

中部地區高速公路匝環道事故統計分析

彭煥儒 Huan-Ju Peng¹
吳淵展 Yuan-Chan Wu²
張慈芸 Tzu-Yuan Chang³

摘要

交通安全為道路績效最為重要的指標之一，而道路交通事故防制，首要工作即須蒐集正確之肇事資料，並透過肇事資料分析，歸納肇事因子並掌握肇事因素，據以對症下藥加以改善。本研究使用 106 年高速公路公路警察局全般事故資料，透過統計特性分析，瞭解高速公路匝環道交通事故的件數、死傷人數、發生地點、車種、肇事型態、肇事原因以及熱點路段；並利用大數據的隨機森林模式(Random Forest)進行分析，萃取高速公路匝環道交通事故資料之重要影響變數，再針對重要影響變數進行交叉分析(Cross Analysis)，發現車輛速度差與車隊遞延似為交通事故之影響因素，透過交通肇事推論成因並研擬改善作為，如匝環道車輛行駛速度降低、主線與匝道車輛轉換速度驟降過程的安全距離、下匝道車輛回堵距離是否縮短速度轉換區的距離，與彎道設施或障礙物設施提醒或槽化等交通改善作為，實際進行霧峰系統西出口實際交通工程改善，經統計及初步觀察改善可達 50% 其效果明顯，本研究可作為後續交通事故改善評估之參考。

關鍵字：高速公路、匝環道、事故統計、隨機森林(Random Forest)

一、前言

依據衛生服務部統計，「事故傷害」在是國人十大死亡原因之一，事故傷害是指非蓄意性傷害事件，如交通事故、意外中毒、跌倒(落)、火災及意外溺水等，其中交通事故在 105 年約占事故傷害的 45%，顯見交通事故嚴然成為死亡原因的重要成因，故針對交通事故的防制作為，實在是一個刻不容緩的課題，有深入探討分析之必要。

另，鑑於匝環道交通事故近來頻傳，且又鑒於高速公路匝環道事故特性與主線交通事故類型、肇因特性不盡相同，匝環道處為高速公路主線交織區，車輛加減速運行特性明顯，較一般高速公路主線路段特性不同；本研究透過統計特性分析，瞭解高速公路匝環道處交通事故的件數、死傷人數、發生地點、車種、肇事型態、肇事原因以及熱點路段。

¹ 交通部高速公路局中區養護工程分局分局長。

² 交通部高速公路局中區養護工程分局交通管理科科長。

³ 交通部高速公路局中區養護工程分局交通管理科幫工程司。

另外，本研究並透過分類分群的大數據工具，萃取匝環道交通事故的重要影響變數，以此重要變數進行交叉分析，以進一步推估交通肇事的成因，以研擬交通改善增進作為與強化對策。一般大數據資料探勘的技術主要分為分類、分群、關連性規則與社群網路分析等四大類，其中分類是指將資料各屬性分門別類地定義，透過訓練大量資料後，建立類別模型；而分群則是透過相似程度定義不同群集；關聯性規則為找出資料間可能相關的項目，透過資料尋找同時發生事件或紀錄推導出其間的關聯規則；最後社群網路分析則是透過分析了解架構在網路環境中、虛擬的社會群體。其中常用的分類的資料探勘為決策樹的應用，決策樹是一個分類回歸預測的模型，代表著分類類別值與其屬性值之間的一種映射關係，而隨機森林模式是屬於分類的資料探勘結合多個決策樹(Decision tree)的預測結果，在不同領域上的應用非常廣泛，如在醫學上，趙李英季(2013)運用隨機森林分類法，將採集白血病 128 個樣本，每個樣本有 12625 個基因，由於不相關連的基因太多，分辨率會很低，經過隨機森林分類的特徵縮減，展現出較佳的分類效果；另外，陳志華等人(2016)運用隨機森林方法進行肝臟疾病的預測模式，讓篩檢出肝臟疾病患者、及時轉介就醫，並結合新加入的兩個特徵屬性，發現可有效正確率提升，較其他機器學習方法好。沈哲緯等人(2014)則應用隨機森林模式萃取莫拉克颱風災區 218 條土石流潛勢溪流土石流發生重要影響因子，並輔以主成分分析與相關性分析，篩選莫拉克颱風引發土石流之 18 個顯著發生因子，據以研修土石流易致災調查發生因子項目，主動於土石流潛勢溪流成災前進行防範與疏散，減少災害損失，防患於未然。

而在交通事故上，郭佩茶等人(2016)使用分類迴歸樹與隨機森林，建構酒駕肇事預測模型，從可能變數中萃取酒駕照是的重要解釋變數，研究結果發現，公共運輸服務點數、車流量、犯罪率與 CCTV 個數等 4 個變數皆與酒駕肇事數相關，是臺北市酒駕肇事之重要變數。但是里內飲酒店數量與酒駕肇事無顯著相關，此結果並未如國外文獻飲酒店密度與酒駕有明顯之正相關關係。

本研究透過隨機森林模式的回顧與探討，應用 106 年高速公路全般交通事故半年期資料進行分類高速公路匝環道交通事故資料，並透過重要因子的交叉分子歸納研擬具體交通改善作為，並進行匝環道交通改善，分述如下。

