

閃光號誌路口交通事故特性分析-以臺南市為例

Analysis of Traffic Accidents at Flash Operated Intersections— A Case Study in Tainan City

王銘亨 Ming-Heng Wang¹

摘要

依據臺南市道路交通事故資料顯示，在閃光號誌路口發生交通事故的次數雖然較行車管制號誌（三色號誌）路口少，但其致死比率卻明顯較高。又依據國外文獻發現，由閃光號誌改用三色號誌後，可明顯的降低夜間的交通事故，但在臺灣並無相關研究驗證。本研究以臺南市為例，首先介紹國外有關將閃光號誌改為三色號誌控制的測試評估文獻，了解號誌控制型態改變的成效。另以臺南市近 3 年閃光號誌路口事故資料進行分析，並運用資料探勘技術中的分類與迴歸樹(Classification and Regression Tree, CART)方法，探勘影響閃光號誌路口事故危險因子，及各因子間的相互影響情形。同時蒐集臺南市在研究期間內將閃光號誌改設或調整時段為三色號誌的路口，以事故事後方式，比較號誌控制型態改變前後，同時段內交通事故的發生次數，及主要肇因變化情形。研究結果發現，影響閃光路口交通事故傷害嚴重程度的因子，以當事人的安全配備使用、飲酒狀況和年齡，以及事故的撞擊型態為主。路口控制方式改變後，交通事故次數在路口控制由閃光號誌改為三色號誌後，同一時段的事務次數大都有下降的趨勢，惟實際的影響和成效，仍進行詳細嚴謹的規劃和測試，建議能以專案研究，針對夜間使用閃光號誌控制路口，測試在改用短週期號誌、或觸動號誌後，對行車延滯、駕駛行為及交通事故的影響情形，作為檢討閃光號誌設置的條件，修訂號誌設置規則的參考依據。

關鍵詞：閃光號誌路口、行車管制號誌、交通事故致死率、資料探勘、分類和迴歸決策樹

Abstract

According to the traffic accident data gathered from Tainan City, the number of accidents that occurred at intersections with flashing signal operation (FSO) was less than the number of accidents that occurred at signalized intersections. However, the fatality rate was higher at FSO intersections than that at signalized intersections. Several previous studies showed that eliminating flashing traffic signal operations at intersections significantly reduce the number of traffic accidents and fatality rate during late night times. To figure out the impact of FSO on traffic safety in Taiwan, this study analyzed the characteristics of traffic accidents at FSO intersections in Tainan City. A data mining technique, classification and

¹ 開南大學運輸科技與管理學系助理教授（聯絡地址：33857 桃園市蘆竹區開南路一號，電話：03-3412500 分機 6138，E-mail：mhwang@mail.knu.edu.tw）。

regression tree (CART), was used to identify the fatality risk factors of traffic accidents at FSO intersections. A before-and-after study was also conducted to compare the number of accidents at the studied intersections occurred before and after the FSO was switched to traffic signal operation. The results found that the fatality risk factors of traffic accidents at FSO intersections were as follows: the use of restrictions (helmet or seat belts), alcohol consumptions, victim's age, and crash types. Also, the number of accidents numerically reduced at 11 of the 15 studied intersections after the signal were switched from flashing operation to signalized control operation. Further research covering more intersections to examine the impact of elimination of FSO is needed. Evaluations of replacement of flashing signal operations with short-cycle time or actuated control signals at intersections during late night are also recommended for developing a guideline for the implementation of FSO.

Key Words: Flashing signal operation, Traffic control signal, Traffic fatality rate, Data mining, Classification of regression tree

一、前言

路口閃光號誌係在交叉路口未達設置行車管制號誌之標準時，得於幹道設置閃光黃燈，於支道設置閃光紅燈，用以規範道路行車路權，若時間的交通量分布較為明顯時，在交通量較低的狀況下，原有行車管制號誌則可改為閃光號誌進行管制，特別是在深夜凌晨時的路口行車管制，大都改以閃光號誌為主。依據臺南市 2012 到 2014 年之間，不同交通控制型態下，路口交通事故次數及嚴重性（致死率）分布資料顯示，整體而言，由於閃光號誌主要設於車流量在少的路口或時段，發生交通事故的次數，大多較行車管制號誌（三色號誌）路口少，但其致死比率卻明顯較高，特別是在凌晨 4-5 時段，交通事故的致死比率更高達 10%。

在國際上，亦有部分國家在低車流量的路口設置閃光號誌，分配行車路權，但其功能和安全性一直受到質疑(UK DOT, 2011)，而建議避免閃光號誌的使用，或重新規範閃光號誌的應用範圍。如美國，已有許多州政府針對原深夜時段使用閃光號誌的路口，改設為三色號誌管制後進行評估，結果發現在深夜時段，將閃光號誌路口改為三色號誌（行車管制號誌）後，可明顯降低交通事故的次數和嚴重程度，因此，目前大部分的州規範閃光號誌的應用，以號誌故障時使用為主，採四個方向皆為閃紅的方式替代四向皆「停」的管制，已不建議將閃光號誌應用於平日路口管制行車。

反觀國內現行有關設置閃光號誌的規範並無明確的準則，僅以路口未達行車管制號誌，即可考慮採用閃光號誌，然被實務單位大量的使用，特別是深夜時段，大多數的路口都以閃光號誌控制為主，目前國內亦無相關研究或測試，針對閃光號誌的功能和成效，以及對於交通安全的影響，有完整性的探討和研究，加上民眾對於號誌功能和需求認知上的誤差，造成實務單位在設置行車管制號誌的壓力，又限於行車管制號誌設置標準，僅能以閃光號誌代替，除無法發揮交通管制的效果，甚至間接影響路口的行車安全。

有鑑於此，本研究首先介紹世界先進國家，有關閃光號誌的設置情形，以及將閃光號誌改為三色號誌控制的測試評估文獻及其結果，以了解路口由閃光號誌改為三色號誌後對交通安全的影響及其適用情形。再以臺南市近三年道路交通事故資料，針對閃光號誌路口事故資料進行分析，並運用資料探勘技術中的分類及迴歸決策樹(Classification and Regression Tree, CART)方法，探勘影響閃光號誌路口事故危險因子，以及各因子間的相互影響情形，決定影響交通事故嚴重度的主

