

自行車路網之路口自行車事故分析¹

Analysis of Bicycle Accidents on Intersections of Cycling Routes

林大傑 Da-Jie Lin²、劉欣憲 Hsin-Hsien Liu³、葉祖宏 Su-Hung Yeh⁴、
黃明正 Ming-Cheng Huang⁵、王聖儒 Sheng-Ju Wang⁶、
劉肇騏 Chao-Chi Liu⁷、葉心怡 Hsin-Yi Yeh⁸、曹瑋玲 Wei-Ling Tsao⁹

摘要

本研究旨在探討環島及多元路線之自行車事故路口環境樣態，以找出影響自行車肇事之路口特徵，提出相對應之改善建議。利用 108 年至 112 年 2 月自行車事故資料(A1 及 A2)，共 91,483 件，透過 GIS 之環域分析技術撈取環島及多元路線自行車路口事故，共計 4,068 件，並蒐集環境影響變數如路寬、自行車道類型、學校等，以及交通事故調查報告表之欄位變數如號誌種類、碰撞類型及型態、是否為第一當事人等，藉此了解事故特性。本研究採用關聯法則 (Association Rule)，分析路口環境影響變數之間關聯性與其對自行車事故之影響，

¹ 本文章內容為交通部運輸研究所委託計畫(編號 MOTC-IOT-111-SDB008)之部分研究成果摘錄，特此併致謝忱。

² 逢甲大學運輸與物流學系副教授暨先進交通管理研究中心主任。

³ 逢甲大學先進交通管理研究中心副主任暨研究助理教授。

⁴ 交通部運輸研究所運安組組長。

⁵ 交通部運輸研究所運安組副組長。

⁶ 交通部運輸研究所運安組研究員。

⁷ 逢甲大學運輸與物流學系碩士。

⁸ 逢甲大學運輸與物流學系學士(聯絡地址：台中市西屯區文華路 100 號，電話：0973069816，E-mail：a0963541297@gmail.com)。

⁹ 逢甲大學先進交通管理研究中心規劃組副組長。

分析結果為 10 條顯著規則，皆與自行車事故呈現正相關。研究結果顯示，自行車容易自摔、自撞與未設有自行車道或無號誌有相當高之關聯性，另可發現，路寬較寬(31 公尺以上)、路口周遭設有學校或生活機能設施及機構條件下若無自行車道，則易造成自行車事故發生；爰此，建議在道路路寬條件許可下，增設自行車專用道，倘預路寬不足之處，則考量與行人共道，使其與機動車輛分隔，同時考量能否於無號誌路口設置行車管制號誌，亦或增設反射鏡，並且輔以自行車路口穿越道之標線繪製等作為，可降低路口潛在風險，並於事故熱點如學校或生活機能設施周遭設置「警 39」標誌，警示所有用路人小心自行車，藉由以上改善路口環境，提升自行車騎乘安全品質。

關鍵字：自行車事故、關聯法則、環境影響因子

Abstract

This research aims to uncover the patterns of bicycle accidents at intersection of cycling routes, to identify contributing factors to these accidents, and to develop strategies for improvement. From January 2019 to February 2023, a total of 91,483 bicycle accidents occurred nationwide. By utilizing GIS-based Buffer Analysis Techniques, we extracted 4,068 bicycle accidents that took place on cycling routes. In this study, we retrieved various environmental variables such as “road width”, “type of the bicycle route”, “proximity to school,” as well as variables derived from Traffic Incident Reports such as traffic signals, types of the crashes, and first party involved, in order to understand the characteristics of these accidents. Employing the “Association Rule” approach, we analyze the influence of environmental factors on the relationship between these variables. The findings reveal 10 specific rules that positively correlate with bicycle accidents. Our research also indicates that the absence of traffic signals and bicycle lanes is strongly associated with increased possibility of single-bike accidents. Furthermore, we discovered that wider roads (over 31 meters), or the presence of schools or public organizations near intersections, without dedicated bicycle lanes, also pose a higher risk of bicycle accidents. Consequently, we recommend that the governments should build a complete cycling environment. For example, the appropriate solution to ensure the separation of bicycles and motor vehicles can be determined based on road width, by choosing between separate bicycle lanes or shared bicycle lanes. Additionally, implementing traffic signals, road markings, convex traffic mirrors, and other measures at intersections would help mitigate potential hazards. Simultaneously, placing “Warning 39” sign in accident-prone areas such as schools or public organizations would effectively alert bicyclists and enhance overall safety.

Keywords: *Bicycle Accidents, Association Rule, Environmental Variables*

一、前言

近年國內自行車路線逐年建置完成，國人使用自行車環島、多元及串聯路線，從事休閒及觀光旅遊活動，隨著自行車運具使用人數增加及使用範圍愈加多元化，自行車安全逐漸受到重視，交通部依照行政院指示研提「環島

自行車道升級暨多元路線整合推動計畫」，並奉行政院核定，希冀以 98-107 年完成的環島路網為主幹路網，並配合國家風景區及各地方政府的觀光亮點計畫做一整體且多元化路網規劃，以及新增辦理串聯路線，以縫合既有自行車道斷點，打造更優質的騎乘路線，因此自行車騎乘安全近年逐步受到重視，而自行車用路安全關乎路線服務品質及用路人使用意願，爰此，本研究以國內自行車路線作為研究範圍，分析自行車事故影響因素，了解自行車事故成因，進而研提改善建議。

本研究所使用之資料內容來源為警政署交通事故資料庫，資料蒐集期間為 108 年 1 月至 112 年 2 月環島及多元路線之自行車事故共 7,348 件，透過 GIS 分析技術撈取環島及多元路線自行車路口事故，共計 4,068 件，由撈取之路口事故數顯示，一半以上之事故集中於路口。鑒於上述，本研究希冀以自行車路網事故資料輔以路口自行車事故為主要分析主軸，探討環境影響因子與自行車事故間的關聯性。全文架構先藉由文獻回顧，蒐集路口自行車事故環境影響因子及彙整研究方法，並利用關聯法則分析自行車事故環境影響因子間之關聯性，進一步推論自行車事故發生情境並加以彙析，最後將研究成果歸納結論與建議。

二、文獻回顧與探討

本研究主題為自行車路口事故分析，主要係透過關聯法則探討自行車事故環境影響因子間之關聯性，因此在文獻回顧部分，著重於道路與環境影響因子及關聯法則之應用等相關文獻進行彙整與說明。

2.1 道路與環境影響因子

林豐福等人(2004)研究以內政部警政署的「道路交通事故資料庫」做為資料來源，以分析有關自行車形成肇事事務的人車路特性，進而提出可能之因應措施。其研究結果顯示，幾乎在任何時段，67 歲以上的年齡群組所佔自行車事故事件的比例最高；7-12 歲的群組在下午 4 點時所佔的事故比例達到最高峰；在肇事責任的歸屬上，負主要責任的第一當事人占 15%，其餘 85%均為負較輕責任；在受傷部位的統計，以頭部的傷害所佔比例最高，約占 75%，其次是多數傷約占 13%；有關腳踏車騎士是否有戴安全帽的狀況，絕大多數的騎士均未配戴安全帽，比例達 99%；事件發生地點以快車

道及交叉路口為最多，分別為 215 人及 206 人；肇事事務類型統計以側撞為最多(188 人)，其次是追撞(121 人)，再其次為同向擦撞及路口交叉撞(98、94 人)；已知肇事因素中，以橫越道路不慎為最高(72 人)，其次為未靠右行駛(51 人)，再其次為未讓車(47 人)。

