完整性的事先預測模式以及分

析架構或準則，亦未能考量區域性的道路交通環境特性。在道路設計、建置或改善規劃的過程中，尚未導入完整的交通事故預測分析，對於新建公路或改善工作後的道路交通安全情形，難以依相關的模式或操作架構，加以分析和預測，造成新建公路後，即產生新的易肇事路段等現象，或無法發揮實際易肇事段改善的實際功效。

美國公路安全手冊(HSM)係以科學為基礎的技術方法來進行道路交通安全分析，有別於傳統的道路事故分析，HSM 強調道路建設的各個階段，包括系統規劃(System Planning)、規劃與初步設計(Project Planning & Preliminary Engineering)、細部設計與施工(Design and Construction)、以及運轉與維護(Operations and Maintenance)等階段，每個階段都應進行道路事故分析。因此，HSM 內容包含各種可進行量化安全的分析工具，以提供公路規劃及管理單位於公路設計、建置和維護的過程中，事先進行交通事故的預測分析，用以評選並排定最適當且有效的建置或改善方案，且更有效地運用道路安全改善之預算，並藉此降低道路交通事故發生的頻率及其嚴重性。

在交通事故安全分析工具中，HSM 提供了許多模式用以預測各種道路型態的年平均交通事故發生次數，可以用於預估路網、運輸設施、或特定地點發生交通事故頻率的預測方法，並提出以道路安全績效函數(safety performance functions, SPFs)的概念，即是由道路交通流量與道路特性資料去預測道路交通事故發生頻率的模式。目前該手冊所發展的交通事故預測模式涵蓋郊區雙向雙車道公路(Rural two-lane two-way roads)、郊區雙向多車道公路(Rural multilane highway)，以及都市地區和鄰近都市區域的幹道公路(urban and sub-urban arterial highways)，並依路段或路口的型態，建立個別的道路安全績效函數(SPFs)。

基本上，HSM 中的交通安全績效函數係以交通流量(AADT)、道路的寬度為主，但各州和不同區域在使用於必須經過調整和校估程序，常用的調整參數包括道路的寬度、路肩的寬度、夜間照明、速限等。基本的模式架構如下列方程式 1：

$$N_{predicted(adjusted)} = N_{spf} \times (CMF_1 \times CMF_2 \times \dots \times CMF_n) \times C \quad (1)$$

其中：

$N_{predicted(adjusted)}$  = 調整後的年平均交通事故發生的預測次數；

$N_{spf}$  = 基本條件下，年平均交通事故發生的預測次數，即交通事故指標函數；

$CMF_1, \dots, CMF_n$  = 交通事故預測次數調整參數(Crash Modification Factors)；

$C$  = 校估因子(Calibration Factor)，依區域及各州不同，係依各州或區域實際發生的交通事故次數與為調整前預測所得交通事故發生的比率。

HSM 提供 18 個步驟用以建立各區段或地點(路段或路口)的交通事故發生的次數預測模式，每一區段係以具相同幾何及道路設施為分類基準。道路交通事故預測模式係依該區段或路口過去曾發生的交通事故件數，以數學模式推估所得。每一個路段的事故預測模式，可能地點或道路型態而有所不同，也可能年度有所不同。因此，HSM 建議採用長期性(多年期)的資料推估所得的預測模式，較具代表性，以避免各路段上年度上的差異。

除此之外，由於 HSM 中的道路交通安全績效函數及相關的調整參數，係有部分道路系統內的資料推估所得，並未能完全涵蓋各區域(州)的預測情形，因此，HSM 要求各州的交通管理機關在使用前道路交通事故預測模式前，必須要經過校估過程，求得模式校估參數(C)，以實際發生的事故次數( $N_{observed}$ )比較依模式預測所得且未經調整的次數( $N_{predicted(unadjusted)}$ )，推算求得(如方程式 2)。

$$C = \frac{\sum_{allsite} N_{observed}}{\sum_{allsites} N_{predicted(unadjusted)}} \quad (2)$$