二、隨機森林分類模式

隨機森林模式是屬於分類的資料探勘之一，是結合多個決策樹(Decision tree)的預測結果，也就是當分類資料都已經歸類在某一類別下，無法找到新的屬性進行結點分割，決策樹就停止往下衍生。所謂分類迴歸樹是決策樹的一種，以樹狀的結構，從上而下由根節點與許多的分叉路徑與眾多的子節點與產生葉節點組成，分類的樣本由根節點輸入，而後在每個節點選用一個特徵變量對節點內的樣本進行分割，經由分叉路徑到達下一個子節點，每個分叉路徑對應一個特徵變量值，而最後到達的葉節點便代表著每個分類；亦即樹中每個節點表示為某個分類類別，而每棵樹之分叉路徑則代表這個分類類

別項下可能的屬性值，每棵樹之節點則對應從根節點到該葉節點所經歷的路徑所表示的分類屬性的值。一般分類回歸樹所採用的是二元決策樹的概念，即每次的分割只分為兩類，而且分割時所選擇的特徵變量之方式是採用吉尼指數（Gini Index）的計算。

$$\text{Gini}(S) = \sum_{j=1}^n p_j(1 - p_j) = 1 - \sum_{j=1}^n p_j^2$$

其中， p_j 為類別 j 在集合 S 中出現的機率。吉尼指數代表著一個集合中的資料存度，吉尼指數的值越大，代表著該集合的純度不高；吉尼指數的值愈小，則該集合純度越高。而當有 2 個集合存在時，則透過集合數量進行加權計算吉尼指數。在最佳分割方式即是進行分裂出純度較高之集合，即求出吉尼指數的值最小值。

隨機森林分類模式是一個分類回歸樹為基礎的分類器，由個別樹輸出各類別的眾數來決定輸出類別，是由 Tin Kam Ho(1998)所提出的隨機決策森林（random decision forests）演算法則，結合 Breimans and Cutler (2001) 的聚集拔靴(Bootstrap aggregating)想法和 Ho 的隨機部分集合方法(random subspace method)所建構決策樹的集合分類模式。

隨機森林模式是依據三個準則進行演算，第一則是所有訓練資料過程中，皆以隨機抽樣 n 筆的資料，做為建決策樹的訓練集。對於不同的樹可以重複選取訓練資料，如果取樣 n 次，便形成一組訓練集。第二則是如果每筆資料皆有 M 個觀察值或變數，隨機選取 m 種觀察值時(條件 $m \ll M$)，做為決策參數，並以此做為建樹，在其各節點尋找最好分割的依據；在 n 個訓練樣本資料裡利用重複取樣的方式進行取樣，取樣 n 次後，形成一組訓練樣本（即 Bootstrap 取樣）。而且會使用各棵樹未被取樣之樣本資料做為測試樣本，將測試樣本放回決策樹進行分類，來評估其誤差。同時在建每顆樹時，皆需選取相同的 m 值，亦即以 m 個觀察變數透過吉尼指數之運算，找尋其最佳的分裂方式。最後則是讓每一顆樹都讓其成長到最大，而不做任何的修剪(pruning)，在建完一棵正常樹狀分類器後可能會被採用。

另外，隨機森林的訓練，首先採用自己啟動拔靴法(Bootstrap)的方法，取出不同樣本資料來建每棵樹。每次建樹時，保留三分之一的資料未被使用，則這些資料即可被視為測試資料，將這些測試資料置入剛建好的樹中，並計算類別標籤集合之 OOB(out-of-bag)袋外錯誤率，以衡量此隨機森林的訓練結果。訓練完全部的樹後，每筆訓練資料大約會被森林中三分之一的樹測試過。隨機森林並利用機器學習資料探勘，快速找出最適合的 m 值，調整 m 值的大小直到收斂為止。

以上述方式重複產生 k 棵決策樹，最後將這 k 棵決策樹組合起來，便可以產生一個隨機森林，而後以此訓練完成之隨機森林，將未分類之樣本資料輸入時，由這 k 棵樹對此未分類樣本進行分類，而此隨機森林分類之結果，即是將這 k 棵樹對此未分類樣本之分類結果，每一顆決策樹只投一票給它認為最適合的分類類別，最後進行簡單的多數決方式，選擇投票最多的分類類別作為該未分類樣本之分類結果。

三、國道中部地區匝環道交通事故統計

3.1 匝環道交通事故件數統計

本研究依據 106 年公警全般事故 1-6 月資料，匝環道總件數為 1760 件進行中部地區匝環道交通事故統計。如以所在轄管進行分類，其中高速公路部局 915 件(約佔 52%)最高，中部為 425 件(約佔 24%)，南部 420 件(約佔 24%)，如下圖 1 所示。匝環道交通事故以直線匝道事故 1594 件為主要肇事類型，約佔 91%，而環道交通事故則為 166 件；其中以北部的直線匝道 843 件所佔比率最高；中部在直線匝道的事件件數為 369 件、環道交通事故數為 56 件。

