

號誌路口自行車與機動車輛衝突風險分析

張學孔¹

沈芳瑜²

陳雅雯³

摘 要

永續發展和綠色運輸已成為許多國家的都市政策，發展綠色運輸除了須著重於便利的公共運輸及友善的步行環境，推廣使用自行車亦是相當重要的一環。自行車之方便、節能、低成本特性，不僅可以提供無縫運輸最後一哩的服務，更可促進整體低碳節能綠色運輸發展。然而，現今臺灣都市道路設計皆是以汽車為本位，在尚未建立完善的自行車環境之前，自行車使用者仍然面對不友善、不安全的道路狀況。為瞭解自行車與機動車輛於路口的衝突狀況，本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。研究中以台北市重要路口為案例，運用所建之風險分析架構進行研究，並提出相關交通工程改善方案。最後，應用敏感度分析評估各情境因子對於「直行情境」、「右轉情境」及「左轉情境」衝突風險之影響程度。研究結果顯示，當路口車道數較少且設置自行車相關設施，可有效降低自行車與機動車輛之衝突風險、提升自行車安全。本研究之成果可作為主管機關改善路口機動車輛與自行車衝突、建立安全友善自行車環境之參考。

關鍵詞：自行車、交通衝突、駕駛行為、風險分析

一、前 言

由於地球暖化、溫室氣體排放等問題日益嚴重，永續和綠色運輸已成為許多國家的都市發展政策。發展綠色運輸除了著重於便利的公共運輸及友善的步行環境，推廣使用自行車亦是相當重要的一環。自行車具有無噪音、無汙染、節能、低成本、健康等優點，不僅可提供無縫運輸中最後一哩(Last Mile)的服務，更可促進公共運輸發展。目前臺灣休閒遊憩之自行車發展已有卓越成就，許多民眾假日休閒活動選擇至河濱公園或是各觀光景點騎乘自行車，但都市內自行車環境相較於自行車通勤風氣旺盛之國際城市尚有極大的改善空間。

¹ 臺灣大學土木工程學系教授（聯絡地址：106 臺北市羅斯福路四段 1 號，電話：886-2-23629162，E-mail: skchang@ntu.edu.tw）。

² 臺灣大學土木工程研究所交通工程組碩士。

³ 臺灣大學先進公共運輸研究中心組長。

現今都市道路設計皆是以車為本，尚未建立完善的自行車環境之前，自行車使用者仍然必須面對較不安全不友善的道路狀況。根據內政部警政署統計(2012)，2011年全台自行車A1類型與A2類型道路事故共5219件，約佔各肇事車種之2.2%，機車為49.4%，小客車為32.4%，雖然自行車事故件數較機動車輛少，倘若以曝光量衡量，自行車發生死傷道路事故率高於一般汽車(Broughton等人, 2010; ERSO, 2011)；而根據林豐福、喻世祥(2004)研究指出，自行車事故地點又以交叉路口佔最高比例，約為52.8%，其次為快車道(25.9%)，但在路口有關維護自行車之安全設施該如何規劃與設置，仍欠缺較具法律效力的設計規範。因此，確認路口自行車的可能肇事風險並據以提出交通工程改善策略，是提供安全、友善的自行車環境亟需深入研究與探討的課題。

本研究之目的係探討自行車與機動車輛於號誌交叉路口的衝突狀況，並應用量化風險評估(Quantitative Risk Assessment, QRA)之概念，分析不同道路條件情境下自行車與機動車輛之衝突風險值，同時據以提出減少衝突、降低風險的改善建議。

然而，過去肇事與風險分析之研究，大多係利用歷史肇事資料，以時間序列或迴歸模式等方法預測未來事故發生機率及規模，較少考量新運具、新設施等對於風險之影響。故本研究在量化風險評估架構下，結合勝算比(Odds Ratio)，透過駕駛人行為傾向問卷調查結果求得風險機率；接著，藉由自行車道路涉入事故資料進行自行車與機動車輛衝突之風險規模衡量，進而分析各情境之風險值；最後，透過敏感度分析瞭解各情境因子對於風險值之影響。

二、文獻回顧

2.1 自行車安全

FHWA (2012)之研究指出自行車事故包含區位因子、車速因子、氣候因子及駕駛人因子，其研究結果顯示69%自行車事故發生於四月至九月之間，70%自行車與機動車輛事故發生於較多自行車使用者之都市地區，而有51%事故發生於交叉路口或交叉路口附近，且事故嚴重性隨車速上升成指數成長。同向機動車輛右轉與對向機動車輛左轉常與直行自行車發生衝突，可透過改善號誌、標誌減少衝突；另外，43%之路口事故係由於自行車使用者逆向於車道、人行道或是違反交通號誌，可能原因為機動車輛較多及自行車道不連貫，導致自行車必須行駛於人行道，甚至是逆向才能夠擁有較便利的行駛路徑。