美國聯邦公路總署並委託北卡羅萊納大學(University of North Carolina)運輸研究中心設立交通事故調整因素資料中心(Crash Modification Factor Clearinghouse)，蒐集各州有關交通事故調整因子的研究，針對各種道路的幾何配置、區位、或相關管制設施的應用，提供交通事故預測的調整因子，除了可以了解交通事故發生和其嚴重度的影響因子之外，也可以供實際的調整參數，提供各州交通實務單位參考。網站內容並提供如何應用調整因子的指導手冊，包含規劃設計、管理程序、安全觀測、方案分析等，且提供相關的線上研討會和簡報，協助各州發展應用適合各州道路環境之事故調整因子及調整係數。

基本上，美國公路安全手冊的應用需要三大類型的資料：事故資料、交通流量、與道路特性資料。事故資料主要是有關事故發生的時間、地點、型態、嚴重性、與交叉路口的關連性、以及事故地點與交叉路口的距離等。路段交通流量資料主要為年平均日交通量(Annual Average Daily Traffic, AADT)，而在路口則為進入路口的幹道與支道的 AADT。道路特性資料根據不同道路設施而異，而且會因事故發生在路段或路口而不同。

HSM 目前所發展的交通事故預測模式依道路周邊土地使用、車道數、路段的分向設施、路口交叉的支數(leg)、控制方式，建立不同的分析模式(如表 1 所示)。

表 1 HSM 已發展的交通事故預測模式適用範圍

HSM 章節	未實體 分隔路段	實體 分隔路段	路口			
			支道「停」標誌管制		號誌化路口	
			T 字路口	4 岔路口	T 字路口	4 岔路口
10-郊區雙向雙車道	✓		✓	✓		✓
11-郊區多車道	✓	✓	✓	✓		✓
12-都市及城郊幹道	✓	✓	✓	✓	✓	✓

其中有關交叉路口的預測模式(SPF)為：

$$N_{predicted,i} = e^a \times (AADT_{Major,i})^b \times (AADT_{Minor,i})^c \quad (3)$$

其中

$N$ ：為預測每年平均路口(i)的交通事件數(事件數/年)

$AADT_{Major}$ ：為主要道路年均交通量(車/日)

$AADT_{Minor}$ ：為次要道路年均交通量(車/日)

$a, b, c$ ：為各參數之係數，代表影響的程度

公路安全手冊提供各種路口交叉和控制型態，以值相對應的交通事故種類，如全部、死傷或僅財損事故預測模式的係數值，再藉由調整因子係數，調整交通事故預測次數。

HSM 建議基本的路口調整因子為左轉專用時相、左轉專用道、右轉專用道、是否允許紅燈右轉、是否有路燈、是否有闖紅燈照相設備等，其他得視各地區道路環境開發相關影響調整因子(如表 2)。

表 2 HSM 兩(多)車事故預測模式係數設定值

路口型態	係數			過度離散參數 (k)
	常數項	$AADT_{maj}$	$AADT_{min}$	
	(a)	(b)	(c)	
全部交通事故				
3岔「停」管制	-13.36	1.11	0.41	0.80
3岔號誌化	-12.13	1.11	0.26	0.33
4岔「停」管制	-8.90	0.82	0.25	0.40
4岔號誌化	-10.99	1.07	0.23	0.39
死傷事故				
3岔「停」管制	-14.01	1.16	0.30	0.69
3岔號誌化	-11.58	1.02	0.17	0.30
4岔「停」管制	-11.13	0.93	0.28	0.48
4岔號誌化	-13.14	1.18	0.22	0.33
財損事故				
3岔「停」管制	-15.38	1.20	0.51	0.77
3岔號誌化	-13.24	1.14	0.30	0.36
4岔「停」管制	-8.74	0.77	0.23	0.40
4岔號誌化	-11.02	1.02	0.24	0.44

