

中山高速公路楊梅路段二次事故特性分析¹

Characteristics Analysis of Secondary Accidents on Yangmei Section of National Freeway No.1

曾平毅 Ping-Yi Tseng²

游書昀 Shu-Yun Yu³

摘要

二次事故對高速公路的安全及順暢影響甚鉅，依據國外之研究，二次事故之篩選可以分為靜態及動態二種。靜態係以固定的距離及時間於主要事故上游或對向上游進行搜尋，而動態方式則是主要事故發生後，以車流、行駛速率等交通參數，尋找上游處因主要事故之發生，使車流受到干擾而發生之交通事故。本研究參考國外之研究，以靜態方式篩選，在主要事故發生之上游 3 公里、30 分鐘內，再次發生第二件以上之事故之比例為 7.51%，並分析這些二次事故之時空關係、碰撞型態、車種、位置、地點及時間等相關特性，再以兩母體比例差之假設檢定分析這些特性是否與主要事故之比例有顯著差異。最後提出結論與建議，期能降低高速公路二次事故發生機率，提升用路人安全。

關鍵詞：二次事故、高速公路、交通事故、事故特性分析

-
- 1 本研究為科技部專題研究 MOST 109-2410-H-015-011 之部分研究成果，作者感謝科技部之補助經費；初稿曾於 110 年中華民國運輸學會年會暨學術研討會發表，作者感謝與會人員及兩位審查委員之各項改進意見。
 - 2 中央警察大學交通學系教授（聯絡地址：33334 桃園市龜山區樹人路 56 號，電話：03-3281991，E-mail：una139@mail.cpu.edu.tw）。
 - 3 中央警察大學交通管理研究所碩士，目前服務於國道公路警察局。

Abstract

The occurrence of secondary accidents affects the operations of freeway and might cause safety problems for road users. According to previous studies, two main methods are introduced to identify secondary accidents, namely static and dynamic. The static method uses fixed spatial distance range and temporal time range to search secondary accidents from the upstream or the opposite lanes of the primary accident. The dynamic method uses volume and speed as parameters to find secondary accidents by examining the frustrated traffic flow caused by the primary accident. This study used static methods to identify secondary accidents. The results show that within 3 kilometers upstream and 30 minutes duration after of the primary accident, the occurrence of secondary accidents is 7.51%. The characteristics of the secondary accidents such as collision type, vehicle type, location, or period of time were analyzed. Then, hypothesis tests for the difference in two population proportions were performed to test whether these characteristics are significantly different between primary accidents and secondary accidents. Finally, conclusions and suggestions were proposed. It is expected that the findings of this study could help reduce the chance of secondary accidents on highway and improve safety of road users.

Keywords: *Secondary accidents, Freeway, Traffic accidents, Accident characteristics analysis*

一、前言

高速公路行車速率快，可有效縮短旅運時間，但也有相對風險，如事故嚴重性較一般道路高，或因事故發生後，其封閉型道路的特性，使車輛無法自由進出或紓解車流，導致旅行時間延長，運送成本增加。有學者研究美國 I-880 號高速公路，其中交通事故占高速公路每日總延滯(Daily Delay)13%以上(Kwon, *et al.*, 2006)。如能有效減少事故發生，將能使高速公路運輸效能提升。因此，防制交通事故一直是公部門努力的目標。根據國道公路警察局統計，我國高速公路 103 年至 107 年全部交通事故件數分別為 23,214 件、26,918 件、31,109 件、31,116 件及 30,371 件，以統計件數比較，有上升之趨勢，考量在道路上車流量之增減，加入百萬車公里之曝光量進行統計，其百萬車公里數值為 30,733、31760.7、33,231.2、33,806.1 及 33,660.4，經過計算後各年度百萬車公里發生之事故件數為 0.7553 件、0.8475 件、0.9361 件、0.9204 件及 0.9022 件，此趨勢在 106 年雖有下降，惟整體仍是提升。

在現場處理交通事故或排除過程中，常發生未抵達派遣事故現場或排除中又發生事故之狀況。從車輛運行之觀念上，交通事故發生後，車流受阻，高速公路單向封閉的系統中，無疑會使行車速率減慢，造成後方車流回堵，道路服務水準降低，回堵車流中之用路人如未注意車前狀況、未保持行車安全距離，或是在受阻的車流中想變換車道，稍不注意，常發生另一件事。因此常有下游路段一件事發生後，上游路段再發生第二件或第三件以上

事故的現象(如圖 1 示意圖)。造成此現象之原因多為瓶頸(Bottleneck)產生後，車流之不穩定度增加，亦可從事故之撞擊型態之追撞，以及肇事因素之未保持行車安全距離得到印證，雖研究指出在高強度執法上對於高速公路車流之穩定度具有一定之效果(陳銘烈等人，1996)，惟在已發生事故之現場再派遣警力執法恐生質疑，且對於現行警力派遣上難以實現。

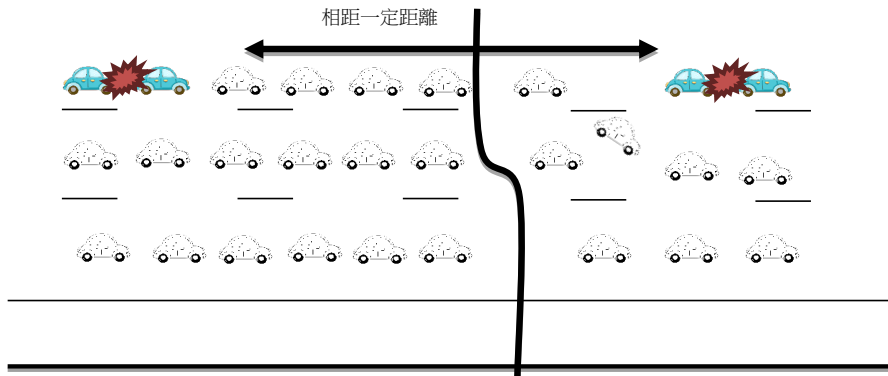


圖1 二次事故示意圖

影響高速公路上車流運作之因素複雜，包含交通系統之人、車、路、環境等。參照臺灣公路容量手冊(Highway Capacity Manual, HCM)對於高速公路基本路段車流特性的敘述，影響高速公路上車流運作之主因有：幾何設計、車流狀況、鋪面狀況、氣候及照明度、事故、道路施工或養護之作業、車流控制及管理之措施(交通部運輸研究所，2011)。事故部分，在高速公路上發生的事故所占時間可能僅有一小部分，但是交通事故所造成之車流衝擊，經常是影響車流運行最鉅的，除了因肇事造成道路容量減少外，在事故排除後，也需要一段時間方能紓解至順暢，且交通事故是隨機發生的事件，將使用路人行駛在高速公路上，產生一種自己是否會經過壅塞路段的不確定感。

交通事故造成當事人的不便與困擾，除產生生命、身體及財產之損失外，其心理壓力及和解賠償等均為社會所需負擔之成本，在一件僅有財損之事故，當事人往往就要負擔十萬元以上之賠償金額，如致人受傷或死亡，賠償金額則可達數百萬元(陳高村、許志誠，2003)，而對於其他用路人而言，在講求高速運行之高速公路上如遇運行速度減慢或行車受阻，更是一種不便。每件交通事故在經濟損失之推估上，如果考量全部受阻之車流，社會成本將更為提升。因此如何防制事故為實務機關及學術界時常探討之問題。與主要事故(Primary Accident)相比，二次事故使交通運行帶來更嚴重的衝擊，經常是導致高速公路延滯(Delay)的主要來源，如能有效預防，可維持道路之服務水準，保護用路人或事故當事人之安全。

二、文獻回顧

本研究以下回顧與評析國內外有關二次事故之研究及防制二次事故之相關文獻。

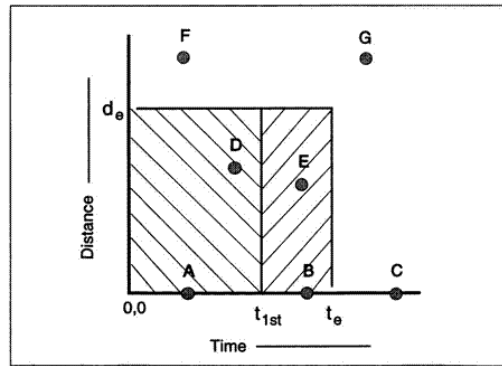
2.1 二次事故之定義與基礎研究

臺灣所稱二次事故，目前在學術文獻及相關管理或執行機關，僅作相關宣導或於部分文獻(楊宗璟等人，2012)中出現，但未針對此類事故進行合適的定義。立法委員黃國書(2017)曾針對國道公路公路警察處理事故過程發生的其他車輛衝撞意外事故，而自行定義⁴，但並未經學術研討或驗證，並與本研究探討的研究議題不符。

回顧國外文獻方面，Raub(1997)曾參考前人的研究，定義二次事故為「在上一事件(Event)發生後，而發生碰撞(Crash)之事故」。並舉一典型範例，駕駛人行經事故現場，因減緩車速觀看，而遭後方未注意之駕駛碰撞之事故。其認為決定二次事故之發生是否受前一件事影響有其困難性，第二件事之發生有可能確實受到初始事件(Initial Event)影響，亦有可能是獨立事件，故其空間及時間之定義極為重要，此二項參數將影響研究二次事故之案件數量。Raub 將初始事件影響之時間訂為 t_e ，初始事件影響的時間為主要事故發生至排除，再加上車流紓解的時間。排除初始事件的時間訂為 t_{1st} (隨每件案件而有不同)。交通流量恢復成原本狀況，以作者之觀察為 15 分鐘。故初始事件影響的時間 $t_e = t_{1st} + 15$ 。也就是說，在主要事故發生至排除後的 15 分鐘內又發生之事故，均為探討的對象(Raub, 1997)。