要因素。同時，為了解國內將閃光號誌改為三色號誌後的影響，本研究同時蒐集臺南市 2013 至 2014 年內將閃光號誌改設或調整時段為三色號誌的路口，以事前、事後比較方式，比較在號誌控制型態改變的前後，相同時段內，交通事故的發生次數，以及肇事主因的變化情形，並藉以提出建議。

二、文獻回顧

有關世界先進國家使用閃光號誌管制路口車輛通行的情形，英國運輸部(UK DOT, 2011)曾針對歐盟各國及美國等國，在低車流量路口的控制型態進行完整的調查，其中有部分國家使用閃光號誌進行路口路權分配，但其安全性的問題一直受質疑，且隨著觸動號誌的技術及應用，使用閃光號誌的情形逐漸減少。該報告建議於支道設置閃光黃燈，而主幹道上號誌關閉的方式，進行路口管制，目前英國的閃光號誌僅用於行人穿越(Pelican Crossings)，該報告指出若要使用閃光號誌於路口，則須對閃光號誌重新定義，並對民眾再教育。

該報告透過問卷的方式，調查各種可能的低流量路口控制型式，有關閃光號誌部分包括：(一)路口各方向皆設閃光黃燈；(二)主幹道設閃光黃燈／支道設閃光紅燈；(三)主幹道無號誌（或關閉）／支道設閃光黃燈。但最後英國運輸部並無在路口採用閃光號誌的計畫。

自 1980 年代起國外即有許多研究針對使用三色號誌取代閃光號誌後的事務分析，Gaberty and Barbaresso (1987)分析 59 個四叉路口，將原為夜間閃光號誌路口改以三色號誌管制，結果發現降低了 91% 的側撞(angle crashes)事故，以及 95% 的垂直角撞(right-angle crashes)事故所造成的受傷人數。然而該研究並未說明是否有易肇事路口列入改善範圍，造成向平均數靠齊(regression to the mean, RTM)的統計誤差，亦即改善的狀況是否僅集中在少數易肇事路口，該文並無明確資料說明，而影響改善的適用範圍。

Polanis (2002)亦評估 19 個由夜間閃光改為三色號誌管制的路口，使用 Naïve 事前、事後比較法，結果發現夜間的垂直角撞事故減少 78%；Srinivasan 等人(2008)則應用實證的貝式理論(Empirical Bayes, EB)方法，針對 12 個路口進行事前事後研究，EB 方法係用以消除資料統計上 RTM 的影響。結果發現夜間側撞事故減少 34%；Murphy (2009)則以事前事後 EB 法，在缺乏交通流量的狀況下，針對 67 個改善路口進行評估，結果發現改用三色號誌後，夜間事故降低 27%，傷亡事故減少 23%，車前碰撞事故(frontal-impact crashes)減少 48%。

Lan 和 Srinivasan (2013)則進行更詳細分析，以單變量全貝式(Full Bayesian, FB)和多變量 FB 法，針對 61 個由夜間閃光改為三色號誌管制路口，並比較 395 個仍維持閃光控制的路口，自 2000 至 2007 年的事故發生情形，結果發現 EB 方法和單變量 FB 方法相類似，多變量 FB 法則在其中的 8 個路口，可提供較彈性的事故預測。該研究並以 Multivariate Poisson Lognormal Model (MVPLN)方法，建立交通事故預測模式進行分析，結果發現在改為三色號誌管制後，預測可降低 48%(±6%)的夜間事故；53%(±8%)的傷亡事故、以及 57%(±7%)的車前碰撞事故。

文獻發現，在深夜時段，路口的行車管制方式，若由閃光改用三色號誌管制後，不僅可明顯降低夜間交通事故次數，亦可減少特殊交通事故，如側撞、路口垂直撞及車前碰撞的事故型態，同時亦可大幅降低交通事故傷亡情形。

三、閃光號誌路口交通事故特性分析

本研究以臺南市近三年(2012-2014)年路口號誌路口交通事故資料進行分析，比較在不同號誌控制狀況下之路口交通事故發生狀況及傷亡嚴重情形，交通事故資料以事故有人傷亡為主(A1+A2)，不包括財損事故，交通事故的嚴重度以事故發生後當事人死亡與否表示。分析的內容包含：1.路口交通事故概況；2.交通事故及當事人特性分析；3.死亡事故特性分析；以及 4.影響事故嚴重傷害（致死）的危險因子分析。

3.1 臺南市路口交通事故概況

依據臺南市涉有傷亡的交通事故資料(A1+A2)顯示，近三年在路口發生交通事故的件數共計 38,985 件，造成 380 人死亡（其中 250 人為 24 小時內死亡、130 人在 30 天內死亡），53,455 人受傷。其中發生在號誌化路口計 18,143 件，造成 150 人死亡；發生在閃光號誌控制路口共計 6,541 件，造成 102 人死亡；無號誌化路口 14,301 件，造成 128 人死亡。

若依不同的交通控制型態及各時段的交通事故發生的件數進行分析（如圖 1），發現交通事故的發生時段以白天為主，特別在交通尖峰時段，上午 7-9 時、下午 5-7 時，且大都發生在號誌化管制和無誌化管制路口；在閃光號誌路口的交通事故發生次數，依時段的變化情形並不大，在白天略高，尖峰情形並不明顯，但在夜間，可發現事故的次數相較於號誌化路口和無號誌化路多，主要係大多數的號誌化路口在夜間改為閃光號誌管制，相對的閃光號誌路口事故次數增加。