## 2.2 交通安全績效指標函數

除 HSM 所提供的用以發展 SPFs 之準則外，由美國聯邦公路總署(FHWA)所發展的 SafetyAnalyst 軟體，為美國各州在發展自己的主要參考依據。SafetyAnalyst 包含了許多先進的分析工具，用以分析特定公路路段的道路安全，鑑別易肇事地點，提供交通管理當局用以了解改善交通的重點項目和方式。SafetyAnalyst 同樣係以負二項迴歸統計方法，推導交通事故發生次數的預測模式，針對不同公路型態，提供不同型式的基本公式(如表 3)，基本上，公式與 HSM 所提供的模式相同，只是在迴歸係數 a 係依各種影響事故發生的因子( $X_j$ )綜合所得(如公式 4)。

$$a = \sum_{j=1}^n a_j X_{j,i} \quad (4)$$

其中

$a_j$ ：各影響因子的迴歸係數。



美國各州可依實際的道路狀況及事故發生資料，推導相關的迴歸係數，其中影響因子可與 HSM 中所建議的調整因子相同，或依實際的狀況求得。

表 3 SafetyAnalyst 軟體中交通事故預測模式

道路型態	SPFs	事故定義
路段平均	$\kappa = e^{\beta} \times AADT^{\theta}$	每年每英里交通事故次數
路段整體	$N = e^{\beta} \times AADT^{\theta} \times L$	每年該路段交通事故次數
交叉路口	$N = e^{\beta} \times MajorAADT^{\theta} \times MinorAADT^{\phi}$	每年該路口交通事故次數
公路匝道	$N = e^{\beta} \times AADT^{\theta} \times L$	每年該匝道交通事故次數

## 2.3 建構桃園市交通安全績效指標函數

由於國內目前並無類似美國公路安全手冊中相關交通事故預測模式影響因子或調整係數參考值，為建立交通事故預測模式，本研究依公路安全手冊建議參考發展交通安全績效函數之過程，以桃園市道路為案例，進行初步模式構建。

依據公路安全手冊及學者 Srinivasan 等人的研究(2013)，發展安全績效函數之建議方式及步驟如下：

- (一) 確認道路類型。必須先行確認道路等級及分析類型，確認使用何種規模等級之安全績效函數分析方式，如進行專案分析(project-level analysis)或進行路段、路網分析。
- (二) 取得及彙整必要資料。依據道路等級及分析類型取得必要資料，如年平均日交通量(AADT)、事故發生數、事故嚴重程度及事故相關變數資料，並且確認分析樣本數。
- (三) 初步判斷安全績效函數分配形式，如負二項分配、卜瓦松分配(Poisson distribution)或伽瑪分配(gamma distribution)等。依據公路安全手冊及相關研究，負二項分配之配適結果較為良好。
- (四) 安全績效函數參數校估。可運用統計軟體進行函數校估及判斷變數顯著性。
- (五) 診斷安全績效函數校估結果，如利用殘差圖或累積殘差圖檢視殘差值，或使用適當統計技巧檢視極端值，以及進行函數配適度分析。
- (六) 依據函數診斷結果，再次修正安全績效函數，重複步驟 5 及步驟 6 獲得有效之安全績效函數。

其它有關建立交通事故預測及分析的模式之研究，亦大多以 SafetyAnalyst 的 SPF 模式架構進行建模(Turner et al., 2007; Persaud, 1993)。除此之外，尚有許多交通事故預測模式以不同型式在考慮各種不同變數所建模而成，包含車道寬、路肩鋪面寬、土地使用及巷弄的密度等。

評估安全績效函數或建立交通事故預測模式，最常運用廣義線性模型中為卜瓦松(Poisson)或負二項(Negative Binomial)迴歸方法建模，一般而言，若採用 Poisson 分配，由於交通事故一般較為過度離散(overdispersion) (Naznin et al., 2016)，會使得模式中變數的影響程度被低估，而影響預測結果，因此，大都以負二項(Negative Binomial)分配，以涵蓋較多的影響因子 (Milton and Mannering, 1996; Sawalha and Sayed, 2001; Bowman et al., 1995; Bonneson and McCoy, 2002)。本研究採負二迴歸進行建模(公式 3、4)。

為確保所建構模式的預測能力，本研究模型選擇方式以赤池信息量準則(Akaike information criterion, AIC)為判斷標準，此方法由學者日本學者赤池弘次(Akaike, 1974)於 1974 年發表，目前已廣泛應用於判斷或挑選配適模型，以避免變數過多而誤判過度配適