RoSPA (2012)研究顯示英國每年大約有19,000名自行車使用者於道路事故中死亡或受傷，而此數字僅代表受到警方通報的事故，意即自行車實際安全狀況可能更加嚴重。約有75%自行車事故係發生於都市地區，三分之二事故位置位於交叉路口、T字路口、圓環；事故時間則以上下班尖峰時段佔多數，而當速限增加時，自行車使用者便更可能發生嚴重的傷亡事故；最常涉入自行車事故的車輛為一般汽車與計程車。另外，常見自行車事故類型包括

機動車輛出現於自行車道、機動車輛於自行車道轉向、自行車行駛入一般車道、自行車與機動車輛直行及自行車由次要道路右轉進入主要道路。

Bil 等人(2010)及 Kim 等人(2007)之研究皆指出，對於自行車使用者而言，最危險的情況便是與機動車輛互動，特別是在路口較易發生事故。PROMISING (2001)為了提供更友善的自行車環境，應同時考慮技術與規範，包括：自行車優先停等線、自行車優先時相、減少自行車於路口等候時間及允許自行車紅燈右轉；除此之外，自行車騎士與機動車輛發生事故，常因為機動車輛未注意到自行車的存在或是自行車騎士誤以為自己有被注意到，故提升自行車對於機動車輛之可視度(Visibility)亦是相當重要的。

Rabon 等人(2008)提出欲減少自行車路口事故，可透過以下策略達成目標：第一，改善路口可視度，如：增加視距、改善照明與交通控制設施之可視度等；第二，改善號誌時向與偵測，如：提供自行車優先時向或專用時向、適當的清道時段及自行車感應器等；第三：改善標誌，如：右轉車道禮讓自行車、自行車警告標誌等；第四：改善路口鋪面標示，如：優先停等線、彩色自行車穿越道、整合自行車道與右轉車道等；第五：改善路口幾何設計，如：減少自行車穿越距離、設置安全島或中央分隔島；第六：限制紅燈右轉；第七，規劃自行車亦可使用之圓環；第八，提供天橋或地下道。

2.2 駕駛行為與肇事

Al-Ghamdi (2002)為探討影響交通事故嚴重之主要原因，以 560 筆交通事故資料的傷亡當事人為樣本，透過對照查詢醫療報告來判斷當事人傷亡的嚴重程度，分為「死亡」與「受傷」兩類，以羅吉斯迴歸模式來分析肇事地點、肇事原因與嚴重程度之關聯性。研究結果顯示肇事地點、肇事原因與嚴重程度具有顯著相關，而非號誌化路口事故之嚴重程度顯著高於號誌路口；肇事原因為當事人闖紅燈、逆向行駛單行道者，以逆向行駛之死亡勝算比遠高於其他肇事原因，意即逆向行駛單行道的當事人死亡機率高於其他肇事原因的當事人。

Amoros 等人(2003)以法國交通事故資料為研究對象，其考量因素包括道路等級、道路特性、肇事時段等變數，並以負二項與羅吉斯特迴歸來分析，且利用勝算比(Odds Ratio)比較嚴重程度；研究結果顯示新手駕駛人的肇事率較一般駕駛人高 0.43 倍；在嚴重程度方面，新手駕駛人死亡率較低，且各地區亦會因為道路種類的不同，使肇事率與嚴重程度也有所差異。Iversen (2004)藉由蒐集過去一年內事故資料，探討假使態度與駕駛行為之關聯性，研究結果顯示過去一年曾有事故紀錄之駕駛人較為有事故紀錄之駕駛人，具有更高頻率的危險駕駛行為，如違規駕駛、車速駕駛、衝動駕駛、玩樂性駕駛及未繫安全帶等。

林芝嶸(2010)探討小客車危險駕駛行為是否會受到機車駕駛經驗之影響，導致駕駛小客車時自然地表現出駕駛機車時常有之危險駕駛習慣，採用問卷方式，調查有無機車駕駛經驗之小客車危險駕駛行為、有機車經驗之駕駛人的機車危險駕駛行為。研究結果顯示，有機車駕駛經驗之駕駛人比無機車駕

駛經驗者較易有小客車危險駕駛行為；且發現小客車危險駕駛行為與其相似之機車危險駕駛行為有高度相關。

林佐鼎、陳志和(2001)係是以個體觀點探究肇事之嚴重程度，將駕駛人的受傷程度分為未受傷、受傷及死亡，利用依序羅吉特模式分析都市地區路段及路口內各駕駛人受到各等級程度傷害的機率。研究結果顯示，肇事發生時男性駕駛人受傷的程度皆比女性駕駛人輕微；所有駕駛車種當中，最安全的是大型車及小型車，最危險的是自行車；而受傷嚴重程度模式中，有砂石車牽涉肇事都是最重要的致命因素，除此之外，酒後駕車、超速失控以及路旁物品撞擊等變數對駕駛人死亡的影響有顯著影響；路段上的速限越高，發生肇事時駕駛人死亡的機率越大，快慢車道之間若設有交通島將可降低肇事駕駛人的受傷程度。

