

112-026-3516
MOTC-IOT-111-SBB004

以無人機探勘人車流動資訊之 應用情境規劃與先導測試 (2/3)- 非號誌化路口



交通部運輸研究所

中華民國 112 年 4 月

112-026-3516
MOTC-IOT-111-SBB004

以無人機探勘人車流動資訊之 應用情境規劃與先導測試 (2/3)- 非號誌化路口

著者：溫基信、王宏生、黃家耀、胡守任、蘇志文、
葉祖宏、賴靜慧、黃明正

交通部運輸研究所

中華民國 112 年 4 月

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

以無人機探勘人車流動資訊之應用情境規劃與先導測試. (2/3) : 非號誌化路口/溫基信, 王宏生, 黃家耀, 胡守任, 蘇志文, 葉祖宏, 賴靜慧, 黃明正著.
-- 初版. -- 臺北市 : 交通部運輸研究所, 民
112.04

面 ; 公分
ISBN 978-986-531-489-7(平裝)

1. CST: 交通管理 2. CST: 交通安全 3. CST: 遙控飛機

557

112005658

以無人機探勘人車流動資訊之應用情境規劃與先導測試(2/3)-非號誌化路口
著者：溫基信、王宏生、黃家耀、胡守任、蘇志文、葉祖宏、賴靜慧、
黃明正
出版機關：交通部運輸研究所
地址：105004 臺北市松山區敦化北路 240 號
網址：www.iot.gov.tw (中文版>數位典藏>本所出版品)
電話：(02)2349-6789
出版年月：中華民國 112 年 4 月
印刷者：全凱數位資訊有限公司
版(刷)次冊數：初版一刷 75 冊
本書同時登載於交通部運輸研究所網站
定價：500 元
展售處：
交通部運輸研究所運輸資訊組・電話：(02)2349-6789
國家書店松江門市：104472 臺北市中山區松江路 209 號・電話：(02)2518-0207
五南文化廣場：400002 臺中市區中山路 6 號・電話：(04)2226-0330

GPN : 1011200381 ISBN : 978-986-531-489-7 (平裝)

著作財產權人：中華民國（代表機關：交通部運輸研究所）

本著作保留所有權利，欲利用本著作全部或部分內容者，須徵求交通部運輸研究所書面授權。

交通部運輸研究所合作研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：以無人機探勘人車流動資訊之應用情境規劃與先導測試(2/3)-非號誌化路口			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN 978-986-531-489-7 (平裝)	政府出版品統一編號 1011200381	運輸研究所出版品編號 112-026-3516	計畫編號 111-SBB004
本所主辦單位：運輸安全組 主管：葉祖宏 計畫主持人：葉祖宏 研究人員：賴靜慧、黃明正 聯絡電話：02-2349-6863 傳真號碼：02-2545-0429	合作研究單位：訊力科技股份有限公司 計畫主持人：溫基信 研究人員：王宏生、黃家耀、胡守任、蘇志文 地址：新北市中和區中正路 738 號 13 樓之 5 聯絡電話：(02)82262008 ext. 1261 傳真號碼：(02)81924158		研究期間 自 111 年 3 月 至 111 年 12 月
關鍵詞：無人機、深度學習、右轉衝突、非號誌化路口			
摘要： 本計畫為 3 年期(110-112 年)計畫之第 2 年期，目的為延續前期研究發展交通衝突分析工具之成果，除辦理分年先導測試計畫，驗證相關技術成熟度與限制外，並透過易肇事地點分析，與地方政府合作進行推廣應用。 本年度與公路總局、新北市交通局、臺中市交通局合作，辦理右轉衝突、非號誌化路口停讓衝突兩項先導測試計畫共 13 處路口，並與基隆市、新竹縣、苗栗縣、彰化縣合作辦理 4 處易肇事路口分析。右轉衝突空拍路口上游 60 公尺內的路段，以判斷是否有右轉車輛未靠右、外側車道之直行車輛未遠離右側之風險駕駛行為；非號誌化路口停讓衝突則判斷車輛未慢速通過路口、支線道未禮讓、支線道未停車再開、少線道車未禮讓多線道車先行、轉彎車未禮讓直行車先行、左方車未禮讓右方車先行等項目。易肇事路口分析則優化交通衝突分析項目及程序，以提供後續應用分析工具之參考。 本計畫亦持續優化相關分析技術，包含採用 GUP 加速與參數設定調整，將空拍影片穩定化處理時間縮短至 1/2 至 1/4，並針對提升行人查全率、修正自行車分類情況、車輛偵測框偏斜問題進行研究與探討；交通衝突分析軟體除針對先導測試計畫開發相關分析功能外，並優化軌跡/車速繪製功能升級、衝突熱區影像疊合、衝突影片回放功能升級、兩段式左轉判斷機制，以進一步分析發生交通衝突之可能原因，協助道路管理機關提早進行路口交通安全分析及改善。			
出版日期	頁數	定價	本 出 版 品 取 得 方 式
112 年 4 月	410	500	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。
備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。			

PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS

INSTITUTE OF TRANSPORTATION

MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS

TITLE: Application Scenarios and Pilot Run of Vehicle and Pedestrian Traffic Flow Information Using UAV Aerial Videography (2/3) – Unsignalized Intersections			
ISBN (OR ISSN) ISBN 978-986-531-489-7 (pbk.)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1011200381	IOT SERIAL NUMBER 112-026-3516	PROJECT NUMBER 111-SBB004
DIVISION: Safety Division DIVISION DIRECTOR: Tsu-Hurng Yeh PRINCIPAL INVESTIGATOR: Tsu-Hurng Yeh PROJECT STAFF: Ching-Huei Lai, Ming-Cheng Huang PHONE: 886-2-2349-6863 FAX: 886-2-2545-0429			PROJECT PERIOD FROM March 2022 TO December 2022
RESEARCH AGENCY: C-LINK Technology Inc. PRINCIPAL INVESTIGATOR: Chi-Sin Wen PROJECT STAFF: Hong-Sheng Wang, Ka-Lo Wong, Shou-Ren Hu, Chih-Wen Su ADDRESS: 13 FL-5, No. 738, Zhongzheng Rd., Zhonghe Dist., New Taipei City 235, Taiwan R.O.C. PHONE: 886-2-82262008ext. 1261 FAX: 886-2-81924158			
KEY WORDS: UAV, Deep Learning, Right-Turn Conflicts, Unsignalized Intersections Conflicts			
ABSTRACT: This research is the second year of a 3-year (2021-2023) project. The aim is to build on the results of previous research and develop traffic conflict analysis tools. In addition to conducting annual pilot tests to verify the maturity and limitations of relevant technologies, the project collaborates with local governments to promote their application through analysis of accident-prone locations. This year, the project cooperated with the Directorate General of Highways of MOTC, Transportation Bureau of New Taipei City Government, and Transportation Bureau of Taichung City Government to conduct two pilot tests at a total of 13 intersections: right-turn conflicts and unsignalized intersection yield conflicts. For right-turn conflicts, we assess risk-driving behaviors such as right-turning vehicles not keeping to the right and through vehicles on the outer lane not moving away from the right side within 60 meters upstream of the intersection. For unsignalized intersection yield conflicts, we evaluate items such as vehicles not slowing down when passing the intersection, minor road vehicles not yielding, minor road vehicles not stopping and restarting, vehicles in fewer lanes not yielding to those in more lanes, turning vehicles not yielding to straight-moving vehicles, and left-side vehicles not yielding to right-side vehicles. The procedures for traffic conflict analysis for high-risk intersections have been improved to provide reference for future application tools. The project also continues to optimize relevant analysis technologies, including using GPU acceleration and model parameter optimization to shorten the stabilization processing accessing time of aerial videos to 1/2 ~ 1/4, and improving the recall rate of pedestrians, classification of bicycle objects, and vehicle detection frame deflection problem research and analysis. In addition to developing related analysis functions for the pilot tests, the traffic conflict analysis software optimizes upgrades for trajectory/speed plotting, conflict hot zone image overlays, conflict video playback, and a two-stage left-turn judgment mechanism. This further analyzes potential causes of traffic conflicts and assists road management authorities in conducting early intersection traffic safety analysis and improvements.			
DATE OF PUBLICATION April 2023		NUMBER OF PAGES 410	PRICE 500
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

目 錄

第一章 緒論.....	1
1.1 研究緣起.....	1
1.2 研究範圍.....	2
1.3 研究內容與工作項目.....	3
1.4 研究流程.....	4
第二章 文獻回顧.....	7
2.1 人車流動影像分析技術.....	7
2.1.1 影像穩定化處理.....	7
2.1.2 針對空拍影像之偵測技術.....	10
2.1.3 多物件間追蹤技術.....	22
2.2 交通衝突技術.....	23
2.2.1 右轉衝突.....	23
2.2.2 非號誌化路口停讓衝突.....	27
2.2.3 交通衝突之相關研究.....	27
2.3 空拍影像應用於交通技術.....	32
2.4 前 4 期研究之成果回顧.....	35
第三章 無人機空拍路口.....	39
3.1 無人機機型簡介與擇選.....	39
3.2 無人機作業流程.....	43

3.3	空拍路口情形.....	58
3.3.1	路口空拍活動申請狀況.....	58
3.3.2	空拍實際辦理現況.....	60
第四章	改善影像辨識.....	63
4.1	加速影片穩定化.....	63
4.2	提升行人查全率.....	65
4.3	修正自行車誤分類.....	67
4.4	修正車輛框偏斜.....	68
4.5	初步探討合適於訓練資料的拍攝高度.....	70
第五章	優化交通衝突軟體.....	73
5.1	調整交通衝突分類.....	73
5.2	優化操作介面及輸出結果.....	76
5.2.1	專案權限管理.....	77
5.2.2	110 年度先導測試計畫分析工具升級	78
5.2.3	111 年度先導測試計畫分析工具	82
5.2.4	車流軌跡繪製功能升級.....	86
5.2.5	車速熱區繪製功能升級.....	87
5.2.6	衝突熱區影像疊合.....	90
5.2.7	衝突影片索引回放功能升級.....	91
5.3	研提推廣應用模式.....	92
第六章	先導測試計畫.....	99

6.1	課題背景.....	100
6.1.1	右轉衝突.....	100
6.1.2	非號誌路口停讓衝突.....	101
6.2	分析方法.....	103
6.2.1	右轉衝突.....	103
6.2.2	非號誌路口停讓衝突.....	107
6.3	篩選實驗場域.....	110
6.3.1	合作機關及路口篩選.....	110
6.3.2	路口概況.....	112
6.4	分析結果.....	116
6.4.1	路口概況.....	116
6.4.2	右轉衝突.....	125
6.4.3	非號誌化路口停讓衝突.....	138
6.5	應用情境分析個案.....	149
6.5.1	右轉衝突個案分析.....	150
6.5.2	非號誌路口停讓衝突.....	161
6.6	小結.....	166
第七章	易肇事路口分析.....	169
7.1	分析項目.....	169
7.2	案例一：彰化縣彰化市中山路公園路口.....	171
7.2.1	基本資料.....	171

7.2.2	分析項目.....	173
7.2.3	問題探討.....	178
7.2.4	問題整理.....	181
7.3	案例二：基隆市仁一路愛三路口.....	181
7.3.1	基本資料.....	181
7.3.2	分析項目.....	183
7.3.3	問題探討.....	186
7.3.4	問題整理.....	189
7.4	案例三：新竹縣竹北市中華路、福興路光明十一路口.....	189
7.4.1	基本資料.....	189
7.4.2	分析結果.....	191
7.4.3	問題探討.....	195
7.4.4	問題整理.....	199
7.5	案例四：苗栗縣苗栗市至公路、文發路民族路口.....	199
7.5.1	基本資料.....	199
7.5.2	分析項目.....	201
7.5.3	問題探討.....	206
7.5.4	問題整理.....	211
第八章	前期(110 年度)審查意見辦理情形.....	213
8.1	無人機領域.....	213
8.1.1	研究空拍燈箱可行性.....	213

8.2	分析軟體技術.....	214
8.2.1	調整「機慢車道」名稱及系統介面.....	214
8.2.2	自行車誤認機車改善.....	214
8.2.3	先導測試計畫功能開發.....	214
8.2.4	軟體支援回放功能.....	215
8.2.5	軟體依據號誌時相輸出車流軌跡功能.....	215
8.2.6	軟體增加交通量相關資訊.....	217
8.3	交通分析領域.....	219
8.3.1	兩段式機車等相關衝突型態分類.....	219
8.3.2	測試以道路標線計算比例尺.....	221
8.3.3	路口中央區域偵測區之劃設方式.....	228
8.3.4	軟體門檻值設定.....	231
8.3.5	軟體超速議題討論.....	231
8.3.6	減速度後處理及急減速事件之判斷.....	232
8.4	未來發展方向.....	235
8.4.1	未來研究目標討論.....	235
8.4.2	與顧問公司進行交流訪談.....	235
8.4.3	公開相關資訊供交通研究參考.....	235
第九章	下(112)年度計畫研究方向.....	237
9.1	先導測試計畫.....	237
9.2	改善影像辨識追蹤技術.....	237

9.3	優化分析軟體.....	237
9.4	無人機空拍影像.....	238
9.5	分析軟體之推廣應用模式.....	238
第十章	結論與建議.....	239
10.1	結論.....	239
10.2	建議.....	245
參考文獻		249
附錄 A.	111 年計畫工作項目執行狀況一覽表	261
附錄 B.	先導測試計畫合作單位說明會議紀錄.....	263
附錄 C.	111 年度無人機規格及比較	267
附錄 D.	分析軟體硬體電腦規格表.....	271
附錄 E.	無人機空拍程序說明.....	273
附錄 F.	成果說明暨教育訓練.....	281
附錄 G.	衝突型態分類說明.....	285
附錄 H.	期中審查意見處理情形表.....	299
附錄 I.	期末審查意見處理情形表.....	321
附錄 J.	期末審查簡報投影片	345

圖 目 錄

圖 1.4-1 本研究流程圖.....	4
圖 2.1-1 影像對齊之流程示意圖.....	8
圖 2.1-2 首張空拍影像圖.....	9
圖 2.1-3 第 5 分鐘空拍影像圖.....	9
圖 2.1-4 經對齊之第 5 分鐘空拍影像圖.....	9
圖 2.1-5 (A)OPENCV 中的角度、寬與高；(B)以長邊為寬、短邊為高；(C)加上前端資訊.....	12
圖 2.1-6 PASCAL 架構 GPU 下的偵測表現比較.....	14
圖 2.1-7 YOLOV3-CSPNET 效能圖.....	14
圖 2.1-8 部分 DOTA1.0 上的偵測結果.....	16
圖 2.1-9 車輛訓練的幾個路口場景.....	19
圖 2.1-10 ORIENTED YOLOV4 部分偵測結果.....	22
圖 2.2-1 汽機車右轉衝突示意圖.....	24
圖 2.2-2 右轉汽車與直行機車之衝突類型.....	24
圖 2.2-3 分流式指向線示意圖.....	25
圖 2.2-4 汽車右轉與機車直行之車流軌跡圖.....	26
圖 2.2-5 直行機車與右轉汽車之行駛位置分布.....	26
圖 2.3-1 使用 DATAFROMSKY 分析交通應用流程圖.....	33
圖 3.1-1 本所相關計畫歷年使用之無人機機種測試比較表.....	40
圖 3.1-2 民航局系統無人機註冊畫面.....	41
圖 3.1-3 無人機之 NCC 型式認證編號實機拍攝照片.....	41
圖 3.1-4 市售小型無人機 AUTEL EVO II PRO 示意圖.....	42

圖 3.1-5 市售小型無人機 AUTELEVO II PRO 拍攝案例.....	43
圖 3.2-1 無人機空拍攝影作業流程	44
圖 3.2-2 起飛地點設置.....	46
圖 3.2-3 路口重點資訊紀錄.....	46
圖 3.2-4 無人機預設條件.....	48
圖 3.2-5 無人機畫面設定示意圖	48
圖 3.2-6 無人機控制顯示器畫面圖	49
圖 3.2-7 下載教學示範影片	50
圖 3.2-8 現場人員記錄量測實際距離	51
圖 3.2-9 比例尺公式計算欄位.....	51
圖 3.2-10 以小畫家開啟底圖之座標顯示	52
圖 3.2-11 比例尺計算表中座標欄位	52
圖 3.2-12 比例尺計算結果.....	53
圖 3.2-13 比例尺更新	53
圖 3.2-14 系統提醒應重新分析專案	54
圖 3.2-15 號誌同步之分析影片起始影格	54
圖 3.2-16 號誌同步之片頭刪除影格數	55
圖 3.2-17 號誌同步之影片總影格數	55
圖 3.2-18 號誌同步之起飛與降落時間與對應影格數.....	55
圖 3.2-19 號誌同步之側拍開始影格數與號誌周期.....	56
圖 3.2-20 號誌同步計算表之第一及第二次 A 入口綠燈時間.....	56
圖 3.2-21 號誌同步計算表之側拍結束時間與對應影格	56
圖 3.2-22 號誌同步計算表之計算結果	57

圖 3.2-23 後處理秒差填入系統.....	57
圖 3.3-1 路口拍攝現場作業概況(易肇事路口)	60
圖 3.3-2 路口拍攝現場作業概況(先導測試路口 3-1)	61
圖 3.3-3 路口拍攝現場作業概況(先導測試路口 3-2)	61
圖 3.3-4 路口拍攝現場作業概況(先導測試路口 3-3)	61
圖 4.2-1 4K 影像切分為左右 2 塊 1920×1920 影像進行偵測， 藍框為偵測結果、綠框為標註的實際行人	67
圖 4.4-1 修正大客車車輛框偏斜	69
圖 4.5-1 不同高度下的測試路口場景	70
圖 5.1-1 交通衝突類型分類.....	73
圖 5.1-2 車道屬性設定.....	74
圖 5.1-3 設定機車待轉判斷線.....	75
圖 5.1-4 A 方向機車通過待轉判斷線前的衝突分類圖	76
圖 5.1-5 A 方向機車通過待轉判斷線後的衝突分類	76
圖 5.2-1 選擇設定專案清單.....	77
圖 5.2-2 選擇觀看名單.....	78
圖 5.2-3 停止線與出口線.....	79
圖 5.2-4 路口中央區域.....	79
圖 5.2-5 車道屬性設定.....	79
圖 5.2-6 機會左轉統計表.....	80
圖 5.2-7 機會左轉軌跡圖.....	80
圖 5.2-8 路口穿越衝突統計表	81
圖 5.2-9 路口穿越衝突統計圖	81

圖 5.2-10 右轉衝突參數設定功能.....	82
圖 5.2-11 右轉衝突行為統計表	83
圖 5.2-12 距離停止線前車輛分布統計圖	84
圖 5.2-13 右轉衝突車輛數據統計表.....	84
圖 5.2-14 汽車與機車軌跡圖	84
圖 5.2-15 非號誌化路口停讓衝突設定功能	85
圖 5.2-16 非號誌化路口停讓衝突統計表	86
圖 5.2-17 軌跡圖設定功能	87
圖 5.2-18 軌跡圖快捷鍵功能	87
圖 5.2-19 ICON 說明文字	88
圖 5.2-20 速度 HEATMAP 篩選設定及快捷鍵.....	88
圖 5.2-21 速度 HEATMAP 圖	88
圖 5.2-22 ICON 說明文字	89
圖 5.2-23 減速 HEATMAP 篩選條件及快捷鍵.....	89
圖 5.2-24 急減速 HEATMAP 圖	90
圖 5.2-25 同一路口不同架次疊合前	91
圖 5.2-26 同一路口不同架次疊合後	91
圖 5.2-27 衝突影片重播及暫停功能	92
圖 5.3-1 公開資料與軟體試用申請程序圖	95
圖 6.1-1 右轉衝突示意圖.....	100
圖 6.1-2 直行機車與右轉汽車之行駛位置分布	101
圖 6.2-1 右轉衝突：風險駕駛行為之分析項目圖示	104
圖 6.2-2 右轉衝突：違規駕駛行為之分析項目圖示	105