(overfitting)，結果為較佳之模型，AIC 值為取得變數個數與最大概似函數值之平衡，即模型變數少但可獲得良好之概似函數值，則該模型具有較佳之配適結果。運用 AIC 值進行模型選擇時，AIC 值較小之模型為較佳之選擇，AIC 值計算方式(如公式 5)(Park et al., 2016)：

$$AIC = 2k - \ln(L) \quad (5)$$

其中：

k 為模型中變數個數、L 為模型最大概似函數值(maximum value of the likelihood function)。

本研究應用統計軟體 R(2013)進行資料整理、統計及建模分析。

### 三、資料蒐集

建立交通安全分析模式的必要資料主要包含三個部分，第一個部分是道路交通事故歷史資料；第二部分為道路幾何及交通管制設施資料；第三個部分為交通流量資料。由於警方所提供道路交通事故資料表僅記錄道路分向及分道設型態，事故地點之道路寬度、車道數、路口之交叉角度或相關交通管制設施，則以現場圖進行紀錄，無法直接引用分析。而交通流量資料則僅限於年度交通流量特性調查的路口，因此，本研究將以桃園市 2016 和 2017 年度流量調查的路口為調查對象，以 Google Earth 的空照圖及測繪功能進行測量，或實地測量方式，蒐集道路幾何資料，納入道路交通事故資料庫，作為建立交通安全分析模式之基本資料。

#### 3.1 研究範圍

依據桃園市 2016 和 2017 年交通流量特性調查資料，配合交通事故資料比對，所得路口數共 240 個路口，其中有 211 個路口為號誌化路口、29 個為日閃光或無號誌化路，若以路口交岔的傾斜角超過 10 度為斜角交叉，則依路口交叉的型態和控制型態，路口數量統計個數如表 4 所示。由於目前公路安全手冊僅針對三岔(T 字)路口和四岔路口建立交通事故分析模式，且多岔路口的樣本數較低，故本研究亦僅針對號誌化三岔路口(59 處)，四岔路口(143 處，其中 1 處缺支道流量)進行建模，分析交通事故影響因子。

表 4 交通流量特性調查路口交岔型態統計

年度	2016				2017				合計		
	路口交叉型態	行車管制	行車+行人號誌	閃光號誌	無號誌	行車管制	行車+行人號誌	閃光號誌	無號誌	號誌化路口	閃光+無號誌
T字路口	12	11	0	5	18	1	2	9	42	16	58
斜T路口	3	1	0	0	12	1	0	1	17	1	18
四岔路口	25	22	1	2	33	7	2	1	87	6	93
雙四岔路口	3	0	1	0	4	4	0	0	11	1	12
四岔斜路口	5	7	0	0	32	2	5	0	46	5	51
多岔路口	2	2	0	0	4	0	0	0	8	0	8
合計	50	43	2	7	103	15	9	11	211	29	240

### 3.2 道路幾何資料蒐集

因交通事故資料庫中，除了路口控制型態、路段的分向、車道分隔型態外，有路寬、車道數等資料都以事故現場圖紀錄，不易編碼建檔使用。本研究乃藉由 Google Earth 網路的衛星圖和街景圖進行道路幾何資料調查，納入道路交通事故資料庫，作為分析與歸納易肇事道路幾何型態使用，調查內容分為路口、路段及交通工程或管制設施表 5 所示。

表 5 道路幾何調查資料內容

路口幾何	路段幾何配置	管制/交通設施
-路口面積 -路口交叉傾斜角度	-道路寬度(公尺) -路段一般車道數(含快車道) -機車優先道數量(有/無) -慢車道(有/無) -左轉專用道用道數 -中央分隔設施 -快慢分隔設施	-行人穿越道(有/無) -行車速限(公里/時) -路邊停車狀況