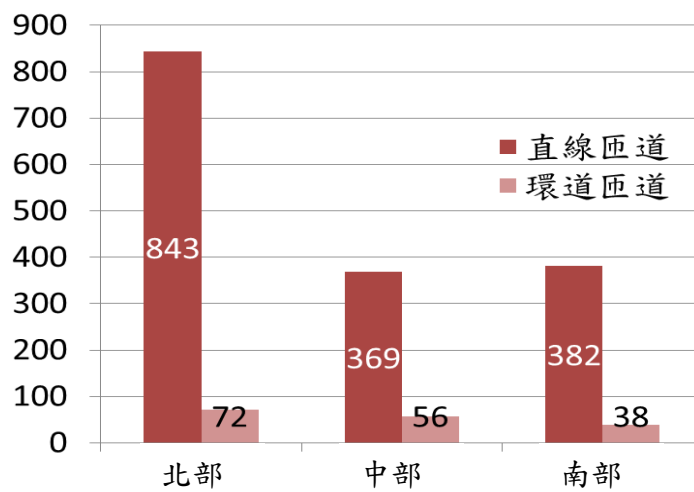


圖 1 匝環道各處交通事故統計圖

再者，如果以中部地區匝環道交通事故件數與全體交通事故進行比較，106 年 1-6 月中部地區交通事故總件數 3511 件，其中直線匝道 369 件約佔 10%、環道匝道 56 件約佔 2%，如下圖 2 所示。由此可知，中部地區匝環道交通事故的比例約佔 12%。

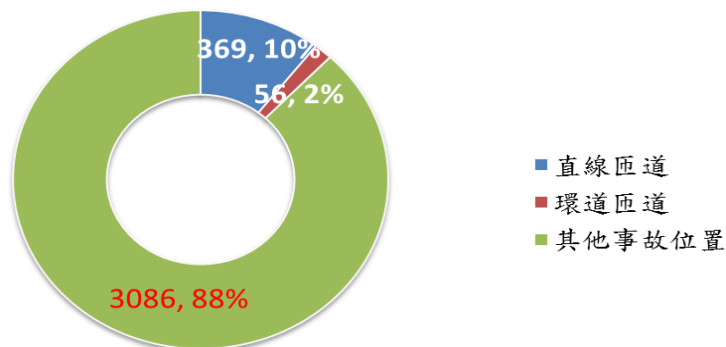


圖 2 匝環道交通事故件數圓餅圖

3.2 匝環道交通事故死傷人數分析

匝環道交通事故死傷人數統計圖，詳如下圖 3 所示，其中直線匝道受傷人數為 33 人為最高，0 人死亡，而環道則有 1 人死亡、12 人受傷。

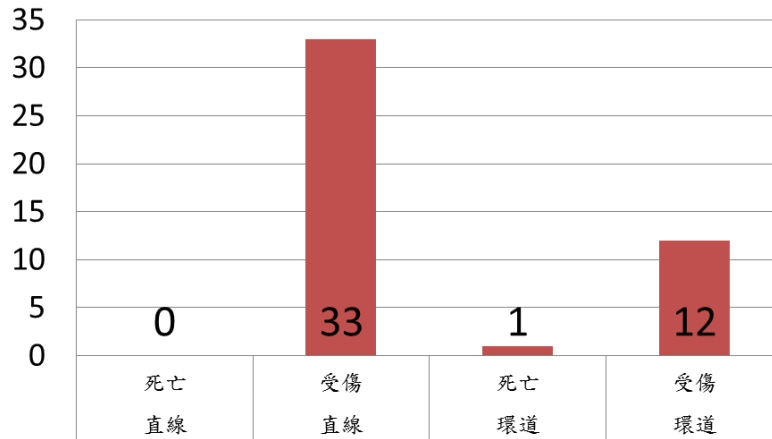


圖 3 匝環道交通事故死傷人數統計圖

3.3 匝環道交通事故發生時間統計

匝環道交通事故發生時間以直線段匝道白天（6:00~18:00）數量最多，約佔匝環道全體交通事故之 61%，再者為直線段的晚上（18:00~06:00）時段。而環道匝道白天時段則佔有 10%，晚上時段為 3%，詳如圖 4 圓餅圖所示。

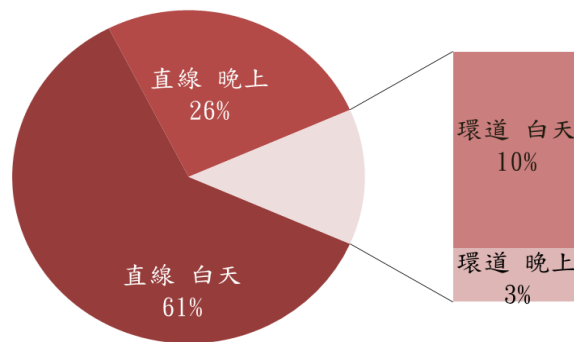


圖 4 匝環道交通事故發生時間統計圖

3.4 匝環道交通事故肇事車種統計

在匝環道交通事故車種部分，詳如圖 2-5 所示，車種數值乃是以第一肇事車輛進行統計，在直線匝道部分，其肇事車種順序分別為小客車、小貨車、大貨車與聯結車，肇事件數分別為 253 件（69%）、63 件（17%）、19 件（5%）、

19 件(5%)。

而在環道部分，肇事交通事故車種以小客車 33 件(59%)為最多，其次為小貨車為 8 件(14%)，第三則為聯結車 7 件(13%)，之後才為大貨車 4 件(7%)。其中聯結車在直線匝道為 5%，而在環道則上升為 13%，其原因可能為聯結車車型對於環道路型，如有超速情形容易造成交通事故。