圖 6.2-3 右轉衝突：交通衝突之分析項目圖示	106
圖 6.2-4 非號誌路口停讓衝突：風險駕駛行為之分析項目圖示	108
圖 6.2-5 非號誌路口停讓衝突：違規行為之分析圖示	109
圖 6.2-6 非號誌路口停讓衝突：交通衝突圖示	110
圖 6.4-1 路口 1-新北市板橋區中山路一段與民權路	118
圖 6.4-2 路口 2-新北市板橋區民權路與中山路一段	118
圖 6.4-3 路口 3-新北市新店區北宜路一段與文中路	119
圖 6.4-4 路口 4-新北市樹林區環漢路與水源街	119
圖 6.4-5 路口 5-新北市永和區永利路與永貞路	120
圖 6.4-6 路口 6-臺中市北屯區北屯路與太原路三段	120
圖 6.4-7 路口 7-臺中市潭子區崇德路四段與雅潭路二段	121
圖 6.4-8 路口 8-新北市三峽區中山路與大智路	121
圖 6.4-9 路口 9-新北市中和區秀朗路三段、自立路與秀朗路三段 175 巷	122
圖 6.4-10 路口 10-新北市瑞芳區明燈路三段與民族街	122
圖 6.4-11 路口 11-臺中市后里區三豐路四段、三豐路四段 199 巷與三豐 路四段 266 巷	123
圖 6.4-12 路口 12-臺中市大甲區鎮政路與蔣公路	123
圖 6.4-13 路口 13-臺中市大里區成功二路與光明路	124
圖 6.4-14 路口 14-臺中市東區三賢街與東英七街	124
圖 6.4-15 右轉衝突一直行車輛數	127
圖 6.4-16 右轉衝突一右轉車輛數	127
圖 6.4-17 右轉衝突一右轉轉向比例	128

圖 6.4-18 右轉衝突—[R1]右轉車未靠右	129
圖 6.4-19 右轉衝突—[R2]直行車未遠離右側	129
圖 6.4-20 右轉衝突—[V1]超速（速限）	130
圖 6.4-21 右轉衝突—[V2]超速（寬容值）	131
圖 6.4-22 右轉衝突—[V3]右轉車未使用最外側車道或專用道	131
圖 6.4-23 右轉衝突—[V4]直行車使用右轉專用道	132
圖 6.4-24 右轉衝突—[C1]同向右轉跟車衝突	132
圖 6.4-25 右轉衝突—C1 指標之 TTC	133
圖 6.4-26 右轉衝突—[C2]兩車右轉切入	133
圖 6.4-27 右轉衝突—C2 指標之 PET 值	134
圖 6.4-28 右轉衝突—[C3]同向兩車右轉衝突	134
圖 6.4-29 右轉衝突—C3 指標之 PET 值	135
圖 6.4-30 右轉衝突—[C4]直行機車與右轉汽車衝突（直行車側撞右轉 車）	135
圖 6.4-31 右轉衝突—C4 指標之 PET 值	136
圖 6.4-32 右轉衝突—[C5]右轉汽車與直行機車衝突（右轉車側撞直行 車）	136
圖 6.4-33 右轉衝突—C5 指標之 PET 值	137
圖 6.4-34 非號誌化路口停讓衝突—[R1]車輛未慢速通過路口（G1 分類）	140
圖 6.4-35 非號誌化路口停讓衝突—[R1]車輛未慢速通過路口（G2 分類）	140
圖 6.4-36 非號誌化路口停讓衝突—[R2]左轉接受間距不足（G1 分類）	

.....	141
圖 6.4-37 非號誌化路口停讓衝突—[R2]左轉接受間距不足（G2、G3 分類）	141
圖 6.4-38 非號誌化路口停讓衝突—[R2]左轉接受間距不足（G4 分類）	142
圖 6.4-39 非號誌化路口停讓衝突—[V1]車輛未依規定讓車（G1 分類之支幹線道區分路口）	143
圖 6.4-40 非號誌化路口停讓衝突—[V1] 車輛未依規定讓車（G2、G3 分類）	143
圖 6.4-41 非號誌化路口停讓衝突—[V2]車輛未依規定停車再開（G1 分類之支幹線道區分路口）	144
圖 6.4-42 非號誌化路口停讓衝突—[V2] 車輛未依規定停車再開（G2 分類）	144
圖 6.4-43 非號誌化路口停讓衝突—[V3]超速（速限）（G1 分類）	145
圖 6.4-44 非號誌化路口停讓衝突—[V3]超速（速限）（G2、G3 分類）	145
圖 6.4-45 非號誌化路口停讓衝突—[V3]超速（速限）（G4 分類）	146
圖 6.4-46 非號誌化路口停讓衝突—[V4]超速（寬容值）（G1 分類） ...	146
圖 6.4-47 非號誌化路口停讓衝突—[V4]超速（寬容值）（G2、G3 分類）	147
圖 6.4-48 非號誌化路口停讓衝突—[V4]超速（寬容值）（G4 分類） ...	147
圖 6.4-49 非號誌化路口停讓衝突—[C2]轉彎車未禮讓直行車先行（G4 分類）	148

圖 6.4-50 非號誌化路口停讓衝突—[C3] 左方車未禮讓右方車先行（G4 分類）	148
圖 6.5-1 新北市板橋區中山路一段與民權路口空拍圖	150
圖 6.5-2 新北市板橋區中山路一段與民權路口之時制計畫表(專案 178- 179).....	151
圖 6.5-3 新北市板橋區中山路一段與民權路口之直行右轉車流軌跡圖(專 案 178).....	152
圖 6.5-4 新北市板橋區中山路一段與民權路口之車種方向分類車流軌跡 圖(專案 178).....	152
圖 6.5-5 新北市板橋區中山路一段與民權路口之車輛分布圖(專案 178)	153
圖 6.5-6 臺中市潭子區崇德路四段與雅潭路二段路口空拍圖	155
圖 6.5-7 臺中市潭子區崇德路四段與雅潭路二段路口空拍圖	156
圖 6.5-8 臺中市潭子區崇德路四段與雅潭路二段路口之直行右轉車流軌 跡圖(專案 224)	157
圖 6.5-9 臺中市潭子區崇德路四段與雅潭路二段路口之車種方向分類車 流軌跡圖(專案 224).....	157
圖 6.5-10 臺中市潭子區崇德路四段與雅潭路二段路口之車輛分布圖(專 案 224)	158
圖 6.5-11 直行車未遠離右側之機車比例	160
圖 6.5-12 右轉車未靠右之小型車比例	160
圖 6.5-13 新北市中和區秀朗路三段、自立路、秀朗路三段 175 巷路口 空拍圖	161

圖 6.5-14 新北市中和區秀朗路三段、自立路、秀朗路三段 175 巷路口 衝突熱點圖	162
圖 6.5-15 A 方向之紅框車輛未停車再開與 D 方向直行機車之互動	163
圖 6.5-16 A 方向支線道路口街景圖	164
圖 6.5-17 臺中市大甲區蔣公路鎮政路口空拍圖	164
圖 6.5-18 A 方向左轉軌跡圖	166
圖 7.2-1 彰化縣彰化市中山路公園路口之空拍圖	172
圖 7.2-2 彰化縣彰化市中山路二段公園路中華路口之號誌時制表（下午 尖峰）	172
圖 7.2-3 彰化縣彰化市中山路公園路口之衝突熱點圖	173
圖 7.2-4 彰化縣彰化市中山路公園路口之車流軌跡合理性	174
圖 7.2-5 彰化縣彰化市中山路公園路口之超速分布圖	175
圖 7.2-6 彰化縣彰化市中山路公園路口之機車待轉區問題	175
圖 7.2-7 彰化縣彰化市中山路公園路口之 C 出口儲車空間不足問題...	176
圖 7.2-8 彰化縣彰化市中山路公園路口之上下游車道數不一致問題...	176
圖 7.2-9 彰化縣彰化市中山路公園路口之上下游車道未對齊問題	177
圖 7.2-10 彰化縣彰化市中山路公園路口之機會左轉分析圖表	177
圖 7.2-11 彰化縣彰化市中山路公園路口之路口穿越衝突分析圖表	178
圖 7.2-12 彰化縣彰化市中山路公園路口之機車待轉區問題	179
圖 7.2-13 彰化縣彰化市中山路公園路口之 C 出口儲車空間不足問題.	179
圖 7.2-14 彰化縣彰化市中山路公園路口之上下游車道數不一致問題.	180
圖 7.2-15 彰化縣彰化市中山路公園路口之上下游車道未對齊問題	181
圖 7.3-1 基隆市仁愛區仁一路愛三路口之空拍圖	182

圖 7.3-2 基隆市仁愛區仁一路愛三路口之號誌時制表	182
圖 7.3-3 基隆市仁愛區仁一路愛三路口之衝突熱點密集區域	183
圖 7.3-4 基隆市仁愛區仁一路愛三路口之車流軌跡圖	184
圖 7.3-5 基隆市仁愛區仁一路愛三路口之超速分布圖	185
圖 7.3-6 基隆市仁愛區仁一路愛三路口之機會左轉分析表	185
圖 7.3-7 基隆市仁愛區仁一路愛三路口之路口穿越衝突分析表	186
圖 7.3-8 基隆市仁愛區仁一路愛三路口之右轉車與直行車匯入衝突...	187
圖 7.3-9 基隆市仁愛區仁一路愛三路口 A 方向與 B 方向車流量	187
圖 7.3-10 基隆市仁愛區仁一路愛三路口之右轉車與直行車匯入衝突.	188
圖 7.3-11 基隆市仁愛區仁一路愛三路口之 A 方向與 D 方向車流量	188
圖 7.4-1 中華路、福興路及光明十一路口空拍圖（右上方為北）	190
圖 7.4-2 中華路、福興路及光明十一路口之號誌時制表	190
圖 7.4-3 新竹縣中華路、福興路、光明十一路口之衝突熱點密集區域	191
圖 7.4-4 新竹縣中華路、福興路、光明十一路口之車流軌跡圖	192
圖 7.4-5 新竹縣中華路、福興路、光明十一路口之超速分布	193
圖 7.4-6 新竹縣中華路、福興路、光明十一路口之待轉區溢流	193
圖 7.4-7 新竹縣中華路、福興路、光明十一路口之路口中心與左轉彎軌 跡圖	194
圖 7.4-8 新竹縣中華路、福興路、光明十一路口之機會左轉衝突分析結 果	194
圖 7.4-9 新竹縣中華路、福興路、光明十一路口之路口穿越衝突分析結 果	195

圖 7.4-10 機車停等區之速度熱區分析圖	196
圖 7.4-11 左轉車未依導引線左轉之軌跡圖	196
圖 7.4-12 進出小巷之汽機車與 B 方向車流發生嚴重衝突	197
圖 7.4-13 未依循指向線行駛之直行車輛軌跡圖(B 方向)	198
圖 7.4-14 未依循指向線行駛之直行車輛軌跡圖(A、C 方向)	198
圖 7.4-15 進入 B 方向之機車跨越對向車道進入小巷	199
圖 7.5-1 苗栗縣苗栗市至公路、文發路民族路口空拍圖(左方為北)	200
圖 7.5-2 苗栗縣苗栗市至公路、文發路民族路口之號誌時制表	201
圖 7.5-3 苗栗縣至公路、文發路民族路口之衝突熱點圖	202
圖 7.5-4 苗栗縣至公路、文發路民族路口之車流軌跡圖	203
圖 7.5-5 苗栗縣至公路、文發路民族路口之超速分布	203
圖 7.5-6 從號誌影片觀察 A 方向車輛流動方向之議題	204
圖 7.5-7 苗栗縣苗栗市至公路、文發路民族路口之機會左轉衝突分析結果	205
圖 7.5-8 苗栗縣至公路、文發路民族路口之路口穿越衝突分析結果...	206
圖 7.5-9 路口內臨停車輛之問題	207
圖 7.5-10 對向穿越衝突之問題(時相一)	208
圖 7.5-11 白色公車軌跡(綠色)與對向車輛軌跡(紅色)衝突	208
圖 7.5-12 至公路 A 方向路口燈號顯示之示意圖	209
圖 7.5-13 至公路 A-C 方向行駛軌跡及衝突說明	209
圖 7.5-14 至公路 A-C、D-A、D-B 方向軌跡及機會左轉衝突說明	210
圖 7.5-15 A 方向直行車占用左轉車道之軌跡	210
圖 8.1-1 外接式 LED 號誌燈介接號控箱圖	213

圖 8.1-2 外接式 LED 號誌燈可放置於行人號誌燈上示意圖	214
圖 8.3-1 兩段式左轉示意圖	219
圖 8.3-2 車道屬性設定	220
圖 8.3-3 兩段式左轉方向說明	220
圖 8.3-4 現場測距輪量測之 POI 圖(臺北市信義路松仁路口).....	222
圖 8.3-5 4 公尺車道線及 5 公尺指向線之 POI 圖(臺北市信義路松仁路口)	223
圖 8.3-6 現場測距輪量測之 POI 圖(臺北市信義路松仁路口).....	225
圖 8.3-7 道路現有長距離標線量測之 POI 圖(臺北市信義路松仁路口). 226	
圖 8.3-8 路口中央區域大小敏感度測試圖 (臺北市南港區向陽路市民大 道八段)	229
圖 8.3-9 路口中央區域大小敏感度測試結果 (臺北市南港區向陽路市民 大道八段)	230
圖 8.3-10 路口中央區域偵測區之建議劃設方式.....	231
圖 8.3-11 減速度平滑分析之案例示意圖	233
圖 8.3-12 瞬間速度及減速度平滑分析之參數組合計算結果圖	234
圖 8.3-13 急減速熱區圖 (減速度超過 0.35G)	235
圖 10.1-1 無人機比較圖.....	239
圖 10.1-2 路口空拍無人機擇選評估分析說明.....	240
圖 10.2-1 衝突角度說明.....	287

表 目 錄

表 2.1-1 ORIENTED YOLOV4 與其他選轉框方法比較表.....	16
表 2.1-2 YOLOV7 與過往方法比較表	18
表 2.1-3 各類別的車種數量.....	20
表 2.1-4 各類車種 RECALL 與 PRECISION 的結果	21
表 2.2-1 交通衝突指標門檻值	29
表 2.2-2 門檻值訂定之研究方法	30
表 2.2-3 交通衝突之可能成因	31
表 2.3-1 無人機交通應用列表	33
表 2.3-2 無人機可行之未來應用	34
表 2.4-1 107-109 年研究之成果列表.....	36
表 3.2-1 無人機空拍地點飛行可行性評估表.....	45
表 3.2-2 無人機飛行及攝影機參數設定表	47
表 3.3-1 路口空拍活動申請表	59
表 3.3-2 拍攝路口影像時長及其欲分析情境.....	62
表 4.1-1 車輛軌跡抽取中主要處理步驟之耗費時間	65
表 4.5-1 各高度下主要車種之分類偵測率/不分類偵測率.....	71
表 5.3-1 無人機公開資料開放內容說明	93
表 5.3-2 軟體試用資格表.....	94
表 5.3-3 軟體試用申請文件表	95
表 6.2-1 右轉衝突：風險駕駛行為之分析項目	104
表 6.2-2 右轉衝突：違規行為之分析項目	105

表 6.2-3 右轉衝突：交通衝突	106
表 6.2-4 非號誌化路口停讓衝突：風險行為之分析項目	108
表 6.2-5 非號誌化路口停讓衝突：違規行為分析項目	108
表 6.2-6 非號誌化路口停讓衝突：交通衝突.....	109
表 6.3-1 應用情境路口應涵蓋之型態	111
表 6.3-2 先導測試計畫之實驗路口	113
表 6.4-1 路口清單表（右轉衝突）	117
表 6.4-2 路口清單表（非號誌化路口停讓衝突）	117
表 6.4-3 右轉衝突路口之分析影片數及專案編號.....	125
表 6.4-4 右轉衝突分析項目對應適用分類情境表	126
表 6.4-5 非號誌化路口停讓衝突路口之分析影像數目	139
表 6.4-6 非號誌化路口停讓衝突分析項目對應適用分類情境表	139
表 6.5-1 新北市板橋區中山路一段與民權路口之車輛數及風險行為統計 表(專案 178).....	154
表 6.5-2 新北市板橋區中山路一段與民權路口之違規行為統計表(專案 178).....	154
表 6.5-3 新北市板橋區中山路一段與民權路口之衝突行為統計表(專案 178).....	154
表 6.5-4 臺中市潭子區崇德路四段與雅潭路二段路口之車輛數及風險行 為統計表(專案 224).....	158
表 6.5-5 臺中市潭子區崇德路四段與雅潭路二段路口之違規行為統計表 (專案 224).....	159
表 6.5-6 臺中市潭子區崇德路四段與雅潭路二段路口之衝突行為統計表	

(專案 224).....	159
表 6.5-7 非號誌化路口停讓行為分析統計表(專案 201)	162
表 6.5-8 非號誌化路口停讓行為分析統計表(專案 213)	165
表 7.1-1 分析項目及功能說明.....	170
表 8.2-1 軟體使用意見回覆表(號誌時相).....	217
表 8.2-2 軟體使用意見回覆表(交通量調查).....	219
表 8.3-1 第一階段現場量測行穿線之分析表（臺北市信義路與松仁路口）	224
表 8.3-2 4 公尺車道線之比例尺分析表（臺北市信義路與松仁路口） .	224
表 8.3-3 5 公尺指向線之比例尺分析表（臺北市信義路與松仁路口） .	224
表 8.3-4 第二階段現場量測行穿線之比例尺分析表（臺北市信義路與松仁路口）	227
表 8.3-5 10 公尺長度白加虛車道線之比例尺分析表（臺北市信義路與松仁路口）	227
表 8.3-6 20 公尺長度白加虛車道線之比例尺分析表（臺北市信義路與松仁路口）	227
表 8.3-7 軟體使用意見回覆表(超速議題).....	232
表 10.1-1 分析軟體工具及功能特色進程表.....	244
表 10.2-1 衝突角度與衝突型態判斷表	287

第一章 緒論

1.1 研究緣起

傳統交通分析透過事後交通事件發生後，進行累計統計肇事資料，並邀請交通專家學者進行現場會勘，討論釐清問題後訂定改善方案，整體程序所需時間實為不短，此方法於現況都會區交通流量日趨增加、交通事故頻繁、交通事件日趨複雜，實難短期有效率改善隱藏及複雜之交通衝突問題。隨著無人機應用、AI 影像辨識、及交通衝突分析等技術日新月異，新型態跨領域整合應用之交通衝突分析乃值得投入開發與研究，期盼透過大數據分析依據下，於事前即可分析找出可能之潛在風險，以達到防範事故於未然，盡早作出對策以避免交通事故發生。

本研究採用無人機空拍道路人車流動影像，透過人工智慧深度學習技術偵測瞬息萬變的人車位置，追蹤產出人車流動的動態軌跡資料，並結合交通領域知識，提供車種、車速、衝突點等更精細之重要交通特性資訊，透過與實務交通單位合作，系統性導入交通應用情境測試實驗計畫，於交通研究、分析、與應用上，應有助於提升大數據化交通治理品質。本系列研究過去相關計畫辦理情形如下：

107 年「道路交通車流及事故風險偵測與分析工具之發展應用」以無人機拍攝高事故風險地點尖峰時段的人車流動影像，透過深度學習之影像偵測與追蹤技術，計算車輛位置、軌跡、車種、車流量、車速等資料，並撰寫程式計算碰撞時間(TTC)、後侵佔時間(PET)等交通衝突指標，開發一套高事故風險地點診斷分析工具。107 年研究之小客車平均分類正確率約為 99.4%、貨車約為 62.2%、大客車為 100%，三車種之平均車速誤差為 1.384km/h。過小物件因特徵點不足（如行人、自行車與機車）未能有效分類或追蹤。