(一)道路寬度/路口面積測量方式：係以 Google Earth 的衛星空照圖，配合測量尺規工具，測量鋪面範圍內的距離，由於空照圖的影像大約為距離地面 20 公尺上方，部分影像難以判斷路側範圍，必須配合以 Google Map 街景的功能查看，配合車道數及路側設施，詳細核對確實的路側邊緣位置，查詢較清晰路段，再進行測繪。路口面積的測量方式則以各交叉路段方向的停止線前緣為基準，進行測量，如圖 1 所示，系統會自動計算出所涵蓋的面積(平方公尺)。



圖 1 路口面積測量示意圖(Google Earth)

(二)路口最大交叉傾斜角度：以兩路段正交叉 90 度為基準，先測量最大的兩路段交叉角度(大於 90 度)，再減去 90 度所得即為交叉的傾斜角，依前述的定義，若傾斜交叉角度大於 10 度，則視為斜角交叉，不過在建模過程則直接使用傾斜角度分析對事故頻次的影響。





圖 2 道路轉彎角度及轉彎半徑測量方法

### 3.3 交通流量資料

交通流量資料係依路口交通流量特性調查所得，但由於現有交通流量資料僅包含上、下午尖峰流量(小客車當量)資料，而建立交通事故預測模式所需的資料應為年平均交通量(AADT)，現有的資料並無法滿足建模的需求，為了補足建模的需求，本研究乃以公路總局每年所調查的省縣道交通流量資料中，距離(歐基里德距離)研究範圍路口最近的調查站中所包含的 K-因子(K-Factor)進行推估。以尖峰流量推估 AADT，作為建立交通事故件數預測的交通流量資料。

$$AADT_i = \frac{\max(V_{mp,i}, V_{ap,i})}{K-factor} \quad (6)$$

其中

$AADT_i$ ：為所推估的年平均交通量(小客車當量數)(車/日)

$V_{mp}$ ：上午尖峰小時交通流量(小客車當量數)(車/小時)

$V_{ap}$ ：下午尖峰小時交通流量(小客車當量數)(車/小時)

## 四、交通事故影響因子與事故預測模式

由於樣本數的限制，本研究僅針對四岔路口和三岔(T字)號誌化路口進行建模分析，建模的結果分述如下：

### 4.1 四岔路口

用於分析四岔路口交通安全績效函數的樣本數共有 143 筆，若僅以曝光量(兩路口雙向之年均日交通量，AADT)之基本模式進行分析，即自變數只有  $AADT_{major}$  和  $AADT_{minor}$ ，運用負二項迴歸模型分析結果(如表 5)，其中年平均日交通量採自然對數值  $\ln(AADT)$ ，對傷亡事故發生數有顯著正向影響( $p < 0.001$ )。依據迴歸結果顯示，若主要道路年平均日交通量自然對數值每增加 1 個單位，傷亡事故數增加約 0.54 倍

$[\exp(0.43892)-1]$ ;若次要道路年平均日交通量自然對數值每增加 1 個單位，傷亡事故數增加約 0.52 倍 $[\exp(0.41661)-1]$ 。

表 5 交通安全績效分析基本模式(僅考慮 AADT)模式參數

變數	校估參數	標準誤	z-值	p-值Pr(> z )
常數項	-6.0255	1.008	-5.978	p<0.001
ln(AADTmajor)	0.39101	0.09558	4.091	p<0.001
ln(AADTminor)	0.45499	0.06286	7.238	p<0.001
AIC: 829.41	2 x log-likelihood: -821.407			

若考慮路口面積的影響，則發現在同樣的交通流量下，路口面積的大小對傷亡事故發生頻次是呈現負相關的結果，但差異並不大(校估參數=-0.0001952)，此結果與一般認為路口愈大，事故愈多的概念有落差，可能與樣本數不足有關，或可能是在綜合交通流量的狀況，在流量大的路口必須要有足夠空間，以避免擁擠所造成的交通事故(如表 6)。

表 6 四岔路口交通安全績效函數參數校估結果

變數	校估參數	標準誤	z-值	p-值Pr(> z )
常數項	-6.842	1.054	-6.491	p<0.001
ln(AADTmajor)	0.4391	0.09755	4.501	0.0715
ln(AADTminor)	0.5086	0.06406	7.939	p<0.001
路口面積	-0.0001952	0.00007725	-2.526	p<0.001
AIC:826.34	2 x log-likelihood: 816.343			