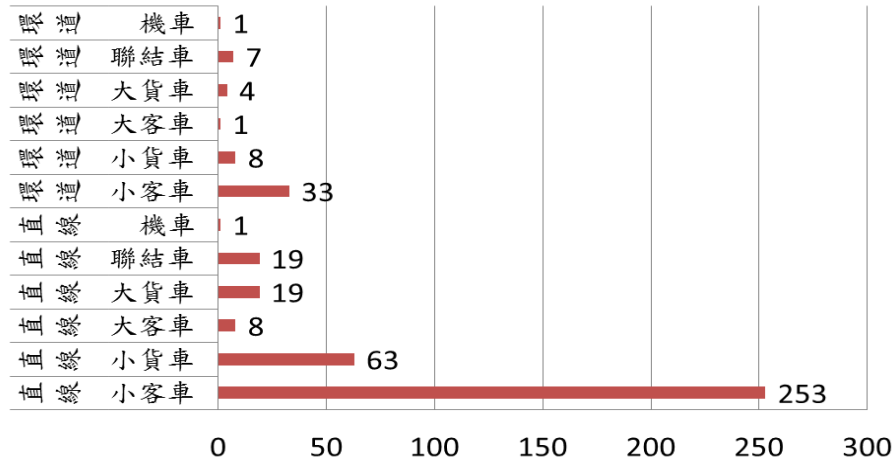


圖 5 匝環道交通事故車種組成統計圖

3.5 匝環道交通事故肇事地點統計

在肇事地點部分，首先依據國道別進行統計（如圖 6 所示），中部地區以國道一號的直線匝道 207 件為最多，其次為國道三號直線匝道 116 件，第三則為國道三號的環道匝道。

為進一步了解國道上各路段熱點區域，依據國道的里程進行分類，將匝環道交通事故統整如表 1 所示。由表可知，匝環道肇事熱點區為國 1 北上 160~189K 的 67 件為最高，其次為國 1 南下 160~189K 的 56 件，第三則為國 3 南下 170~199K 的 48 件；熱點區域均集中於台中都會區域。

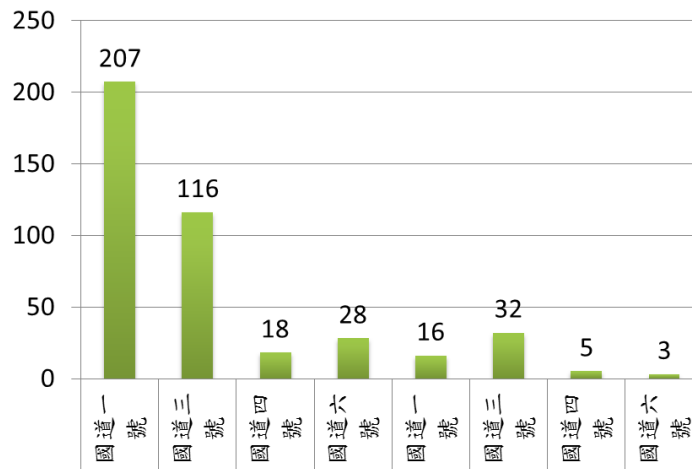


圖 6 匝環道交通事故肇事地點統計圖

表 1 國道中部匝環道交通事故速限與肇事型態交叉分析表

國道別	方向	里程		肇事件數		
		起	迄	直線	環道	合計
國 1	南	100	129	2	0	2
		130	159	9	1	10
		160	189	50	6	56
		190	219	27	2	29
		220	252	5	1	6
	北	100	129	1	0	1
		130	159	3	2	5
		160	189	66	1	67
		190	219	27	0	27
		220	252	10	3	13
國 3	南	110	139	0	0	0
		140	169	3	1	4
		170	199	37	11	48
		200	229	22	5	27
		230	270	5	2	7
	北	110	139	1	0	1
		140	169	7	1	8
		170	199	8	7	15
		200	229	22	1	23
		230	270	11	4	15
國 4	東	0	4	2	1	3
		5	9	0	0	0
		10	14	6	0	6
		15	19	2	0	2
	西	0	4	3	2	5
		5	9	4	0	4
		10	14	1	2	3
		15	19	0	0	0
國 6	東	0	9	4	1	5
		10	19	1	0	1
		20	29	0	0	0
		30	39	7	0	7
	西	0	9	8	2	10
		10	19	0	0	0
		20	29	0	0	0
		30	39	8	0	8

3.6 匝環道交通事故肇事地點統計

在直線匝道肇事型態部分(如圖 7 所示)，以追撞事故 263 件為最高，其次為同向擦撞 48 件，第三則為撞護欄 25 件；而環道匝道則撞護欄 25 件為最高，顯見直線匝道與環道肇事型態有明顯不一樣。

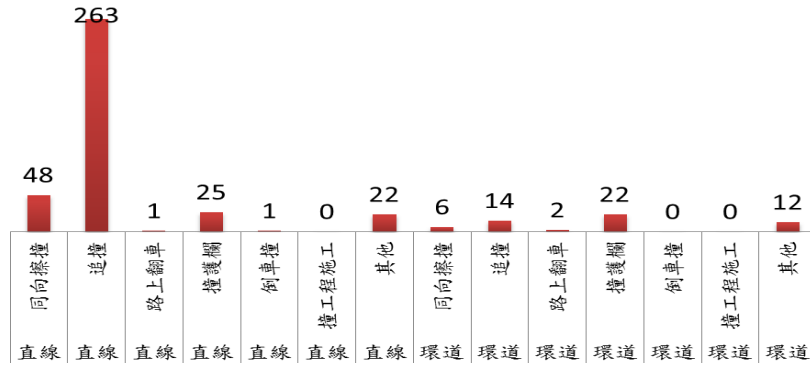


圖 7 匝環道交通事故肇事型態統計圖

3.7 匝環道交通事故肇事原因統計

在肇事原因部分(如圖 8 所示)，以直線段未保持安全距離與未注意車前狀況件數為最多，再來則為變換車道或方向不當與違規超車。而在環道部分也是以未保持安全距離與未注意車前狀況件數為最多，再來則為未依規定減速與裝載貨物不當。未保持安全距離與未注意車前狀況再綜合肇事型態以追撞與同向擦撞為主要的型態，由此可推論，『速度』與『兩車速度差過大』可能為匝環道肇事發生的主要因素。