李訓誠(2010)在影響自行車交通事故傷亡程度之敘述統計分析方面發現，青少年學生及高齡者最容易肇事，死亡者的主要傷處大多為頭部，酒測值愈高者傷亡之比例亦愈高，肇事原因以未依規定讓車最多；事故地點道路型態以交岔路最多，當事人死亡之事故地點以非市區道路最多，速限愈高之路段死亡比例愈高；事故類型以側撞最多，夜間、清晨或暮光之死亡比例較高，時段以 6 時~9 時、15 時~18 時、18 時~21 時等三時段為最多。在資料探勘分析方面發現，以較高正判率及較低標準差為評估準則，擇定 6 個主成份分 6 群為最佳組合進行集群分析，並依各群危險等級之高低與因子特性命名為「男騎士、日間、離峰、酒駕群」、「高速度、路面有邊線之道路群」、「號誌路口群」、「對造當事人肇事逃逸群」、「有分向線之車道群」與「年輕、駕駛動作困難、傷亡程度較輕之事故群」。另「以 6 個主成份分 6 群」各群事故嚴重度指標差異較大，能明顯看出「最不危險」、「中級危險」、「中高級危險」、「最危險」等級；而「以原始變數分 7 群」各群事故嚴重度指標僅能看出「中低級危險」與「中高級危險」兩個等級，差異較小。

沈芳瑜(2013)研究在量化風險評估架構下，透過汽、機車駕駛人行為傾向問卷調查，分析其直行、右轉、左轉對於自行車安全之風險機率，藉由自行車涉入道路事故資料及過去交通工程設施改善評估之風險規模，進而求得各行為之風險值。研究中以臺北市重要路口為案例，研究結果顯示，相關交通工程設施會明顯降低自行車與機動車之衝突風險；自行車事故好發時間為上下班尖峰時段(8 點至 10 點、16 點至 18 點、18 點至 20 點)；好發地點為交叉路口；好發之衝突類型為側撞、路口交叉撞、同向擦撞；男性風險行為傾向高於女性；越年輕的族群其風險傾向越高；衝突風險傾向隨著教育程度增加而上升；平均月所得越低，風險傾向越高；每週使用自行車 11-15 次之衝突風險傾向較高，其次為 0 次、16 次以上；當路口車道數較少並設置自行車相關設施，可減少自行車與機動車輛之衝突風險。

Hongliang Ding 等人(2022)研究旨在調查可能因素對自行車碰撞頻率的影響，使用多元卜瓦松對數正態方法適應不同的自行車碰撞類型之可能的

相關性，利用倫敦 2018-2019 年之自行車事故、人口統計、土地利用、道路基礎設施和交通特性資料。研究結果顯示，自行車使用量、交通量、家庭收入、住宅區、道路密度、可達性和交叉口密度等因素可以在 5% 的顯著性水平上影響自行車與汽車的碰撞頻率；自行車使用、家庭收入、道路密度、連通性、可達性、火車站和交叉口密度在內的因素可以在 5% 的顯著性水平上影響自行車-自行車碰撞頻率；對於碰撞暴光，自行車使用與自行車-車輛和自行車-自行車碰撞呈正相關；交通量與自行車-車輛碰撞呈負相關。相比之下，交通量對自行車-自行車碰撞沒有顯著影響；對於人口特徵，家庭收入與自行車-車輛和自行車-自行車碰撞呈正相關；就環境而言，住宅區的自行車-車輛碰撞頻率低於其他區域。

Fangrong Chang 等人(2022)利用隨機參數廣義有序概率均值異質性模型研究電動自行車事故，同時利用中國湖南省公安廳交通管理局於 2014-2016 年紀錄的電動自行車交通事故的資料(包含受傷程度、道路屬性、環境因素、交通特性、當時情境、碰撞特性以及駕駛人屬性)做為分析數據，以透過電動自行車騎士車禍後的嚴重程度模型分析，做為未來制定應對措施的參考。研究結果顯示，若駕駛人行駛於過彎的彎道、速度較快、在燈光昏暗行駛、在沒有照明設施的夜晚道路行駛、自撞、與機車發生事故、44 歲以上之駕駛人、鄉村地區等因素都易使駕駛的受傷程度較為嚴重，同時認為應透過安全教育、鼓勵、優化道路線形設計以及制訂電動自行車相關法案等方式改善電動自行車駕駛人的安全。

Siyang Zhu(2020)利用資料探勘(Data Mining)與梯度提升(Gradient Boosting)和邊際效應分析相結合，研究車輛與自行車發生碰撞事故時的重要因素，其利用澳洲維多利亞州警察局於 2013-2018 年期間涉及車輛與自行車碰撞的交通事故資料(包含駕駛人受傷程度、碰撞型態、是否為酒駕事件、時間、事件涉及的車輛與行人數量、道路幾何設計、速限、是否肇逃、駕駛人性別等屬性)作為分析數據，以找出影響自行車駕駛人的安全問題。其研究結果顯示性別、年齡增長、速度較快、光線昏暗、道路幾何設計、八月(季節與天氣)、碰撞類型等因素都會造成車輛與自行車發生意外時容易產生更嚴重的傷勢，並建議應利用具有針對性的教育內容以提高道路安全。

Gabriele Prati 等人(2017) 研究以義大利 2011 年至 2013 之事故資料做完研究範圍，探討不同自行車碰撞類型與自行車事故嚴重程度之相關性。分析項目包含基礎道路設施特徵(道路類型、道路標誌屬性及其設計位置)、事

故當事人車種、事故碰撞型態、自行車騎士之年齡、性別、事故發生時間、路面狀況和天氣。研究先行使用羅吉斯迴歸分析自行車事故碰撞型態與事故嚴重程度的相關性，再利用關聯法則產出 19 條規則，分析造成嚴重傷害程度的事故碰撞類型。研究結果顯示，造成嚴重傷害的事故碰撞型態包含自行車於路口停等遭碰撞、自行車逆向行駛造成碰撞、自行車於路口與機動車輛擦撞等，其他自行車事故主要特徵包含當事人多為 65 歲以上之男性、以貨車作為對手車輛且於鄉村道路上騎行會帶來更高的死亡風險。研究認為，改善措施應針對道路自行車相關設施，探討其可能造成的碰撞類型，並針對可能造成的碰撞類型研擬改善策略。

Xu 等人(2018)研究以 2009 年至 2013 年中國公共安全部(MPSC)發布的道路交通事故為研究範圍，探討嚴重傷亡交通事故的影響因素。研究中將嚴重傷亡事故定義為導致 10 人以上死亡的事務，以關聯法則探討嚴重事故之影響因素，研究將嚴重傷亡事故之影響因素分為駕駛行為、車輛因素、道路幾何特徵和道路環境特徵等類別。主要貢獻可供政府針對嚴重交通事故制定對應的改善措施以有效減輕事故傷亡程度。

Hwachyi Wang 等人(2019)研究使用台北市 2015-2017 年之自行車事故，針對自行車事故之環境因子進行分析，並探討各環境因子之顯著性，先行使用核密度分析(KDE)，以巨觀層面探討自行車集中區域，確認市區橋樑為碰撞密度最高的區域，接著使用負二項式迴歸針對橋梁上之事故資料進行分析，以微觀層面探討自行車事故環境影響因子，並針對其顯著環境影響因子進行探討。研究結果顯示，自行車顯著環境影響因子包含碰撞型態、號誌週期、車道類型、車道寬度等。