108 年「路口無人機交通攝影及衝突分析技術開發」在 107 年研究的基礎上增加大型車取樣數，並使用 YOLOv3 深度學習技術改善行人、自行車、機車的物件偵測，即導入 SORT 追蹤技術，同時導入美國聯邦公路局開發之 SSAM 衝突分析模組，確保 TTC 與 PET 等交通衝突指標計算結果正確性，依據國內的車流情況及衝突類型，開發

一套交通衝突分析軟體，並選定 5 處高事故風險的交岔路口進行範例分析。另外，108 年研究之行人、自行車、機車之查準率(即精準度；對於某一類預測結果，預測正確所占的比例)皆有 95%以上水準，查全率(即召回率；對於某一類預測結果，正確找出該類結果所占的比例)則分別為 80.9%、55.9%、93.5%，改善 107 年研究之人車辨識與追蹤品質。

109 年「路口俯視攝影技術於交通衝突分析之案例應用與比較」除了採用改善版 SCRDet 的偵測結果以強化車輛偵測範圍準確性，小物件偵測採用 1024x1024 為輸入的 YOLOv4 模型，綜整適合人車流動空拍影像的交通應用情境，提出適合分析的基本應用情境(7 項)及進階應用情境(6 項)。

110 年「以無人機探勘人車流動資訊之應用情境規劃與先導測試(2/3)-非號誌化路口」透過召開專家座談會，盤點先導測試計畫相關議題，並於當年執行 2 項先導測試計畫(機會左轉、路口穿越衝突)，另分析 4 處易肇事路口，導入單一偵測模組 Oriented YOLOv4，並改善軟體使用者介面等工作。

1.2 研究範圍

本研究結合多領域技術開發、應用、及整合，影像來源採無人機進行高空懸停路口交通人車流攝影，影像分析採 AI 影像辨識與追蹤技術，交通應用採交通衝突分析，與實務交通單位(基隆市、新竹縣、苗栗縣、彰化縣)進行易肇事路口分析，並與新北市、臺中市、公路總局合作辦理兩項先導測試計畫(右轉衝突、非號誌化路口停讓衝突)之規劃與分析，使用者操作介面採軟體開發、介接、整合、與測試，期望透過此研究發展一套路口交通衝突分析之工具，提供交通規劃及改善人員進行有效率的分析。

1.3 研究內容與工作項目

本計畫的工作內容，主要分為以下工作項目：

一、無人機空拍影像

- (一) 無人機資料蒐集(場域選定、保險、申請、飛行)，以及規劃無人機飛行趟次、時段及總時長。

二、改善影像辨識與追蹤技術

- (一) 提升影片穩定化效率。
- (二) 行人精準度提升。

三、優化分析軟體

- (一) 撰寫 111 年先導測試計畫交通衝突分析軟體功能。
- (二) 檢討及研擬衝突類型之分類及判斷原則。
- (三) 優化軟體操作介面及相關輸出結果。

四、交通領域

- (一) 擬訂「右轉衝突」、「非號誌化路口停讓衝突」分析方法。
- (二) 「右轉衝突」、「非號誌化路口停讓衝突」應用情境分析。
- (三) 4 處易肇事路口之交通衝突分析。
- (四) 研提 112 年計畫方向及應用情境。

五、其它工作

- (一) 整理 107~110 年研究技術發展過程與成果，撰寫於期末報告。
- (二) 進行文獻回顧，增加蒐集國內外近期應用無人機在交通管理及安全的案例，以瞭解發展狀況。
- (三) 研提與執行 111 年推廣應用模式。
- (四) 期中報告提送與審查。
- (五) 辦理教育訓練，並修正無人機操作程序及分析軟體操作

手冊。

- (六) 辦理成果說明會。
- (七) 期末報告提送與審查。
- (八) 針對計畫重要成果，製作海報或影片電子檔。
- (九) 投稿 1 篇至國內外期刊、學術研討會或本所運輸計劃季刊。

1.4 研究流程

本研究流程主要分為四大部分：(1)空拍影像資料蒐集、(2)影像處理技術、(3)交通衝突分析軟體、(4)交通分析。透過與實務交通機關溝通下選出欲分析路口，採用無人機進行路口空拍影像資料蒐集，將蒐集之影像進行物件軌跡資料產出，透過交通衝突分析軟體進行相關軌跡運算後產出交通分析所需之情境與圖表統計結果，供交通分析使用者使用所需之特定分析，整體研究流程如圖 1.4-1 所示，並詳述各部分內容如下：

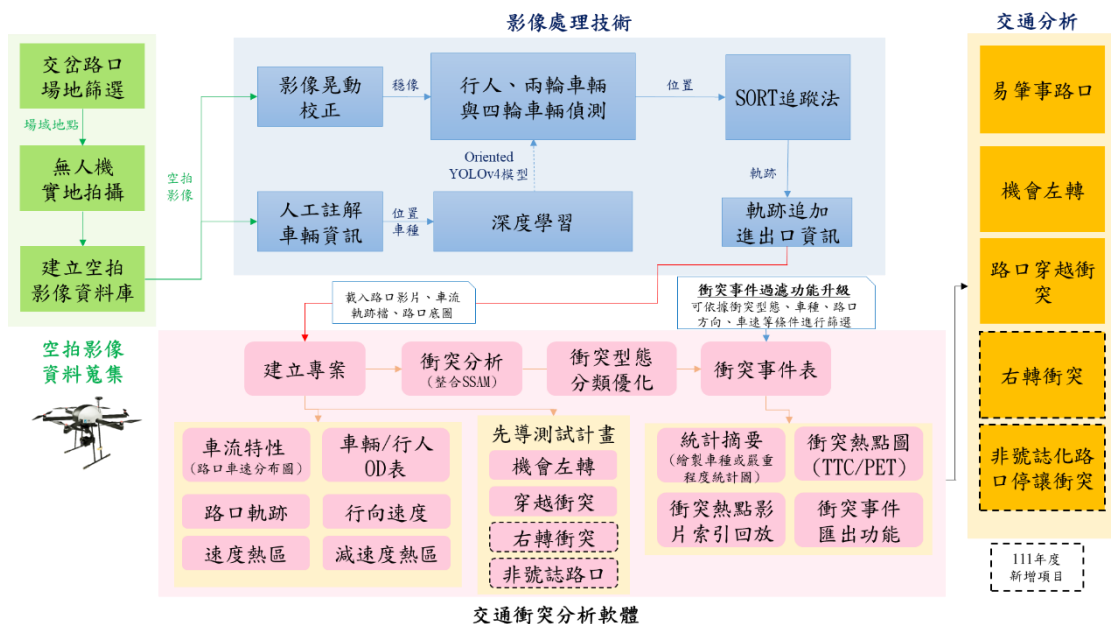


圖 1.4-1 本研究流程圖

一、空拍影像資料蒐集

本研究選定 4 處易肇事路口與 2 項先導測試實驗計畫所需 13 處路口，進行蒐集高解析空拍影像，做為系統開發、測試、與分析之影像資料來源。飛行任務前，除須完成無人機註冊、檢驗作業、飛手取得民航局發給之操作證、完成飛航活動申請外，針對禁限航區路口亦須完成申請核可，並遵循本所安全作業程序說明，提供相關申請資料送本所確認。

二、影像處理技術

無人機空拍影像些許畫面晃動即可能影響影像辨識精準度，因此本研究首先將空拍影像進行晃動校正，然後透過單一深度學習模型進行逐張畫面物件偵測，逐張偵測物件透過影像處理進行追蹤產出偵測物件軌跡資料。除此之外，在空拍影像資料庫中，事先蒐集之大量影像，則會透過人工註解影像中的車輛位置，取出外觀特徵與車種資訊，並結合深度學習產生車輛分類器，依此分類器對影像中之車輛進行分類以辨識車種，並同時偵測車輛位置。之後，利用物件追蹤技術產生車輛軌跡資訊，並根據預先劃定的路口進出線段及各軌跡行經的線段，增添其進出路口之行車方向資訊。

三、交通衝突分析軟體

經由影像處理及追蹤技術所得到之路口物件流動軌跡，進行交通衝突分析。分析軟體首先讀取路口影片、路口底圖及軌跡檔，軟體會自動將軌跡檔案換算為所需呈現之數據，即可得到完整交通衝突事件結果，除了提供基本功能如車流特性(路口車速分布圖)、車輛轉向量調查表、路口軌跡、行向速度、速度熱區、減速度熱區、衝突熱點圖等，亦開發先導測試計畫研究所需之使用者基本介面。

四、交通衝突應用與分析

本研究與交通道路管養機關合作，探討具體之相關交通需求，使用交通衝突分析軟體進行易肇事路口分析，以及 111 年所提出 2 項先導測試實驗計畫情境，並綜整先導測試計畫交通衝突之判斷原則，以供後續實務單位分析此類交通衝突之參考。

第二章 文獻回顧

2.1 人車流動影像分析技術

2.1.1 影像穩定化處理

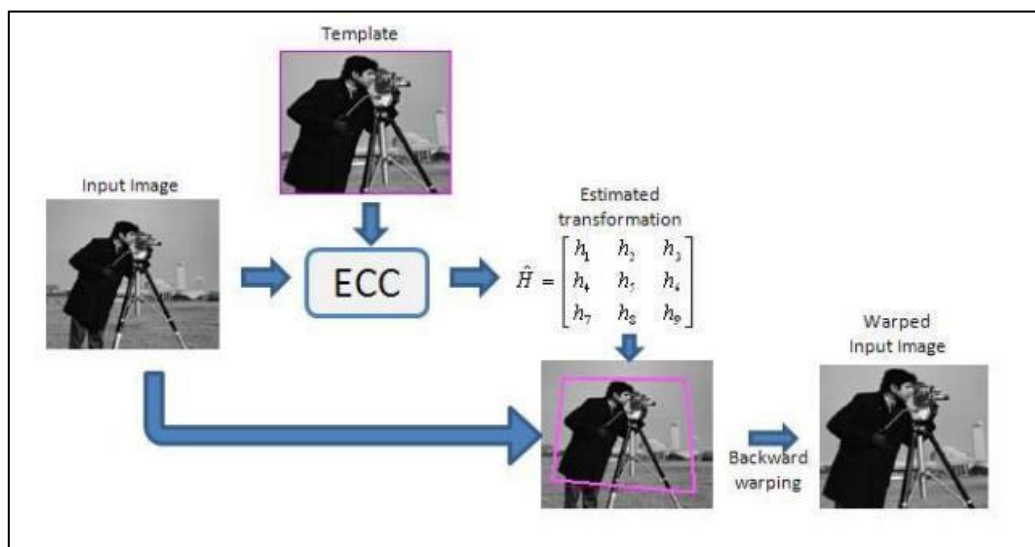
在利用空拍影像進行交通車流分析之前，由於無人機本身會受到強風影響，導致影像中的街道位置因機身晃動而偏移，因此須先針對影像進行對齊校準(image alignment)使整部影片內容穩定化，以確保所有影片中的道路、車輛物件皆維持在同一個平面座標系統。

在 107 年度的前期計畫初期，研究團隊嘗試採用基於特徵點的影像對齊校準方式，如利用 Bay 等人(2006)提出的 SURF(Speeded-Up Robust Features)來進行特徵點比對，再根據配對好的特徵點相對位置關係，找出轉換矩陣並進行平面轉換。然而特徵點往往並非均勻地分佈在影像上，特別是道路影像包含了大片灰色均一的道路區域，這使得特徵點轉而集中在路邊高度不一的建築，甚至是移動車輛上。這導致了特徵點在空間分布上容易集中在局部特定區域，甚至因為高度差形成多個非路面的主要屋頂平面，這些都導致了轉換矩陣難以估測，無法有效而精準地對齊空拍影像。

有鑒於此，107 年度的前期計畫最終了採用 2008 年由 Evangelidis 與 Psarakis(2008)所提出的 ECC (Enhanced Correlation Coefficient)影像對齊技術，並沿用至今。ECC 影像對齊技術透過找尋輸入影像與樣板影像間最大的相關係數，決定出一個 3×3 的轉換矩陣，讓輸入影像中的所有點都能透過這個轉換矩陣，投影到與樣板影像一致的平面座標系統，如圖 2.1-1 所示。相對於一般透過局部影像特徵點比對的影像對齊策略，ECC 影像對齊技術更著重在整體畫面對齊前後的一致性，避免因局部特徵點分布不均或大量離群值(outlier)發生而錯估了轉換矩陣，且對光影變化有著很好的容忍性。根據研究團隊實際使用經驗來說，此方法可以獲得可靠且十分穩定一致的空拍影片，且在 OpenCV 函式庫上有對應函式可供方便調用。ECC 影像對齊演算法可分為以下數個步驟：

- 一、讀取彩色影像 (包含目標影像及其他影像)
- 二、轉換彩色影像為灰階影像

- 三、選擇一運動估測模型(motion model)
- 四、配置記憶體空間貯存轉換矩陣
- 五、使用 ECC 相關係數法進行轉換矩陣估計，反覆迭代直到滿足設定之終止條件
- 六、將其他影像以估測所得之轉換矩陣進行影像對齊



資料來源：G. D. Evangelidis and E. Z. Psarakis (2008)

圖 2.1-1 影像對齊之流程示意圖

圖 2.1-2 至圖 2.1-4 為利用 ECC 影像對齊技術以空拍影像中首張影像為樣板之對齊結果。由圖中可明顯發現空拍機所拍攝之首張影像(圖 2.1-2)，在 5 分鐘後有了明顯的位置改變(圖 2.1-3)。原本首張影像中大致水平的橫向道路，在 5 分鐘後產生了明顯的順時針方向傾斜。但在經過影像對齊處理之後(圖 2.1-4)，橫向道路重新旋轉回到水平的位置，影像邊緣的黑色區域則是屬於旋轉前的原影像外區域，因此缺乏實際影像內容資訊。在經過影像對齊處理後，後續的影像資料才能在同一個平面座標系統進行分析處理，減少車輛軌跡因無人機晃動位移而產生顯著誤差。



圖 2.1-2 首張空拍影像圖

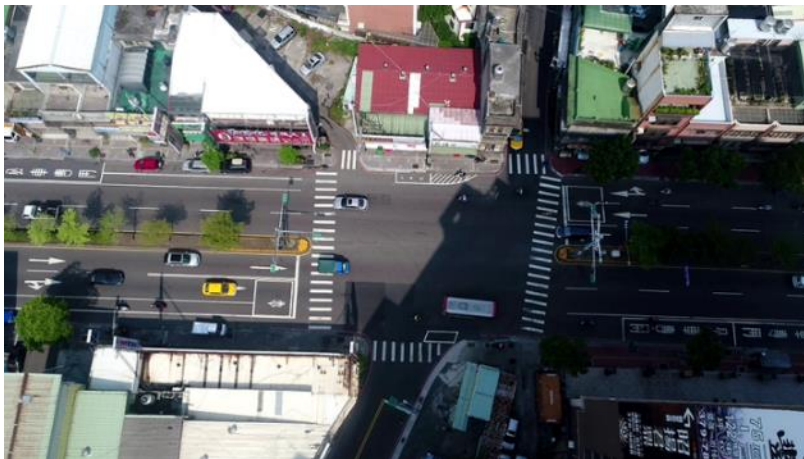


圖 2.1-3 第 5 分鐘空拍影像圖

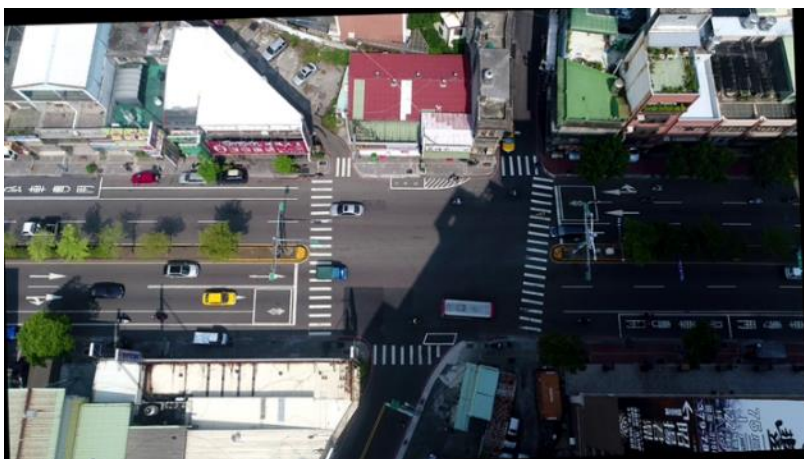


圖 2.1-4 經對齊之第 5 分鐘空拍影像圖

由於影片穩定化過程中，每張畫面的對齊都需反覆計算 ECC 相關係數，對轉換矩陣參數進行迭代，因此頗為耗時。特別是隨著畫面增大，計算時間上也會快速增長。

2.1.2 針對空拍影像之偵測技術

在一般的物體檢測任務中，以物體之上、下、左、右邊界所形成的矩形正框已經被廣泛用於指示物體的位置。無論是採用先預測大量物體位置，再對每個預測位置進行篩選、分類、位置校正的兩階段偵測器，如 Faster RCNN (S. Ren, K. He, R. Girshick, & J. Sun, 2017)等；抑或是捨棄早期的物體位置預測，直接在畫面上均勻配置一定數量的偵測框，找出局部上最可能是物體的位置與分類，並篩選掉信心度不足者，如 YOLO (J. Redmon, S. Divvala, R. Girshick, & A. Farhadi, 2016)等單一階段偵測器。儘管在早期，單階段檢測器的準確性基本上低於兩階段檢測器，但單階段架構容易達到更高的檢測速度，因而在實際應用層面上受到更大的關注與發展，最終獲得了不輸給兩階段檢測器的準確度，而在速度上更是遙遙領先。

為了獲得物體的位置和方向，同時消除背景干擾，研究人員提出了許多基於兩階段和一階段模型的方向性物體檢測器(Oriented object detector)。早期的方向性檢測器是基於兩階段方案，如 RRPN (J. Ma et al., 2018)直接在 Faster RCNN 的區域候選網路(region proposal network, RPN)中加入角度參數，使候選的矩形框本身產生方向性。然後，通過旋轉感興趣區域(Rotated Region of Interest, RROI)，將任意方向的感興趣區域內容轉換為固定大小的特徵圖，以檢測畫面中的可旋轉矩型物體。在 R2CNN 中，Y. Jiang 等人(2017)提到，矩形框在旋轉 90 度和-90 度時，角度差異最大但外形完全一致，這樣的矛盾可能會給網路學習帶來困難。因此，他們採用順時針方向的頭兩個角的座標(按 OpenCV 函式庫中定義的矩形框四個角之順序)和矩形框的高度來表示一個傾斜的矩形 ($x1, y1, x2, y2, h$)。為了照顧長寬比較大的物體，他們還用不同的比例大小 (7x7、11x3、3x11) 進行 ROI 池化。為了彌補原本物體檢測器中角度資訊的不足，同時也學習了矩形正框與實際可旋轉矩形間的矩陣轉換變數。

近年來，方向性物體檢測器主要被應用於航空照片。由於航拍場景中物體大小/方向的巨大變化和背景的複雜性，許多兩階段物體檢測器集中在更深層次的特徵提取和關注機制上。為了更好地整合不同尺度的特徵，R-DFPN (X. Yang et al., 2018)提出了密集特徵金字塔網

路(Dense Feature Pyramid Network, DFPN)來提高特徵的使用率。ICN(S. M. Azimi, E. Vig, R. Bahmanyar, M. Körner, & P. Reinartz, 2018)結合了圖像級聯網路(image cascade network、特徵金字塔網路(feature pyramid network)和可變形概念網路(deformable inception network)等多個模組，在檢測定向物體方面取得了令人滿意的性能。SCRDet(X. Yang et al., 2019)在 RPN 之前增加了不同的注意模組，以更好地處理小物體和雜亂的導向物體。