吳易真(2003)於基隆市交通事故分析及安全改善之研究中，以交通工程觀點，研擬對於路口交叉撞、側撞改善策略，其應以清除視障、以標線或反光路面標記來突顯路口存在、主要道路設置警告標誌及次要道路設置「停」、「讓」字標誌，或於夜間低流量時段以閃光號誌取代三色號誌以提醒駕駛人等方式，以減少路口肇事率。

黃士軒(2007)利用臺灣 2003 年至 2005 年間 A1 類型及 A2 類型交通事故資料，以決策樹分析交岔路口兩車碰撞事故特性，研究結果顯示非號誌化路口受限於路幅狹窄，年輕族群駕駛小型車與對向機車擦撞之風險較高，可能導致小型車與機車會車時，年輕駕駛傾向強行穿越而造成擦撞；巷弄路口受到建築物遮蔽之影響，可能因視距不良無法察覺橫向車流之風險而發生橫向擦撞，且以當事人特性分析顯示，女性機車騎士發生事故之風險較高。

2.3 量化風險評估

風險管理旨在結果與代價間取一平衡點，以降低風險大小並同時在風險形成時減少非預期結果的發生，為達此目的需一完整風險管理流程。根據 Tsai(1998)與蘇建誌(2002)的研究顯示，量化風險評估(Quantitative Risk Assessment, QRA)架構主要包含確認危險事件(Identification of Hazard)、風險衡量(Risk Estimation)及風險評估(Risk Appraisal)等三個項目，茲分別說明如下：

1. 確認危險事件

風險評估第一步驟便要確認所有可能發生的負面事件或危險事件(Hazards)。事件的確認過程必須具有周延性，因為它們將導致主要的危險，倘若這些危險來源受到忽視，將導致活動之潛在負面事件風險無法予以完整列計，而直接造成活動風險的低估。一般而言，確認安全相關的危險事件通常使用事故資料統計為基礎的列表方式。

2. 風險衡量

在確認危險事件後，接著則應分別衡量每一危險事件的發生頻率(Frequency)及每一危險事件發生後之影響(Consequence)，即依據風險定義來衡量風險。最後將各個確認的事件風險進行加總，即可得該活動的總預期風

險。此外，亦可以結合歷史資料及機率分析方法來估算事件之發生頻率。

3. 風險評估

風險評估係依訂定的風險指標，對所衡量的風險進行主客觀評估，作為進行後續風險控制的基礎。風險評估常見工具為 ALARP，又稱倒三角風險原理，源自於英國政府之健康安全案例概念，其風險評估作業主要是運用兩項「風險忍受度」的臨界值區分風險水準及其相關的作業內容(李文魁, 2005)。臨界值包括「不可忍受風險(Intolerability risk)臨界值」及「可忽視風險(Negligible risk)臨界值」。兩臨界值將風險水準區分為不可忍受風險區域、ALARP(As Low As Reasonably Practical)區域及可忽視風險區域等三個區域。

三、自行車事故分析

本研究利用臺北市交通警察大隊提供之臺北市 2008 年至 2011 年自行車涉入道路事故資料，針對事故數趨勢、路口衝突類型、路口傷亡人數及責任歸屬分析如下：

1. 事故數與傷亡人數

由圖 1 顯示，雖然 2008 年至 2011 年臺北市自行車涉入事故死亡人數自 2009 年開始逐年下降，但事件數與受傷人數皆呈現成長趨勢，意即都市地區自行車安全亟需受到重視，若不盡早提出改善措施、提升道路狀況之安全性，隨著自行車騎乘風氣越來越興盛，便可能造成更嚴重之自行車事故。

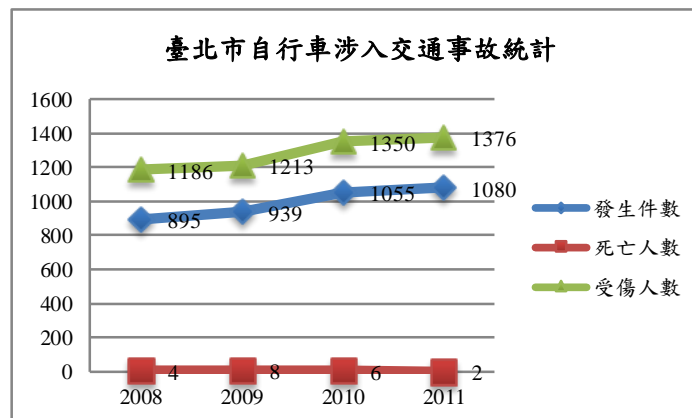


圖 1 臺北市自行車涉入交通事故數與傷亡人數

2. 路口衝突類型

由圖 2 可得知，路口衝突類型發生比例與上述衝突類型有明顯差異，最常發生之衝突類型為側撞，約佔 31.6%，其次為車與車其他，約佔 24.5%，顯示無法歸類的衝突狀況仍佔多數，另外，路口交岔撞與同向擦撞亦佔相當高之比例，分別為 18.6%、13.0%。而此四大類型衝突發生比例約佔 87.6%，顯示若能針對此四大衝突類型進行降低風險之研究，便可望改善大多數的自行車路口事故，但由於車與車其他屬無法歸類的衝突類型，因此不納入本研究範疇，故本研究將聚焦於路口衝突之側撞、路口交岔撞及同向擦撞進行後續分