就空間部分，Raub 認為如果第二件以上之事故發生在相同地點，則受主要事故影響之可能性相當高。至於影響之範圍如何，視當時道路之交通流量而定，Raub 在尖峰時刻實際觀察的影響範圍，大約為 1,600 公尺(1 英哩)；其研究結果指出超過 15% 的事故係起因於前方初始事件。茲以圖 2 說明二次事故之定義，初始事件發生在(0,0)之座標軸上，A 點及 B 點與初始事件發生於相同位置，故可能與初始事件相關；D 點與 E 點發生之時間及距離在前述定義之空間及時間範圍內，故亦可能與初始事件相關；C、F、G 點則因超過範圍，則視為獨立事件。

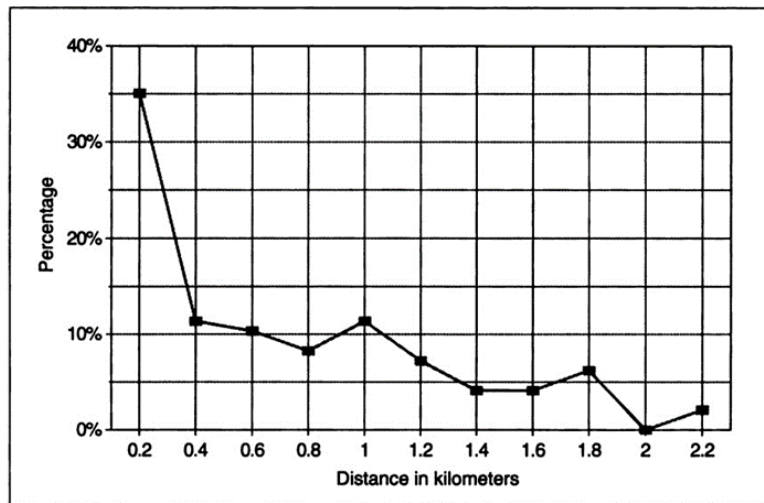
4 黃委員在社群網站論及之二次事故被定義為「在發生交通事故後，由於救援方式的疏忽或當事人的錯誤行為而引起的事故」。從語意及觀念上來看，是因為救援方式或當事人的行為造成事故，未探討車流狀況與本身發生事故之當事人有關，即原發生事故之當事人於二次事故中又再次參與。



資料來源：Raub(1997)。

圖2 二次事故與初始事件之時間 - 距離關係圖

依據 Raub 當時之調查(如圖 3)，超過 33%之二次事故發生在 200 公尺內，大約 2/3 之二次事故發生在 800 公尺內。



資料來源：Raub(1997)。

圖3 二次事故與初始事件之距離比例分配圖

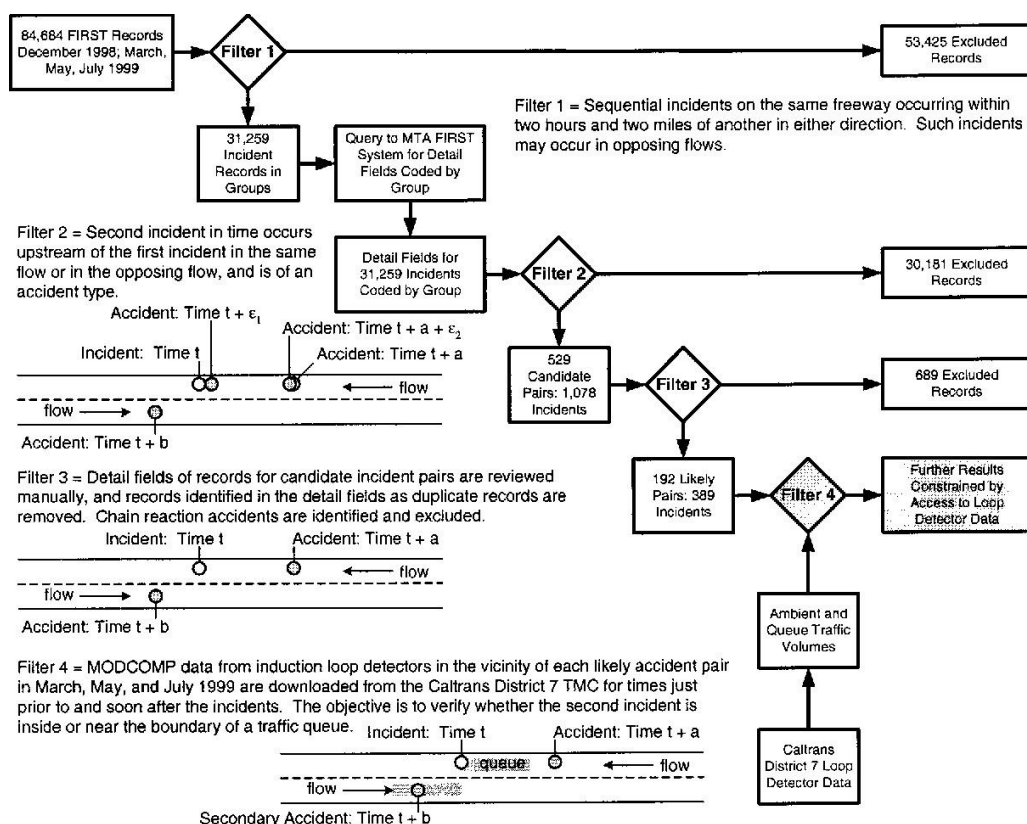
Karlaftis 等人(1999)使用 Raub 的方法，對二次事故採取相同定義，以波爾曼高速公路(Borman Expressway)五年期間之交通事故資料，建立二次事故之羅吉斯迴歸(Logistic Regression)模型，檢驗主要事故造成二次事故發生可能性提升的特徵。研究占用車道時間長短、季節、涉入車輛種類及主要事故發生之車道，影響二次事故發生的可能性。結果顯示，占用道路時間越長發生二次事故的機率越高，一般小型車與半聯結車之事故較可能引發二次事故，週間發生二次事故的機率較週末高，冬季發生二次事故的機率低於其他三季等。

Moore 等人(2004)進一步補充早期研究對於二次事故之定義。Moore 等人認為二次事故會發生是因為產生擁擠之停等車隊(Queue)，因車隊的速度差而發生危害。停等車隊之產生乃是由於公路事件(Incident)，即便是路肩之故障車輛，均可能對雙向交通帶來影響。該研究將二次事故定義為「因初始交通事故或事件(Initial Accident or Incident)，導致道路容量降低而產生之高密度車隊之邊界所生之事故；或與主要事故同向之車輛，因為主要事故造成之等候車流，而發生之事故。」

基於此定義，Moore 等人分析美國加州公路 1998 年 12 月、1999 年 3 月、5 月及 7 月由 FIRST(First Incident Response Service Tracking)所紀錄之初始事件（包含各類交通事件通報）共 84,684 件，利用以下四階段過濾程序來分析資料(如圖 4)：

1. 設定兩事件發生之時間範圍為 2 小時，空間範圍 2 英哩，篩選出 31,259 件。
2. 排除發生於下游之交通事故及非交通事故事件，篩選出 529 件。
3. 分析交通事故調查報告資料，刪除重複事件或連鎖交通事故，篩選出 192 件。
4. 透過當時於公路所安裝之車輛偵測器測得之流量及占有率資料，尋找衝擊波(Shock Wave)所在位置，並比對與二次事故位置之關係，具有此類資料之相應事故 16 件。

Moore 等人(2004)從前述 16 件中，再逐筆分析是否因受阻之車隊造成二次事故，結果顯示，發生於擁擠車隊者的二次事故僅 5 件。另外 Moore 等人(2004)也比較二次事故與連鎖事故(Chain Reaction Accidents)之不同；二次事故是因為初始事故(包含連鎖事故)造成之等候車流或交通擁擠而發生的事故，而連鎖事故是在初始事故後即發生，或之後的幾秒鐘內再與初始事件發生碰撞之事故，與國內所稱二次事故類似。



資料來源：Moore 等人(2004)。

圖4 Moore 等人(2004)分析加州洛杉磯公路二次事故之流程圖

Hirunyanitiwattana 及 Mattingly(2006)的研究，以公路安全資訊系統 (Highway Safety Information System)取得美國加州公路 1999 年至 2000 年之事故資料，比較二次事故與主要事故之時間、道路種類、主要事故碰撞形式、肇因及嚴重程度等不同型態的統計。文中定義二次事故為：主要事故 (Primary Crashes)發生後之 60 分鐘且 2 公里內，在同向車道上非因週期性壅塞或因緊急狀況而生之事故。研究方法為兩母體比例差的假設檢定，分別檢定：都市及鄉村之二次事故比例、每日主要事故與二次事故的時段比例、主要事故與二次事故之嚴重程度、碰撞型態、肇因及道路種類。結果指出在都會區之二次事故發生比例高於鄉村地區，碰撞型態普遍為前後追撞，在流量高或流量尖峰時段之情況下，較易產生二次事故，肇因多為超速。防制的方法為速度管理，或在上游處告知用路人，排除事故之時間長短也是影響二次事故發生的重要因素。

Khattak 等人(2008)的研究則定義二次事故為：公路上同向 1 英里內，受到主要事故影響道路的時間，而發生第二件以上之事故 (如有占用車道，則前述影響道路的時間加 15 分鐘)。研究資料以 2006 年維吉尼亞州 Hampton Roads Area 的高速公路交通事件進行研究，共 38,086 筆事故資料，利用複

迴歸(Multiple Regression)方法，建立事件持續時間與二次事故之關係。其認為因交通事件發生而使道路容量降低，產生的擁擠或等候車流容易引發二次事故，亦可能因駕駛人分心而發生，故排除交通事件即扮演重要之任務。該研究結果顯示初始事件占用道路的持續時間越短，是減少二次事故的重要關鍵。