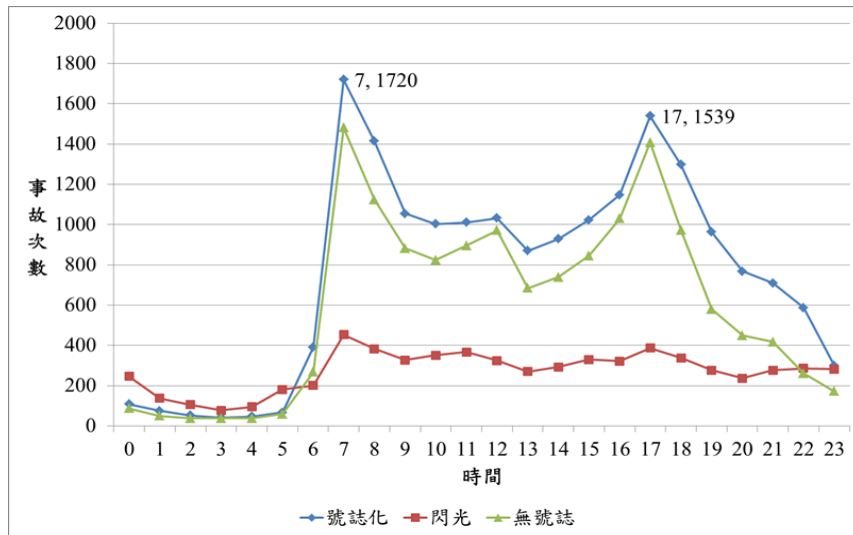


圖 1 臺南市路口交通事故次數依控制型態及時段分佈圖(2012-2014 年)

若由交通事故的嚴重度（致死率）進行分析（如圖 2），交通事故致死率在夜間，特別是在凌晨 0 點到上午 6 點以前，致死率都超過 2%，在 4-5 時之間的致死率更接近 10%。即便是在白天時段，如上午 11-12 時，下午 15-16 時，以及夜間的 19-20 時，在閃光號誌路口發生交通事故的嚴重度（致死比率），亦較其他交通管制類型路口還要高，且都超過百分之 2。

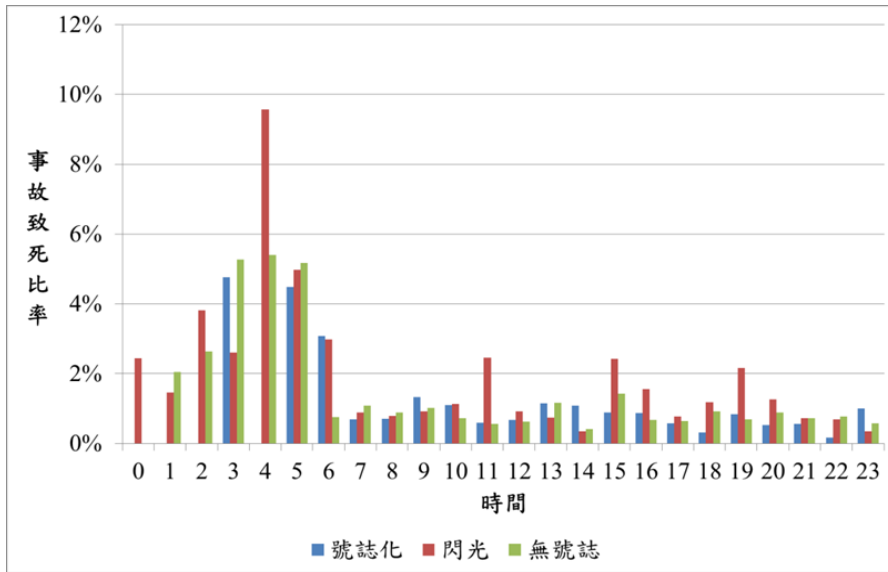


圖 2 臺南市路口交通事故致死比率依控制型態及時段分佈圖(2012-2014 年)

3.2 閃光號誌路口交通事故特性分析

本研究特別針對發生於閃光號誌路口的事故，依交通事故調查報告表資料內容進行分析，並依每一事故的特性、事故死傷最嚴重（死亡或受傷）當事人、及對造車輛當事人進行分析。受傷最嚴重當事人係指為當事人死亡或受傷者，同為死亡或受傷者，以年紀較長者為該案件之最嚴重當事人；對造當事人則以每一事故的車輛駕駛人（騎士）為主，若單一車輛事故，則無對造當事人，若為多車輛事故，則為以較大型車為主，如大客車、大貨車依序擇一，且以受傷較不嚴重者（未死亡或未受傷）者為主，作為該事故的對造當事人進行分析。

3.2.1 交通事故特性

本研究用以分析的交通事故資料，發生在閃光號誌控制路口共計 6,541 件，造成 102 人死亡，9,121 人受傷。依交通事故的特性及與致死率顯著影響（卡方檢定顯著值小於 0.1）之因子（如表 1），顯示影響事故嚴重度的因素包括道路的速限、道路的區位、以及事故撞擊型態。此三個因素，基本上都與速度有關，在郊區道路上，速率基本上都比較高，所造成的事故結果較為嚴重。事故撞擊的型態以路口垂直撞擊較多(36.1%)，造成 45 人死亡，顯示在閃光號誌路口的事故都以車輛來自不同方向的道路為主；如何有效防止此類事故，除了強化閃光燈號的警示作用之外，改設三色號誌，有效規範不同方向行車路權亦是考慮的方案之一。

其次為側撞，造成 25 人死亡，惟事故型態並未分同向或對象側撞，在肇因的分析上，難以了解實際的事故型態，藉以擬定改善措施。故建議在事故調查的報告表中，針對側撞型態的車輛相對方向，應詳加以區分紀錄。

若依據閃光路口事故發生時段分析，大多數的事故發生在上午 8-12 時（1,427 件），但發生死亡事故的件數則集中在凌晨 4-8 時（28 件），造成 29 人死亡，其中有 18 件集中在 4-6 時，造成 19 人死亡，事故致死比率亦以 4-8 時為最高(3%)。