析。

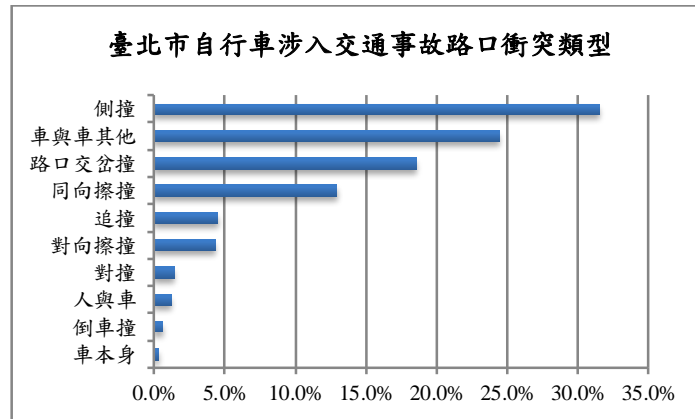


圖 2 臺北市自行車涉入交通事故路口衝突類型

3. 路口衝突之傷亡人數

2008 年至 2011 年間，側撞衝突共造成 828 人受傷與 1 人死亡，路口交岔撞造成 527 人受傷與 2 人死亡，同向擦撞則造成 329 人受傷與 1 人死亡。而側撞、路口交岔撞、同向擦撞之傷亡人數將作為本研究後續風險規模衡量之依據。

4. 路口衝突責任歸屬

以第一當事人而言，無論是側撞、路口交岔撞或同向擦撞，機動車輛皆佔有六成以上之責任歸屬，尤以同向擦撞佔最高比例，約 78.9%；而非第一當事人分為機動車輛、自行車及行人，側撞、路口交岔撞及同向擦撞三種衝突類型皆是自行車佔多數，分別為 69.9%、58.3%、74.6%。此分析結果顯示，自行車使用者在道路事故當中佔非第一當事人比例較高，亦即其需負較輕的肇事責任或不需承擔肇事責任，相較於機動車輛係屬被害的角色，驗證目前道路環境以車為本、較不利於自行車，易導致自行車駕駛人因機動車輛駕駛人肇事而涉入事故。

四、問卷設計與分析

本研究問卷分為兩大部分，共有 34 題，第一部分為情境駕駛行為，根據自行車涉入交通事故分析結果將衝突類型分為直行、右轉及左轉三個情境，而每一情境皆有情境說明及情境傾向影響表，問卷量表分為六尺度，並將可能影響駕駛行為之道路環境因子劃分為八個情境因子，使汽機車受訪者想像行經路口打算直行或轉向時，在各路口條件下駕駛行為傾向之差異，情境因子組包括：車道數、一般車輛號誌、自行車號誌、路口標誌、自行車穿越道、自行車停等設施、自行車右轉設施、自行車通過警示聲，每一情境因子組約有 2 至 5 個問項，其中各情境因子之設定皆有「Null」問項（現有未改善之交通情境），以作為後續風險分析之基準。

第二部分為個人基本資料，社經特性包含「性別」、「年齡」、「職業」、「學歷」、「平均月所得」等五項。交通經驗則包含「主要交通工具」、「每週使用

汽機車次數」、「每週使用自行車次數」、「汽車駕駛年資」、「機車駕駛年資」、「是否對於駕駛技術有自信」、「去年涉入交通事故次數」以及「去年遭警方舉發交通違規次數」等 8 項，而汽機車年資、交通事故次數與交通違規次數為開放式問題，由受訪者根據經歷自行填入數字。

本研究實體問卷及網路問卷總計發放 640 份，扣除無效問卷，共回收 588 份有效問卷，回收率為 91.88%，其中包含實體問卷 419 份，網路問卷 169 份。信度分析結果顯示，無論是問卷整體信度、情境信度及情境因子信度，Cronbach's α 皆大於 0.6，信度表現良好，表示本研究問卷量表所蒐集之資料具有一致性及穩定性，可供後續分析使用。

五、風險分析

5.1 分析架構

本研究採用 Gratt(1989)之定義，風險值為「事件發生機率與事件發生後之結果的乘積」，意即「風險機率 \times 風險規模=風險值」。而本研究風險分析架構主要分為五階段，茲分別說明如下：