Zhang(2012)曾進一步研究前述文章，以 2005 年 Hampton Roads area 的高速公路交通事件進行研究，同樣定義二次事故為：因主要事故所引發上游的事故；並發展出以交通參數之動態模擬方式，計算初始事件影響的空間範圍，時間範圍則以實際交通事件占用道路所紀錄的時間。研究得出之結果為事件持續時間、車輛涉入多寡、大型車輛涉入數量、車道占用多寡及交通流量大小與二次事故發生有顯著關係。

Vlahogianni 等人(2012)以神經網路模式進行研究，取得與二次事故相關之變數。資料範圍是 2007 年至 2010 年雅典地區 65.2 公里長之 Attica 公路，紀錄 3,500 筆交通事件。其利用多層感知器(Multi-Layer Perceptrons)推估二次事故發生的可能因素。結果顯示行駛速率、初始事件之持續時間、每小時流量之大小、降雨強度及初始事件的涉入車輛數為影響二次事故的首要因素。其認為辨認出影響二次事故發生可能性的因素，對於發展及執行交通管理策略，以及建設相關硬體設施是非常重要的環。

Yang 等人(2013)則以車輛偵測器取得行車速率，將速率資料以儲存格方式記錄，橫軸為時間，縱軸為里程，繪製全日之速率變化圖，再將事故標記於圖上，藉上下游速率之變化關係，以篩選二次事故。該文章之研究範圍為美國紐澤西付費公路，第五交流道至第九交流道，共 27 英哩之範圍。由於道路之壅擠，並非全然由事故造成，故該研究再以一般交通狀況之速率關係，與發生事故之速率相比較，排除非因事故造成之壅擠，以找出實際因主要事故造成後方回堵，而產生之二次事故。研究結果顯示 8% 之交通事故為二次事故，一半以上之二次事故發生在主要事故上游 2 英哩之範圍，75% 以上之二次事故發生在主要事故發生後的 2 小時內。二次事故之碰撞型態以追撞為主，肇因多為未保持安全距離、駕駛人未注意、變換車道不當等。而大型車發生二次事故之可能性則相對小型車為低。在防制部分，主要事故車輛迅速排除，或提供上游駕駛人前方事故資訊，可降低二次事故發生。

Wang 等人(2016)進一步以交通衝擊波(Shock Wave)的方法研究二次事故。從車輛行駛速率之變化，界定主要事故影響的時空範圍，藉以找出二次事故。資料來源為 2010 年 1 月至 2012 年 12 月加州州際公路之交通事故，共計 49,753 件。該研究定義二次事故為：因為在主要事故影響的範圍下，造成交通狀況改變而引發之事故。參考 Moore (2004)的文獻，說明連鎖事故(Chain Reaction Accident)之發生不是因為擁擠車隊產生而引起，排除連鎖事故之統計。研究方法係以衝擊波範圍過濾法(Shock Wave Boundary Flitering

Method)，以車輛偵測器取得每五分鐘之占有率、平均速率及流量資料，由主要事故產生之衝擊波造成之速率改變，尋找衝擊波之位置及時間，再依據衝擊波的影響決定適合的時空範圍。以此方法之研究結果找出 116 件二次事故，發生二次事故之機率約為 1.08%。惟此採用此研究方法，如果在道路容量已達擁擠狀態，則衝擊波對駕駛人的影響有限，並且在資料取得上亦有困難。

Goodall (2017)則以速率資料探討發生二次事故的機率。其定義二次事故為主要事故發生後，因上游處產生等候車隊而引發之另一件事務。該研究以地區綜合交通資訊系統(Regional Integrated Traffic Information System)整合之交通事故案件及路段之速率資料，研究 2014 年 I-66 公路長 75 英哩之路段，共 2,466 件交通事故。研究方法係將每日分割為 24 個小時標記於橫軸，路段為縱軸，壅塞時段地段及事故發生時間地點標繪在圖上，便可知哪些事故是因主要事故發生後，由於上游處產生等候車隊，而引發之另一件事務。Goodall 將上述方法建立後，將距離主要事故發生的時間及位置以圖形呈現。結果顯示，大部分的二次事故生在 1 英哩及 1 小時內。後以二元羅吉斯迴歸分析，流量及主要事故持續時間為自變數，建立二次事故發生機率之模型，模型顯示在尖峰時段於都市地區的高速公路，每占用 2-3 分鐘即會提升 1% 的發生機率，而在低流率的情形下，則為每占用 5 分鐘，提升 1% 的發生機率。

Yang 等人(2018)以 2006 至 2010 美國舊金山灣區之 I-880 號公路為研究對象，選定 35 英哩範圍，共 8981 件交通事故。利用動態資料研究二次事故，研究方法為二階段(速率圖及衝擊波)篩選。第一階段以車輛偵測器取得在主要事故上下游 10 英哩、6 小時之每 5 分鐘速率資料，標繪在距離-時間關係圖，再將事故標記在速率圖上，便知道是否因為主要事故後，引發速率降低，上游處再發生之交通事故，以及其是否係受主要事故所影響。後再以衝擊波進行第二次篩選，文中定衝擊波速率若 < 0 ，則上游處發生的事故為二次事故，如衝擊波的速率 ≥ 0 ，則表示上游車流未受衝擊波影響，不屬於二次事故。以此方法研究，篩選出 97 件二次事故。該研究以羅吉斯迴歸統計後，顯示主要事故如發生在高流率的狀況下，發生二次事故的機率較高。

2.2 二次事故之防制

Pigman 等人(2011)研究肯塔基州 2009 年 1 月至 2010 年 6 月 9,330 件之交通事故。依據該研究之定義，二次事故為：在非週期性壅塞的情形下，下游事故造成後方車流回堵，而使上游發生第二件之事故。此定義下共有 362 件(3.88%)為二次事故。其認為應在事故發生後立即給予用路人適當之

安全資訊，或提供適當的緊急交通管制，預先警告接近現場之駕駛人，以減少二次事故發生之機率。

Yang 等人(2014)於評估高速公路二次事故的風險研究中提及，防制二次事故的對策是將事故車輛儘速排除，事故占用車道每增加 1 分鐘，即會使二次事故發生的機率增加 1.2%。因事故救援而封閉車道亦會增加二次事故發生的機率。根據該研究統計，封閉 2 車道以上發生二次事故的機率，為封閉單一車道的 4.81 倍。

Yang 等人(2017)曾研究如何以車聯網(Connected Vehicles)降低二次事故風險。配備有車聯網的汽車，可以主動傳輸及分享前方事故資訊給予同樣配有車聯網之汽車，使駕駛人行經事故前，能夠及時獲得道路資訊、狀態等，提高警覺，達到降低二次事故發生風險的目標。運用車載網路(Vehicular Ad-Hoc Network)技術，車輛以專用短程通信(Dedicated Short Range Communications)廣播互聯，透過收發器及轉播器分享資訊，提供 360 度狀況感知，提醒駕駛面對不正常車流及交通狀況時，有更高警覺心。其作用方法為：下游處有交通事故發生，車聯網偵測後，便會開始發送安全警示資訊及事故位置給予周圍車輛。該研究以美國 I-264 號公路 4 英哩之路段(同向 3 車道之主線路段)為研究範圍，採微觀車流模擬(不同車流量、隨機且互異的駕駛行為、裝設車聯網車輛的比例等)方式進行分析，事故模擬在 2.4 英哩處， $t = 25$ 分時發生交通事故，占用中線車道 21 分鐘， $t = 46$ 分鐘時排除。研究結果顯示，流量越大產生的衝突越多，與常理及交通理論吻合，而在裝設車聯網部分，裝設比例越高，產生的衝突隨之下降，尤其在高流率的情形下，衝突的降幅呈現穩定下降趨勢。

2.3 綜合評析

本研究綜合評析前述文獻如下：

1. 國外學者對於二次事故的研究主要分為兩個部份，第一部分為探究二次事故的定義，第二部分為利用不同事件、交通量及道路幾何設計，推估二次事故發生可能性之模型。
2. 國外對於二次事故之研究自 1997 年起由靜態(Static)或固定(Fixed)的時間及空間的分配，至近年來以車輛偵測器、衝擊波或交通資訊服務網取得動態(Dynamic)研究資料，進行二次事故之找尋及分析；不同文獻對於二次事故有不同的時空或篩選定義，故產生之二次事故件數及比例不盡相同。

- 3.目前國內很少探討二次事故的研究，可參酌前述國外有關二次事故文獻，輔以我國國道交通事故資料，進一步研究我國二次事故（如高速公路）之特性。
- 4.二次事故防制部分，文獻指出以可變資訊標誌或訊息傳達等方式告知用路人下游車流狀況、特殊事故或改道資訊，提醒用路人保持警覺，可降低二次事故發生之機率，另外，裝設車聯網可有效降低二次事故發生之風險。

三、二次事故篩選方法與統計

本小節說明本研究對高速公路二次事故之定義，並以此定義篩選研究範圍內之交通事故案件，以及統計事故相關特性以探討二次事故與主要事故之關係。本研究的空間研究範圍為國道一號楊梅至頭份路段(69K至110K)南北雙向，時間研究範圍為2014年至2018年（共5年），事故類型包括全般交通事故（即A1, A2及A3事故）。

3.1 二次事故之定義

由國外相關文獻顯示，有以靜態方法為門檻者，亦有以動態方法為門檻者，兩者差異在於主要事故影響後方車流的時間、空間，不同的範圍，得到的結果自然不同。因此，欲研究二次事故，首先必須對二次事故進行適當定義，方能從事故資料篩選出所欲研究之目標。