3.2.2 嚴重當事人特性

交通事故傷害嚴重當事人，以當事人死亡、或受傷者年齡較大者為主，其相關顯著重影響事故嚴重度特性如表 2 所示。

表 1 閃光號誌路口交通事故特性

變數	項目	總件數	占總件數 比率	死亡事故		卡方檢定 (p-值)
				件數	比率	
時間	T0-1	246	3.8%	6	2.4%	<<0.0001
	T1-2	137	2.1%	2	1.5%	
	T2-3	105	1.6%	4	3.8%	
	T3-4	77	1.2%	2	2.6%	
	T4-5	94	1.4%	9	9.6%	
	T5-6	181	2.8%	9	5.0%	
	T6-7	201	3.1%	6	3.0%	
	T7-8	453	6.9%	4	0.9%	
	T8-12	1427	21.8%	19	1.3%	
	T12-16	1216	18.6%	14	1.2%	
	T16-18	1323	20.2%	18	1.4%	
T18-24	1081	16.5%	8	0.7%		
光線	白天	4000	61.2%	53	1.3%	0.0631
	夜間(暗)有照明	2242	34.3%	37	1.7%	
	夜間(暗)無照明	60	0.9%	3	5.0%	
	晨/昏	239	3.7%	8	3.3%	
道路速限	S30	36	0.6%	1	2.8%	0.0007
	S40	763	11.7%	16	2.1%	
	S50	5259	80.4%	67	1.3%	
	S60	308	4.7%	9	2.9%	
	S70	175	2.7%	8	4.6%	
道路區位	郊區	791	12.1%	20	2.5%	0.0155
	市區	5750	87.9%	81	1.4%	
分向設施	寬式分隔島	105	1.6%	3	2.9%	0.0413
	護欄分隔	27	0.4%	0	0.0%	
	標線	638	9.8%	2	0.3%	
	無分向設施	5382	82.3%	86	1.6%	
撞擊型態	撞固定物	4	0.1%	0	0.0%	<<0.0001
	倒車撞	13	0.2%	0	0.0%	
	路口垂直撞	2362	36.1%	45	1.9%	
	對撞	17	0.3%	1	5.9%	
	對向擦撞	105	1.6%	0	0.0%	
	同向擦撞	410	6.3%	2	0.5%	
	追撞	212	3.2%	4	1.9%	
	側撞	2569	39.3%	25	1.0%	
	其他	230	3.5%	2	0.9%	
	衝出路外/翻車	71	1.1%	1	1.4%	
	其他單一車輛事故	7	0.1%	1	14.3%	
	行人(穿越道路中)	112	1.7%	9	8.0%	
其他行人有關	40	0.6%	1	2.5%		

表 2 傷害當事人交通事故特性

變數	項目	總件數	占總件數 比率	死亡事故		卡方檢定 (p-值)
				件數	比率	
性別	女	2973	45.5%	35	1.2%	0.0192
	男	3568	54.5%	66	1.8%	
年齡	小於13歲	29	0.4%	0	0.0%	<<0.0001
	13-17歲	138	2.1%	5	3.6%	
	18-25歲	1661	25.4%	11	0.7%	
	26-35歲	1188	18.2%	10	0.8%	
	36-45歲	806	12.3%	9	1.1%	
	46-55歲	835	12.8%	5	0.6%	
	56-65歲	902	13.8%	20	2.2%	
	66-75歲	564	8.6%	15	2.7%	
	大於75歲	407	6.2%	26	6.4%	
不明	10	0.2%	0	0.0%		
當事者型態	肇事主因者	3082	47.1%	58	1.9%	0.0365
	非者肇事主因者	3459	52.9%	43	1.2%	
	有適當之駕照	5145	78.7%	52	1.0%	
駕駛車輛資格	無適當之駕照(無照或越級駕車)	609	9.3%	19	3.1%	<<0.0001
	不需駕照者	767	11.7%	29	3.8%	
	不明	20	0.3%	1	5.0%	
	無飲酒	5567	85.1%	44	0.8%	
飲酒狀況	血液中酒精含量(BAC)<0.03%	38	0.6%	5	13.2%	<<0.0001
	BAC0.031%-0.16%	190	2.9%	3	1.6%	
	BAC>0.16%	104	1.6%	5	4.8%	
	不明	642	9.8%	44	6.9%	
	使用安全帶(帽)	5713	87.3%	46	0.8%	
使用安全配備狀況	未使用安全帶(帽)	202	3.1%	9	4.5%	<<0.0001
	不須使用者	407	6.2%	23	5.7%	
	不明	219	3.3%	23	10.5%	
	機車	5442	83.2%	66	1.2%	
車輛種類	小客車	520	7.9%	6	1.2%	<<0.0001
	自行車	279	4.3%	14	5.0%	
	行人	147	2.2%	10	6.8%	
	小貨車	121	1.8%	5	4.1%	
	大貨車	8	0.1%	0	0.0%	
	動力機械	8	0.1%	0	0.0%	
	特種車	3	0.0%	0	0.0%	
	大客車	1	0.0%	0	0.0%	
	其他慢車	12	0.2%	0	0.0%	
車輛(行人)行動狀況	向前行進中	4772	73.0%	69	1.4%	<<0.0001
	起步/駛入車道中	70	1.1%	0	0.0%	
	左轉	855	13.1%	12	1.4%	
	右轉	117	1.8%	1	0.9%	
	迴轉/橫越道路中	63	1.0%	0	0.0%	
	變換車道	36	0.6%	0	0.0%	
	超車	33	0.5%	0	0.0%	
	停車有關	85	1.3%	0	0.0%	
	其他	13	0.2%	0	0.0%	
	行人其他	296	4.5%	5	1.7%	
	行人奔跑	10	0.2%	1	10.0%	
	行人站立	38	0.6%	0	0.0%	
	行人行走	119	1.8%	9	7.6%	
	不明	34	0.5%	4	11.8%	

依傷害當事人特性資料，發現男性當事人不僅事故數量較多，事故所後的嚴重程度（致死比率）較明顯較女性事故當事高（P-值小於 0.05）。

依年齡部分，事故的件數雖然以 18-25 歲族群為最多，但事故的傷害嚴重程度則以高齡者較為嚴重，特別是年齡大於 75 歲者，發生事故後，死亡的比率大於 6.4%，主要是高齡者生理狀態較不佳，為一般道路交通事故中，影響嚴重度的主要原因。而其中又以行人為主，道路及交通管制設施的設計應特別考慮高齡穿越道路的安全，以降低高齡者發生事故的機率。

當事人的駕駛資格亦影響當事人本身的傷害嚴重程度，若當事人無適當之駕照，如無照或越級駕駛，事故後的死亡率約 3%，較有適當駕照者(1%)嚴重，顯見無照駕駛者，不僅會影響道路安全，對當事人本身的危害亦更為嚴重。