針對所有蒐集所得道路幾何變數，逐一加入建模流程，配合流量資料和顯著值，僅保留顯著值(p<0.1)的變數，得到最終的交通安全績效函數參數結果如表 7。

表 7 四岔路口交通安全績效函數參數校估結果

變數	校估參數	標準誤	z-值	p-值Pr(> z )
常數項	-6.372	1.048	-6.079	p<0.001
ln(AADTmajor)	0.4097	0.09602	4.267	p<0.001
ln(AADTminor)	0.4929	0.06323	7.795	p<0.001
ln(路口面積)	-0.0001872	0.00007575	-2.471	0.0135
主要道路機車道	-0.4423	0.2157	-2.051	0.0403
AIC: 824.51	2 x log-likelihood: -812.508			

在考慮所道路幾何變數後，發現除交通流量外，僅以主要道路上是否有機車道，對於傷亡事故的發生頻次有影響，且是呈反比的狀況，亦即主要道路上若設有機車道，則傷亡事故的頻次會降低(-0.4423)，其餘的變數，如車道寬度、中央分隔型態、車道路等，依現有資料建模的結果，並不明顯影響事故的發生頻次。

## 4.2 三岔路口

用於分析三岔路口交通安全績效函數的樣本數共有 59 筆，基本上，交通流量仍為傷亡交通事故發生的頻次的主要影響因子，運用負二項迴歸模型分析結果(表 8)，若主要道路年平均日交通量自然對數值每增加 1 個單位，傷亡事故數增加約 0.676 倍 $[\exp(0.5154)-1]$ ；若次要道路年平均日交通量自然對數值每增加 1 個單位，傷亡事故數增加約 0.35 倍 $[\exp(0.30237)-1]$ 。在三岔路口，主要道路的交通量對傷亡事故發生的頻次影響較大。

表 8 三岔路口交通安績效分析基本模式(僅考慮 AADT)模式參數

變數	校估參數	標準誤	z-值	p-值Pr(> z )
常數項	-5.93493	1.16341	-5.101	p<0.001
ln(AADTmajor)	0.51154	0.08681	5.893	p<0.001
ln(AADTminor)	0.30237	0.08533	3.544	p<0.001

相較於四岔路口，三岔路口的面積大小的自然對數，影響傷亡事故的發生頻次較顯著(P<0.05)(如表 5.4.5)，而且是成正比關係，表示路口愈大，傷亡事故的頻率次數愈多。

表 9 三岔路口交通安全績效函數參數校估結果

變數	校估參數	標準誤	z-值	p-值Pr(> z )
常數項	-5.90518	1.14314	-5.166	p<0.001
ln(AADTmajor)	0.40114	0.08582	4.674	p<0.001
ln(AADTminor)	0.23227	0.08729	2.661	0.0078
ln(路口面積)	0.25802	0.1008	2.56	0.0105
AIC: 442.31		2 x log-likelihood: -432.311		

針對所有蒐集所得道路幾何變數，逐一加入建模流程，配合流量資料和顯著值，僅保留顯著值(p<0.1)的變數，得到最終的交通安全績效函數參數結果如表 10。

表 10 三岔路口交通安全績效函數參數校估結果

變數	校估參數	標準誤	z-值	p-值Pr(> z )
常數項	-6.14612	1.19218	-5.155	p<0.001
ln(AADTmajor)	0.36242	0.08203	4.418	p<0.001
ln(AADTminor)	0.25908	0.08959	2.892	0.00383
ln(路口面積)	0.308	0.10787	2.855	0.0043
支道中央分隔型式 (無分隔)	0.46609	0.28881	1.614	0.10656
支道中央分隔型式 (槽化線分隔)	-0.35122	0.58937	-0.596	0.55123
支道中央分隔型式 (窄式實體)	-0.74828	0.42996	-1.74	0.0818
支道中央分隔型式 (寬式分隔島)	0.15703	0.24339	0.645	0.51882
IC: 443.64		2 x log-likelihood: -425.639		