綜整上述數篇文獻回顧可發現，自行車事故多發生於路口；在機動車與自行車二者之關係的部分，相關交通工程設施會明顯降低自行車與機動車之衝突風險，且當路口車道數較少並設置自行車相關設施，可減少自行車與機動車輛之事故風險；具顯著性之自行車與環境影響因子包含號誌、碰撞型態、車道寬、POI 設施景點等，下表針對上述之文獻採納且具顯著性之環境影響因子進行彙整，並將各環境影響因子之對應文獻及變項進行說明，詳細內容如下表所示。

表 1 相關環境影響因子彙整表

環境因子	文獻	說明
號誌週期	Hwachyi Wang 等人(2019)	• 號誌總週期
碰撞型態	林豐福等人(2004)、李訓誠(2010)、沈芳瑜(2013)、Siyong Zhu(2020)、Gabriele Prati 等人(2017)、Gabriele Prati 等人(2017)、Subasish Das 等人(2019)、Xu 等人(2018)	• 道路交通事故調查報告表二及自摔自撞、路口交岔撞、追撞、側撞、對撞、擦撞等
車道類型	Hwachyi Wang 等人(2019)、Siyong Zhu(2020)	• 快車道 • 慢車道 • 混合車道 • 自行車道
視距	Hwachyi Wang 等人(2019)、Xu 等人(2018)	-
橋梁	Hwachyi Wang 等人(2019)	• 是否有橋梁
車道寬度	Hwachyi Wang 等人(2019)	-
路口型態	Gabriele Prati 等人(2017)	• 三岔路口 • 四岔路口 • 多岔路口
道路類型	Gabriele Prati 等人(2017)	• 城際道路 • 農村道路 • 市區道路
POI 設施景點	Hongliang Ding(2022)	• 周邊是否有火車站 • 周邊是否有公車站 • 周邊是否有學校
路面狀況	Gabriele Prati 等人(2017)	• 乾燥 • 潮濕
天氣狀況	Gabriele Prati 等人(2017)、Xu 等人(2018)	• 陰天 • 晴天 • 雨天 • 降雪
事故時間	Gabriele Prati 等人(2017)	• 以 0 時-23 時區分
事故嚴重程度	Gabriele Prati 等人(2017)、Subasish Das 等人(2019)	• 受傷 • 死亡
光線	Subasish Das 等人(2019)	• 明亮 • 昏暗
地區	Subasish Das 等人(2019)	• 郊區

環境因子	文獻	說明
		• 市區
事故位置	Xu 等人(2018)	• 路段 • 路口

資料來源：本研究彙整。

2.2 關聯法則之應用

近年來資料探勘技術發展蓬勃，其應用於各個領域上皆有良好的成效，其中關聯法則之應用領域廣泛。關聯法則(Association Rule)又稱「購物籃分析(Basket Analysis)」，最初提出動機為針對購物籃進行分析，當店經理欲更加了解顧客購物習慣，尤其是想知道那些商品顧客可能會在一次購買，可以對商店的顧客銷售單進行購物籃分析。該過程通過發現顧客放入「購物籃」中的不同商品之間的關聯，分析顧客的購物習慣。這種關聯的發現可以幫助零售商了解哪些商品頻繁的被顧客同時購買，從而幫助其開發更好的行銷策略(卓裕仁, 2020)，最經典的案例為美國 Walmart 超市發現購買尿布的顧客又購買啤酒這條規則，透過分析發現許多男性顧客在替家裡添購尿布時會順帶購買自己想喝的啤酒。關聯法則過去研究多應用於行銷、財務和銷售領域，以協助挖掘消費者之適性商品或作為制定銷售策略之參考(Yang et al., 2006；陳垂呈等人, 2022)；亦或藉由關聯法則在醫療領域中找出可用之重要資訊，以提升醫療服務之品質(嗎嘉應, 2015 年；王莉婷, 2017)；此外，於交通領域中則多應用於交通事故資料或違規資料之分析，以分析事故因素或違規條款之間的關聯性(張敏亮, 2005；鄭博全, 2018；蘇柏元, 2022)，亦或應用關聯規則探討嚴重交通事故之肇因(Xu al., 2018)及找出事故碰撞風險之因素(Bakhit., 2018)。由上述可知，關聯法則主要可挖掘與探索資料間之相關性，以找出具有參考價值之重要資訊作為決策，因自行車事故具有稀少性及分散性，本次研究目的為探討事故數量及環境因子間的關聯，在過去較少有聚集性事故可供先驗知識下，採用探索性的關聯法則找出事故樣態，關聯法則雖無明確的 X 和 Y 把規則全部探勘出來之後再行理解之間的 X 和 Y，但是有因果關係後，其分析結果便能有效的改善路口，在結果可靠性的部分，透過關聯法則的樣本支持度與信賴度須具備一定程度下，才会有規則產出，因此產出的成果具一定可靠度，鑒於上述，本研究選定關聯法則做為本次研究方法。

2.3 環島及多元自行車路線

全台自行車路網以環島路網為主幹路網，目前環島路網為 1 條主線(環島 1 號線)、25 條環支線組成，權責單位依路線所在轄區和省道路線劃分，路線各區段分別由各縣市政府和養護工程處轄管。環島 1 號線於 104 年底通車，以台 1 線和台 9 線為主軸串聯各縣市車道環臺灣一周，此路線進行自行車環島俗稱為「小環島」，而 25 條環線和支線則串聯臺灣各地景點，環島路網構成「大環島」路線，總里程數為 2,691.657 公里。

多元路線為配合國家風景區與各地方政府的觀光亮點計畫，以及旅遊、產業、交通、教育等面向發展考量下，所規劃之「多元型態自行車路線」，依據「環島自行車道升級暨多元路線整合推動計畫」所擬定的三大主軸，規劃總共 26 條多元路線，可分為 16 條主題深度旅遊路線、5 條地方特色路線及 5 條東西橫貫的挑戰路線，現已完成 16 條多元路線，權責單位依路線不同區段劃分，主要權責單位包含縣市政府、養護工程處、國家風景區管理處、國家公園管理處、臺鐵局、區公所，總里程數為 927.07 公里。



資料來源：本研究繪製。

圖 1 環島及多元自行車路線分布圖

三、研究方法

本研究使用關聯法則(Association Rule)分析路口自行車事故於不同事故樣態下之發生情境。研究變數主要為道路交通事故調查報告表一表二欄位與本研究蒐集之路口環境特徵，包含醫院、學校、自行車道、大賣場等進

行分析，分析不同的自行車事故樣態中，自行車事故在哪些變數的影響下較容易發生以及分析各變數之間的影响關係，進而推論並分析事故發生情境。

關聯法則主要用於分析資料庫中不同個體(individual)或變數(variable)間的關係程度，即資料中的每個決策變數間的關聯，最早用於購物籃分析，每個商品皆為不同類別變數，分析購物籃中每個商品品項的關聯。其定義為：假設 $I = \{i_1, i_2, \dots, i_m\}$ 表示為交易訂單及商品品項類別(items)的集合，稱作項目集(itemsets)。 $D = \{t_1, t_2, \dots, t_m\}$ 表示為交易紀錄(transaction)T 的集合，其中每一筆交易 T 為一些商品品項之集合，即 $T \subseteq I$ 。假設 A 為一商品品項之集合，若 $A \subseteq T$ ，則表示 T 包含 A，而關聯法則之形式為： $X \rightarrow Y$ 【Support, Confidence】，且 $X \subseteq I, Y \subseteq I, X \cap Y = \emptyset$ ，其中 X 與 Y 是所有可用項目的兩個集合，X 稱為前提規則 lhs；Y 稱為後繼規則 rhs (王瑋鈴，2018)。

關聯法則主要有三個較具代表性的指標，分別為支持度、信賴度與提升度，其中支持度與信賴度判斷關聯法則產出之規則是否具有意義之指標，而提升度則表示前提規則 lhs 和後繼規則 rhs 的相關性，三項指標之說明如下分項所述。