1. 駕駛行為風險機率：透過發放機動車輛駕駛人行為傾向問卷，將駕駛人在各道路條件下之傾向意願換算為風險機率。
2. 駕駛行為風險規模：結合自行車涉入事故資料與文獻回顧，評估各道路條件發生事故之風險規模。
3. 情境風險分析：彙整上述兩階段之分析結果，組合各道路條件，進行情境風險分析。
4. 案例分析：針對本研究問卷調查地點進行案例分析，瞭解目前此路口自行車與機動車輛發生衝突之風險值，並提出改善建議。
5. 敏感度分析：透過敏感度分析探討直行情境、右轉情境、左轉情境各道路條件對於風險值的影響。

5.2 情境風險分析

本研究風險分析將道路條件、自行車相關設施等情境因子歸納為八個情境因子組，直行、右轉、左轉情境各包含七個情境因子組。情境分析即由情境因子組中各挑選一項目組成一道路環境，藉由各情境因子之風險機率及自行車事故衝突類型之風險規模，求得該情境之風險值，但由於情境因子組可組成五百萬組道路環境，無法一一詳細討論，故本研究在直行、右轉、左轉情境中，各選擇三個道路環境組合進行分析，其中，設定 Null 情境（現有未改善之交通情境）為比較基準，最高行為傾向情境為各情境因子組中風險機率最高項目之組合，最低行為傾向情境則風險機率最低項目之組合。

當自行車直行通過路口時，可能與同向直行機動車輛發生同向擦撞之衝

突風險如表 1 所示。雖然最高行為傾向情境之風險規模與 Null 情境相同，皆為 5.36，但由於最高行為傾向之風險機率較高，故其風險值(3.60)高於 Null 情境(3.25)，相當於每發生一件自行車與機動車輛道路事故便可能造成 0.34 人死亡、0.80 人受傷。當路口車道數為雙向各一車道且設置一般車輛號誌、自行車優先號誌、直行車輛須禮讓自行車標誌、紅色鋪面自行車穿越道、自行車優先停等線、自行車通過警示聲等設施時，機動車輛駕駛人其風險行為傾向最低，風險機率為 14.47%、風險規模為 3.48，皆明顯低於 Null 情境、最高行為傾向情境，故其風險值為最小值(0.50)。

表 1 直行情境風險分析

情境		Null	最高行為傾向	最低行為傾向
情境因子	車道數	雙向各一車道	雙向各三車道以上	雙向各一車道
	一般車輛號誌	無一般車輛號誌	無一般車輛號誌	有一般車輛號誌
	自行車號誌	無自行車優先號誌	無自行車優先號誌	有自行車優先號誌
	自行車路口標誌	無自行車路口標誌	無自行車路口標誌	有直行車輛須禮讓自行車標誌
	自行車穿越道	無自行車穿越道	無自行車穿越道	有紅色鋪面自行車穿越道
	自行車停等設施	無自行車停等設施	無自行車停等設施	有自行車優先停等線
	自行車通過警示聲	無自行車通過警示聲	無自行車通過警示聲	有自行車通過警示聲
風險機率	總和	60.59%	67.08%	14.47%
風險規模	肇事次數當量	5.36	5.36	3.48
	死亡人數	0.51	0.51	0.33
	受傷人數	1.19	1.19	0.77
風險值	肇事次數當量	3.25	3.60	0.50
	死亡人數	0.31	0.34	0.05
	受傷人數	0.72	0.80	0.11

直行自行車與同向右轉、右端右轉機動車輛發生側撞之衝突風險如表 2 所示，最高行為傾向情境之風險機率(70.86%)、風險規模皆(5.49)與 Null 情境相同，故其風險值皆為 3.89，相當於每發生一件自行車與機動車輛道路事故便可能造成 0.37 人死亡、0.86 人受傷。當路口設置一般車輛號誌且無右轉專用號誌、自行車優先號誌、右轉車輛須禮讓自行車標誌、紅色鋪面自行車穿越道、自行車優先停等線、右轉車道標繪自行車、自行車通過警示聲等設施時，機動車輛駕駛人風險行為傾向最低，風險機率降至 10.99%、風險規模為 1.87，皆明顯低於 Null 情境、最高行為傾向情境，故其風險值為最小值(0.21)。