在考慮所有道路幾何變數後，發現除交通流量外，僅次要道路上的中央分隔型式會影響傷亡事故的發生頻次，以道路中央為一般分向標線(含限制線)作為比較基礎，則若未具任何中央分隔標線或設施，則傷亡事故的頻次會增加，但統計上差異並不顯著。若支道路段中央具有窄式的實體分隔護欄，則傷亡事故則會明顯降低( $P < 0.1$ )。

## 五、結論與建議

### 5.1 結論

為建立桃園市路口交通安全分析模式，本研究以 2016 和 2017 年桃園市交通流量特性調查之路口為基礎，針對四岔路口和三岔路口，參考美國公路安全手冊，以負二項迴歸方法(Negative Binomial Regression)進行建模分析，發現影響交通事故發生的頻次主要以交通流量為主，其次是路口面積，在三岔路口，路口面積愈大，則事故發生的頻率次數愈高；但在四岔路口，路口面積與事故發生的頻率次數卻呈反比現象，雖然差異顯著不大。另外，在四岔路口，主要道路上是否有機車道，亦顯著影響交通事故發生的頻次，顯示設置機車道具有降低事故的效果。而在三岔路口，中央分隔的型式則顯著影響事故的發生頻次，若以一般分向標線(含限制線)，則設置實體的窄式分隔島(護欄)可以減少事故的發生。

### 5.2 建議

本研究受限於具有交通量的路口數量，在建立路口交通安全績效函數，預測事故頻次模式的樣本數不多，在四岔號誌化路口僅 143 筆，在三岔路口僅有 59 筆資料，且資料大多過度集中在特殊的型態，如道路的行車速限大多是在限制 50 公里/小時的道路，其他速限的道路樣本數不高，難以比較其間的差異，且因樣本數的限制無法將樣本分為建模組和試驗組，尚無法進行模式驗證，僅能依現有樣本，透過模式辨認影響交通事故頻次主要因子及影響情形。

建立交通安全分析模式的重要的目的是希望能在增闢或改善道路之前能事先分析預測交通事故的頻次，作為修訂道路設計和改善規劃依據，避免新闢道路後又產生另一易肇事路段，而要建立交通安全分析模式，相關的道路基本資料和車流量資料必須完備，國內目前在交通量的統計大多以尖峰時段為主，難以呈現全日的交通狀況，本研究所採用的路口交通流量係由鄰近路段交通量觀測站的 K-因子值所推估，與實際的 AADT 勢必會有差異。而道路幾何的配置情形亦無數位化的資料庫建檔，目前在進行建模時僅能以個案方式進行調查，涵蓋的範圍有限，亦會影響建模分析的完整性，未來各縣市的交通特性調查資料中，建議能擴大調查每日的交通量，並同時調查路口幾何配置資料，建立完整的路口或路段交通流量和道路幾何資料庫，以利於未來發展適用於國內道路交通安全績效函數及台灣交通安全手冊。