1. 支持度(Support)

主要用以衡量在 n 個樣本數下，前提規則 lhs 和後繼規則 rhs 同時出現的比例($P(\text{lhs} \cap \text{rhs})$)，表示該規則在全部事故中出現的機率(如下式(1)所示)，當支持度的值越高，顯示該規則出現的機率越高。支持度在關聯法的 n 個樣本數中須具備一定普遍性(即顯著性)，方為有效資訊，且當分析結果大於最小支持度時，即視為頻繁項集。最小支持度門檻主要用於控管關聯法則必須涵蓋的最少資料比率；可刪除所占比率偏低的關聯性，以擷取較具代表性之關聯法則(柯閔翔，2020)。

$$\text{Support}(\text{lhs} \rightarrow \text{rhs}) = \frac{\text{lhs} \cap \text{rhs}}{n} \quad (1)$$

2. 信賴度(Confidence)

用以衡量前提規則 lhs 發生的情況下，後繼規則 rhs 發生的條件機率($P(\text{rhs}|\text{lhs})$)，表示當前提規則 lhs 發生時，可推得後繼規則 rhs 的規則正確性的信心程度，如下式(2)所示。信賴度是衡量關聯法則是否具有可信度的指標，因此，分析結果之信賴度須達到一定水準(通常為 0.5)，當結果大於最小信賴度時，即視為強關聯。此外，亦可利用最小信賴度

做為門檻去除正確機率較低的關聯法則，加強分析結果之可信度(柯閔翔，2020)。

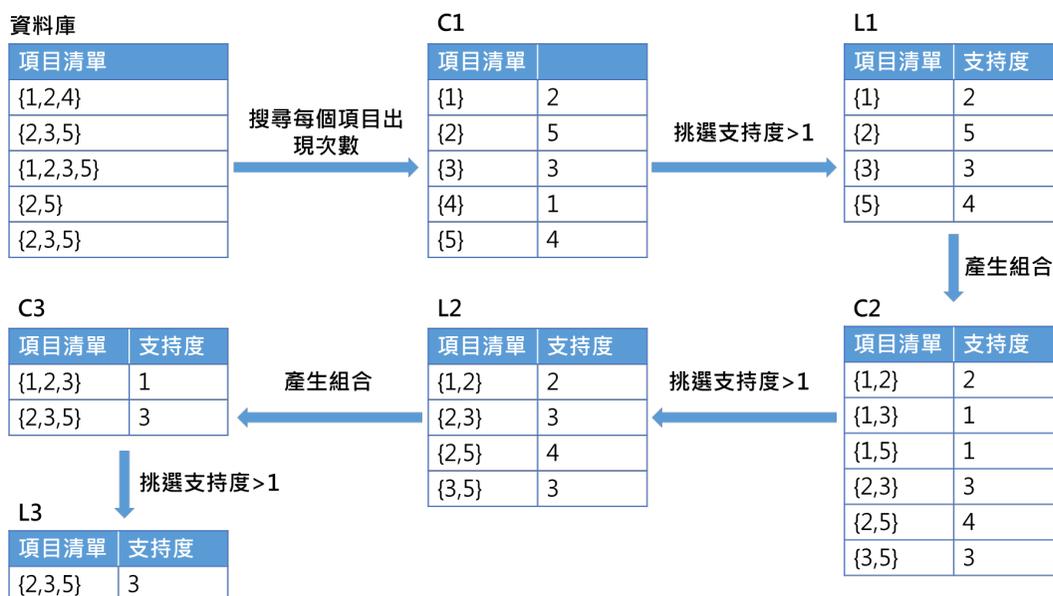
$$Confidence(lhs \rightarrow rhs) = \frac{lhs \cap rhs}{P(lhs)} \quad (2)$$

3.提升度(Lift)

主要分析前提規則 lhs 和後繼規則 rhs 的相關性，用於比較前提規則 lhs 和後繼規則 rhs 同時發生與後繼規則 rhs 單獨發生時兩者機率間的大小，如下式(3)所示。提升度的意義是用以比較關聯法則的信賴度與後繼規則 rhs 的發生機率以衡量該規則的價值及其相對效益，當結果等於 1 時，表示無相關；結果大於 1 時，表示正相關；結果小於 1 時，表示負相關，因此提升度至少應大於 1，顯示該關聯法則的預測結果比原本表現好，即其信賴度大於後繼規則 rhs 的發生機率(柯閔翔，2020)。

$$Lift(lhs \rightarrow rhs) = \frac{P(rhs|lhs)}{P(rhs)} = \frac{lhs \cap rhs}{P(lhs) \times P(rhs)} \quad (3)$$

本研究將事故資料使用在關聯法則中最具代表性的演算法——Apriori 演算法進行運算，其使用候選項目集合觀念，先產出項目集合，若候選項目之支持度大於或等於最小支持度，則該候選項目為頻繁集合項目(Large Itemsets)。其演算方式為首先在所有數據庫中收集每一項目出現次數，並存在一個候選項目清單 C1 中，為避免資料庫中出現次數過少的項目進行配對，挑選候選項目清單中大於最小支持度(min support)的項目，並成立一個頻繁項目清單(L1)，接著在頻繁項目清單(L1)兩兩配對產生新的候選項目清單(C2)，再次選擇大於最小支持程度的項目產生新的頻繁項目清單(L2)，重複進行至設定關聯配對個數門檻或是無法篩選新的候選項目清單為止(王瑋鈴，2018；翁裕翔，2019)，流程如下圖所示。



資料來源：翁裕翔(2019)、本研究繪製。

圖 2 Apriori 演算法過程

四、研究結果

本研究採用 108 年 1 月至 112 年 2 月自行車事故資料，以自行車路網範圍內之路口為研究範圍，分析路口環境影響因子及自行車事故特性，根據分析結果探討變數與事故的相關性，相關內容說明如下。

4.1 資料處理與分析

一、事故與路口資料處理

事故路口則透過數值路網圖，產出環島及多元自行車路網內之自行車路口中心點，並以兩倍路寬產出路口環域範圍，共計 15,056 個路口，再將向道安會索取之全國自行車事故共計 91,483 件投入 GIS 中，撈取環域範圍內之事故點，共計 4,068 件事務(A1：57 件；A2：4,011 件)。經事故資料撈取及統計發現，自行車事故多為 A2 事故且多數自行車路網之路口自行車事故件數為零，顯示路網範圍內之路口自行車事故具稀少性。

二、環境影響因子吸附

本研究分析之環境影響因子包含橋梁、路寬、學校、文化及表演機構、醫療機構、運動休閒場所、觀光旅遊景點、參觀及遊樂園區、生活機能設施及機構、大型運輸場站、公園、公車站、交流道、福利機構、職訓中心、公營事業、消防局、警察局、政府機關、平交道、停車場、科學工業園區、加油站等透過套用不同大小的環域範圍進行分析，經多重試誤後，篩選最合理的環域範圍，並將環境影響因子以 GIS 空間連結技術吸附至每個路口，生成各路口之環境影響因子，最後進一步將路口與事故疊合，產出每件事故之對應環境影響因子，各環境因子之篩選環域範圍彙整如下表所示。