基於前述研究限制及研究能量，影響道路之時間採取交通事故發生至排除之時間，距離則參考相關文獻，以交通事故平均造成回堵之長度進行估算，再綜合國外文獻後，本研究定義二次事故為「同向上游處3公里且30分鐘內發生之第二件以上交通事故」。採取範圍的界定方式的構想與資料，分別說明如下：

1.時間影響範圍部分

交通事故發生造成上游車流影響之時間範圍，本研究採取平均占用道路時間作為依據。占用道路時間，就是事故發生道排除的時間。現行國道之交通事故處理，係各公路警察大隊之勤務指揮中心接獲通報後，派遣所屬分隊員警至現場處理，員警抵達現場回報後，再予以管制、測繪、排除。以第二公路警察大隊為例，交通事故發生經通報後，派遣距離事故位置最近之巡邏車前往事故現場，此處所指最近之巡邏車為順向前往事故地點上游處，距離最短之巡邏車。員警抵達現場後，依據國道公路警察局之交通事故現場處理作業規定處理，並於排除後通報勤務指

揮中心做成紀錄，將事故當事人帶往安全處所進行資料填寫、筆錄製作及相關說明等。

在交通事故排除前，占用道路時間之長短係影響後方車流之重要因素。本研究將以「排除時間」與「發生時間」的差，作為「占用道路時間」之依據。以 108 年 9 月份楊梅至頭份路段全部 243 件交通事故之發生至排除時間為例統計，排除交流道及服務區發生之事故，或紀錄不完備之案件，共有 198 件做為樣本，其平均值為 22.7 分鐘，中位數為 17 分鐘，最大值為 243 分鐘，最小值為 1 分鐘，標準差 24.2，變異數為 589.3。

2. 空間影響範圍部分

鄒啟俊(2014)曾探討交通事故影響之空間計算方式，經以國道佈設之車輛偵測器(Vehicle Detector, VD)所得的速率資料，進行等候車隊位置的研判。該研究以國道五號之交通事故為研究對象，建立車隊等候長度判定準則，以估計準確的車隊到達位置，在判定車隊等候長度的過程中，針對事故地點上游的 VD 進行分析，當其 VD 資料達到特定條件時，則進一步擷取更上游之 VD 進行研究。該研究發現，車隊等候長度資料分佈主要在 4,000m 以下，如果車隊等候長度大於 4,000m，資料便會剔除，事實上如果在車流量很大的情形之下，車隊長度很有可能超過 4,000m，其進行分析之事故車隊等候長度，大都集中在 1,500m 以下，只有少部分的資料在 1,500m 至 4,000m 之間。另外，部分資料之車隊等候長度非常趨近於 0。該研究認為，部分事故資料發生在夜間時段，事故路段雖然受到影響，但由於車流量不大的狀況下，其形成之車隊等候長度也因此不長，因而有長度低的狀況。該研究所觀察到日間最大之車隊等候長度為 3,530m，夜間最大之車隊等候長度為 2,347m，日夜間交通事故車隊等候長度之最大值雖有明顯差異，但以平均值來看，日間之平均車隊等候長度為 928m，夜間之平均車隊等候長度為 743m，兩者之間僅有 200m 左右的差異。

本研究採取前述文獻之方法，以 108 年 9 月之交通事故造成車流回堵之距離長度進行統計，刪除事故發生前已產生回堵之案件，排除交流道、服務區及事故資料不完備之資料後，以 VD 記錄之行駛速率資料為基礎，將事故發生前車速達每小時 90 公里以上之案件篩選，共 104 件，再以 VD 找尋事故回堵之末端，即車速未達每小時 90 公里以上之位置，並計算長度。統計結果如下：樣本數為 104 件，其平均值為 3.17 公里，最大值為 10.5 公里，最小值為 0 公里，標準差 3.14，變異數為 9.88。

經進一步以實際交通事故資料呈現的特性，考量以交通事故發生後，影響同向車流上游路段時間及距離長度之平均值為二次事故發生的範圍。其中時間之平均為 22.7 分鐘，中位數為 17 分鐘，再考量車流從回

堵狀態至紓解順暢，故將時間範圍擴大取 30 分鐘。空間部分，平均值為 3.17 公里，中位數為 2.95 公里，考量有較大之離群值，並參考國外文獻，距離範圍乃採取 3 公里。因此，本研究範圍之二次事故將定義為「同向上游處 3 公里且 30 分鐘內發生之第二件以上交通事故為研究範圍」。

3.2 二次事故的篩選結果

本研究將服務區、交流道及匝道的事故排除，只考慮事故位置在內側車道、中線車道、外側車道、爬坡車道、加速車道、減速車道、輔助車道及路肩等進行統計。扣除前列非屬主線之事故共 8,704 件，南向為 4,891 件，北向為 3,813 件（如表 1 所示）。依據前述二次事故之定義，篩選後之各項特性如下：

1. 共計二次事故 654 件，比例為 7.51%，南向為 380 件，北向為 274 件。
2. 事故類型為追撞者為 564 件，南向為 331 件，北向為 233 件；同向擦撞者 55 件，南向為 33 件，北向為 22 件。
3. 肇事車種部分，二次事故涉入車種為小型車與小型車碰撞者為 562 件，南向為 332 件，北向為 230 件；小型車與大型車碰撞者為 60 件，南向為 37 件，北向為 23 件；大型車與大型車碰撞者為 9 件，均位於北向。
4. 肇事位置部分，二次事故發生在內側車道者為 368 件，南向為 189 件，北向為 179 件；中線車道者 125 件，南向為 79 件，北向為 46 件；外側車道者為 117 件，南向為 81 件，北向為 36 件；加減速車道者為 12 件，南向為 4 件，北向為 8 件；爬坡車道者為 1 件，發生於北向；路肩者為 25 件，南向為 21 件，北向為 4 件。
5. 時段部分，二次事故發生於日間者(6~18 時)為 461 件，南向為 261 件，北向為 200 件；發生於夜間者(18~隔日 6 時)為 193 件，南向為 119 件，北向為 74 件。

表 1 二次事故統計表

方向	所有交通事故 (件)	二次事故 (件)	比例
南	4,891	380	7.77%
北	3,813	274	7.19%
總和	8,704	654	7.51%

四、高速公路二次事故特性分析

本研究探討二次事故碰撞時空特性、碰撞型態、車種、位置、地點、時間及嚴重性分析，並以兩母體比例差的 z 檢定分析比較二次事故與主要事故相關特性之比例是否有顯著差別。

4.1 二次事故之時空分析

本研究參考 Raub(1997)之文獻，將二次事故與主要事故的時間及距離之差以 0.2 公里及 2 分鐘做為分組，進行案件數的比較，繪製如圖 5 及圖 6。圖 5 以二次事故距離主要事故之上游公里數為橫軸，件數為縱軸，在距離主要事故 0.2 公里內發生之件數為 251 件，0.2 至 0.4 公里為 52 件，0.4 至 0.6 公里為 52 件，0.6 至 0.8 公里為 33 件.....等，至相距 3 公里為 23 件。最集中之距離為 0.2 公里以內之範圍，占 38.4%，次多為 0.2 至 0.4 公里及 0.4 至 0.6 公里均占 8%。圖 6 以二次事故距離主要事故之時間為橫軸，件數為縱軸，2 分鐘內發生二次事故之件數為 178 件，2 分鐘至 4 分鐘為 42 件，4 分鐘至 6 分鐘為 75 件，6 分鐘至 8 分鐘為 36 件等等，一直至相距 30 分鐘時為 33 件。最集中之時間為 2 分鐘內，占 28.1%，次多為 4 至 6 分鐘，占 11.5%。

由此兩圖可以發現，隨著與主要事故發生之距離變遠及相隔的時間變長，二次事故案件量有下降的趨勢。在 200 公尺、2 分鐘內發生的二次事故比例較其他區間高，就安全性的考量上，此區間的二次事故可能造成現場作業人員及主要事故當事人的危害。而超過此範圍之比例雖大幅下降，惟在勤務派遣上亦有相當程度之困難，進而使事故車輛占用時間延長，影響道路服務水準。

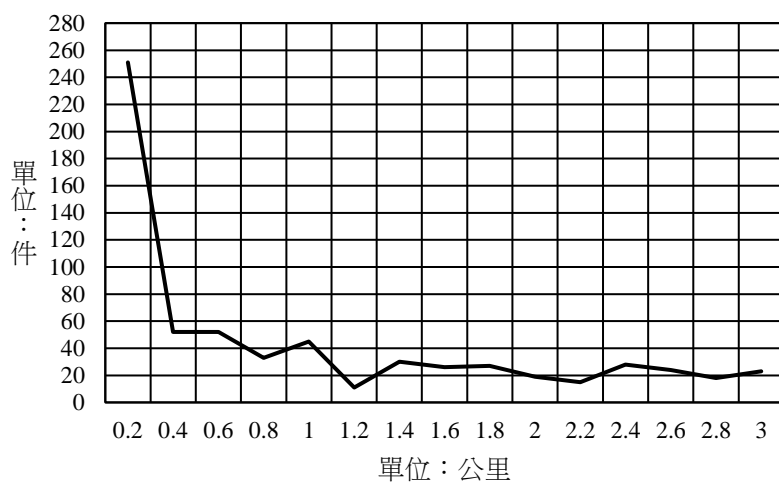


圖5 主要事故之距離差與二次事故件數關係圖

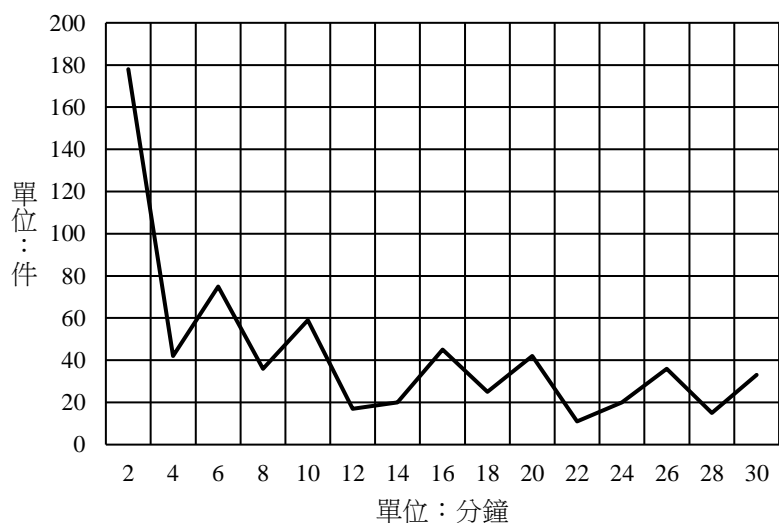


圖6 主要事故之時間差與二次事故件數關係圖

4.2 二次事故之碰撞型態分析

在高速公路上發生交通事故後，上游車輛可能因駕駛人分心、未保持安全距離而撞擊前車，或為了閃避因事故停在車道上之車輛而有變換車道之行為，在變換車道之際產生之擦撞，亦有可能因前述原因而操作不當致撞護