使用安全配備的狀況，亦影響事故當事人本身的傷害嚴重程度，未使用安全配備者，事故後死亡者比率為 4.5%，較有使用者(0.8%)為高。建議執法單位應加強無照駕駛的違規取締，對於降低事故死亡率將可有效提昇。

當事人的飲酒的狀況，亦影響當事人本身事故後的嚴重程度，顯見酒後駕車對當事人本身的危害更為嚴重，若當事人有飲酒，將影響當事人本身採取安全作為或防護動作，而影響事故的嚴重程度。

事故的車種部份，機車涉入事故的數量最多，但傷害的嚴重程度則以自行車(5.0%)和行人(6.8%)較高，惟使用小貨車的當事人數量雖不多，但致死率較其他車輛為高(4.1%)，可能與小貨車車輛結構有關，針對小貨車的型態和結構對傷害嚴重程度的影響，未來應進一步研究探討。

交通事故的主要肇因者部分，當事人為主要肇因者，事故後的傷害則較為嚴重，事故主因當事人，事故後的死亡率為 1.9%，若當事者本身非為肇事主因者，死亡者為 1.4%。

3.2.3 對造當事人特性

對造當事人係指事故當事人中（不含乘客），未受傷、傷害程度較小、或受傷者年紀較輕的當事人。

分析結果發現對造當事人的性別和年齡，對於事故的嚴重程度（造成傷害當事人的傷害嚴重程度），並沒有影響（統計上無差異）。駕駛的駕駛執照和飲酒狀況對事故的嚴重度亦無顯著影響。所有的交通事故件數中，依警方的肇事原因初判結果，對造當事人為主要肇因者（為第 1 當事者）為多，但對事故的嚴重度的影響則以傷害當事者為主要肇因者較多，如表 3 所示。

表 3 交通事故對造當事人特性分析

變數	項目	總件數	占總件數 比率	死亡事故		卡方檢定 (p-值)
				件數	比率	
當事人類別	肇事主因者(第1當事者)	3929	60.1%	38	1.0%	<<0.0001
	非肇事主因者	2223	34.0%	53	2.4%	
車種	小客車	3385	51.8%	40	1.2%	<<0.0001
	機車	1786	27.3%	8	0.4%	
	小貨車	778	11.9%	27	3.5%	
	大貨車	150	2.3%	12	8.0%	
	大客車	23	0.4%	2	8.7%	
	動力機械	17	0.3%	1	5.9%	
	特種車	10	0.2%	1	10.0%	
	自行車	3	0.0%	0	0.0%	
車輛用途	砂石車	6	0.1%	1	16.7%	0.0086
	載運危險物品車輛	1	0.0%	0	0.0%	
	一般車輛	6145	93.9%	90	1.5%	
車輛行動狀況	向前行進中	3900	59.6%	79	2.0%	0.0065
	左轉	1237	18.9%	5	0.4%	
	右轉	480	7.3%	3	0.6%	
	迴轉/橫越道路中	153	2.3%	0	0.0%	
	停車有關	146	2.2%	1	0.7%	
	起步/駛入車道中	108	1.7%	0	0.0%	
	變換車道	40	0.6%	1	2.5%	
	超車	43	0.7%	1	2.3%	
	倒車	16	0.2%	0	0.0%	
	其他	13	0.2%	0	0.0%	

3.2.4 死亡事故分析

由交通事故當事人與傷害嚴重資料顯示，當事者型態（車種）及飲酒和安全配備使用狀況有關，本研究特別針對死亡的事故當事人的車種、飲酒及安全配備使用狀況進行分析。

在死亡事故當中，計有 66 人為機車騎士或乘客、14 人為自行車騎士、10 人為行人，其餘小客車和小貨車（含客貨）車駕駛或乘客各 6 人。若依造成死亡事故的對造車輛及死亡當事人所使用車輛種類分析（如表 4），與公車有關共 2 件、大貨車（含聯結車）13 件、小貨車 27 件、小客車 42 件、機車 9 件。

表 4 死亡當事人及對造主要當事人使用車輛種類

對照車輛	事故傷害當事人種類					
	小貨車	小客車	機車	自行車	行人	合計
無(自撞)	1	1	4	1	0	7
大客車	0	0	1	1	0	2
大貨車	3	1	8	1	0	13
動力機械	0	0	1	0	0	1
小貨車	1	1	18	5	2	27
特種車輛	0	0	1	0	0	1
小客車	1	3	28	4	6	42
機車	0	0	5	2	2	9
合計	6	6	66	14	10	102

若依死亡當事人和對造當事人的飲酒狀況資料顯示(表 5 和表 6)，可發現死亡當事人本身有飲酒的狀況較為嚴重，特別是機車騎士，共有 12 人，對造當事人的飲酒狀況共有 4 件，亦以機車最多。

表 5 事故死亡當事人使用車種及飲酒狀況

呼氣酒精濃度含量(mg/L)	小客貨	小客車	機車	自行車	行人	合計
<0.15	0	0	5	0	0	5
0.15-0.18	0	0	3	0	0	3
>0.80	1	0	4	0	0	5
未飲酒	3	2	33	6	1	45
不明	2	4	21	8	9	44
合計	6	6	66	14	10	102

表 6 事故對造當事人使用車種及飲酒狀況

呼氣酒精濃度含量(mg/L)	大客車	大貨車	動力機械	小客貨車	特種車	小客車	機車	合計
<0.15	0	1	0	1	0	0	0	2
0.15-0.18	0	0	0	0	0	0	2	2
>0.80	0	0	0	0	0	0	0	0
未飲酒	2	11	1	26	1	44	8	93
不明	0	0	0	2	0	1	6	9
合計	2	12	1	29	1	45	16	106

實際上，死亡當事人飲酒的狀況可能更高，因有接近一半的死亡當事人飲酒狀況為不明(44 人)。在事故發生時，若當事人有飲酒，可能影響當事人本身採取安全作為或防護動作，而影響事故的嚴重度。由於死亡事故涉及對造當事人的事故和刑事責任，因此，對於所有死亡當事人建議均能進行血液檢測，不論當事人是否違反道安法規，方能確實釐清當事人的事故責任和刑事責任。