## 參考文獻

- 吳宗修、曾建民(2001)，「從事故類型探討機車交通安全之改善策略」，90年國際道路交通安全與執法研討會，頁125-136。
- 林佐鼎、陳志和(2001)，「都市地區肇事嚴重程度預測模式之研究」，中華民國第八屆運輸安全研討會，頁319-328。
- 林佐鼎、陳欣欣、侯鈞元(2000)，「都市內機車事故與傷亡因素之探討」，中華民國第三屆機車交通安全研討會，頁273-286。
- 戚培芳(1997)，中山高速公路肇事分析模式之研究，國立交通大學交通運輸研究所碩士論文。
- 黃昶斌(2004)，以類神經網路探討都市地區肇事嚴重程度，國立交通大學交通運輸研究所碩士論文。
- 黃國平 (1996)，中山高速公路肇事特性時空差異比較分析，運輸學刊，第九卷第二期，頁71-92。
- 葉南君(2010)，路口機車事故頻率與傷亡程度之研究-以嘉義市為例，國立嘉義大學碩士論文。
- 鄭麗珍、李麗美(2014)，探勘不平衡資料集中之突顯樣式-以國道事故資料為實證研究，資訊管理學報，第二十一卷，第二期，頁161-184。
- 謝孟昌(1992)，高速公路幾何設計與肇事關係之研究，國立交通大學土木工程研究所碩士論文。
- 藍武王、戚培芳(1996)，中山高速公路肇事分析模式之構建-一般化線性模式之應用，運輸學刊，第九卷第二期，頁93-120。
- AASHTO，2010，Highway Safety Manual，USA.
- Akaike, H. (1974), A new look at the statistical model identification. IEEE Transactions on Automatic Control, 19 (6): 716-723.
- Bonneson, J., and McCoy, P. (1997), Effect of Median Treatment on Urban Arterial Safety: An Accident Prediction Model. In Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 1581. Transportation Research Board of the National Academies, Washington, DC, 1997, pp. 27-36.
- Bowman, B., Vecellio, R., and Miao, J. (1995), Vehicle and Pedestrian Accident Models for Median Locations. Journal of Transportation Engineering, Vol. 121, No. 6, pp. 531-537.
- Milton, J., and Mannering, F. (1996), The Relationship Between Highway Geometrics, Traffic Related Elements, and Motor Vehicle Accidents. WA-RD 403.1. Washington State Transportation Center, Seattle, 1996.



- Naznin, F., Currie, G., Logan, D., & Sarvi, M. (2016). Application of a random effects negative binomial model to examine tram-involved crash frequency on route sections in Melbourne, Australia. *Accident Analysis & Prevention*, 92, 15–21.
- Persaud, B. (1993). Accident Prediction Models for Rural Roads. *Canadian Journal of Civil Engineering*, Vol. 21, pp. 547-554.
- R Core Team (2013), R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- Sacchi, E., Persaud, B. and Bassani, M., (2012) Assessing International Transferability of Highway Safety Manual Crash Prediction Algorithm and Its Components, Compendium of the 91st Annual Meeting of the Transportation Research Board, Transportation Research Board, Washington, D.C.
- Sawalha, Z., and Sayed, T. (2001), Evaluating Safety of Urban Arterial Roadways. *Journal of Transportation Engineering*, Vol. 127, No. 2, 2001, pp. 151-158.
- Turner, S., Persaud, B., Chou, M., Lyon, C., and Roozenburg, A. (2007), International Crash Experience Comparisons Using Predictions Models. In TRB 86th Annual Meeting Compendium of Papers CD-ROM. Transportation Research Board of the National Academies, Washington, DC.
- Dixon, K., Monsere, C., Xie, F., Gladhill, K., (2012), Calibrating the Future Highway Safety Manual Predictive Methods for Oregon State Highways. Department of Transportation, Oregon.
- Dadvar, S., Lee, Y.-J., & Shin, H.-S. (2020), Improving crash predictability of the Highway Safety Manual through optimizing local calibration process. *Accident Analysis & Prevention*, 136, 105393.
- Shin, H.-S., Lee, Y.-J., Dadvar, S., (2014), The Development of Local Calibration Factors for Implementing the Highway Safety Manual in Maryland. Baltimore. Maryland State Highway Administration., MD.
- Smith, S., Carter, D., Srinivasan, R., (2017), Updated and Regional Calibration Factors for Highway Safety Manual Crash Prediction Models. Highway Safety Research Center University of North Carolina at Chapel Hill. Raleigh: North Carolina Department of Transportation, North Carolina.
- Srinivasan, R., Colety, M., Bahar, G., Crowther, B., Farmen, M., (2016), Estimation of calibration functions for predicting crashes on rural two-lane roads in Arizona. *Transp. Res. Record: J. Transp. Res. Board* 2583, 17–24.
- Srinivasan, S., Haas, P., Dhakar, N.S., Hormel, R., Torbic, D., Harwood, D., (2011), Development and Calibration of Highway Safety Manual Equations for Florida Conditions. Florida Department of Transportation.
- Srinivasan, R., Carter, D., Bauer, K., (2013), Safety Performance Function Decision Guide: SPF Calibration Vs SPF Development. Federal Highway Administration Office of Safety, Washington, D.C.