表 2 環境因子環域範圍彙整表

環境因子	環域範圍半徑(公尺)	環境因子	環域範圍半徑(公尺)
大專院校	500	國家公園	500
中學	250	國家森林遊樂區	500
小學	250	旅客服務中心	0
幼兒園	100	觀光景點	300
特殊學校	150	運動場所(體育館、體育場、游泳池)	100
圖書館	100	海水浴場	0
博物館	200	古蹟	300
資料陳列館	100	紀念性場所	300
文化中心	100	市場	200
社教館	0	大賣場	200
美術館	200	便利商店	0
醫院	200	百貨公司	200
衛生所	0	台鐵車站	200
劇院	100	客運站	100
音樂廳	100	捷運站	100
活動中心	0	輕軌捷運站	100
國家風景區	500	高鐵站	200
公園	100	加油站	50
遊樂園	500	停車場	100
動植物園區	500	科學、工業園區	500

資料來源：本研究彙整。

三、環境影響因子整併

本研究主要蒐集分析資料變數與圖資之來源主要有交通部數值路網圖、政府公開資料來源及交通事故調查報告表蒐集變數資料，總計共蒐集有 87 個之多，惟發現部份變數有資料偏斜不平衡之特性，容易造成結果不顯著，考量其易影響分析，難以有顯著成果，經本研究整理分析後，將相關變數整併如下表 1；此外，藉由回顧文獻較為重要之環境變數，則不納入整併項目；接續針對所有投入變數進行基本統計如下表 3，發現仍有變數具稀少性，基於此，原預計再行整併相關變數卻發現無法有相關變數之共同性可以再行整併，故不予以整併；另關聯法則係以二元類別變數進行投入及產出，故皆將變數進行虛擬化(Dummy)處理。

表 3 環境影響因子彙整表

環境影響因子	整合項目
學校	大專院校、中學、小學、幼兒園、特殊學校
文化及表演機構	圖書館、博物館、資料及陳列館、文化中心、社教館、美術館、劇院、音樂廳
醫療機構	醫學中心、醫院、衛生所
運動休閒場所	活動中心、體育館、體育場、公立游泳池
觀光旅遊景點	國家風景區、國家公園、觀光景點、海水浴場、古蹟、紀念性場所
參觀及遊樂園區	遊樂園、動物園、植物園、國家森林遊樂區
生活機能設施及機構	市場、大賣場、便利商店、百貨公司、郵局、電信公司、電力公司、自來水公司、天然氣公司、金融機構、旅館、民宿
大型運輸場站	台鐵車站、客運站、捷運站、輕軌站、高鐵站
福利機構	兒少、老人、婦女、身心障礙福利機構
政府機關	總統府、中央政府機關、中央政府所屬機關、監獄、看守所、直轄市議會、縣市議會、鄉鎮市民代表會、省政府、省諮議會、直轄市政府、縣市政府、鄉鎮市公所、區公所、戶政事務所、地政事務所、稅捐稽徵機關、其他政府所屬單位

資料來源：本研究彙整。

4.2 敘述性統計

本研究針對相關變數進行基本統計，包含行車號誌、行人號誌、閃光號誌、無號誌、碰撞型態、當事人編號、自行車道類型、電桿、橋梁、路寬、

學校、文化及表演機構、醫療機構、運動休閒場所、觀光旅遊景點、參觀及遊樂園區、生活機能設施及機構、大型運輸場站、公園、公車站、交流道、福利機構、職訓中心、公國營事業、消防局、警察局、政府機關、平交道、停車場、科學工業園區、加油站，共計 31 個變數，統計結果如下表 4 所示。

表 4 環境影響因子基本統計彙整表

變數	資料類型	事故數統計		
		變項	事故數	百分比
行車號誌	二元	是	2,022	49.71%
		否	2,046	50.29%
行人號誌	二元	是	352	8.65%
		否	3,716	91.35%
閃光號誌	二元	是	222	5.46%
		否	3,846	94.54%
無號誌	二元	是	1,472	36.18%
		否	2,596	63.82%
碰撞型態	名目	自摔自撞	278	6.83%
		路口交岔撞	424	10.42%
		車與人撞	41	1.01%
		其他	669	16.45%
		追撞	609	14.97%
		側撞	1,417	34.83%
		對撞	36	0.88%
		擦撞	594	14.60%
當事人編號	二元	第一當事人	2,016	49.56%
		非第一當事人	2,052	50.44%
自行車道類型	名目	自行車專用道	111	2.73%
		自行車與行人專用道	39	0.96%
		自行車與行人共用道(標線分隔)	70	1.72%
		自行車與行人共用道	63	1.55%
		自行車專用車道(單側單向佈設)	6	0.15%

變數	資料類型	事故數統計		
		變項	事故數	百分比
		自行車專用車道(雙側雙向佈設)	9	0.22%
		自行車專用車道(單白實線分隔)劃設於混合車道	41	1.01%
		自行車與汽機車共用車道(快慢分隔)	2,213	54.40%
		自行車與汽機車共用車道(混合車道)	1,516	37.27%
電桿	二元	是	828	20.35%
		否	3,240	79.65%
橋梁	二元	是	264	6.49%
		否	3,804	93.51%
路寬分類	排序	路寬 20 公尺以下	1,441	35.42%
		路寬 21~30 公尺	1,594	39.18%
		路寬 31 公尺以上	1,033	25.39%
學校	二元	是	1,301	31.98%
		否	2,767	68.02%
文化及表演機構	二元	是	269	6.61%
		否	3,799	93.39%
醫療機構	二元	是	296	7.28%
		否	3,772	92.72%
運動休閒場所	二元	是	71	1.75%
		否	3,997	98.25%
觀光旅遊景點	二元	是	984	24.19%
		否	3,084	75.81%
參觀及遊樂園區	二元	是	154	3.79%
		否	3,914	96.21%
生活機能設施及機構	二元	是	1,529	37.59%
		否	2,539	62.41%
大型運輸場站	二元	是	338	8.31%
		否	3,730	91.69%
公園	二元	是	450	11.06%

變數	資料類型	事故數統計		
		變項	事故數	百分比
		否	3,618	88.94%
公車站	二元	是	311	7.65%
		否	3,757	92.35%
交流道	二元	是	13	0.32%
		否	4,055	99.68%
福利機構	二元	是	6	0.15%
		否	4,062	99.85%
職訓中心	二元	是	5	0.12%
		否	4,063	99.88%
公國營事業	二元	是	1	0.02%
		否	4,067	99.98%
消防局	二元	是	3	0.07%
		否	4,065	99.93%
警察局	二元	是	78	1.92%
		否	3,990	98.08%
政府機關	二元	是	12	0.29%
		否	4,056	99.71%
平交道	二元	是	6	0.15%
		否	4,062	99.85%
停車場	二元	是	857	21.07%
		否	3,211	78.93%
科學工業園區	二元	是	96	2.36%
		否	3,972	97.64%
加油站	二元	是	342	8.41%
		否	3,726	91.59%

資料來源：本研究彙整。

4.3 分析成果

本研究利用關聯法則將路口環境影響因子與自行車事故特性綜整分析。囿因於關聯法則會受到參數設定影響，則所產生結果與規則數量會有不同，在參數設定部分，由於關聯法則會受到參數設定影響，以致所產生的規則數量會有所不同，本研究主要使用多重試誤法(trial and error)針對支持度

與信賴度等二個主要參數進行調整並演算(流程圖 2 所示),經數次調整及演算後發現,在支持度 0.03 以上且信賴度設定在 0.8 以上產出之規則較具顯著性及規律性。因此支持度在 0.03 以上,同時信賴度設為 0.8 以上方納入規則採用。將基於此則產生共 10 個規則,並針對各規則進行解釋,最後則根據此進行分析與討論。