表 2 右轉情境（側撞）風險分析

情境		Null	最高行為傾向	最低行為傾向
情境因子	一般車輛號誌	無一般車輛號誌	無一般車輛號誌	有一般車輛號誌，但無右轉專用號誌
	自行車號誌	無自行車優先號誌	無自行車優先號誌	有自行車優先號誌
	自行車路口標誌	無自行車路口標誌	無自行車路口標誌	有右轉車輛須禮讓自行車標誌
	自行車穿越道	無自行車穿越道	無自行車穿越道	有紅色鋪面自行車穿越道
	自行車停等設施	無自行車停等設施	無自行車停等設施	有自行車優先停等線
	自行車右轉設施	無自行車右轉設施	無自行車右轉設施	右轉車道標繪自行車
	自行車通過警示聲	無自行車通過警示聲	無自行車通過警示聲	有自行車通過警示聲
風險機率	總和	70.86%	70.86%	10.99%
風險規模	肇事次數當量	5.49	5.49	1.87
	死亡人數	0.52	0.52	0.18
	受傷人數	1.22	1.22	0.41
風險值	肇事次數當量	3.89	3.89	0.21
	死亡人數	0.37	0.37	0.02
	受傷人數	0.86	0.86	0.05

直行自行車可能與右端左轉、對向左轉機動車輛發生路口交岔撞之衝突風險如表 3 所示，雖然最高行為傾向情境之風險規模與 Null 情境相同，但由於最高行為傾向發生於路口雙向各三車道以上時，風險機率較高，故其風險值高於 Null 情境，相當於每發生一件自行車與機動車輛道路事故便可能造成 0.37 人死亡、0.86 人受傷。而當路口車道數為雙向各一車道且設置一般車輛號誌且無左轉專用號誌、自行車優先號誌、左轉車輛須禮讓自行車標誌、紅色鋪面自行車穿越道、自行車優先停等線、自行車通過警示聲等設施時，機動車輛駕駛人風險行為傾向最低，風險機率降至 13.90%、風險規模為 2.86，皆明顯低於 Null 情境、最高行為傾向情境，故其風險值為最小值(0.40)。

表 3 左轉情境（路口交岔撞）風險分析

情境		Null	最高行為傾向	最低行為傾向
情境因子	車道數	雙向各一車道	雙向各三車道以上	雙向各一車道
	一般車輛號誌	無一般車輛號誌	無一般車輛號誌	有一般車輛號誌，但無左轉專用號誌
	自行車號誌	無自行車優先號誌	無自行車優先號誌	有自行車優先號誌
	自行車路口標誌	無自行車路口標誌	無自行車路口標誌	有左轉車輛須禮讓自行車標誌
	自行車穿越道	無自行車穿越道	無自行車穿越道	有紅色鋪面自行車穿越道
	自行車停等設施	無自行車停等設施	無自行車停等設施	有自行車優先停等線
	自行車通過警示聲	無自行車通過警示聲	無自行車通過警示聲	有自行車通過警示聲
風險機率	總和	60.79%	65.85%	13.90%
風險規模	肇事次數當量	5.89	5.89	2.86
	死亡人數	0.56	0.56	0.27
	受傷人數	1.31	1.31	0.64
風險值	肇事次數當量	3.58	3.88	0.40
	死亡人數	0.34	0.37	0.04
	受傷人數	0.80	0.86	0.09

5.3 案例分析

在目前臺北市新生南路和平東路路口之交通工程設施下，直行自行車與直行機動車輛發生同向擦撞之風險值為 2.79，與右轉機動車輛發生側撞之風險值為 3.08，與左轉機動車輛發生路口交岔撞之風險值為 3.09，整體風險值為 8.96，相當於每發生一起自行車與機動車輛道路事故便可能造成 0.85 人死亡、1.99 人受傷。由於新生南路設有公車專用道，較難改變新生南路之道路環境與一般車輛號誌，故若欲減少衝突，建議可透過增設自行車優先號誌、一般車輛須禮讓自行車標誌、自行車通過警示聲，且於機慢車待轉區與右轉車道標繪自行車，並將現有白色標線自行車穿越道改為紅色鋪面，提升自行車穿越道之連貫性與鋪面品質，不僅可減少自行車與機動車輛之衝突，亦可減少自行車與行人之衝突。

另外，建議可於和平東路試辦自行車優先停等線(Bike box)，取消原有機車停等區並搭配僅自行車可紅燈右轉之優先路權。然而，由於國外城市機車數量遠低於台灣，在設置自行車優先停等線的路口未設有機車停等線，本研究考量臺灣混和車流特性，建議僅於路口一肢進行試辦，待未來自行車旅次量大幅成長後，再逐步設置自行車優先停等線。改善後整體風險值(表 4)將由 8.96 降至 1.52，每一自行車與機動車輛道路事故死亡人數將由 0.85 人降至 0.14 人、受傷人數由 1.99 人降至 0.34 人，而路口配置如圖 3 所示。