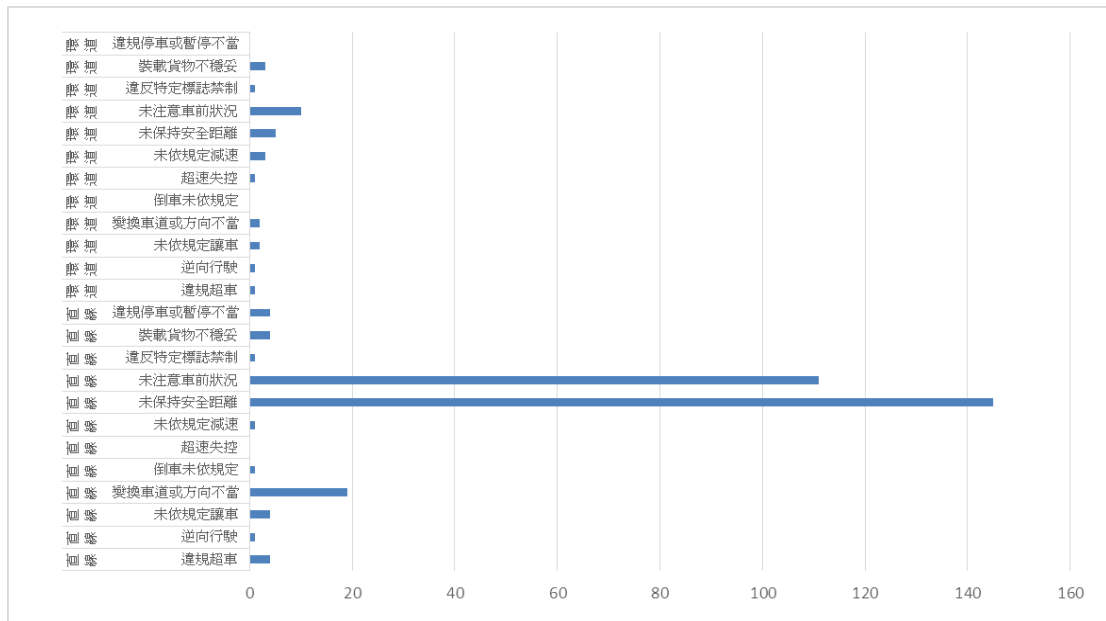


圖 8 匝環道交通事故肇因統計圖

四、匝環道事故隨機森林分析結果

4.1 匝環道交通事故重要變數萃取

匝環道交通事故藉由事故屬性資料統計，可知匝環道發生的熱點區域以都會區的件數較高，另經由肇事型態與肇事原因推論速度與兩車速度差可能為肇事原因，為進一步了解匝環道交通肇事的成因，本研究藉由隨機森林模式方法先行萃取交通事故列表中影響事故位置的重要影響變數，萃取的重要變數排序如下表 2 所示。

表 2 匝環道交通事故重要變數排序表

變數名稱(Variable)	純度值(IncNodePurity)
1 速限	22592.72
2 道路型態	11349.92
3 分向設施	10657.92
4 事故型態	3452.44
5 快車道或一般車道間	2853.19
6 主要肇因	2243.04
7 里程	1922.84
8 號誌動作	1840.78
9 號誌種類	1837.12
10 縣市	1532.34
11 路面邊線	734.55
12 事故類型及型態	626.85
13 工務段	565.73
14 時	531.02
15 方向	504.28
16 光線	495.39
17 工程處	476.29
18 國道別	416.78
19 障礙物	220.10
20 車種	174.41

由表 2 可知，影響匝環道的重要變數依資訊熵的純度值進行排序，第一個為速限變數，第二為道路型態、第三為分向設施，第四為事故類別，第五是快車道或一般車道間，第六則為主要肇因。為了進一步瞭解這些變數是如何將匝環道事故資料進行分類，以及這些重要變數是否能代表匝環道事故分類，故本研究利用分類回歸樹 CART(Classification and Regression Tree)以速限與道路型態進行決策樹分類，其結果（如下圖 9）是符合先驗知識，所以可以說隨機森林模式萃取重要變數的結果是值得信賴的。