除了上述的兩階段方案外，也有些單階段的方向性物體檢測器是基於較低的計算成本和記憶體要求而開發。例如，R-DFPN 中角度訓練的難度，啟發了 SAR (J. Lu, T. Li, J. Ma, Z. Li, & H. Jia, 2020)將一些旋轉角度參數從迴歸任務轉換為分類任務，以避免 0 度與 360 度的角度不連續問題。CSL(X. Yang & J. Yan, 2020)則進一步使用圓形平滑標籤(circular smooth label)技術，進一步對角度分類進行處理以獲得更穩健的預測結果，避免角度不連續的邊界問題。與兩階段檢測器不同，單階段檢測器無法預選出感興趣區域來進行池化或校正來減少特徵錯位的影響。R3Det(X. Yang, Q. Liu, J. Yan, A. Li, Z. Zhang, & G. Yu, 2021)通過重建特徵圖和使用更深的網路主幹，來提取更豐富的特徵來實現特徵對齊。RSDet(W. Qian, X. Yang, S. Peng, Y. Guo, & J. Yan, 2021)直接迴歸矩形框的四個角座標，並設計了新的旋轉損失函數，以避免角度迴歸過程遇到的不連續問題。

不管是兩階段還是單階段的方向物體檢測器，主要有三種不同的方法來賦予邊界盒方向：

- 一、基於中心座標、寬、高與角度的 5 參數迴歸。
- 二、基於四個角的 8 參數迴歸。
- 三、基於角度分類。

基於 5 參數迴歸的方法通常是增加一個額外的參數 θ 來迴歸邊界框的角度。 θ 的範圍通常定義為 $[0^\circ, 90^\circ)$ 或 $[0^\circ, 180^\circ)$ 。OpenCV 對旋轉矩形的角度表示法是以四個角中最下方角 (x', y') 做參考，將 $y=y'$ 做為 0° 之水平線。沿逆時鐘方向遇到的第一個邊即為寬(width)、與其垂直者為高(height)；而第一個邊與水平線所成之夾角，即為旋轉矩形的角度 θ ，其範圍固定會落在 $[0^\circ, 90^\circ)$ ，如圖 2.1-5 (a)所示。在此情況下，5 參數中的角度不僅每 90° 就會遭遇一次不連續，且同一矩形會

隨其旋轉角度不同產生不同的寬與高之定義。為此，有些方法會將長邊定義為寬、短邊定義為高，來避免寬高混用的情況，甚至再進一步根據水平線遇到的第一個邊來調整角度，若為短邊則增加 90° 以期所成角度永遠為水平線與長邊之夾角，得到更大的角度連續範圍 $[0^\circ, 180^\circ)$ ，如圖 2.1-5 (b) 所示。然而這依然會在每 180° 時遭遇不連續之情況。由於車輛本身皆有頭尾之分，因此研究團隊以車頭所在之邊的中心點做為矩形前端，將矩形前端與中心間連線，配合水平線所成之夾角做為角度，得到完整的 360° 角度範圍，並用 $u = \cos\theta$ 與 $v = \sin\theta$ 將不連續的一維角度數值，轉換成半徑為 1 的二維極座標 (u, v) ，以 6 參數取代 5 參數來避免實際鄰近角度的不連續性，如圖 2.1-5 (c) 所示。

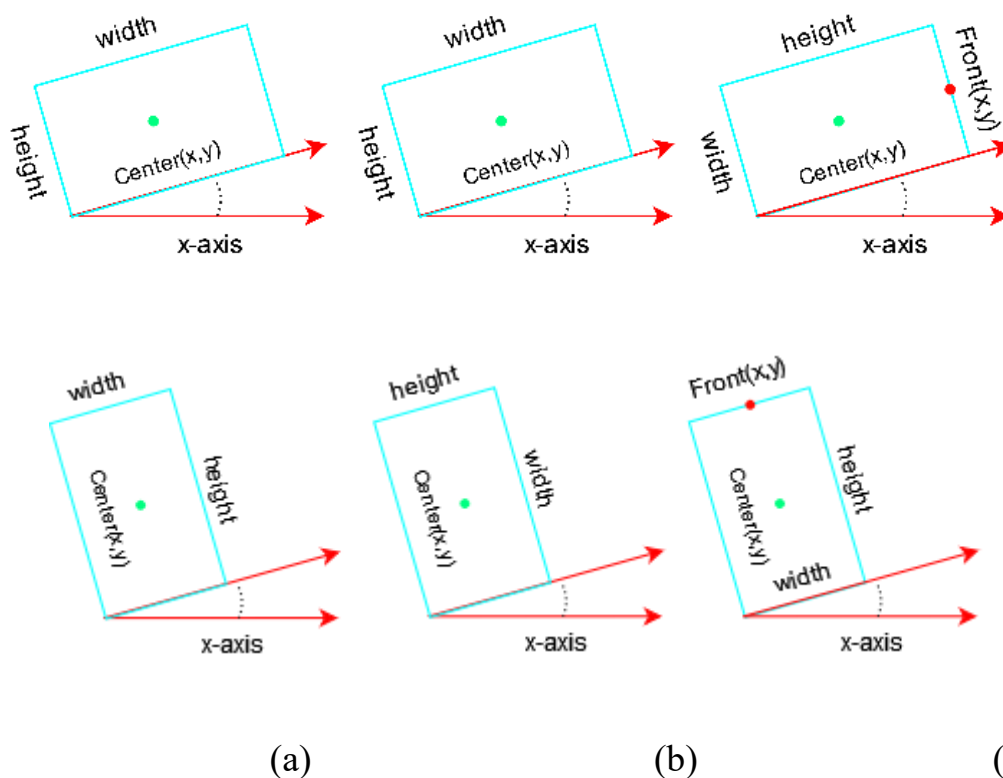


圖 2.1-5 (a)OpenCV 中的角度、寬與高；(b)以長邊為寬、短邊為高；(c)加上前端資訊

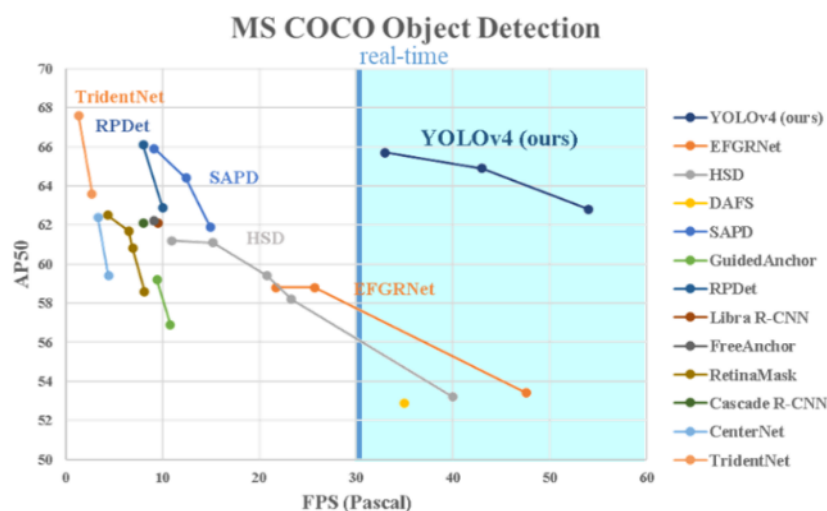
在基於 8 個參數的迴歸方法中(S. M. Azimi et al., 2018; Y. Xu et al., 2021; M. Liao, B. Shi, & X. Bai, 2018; M. Liao, Z. Zhu, B. Shi, G. S. Xia, & X. Bai, 2018; W. Qian, X. Yang, S. Peng, Y. Guo, & J. Yan, 2021)，是直接對四邊形的四個角的座標進行迴歸。但由於四個角點在不同旋轉角度下難以達到一致的排序，邊界不連續的問題仍然存在；另一方面，

迴歸出的四個角並不保證皆為直角，因此若用於表示車輛位置亦容易因形狀不受限，而產生出嚴重偏差。

最後，基於分類的方法(X. Yang et al., 2020; X. Yang, J. Yan, & T. He, 2022)主要是將角度從原本的迴歸任務轉移為分類任務。雖然這在根本上確實避免了邊界問題。然而，角度離散化引起了天生的精度限制，同時也增加了導入新的超函數所引起的網路調整困難。

在交通分析或航行分析中，車輛前端資訊可以讓車輛在靜止間亦得知其方向，有助於了解其是否可能違反行駛方向等問題，因此在前期的計畫中，研究團隊提出適用於車輛的 6 參數迴歸模型，更進一步避免角度不連續的問題。為了實現高性能的物體檢測，研究團隊基於由國內發展出的 YOLOv4 架構，開發新的車輛偵測技術來生成具有方向性，可以更好地擬合空拍影像中車輛位置的可旋轉矩形框。

YOLOv4 架構是由 Alexey Bochkovskiy 與我國中央研究院資訊科學所所長廖弘源，以及其博士後研究學者王建堯所共同發表，可說是國內學者在深度學習領域的一項重大貢獻。新的 YOLOv4 主要是透過對近幾年來大量發展的偵測架構進行了全盤性的分析與測試，作者將各種架構與技巧區分為在訓練中提升準確度，但不會犧牲速度的贈品包(Bag of Freebies, BoF)，與在偵測中犧牲部分速度以提升準確度的特惠包(Bag of Specials, BoS)兩大類。透過大量的方法組合與測試驗證，取出在速度與效能上最具競爭力的組合結果。此外，作者也測試了 YOLOv4 在不同世代 GPU 架構下的表現，即使是以目前市面上消費級的單 GPU 產品(如 Pascal 架構下的 Nvidia GTX 1080ti)，都能達到 30fps 的即時處理要求，並達成了在同等速度下有著最佳準確度，以及同等準確度下有著最佳速度的表現，如圖 2.1-6 所示。

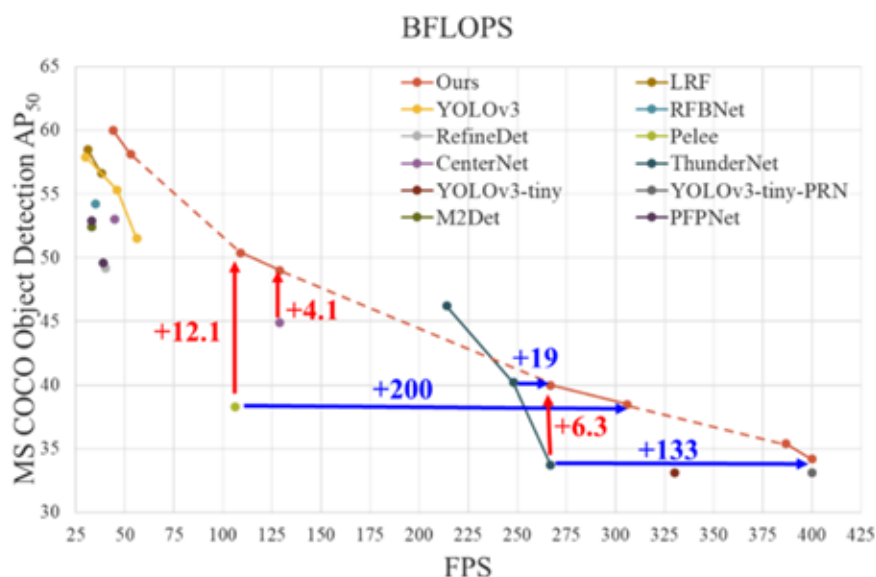


資料來源：A. Bochkovskiy, C.-Y. Wang, and H.-Y. M. Liao (2020)

註：AP50代表偵測重疊率在50%以上的平均查準率(Average Precision)

圖 2.1-6 Pascal架構GPU下的偵測表現比較

前期研究團隊採用的是當時最新最有效的 YOLOv3-CSPnet 版本，在同等偵測速度下，此版本較原始 YOLOv3 版本 AP50 約可高出 5~7 個百分點(圖 2.1-7)；而 YOLOv4 較原始 YOLOv3 版本 AP 則可高出近 7~10 個以上百分點。



資料來源：C.Y. Wang et al. (2020)

圖 2.1-7 YOLOv3-CSPnet效能圖

回顧前期計畫中，研究團隊最終提出了 Oriented YOLOv4，並針

對解析度為 1920×1080 的空拍影像進行訓練、偵測等測試。訓練樣本使用了無人機搭載高解析度攝影機，在 29 個不同的路口進行空拍錄製。由於可旋轉框的人工標註成本巨大，因此研究團隊利用前期訓練資料產生初步偵測模型，透過該模型從數十部路口影片偵測結果中，透過人工挑選出 723 張錯誤情況較明顯的路口空拍照片進行二次訓練，並再挑選 400 張空拍影像做為測試。部分路口場景如圖 2.1-9 所示，訓練與測試資料中各類別的車種數量資訊如表 2.1-3。

此外，團隊也將 Oriented YOLOv4 與其它目前主要的選轉框偵測方法進行了比較，選擇了世界上最大規模的 DOTA1.0 做為比較的資料庫(圖 2.1-8)。DOTA1.0 包含了 2806 張來自不同感測器和平臺的圖像。圖像的大小從大約 800×800 到 4000×4000 不等。完全注釋的 DOTA 圖像包括 188,282 個物體，每個實例由一個任意的四邊形所框選，並分為 15 個類別：飛機(PL)、棒球場(BD)、橋樑(BR)、田徑場(GTF)、小型車輛(SV)、大型車輛(LV)、船舶(SH)、網球場(TC)、籃球場(BC)、儲槽(ST)、足球場(SBF)、路口圓環(RA)、港口(HA)、游泳池(SP)、直升機(HC)。依 DOTA1.0 測試標準，隨機選擇一半的原始圖像做為訓練集，1/6 做為驗證集，1/3 做為測試集。原始圖像裁剪成 1024×1024 的區塊，重疊位移設置為 512。最後，得到了 29,457 個影像區塊用於訓練過程。實驗結果如表 2.1-1 所示，紅字為 mAP 最高者。Oriented YOLOv4 採用的骨幹網路為 CSPDarknet53，在特徵擷取能力上大約接近 ResNet101，較遜於 ResNet152。由於設計上針對了車輛的方向性，因此對於首尾難以區分的橋樑、田徑場等表現普遍較差，但在首尾方向性明顯且大致能被矩形包覆的物體上表現突出，如大型車輛、小型車輛、船舶等，均取得最佳表現。在一般情況下，由於 YOLOv4 本身的高效率特性，速度為其它方法的兩倍快，雖然表 2.1-1 許多方法未列實際的每秒處理幀數(Frame Per Second, FPS)，但根據其架構與在其它骨幹網路、硬體上之表現推估，幾乎都在 10 fps 到不足 1 fps 之間。若採用測試期擴增(test time argumentation)條件，即合併原偵測結果與將影像水平翻轉之偵測結果，在車輛偵測上可再進一步獲得提升。

表 2.1-1 Oriented YOLOv4與其他選轉框方法比較表

Method	backbone	PL	SV	LV	SH	HC	BD	BR	GTF	TC	BC	ST	SBF	RA	HA	SP	mAP	FPS
R ² CNN	ResNet101	80.94	59.92	50.91	55.81	48.22	65.67	35.34	67.44	90.67	66.92	72.39	55.06	52.23	55.14	53.35	60.67	
RRPN	ResNet101	88.52	51.85	56.19	57.25	53.58	71.20	31.66	59.30	90.81	72.84	67.38	56.69	52.84	53.08	51.94	61.01	
RoI-Transformer	ResNet101	88.64	68.81	73.68	83.59	47.67	78.52	43.44	75.92	90.74	77.27	81.46	58.39	53.54	62.83	58.93	69.56	5.90
SCRDet	ResNet101	89.98	68.36	60.32	72.41	65.21	80.65	52.09	68.36	90.85	87.94	86.86	65.02	66.68	66.25	68.24	72.61	
MFLAR-Net	ResNet152	89.62	70.13	67.64	77.81	62.11	84.03	52.41	70.30	90.85	85.40	86.22	63.21	64.14	68.31	70.21	73.49	
Gliding Vertex	ResNet101	89.64	73.01	73.14	86.82	57.32	85.00	52.26	77.34	90.74	79.02	86.81	59.55	70.91	72.94	70.86	75.02	10.00
Mask OBB	ResNeXt101	89.56	76.52	74.16	85.63	63.32	85.95	54.21	72.90	89.85	83.81	86.48	54.89	69.64	73.94	69.06	75.33	6.20
FFA	ResNet101	90.10	71.00	79.90	83.50	63.70	82.70	54.20	75.20	90.70	83.90	84.60	61.20	68.00	70.70	76.00	75.70	
APE	ResNeXt101	89.96	74.01	77.16	79.45	65.55	83.62	53.42	76.03	90.83	87.15	84.51	67.72	60.33	74.61	71.84	75.75	
CenterMap OBB	ResNet101	89.83	77.66	78.32	87.19	66.06	84.41	54.60	70.25	90.66	84.89	85.27	56.46	69.23	74.13	71.56	76.03	6.30
Cascade-FF	ResNet152	89.90	68.20	75.20	75.60	50.10	80.40	51.70	77.40	90.80	78.80	84.40	62.30	64.60	57.70	69.40	71.80	
BBAVectors	ResNet101	88.35	78.43	78.98	87.94	55.70	79.96	50.69	62.18	90.85	83.58	84.35	54.13	60.24	65.22	64.28	72.32	
SARD	ResNet101	89.93	68.41	61.18	66.00	68.03	84.11	54.19	72.04	90.82	87.79	86.59	65.65	64.04	66.68	68.84	72.95	
GLS-Net	ResNet101	88.65	73.30	72.16	84.68	60.42	77.40	51.20	71.03	90.87	80.43	85.38	58.33	62.27	67.58	70.69	72.96	
DRN	Hourglass104	89.71	76.22	74.43	85.84	58.48	82.34	47.22	64.10	90.57	86.18	84.89	57.65	61.93	69.30	69.63	73.23	
FADet	ResNet101	90.21	73.18	68.27	79.56	64.86	79.58	45.49	76.41	90.83	83.40	84.68	53.40	65.42	74.17	69.69	73.28	
SAR	ResNet101	90.89	68.07	72.31	81.24	63.48	82.67	49.75	69.90	90.27	88.19	82.43	62.08	66.43	66.20	68.34	73.48	15.53
R ² Det	ResNet152	89.49	70.92	78.66	78.21	67.17	81.17	50.53	66.10	90.81	85.26	84.23	61.81	63.77	68.16	69.83	73.74	
RSDet	ResNet152	90.10	70.20	78.70	73.6	63.70	82.00	53.80	68.50	91.20	87.10	84.70	64.30	68.20	66.10	69.30	74.10	
GCL	ResNet152	89.70	78.98	74.78	85.86	68.91	83.34	55.44	67.31	90.82	85.56	85.33	65.56	61.52	72.30	78.11	76.23	
CSL	ResNet152	90.13	77.32	72.98	85.94	70.08	84.43	54.57	68.13	90.74	85.95	86.36	63.42	65.82	74.06	73.67	76.24	
Ours	CSPDarknet53	87.63	78.66	77.99	88.68	59.20	80.60	43.65	56.12	90.85	78.13	86.78	44.32	59.34	68.13	71.50	71.44	35.70
Ours(tta)	CSPDarknet53	88.94	79.37	83.84	88.65	59.78	82.19	43.22	60.15	90.83	83.52	87.37	51.30	66.27	72.52	70.46	73.89	20.40