- 規則一

在事故路口最大路寬介於 21 公尺至 30 公尺且附近設有電桿的條件下,自行車道型態為自行車與機動車共道(無分隔)。

- 規則二

在事故路口最大路寬介於 21 公尺至 30 公尺且碰撞事故型態多為側撞的條件下,自行車道型態為自行車與機動車共道(無分隔)。

- 規則三

於最大路寬為 31 公尺以上的號誌化路口,自行車騎士為第一當事人的條件下,自行車道型態為自行車與機動車共道(無分隔)。

- 規則四

在自行車道類型為自行車與機動車共道(無分隔)的無號誌路口,多發生追撞事故的條件下,自行車多為非第一當事人。

- 規則五

於周邊有學校且最大路寬為 31 公尺以上的號誌化路口,自行車多在自行車道類型為自行車與機動車共道(無分隔)的環境下發生事故。

- 規則六

於周邊有學校且最大路寬為 31 公尺以上的路口,自行車多為非事故第一當事人的條件下,自行車道類型多為自行車與機動車共道(無分隔)。

- 規則七

於無號誌路口,自行車事故類型多為自摔及自撞之條件下,自行車為事故第一當事人。

- 規則八

最大路寬 31 公尺以上的路口周邊有生活機能設施及機構,自行車為事故第一當事人之條件下,自行車道類型為自行車與機動車共道(無分隔)。

• 規則九

當路口最大路寬為 31 公尺以上、自行車與其他車輛發生追撞事故的條件下，自行車非事故第一當事人，顯示可能為自行車與機動車存在速差導致事故，或自行車於路口停等紅燈時，後方機動車煞車不及而導致。

• 規則十

當路口自行車道類型為自行車與機動車共道(無分隔)，多發生自行車自摔及自撞事故的條件下，自行車為事故第一當事人。

表 5 關聯法則分析成果彙整表

X			Y	支持度	信賴度	提升度
電桿	路寬 21~30 公尺	-	自行車與機動車共道(無分隔)	0.0868	0.823	1.513
側撞	路寬 31 公尺以上	-	自行車與機動車共道(無分隔)	0.0678	0.809	1.488
行車管制號誌	第一當事人	路寬 31 公尺以上	自行車與機動車共道(無分隔)	0.0565	0.801	1.473
無號誌	追撞	自行車與機動車共道(無分隔)	非第一當事人	0.0438	0.817	1.619
行車管制號誌	路寬 31 公尺以上	學校	自行車與機動車共道(無分隔)	0.0423	0.819	1.506
非第一當事人	路寬 31 公尺以上	學校	自行車與機動車共道(無分隔)	0.0423	0.808	1.484
無號誌	自摔自撞	-	第一當事人	0.0374	0.938	1.893
第一當事人	路寬 31 公尺以上	生活機能設施及機構	自行車與機動車共道(無分隔)	0.0366	0.801	1.473
追撞	路寬 31 公尺以上	-	非第一當事人	0.0361	0.803	1.592
自摔自撞	自行車與機動車共道(無分隔)	-	第一當事人	0.0312	0.948	1.912

資料來源：本研究彙整。備註：X：前提項目；Y：結果項目(在 X 發生的前提下才會發生)

4.4 分析與討論

一、分析成果討論

• 規則一

本規則包含路寬 21~30 公尺、電桿、自行車道型態為自行車與機動車共道(無分隔)(機動車指機車或四輪以上汽車)，研判若電桿位置設置不當，且自行車與機動車混道下，自行車騎乘之空間及視距受到限制，易導致其受機動車流影響，進而發生事故。依據上述原因，改善建議如下：(1)建議通盤檢討電桿設置情形，是否有設置不當而影響行車之問題；(2)依照道路條件設置自行車專用道，若有環境限制則考量與行人共道，以達到與機動車(機車或四輪以上汽車)行車空間分隔之目的。

• 規則二

於本規則中，路口最大路寬為 31 公尺以上，且容易發生側撞事故，研判可能因為自行車習慣行駛於最外側車道，在直行欲穿越較寬之路口時，容易因騎乘位置及速度較慢等因素，導致受到右轉機動車輛(機車或四輪以上汽車)側撞。依據上述原因，改善建議如下：(1)建議於行穿線旁繪設自行車穿越道，並配合行穿線退縮之政策，提升右轉車輛之視距，同時予以自行車專有路權，降低側撞風險。

• 規則三

本規則為號誌化路口、路寬 31 公尺以上，自行車為事故第一當事人的條件下，自行車道類型為自行車與機動車共道(無分隔)，應為自行車騎士違規而導致事故，研判號誌化且面積較大之路口，整體行車環境較為複雜，而又無有效規範其騎行位置，造成自行車騎行自由度較高，難以預測其動線，又因自行車於較大之路口可能會有穿越時間不足之狀況，進而導致與其他車輛衝突。依據上述原因，改善建議如下：(1)建議於行穿線旁繪設自行車穿越道，在車輛穿越路口時，分流自行車與機動車，引導自行車於路口兩段式轉彎；(2)評估並調整號誌時制，考量增加路口號誌全紅時間，使自行車有充足時間穿越路口；(3)評估道路條件，規劃設置自行車專用騎行空間。

• 規則四

在無號誌路口、自行車與機動車共道(無分隔)且發生追撞事故的條件下，自行車非事故第一當事人，顯示主要違規方非為自行車騎士，因自行車

與機動車混道，而其速度較慢，易與機動車產生速差，導致在近路口處有剎停之行為時，受到後方速度較快之機動車輛追撞。依據上述原因，改善建議如下：(1)建議評估路口車流量是否達到增設號誌之條件，透過增設號誌使機動車流有可遵守規範的依據，並避免自行車與機動車因急剎或其他因素而產生衝突；(2)建議評估道路條件是否可設置自行車專用道，以達區隔自行車與機動車流之目的，降低事故風險。

• 規則五

在最大路寬31公尺以上的號誌化路口，學校坐落於路口周邊的條件下，自行車與機動車共道(無分隔)，研判可能為上下學時段車流量較大，路邊時有接送學生之車輛臨停於校門口附近，影響主線上用路人視距，難以注意到出入學校之人車，而無論自行車騎行於主線抑或為出入學校，皆存在事故風險，依據上述原因，改善建議如下：(1)建議設置通學步道，規劃自行車及行人動線；(2)建議評估後於校門口增設閃光或行車管制號誌；(3)規定校門口禁止停車，配合通學步道動線規劃接送臨停區；(4)由於可能時有自行車出入，建議於出入口設置「警 39」標誌，以警示用路人當心自行車。

• 規則六

在路口最大路寬31公尺以上，學校坐落於路口周邊時，自行車非事故第一當事人，且自行車道類型為自行車與機動車共道(無分隔)，研判可能為上下學時段車流量較大，路邊時有接送學生之車輛臨停於校門口附近，影響用路人視距，導致自行車出入校門口時與主線之車輛難以注意到對方。依據上述原因，改善建議如下：依據上述原因，改善建議如下：(1)建議設置通學步道，規劃自行車及行人動線；(2)建議評估後於校門口增設閃光或行車管制號誌；(3)規定校門口禁止停車，配合通學步道動線規劃接送臨停區；(4)由於可能時有自行車出入，建議於出入口設置「警 39」標誌，以警示用路人當心自行車。

• 規則七

自行車於無號誌路口騎行時，事故類型多為自摔及自撞，研判可能由於路口無設置號誌，易有車輛或行人突然衝出之情形，且車輛轉向較難以預測，導致自行車為閃避或受到驚嚇而發生自摔、自撞事故。依據上述原因，改善建議如下：(1)建議評估路口條件，若符合則設置行車管制號誌，若條件不足則考量設置閃光號誌；(2)建議可於無號誌路口設置反光鏡，使用路人可注意到橫向來車，降低碰撞風險。