3.3 閃光號誌路口嚴重危險因子分析

3.3.1 研究方法

為了解相關交通事故特性間相互影響事故嚴重性的情形，探究事故嚴重（致死）危險因子，本研究以資料探勘中的分類與迴歸決策樹(CART)技術進行分析。CART是由Breiman等人(1984)提出的統計方法，係以每個節點的動態臨界值作為條件判斷式，藉由單一輸入的變數函數，在每個節點分隔資料，並建立一個二元決策樹，CART是使用Gini Ratio來衡量指標，如果分散的指標程度很高，表示資料中分佈許多類別，相反的，如果指標程度越低，則代表單一類別的成員居多。CART只會在每一個節點產生兩個分支。

CART的優點主要有三個：1.可產生相互獨立的群體，直接和自動地提供重要解釋變數的交互作用情形；2.結果易於解釋和瞭解，可以全面地描述每個群體裡的個體特性，每個群體也有其結果變數的平均估計值；3.CART本質上是非參數統計技術，在資料分析上不需要特定的資料分配情形(Clark, *et al*, 1984)。

目前國內外已有許多文獻利用CART進行交通事故的傷亡嚴重程度研究(Kuhnert, *et al*, 2002；Karlaftis and Golias, 2002；Change and Chen, 2005；Change and Wang, 2006)，但尚無特別針對路口的事故有類似的應用。為考慮事故嚴重當事人及對造當事人間的影響，用以建立決策樹模式的事故資料不包含單一車輛事故，因此，共有6,152件事務進行分析。

另由於死亡事故在所有事故中屬稀有事件(0.985：0.015)，資料屬不對稱(unbalanced)型態，在進行決策樹分析時，須透過超採樣(Oversampling)技術，增加稀有樣本的比率，以避免資料探勘過程，資料向大事件方向偏移的誤差。

本研究以綜合式的仿製演算法SMOTE(Synthetic Minority Over-sampling TEchnique)，增加少數類別的資料(Chawla, *et al*, 2002)，將死亡及未死亡樣本數分別增加和篩減，達成1：1的資料結構進行建模分析。本研究以統計軟體R，建立CART閃光號誌路口交通事故傷害嚴重度之影響因子決策樹。

3.3.2 危險因子分析

本研究先將所有樣本隨機分為建模組(70%)和檢核組，並透過SMOTE超採樣技術增加死亡案件樣本數，降低非死亡案件數，平衡樣本資料後(50:50)，所得死亡和非死亡事故樣本件數，在建模組部分均為128件，檢核組均為54件。經由CART分析，並進行修剪後的結果之決策樹如圖3，AUC(Area under the Area)為0.81，準確率為84.4%，共有4個階層，6個葉部結點數，5個影響變數，分別為：當事人的安全配備使用狀況、飲酒狀況、當事人的年紀，以及撞擊型態，其中為類別1死亡機率較大，類別2表示非死亡機率較大。