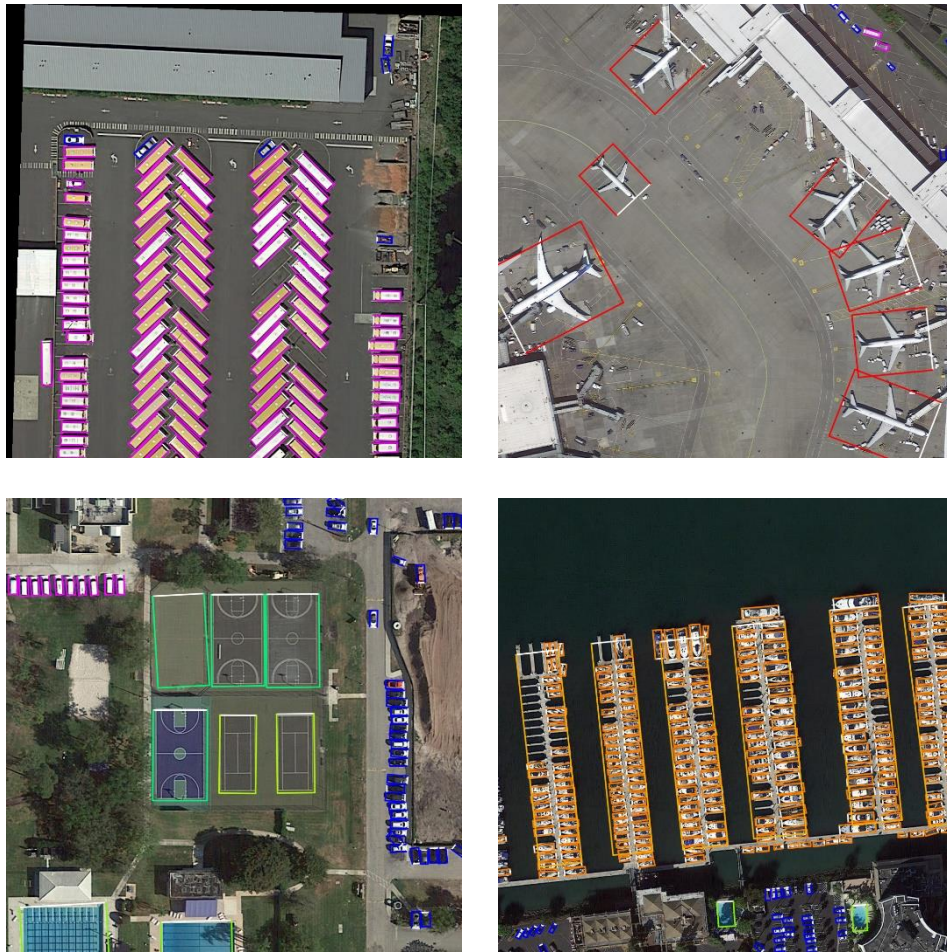


圖 2.1-8 部分DOTA1.0上的偵測結果

就在 YOLOv4 出現的兩個月後，美國新創公司 Ultralytics 發表了 YOLOv5 (C. Li et al, 2022)。然而 YOLOv5 在發表的同時，也帶來了大量是否應該繼承 YOLO 名號的爭議。相對於 YOLOv4 曾取得 YOLO 原作者 Joe Redmon 對名稱使用上的同意，YOLOv5 除了未向原作者取得同意外，在發表 YOLOv5 專案的同時亦未發表對應的論文文獻，且在方法上受到延續了 YOLOv4 方法但創新度不足、實驗數據不夠明確等質疑。另一方面，Ultralytics 過去有著在 Pytorch 平台上實現 YOLOv3 的成績。由於 Pytorch 有著更成熟的開發生態，在軟硬體支援上更為簡單，部署也更加容易，加上 Ultralytics 對 YOLOv5 專案的積極維護，因此 YOLOv5 相對也有著更完整的工具支援，與及更好上手的開發環境。

今(111)年 6 月，中國美團視覺智能部基於 RepVGG 架構(X. Ding et al, 2021)設計了可重參數化的網路，以 YOLOv6 的名號出現。YOLOv4 作者群原本也打算在同時間提出他們的新方法，但因稍晚一步而只好將其架構名稱改為 YOLOv7 (C.-Y. Wang, A. Bochkovskiy, and H.-Y. M. Liao, 2022)，並於隨後 7 月發表，這使得 YOLOv6 與 YOLOv7 在一個月內先後問世。兩者在速度上都達了極致，但相較下 YOLOv7 仍略勝一籌。但即使在速度上比 YOLOv4 進步了兩倍，在效果上的差異並不十分顯著。從

表 2.1-2 可見，在小物件(小於 32×32 像素面積)的 AP(Average Precision)表現上，也就是 AP_s 欄位，YOLOv7 較 YOLOv4-CSP 僅高出 1%；即便是模型比標準 YOLOv7 大上 4 倍、浮點運算量大上 8 倍的 YOLOR-D6，比 YOLOv4-CSP 高出 8% 的表現仍遠不如對中型物件(像素面積介於 32×32 與 96×96 間，約為小客車或貨車尺寸)的普遍偵測表現。

表 2.1-2 YOLOv7與過往方法比較表

Model	#Param.	FLOPs	Size	AP ^{val}	AP ^{val} ₅₀	AP ^{val} ₇₅	AP ^{val} _S	AP ^{val} _M	AP ^{val} _L
YOLOv4 [3]	64.4M	142.8G	640	49.7%	68.2%	54.3%	32.9%	54.8%	63.7%
YOLOv4-u5 (r6.1) [81]	46.5M	109.1G	640	50.2%	68.7%	54.6%	33.2%	55.5%	63.7%
YOLOv4-CSP [79]	52.9M	120.4G	640	50.3%	68.6%	54.9%	34.2%	55.6%	65.1%
YOLOv4-CSP [81]	52.9M	120.4G	640	50.8%	69.5%	55.3%	33.7%	56.0%	65.4%
YOLOv7	36.9M	104.7G	640	51.2%	69.7%	55.5%	35.2%	56.0%	66.7%
improvement	-43%	-15%	-	+0.4	+0.2	+0.2	+1.5	=	+1.3
YOLOv4-CSP-X [81]	96.9M	226.8G	640	52.7%	71.3%	57.4%	36.3%	57.5%	68.3%
YOLOv7-X	71.3M	189.9G	640	52.9%	71.1%	57.5%	36.9%	57.7%	68.6%
improvement	-36%	-19%	-	+0.2	-0.2	+0.1	+0.6	+0.2	+0.3
YOLOv4-tiny [79]	6.1	6.9	416	24.9%	42.1%	25.7%	8.7%	28.4%	39.2%
YOLOv7-tiny	6.2	5.8	416	35.2%	52.8%	37.3%	15.7%	38.0%	53.4%
improvement	+2%	-19%	-	+10.3	+10.7	+11.6	+7.0	+9.6	+14.2
YOLOv4-tiny-3l [79]	8.7	5.2	320	30.8%	47.3%	32.2%	10.9%	31.9%	51.5%
YOLOv7-tiny	6.2	3.5	320	30.8%	47.3%	32.2%	10.0%	31.9%	52.2%
improvement	-39%	-49%	-	=	=	=	-0.9	=	+0.7
YOLOv4-E6 [81]	115.8M	683.2G	1280	55.7%	73.2%	60.7%	40.1%	60.4%	69.2%
YOLOv7-E6	97.2M	515.2G	1280	55.9%	73.5%	61.1%	40.6%	60.3%	70.0%
improvement	-19%	-33%	-	+0.2	+0.3	+0.4	+0.5	-0.1	+0.8
YOLOv4-D6 [81]	151.7M	935.6G	1280	56.1%	73.9%	61.2%	42.4%	60.5%	69.9%
YOLOv7-D6	154.7M	806.8G	1280	56.3%	73.8%	61.4%	41.3%	60.6%	70.1%
YOLOv7-E6E	151.7M	843.2G	1280	56.8%	74.4%	62.1%	40.8%	62.1%	70.6%
improvement	=	-11%	-	+0.7	+0.5	+0.9	-1.6	+1.6	+0.7

在訓練樣本中，由於路口真實影像中大客車、聯結車經過的比例較少，使得各類別的占比難以均衡，容易造成分類結果不佳，因此研究團隊透過人工特地篩選出盡量包含大客車、聯結車的空拍影像。圖 2.1-9 為用於車輛訓練的幾個路口場景範例。

研究團隊比較測試集在這些路口的分類情況，由於空拍影像在訓練時的類別數量無法做到平均，一般路口機車與小客車占主要比例約 54%與 30%，如表 2.1-3 所示。在有足夠的訓練資料下，機車與小客車的訓練結果容易有著比較好的分類結果，然而其他類別訓練樣本不充足的情況，分類的結果可能沒有小客車或機車好。因此，此次訓練過程增加了針對比例較低的車種，以較高的機率來選取相關訓練影像的機制，使得含有較多自行車、貨車、公車、聯結車等車種的訓練影像，能在訓練過程中參與更多次數，提升模型對少量車種的關注程度。



圖 2.1-9 車輛訓練的幾個路口場景

表 2.1-3 各類別的車種數量

	訓練資料	測試資料
影像數	723	200
行人	4,061	1,823
自行車	467	331
機車	26,314	9,661
小客車	14,924	4,958
貨車	2,035	850
大客車	605	171
聯結車頭	153	110
聯結車身	151	111
總車輛數	48,710	18,015

表 2.1-4 為實驗結果。從數據上來看，四輪車輛與機車的單張查全率(recall) 普遍可達 9 成以上，行人與自行車則分別為 78.7%與 63.7%。另一方面，在查準率(precision)上同樣是行人、自行車、聯結車的部分略低，但也普遍達到 85%上的水準。

表 2.1-4 各類車種Recall與Precision的結果

	Recall	Precision	mAP _{0.5}
行人	0.787	0.853	0.838
自行車	0.637	0.854	0.739
機車	0.937	0.946	0.961
小客車	0.974	0.986	0.985
貨車	0.962	0.967	0.972
大客車	0.912	0.963	0.948
聯結車頭	0.973	0.843	0.963
聯結車身	0.919	0.953	0.952
平均	0.888	0.921	0.920

在偵測結果上，要尋求顯著的進步開始顯得愈加困難，僅行人與自行車之查全率具有較大的改善空間。行人部分主要是本身面積過小且外觀特徵少，導致較難被偵測出；自行車部分則是有 26% 的自行車會被誤分類為機車，若能完全校正可將查全率大幅提升至 90%。誤分類的主要發生原因為外觀上的相似，且訓練資料中機車數量遠大於自行車，容易導致部分自行車在分類上偏向群體規模大的機車。

圖 2.1-10 為利用 Oriented YOLOv4 偵測出的部分結果，包括行人(粉紅框)、自行車(橘框)、機車(草綠框)、小客車(紅框)、貨車(黃框)、大客車(綠框)、聯結車頭(水藍框)、聯結車身(藍框)等七類車輛。



圖 2.1-10 Oriented YOLOv4部分偵測結果

2.1.3 多物件間追蹤技術

近年來由於物體偵測技術的可靠度大幅提升，許多基於偵測位置的追蹤技術(tracking by detection)應運而生，例如由 Bewley 等人(2016)所提出之 SORT 演算法即為其中經典方法之一。此方法透過卡曼濾波器將追蹤中多個目標對象，透過線性速度的假設來預測後續位置，並與透過 YOLO 等方法產生之偵測結果進行匹配。在多目標間的匹配問題上，則採用了俗稱匈牙利演算法(H. W. Kuhn, 1955)的匹配策略，以偵測目標 D 與追蹤預測目標 T 間的外接框重疊程度(IoU, Intersection over Union)為基準，計算整體上最低的匹配損失。若追蹤預測目標 T 超過一定幀數尋找不到適合匹配(預設為 $\text{IOU} > 0.3$)之偵測目標對象，則停止其後續追蹤。另一方面，由於偵測結果並不是百

分之百可靠，因此對於無法匹配任何預測目標之新偵測結果，在對其建立新的追蹤目標後，需連續成功追蹤(找到適合匹配之偵測結果)數次，才會將其視為可靠的新出現物體。

SORT 演算法特點在計算快速的同時，也達到了多物體追蹤的頂級表現，較大的缺點主要發生於遮蔽嚴重時，帶來的追蹤對象編號改變問題。2017 年一個基於 SORT 的新追蹤方法 Deep SORT(N. Wojke, A. Bewley & D. Paulus, 2017)被提出，以改善前述問題。Deep SORT 主要特點在於加入了深度學習，對行人外觀資訊進行了訓練，做為額外資訊以改善偵測與追蹤對象在遮蔽發生時的匹配效果。然而，Deep SORT 基本上都是根據一般監視系統下的行人進行訓練，目前並無針對空拍畫面下車輛進行大規模訓練的 Deep SORT 模型，且該訓練主要是為了在遮蔽嚴重、缺少物體資訊的前提下的行人可能移動模式，如行人框的大小變化(走近走遠)與位移等；而空拍影像不會有遮蔽或尺寸變化等問題，因此 Deep SORT 對本計畫之情境幫助不大。

SORT 應用在幾無遮蔽發生的空拍影像上，仍是個效率與準確度表現極佳的多物體追蹤方法。儘管近年追蹤技術有逐步朝結合深度學習物件偵測的方向走，但實務上反而失去了可模組化的優勢，為避免系統在偵測上無法與時俱進時，只能整個系統打掉重新開發的窘境，目前建議仍採追蹤與偵測獨立模組的方式運行。

2.2 交通衝突技術

交通衝突技術的背景、原理、交通衝突指標等文獻回顧已於去(110)年度之報告書說明，本節將針對今年之先導測試計畫應用情境進行回顧，並補充本研究所蒐集的交通衝突及車流軌跡資料可進行的相關研究應用。

2.2.1 右轉衝突

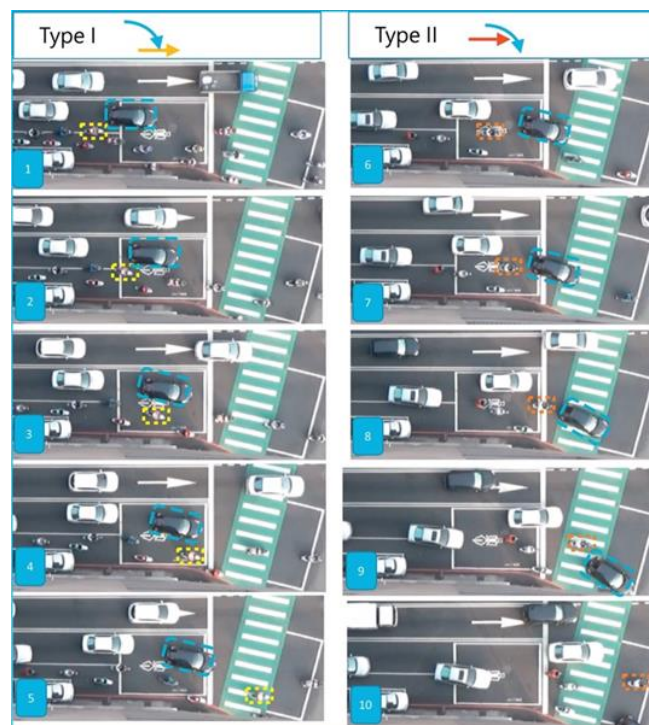
右轉衝突指在靠近停止線處，右轉車輛未靠右行駛而與直行車發生之衝突，常見的車輛組成為右轉汽車與直行機車之衝突、右轉機車

與直行汽車之衝突、右轉機車與右轉汽車之衝突，容易造成擦撞或側撞。右轉衝突中，又以右轉汽車與直行機車之衝突最為最多(圖 2.2-1)，其主要原因可歸納為汽車右(後)方之視線死角導致汽車駕駛人難以察覺其右側有機車之存在，當進行右轉時與在其右側之直行機車發生衝突。Hsu and Wen (2019) 進一步將右轉衝突分成兩種型式，Type I 為直行機車比右轉汽車先通過衝突區，Type II 為右轉汽車比直行機車先通過衝突區，如圖 2.2-2 所示。



資料來源：許添本等人 (2018)

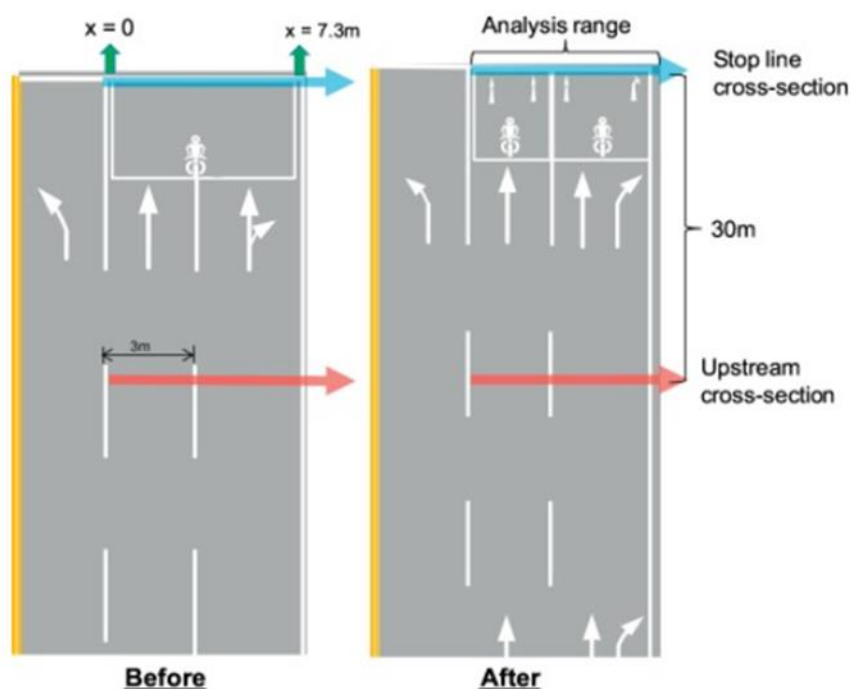
圖 2.2-1 汽機車右轉衝突示意圖



資料來源：Hsu and Wen (2019)

圖 2.2-2 右轉汽車與直行機車之衝突類型

以上的衝突可透過改變道路的幾何配置或標誌標線，將駕駛人在抵達路口進行轉向前引導至適當位置，可以減少事故之發生。為了減少右轉衝突的問題，許添本等人（2018）及 Hsu and Wen (2019) 提出「分流式指向線」（divergence markings）之改善措施，針對直行與右轉共用車道中直行機車與右轉汽車之混合車流行為所產生之衝突，透過分流式指向線繪設於路口上游處與機車停等區（圖 2.2-3），旨在提醒右轉之汽機車駕駛人提前靠外側車道右側行駛，直行車靠車道左側或於直行車道行駛，在上游路段前就將直行或是右轉的汽機車提早分流。該研究利用臺中市 3 個路口的事故資料及錄影資料進行事前事後分析，證實劃設分流式指向線後確實能減少右轉衝突，PET 值有所增加、右轉相關之側撞及追撞事故下降六成以上，對機車密度高國家之道路設計有高度參考價值。

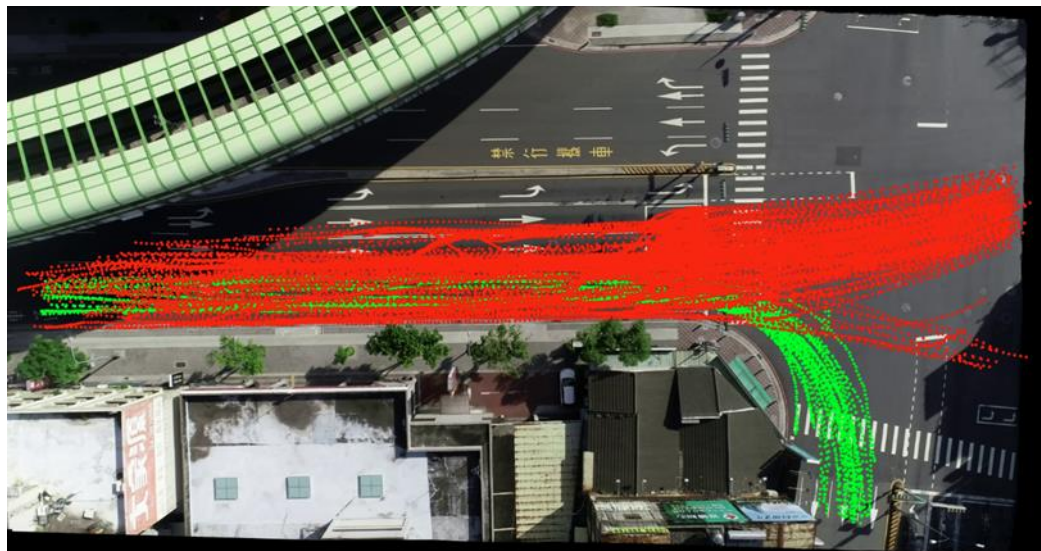


資料來源：Hsu and Wen (2019)