欄。故可能之碰撞形式為追撞、同向擦撞或撞護欄。因此，為比較二次事故之碰撞型態，本研究將追撞、同向擦撞、撞護欄及其他類型(如撞擊散落物或其他設施等)之案件進行統計，並將南北雙向分別計算如表 2。由統計表中可知，追撞占整體二次事故之比例高達 86.2%，同向擦撞則為 8.4%，追撞之碰撞型態為最大宗。南向發生追撞及同向擦撞之比例高於北向，此兩類主要之碰撞型態南向均較北向為高。

表 2 二次事故碰撞型態統計表

碰撞型態	南向	北向	總計
追撞	331(50.6%)	233(35.6%)	564(86.2%)
同向擦撞	33(5%)	22(3.4%)	55(8.4%)
撞護欄	3(0.5%)	7(1.1%)	10(1.6%)
其他	14(2.1%)	11(1.7%)	25(3.8%)

以兩母體比例差的統計推論，檢定主要事故與二次事故各類碰撞型態比例是否有顯著差異，以檢定之信賴水準為 95% ($\alpha = 0.05$) 統計分析，結果如表 3。虛無假設為主要事故與二次事故之各類碰撞型態比例相同，對立假設為比例有差異。計算之結果均為拒絕虛無假設，即主要事故與二次事故的各類碰撞型態比例有顯著差異。從統計的結果可以進一步推論，應對於造成追撞的肇因加強防制，如加強取締未保持安全距離，或加強宣導注意車前狀態，駕駛時應專心勿做其他事等。

表 3 主要事故與二次事故之各類碰撞型態比例及其檢定結果

碰撞型態	主要事故%	二次事故%	檢定結果
追撞	68.0	86.2	拒絕 H_0
同向擦撞	15.9	8.4	拒絕 H_0
撞護欄	3.4	1.6	拒絕 H_0
其他	12.7	3.8	拒絕 H_0

H_0 : 主要事故與二次事故之碰撞型態比例相同

4.3 二次事故之車種分析

為比較涉入車種之二次事故案件數量，本研究將大貨車、大客車、全聯結車及半聯結車等歸類為大型車，小客車及小貨車等列為小型車。在高速公路行駛之車輛有小客車、小貨車、大客車、大貨車及聯結車等主要類型，若車輛細分成上述 5 車種，資料取得不易，所以本研究僅將車輛劃分為小車及大車 2 類。以前述方法進行分類，並將南北雙向分別計算，如表 4。小型車與大型車碰撞之比例占了大多數，比例為 86%，其次為小型車與大型車之二次事故，占 9.2%。整體而言，南向之小型車二次事故高於北向。

表 4 二次事故車種統計表

涉入車種	南向	北向	總計
小車-小車	332(50.8%)	230(35.2%)	562(86%)
小車-大車	37(5.7%)	23(3.5%)	60(9.2%)
大車-大車	0(0%)	9(1.4%)	9(1.4%)
小車-其他	15(2.3%)	8(1.2%)	23(3.5%)
大車-其他	0(0%)	0(0%)	0(0%)

以兩母體比例差的統計推論，檢定主要事故與二次事故各類涉入車種比例是否有顯著差異，以檢定之信賴水準為 95% ($\alpha=0.05$) 統計分析，結果如表 5。虛無假設為主要事故與二次事故之各類涉入車種比例相同，對立假設為比例有差異。統計之結果除了大車與大車之碰撞以外，其餘均為拒絕虛無假設。從統計的結果顯示，小型車發生二次事故的比例較大型車高出許多，可針對小型車加強安全宣導，或提供適當道路資訊，保持安全距離等。

表 5 主要事故與二次事故之各類涉入車種比例及其檢定結果

涉入車種	主要事故%	二次事故%	檢定結果
小車-小車	72.9	86	拒絕 H_0
小車-大車	15.5	9.2	拒絕 H_0
大車-大車	2.5	1.4	無法拒絕 H_0
小車-其他	8.4	3.5	拒絕 H_0

涉入車種	主要事故%	二次事故%	檢定結果
大車-其他	0.7	0	拒絕 H_0

H_0 : 主要事故與二次事故之涉入車種比例相同

4.4 二次事故之位置分析

為比較二次事故發生之位置，本研究將高速公路可能發生二次事故之位置分為內側車道、中線車道、外側車道、加減速車道、爬坡車道及路肩，並將南北雙向分別計算，如表 6 所示。由統計表可發現內側車道之二次事故比例占 56.3% 為最高，其次為中線車道，占 19.1%，再其次為外側車道，占 17.9%。將內側、中線及外側車道之二次事故相加，比例高達 93.3%。

以兩母體比例差的統計推論，檢定主要事故與二次事故各發生位置比例是否有顯著差異，以檢定之信賴水準為 95% ($\alpha=0.05$) 統計分析，結果如表 7。虛無假設為主要事故與二次事故之各類發生位置比例相同，對立假設為比例有差異。結果顯示，發生在內側車道及外側車道的比例有顯著的差異，其餘則無顯著差異。

表 6 二次事故發生位置統計表

發生位置	南向	北向	總計
內側車道	189(28.9%)	179(27.4%)	368(56.3%)
中線車道	79(12.1%)	46(7%)	125(19.1%)
外側車道	81(12.4%)	36(5.5%)	117(17.9%)
加減速車道	4(0.6%)	8(1.2%)	12(1.8%)
爬坡車道	0(0%)	1(0.1%)	1(0.1%)
路肩	21(3.2%)	4(0.6%)	25(3.8%)
其他	4(0.6%)	2(0.3%)	6(0.9%)

4.5 二次事故之時間分析

為比較不同時段發生二次事故之情形，本研究將事故發生時段依據自然光及夜間視線而分為深夜、上午、下午及初夜(分別是 0 時至 6 時、6 時至 12 時、12 時至 18 時及 18 時至 24 時)等四時段，並將南北雙向分別計算。以表 8 之統計結果顯示，南向 6 時至 12 時發生 184 件為最多，占 28.1%，南向 18 時至 24 時發生 108 件，占 16.5% 次之，北向 12 時至 18 時發生 106 件，占 16.2% 再次之。總體而言，日間發生之比例 70.6% 較夜間 29.4% 為高。

表 7 主要事故與二次事故之各類發生位置比例及其檢定結果

發生位置	主要事故%	二次事故%	兩母體比例差的假設檢定結果
內側車道	45	56.3	拒絕 H_0
中線車道	21.1	19.1	無法拒絕 H_0
外側車道	26.3	17.9	拒絕 H_0
加減速車道	2.8	1.8	無法拒絕 H_0
爬坡車道	0.3	0.1	無法拒絕 H_0
路肩	4.1	3.8	無法拒絕 H_0
其他	0.3	0.9	無法拒絕 H_0

H_0 : 主要事故與二次事故之發生位置比例相同

表 8 二次事故發生時間統計表

發生時間		南向	北向	總計
夜間	00 時至 06 時	11(1.7%)	4(0.6%)	15(2.3%)
日間	06 時至 12 時	184(28.1%)	95(14.5%)	279(42.6%)
	12 時至 18 時	77(11.8%)	106(16.2%)	183(28%)
夜間	18 時至 24 時	108(16.5%)	69(10.6%)	177(27.1%)

以兩母體比例差的統計推論，檢定主要事故與二次事故各發生時段的比例是否有顯著差異，以檢定之信賴水準為 95% ($\alpha=0.05$) 統計分析，結果如表 9。虛無假設為主要事故與二次事故各發生時段比例相同，對立假設為有差異。計算結果為 00 時至 06 時及 06 時至 12 時拒絕虛無假設，其比例有差異，12 時至 18 時及 18 時至 24 時則無法拒絕虛無假設，其比例沒有差異。

表 9 主要事故與二次事故之發生時段比例及其檢定結果

時段	主要事故%	二次事故%	兩母體比例差的假設 檢定結果
00 時至 06 時	5.5	2.3	拒絕 H_0
06 時至 12 時	37.8	42.7	拒絕 H_0
12 時至 18 時	31.2	28	無法拒絕 H_0
18 時至 24 時	25.5	27.1	無法拒絕 H_0

H_0 : 主要事故與二次事故之發生時段比例相同

4.6 二次事故之地點分析

事故地點部分，本研究將地點分為兩種分類方法比較分析，分別為每公里為區間及交流道入口至出口為範圍，並將南北雙向分別計算。

1. 以每公里為範圍統計：

以每公里為範圍，藉以分析一公里內的二次事故發生案件數，探討發生地點之分配，其統計表如表 10，並將其分別繪製分配圖如圖 7 至圖 9。

其中，南向部分以 87 至 88 公里發生 60 件為最多，其次為 97 至 98 公里發生 26 件次之，70 至 71 公里發生 24 件再次之。北向部分則以 87 至 88 公里發生 53 件最多，92 至 93 公里發生 24 件次之，91 至 92 公里發生 21 件再次之。總計則以 87 至 88 公里發生 113 件最多，91 至 92 公里、93 至 94 公里及 97 至 98 公里發生 31 件次之，70 至 71 公里、88 至 89 公里及 92 至 93 公里發生 27 件再次之。