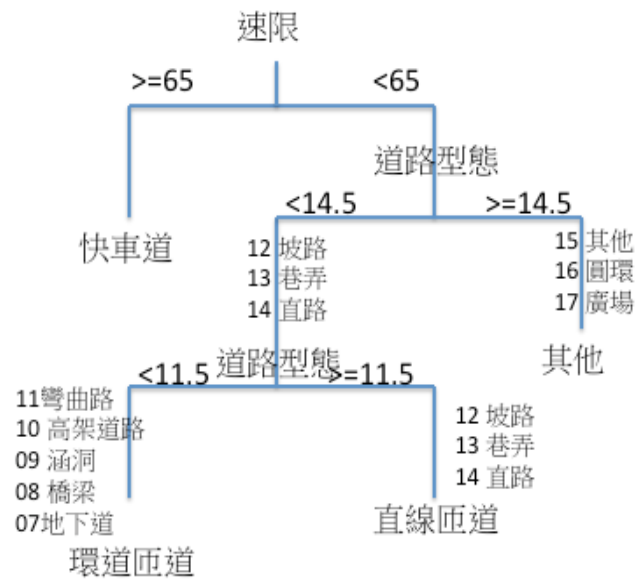


圖 9 CART 分類回歸樹驗證重要變數的分類結果

4.2 匝環道交通事故重要變數交叉分析

為進一步了解匝環道交通事故的成因，透過重要變數的交叉分析，交叉至事故的類型與肇因，以獲取交通事故發生的主因。

4.2.1 匝環道速限與事故型態交叉分析

匝環道速限與事故型態交叉分析結果如下表 3 所示，其中直線匝道有 10 件事故速限超過 90 公里，其中 7 件為追撞事故，1 件為同向擦撞；而在速限 40-60 的路段 359 件事故，其中追撞型態為 266 件，也就是說有 74% 的交通事故型態為追撞。而在環道匝道中在速限 40-60 的路段有 14 件為追撞交通事故，代表著雖然在速限規範為 40-60 的低速度路段，前後車輛容易造成追撞事故。

表 3 匝環道交通事故速限與肇事型態交叉分析表

速限	直線匝道		環道匝道	
	追撞	同向擦撞	追撞	同向擦撞
40	77	10	7	1
50	134	26	4	2
60	55	10	3	3
70	0	0	0	0
80	0	0	0	0
90	2	1	0	0
100	3	0	0	0
110	2	0	0	0

進一步瞭解速限與肇事原因的交叉分析，如下表 4 所示，在直線匝道部分，未保持安全距離(間距)有 145 件(40%)，而未注意車前狀態 111 件(30%)，大部分均集中 40-60 公里速限路段。而違規行為包含違規不當行為、變換車道不當與違規超車等共計有 81 件，約佔 22%。

而在環道匝道部分，未保持安全間距與未注意車前狀態則為 15 件，約佔 27%。但是其違規行為部分則有 29 件(54%)，其中以違規不當行為 27 件為最多。

由「速限/肇事型態」與「速限/肇事主因」交叉分析，可得知：

1. 速限段 40-60 路段為匝環道肇事發生的主要區段，在直線匝道路段其肇事主因為未保持安全間距與未注意車前狀況，顯示匝道路段速限雖然明確規範，但駕駛者對於速限的規範認知不一，前後車輛速度差有明顯差異，造成追撞交通事故。
2. 在環道匝道部分，速限段 40-60 路段依然為肇事發生的主要區段，而肇事主因主要為違規行為，其肇事型態為追撞，顯示在環道匝道路段駕駛人可能跟車時彎道離心力車輛有偏移現象，加上速度並未降低，直接追撞前車。

表 4 匝環道交通事故速限與肇事型態交叉分析表

速限	直線匝道					環道匝道				
	未保持安全距離	未注意車前狀態	違規不當行為	變換車道不當	違規超車	未保持安全距離	未注意車前狀態	違規不當行為	變換車道不當	違規超車
40	41	32	15	3	0	2	4	14	0	1
50	66	56	36	11	3	2	2	11	1	0
60	35	19	5	5	1	1	4	2	1	0
70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
100	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0
110	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0

4.2.2 匝環道事故發生時間與型態交叉分析

匝環道事故發生時間以 17-18 時的 38 件與 41 件為最高，其肇事型態以追撞 277 件最多，而在直線匝道則有 263 件、環道匝道 14 件，詳如表 5 所示。

表 5 匝環道交通事故發生時間與肇事型態交叉分析表

時	同向擦撞		追撞	
	直線匝道	環道匝道	直線匝道	環道匝道
0	0	0	0	0
1	2	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	2	0
4	0	1	1	0
5	0	0	2	0
6	0	0	2	1
7	4	0	18	0
8	3	0	11	2
9	4	0	15	2
10	3	0	19	2
11	3	1	13	1
12	3	0	12	1
13	2	0	9	0
14	4	1	16	0
15	3	0	20	0
16	2	2	16	2
17	7	0	30	1
18	2	1	38	0
19	3	0	17	1
20	2	0	11	0
21	0	0	6	1
22	1	0	3	0
23	0	0	2	0
總計	48	6	263	14

一般會認為肇事件數多寡會與交通流量有關，為了瞭解匝環道肇事件數與流量關係，本研究以台中都會區(大雅交流道)為例繪製雙軸曲線圖，如圖 10 所示，在上午尖峰時段流量高但匝環道的追撞事故件數並未升高，而在下午尖峰時段流量升高，匝環道肇事件數也一樣有升高趨勢。