• 規則八

在最大路寬 31 公尺以上且周邊有生活機能設施及機構的路口，自行車為事故第一當事人，且自行車道類型為自行車與機動車共道(無分隔)，研判當路口周邊設有生活機能設施及機構包含大賣場、便利商店、金融機構等，容易吸引人車流前往，亦會有車輛臨時停等現象，其中自行車可及性較高，常從路側或路口街角處衝出，又因路口較大，行車環境及動線較為複雜，多數車輛交織，進而導致其他車輛閃避不及，與自行車發生碰撞。依據上述原因，改善建議如下：(1)評估道路條件，規劃設置自行車專用道，使其有良好的騎行動線，降低與其他車流間之影響；(2)建議於路口設置「警 39」標誌，以警示用路人當心自行車。

• 規則九

在最大路寬為 31 公尺以上之路口，自行車易與其他車輛發生追撞事故且自行車非事故第一當事人，研判可能為路口面積較大時，速度較慢之自行車穿越時間較長，而路口又無分車道規範車輛行駛空間，此情境下，自行車易受到後方機動車輛(機車或四輪以上汽車)追撞。依據上述原因，改善建議如下：(1)建議繪設自行車穿越道，使其在穿越路口時，有路權上的保障，降低與其他車種碰撞風險。

• 規則十

在自行車與機動車共道(無分隔)路口，時有自行車自摔及自撞事故，因受到機動車流影響(機動車指機車或四輪以上汽車)，本就習慣騎乘於路側之自行車，可能又因路側設施或路邊停車，導致騎行空間受到壓縮，進而增加自摔或自撞風險，依據上述原因，改善建議如下：(1)建議評估道路條件是否可繪設自行車道，給予其適當且安全之獨立空間，降低周遭環境影響。

二、自行車事故環境影響因子

由前述分析成果及相關規則產出成果可以發現，自行車事故過去研究多數與駕駛人行為或特性的研究分析為主，而本研究主要探討與道路環境因子進行因子關聯影響分析，同時其部分成果亦可回歸到交通工程改善措施中，同時本研究成果重點與進一步研擬改善說明如下：

1. 自行車在騎乘於路寬較大的道路上，其發生事故的次數與風險相關較高。過去研究中也指出路寬是影響自行車事故的重要因素之一(Hwachyi

Wang 等人, 2019)。其路寬較大的號誌化路口，研判可能因為通過路口距離長，但自行車速度慢而通過時間不足所致，因此應該檢討號誌時間；另外，倘若能輔以自行車騎乘的位置，加繪自行車穿越道，規範其騎乘空間並提高標線與自行車之自明性，應可提升其他車輛對於自行車的注意程度。

2. 自行車在與機動車輛混道行駛空間中，其事故風險在過去研究中也曾指出自行車道類型也是有顯著影響(Hwachyi Wang 等人, 2019); Siying Zhu, 2020)。過去我國針對自行車道建置多以自行車與機動車混道為主，另外於標線旁輔以繪製自行車藍色標線或簡單箭頭型標誌，明顯無法彰顯出自行車於該混合車道的行駛空間。本研究建議後續應盤點出可以採用實體分隔為最佳，標線分隔次之原則進行自行車道檢討的思考點位，同時經本研究檢視事故路口後發現，多數自行車亦會於郊區道路且無號路口發生事故，建議可盤點路口是否可以增設自行車道來做為分隔，同時經過路口可增加自行車穿越道來提醒其他用路人與規範自行車騎乘的位置；另外倘無道路空間者，再以評估人行道空間允許下規劃自行車與行人共道之策略，利用速度進行分隔。
3. 電桿為自行車自撞一個重要因子，過去研究甚少討論該因素，本研究推斷其需要圖層進行空間分析與欄位紀錄，因此過去較少紀錄該資料，而本研究利用該點未發現其影響。本研究研判自行車與機動車混流狀況下，自行車會靠右行駛，且當電桿位置設置不良容易造成自行車騎乘空間不足造成自撞，同時不良位置亦會影響視距，進一步造成騎乘風險增加。
4. 當事者編號過去研究甚少提到相關影響證明，主要是第一當事人在過去研判上是以主要當事人作為員警優先紀錄的方式進行，國外研究未有此方式而沒有相關的影響因子作為佐證。從本研究成果可以發現，非第一當事人都是被追撞的現象，顯見於自行車騎士多數發生追撞是被其他用路人從後方追撞為主，因為自行車速度相較於其他車種較慢所致，因此如前述倘若能將自行車道進行區隔或考量與人行道路幅較寬的空間建置在一起，可降低事故風險。

五、結論與建議

本研究利用關聯法則分析自行車各環境影響因子間的相關性，了解自行車路網之路口自行車事故及環境特性，歸納路口自行車事故環境特徵，分析及研判自行車事故之發生情境及其特性，了解自行車環境影響因子間的關係並進一步歸納結論與建議。

5.1 結論

現況下國內之自行車路網仍在建置中，希冀配合國家風景區及各地方政府的觀光亮點計畫做一整體且多元化路網規劃，並新增辦理串聯路線，縫合既有自行車道斷點，因此國內近年之自行車安全逐漸受到重視，配合此議題，本研究針對自行車路網之路口自行車事故進行分析，並於本節綜整前述各路口環境影響因子及事故之分析成果，歸納說明本次研究結論。

1. 本研究部分分析成果可回歸至交通工程改善措施，由分析結果可知，在交通工程改善方面主要可以路寬及自行車與機動車共道二面向著手，國內現況下之自行車道類型多為自行車與機動車共道，在 10 條規則中，多數事故樣態皆含有自行車道與機動車共道，可知若在空間上未妥善分隔二者，自行車事故風險將不斷提升，因此自行車騎行空間規劃建議應評估道路條件，以實體分隔建置自行車道為最佳；其次則是以標線分隔，盡可能給予自行車專用路權；若道路條件無法設置自行車道，則評估道路周邊是否可規劃自行車與行人共道，以速度進行區隔，減少與機動車混流及速差之事故風險。另在路寬的部分，由於路寬較大而造成路口範圍大，可能導致自行車穿越路口時間不足，若在號誌化路口，可能造成自行車違規，加之自行車騎行可及性與自由度相對較高，可能時而自路邊竄出，與其他車輛發生衝突，增加事故風險。綜合上述，建議可針對路寬較大之路口，評估道路條件，規劃自行車道及路口自行車穿越道，增加自行車道之連續性，並可規範自行車騎行動線，減少與其他車輛產生衝突，並於路口周遭適當設置「警 39」標誌，提醒用路人當心自行車。
2. 電桿與事故當事者編號雖目前無文獻支持，但經分析結果發現，電桿與自行車自撞自摔事故有較高的關聯性，顯示於國內電桿為事故重要環境影響因子之一，研判可能為電桿位置設置不當，且自行車與機動車混道

下，自行車騎乘空間及視距受限制，或因自行車習慣騎行於道路右側，與機動車共道時容易造成自行車騎乘空間不足發生自撞事故。針對此，建議可通盤檢視電桿是否有設置不當而影響行車之問題，並以此研提相關改善措施；當事者編號可判斷自行車當事人是否為主要肇責方，並針對其成因進行探討。研究結果顯示，非第一當事人之自行車事故之自行車當事人多發生追撞且是被其他用路人自後方追撞，顯示其為速差導致，而自行車為事故第一當事人則主要發生於路寬較寬之號誌化路口，顯示可能為路口範圍較大且號誌通行秒數不足導致自行車違規。綜上所述，雖電桿及當事者編號過去研究甚少討論或皆無文獻支持，但經本研究之分析成果顯示，其在自行車事故發生成因探討及道路工程設施檢討上具有其參考價值。