圖 2.2-3 分流式指向線示意圖

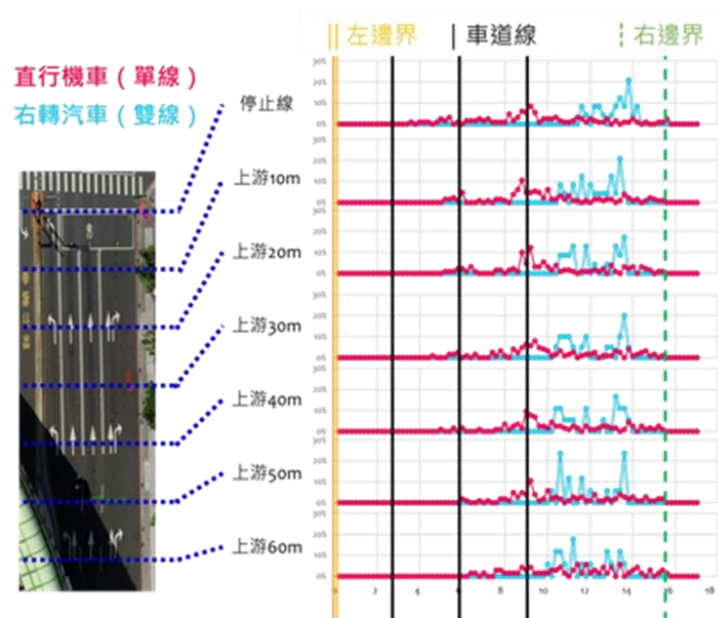
在評估右轉衝突的潛在風險上，許添本等人（2018）提出了 3 個可量化的分析指標，包括直行機車與右轉汽車分別與邊線之距離、潛在衝突指標、以及右轉汽車與直行機車之衝突事件數與衝突秒數。該研究進行實驗分析，探討分流式指向線實施前後，透過觀察由路口停止線上游 60 公尺至路口停止線之間的各斷面，評估這些指標的變化。溫基信等人（2020）進一步實作，除了上述三個指標外，加入車流軌

跡圖（圖 2.2-4）、車輛橫向分布圖（圖 2.2-5）做為車流行為及評估結果的視覺化呈現。本研究在設計右轉衝突應用情境之分析工具時，將參考以上的評估方法，由車流軌跡中蒐集各車種及轉向車輛通過各斷面之橫行位置並計算統計項目輸出。



資料來源：溫基信等人 (2020)

圖 2.2-4 汽車右轉與機車直行之車流軌跡圖



資料來源：溫基信等人 (2020)

圖 2.2-5 直行機車與右轉汽車之行駛位置分布

2.2.2 非號誌化路口停讓衝突

「非號誌化路口停讓衝突」指在非號誌化路口，車輛未依規定停讓，而導致交岔路口中發生之衝突。根據 110 年之分析，其對應肇事型態主要為交岔撞，主要的可能肇因為未依規定讓車、未注意車前狀況、未依規定減速、違反特定標誌(線)禁制。非號誌化路口的相關管制方法，主要可參考「道路交通安全規則」第 102 條第 1 項第 2 款說明：「行至無號誌或號誌故障而無交通指揮人員指揮之交岔路口，支線道車應暫停讓幹線道車先行。未設標誌、標線或號誌劃分幹、支線道者，少線道車應暫停讓多線道車先行；車道數相同時，轉彎車應暫停讓直行車先行；同為直行車或轉彎車者，左方車應暫停讓右方車先行。但在交通壅塞時，應於停止線前暫停與他方雙向車輛互為禮讓，交互輪流行駛。」，主要以幹(支)線道做為路權的劃分，而當沒有明顯幹(支)線道，則以兩車的轉向為禮讓的規則。本研究在設計非號誌化路口停讓衝突應用情境之分析工具時，將參考以上之相關規則，做為判斷車輛是否有遵守交通安全規則之依據。

根據許添本等人（2020）「混合車流路口道路與交通工程設計範例 (3/4)-非號誌化路口」之研究，非號誌化路口常見肇事主因可以分為六大項：路口視距不足（回堵車隊妨礙視線、路口違停車輛、無足夠建築截角、障礙物遮蔽視線）、行車速度較快（單向道誘發加速、車輛由幹線道進次巷道）、交叉口路權不明顯（無明確的「停」、「讓」設置）、主線與支線路幅差距大、無足夠左轉待轉空間、照明不足。在路口的改善分析上，可由專業人員於路口進行會勘進一步探討路口的問題；而行車速度較快的部分，則可以進行路口車流分析，統計路口車種行向速率的交叉分析，根據路口之各入口方向，按車種（汽車、機車）記錄各行車方向（左轉、直行、右轉）之平均車速度與標準差，做為路口車速管理相關改善措施之效果的評估依據。本研究在設計非號誌化路口停讓衝突應用情境之分析工具時，亦將參考以上之路口車流分析輸出，蒐集各車種及行向之車輛速度並計算統計項目輸出。

2.2.3 交通衝突之相關研究

本系列研究所蒐集到的車流軌跡及交通衝突資料，可進行一些學

術研究。以下將說明兩個主題的文獻探討，包括指標門檻值之選定、以及衝突的可能成因。

（一）交通衝突指標之門檻值訂定

探討交通衝突指標之實際應用，需要藉由門檻值的訂定，判斷其互動是否屬於衝突行為，甚至藉由不同的門檻值，區分衝突的嚴重程度，因此有需要進行門檻值的探討。近年使用交通衝突指標進行路口安全分析的研究方向逐漸受到重視，然而，Zheng et al. (2016)發現衝突事件數與碰撞事件數不一定有著一致的統計關係，而此結果可能是受到衝突於中介指標分析中，並沒有一致的定義標準所影響。

門檻值於交通衝突指標分析中，扮演著十分關鍵的角色。表 2.2-1 整理了過去文獻使用的指標及其對應的門檻值。由表中資訊可知，會因使用的指標以及欲分析的衝突型態不同而有不一樣的建議門檻設定值，如 Ismail et al. (2009)與 Tageldin et al. (2016) 皆是使用 PET 指標分析人車衝突，其衝突門檻值判定卻分別是 1 秒以及 3 秒；Vogel (2003)、Stylianou & Dimitriou (2018)與李紹輔(2022)，皆是使用 TTC 指標分析追尾衝突，其衝突門檻值訂定卻分別是 1.5-5.0 秒、1.5 秒以及 1.1 秒。綜合以上所述，即使使用的指標以及分析相同的衝突型態，其門檻值訂定也未必相同；說明了目前的交通衝突指標分析中，並沒有一個具體的訂定準則或方法，可能仍需要研究人員進行主觀的設定。

表 2.2-1 交通衝突指標門檻值

作者	衝突型態	門檻值
Lord (1996)	行人與左轉車之衝突	PET(3 秒)
Vogel (2003)	追尾衝突	TTC(1.5-5.0 秒)
Ismail et al. (2009)	人車衝突	PET(1 秒)
Peesapati et al. (2013)	轉向衝突	PET(1-3 秒)
Alhajyaseen (2014)	同向、轉向與追尾衝突	PET(5 秒)
Jiang et al. (2016)	轉向與追尾衝突	PET(1.9 秒)為潛在衝突 PET(1.2 秒)為嚴重衝突
Tageldin et al. (2016)	人車衝突	PET(3.0 秒)為衝突 PET(1.5 秒)為嚴重衝突
Stylianou & Dimitriou (2018)	追尾衝突	TTC(1.5 秒)
Essa and Sayed (2018)	追撞	TTC(0.5-3 秒)
Guo et al. (2019)	追撞及變換車道	TTC(1-3 秒)
Paul and Ghosh (2020)	轉向與交叉衝突	PET(1 秒)
林祐慈(2022)	轉向衝突（機會左轉）	PET(1.8-2.5 秒)
李紹輔(2022)	追尾衝突	mTTC(1.1 秒)

資料來源：林祐慈(2022)、李紹輔(2022)、本研究整理

但在相同的條件下，仍應有一門檻值的客觀訂定方式。Zheng et al. (2015) 提出門檻值的訂定方式可分為三種方法，分別是數值法(numerical methods)、圖形法(graphical methods)、綜整法(combinatorial methods)。圖形法是將指標進行視覺化呈現，再由研究人員主觀進行判定；數值法是根據數理統計方法，所訂定出的最適門檻值；綜合法是結合兩個方法的優點，以圖形法選定門檻值範圍，再以數值法進行精算，最終利用極值理論，客觀的訂定出門檻值的指標。其相關文獻的整理如表 2.2-2 所示。由文獻的發表時間可以看出，近年來的研究多以綜合法為主。

其中林祐慈(2022)運用溫基信等人（2020）之車流軌跡資料，對臺灣路口之機會左轉之適合門檻值進行研究，並考慮直行車與左轉車的車種組合，結果發現不同車種組合有著不同的 PET 門檻值：直行汽車與左轉汽車的門檻值建議為 2.5 秒、直行機車與左轉汽車為 2.1 秒、直行汽車與左轉機車為 1.8 秒、直行機車與左轉機車為 1.8 秒。

另外，李紹輔(2022)運用相同的方法及資料探討追尾衝突，結果發現不同車種組合有著不同的 TTC 門檻值：前車汽車-後車汽車的門檻值建議為 1.6 秒、前車機車-後車汽車的門檻值建議為 1.3 秒、前車汽車-後車機車的門檻值建議為 0.7 秒、前車機車-後車機車的門檻值建議為 0.8 秒；不分車種的門檻值中，確立了合適分析的門檻值為 1.1 秒。

綜合以上討論，交通衝突指標分析當中，衝突的門檻值訂定會對後續的分析應用造成影響。然而目前的研究當中，門檻值的訂定尚未有一致性的作法，多是根據研究人員專業知識的了解，主觀進行判定，因此建議後續研究可參考以此方向進一步探討。

表 2.2-2 門檻值訂定之研究方法

方法類別	作者	研究方法
圖形法	Hill (1975)	Hill plot
	Embrechts et al. (1997)	Mean residual life plot
	Coles (2001)	Threshold stability plot
數值法	Beirlant et al. (1996)	Square error method
	Thompson et al. (2009)	Automated threshold selection method
	Deidda (2010)	Multiple threshold method
綜整法	Zhang et al. (2015)	Mean residual life plot Threshold stability plot Log-likelihood value
	Zheng & Sayed (2019)	Mean residual life plot Threshold stability plot Sensitivity Analysis
	Orsini et al. (2021)	Threshold stability plot Automated Threshold Selection Method
	林祐慈(2022)	Mean Residual Life Plot Threshold Stability Plot Automated Threshold Selection Method (Peak Over Threshold (POT) method)
	李紹輔(2022)	Graphical Method Automated Threshold Selection Method (Peak Over Threshold (POT) method)

資料來源：林祐慈(2022)、李紹輔(2022)、本研究整理

(二) 交通衝突之可能成因

藉由分析多個路口的交通衝突資料並建立模式，可進一步探討交通衝突的可能成因。參考林祐慈(2022) 及過去相關的研究文獻，將可能衝突的成因歸納為車流特性、路口幾何特性、交通管制特性、及駕駛行為四大項目，如表 2.2-3 所示。

表 2.2-3 交通衝突之可能成因

文獻	車流特性		路口幾何特性			交通管制特性		駕駛行為		
	車流量	車輛混合比	車道數	道路設計	路口大小	道路速限	號誌設計	車輛種類	衝突位置	轉彎行為
Cynecki (1980)	✓	✓		✓	✓	✓	✓			
Poch & Mannering (1996)	✓			✓		✓				
Pernia et al. (2002)	✓		✓	✓						
Wang et al. (2008)	✓		✓			✓	✓			✓
Manan (2014)	✓				✓	✓		✓	✓	
Zhang et al. (2014)	✓		✓	✓			✓			✓
林祐慈(2022)	✓	✓		✓			✓	✓		
李紹輔(2022)	✓	✓		✓	✓		✓	✓	✓	

資料來源：林祐慈(2022)、李紹輔(2022)、本研究整理

在分析方法方面，可透過建立衝突數量與上述可能原因之統計模型，如負二項回歸(Negative binomial regression)(Poch & Mannering, 1996)、羅吉斯回歸(Logistic regression)(Manan, 2014)以及一般化線性回歸模型(Generalized linear regression models)(Zhang et al., 2014)等，來探討影響衝突數的可能成因。

林祐慈(2022)與運用溫基信等人(2020)所蒐集到的車流軌跡資料，探討機會左轉衝突的可能成因，由廣義估計方程式中，發現左轉導向線、左轉保護設施、機車兩段式左轉皆能減少衝突數；而由羅吉斯迴歸模式中，發現不同車種配對的模型存在差異，當其中對向直行車速度愈快，發生機會左轉衝突的勝算比會愈高，且機會左轉行為中以間

距左轉最常發生。

李紹輔(2022)則分析追尾衝突，以負二項回歸(Negative binomial regression)進行衝突頻次分析及以羅吉斯迴歸(Logistic regression)進行衝突機率分析，其結果顯示，穿越 20 公尺以上的路口時，建議至少配置 7 秒的清道時間，並且設置左轉保護時相，將可以顯著的減少追尾衝突發生的頻次。除此之外，駕駛行為將會增加衝突發生的機率，為當中主要影響追尾衝突發生機率的變數種類。

綜合以上所述，目前探討交通衝突的可能成因多是以統計方法進行，藉由良好的模型設計可進行較全面的分析，得知交通衝突的影響因素，提供用作路口衝突改善措施及路口設計的參考依據，建議後續研究可採此方向進一步探討。

2.3 空拍影像應用於交通技術

使用無人機技術之應用持續增加，常見應用已由傳統的軍事需求如軍事監測、進攻行動、事件探勘、量測應用等轉為為非軍事用途之民用任務，如基礎設施監測、搜索救援行動、空拍紀錄與需求性資料蒐集等需求，而無人機於交通應用中可協助安全改善或緩解壅塞等營運優化目的。Andrew S. Alden、Cristian Druta 與 Hyoshin John Park(2022)提及美國 50 個州中現已有 36 個州(72%)目前正使用無人機技術於交通應用，針對 9 項無人機交通應用透過問卷調查美國交通單位使用狀態(如表 2.3-1)，顯示往後採用無人機於交通應用之趨勢。除此 9 項交通應用外，尚含其他交通應用服務，如控制評估(Control assessment)、交通流量(Traffic counts)、交通維運(Traffic maintenance)、道路坡度評估(Ramp metering assessment)、特殊交通觀測(Special event traffic monitoring)、壅塞觀察(Queue observation)、即時交通影像(Live streaming traffic video)、圓環評估(Roundabout assessment)等，其中交通流量評估中亦針對潛在衝突區域進行事後衝突點分析，採用商業軟體 DataFromSky(DFS)進行密度、速度、軌跡、衝突點分析，請參考圖 2.3-1。

表 2.3-1 無人機交通應用列表

無人機應用	過去使用 (數量)	當前使用 (數量)	未來使用 (數量)	調查總數
交通特性 (車種、速度、數量等)	31%(4)	31%(4)	46%(6)	14
道路危險評估 (坑洞、天候、落石等)	23%(3)	62%(8)	31%(4)	15
緊急事件派遣	15%(2)	54%(7)	31%(4)	13
繫留無人機	0%(0)	8%(1)	54%(7)	8
汙染物偵測	0%(0)	0%(0)	0%(0)	0
自駕車服務協助	0%(0)	23%(3)	8%(1)	4
臨時性 Ad-Hoc 無線通訊 網路	0%(0)	0%(0)	23%(3)	3
道路危險緊急通報 (視覺警告駕駛員)	0%(0)	0%(0)	15%(2)	2
違規與交通意外停車通 報(卡車坡道停車)	0%(0)	8%(1)	8%(1)	2

資料來源： Andrew S. Alden et al. (2022)

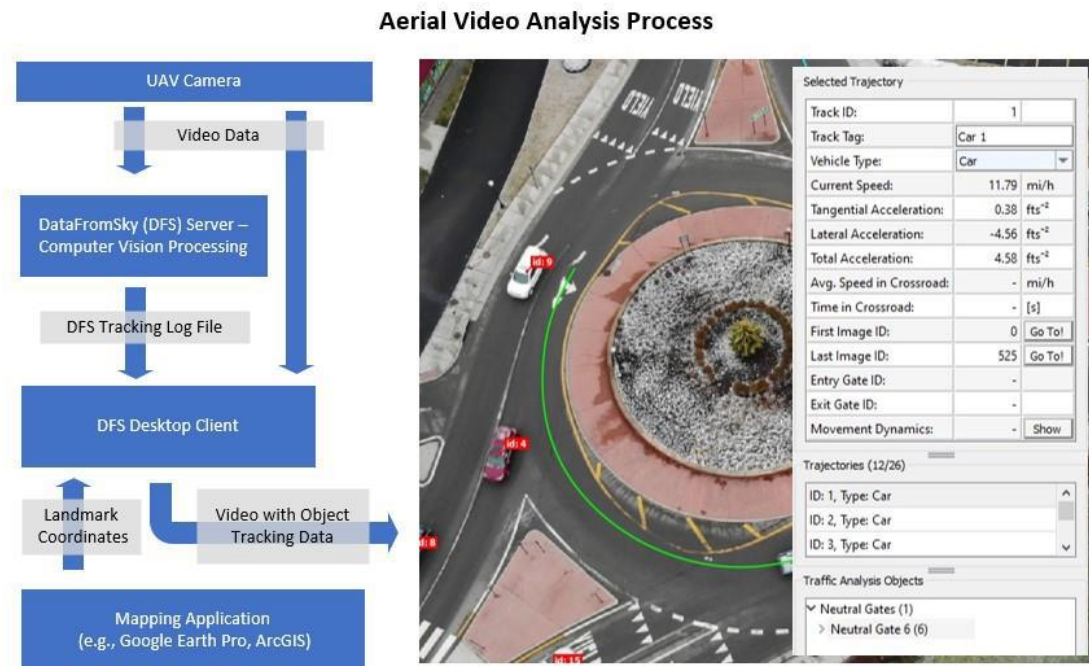


圖 2.3-1 使用DataFromSky分析交通應用流程圖

整理 Andrew 等人(2022)提及結論如下：

- 一、無人機技術目前正在被廣泛採用並迅速增加各種應用，隨著無人機技術的發展和法規的成熟，支援交通需求的無人機交通應用之範圍和規模，預計將顯著增長並變得更加主流。
- 二、無人機之交通車流分析可快速有效地蒐集車輛數量、分類、車速、衝突點、軌跡等交通流量數據，已大大超越傳統蒐集技術，並且更加適用於短期性、關鍵性、靈活性之交通需求。
- 三、無人機交通應用普遍問題需再被克服，如飛行時間短、天候不佳無法飛行(風、雨、夜間)、多樣化影像對 AI 視覺分析之影響。
- 四、無人機交通應用之服務可為交通資料提供(Video Data of Traffic)、潛在與已觀察到之車輛衝突分析(Potential and Observed Vehicle Conflicts)、基礎設施錯用(Misuse of Infrastructure)、違反交通控制(Violation of Controls)等服務。
- 五、無人機未來可能之應用將邁向更多元化落地服務，整理於表 2.3-2。

表 2.3-2 無人機可行之未來應用

類別	應用	描述
基礎建設補強	Ad Hoc 無線通訊網路	臨時性部署通訊網路，允許在無基地台通訊網路的情況下進行通信網絡建立。
	道路緊急通報	部署無人機系統使用可視覺化影像將道路上的緊急情況提示駕駛員注意。
	臨時性/緊急性號誌燈	於號誌燈失效或是臨時性需要號誌路口，提供無人機可視覺化號誌資訊。
駕駛者輔助	自動駕駛輔助	提供駕駛者車輛當前位置之前數英里的地方協助資料，供自動駕駛車輛進行路線規劃。
	壅塞改道或特定車輛改道	擁塞期間車輛改道或特定車種(如大卡車)改道於受限制的道路。
	停車場監視	優化停車場使用率。
道路監測	路面監測	使用專門裝備的路面評估技術。
	坑洞偵測	坑洞造成的交通影響。
	動物移動偵測	動物偵測避免動物與車輛碰撞。