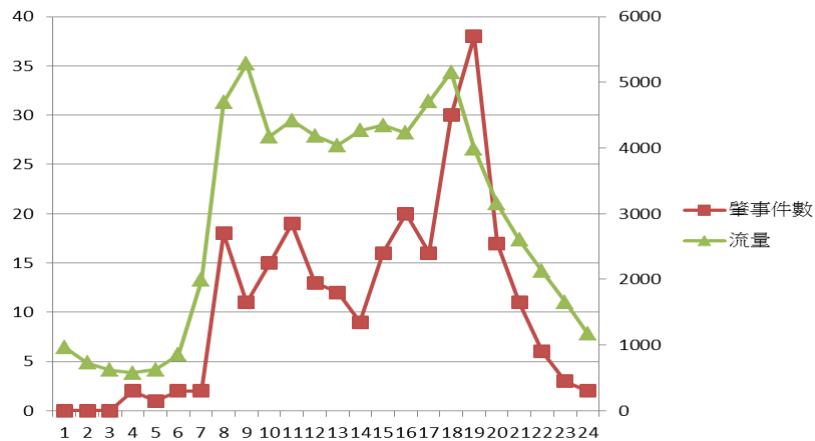


圖 10 肇事件數與交通流量趨勢圖

另回顧第一部分匝環道發生熱點以台中都會區為主，以及匝道速限 40-60 路段以未保持安全間距佔 70% 而言，流量升高確實會影響肇事事件數，但早上流量升高並未會直接提高肇事事件數，顯示直線匝道路段的追撞事故除流量因素外，推論尚有其他影響因素，例如在匝道處遞延車隊停等位置也是影響匝環道肇事的主因；也就是說，在台中都會區下午時段容易因平面路口紓解問題，造成車隊在匝道處形成，車隊遞延長度延伸，主線下匝道車輛未保持安全間距易與前車形成追撞事故。

4.2.3 匝環道事故分向設施與事故型態交叉分析

在分向設施與事故型態交叉分析部分，呈現兩極端的現象，亦即無分向設施與寬式中央分隔島兩類的事故量最多，其餘分向設施則是件數較少；另在肇事型態中直線匝道以追撞為主要，環道匝道則是以撞護欄次數偏高，詳如表 6 所示，而肇事原因交叉分析如下頁表 7。

表 6 匝環道交通事故分向設施與肇事型態交叉分析表

分向設施	直線匝道			環道匝道		
	追撞	同向擦撞	撞護欄	追撞	同向擦撞	撞護欄
中央分隔島寬式	130	20	9	7	5	8
中央分隔島窄式附柵欄	0	0	0	0	0	0
中央分隔島窄式無柵欄	1	0	0	0	0	0
雙向禁止超車線附標記	2	0	0	0	0	0
雙向禁止超車線無標記	1	1	0	0	0	0
單向禁止超車線附標記	8	1	0	1	0	0
單向禁止超車線無標記	2	0	0	0	0	0
行車分向線附標記	3	2	0	0	0	0
行車分向線無標記	0	0	0	0	0	0
無分向設施	126	23	16	6	1	14

表 7 匝環道交通事故分向設施與肇事原因交叉分析表

速限	直線匝道					環道匝道				
	未保持安全距離	未注意車前狀態	違規不當行為	變換車道不當	違規超車	未保持安全距離	未注意車前狀態	違規不當行為	變換車道不當	違規超車
中央分隔島寬式	71	48	24	10	1	2	7	12	1	1
中央分隔島窄式附柵欄	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
中央分隔島窄式無柵欄	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
雙向禁止超車線附標記	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
雙向禁止超車線無標記	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
單向禁止超車線附標記	3	4	1	0	0	0	0	1	0	0
單向禁止超車線無標記	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
行車分向線附標記	1	2	0	1	1	0	0	1	0	0

行車分向線無標記	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
無分向設施	68	55	32	8	2	3	3	12	1	0

由上表可知，肇事件數在分向設施呈現兩極端的現象，肇事原因以未注意安全間距、未注意車前狀態與違規不當是前3名肇事原因，造成駕駛者形成如此的交通事故，推測其原因為駕駛者在行經匝環道時，駕駛過程有較多的操作與猶豫時間，使得在無分向設施路段肇事件數提升。另外在環道部分，則是以違規不當行為的比率明顯較高，而且以撞護欄事故居多，推測進入彎道時車輛速度明顯過快。

五、匝環道交通事故改善作為研擬

經由前節的交通事故統計分析，本研究彙整統計結果、推測原因與交通改善措施研擬表，如下表8所示。

表8 匝環道交通事故交通改善研擬表

統計結果	推測造成原因	改善研擬	具體改善項目
速限 / 追撞 74%	行駛過程未降至速限範圍，在匝環道時速度明顯過快。	1.速限轉換區加長 2.速限漸近轉換	1.檢視減速車道是否足夠。 2.減速車道漸近降低速限。
時段/追撞 直線路段追撞 件數增加，70%未注意車前狀況	1.下匝道行駛過程未注意前車狀態 2.兩車的速度差明顯差異，造成追撞	1.避免下匝道車輛回堵 2.增加兩車距離判斷	1.下匝道車輛避免回堵，造成原本可煞停的距離變短 2.減速車道區新增距離參考標線
無方向設施 追撞	駕駛者在行經匝環道時，駕駛過程有較長的操作與猶豫時間	1.加強分向設施 2.簡化標誌縮短判斷時間	1.延長槽化線、障礙物體線，引導車輛 2.地名方向指示牌宜以明確判別地名為主，非以鄰近地名方式顯示
環道/撞護欄 違規不當	1.進入彎道車速過快 2.轉彎離心力與速度不協調	1.進入彎道前減速 2.避免車輛因離心力偏離車道範圍	1.進入彎道前的直線路段路寬漸窄(Narrowing)設計 2.彎道處車道加寬並加槽化線，提醒用路人偏離車道位置 3.彎道處加裝反光浪板或反光標記加密，提醒用路人注意