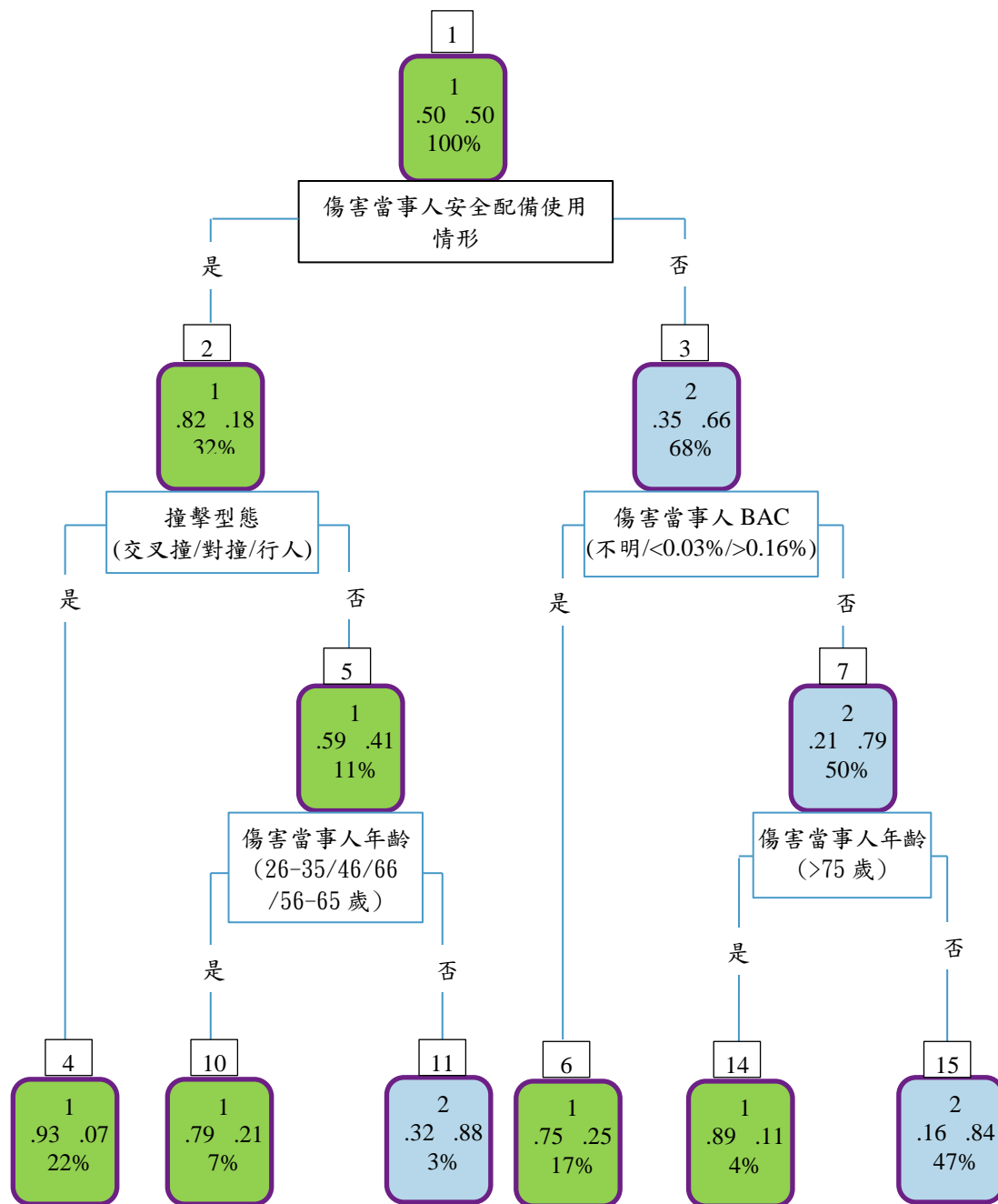


圖 3 閃光號誌路口交通事故致死因子 CART 決策樹模型圖

決策樹各結點分類的判斷依據，係以所列的狀況是否符合，進行分類（分枝），「是」則為左側綠色分枝，「否」則為右側藍色分析，而分析結點內數字，下方百分比為該分枝所占的樣本百分比，上方小數部分，則分別為致死率（左側）和非致死比率（右側）。如結點 2 所列傷害當事人「使用安全配備的狀況」是否符合所列「未使用」或「不要求」（即法令並未規範當事人須使用，如行人或自行車騎士），或「不明」等三個狀況，若「是」上述所列，則樣本數共占所有樣本數的 32%，致死率為 82%，若「否」，則所占整體樣本之 68%，致死率為 35%。

依決策樹分析結果發現，傷害當事者若「是」未使用安全配備（安全帽或安全帶）、使用狀況不明、或當事者不需使用（如行人或自行車，可視為未使用）的狀況下，預測傷害當事者的致死率為 82%（結點 2），顯示交通事故傷害當事人本身配戴安全保護裝置的重要性。若加上撞擊型態「是」路口垂直撞、對撞、撞擊行人事故的狀況下，則預測致死率高達 93%（結點 4）；而非屬上述撞擊型態，但與年齡層「是」在 26 至 35 歲間，及 45 至 65 歲之間的車輛駕駛人發生事故，其致死比率則為 79%（結點 10）。

而在傷害當事人安全配備的使用狀況不是在所列「未使用」、「不要求」或「不明」的狀況，即當事人確有使用安全配備情況下（結點 3），在閃光號誌路口發生交通事故，其預測致死率為 35%；在此狀況下，若傷害當事人的飲酒的狀況以及年齡，對於當事人本身的傷害嚴重程度有顯著的影響，依決策樹分析結果顯示，在當事人有使用安全配備狀況下，若換算血液中的酒精含量比(BAC)小於 0.03%、大於 0.16%、或不明的狀況下，測試當事人的致死機率为 75%；而若當事人未飲酒或 BAC 介於 0.03-0.16 之間，但當事人的年齡在 75 歲以上，則預測的致死率為 89%。此結果顯示當傷害當事人的飲酒狀況，在 BAC 值小於 0.03% 時和大於 0.16% 的情形下，所造成的傷害嚴重程度相同。此結果顯示，酒後駕車所造成的事故傷亡嚴重情形，並不會因其酒測值未達法定的違規值而較不嚴重，在規範酒後駕車的法規上，建議考量採歐盟許多國家零容忍任何酒後開車(European Transport Safety Council, 2012)的觀念進行規範。在歐盟，已有捷克、匈牙利、羅馬尼亞和斯洛伐克等國，實施酒後駕車零容忍(zero tolerance)道安政策，德國、義大利等國則針對新手（2 年內）和職業駕駛進行規範。

四、路口閃光號誌改為三色號誌前後比較

本研究另調查 2013-2014 年兩年內，由閃光控制改為三色號誌運作的路口，在變更時段內，前後的交通事故發生情形（含 2012 年事故資料），進行事前事後的比較。比較的期間以控制型態改變的日期為基準，每一個路口分別有至少 3 個月的事前和事後資料，且前、後的日期數相同，並換算為每 30 天發生交通事故的次數（頻率）。

比較的資料僅包含改變時段內的事務，不包含前後期間，控制型態都相同的時段內的事務，如將原有三色號誌控制時段由晚上 9 時，延長至凌晨 0 時，始改為閃光號誌，則比較的資料僅為在晚上 9 時至凌晨 0 時的區間內發生的事故件數。表 7 為閃光號誌改為三色號誌控制時段事前、事後，事故發生次數和頻率的比較表。可以發現在 15 個路口當中，有 8 個路口在不同時段改為三色號誌控制後，交通事故有下降的情形，但也有 3 個路口是增加的。整體而言，路口控制若改為三色號誌有降低交通事故發生的頻率。但若針對 30 天的事故頻率進行統計上的成對平均數差異檢定，顯著值 $p=0.195$ 。因此，就數字上而言，交通事故會在路口控制改為三色號誌後降低，但統計上的顯著性不高($P<0.2$)，但仍有超過二分之一路口的交通事故有下降，顯見改由閃光號誌改為三色號誌後，交通事故有降低趨勢。

而依據肇事原因分析發現，肇事的主因在閃光號誌控制時以「未依規定讓車」為主(77%)，而在改為三色號誌控制後，則以「違反號誌管制」(42%)，其次為左轉未依規定(12%)。顯見國內違反號誌管制的情形，特別是在低車流量的狀況下，違反號誌管制的情形甚為嚴重，同時也代表號誌時制的設定，在部分的狀況下，並未能符合實際的需求。為減少車輛延滯，使用觸動號誌應是最佳的方式，除可降低車輛延滯和闖紅燈的情形，同時減少採用閃光號誌控制所造成的事故。由於事前事後事故資料中並無死亡事故，本研究未能針對事故的嚴重影響情形進行分析。