中山高速公路楊梅路段二次事故特性分析

表 10 二次事故發生地點統計表(依每公里)

發生地點	南向	北向	總計	發生地點	南向	北向	總計
69-70	0	0	0	90-91	19	7	26
70-71	24	3	27	91-92	10	21	31
71-72	8	6	14	92-93	3	24	27
72-73	8	4	12	93-94	14	17	31
73-74	1	0	1	94-95	3	20	23
74-75	6	2	8	95-96	5	11	16
75-76	7	3	10	96-97	11	5	16
76-77	8	3	11	97-98	26	5	31
77-78	11	4	15	98-99	2	7	9
78-79	9	3	12	99-100	2	2	4
79-80	21	3	24	100-101	4	0	4
80-81	13	1	14	101-102	1	5	6
81-82	14	1	15	102-103	0	5	5
82-83	14	3	17	103-104	0	2	2
83-84	5	7	12	104-105	1	0	1
84-85	10	7	17	105-106	1	0	1
85-86	7	10	17	106-107	0	0	0
86-87	17	3	20	107-108	1	2	3
87-88	60	53	113	108-109	2	1	3
88-89	20	7	27	109-110	1	3	4
89-90	11	14	25	110-111	0	0	0

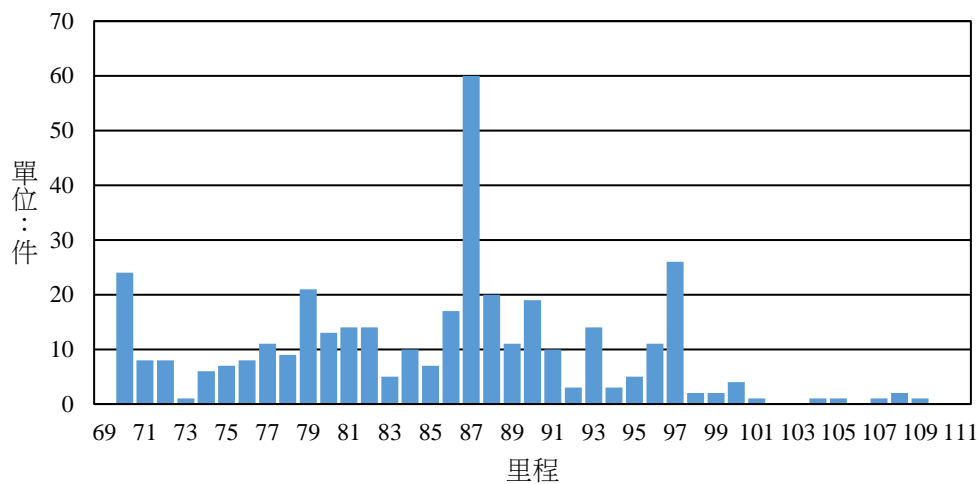


圖7 二次事故發生地點統計圖(南向)

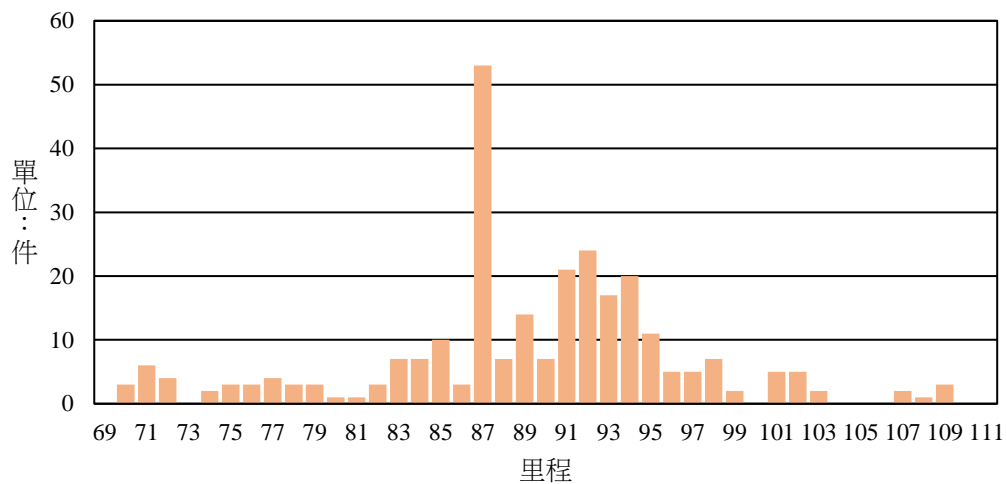


圖8 二次事故發生地點統計圖(北向)

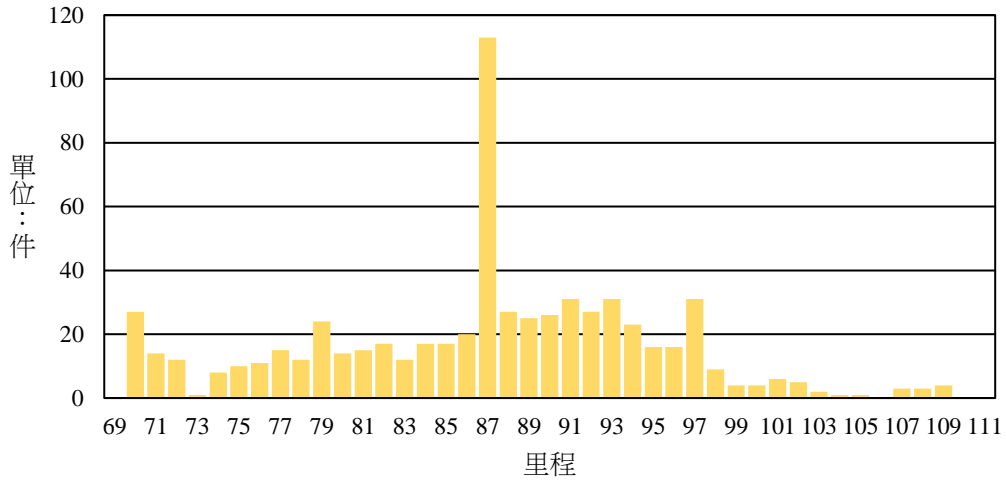


圖9 二次事故發生地點統計圖(總計)

87 至 88 公里路段則高於其他路段甚多，依實務經驗判斷，可能原因為該路段之線型或道路設計。該路段為新竹縣國道一號鳳山溪橋，位於湖口服務區入口至 88K 電子收費門架之間，為一下坡路段。因發生之因素所涉層面甚廣，包含人、車、路及環境等要件，超過本研究之研究範圍，在此不加以敘述。惟此種事故情形，可供執法單位作為執法地點之依據，或勤務佈署之參考，分別設置警力於鄰近地點之安全處所，以利執法或事故排除，維護高速公路安全。

2.以交流道為範圍統計：

本研究之研究範圍計有楊梅、湖口、湖口服務區、竹北、新竹、新竹系統及頭份等交流道，以各交流道為範圍進行二次事故統計如表 11，並將其分別以南北向及總計，繪製分配圖如圖 10 至圖 12。由這些圖表可發現，南向以楊梅至湖口發生 144 件為最多，湖口服務區至竹北發生 127 件次之；北向以湖口服務區至竹北發生 84 件最多，竹北至新竹發生 82 件次之；總計以湖口服務區至竹北發生 211 件最多，楊梅至湖口發生 180 件次之。另可發現研究範圍內之交流道位置，以湖口至新竹系統路段較為集中，楊梅及頭份二交流道分別位於端點處，距離下一交流道均超過 10 公里，事故發生在這樣的環境下，需要較長的時間才能抵達排除，對道路的影響可能較久。例如：楊梅至湖口路段在南向之二次事故發生件數最高，北向則為新竹至湖口服務區，在警力運用上，須對此路段加強佈署。

表 11 二次事故發生地點統計表(依交流道)

發生地點	南向	北向	總計
楊梅至湖口(69K-83K)	144	36	180
湖口至服務區(83K-86K)	22	24	46
服務區至竹北(86K-91K)	127	84	211
竹北至新竹(91K-95K)	30	82	112
新竹至新竹系統(95K-99K)	44	28	72
新竹系統至頭份(99K-110K)	13	20	33

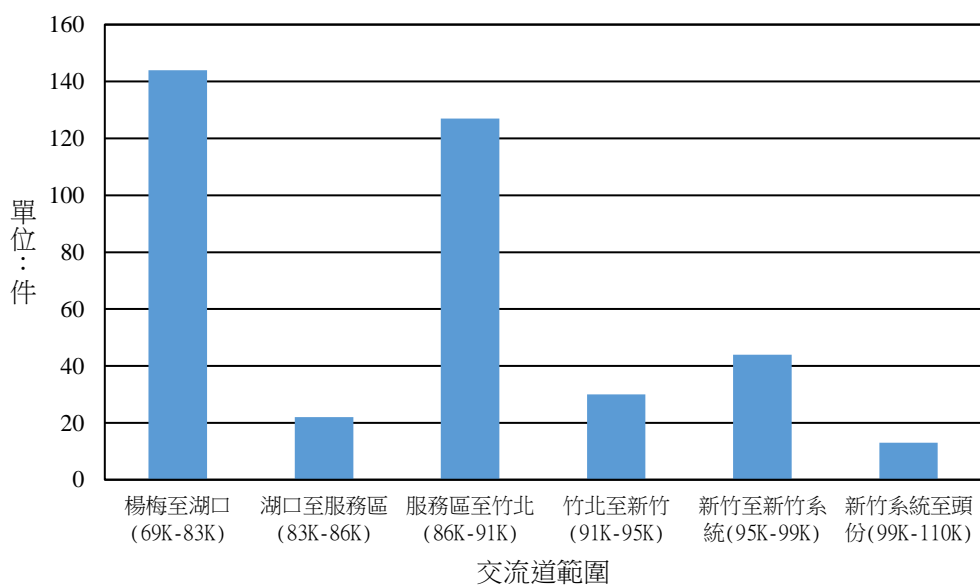


圖 10 二次事故發生地點統計圖(南向、以交流道為範圍)