匝環道交通事故交通工程改善部分，主要著眼於：

1. 匝環道車輛行駛速度過快。
2. 主線與匝道車輛轉換速度驟降過程的安全距離。

3. 下匝道車輛回堵距離是否縮短速度轉換區的距離。
4. 彎道設施或障礙物設施提醒或槽化，工程司可以實際狀況檢視或增設相關設施。

六、匝環道改善實作

6.1 匝環道交通改善作為

匝環道實作對象以國 6 霧峰系統西出匝道為對象，其年平均日交通量為 20,706 輛次，該處環道交通事故之主要事故型態以「撞護欄」為主要，事故時段以日間時段為多，事故車種則為小客車與小貨車；經與表 8 交通改研擬列表比對，將改善策略實際應用於國 6 霧峰系統西出匝道，其強化措施包含：反光標記間距加密、彎道處增繪白斜紋線、增設護欄反光浪板等，以強化線型及警示，相關交通工程強化作為照片如表 9 所示。

表 9 多事故匝環道交通工程強化措施執行成果

	
<p>位置：國 6 霧峰系統西向出口匯入國 3 南向匝道 說明：補繪白色斜紋線、反光浪板及反光標記間距加密 施工前</p>	<p>位置：國 6 霧峰系統西向出口匯入國 3 南向匝道 說明：補繪白色斜紋線、反光浪板及反光標記間距加密 施工後</p>
	
<p>位置：國 6 霧峰系統西向出口匯入國 3 北向匝道</p>	<p>位置：國 6 霧峰系統西向出口匯入國 3 北向匝道</p>

說明：補繪白色斜紋線、反光浪板及反光標記間距加密 施工前

說明：補繪白色斜紋線、反光浪板及反光標記間距加密 施工後

6.2 匝環道交通改善成效分析

為比對匝環道交通改善成效，本研究以改善完成日期為基準點(106 年 6 月 20 日完工)，採取前後 10 個月作為比較區間，統計霧峰系統西向出口匝環道交通事故統計表，如表 10 所示。

表 10 改善前後成效

交通事故類別件數	改善前 (105/8/21~106/6/20)	改善後 (106/6/20~107/4/30)
A2	2	1
A3	8	4
合計	10	5
主要交通事故型態	1.撞護欄(9/10) 2.追撞(1/10)	1.撞護欄(3/5) 2. 追撞(2/5)

由表 10 可知，改善前後交通事故件數，在受傷(A2)類減少 1 件、受傷(A3)類減少 4 件，其改善幅度為 50%，所以透過隨機森林分析交通事故資料萃取重要變數，研擬交通改善方案，經實作應用具有明顯的改善效果。

七、結論

本研究透過隨機森林模式萃取交通事故資料之重要變數，並透過交叉分析得知，直線匝道或環道匝道在速限段 40-60 路段均為匝環道肇事發生的主要區段，而在直線匝道路段其肇事主因為未保持安全間距與未注意車前狀況，可推論前後車輛速度差有明顯差異，造成追撞交通事故。另在環道匝道部分肇事主因主要為違規行為，其肇事型態為追撞，推論在環道匝道路段駕駛人可能跟車時彎道離心力車輛有偏移現象，加上速度並未降低，直接追撞前車。另在匝環道事故發生時間以 17-18 時最高，其肇事型態以追撞最多，透過交通肇事與流量比對，上午尖峰流量高但匝環道的追撞事故件數並未升高，而在下午尖峰流量升高，匝環道肇事件數亦有升高趨勢，由此推論可能在匝道處遞延車隊停等位置也是影響匝環道肇事的主因。

另外，本研究透過交叉分析及推論後，研擬匝環道交通事故交通工程改

善，主要著眼於 1. 匝環道車輛行駛速度過快，2. 主線與匝道車輛轉換速度驟降過程的安全距離，3. 下匝道車輛回堵距離是否縮短速度轉換區的距離，與 4. 彎道設施或障礙物設施提醒或槽化，並套用於匝環道路段實作。實作成效以改善前、後 10 個月統計，經初步觀察，改善前事故件數計 10 件，改善後減少為 5 件，應顯見改善作為確有其成效。

本研究乃針對匝環道進行總體統計分析，據以研擬相關交通改善作為，但每處匝環道道路幾何與交通特性不盡相同，未來應用時應適時依交通工程司專業判斷予以調整。

參考文獻

趙李英記(2013)，隨機森林運用於白血病基因分類，第九屆知識社群國際研討會。

沈哲緯、蕭震洋、辜炳寰、曹鼎志、鄭錦桐、羅文俊(2014)，「運用隨機森林探討莫拉克颱風災區土石流發生因子關連性」，災害防救科技與管理學刊，第 3 卷 1 期，頁 41-67。

陳志華、楊子緯、張訓楨、賴永崧(2016)，「特徵分析和機器學習方法應用於肝臟疾病檢測」，福祉科技與服務管理學刊，第 4 卷 3 期，頁 417-430。

郭佩棻、周文生、徐晨剛、關迺璇(2016)，以資料探勘技術建構巨觀酒駕肇事預測模型，105 年道路交通安全與執法研討會論文集，頁 247-262。

T. K. Ho, (1988). "The random subspace method for constructing decision forests", *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 20, No. 8, pp. 832-844.

L. Breiman and A. Cutler, (2001). "Random Forests", *Machine Learning*, Vol. 45, October, pp5-32.