3. 除道路交通工程設施因子外，因本研究之分析範圍為自行車環島及多元路線，由於其屬於觀光路線，因此政府於規劃建置時，勢必將地區觀光景點及 POI 設施景點納入路線規劃之考量，鑑於此，本研究採納多項事故 POI 景點進行探討，分析結果顯示，學校及生活機能設施及機構為主要影響因子，研判可能當路口周邊有學校或生活機能設施及機構時易吸引人車流前往，亦會有車輛臨時停等現象，其中自行車可及性較高，常從路側或路口街角處衝出，進而與其他車輛發生衝突，增加事故風險。建議於學校可規劃設置通學步道或自行車與行人共用道，規劃自行車動線，給予自行車專有路權，減少自行車自由度高而產生之事故風險。
4. 自行車環島及多元路網之路口事故成因多指向空間規劃較不完善之問題，故本研究建議短期可針對路口自行車穿越道及設置「警 39」標誌提醒用路人當心自行車進行規劃，增進自行車騎行安全以及自行車於道路上之能見度，中長期則可以清查現況道路配置建立自行車獨立騎乘空間並達到連續性為原則，規劃建置自行車道，給予自行車專有路權與騎行空間。除針對環境影響因子進行清查及規劃改善外，自行車本身駕駛行為亦屬於自行車騎行安全重要的一環，建議可透過不同管道，落實自行車騎乘安全宣導，使其行駛於道路上時能在保護自身的同時保護其他用路人。

5.2 建議

自行車事故之環境影響因子眾多，根據文獻回顧發現，自行車事故之影響因素可區分為人為影響因素及環境影響因素，本研究主要針對環境影響因素進行分析，建議後續可分析自行車騎士之駕駛行為了解其發生年齡族群、旅次目的等，以完善自行車事故情境推論與探討之相關研究，幫助未來自行車安全改善建議研提或加強其他自行車相關議題探討之參考資料可靠度。

另由於環境影響因子圖資有限，分析完整性較不全面，因此納入之環境影響因子有限，建議後續若有相關研究可針對自行車路線之環境影響因子進行清查，增加環境影響因子或其變項進行分析(如：號誌、生活機能設施及機構等)，加強環境影響因子之正確性與完整性，有益於後續相關研究或自行車路線工程設施建設完整性清查，進行相關績效或路線設施缺失檢討作業，加強自行車騎行安全，逐步完善國內自行車之騎乘安全環境及打造安全舒適之自行車觀光路線。

參考資料

內政部營建署(2018)，都市人本交通道路規劃設計手冊(第二版)。

王莉婷(2017)，利用關聯法則演算法探討中藥處方在大腸癌治療之用藥模式，南華大學資訊管理學系碩士論文。

王瑋鈴(2018)，防偽機制關聯法則分析模型之研究，僑光科技大學企業管理學系碩士論文。

內政部(2021)，市區道路及附屬工程設計標準，擷取日期：2023年7月30日，網站：<https://glrs.moi.gov.tw/LawContent.aspx?id=FL037831>。

沈芳瑜(2013)，自行車與機動車輛路口衝突風險分析，國立臺灣大學工學院土木工程學系碩士論文。

李訓誠(2010)，應用資料探勘方法於自行車交通事故特性之研究，中央警察大學碩士論文。

- 林豐福、喻世祥(2004)，腳踏車肇事特性分析及因應措施，交通部運輸研究所委託研究。
- 柯閔翔(2020)，關聯法則應用於機器人輔助揀貨下移動式輕型料架儲位指派策略之模擬分析，中華大學碩士論文，頁 18-20。
- 翁裕翔(2019)，以關聯法則輔助自動調整學生能力與試題難易度系統，南臺科技大學資訊工程學系碩士學位論文。
- 陳垂呈、黃惠苓、林容萱(2022)，「利用商品金額加權關聯規則挖掘消費者適性商品」，*資訊與管理科學*，第 15 卷第 2 期，頁 46-60。
- 張敏亮(2005)，應用資料探勘於交通事故環境之關聯規則與預測，臺中健康暨管理學院資訊科學與應用學系碩士論文。
- 嗎嘉應(2015)，運用階層式分群法及加權 Apriori 探討腦部健檢民眾回診之關聯法則，國立臺灣科技大學工業管理系碩士論文。
- 鄭博全(2018)，利用關聯規則挖掘交通事故規則-以桃園市為例，萬能科技大學資訊管理研究所碩士論文。
- 蘇柏元(2022)，以資料探勘方法探討新北市交通違規條款與相關特徵之關聯性分析，新北市政府 111 年度自行研究報告。
- 蘇振維、張舜淵、楊幼文、鄭嘉盈、高錫鈺、黃志清、田珍綺、張耕碩(2017)，*自行車道系統規劃設計參考手冊(2017 修訂版)*，交通部運輸研究所。
- AASHTO(2018), Highway Safety Manual, HSM-1, American Association of State Highway Transportation Officials.
- Bakhit, P.R., Guo, B., Ishak, S. (2018), "Crash and Near-Crash Risk Assessment of Distracted Driving and Engagement in Secondary Tasks: A Naturalistic Driving Study", *Transp. Res. Rec.* 2672, pp.245–254.
- Burak Yiğit Katanalp, Ezgi Eren(2020), "The novel approaches to classify cyclist accident injury-severity: Hybrid fuzzy decision mechanisms".

- Das, S., Kong, X., & Tsapakis, I. (2021). "Hit and run crash analysis using association rules mining", *Journal of Transportation Safety & Security*, 13(2),123-142.
- Das, S., Tamakloe, R., Zubaidi, H., Obaid, I., & Alnedawi, A. (2021). "Fatal pedestrian crashes at intersections: Trend mining using association rules", *Accident Analysis & Prevention*, 160, 106306.
- Fangrong Chang , Md.Mazharul Haque , Shamsunnahar Yasmin, Helai Huang (2022), "Crash injury severity analysis of E-Bike Riders: A random parametersgeneralized ordered probit model with heterogeneity in means", *Safety Science*(146).
- Hongliang Ding, N.N. Sze. (2022), "Effects of road network characteristics on bicycle safety: A multivariate Poisson-lognormal model", *Multimodal Transportation*(1).
- Hwachyi Wang, Hans De Backer, Dirk Lauwers, S.K.Jason Chang(2019). "A spatio-temporal mapping to assess bicycle collision risks on high-risk areas(Bridges) - A case study from Taipei (Taiwan)", *Journal of Transport Geography* 75, 94-109.
- Marcus Skyum Myhrmann , Kira Hyldekær Janstrup, Mette Møller, Stefan Eriksen Mabit(2020), "Factors influencing the injury severity of single-bicycle crashes", *Accident Analysis and Prevention*(149).
- Prati, G., De Angelis, M., Marín Puchades, V., Fraboni, F., & Pietrantonio, L. (2017). "Characteristics of cyclist crashes in Italy using latent class analysis and association rule mining", *PLoS one*, 12(2), e0171484.
- Siying Zhu(2021), "Analysis of the severity of vehicle-bicycle crashes with data mining techniques", *Journal of Safety Research*(76).
- Xu, C., Bao, J., Wang, C., Liu, P. (2018), "Association rule analysis of factors contributing to extraordinarily severe traffic crashes in China", *J. Safety Res.* 67, pp.65–75.

Yang, T.C., & Lai, H. (2006). "Comparison of product bundling strategies on different online shopping behaviors", *Electronic Commerce Research and Applications*, 5(4), 295-304.

(收稿 112/10/01，第一次修改 112/11/05，接受 112/11/22，定稿 112/12/03)