表 4 臺北市新生南路和平東路口改善風險分析

情境因子	改善後			
	項目	直行情境 (同向擦撞)	右轉情境 (側撞)	左轉情境 (路口交岔撞)
車道數	雙向各三車道以上	9.04%	-	8.17%
一般車輛號誌	有一般車輛號誌	3.17%	-	-
	且有右轉專用號誌	-	3.43%	-
	且有左轉專用號誌	-	-	3.69%
自行車號誌	有自行車號誌	2.58%	1.75%	2.37%
自行車路口標誌	有一般車輛須禮讓自行車標誌	1.34%	0.96%	1.51%
自行車穿越道	紅色鋪面	1.28%	1.08%	1.19%
自行車停等設施	自行車優先停等線	1.37%	1.23%	1.57%
自行車右轉設施	右轉車道標繪自行車	-	1.67%	-
自行車通過警示聲	有自行車通過警示聲	2.18%	1.61%	1.57%
風險機率	總和	20.96%	11.73%	20.07%
風險規模	肇事次數當量	3.48	1.87	2.86
風險值	肇事次數當量	0.73	0.22	0.57
總風險值	肇事次數當量	1.52		
	死亡人數	0.14		
	受傷人數	0.34		

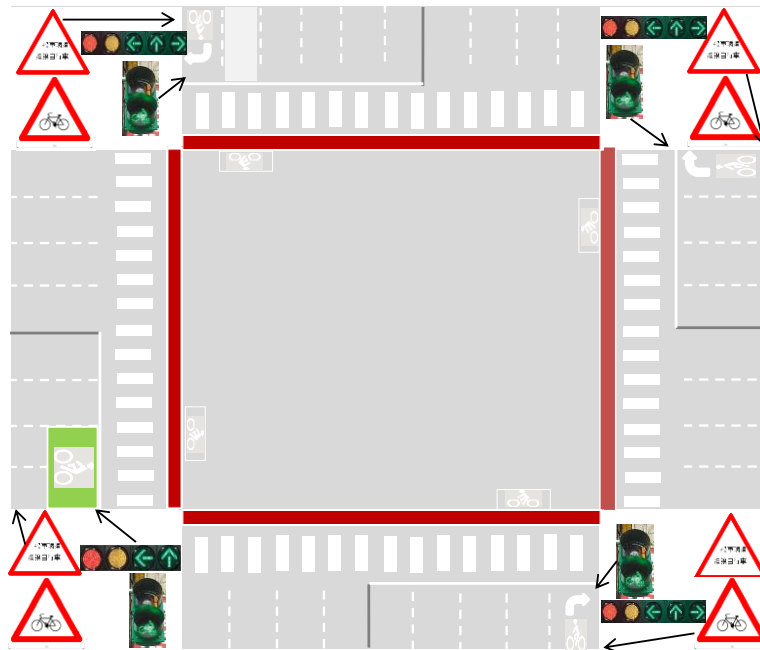


圖 3 臺北市新生南路和平東路口改善後配置圖

5.4 敏感度分析

敏感度分析係用以評估不同的模式輸入參數對於模式輸出結果造成影響之程序，而本研究以 Null 情境（現有未改善之交通情境）做為比較基準，應用敏感度分析探討 8 個情境因子組中，各項目對於直行情境、右轉情境、左轉情境之風險值影響。

敏感度分析結果顯示，當路口車道數增加時，衝突風險值隨之上升 1.04% 至 8.33%；設置一般車輛號誌但無轉向專用號誌時可降低最高比例之側撞、路口交岔撞風險值；設置自行車優先號誌對於左轉情境之影響最為顯著，可大幅降低 22.56% 之路口交岔撞風險值；設置「一般車輛須禮讓自行車標誌」之效果較優於「自行車經過警告標誌」，顯示強制性語氣之標誌更有助於改善衝突風險；自行車穿越道改為紅色鋪面，風險改善程度最大；自行車優先停等線降低衝突風險之幅度較顯著於自行車待轉區；右轉車道標繪自行車標示可降低 38.52% 之側撞風險值；當路口設置自行車通過警示聲時，可改善 16.25% 至 18.27% 之衝突風險值。

六、結論與建議

本研究在量化風險評估架構下，結合勝算法，透過駕駛人行為傾向問卷調查及自行車涉入道路事故資料進行自行車與機動車輛衝突風險衡量，接著針對問卷調查之路口運用本研究提出之風險分析架構進行案例分析，提出改善措施之建議，最後應用敏感度分析評估各情境因子組對於直行情境、右轉