中山高速公路楊梅路段二次事故特性分析

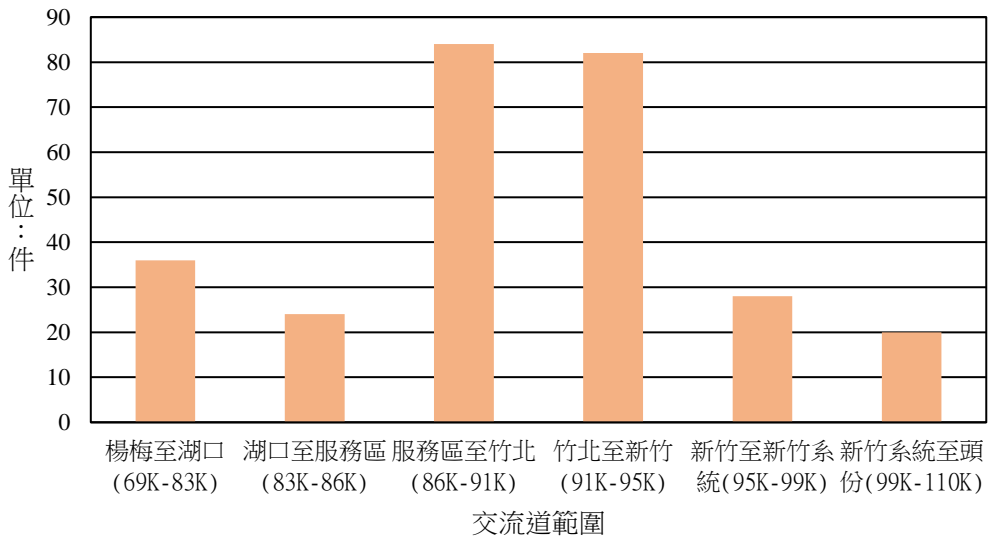


圖11 二次事故發生地點統計圖(北向、以交流道為範圍)

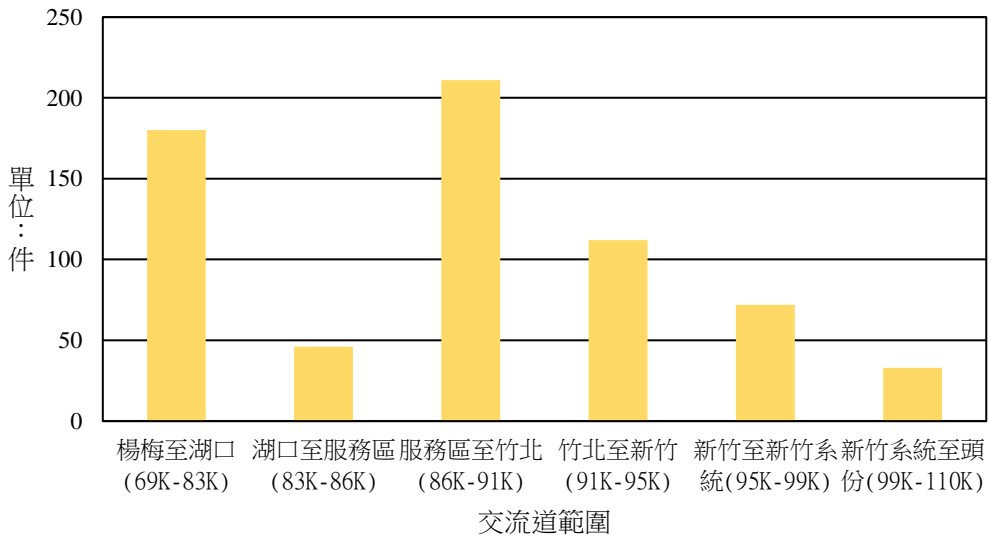


圖12 二次事故發生地點統計圖(總計、以交流道為範圍)

3. 以兩母體比例差的統計推論檢定

以兩母體比例差的統計推論，檢定主要事故與二次事故發生地點的比例是否有顯著差異，以檢定之信賴水準為 95% ($\alpha=0.05$) 統計分析，分

別依每公里里程及交流道交界檢定，結果如表 12 及表 13。虛無假設為主要事故與二次事故之各類發生地點比例相同，對立假設為有差異。

表 12 主要事故與二次事故之每公里里程發生的比例及其檢定結果

發生地點	主要事故%	二次事故%	兩母體比例差的假設檢定結果
69-70	0.61	0.00	拒絕 H_0
70-71	3.58	4.13	無法拒絕 H_0
71-72	2.79	2.14	無法拒絕 H_0
72-73	1.59	1.83	無法拒絕 H_0
73-74	1.24	0.15	拒絕 H_0
74-75	1.55	1.22	無法拒絕 H_0
75-76	1.40	1.53	無法拒絕 H_0
76-77	2.23	1.68	無法拒絕 H_0
77-78	1.86	2.29	無法拒絕 H_0
78-79	1.19	1.83	無法拒絕 H_0
79-80	2.30	3.67	拒絕 H_0
80-81	1.96	2.14	無法拒絕 H_0
81-82	2.25	2.29	無法拒絕 H_0
82-83	3.01	2.60	無法拒絕 H_0
83-84	2.56	1.83	無法拒絕 H_0
84-85	3.47	2.60	無法拒絕 H_0
85-86	3.08	2.60	無法拒絕 H_0
86-87	3.61	3.06	無法拒絕 H_0
87-88	10.26	17.28	拒絕 H_0
88-89	3.61	4.13	無法拒絕 H_0
89-90	2.28	3.82	拒絕 H_0
90-91	4.08	3.98	無法拒絕 H_0
91-92	5.76	4.74	無法拒絕 H_0
92-93	5.45	4.13	無法拒絕 H_0
93-94	4.66	4.74	無法拒絕 H_0
94-95	3.36	3.52	無法拒絕 H_0
95-96	2.69	2.45	無法拒絕 H_0
96-97	1.74	2.45	無法拒絕 H_0
97-98	4.19	4.74	無法拒絕 H_0
98-99	2.10	1.38	無法拒絕 H_0
99-100	1.14	0.61	無法拒絕 H_0
100-101	1.08	0.61	無法拒絕 H_0
101-102	0.80	0.92	無法拒絕 H_0
102-103	0.96	0.76	無法拒絕 H_0
103-104	0.68	0.31	無法拒絕 H_0

中山高速公路楊梅路段二次事故特性分析

發生地點	主要事故%	二次事故%	兩母體比例差的假設檢定結果
104-105	0.72	0.15	無法拒絕 H_0
105-106	0.61	0.15	無法拒絕 H_0
106-107	0.83	0.00	拒絕 H_0
107-108	0.77	0.46	無法拒絕 H_0
108-109	0.61	0.46	無法拒絕 H_0
109-110	1.19	0.61	無法拒絕 H_0
110-111	0.15	0.00	無法拒絕 H_0

H_0 : 主要事故與二次事故之每公里里程發生比例相同

表 13 主要事故與二次事故之各路段發生比例及其檢定結果

發生地點	主要事故(%)	二次事故(%)	兩母體比例差的假設檢定結果
楊梅至湖口 (69K-83K)	27.6	27.5	無法拒絕 H_0
湖口至服務區 (83K-86K)	9.1	7.0	無法拒絕 H_0
服務區至竹北 (86K-91K)	23.8	32.3	拒絕 H_0
竹北至新竹 (91K-95K)	19.2	17.1	無法拒絕 H_0
新竹至新竹系統 (95K-99K)	10.7	11.0	無法拒絕 H_0
新竹系統至頭份 (99K-110K)	9.5	5.0	拒絕 H_0

H_0 : 主要事故與二次事故之各路段發生比例相同

用每公里的方式分界，69 公里至 70 公里、73 公里至 74 公里、79 公里至 80 公里、87 公里至 88 公里、89 公里至 90 公里及 106 公里至 107 公里的主要事故與二次事故之母體比例有顯著差異，其餘則無。以交流道分界則是湖口服務區至竹北及新竹系統至頭份有顯著差異，其餘路段則無，統計之結果可供實務機關做為勤務佈署之參考。

4.7 二次事故之嚴重性分析

為比較二次事故發生之嚴重性，本研究依據交通事故處理規範之分類，將二次事故分為 A1、A2 及 A3 三個類別。如表 14 所示，南向發生 A1 事故 1 件，A2 事故 6 件，A3 事故 373 件，北向發生 A1 事故 0 件，A2 事故 0 件，A3 事故 274 件。整體而言，二次事故絕大部分為 A3 事故，A1 的比例為 0.15%，A2 的比例為 0.92%，均未達百分之一。

表 14 二次事故嚴重性統計表

肇事嚴重性	南向	北向	總計
A1	1	0	1
A2	6	0	6
A3	373	274	647

以兩母體比例差的統計推論，檢定主要事故與二次事故肇事嚴重性的比例是否有顯著差異，以檢定之信賴水準為 95% ($\alpha=0.05$) 統計分析，結果如表 15。虛無假設為主要事故與二次事故的肇事嚴重性比例相同，對立假設為有差異。計算結果為 A1 的比例無法拒絕虛無假設，兩者比例沒有差異，A2 及 A3 的比例拒絕虛無假設，有顯著差異。