表 7 路口由閃光號誌改為三色號誌控制前後交通事故分佈情形

編號	原三色號誌	改變時段	前後天數	事前		事後	
				次數	平均每30天事故次數	次數	平均每30天事故次數
1	閃光	7:00--8:15, 16:00--18:45	148	3	0.608	1	0.203
2	閃光	7:00--8:15, 16:00--22:15	408	1	0.074	0	0.000
3	7:00--8:15, 16:00--	7:00--21:00	211	1	0.142	0	0.000
4	閃光	7:00--22:15	377	3	0.239	1	0.080
5	閃光	8:00--8:15, 11:45--	505	4	0.238	2	0.119
6	6:00--24:00	全天候	506	1	0.059	0	0.000
7	7:00--8:15, 16:00--	7:00--21:00	211	0	0.000	1	0.142
8	7:00--22:15	全天候	271	2	0.221	0	0.000
9	閃光	6:00--22:15	509	0	0.000	2	0.118
10	閃光	7:00--21:00	324	0	0.000	3	0.278
11	閃光	6:00--23:00	485	2	0.124	2	0.124
12	閃光	7:00--22:15	261	0	0.000	2	0.230
13	閃光	7:00--21:00	91	2	0.659	0	0.000
14	閃光	6:00--21:00	302	1	0.099	1	0.099
15	閃光	0:00--3:00, 6:00--24:00	302	3	0.298	1	0.099
合計/平均			4911	23	0.141	16	0.098

五、結論與建議

閃光號誌的設置意在提醒駕駛人臨近路口須減速慢行，注意橫向來車，以確保道路安全，但由交通事故的分析資料得知，在閃光號誌路口造成的傷害較行車管制號誌路口嚴重，依據事故致死危險因子分析發現，整體而言與事故的發生時

間，車輛種類有關，但若依資料探勘技術分析影響事故嚴重性的因子，則進一步發現影響事故的傷害嚴重程度主要與當事人本身的安全配備（如安全帽）的使用狀況、傷害者本身的飲酒狀況、當事人的年齡，以及事故的撞擊型態有關。當事人若未使用安全配備（安全帽或安全帶）、或使用狀況不明、以及不需使用者的預測致死率 82%。顯示安全配備的使用對於降低事故死亡的重要性，道安及執法單位應特別針對安全帽及安全帶的使用，加強宣導及執法，以有效降低事故的傷害嚴重度。

而即使在當事人有使用安全配備情況下，若當事人的血液中的酒精含量比小於 0.03%、大於 0.16%、以及不明的狀況下，當事致死的比率為 75%，顯示只要當事人有飲酒的狀況，不論其酒精含量是否達違規標準，都是造成事故當事人本身嚴重傷害的重要因素，在飲酒駕駛違規法令的制度，建議參考歐盟許多國家作為，採零容忍的原則，不容許有任何酒後駕（騎）車的行為。另高齡者特別是高齡行人亦為閃光號誌傷害嚴重度的主因之一，在考慮號誌的設置標準時，除了既有的交通流量條件之外，在高齡者結構及行人較多之區域，必須加入高齡者穿越道路時間和速度的安全考量，減少高齡遭撞擊的機率。

在閃光號誌改為三色號誌控制路口後，有超過二分之一(8/15)的路口，在改為三色號誌後，每 30 天的交通事故的次數有下降的情形，顯見改由閃光號誌改為三色號誌後，交通事故有降低的趨勢。然而由於資料樣本數不高，建議未來能以專案研究，選定區域或縣市，針對僅於夜間使用閃光誌控制路口，規劃測試在改用短週期號誌、或觸動號誌後，對行車延滯、駕駛行為及交通事故的影響情形，配合路口的道路幾何，土地使用區位等資料，進行詳細的分析，作為檢討閃光號誌設置的條件，修訂設置準則的參考依據。

參考文獻

- Brieman, L., Friedman, J. H., Stone, C. J. and Olshen, R. A. (1984), *Classification and Regression Trees*, Chapman and Hall/CRC.
- Chang, L., and Chen, W. (2005), "Data Mining of Tree-Based Models to Analyze Freeway Accident Frequency," *Journal of Safety Research*, Vol. 36, No. 4, pp. 365-375.
- Chang, L., and Wang, H. (2006), "Analysis of Traffic Injury Severity: An Application of Non-Parametric Classification Tree Techniques," *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 38, No. 5, pp.1019-1027.
- Chawla, N., Bowyer, K., Hall, L., and Kegelmeyer, P. (2002), "SMOTE: Synthetic Minority Over-sampling Technique," *Journal of Artificial Intelligence Research*, Vol. 16, pp.321-357.
- Clarke, A. E., Bloch, D. A., Danoff, D. S., and Esdaile, J. M. (1984), "Decreasing Costs and Improving Outcomes in Systemic Lupus Erythematosus: Using Regression Trees to Develop Health Policy," *Journal of Rheumatology*, Vol. 21, pp.2246-2253.
- European Transport Safety Council (2012), *Drink Driving: Towards Zero Tolerance*, Report., p.13

- Gaberty, M. J., and Barbaresso, J.C. (1987) "A Case Study of the Accident Impacts of Flashing Signal Operations Along Roadways," *ITE Journal*, Vol.57, No.7, pp.27-28.
- Karlaftis, M. G., and Golias, I. (2002), " Effects of road geometry and traffic volumes on rural roadway accident rates," *Accident Anaysis & Prevention*, Vol.34, No. 3, 2002, pp.357-365.
- Kuhnert, P. M., Do, K. A. and McClure, R. (2002), "Combining non-parametric models with logistic regression: an application to motor vehicle injury data." *Computational Statistics and Data Analysis*, Vol. 34, No. 3, pp.371-386.
- Lan, B., and Srinivasan, R. (2013), "Safety Evaluation of Discontinuing Late-Night Flash Operations at Signalized Intersections," *HSIS Summary Report*. FHWA-HRT-13-069, Federal Highway Administration, Washington, DC.
- Murphy, B. (2009) "An Evaluation of the Safety Effects of Modifying Late Night Flash Signal Operations in North Carolina," TRB 88th Annual Meeting Compendium of Papers DVD, Paper No. 09-2482, Washington, DC. Jan. 2009.
- Polanis, S. (2002), "Right-Angle Crashes and Late-Night/Early-Morning Flashing Operation: 19 Case Studies," *ITE Journal*, Vol.72, No.4, pp. 26-28.
- Srinivasan, R., Council. F, Lyon. C, F. Gross, N. Lefler, and B. Persaud (2008), "Safety Effectiveness of Selected Treatments at Urban Signalized Intersections," *Transportation Research Record*, No. 2056, pp. 70-76.
- UK Department of Transport (UK DOT)(2011), Operation of Traffic Signals during Low Demand Periods, Reference Report R6.

(收稿 104.10.27，第一次修改 105.05.04，定稿 105.05.12)