(續下頁)

類別	應用	描述
	天候偵測	使用非視覺或視覺監測道路環境的天候狀況（如洪水、山體滑坡、大風）。
	污染物偵測	使用無人機跟踪污染物的應用。
交通監測	流量特徵分析	監控經常性/非經常性之壅塞、道路施工、匯入等行為進行分析。
	交岔路口分析	追蹤路口轉向流量。
	速度分析	速度統計與測量。
	惡劣天氣行為分析	監測惡劣天氣期間的交通模型。
	量測接受間距	估計駕駛員在交岔路口接受間隙，以供容量分析使用。
	危險物料運輸	進行危險識別和制定事故期間的安全措施。
	疏散管理	極端氣候下進行疏散行為之交通觀測。
	車道合併	車道合併駕駛行為監測。
	特定車種管理	監控特定車種(大貨車)是否駕駛於外車車道等規定區域車道。
事故監測	交通事故管理	即時性交通事故使用無人機提供交通資訊，協助快速恢復交通運輸能力。
	第一線人員現場狀態獲知	急救人員取得無人機快速到達現場資訊，進行所需之派遣部屬。
	碰撞地點資料蒐集	協助現場執法人員快速完成現場調查與事故清理。

資料來源： Andrew S. Alden et al. (2022)

2.4 前 4 期研究之成果回顧

彙整本所 107-110 年研究之成果，整理交通衝突分析軟體比較表如表 2.4-1。

表 2.4-1 本所 107-109 年研究之成果列表

技術	項次	107 年	108 年	109 年	110 年
無人機交通觀測技術	最適拍攝參數	1. 飛行高度 75 公尺 (FOV 為 69 度，拍攝範圍可達 103*55 公尺) 2. 拍攝角度垂直地面 3. 4K 30fps 錄製	1. 限航區拍攝方式 2. 號誌時相拍攝及對時	1. 無人機適用機型比較 2. 整理無人機飛行作業程序	1. 訂定無人機空拍可行性評估條件 2. 修訂無人機現場空拍作業流程，新增比例尺量測及號誌側拍紀錄，以利估算比例尺及號誌時相校正。
影像車流分析技術	四輪以上車種	1. 採用 Mask R-CNN 深度學習架構 2. 小客車、貨車、巴士 90% 以上 3. 貨車、聯結車效果不佳	1. 採用 Mask R-CNN + region tracking 深度學習架構 2. 小客車、巴士之查全率與查準率 (Recall & Precision) 達 99% 3. 貨車查全率與查準率分別達 99% 與 91.8%	1. 採用改良版 SCRDet 深度學習架構 2. 實驗驗證改良版 SCRDet 能更好的擬合正確的車體範圍，AP ₅₀ 提升約 2%，AP ₇₅ 提升約 5~6%	針對空拍車輛開發單階段偵測器 Oriented YOLOv4，降低原本二階段偵測器對硬體運算的需求。

(續下頁)

技術	項次	107 年	108 年	109 年	110 年
	行人、自行車、機車	1.採用 Mask R-CNN 深度學習架構 2.像素面積太小，效果不佳	1.採用 YOLOv3 + SORT 2.行人、自行車、機車之查準率皆達 95%以上；查全率分別達 80.9%、55.9%、93.5% 3.自行車易與機車混淆，但因機車與自行車之一般騎乘車速有明顯差異，可由軌跡平均車速差異性區分自行車與機車，將自行車查全率由 55.9%提升至約 80% 水準	1.採用 YOLOv4 + SORT 2.YOLOv4 可達到運算效率更高，前期採用以 512x512 為輸入的 YOLOv3 模型，本期增加為 1024x1024 輸入的影像尺寸	同樣透過單階段偵測器 Oriented YOLOv4 進行偵測。增加車頭方向資訊並改成輸出可旋轉之矩形框。
交通衝突分析技術	衝突指標或分析工具	TTC、PET 指標（自行計算）	1. SSAM V3.0 開源程式 2. TTC、PET 等衝突指標資訊	TTC/PET 衝突指標計算方法同 108 年	新增機會左轉衝突及路口穿越衝突分析工具

(續下頁)

技術	項次	107 年	108 年	109 年	110 年
	使用者篩選功能	預設 TTC、PET 門檻	1. 嚴重程度 2. 衝突類型 (Conflict types) 3. 車種 4. 車流方向	1. 衝突型態分類優化 2. 衝突事件進階過濾功能	兩段式左轉衝突分類修正
	分析結果	衝突熱區圖	1. 衝突事件表 2. 統計摘要 3. 衝突熱點圖、斑點圖 4. 影片展示	1. 點選衝突點以回放影片 2. 交通量分析 (轉向量) 3. 車流特性計算與統計 4. 車流軌跡繪製功能	1. 車速熱區繪製功能 2. 可透過視覺化圖表檢視機會左轉、路口穿越衝突潛在風險。 3. 車流軌跡繪製功能升級，可依時間 / 車種 / 出入口等條件輸出
	國內車流情境	未測試	經測試可分析汽機車混合車流衝突分析、路口車速分布分析、內輪差模擬分析等。	分流指向線效益評估、分流指向線圖、車輛橫向分布圖等	2 項先導測試計畫規劃與分析，包含機會左轉及路口穿越衝突分析

第三章 無人機空拍路口

本章首先於 3.1 節說明無人機機型簡介，再於 3.2 節說明無人機作業流程，最後於 3.3 節說明空拍路口情形，包含 3.3.1 路口空拍活動申請狀況及 3.3.2 空拍實際辦理現況。

3.1 無人機機型簡介與擇選

無人機空拍執行團隊過去曾採用國產無人機進行空拍任務，包含四軸、六軸旋翼型無人機及繫留型無人機，測試比較表如下圖 3.1-1，價格至少 20-30 萬元起跳。目前測試之國產無人機體積皆較大(軸距約 100cm、起飛重量約 5-9 公斤)，在路口飛行時產生的聲音及視覺上感受，易造成路過車輛及行人之壓力；另繫留型無人機雖可長時間滯空飛行，但考量繫留之電源線需較大的安全範圍(至少約 15m*15m)，以利起降場地及避免線材影響行車安全，故較不適用於都會區交通路口。此外，因使用之國產無人機重量大於兩公斤，需考取 G3 證照，且避障能力及飛行穩定度普通，遙控器與 APP 支援度及整合度較差，攝影機與無人機也非一體成形的設計，拍攝影像之穩定性及飛行操控上較不流暢、簡易。為利於本計畫成果擴散至各交通單位使用，考量四大面向，包括便利性、維護性、品質及成本，分述如下：

- 一、 便利性：小巧機身，完整收納且便利攜帶，搭配輕巧的遙控器和簡易操作，與完整的 APP 整合即可快速起飛。
- 二、 品質：酬載與機體整合性高，搭配高解析鏡頭，拍攝品質較優良，整機完善且經市場驗證淬鍊，品質較有保證。
- 三、 維護性：官方機件存貨齊備，不易有缺件問題，使用者也較不需自行備貨，且透過官方通路購置，擁有完整維護服務，較不需擔心廠商售後服務問題。
- 四、 成本：市售無人機易操控，飛手有較高掌握度，對於飛手壓力也較小，節省操控成本。完整服務體系，可降低維護成本，而適用路口飛行之小型市售無人機價格 2~10 萬，亦較客製機種(約 20~60 萬)便宜。

機型	市售中型無人機	客製國產無人機	客製緊留無人機	市售小型無人機	Autel EVO II Pro
示意圖					
測試時間	107/108	108	108	109/110	111
飛行時間	約20~25分鐘	35~45分鐘	12小時以上 	約20分鐘	約35分鐘
軸距	35公分，體積小可荷包攜帶	70公分，體積小可荷包攜帶	100公分。	24公分，體積小可荷包攜帶	39.7公分，體積小可荷包攜帶
重量	約1.4公斤	約5.0公斤	約6.5公斤	約0.3公斤	約1.1公斤
單價	約5萬元	約20~30萬元	約90萬元	約3萬元 	約6萬元
解析度	4K/30fps	2.7K/30fps	1080p 30fps	4K/30fps	6K/30fps 
最大風速	10 m/s	8 m/s	10 m/s	8 m/s	17 m/s 
優點	機身輕巧，具備快速起降之特性；可遠端啟動錄影功能	飛行時間較長。	可長時間飛行。	機身輕巧，具備快速起降之特性；可遠端啟動錄影功能	具備高抗風、高解析。 
缺點	飛行時間較短、資安疑慮。	成本高，影像較易晃動且解析度較低。 體積稍大，攜帶較不便。	成本高且機體大，不適合都會區路口，電源線恐影響路口用路安全，僅能定點飛行，範圍受限。	飛行時間較短。	飛行時間較短。

圖 3.1-1 本所相關計畫歷年使用之無人機機種測試比較表

依據以上分析結果，本計畫選擇市售小型無人機做為主要的空拍無人機種，如前期之法國 Parrot、本期之美國 Autel，皆具備本計畫所需高品質、高便利性及高維護性等特性。

以下說明今(111)年選擇 Autel 的原因，並進行該機種介紹。今年度為進一步展延無人機飛行時間、增加空中制穩能力及提升影像拍攝品質，選用美國無人機 Autel EVO II Pro 進行拍攝。

Autel Robotics 於 2014 年成立於美國，2015 年靠著 EVO 系列躋身進入無人機市場。2020 年隨著 EVO II 系列的問世，以及成熟的平台，無論是消費市場還是行業規格，Autel 系列無人機也在企業間漸漸成為不容忽視的一大品牌。此無人機於民航局登記為美國品牌(請參考圖 3.1-2)，並已取得 NCC 型式認證，認證編號 CCAP21LP3052T2 標示於機身，如圖 3.1-3。

圖 3.1-2 民航局系統無人機註冊畫面



圖 3.1-3 無人機之NCC型式認證編號實機拍攝照片

Autel EVO II 主要優勢為飛行時間 35 分鐘(影像拍攝可達 25 分鐘)、抗風達 8 級風，以下為該無人機詳細介紹：

Autel Robotics 旗下的主力無人機系列 EVO II Series 於 2020 年問世，有著不輸現在市面上無人機市場的操作界面以及飛行效能。鏡頭模組也是跨領域等級，無論是在娛樂航拍或行業應用，Autel EVO II 系列都能在對應的領域獲得一席之地。

Autel EVO II 的外觀為亮眼的橘色機身及具摺疊式設計，並有 8

級抗風能力。在機身前、後、左、右與上、下方都各有 2 個視覺傳感器，而且機底更有超音波感應器，具備 360 度全方位避障能力，不怕飛行時意外撞到障礙物，讓使用者可以安心操作無人機。內建 7,100mAh 的可充電電池，在無風的最佳狀況可提供直飛 40 分鐘與盤旋 35 分鐘的飛行時間。

EVO II 系列根據機種所搭配的酬載，可分二種款式：EVO II、EVO II Pro。本計畫選擇的 EVO II Pro 起飛重量為 1191 克，很適合空中攝影或地圖製作用途，配備 Sony 的 1 英吋 IMX383 感測器，相當於 29mm 鏡頭、6K 解析度、ISO 100~12800，並有可調整景深的 f/2.8~f/11 可變光圈，雖然靜態照片解析度僅達 2,000 萬畫素，但仍可支援列印清晰的大尺寸照片。



資料來源：Autel Robotics 官網

圖 3.1-4 市售小型無人機Autel EVO II Pro示意圖

本年度採用 Autel EVO II Pro 因拍攝影像解析度較高，相較於上年度採用之 Parrot 可飛行於較高之高度來進行路口影像之拍攝，。經路口拍攝實測，FOV (Field of View) 66 度，在 120 公尺高度下拍攝長寬範圍約 157x88 公尺，請參考圖 3.1-5。另外，研究團隊亦有測試不同高度對影像辨識分析之影響，詳細請見第四章第 4.5 節。



圖 3.1-5 市售小型無人機Autel EVO II Pro拍攝案例

3.2 無人機作業流程

依據前期研究成果及本期實際執行情形進行調整，除了拍攝人員皆具備符合民航法規規定之高級專業操作證(G3)，以及拍攝前須先進行無人機作業可行性評估（路口幾何、空拍飛行條件），現場實際作業符合民航局法規之規定，包含選定起降場地、飛行前檢查及路口資訊紀錄、飛行參數設定、無人機起飛及錄影、完成路口影像蒐集、飛行後檢查及場地復原、後處理等，無人機現場空拍攝影作業流程如圖 3.2-1。

本年度因應先導測試計畫「右轉衝突」課題，需收集停止線至路段上游 60 公尺處之影像，因此增加拍攝範圍，採用 Autel 無人機，其解析度為 6K，飛行高度多設定為 120 公尺。詳細的各路口空拍高度請見第 3.3 節。



圖 3.2-1 無人機空拍攝影作業流程

一、無人機空拍地點的飛行可行性需評估以下要素：

本次實驗場域路口以四岔正交路口為主要分析對象，初步篩選分析方式如下：

(一) 以路口幾何條件而言，路口選擇應避免以下情況：

1. 快慢分隔、大型路口(目前無人機機型無法涵蓋大型路口拍攝)
2. 多岔路口、斜交路口、丁字路口(本期以四岔正交路口為研究分析對象)

(二) 需考量空拍條件，路口選擇應避免以下情況：

1. 大樓、天橋、樹木等視線遮蔽(因遮蔽光線而造成陰影或空拍影像易受到遮蔽，皆致使影像分析失準)
2. 無足夠起降空間(距路口 3 公尺處應有 5 平方公尺空地)
3. 大樓訊號遮蔽、高壓電塔等可能造成訊號干擾的問題
4. 位於禁限航區，雖可透過飛航活動申請取得飛行許可，但若該禁限航區位於機場周邊等拍攝時需派員進駐塔台，空拍時間受到塔台管制，且耗費多一名人力，故較不建議。

如表 3.2-1 所示進行初步篩選，但擇定地點後仍需進行實際場域測試後確認可行性。

表 3.2-1 無人機空拍地點飛行可行性評估表

評估項目	
A.飛行區域類型	A1.禁航區(可向民航局或地方政府申請許可)
	A2.限航區(禁止無人機飛行高度超過 60 公尺，若須超過 60 公尺可向民航局或地方政府申請許可)
	A3.可飛行綠區
B.路口幾何	B1.大型路口(長寬皆>50 公尺)
	B2.多岔路口/斜交路口/丁字路口 (皆非四岔正交路口)
	B3.快慢分隔
C.屏蔽物件	C1.有天橋屏蔽
	C2.有樹木屏蔽
	C3.大樓視線屏蔽
	C4.無明顯屏蔽物件
D.起降場地 (距路口 3 公尺處之 5 平方公尺空地)	D1.無足夠空間
	D2.有足夠空間但須協調
	D3.起飛上空電線過多
	D4.有足夠空間
E.訊號干擾問題	E1.大樓訊號遮蔽
	E2.高壓電塔干擾
	E3.無明顯干擾

二、選擇起降場地

(一) 首先選擇空拍機起飛地點為較空曠之處(距路口 3 公尺處應有 5 平方公尺空地)，且不影響行人動線並應於周遭放置警示牌，用以提醒行人注意勿近，如圖 3.2-2。



圖 3.2-2 起飛地點設置

(二)應避免選擇逆光位置，考量無人機起降安全性，避免因逆光造成操作人員因強光影像操作之安全性，無人機空拍畫面正射向下，雖不直接受強光影響，惟仍須考量拍攝路口因光線受大樓遮蔽，造成的陰影影響。

三、飛行前檢查及路口重點資訊紀錄

先進行路口比例尺量測(使用測距輪量測並記錄)，接著進行無人機任務檢查及飛行前 360 度檢查，最後於民航局系統進行飛航活動前登載。

同時於無人機起飛前後，無人機鏡頭拍攝「時鐘」畫面，並開始用攝影機(或手機)進行側拍，畫面中同時包含時鐘與燈號，且須拍攝號誌轉換兩次以上。如圖 3.2-3 中號誌燈號側拍紀錄之說明。



圖 3.2-3 路口重點資訊紀錄

四、無人機飛行及攝影機最佳參數設定

表 3.2-2 依據本期實際執行情況，顯示無人機飛行及攝影機等參數之實測設定，包括使用中小型無人機、飛行高度設定 120 公尺、風速建議小於 10m/s 以下，錄影解析度以 4K 以上為最佳，曝光模式則設定為快門優先，其他設定則使用自動調整功能即可，如圖 3.2-4 無人機攝影預設條件所示。拍攝時畫面最好沒有陰影或路旁樹木遮蔽，且須將主要道路橫向置中，次要道路縱向置中，以確保能蒐集最好的路口空拍畫面。

表 3.2-2 無人機飛行及攝影機參數設定表

無人機	中小型無人機 (以 Autel 為例)
飛行高度	120 公尺(依照 FOV (Field of View) 66 度，在 120 公尺高度下拍攝長寬範圍約 157*88 公尺)
風速	10 m/s 以下
錄影解析度	4K 以上，30fps
曝光模式	快門優先
感光度模式	自動
攝影機自動調整功能	包括光圈 F, 快門速度 SS (Shutter Speed), 感光度 ISO 等
畫面設定方式	1. 主要道路橫向置中、次要道路縱向置中 2. 確認影像對焦 3. 陰天無光影較佳



圖 3.2-4 無人機預設條件

參數設定後，路口影像蒐集時亦需考慮影像寬高比例，且採用影像穩定技術，對於拍攝之影像進行校正。為符合影像校正之平面座標系假設，故一般路口以主要道路為橫向，而非以正北方為拍攝方向，請見圖 3.2-5。本年度路口除符合上述條件外，畫面上方也盡量朝北方進行拍攝，以利直觀進行交通分析。



圖 3.2-5 無人機畫面設定示意圖

五、無人機起飛及錄影

無人機應飛至路口正中央，從控制顯示器可確認是否已達任務高度後，並確認四面道路停等線與畫面邊緣保持最基本距離，才開始定位錄影蒐集畫面。若可遠端控制錄影，宜結束錄影後再降落。畫面請見圖 3.2-6。



圖 3.2-6 無人機控制顯示器畫面圖

六、完成路口影像蒐集

完成錄影後，可依照路口/路段編碼、架次、飛行高度、影片時間、名稱等重新命名，並上傳至伺服器，包含空拍影片、側錄照片等。

七、飛行後檢查及場地復原

進行無人機飛行後 360 度檢查，接著於民航局系統進行飛航

活動後登載，最後將場地復原，並移除警示標誌。

八、事後處理

為利於估算車輛速度及提供號誌時間資訊，在專案建立時，須先進行比例尺計算及號誌同步時間計算，其資訊將用於車流軌跡計算、速度計算及瀏覽號誌影片等等。事後處理作業較為繁瑣，現已提供比例尺及秒差輸入之教學示範影片於交通衝突分析軟體平臺供使用者下載參閱，如下圖 3.2-7。



圖 3.2-7 下載教學示範影片

(一)比例尺

1. 首先請選擇明顯、易量測且足夠長度的標的物，選擇直線兩點的長度做為測量，如圖 3.2-8 選擇了 A、B、C、D 方向之行穿線做為參考點，於行穿線之邊緣選擇 X1 及 X2 兩點直線距離進行測量，若能擇選 2 個以上的參考點做為測量，將提高比例尺準確度。
2. 開啟團隊設計的比例尺計算表，先填入現場人員透過測距輪量測的實際距離。自下圖可知 A 方向該區段距離為 23.35 公