表 15 主要事故與二次事故肇事嚴重性之比例及其檢定結果

肇事嚴重性	主要事故%	二次事故%	兩母體比例差的 假設檢定結果
A1	0.2	0.2	無法拒絕 H_0
A2	3.4	0.9	拒絕 H_0
A3	96.4	98.9	拒絕 H_0

H_0 : 主要事故與二次事故之肇事嚴重性比例相同

五、結論與建議

本研究之研究重點在於二次事故之特性分析，因為國內幾無相關的研究，故屬於初期的探討階段，雖基於實務工作經驗與目前管理措施、科技而大膽提出改善對策，希望是獲得拋磚引玉的效果。以下乃綜合提出結論與建議事項。

5.1 結論

1. 本研究以 103 年至 107 年國道公路警察局第二公路警察大隊楊梅分隊轄線(國道一號楊梅至頭份路段)之交通事故資料進行研究，二次事故之特性如下：
 - (1) 在高速公路之下游發生事故後，上游處 30 分鐘且 3 公里內第二件以上之交通事故占總事故之 7.51%。二次事故發生機率會隨著與主要事故之距離及時間接近而增加。簡言之，主要事故發生後不久，上游處越接近事故現場之路段越容易發生二次事故。
 - (2) 高速公路發生交通事故之碰撞型態較常見為追撞及同向擦撞事故，以本研究篩選之二次事故中，追撞占 86.2% 比例最高，其餘碰撞型態均未達 10%。二次事故之涉入車種則以小型車占比 86%，較大型車高，大型車涉入部分僅 10.6%。二次事故發生位置以內側車道之二次事故比例占 56.3% 最高，其次為中線車道，占 19.1%，再其次為外側車道，占 17.9%。
 - (3) 二次事故發生之位置呈現部分區域集中之現象，以 87 至 88 公里發生 113 件最多，91 至 92 公里、93 至 94 公里及 97 至 98 公里發生 31 件次之，70 至 71 公里、88 至 89 公里及 92 至 93 公里發生 27 件再次之。發生時段部分，以南向 6 時至 12 時發生 184 件為最多，占 28.1%，其次為南向 18 時至 24 時發生 108 件，占 16.5%，北向 12 時至 18 時發生 106 件占 16.2% 再次之，總體而言，日間發生之比例較夜間高。由主要事故引發之二次事故為 A1 僅 1 件，A2 為 6 件，其餘均為 A3 事故。
2. 二次事故近年來已受到相關主管機關重視，無論是員警執勤遭受之危害或用路人於高速公路上發生之事故，均有相關防制作為，如宣導自行排除及派遣緩撞車保護員警值勤安全及用路人等。防制二次事故以立即排除為最理想之方式，如持續占用道路，會增加上游用路人及事故當事人之風險。

3. 決策者可透過了解二次事故之發生特性，研擬更完備之交通政策。雖然二次事故所占全部事故比例相對少，惟如能預測或決定造成二次事故之因素，歸納出二次事故之特性，應能防止一成以上之事故。

5.2 建議

1. 了解二次事故之特性，方能作出最有效的防制策略。目前員警所紀錄之交通事故資料為初始資料，故彙整及統一格式為本研究之一大挑戰。交通事故資料之完整性及正確性係研究二次事故之重點，除員警登記之交通事故資料外，車輛偵測之資料及地理資訊系統等多方面整合，方能更確切探究本研究之主題，建議主管機關能將資料相互整合運用，以利分析，解決問題。
2. 本研究曾嘗試探討幾何條件及交通量狀況與二次事故地點之關係並據以分析增設資訊可變標誌(Changeable Message Sign, CMS) 或警車警戒的建議地點，但卻無明確或顯著的結果，有興趣讀者可參見游書昀(2020)，也建議後續研究可進一步研究。
3. 目前高速公路發生交通事故在資訊之提供上，常透過警廣、手機 APP 或 CMS 等方式告知用路人。在本研究所得到的二次事故資料中，國道一號 87 至 88 公里路段南北向及南向楊梅至湖口路段，二次事故發生的案件數量明顯高於其他路段。而該路段之 CMS 設置較為欠缺，建議可於該路段增設密集之 CMS 或相關資訊看板，或是應用車聯網、即時交通事件簡訊通知等科技，以警示用路人，藉以避免二次事故發生。
4. 高速公路發生交通事故後，對於當事人及其他用路人之危險性高於一般道路甚多，又因高速公路具有車速快、封閉型之特性，於夜間無照明路段對於事故當事人之安全危害風險更高，故輕微事故排除至安全處所，減少對車流之衝擊為較佳之方案。目前國道公路警察局對於 A3 類輕微車損事故，車輛可移動者，會先請事故當事人注意自身安全，再行照相採證(標繪)或提供行車影像紀錄，並引導用路人將車輛駛往最近之國道警察駐地、服務區、地磅站或其它安全處等候員警到場處理，建議公路主管機關能落實至高、快速公路之交通事故處理上。美國公路警察則有提供高速公路服務通訊協定(Freeway Service Patrol, FSP)，在特定區域及尖峰壅塞路段巡邏，遇有車輛故障於車道上或道路上障礙物等，能夠迅速排除，將高速公路之運行效率最大化，建議警政主管機關參考運用。

參考文獻

- 交通部運輸研究所(2011)，2011年臺灣公路容量手冊。
- 陳高村、許志誠(2003)，「道路交通事故損害賠償成本推估之研究」，*運輸計劃季刊*，第三十二卷第二期，頁 365-390。
- 陳銘烈、蘇志強、蔡宗益(1996)，「高速公路交通執法強度與車流特性實證研究」，*八十五年道路交通安全與執法研討會論文集*，頁 74-88。
- 黃國書(2017)，二次事故之定義及降低二次事故發生之作法，擷取日期：2019年7月7日，網站：<https://www.facebook.com/566381323386617/photos/a.939453879412691/1685747388116666/?type=3&theater>。
- 楊宗璟、艾嘉銘、黃啟倡、吳姿樺(2012)，「高速公路中部路段事故處理時間影響因素分析與事故處理程序探究」，*101年道路交通安全與執法研討會論文集*，頁 235-250。
- 鄒啟俊(2014)，高速公路交通事故延遲時間與等候車隊長度預測模式—以國道五號為例，成功大學交通管理科學系碩士論文。
- 游書昀(2020)，高速公路二次事故之研究—以國道一號楊梅至頭份路段為例，中央警察大學交通管理研究所碩士論文。
- Goodall N. J. (2017), "Probability of Secondary Crash Occurrence on Freeways with the Use of Private-Sector Speed Data," *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, No. 2635, pp. 11-18.
- Hirunyanitiwattana W. and Mattingly S. P. (2006), "Identifying Secondary Crash Characteristics for California Highway System," *Transportation Research Board 85th Annual Meeting*.
- Karlaftis M. G., Latoski S. P., Richards N. J. and Sinha K. C. (1999), "ITS Impacts on Safety and Traffic Management - An Investigation of Secondary Crash Causes," *ITS Journal*, Vol.5, pp. 39-52.
- Khattak A. J., Wang X. and Zhang H. (2008), "Are Incident Durations and Secondary Incidents Interdependent?" *2009 Transportation Research Board Annual Meeting*.
- Kwon J., Mauch M. and Varaiya P. (2006), "Components of Congestion: Delay from Incidents, Special Events, Lane Closures, Weather, Potential Ramp Metering Gain, and Excess Demand," *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, No. 1959, pp. 84-91.

- Moore II J. E., Giuliano G. and Cho S. (2004), "Secondary Accident Rates on Los Angeles Freeways," *Journal of Transportation Engineering*, Vol.130, No.3, pp. 280-285.
- Pigman J. G., Green E. R. and Walton J. R. (2011), "Identification of Secondary Crashes and Recommended Countermeasures," *Kentucky Transportation Center Research Report*. 25.
- Raub, R. A. (1997), "Secondary Crashes an Important Component of Roadway Incident Management," *Transportation Quarterly*, Vol.51, No.3, pp. 93-104.
- Vlahogianni E. I., Karlaftis M. G. and Orfanou F. P. (2012), "Modeling the Effects of Weather and Traffic on the Risk of Secondary Incidents," *Journal of Intelligent Transportation Systems*, Vol.16, pp. 109-117.
- Wang J., Liu B., Zhang L. and Ragland D. R. (2016), "Modeling Secondary Accidents Identified by Traffic Shock Waves," *Accident Analysis & Prevention*, Vol.87, pp. 141-147.
- Yang H., Bartin B. and Ozbay K. (2013), "Identifying Secondary Crashes on Freeways Using Sensor Data," *Transportation Research Record, Journal of Transportation Research Board*, Vol.2396, pp.82-92.
- Yang H., Ozbay K. and Xie K. (2014), "Assessing the Risk of Secondary Crashes on Highways," *Journal of Safety Research*, Vol.49, pp. 143-149.
- Yang, H., Wang, Z. and Xie, K. (2017), "Impact of Connected Vehicles on Mitigating Secondary Crash Risk," *International Journal of Transportation Science and Technology*, Vol.6, pp. 196-207.
- Yang, H., Wang Z., Xie K., Ozbay, K. and Imprialou, M. (2018), "Methodological Evolution and Frontiers of Identifying, Modeling and Preventing Secondary Crashes on Highways," *Accident Analysis & Prevention*, Vol.117, pp. 40-54.
- Zheng, Z. (2012), "Empirical Analysis on Relationship between Traffic Conditions and Crash Occurrences," *8th International Conference on Traffic and Transportation Studies*.

(收稿 111/06/30，第一次修改 111/09/08，接受 111/09/17，定稿 111/11/08)