情境及左轉情境衝突風險之影響程度。以下彙整本研究之內容與成果，提出具體之結論與建議。

6.1 結論

1. 自行車使用者最危險的狀況便是與機動車輛互動，且交叉路口是最易發生事故的位置，而為了提升自行車安全，增加自行車之可視度(Visibility)是相當重要的，因此許多國家於路口設置自行車相關設施以減少自行車與機動車輛之衝突，如：明顯鋪面穿越道、槽化轉向設施、優先停等線、優先路權、專用號誌及警告標誌等。本研究風險分析與案例研究成果，明確驗證相關交通工程措施會明顯降低自行車與機動車之衝突風險。
2. 本研究蒐集並分析臺北市 2008 年至 2011 年自行車涉入道路事故資料，得知自行車事故事件數與受傷人數呈成長趨勢；最常發生自行車事故之時間為上下班尖峰時段，地點則為交叉路口；在責任歸屬方面，自行車佔非第一當事人比例較高，即機動車輛應負較重之肇事責任；而交叉路口內最常發生之衝突類型為側撞、路口交岔撞及同向擦撞。
3. 情境風險分析顯示，無論是直行、右轉或左轉情境，當路口車道數較少且設置自行車相關設施時，可減少自行車與機動車輛之衝突風險。而整體風險機率最高為右轉情境，其次為左轉、直行，與自行車涉入道路事故分析結果相符，自行車與機動車輛最常見的衝突狀況為側撞，其次為路口交岔撞及同向擦撞。雖然右轉最高行為傾向情境之風險值高於直行、左轉情境，但右轉最低行為傾向情境之風險值低於直行、左轉情境，意即路口設置改善設施將顯著降低自行車與機動車輛之側撞衝突。
4. 案例分析顯示，臺北市新生南路和平東路口整體風險值將由 8.96 降至 1.52，除設置自行車相關設施以外，亦須提升自行車穿越道之鋪面品質與連貫性，且注意改善措施是否受到人行天橋影響視距。
5. 敏感度分析顯示，設置一般車輛號誌但無轉向專用號誌、強制性標誌、右轉車道標繪自行車、優先停等線等降低衝突風險之幅度較顯著。

6.2 建議

1. 由於欠缺情境因子對於風險規模影響之資料，本研究僅能透過自行車事故資料及既有研究歸納特定項目之風險降低率評估風險規模；對於措施改善後風險評估及未經改善之路口肇事事故資料之比較與驗證，有待後續深入研究。
2. 曝光量為影響交通安全之重要因素，而本研究風險分析並未考量自行車或機動車輛之曝光量，建議後續研究可將曝光量納入風險分析架構。
3. 目前警政單位道路事故資料庫亦是以車為本，許多資料編碼並不適用於自行車道路事故，導致約有 25% 之事故衝突類型無法分類，僅能歸類於「其他」，建議可聚焦於自行車事故特性重新定義項目編碼，此有助於更細緻瞭

解自行車相關肇事種類及風險分析。

4. 本研究建議自行車相關號誌、標誌、標線、槽化等交通工程設施涉及相關法規修訂以及交通工程手冊增修，此有助於提升整體自行車安全之工作，值得及早推動。另外，亦可透過教育宣導或強化智慧執法改善自行車與機動車輛之衝突，而教育宣導及強化智慧執法在對於風險之影響有待進一步研究。

參考文獻

內政部警政署(2012)，道路交通事故統計。

吳易真(2003)，基隆市交通肇事分析及安全改善之研究」國立交通大學交通運輸研究所碩士論文。

李文魁(2005)，航空安全風險評估模式之研究，國立成功大學交通管理科學研究所博士論文。

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8屆運輸安全研討會。

林芝嶸(2011)，機車駕駛經驗對小客車危險駕駛行為之關聯研究，國立交通大學運輸科技與管理學研究所碩士論文。

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。

黃士軒(2007)，交叉路口雙車事故分析，國立交通大學交通運輸研究所碩士論文。

蘇建誌(2002)，台灣地區貨車安全風險分析之研究，國立高雄第一科技大學運輸與倉儲營運研究所碩士論文。

Al-Ghamdi AS.(2002), "Using logistic regression to estimate the influence of accident," *Accident Analysis and Prevention* Vol. 34, No. 6, pp. 729-741.

Amoros, E., Martin, J.L. and Laumon, B.(2003), "Comparison of road crashes incidence and severity between some French counties," *Accident Analysis and Prevention* Vol. 35 No. 4, pp. 537-547.

Bil, M., Bilova, M. and Muller, I.(2010), "Critical factors in fatal collisions of adult cyclists with automobiles," *Accident Analysis and Prevention* Vol. 42 No. 6, pp. 1632-1636.

Broughton, J., Keigan, M., Yannis, G., Evgenikos, P., Chaziris, A., Papadimitriou, E., Bos, N., Hoeglenger, S., Pérez, K., Amoros, E., Hollo, P. and Tecl, J. (2010), "Estimation of the real number of road casualties in Europe", *Safety Science* Vol. 48 No. 3, pp. 365-371.

- European Road Safety Observatory (2011), Traffic Safety Basic Facts-Cyclists.
- FHWA (2012), Bicycle Road Safety Audit Guidelines and Prompt Lists.
- Rabon, C. and Torbic, D.J. et al.(2008), "A Guide for Reducing Collisions Involving Bicycles," *The Transportation Research Board*, NCHRP Report 500 Volume 18.
- RoSPA (2012), "Road Safety Information-Cycling Accidents," *The Royal Society for the Prevention of Accidents*.
- Tsai, M.C.(1998), "Delay and risk at automatic level crossing in Britain," *Traffic Engineering Control* 39, pp. 492-498.