尺，B 方向該區段距離為 24.6 公尺，C 方向該區段距離為 21.6 公尺，D 方向該區段距離為 24.65 公尺。

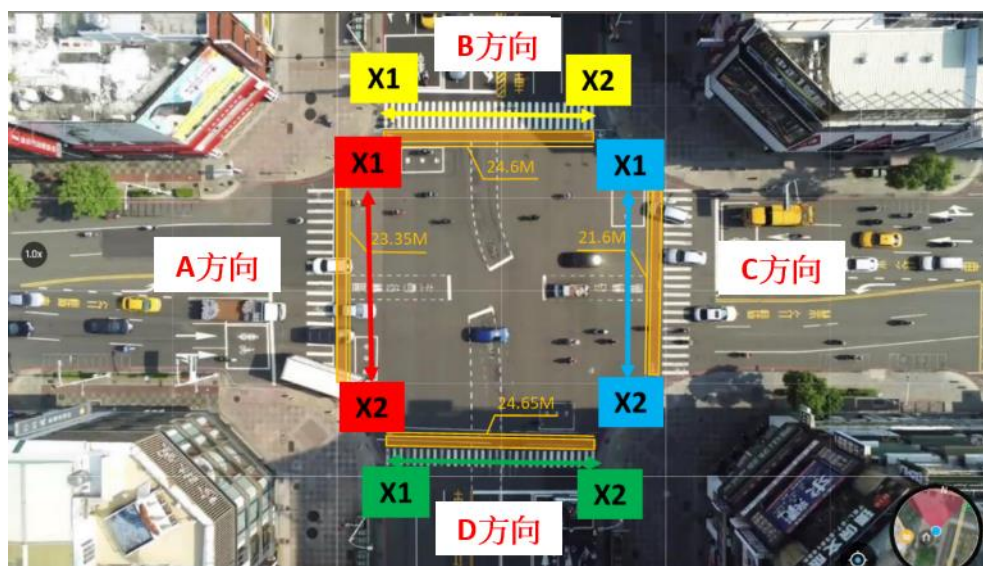


圖 3.2-8 現場人員記錄量測實際距離

3. 再填入計算表中相對應的表格欄位。

比例尺計算								
1A架次								
POI	x1座標	y1座標	x2座標	y2座標	畫面距離(Pixel)	測距輪距離(m)	Pixel to Meter	Meter to Pixel
A路口	637	350	636	736	386.0012953	23.35	0.06049	16.5311
B路口	735	233	1142	236	407.0110564	24.6	0.06044	16.5452
C路口	1277	352	1275	711	359.005571	21.6	0.06017	16.6206
D路口	740	853	1144	859	404.044552	24.65	0.06101	16.3913

圖 3.2-9 比例尺公式計算欄位

4. 以電腦內建的小畫家為例，開啟該路口的路口底圖(2K 解析度，1920*1080 畫素)，再依路口方向順序，利用滑鼠點指 A 方向(X1,Y1)，可於小畫家左下角顯示該點座標像素，例如 A 方向的(X1,Y1)即為(637,350)，同步填入計算表中，依此類推填入其他方向之座標像素。

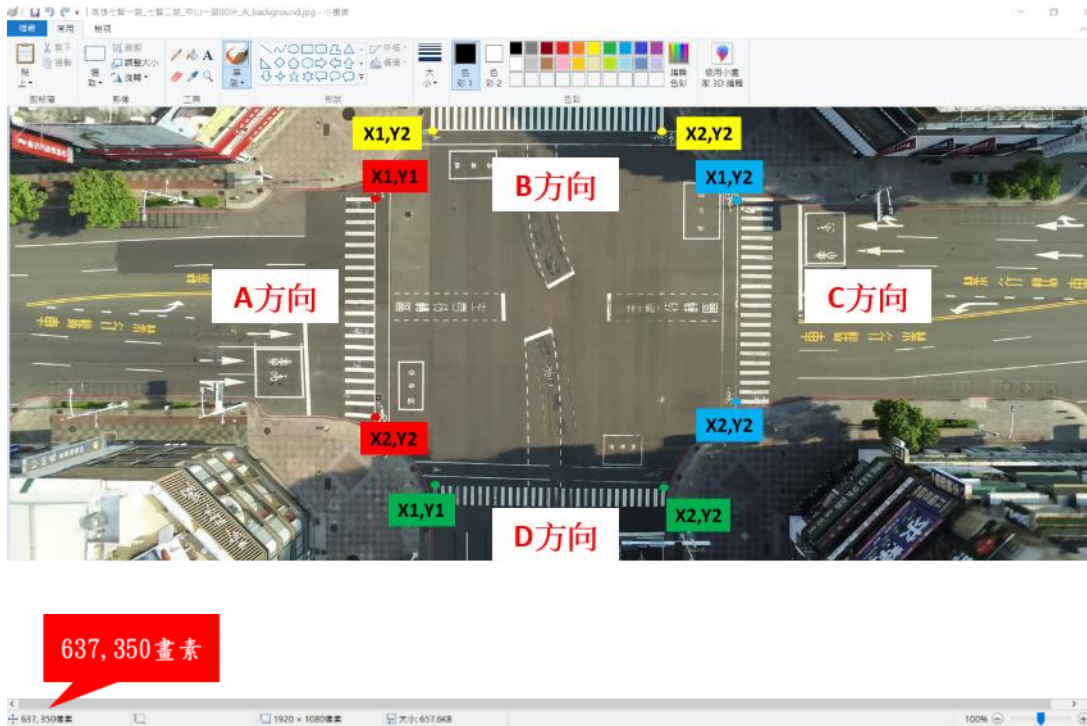


圖 3.2-10 以小畫家開啟底圖之座標顯示

比例尺計算								
POI					1A架次			
	x1座標	y1座標	x2座標	y2座標	畫面距離(Pixel)	測距輪距離(m)	Pixel to Meter	Meter to Pixel
A路口	637	350	636	736	386.0012953	23.35	0.06049	16.5311
B路口	735	233	1142	236	407.0110564	24.6	0.06044	16.5452
C路口	1277	352	1275	711	359.005571	21.6	0.06017	16.6206
D路口	740	853	1144	859	404.044552	24.65	0.06101	16.3913

圖 3.2-11 比例尺計算表中座標欄位

- 填完 4 個方向之各點座標像素後，計算表將會算出比例尺。需要輸入 3 條或以上的直線資料樣本，進行誤差評估分析。驗證方式為比例尺樣本中的最大值與最小值相差不應超過 3%，若差異小於 3% 則驗證成功呈現綠色，反之差異大於 3% 則為紅色，表示需進行二次檢核，確認是否有數字誤植。
- 在實際場域量測實際目標物距離後，在影像中測量該目標物的像素個數，然後換算影像中之每一個像素代表長度，再將 4 個方向計算出的數值予以加總平均，平均值則為該架次之比例尺。

			比例尺驗證
	Pixel to Meter	Meter to Pixel	Maximum Difference (<0.03)
	0.06049	16.5311	1.3993%
	0.06044	16.5452	
	0.06017	16.6206	
	0.06101	16.3913	

1A架次 比例尺：0.06053

圖 3.2-12 比例尺計算結果

- 計算出比例尺數值之後，進入專案中可點選[管理選單]-[更新比例尺]。

專案資訊

高雄市
共 45 筆影像資料

新興區 七賢一路 與 新興區 七賢二路 與 新興區 中山一路
共 4 筆影像資料

影像資訊表

每頁顯示 10 筆

搜尋:

編號	底圖	影像名稱	拍攝時間	比例尺	最後更新時間	管理功能
121		(YOLOv4_210705.2)高雄市新興區七賢一路_七賢二路_中山一路_1A架次 最後更新時間:2021-09-10 16:10:07	2021-08-25 07:53:20	0.0605	2021-09-10 16:10:07	管理選單 更新比例尺 更新軌跡檔 上傳路口說明圖 下載檔案 刪除專案

圖 3.2-13 比例尺更新

8. 儲存更新後，系統將會提醒使用者應重新分析專案。



編輯比例尺

每一個畫素為 公尺**變更後請重新分析

關閉 儲存

圖 3.2-14 系統提醒應重新分析專案

9. 點擊[重新分析]之後，即可完成比例尺設定。

(二) 號誌同步計算

1. 目前影片從起飛開始拍攝，而分析用的穩像影片需透過人工檢視，進而刪除片頭非必要之幀數，剪取穩定且可用之幀數即可。依團隊提供的影片幀數資訊表可知，分析後的影片是從 4778 幀開始串接影片。因此公式表的[片頭刪除影格數]欄位則填寫 4777，如圖 3.2-15 及圖 3.2-16。



檔案(F)	編輯(E)	格式(O)	檢視(V)	說明
4778	4778		10260	
-1	0		10050	
-1	0		10050	
-1	0		107	

圖 3.2-15 號誌同步之分析影片起始影格

日期：	2021/09/02			
地點：	高雄市前鎮區 瑞隆路_瑞福路			
	影格	開始拍攝時間	片頭刪除影格數	後處理秒差
D架次：	10260 10050 10050 2960	09:10:23.55	4777	00:01:50.33

2. 使用 potplay 播放軟體開啟無人機拍攝影片，將每部影片的 [總影格數] 填入團隊設計的號誌同步公式表，如圖 3.2-17。

日期：	2021/09/02			
地點：	高雄市前鎮區 瑞隆路_瑞福路			
	影格	開始拍攝時間	片頭刪除影格數	後處理秒差
D架次：	10260	09:10:23.55	4777	00:01:50.33
	10050			
	10050			
	2960			

- 開啟無人機拍攝影片，輸入[起飛時電子鐘的時間]，並同時記錄該時間對應的[影格數]與[FPS]，如圖 3.2-18。
- 輸入[降落時電子鐘的時間]，並同時記錄該時間對應的[影格數]與[FPS]，如圖 3.2-18。

	無人機起飛			無人機降落		
無人機影片時間	影格	FPS	Time	影格	FPS	Time
	114	29.97	00:00:03.80	1860	29.97	00:01:02.06
			00:00:00.00			00:00:00.00
AtomicClock 時間	Time					
	09:10:23.55			09:28:14.67		

圖 3.2-18 號誌同步之起飛與降落時間與對應影格數

5. 開啟號誌側拍影片，填入側拍[開始時電子鐘的時間]，以及對應的[影格數]和[FPS]，如圖 3.2-19。

6. 對照時相表中的週期，填入[週期秒數]為 2 分鐘(亦即 120 秒)，如圖 3.2-19。

側拍開始拍攝 AtomicClock			
號誌側拍影片	影格	FPS	Time
	4892	29.97	00:02:43.23
			00:00:00.00
AtomicClock 時間			
09:11:33.56			

AtomicClock 號誌週期時間驗證			
側拍號誌時間差	號誌週期	誤差(<0.3)	
00:02:00.09	00:02:00.00	00:00:00.09	

圖 3.2-19 號誌同步之側拍開始影格數與號誌週期

7. 開啟號誌側拍影片，可快轉影片中至第一次 A 方向紅燈轉綠燈的該瞬間，請用 potplay 播放軟體並以影格為單位逐一檢視，方可準確得知轉換綠燈那一秒所對應的[影格數]與[FPS]。
8. 以此類推填入第二次 A 方向紅燈轉綠燈時，相對應的[影格數]與[FPS]，如圖 3.2-20。

第一次A入口綠燈時間				第二次A入口綠燈時間		
號誌側拍影片	影格	FPS	Time	影格	FPS	Time
	7167	29.97	00:03:59.14	10766	29.97	00:05:59.23
			00:00:00.00			00:00:00.00
AtomicClock 時間				Time		
09:12:49.47				09:14:49.56		

圖 3.2-20 號誌同步計算表之第一及第二次A入口綠燈時間

9. 填入[側拍結束時電子鐘的時間]，以及對應的[影格數]和[FPS]，如圖 3.2-21。

第一次A入口綠燈時間				第二次A入口綠燈時間			側拍結束拍攝 AtomicClock		
號誌側拍影片	影格	FPS	Time	影格	FPS	Time	影格	FPS	Time
	7167	29.97	00:03:59.14	10766	29.97	00:05:59.23	37775	29.97	00:21:00.43
			00:00:00.00			00:00:00.00			00:00:00.00
AtomicClock 時間				Time			Time		
09:12:49.47				09:14:49.56			09:29:50.75		

圖 3.2-21 號誌同步計算表之側拍結束時間與對應影格

10. 公式表所有欄位填入完畢後，可將計算後的[後處理秒差]填入系統中[A 方向綠燈週期開始時間]，如圖 3.2-22 及圖

3.2-23。

	影格	開始拍攝時間	片頭刪除影格數	後處理秒差
架次四：	10260 10050 10050 2960	09:10:23.55	4777	00:01:50.33

圖 3.2-22 號誌同步計算表之計算結果

時相表設定

時間區間： 起 09:00 ~ 迄 10:00
A路口綠燈週期開始時間： 1 : 50 : 33

進	出	轉向	時相1	時相2	時相3	時相4	時相5	時相6
A	B	左	☒ 1	☐ 0	☐ 0	☐ 0	☐ 0	☐ 0
A	C	直	☒ 1	☐ 0	☐ 0	☐ 0	☐ 0	☐ 0
A	D	右	☒ 1	☐ 0	☐ 0	☐ 0	☐ 0	☐ 0
B	C	左	☐ 0	☒ 1	☐ 0	☐ 0	☐ 0	☐ 0
B	D	直	☐ 0	☒ 1	☐ 0	☐ 0	☐ 0	☐ 0
B	A	右	☐ 0	☒ 1	☐ 0	☐ 0	☐ 0	☐ 0

圖 3.2-23 後處理秒差填入系統

11. 儲存時相表後請務必點擊[號誌影片轉檔]使系統重新分析該專案。

九、無人機硬體注意事項

本年無人機執行空拍蒐集遇到以下兩問題，並提建議如下：

(一)空拍影像灰畫面，建議處理方式如下：

1. 飛機輪飛：建議使用兩架無人機輪流拍攝，避免無人機連續拍攝寫入 SD 卡過熱造成可能影像寫入不正確，以降低空拍資料蒐集錯誤風險。
2. SD 卡速：依據無人機官方網站建議，建議使用 SD 寫入規格為 UHSII V60(200MB/s 寫入)，進行錄製 6K/4K 影像。

3. SD 張數：建議一趟一張，避免 SD 壞了整個過程都沒資料。本次使用 3 張 64 GB SD 卡，每趟檔案約 30GB，每趟使用一張 SD 卡，飛行 3~4 趟。
4. 讀卡機：現場會將影片檔案複製到筆電確認是否影像正常，建議使用讀取速度佳的讀卡機，與使用風扇散熱讀卡機，避免備份過程過熱而造成中斷。

(二)無人機圖傳斷線，建議處理方式如下：

1. 目視飛行：空拍蒐集曾經遇過圖傳中斷問題，但圖傳中斷時數據傳輸是正常，無人機依然可以配控制，此時無飛行安全問題，是可以使用目視進行無人機之安全降落。
2. 線材確認：建議購買原廠認證線材，並且飛行時注意避免線材的晃動與拉扯，如有疑慮建議可多飛一架次來拍攝影片，避免錄製影片不足問題。

3.3 空拍路口情形

本(111)年度路口空拍辦理時間為易肇事路口挑選事故熱時(非交通尖峰時段)進行拍攝，希望瞭解該時段之交通衝突情況；先導測試計畫則挑選早上尖峰或下午尖峰進行拍攝，以獲得較大的交通量及樣本數。

3.3.1 路口空拍活動申請狀況

本年度先導測試路口與易肇事路口空域多數位於可飛行綠區，僅 3 處路口涉及禁限航區，依規定方式取得核可或不超過規定之飛行高度(如 60 公尺)。

其中[新北市三峽區中山路、大智路口]及[新竹縣竹北市中華路、光明十一路、福興路口]2 處為禁航區，已依規定取得 120 公尺高之飛行核可，而[臺中市大甲區鎮政路、蔣公路口]1 處為限航區，則因飛行 60 公尺高即可涵蓋所需拍攝之範圍，故不需申請派員塔臺，不受限航區之規定影響。各路口實際飛航活動申請時程與管轄單位如下，請參考表 3.3-1 路口空拍活動申請表。

表 3.3-1 路口空拍活動申請表

類別	項次	縣市	路口名稱	飛行區域類型	活動申請期間
先導測試路口	1	新北市	板橋區中山路、民權路	可飛行綠區	7/1-9/30
	2	新北市	永和區永貞路、永利路	可飛行綠區	
	3	新北市	三峽區中山路、大智路	高速公路局北區養護工程分局禁航區 (依規定方式取得核可)	
	4	新北市	永和區秀朗路三段、自立路、秀朗路三段 175 巷	可飛行綠區	
	5	新北市	新店區北宜路一段、文中路	可飛行綠區	
	6	新北市	樹林區環漢路、水源街	可飛行綠區	
	7	新北市	瑞芳區明燈路三段、民族街	可飛行綠區	
	8	臺中市	潭子區雅潭路二段、崇德路四段	可飛行綠區	
	9	臺中市	東區三賢街、東英七街	可飛行綠區	
	10	臺中市	大里區成功二路、光明路	可飛行綠區	
	11	臺中市	東區三賢街、東英七街	可飛行綠區	
	12	臺中市	大里區成功二路、光明路	可飛行綠區	
	13	臺中市	大甲區鎮政路、蔣公路	臺中國際機場限航區 (飛 60 公尺即可完成拍攝，不受影響)	
易肇事路口	1	基隆市	仁一路、愛三路口	可飛行綠區	6/1-8/31
	2	新竹縣	竹北市中華路、光明十一路、福興路	新竹縣政府禁航區及竹市 131 國軍限航區 (依規定方式取得核可)	
	3	苗栗縣	苗栗市至公路、文發路、民族路	可飛行綠區	
	4	彰化縣	公園路一段、中山路二段	可飛行綠區	

申請於禁限航區飛航活動者，需檢附所在地管理機關同意文件，可於無人機資訊系統圖資取得聯絡資訊後，依據各管理機關規定方式，取得同意證明。包含以發文方式給各主管機關，文中說明飛行目的、時間及路線，取得回函同意；或以電話方式聯繫主管機關，說明飛行目的、時間及路線，並寫成電話紀錄做為同意證明；或以 e-mail 方式聯繫主管機關，說明飛行目的、時間及路線，以回信做為同意證明。

3.3.2 空拍實際辦理現況

於 111/6/21-111/6/24 進行 4 處易肇事路口拍攝，其中新竹縣竹北市路口為新竹國軍營區限航區，配合相關規定申請並於拍攝當日派員國軍塔臺遵循指示，順利完成拍攝。13 處先導測試路口部分則於 111/7/5-111/7/22 完成拍攝，其中新北市三峽區中山路、大智路為高速公路局北區養護工程分局禁航區，已配合相關規定取得核可完成拍攝。請參考以下圖 3.3-1、圖 3.3-2、圖 3.3-3、圖 3.3-4 之路口拍攝現場作業概況。另綜整拍攝路口影像時長及其欲分析情境，請參考表 3.3-2。

拍攝時間	6/21 (二) 16:11-17:52	6/22 (三) 09:58-11:37	6/23 (四) 09:48-10:10	6/24 (五) 08:55-09:33
路口名稱	彰化縣 公園路一段、中山路二段	基隆市 仁一路、愛三路	新竹縣 中華路、光明十一路、福興路	苗栗縣 至公路、文發路、民族路
路口空拍圖				
現場作業概況	 • 順利完成拍攝	 • 順利完成拍攝	 • 配合派員國軍塔台，順利完成拍攝	 • 順利完成拍攝

圖 3.3-1 路口拍攝現場作業概況(易肇事路口)

拍攝時間	7/5 (二) 07:30-08:30	7/7 (四) 07:30-08:30	7/8(五) 07:30-08:30 17:30-18:30 7/11(一) 07:30-08:30	7/11 (一) 16:30-18:30
路口名稱	新北市三峽區 中山路、大智路	新北市新店區 北宜路一段、文中路	新北市板橋區 中山路一段、民權路	台中市大里區 成功二路、光明路
路口空拍圖	非號誌化路口	右轉衝突路口	右轉衝突路口	非號誌化路口
現場作業概況	  • 順利完成拍攝	  • 順利完成拍攝	  • 順利完成拍攝(除先導分析外，此路口會進行完整數據分析)	  • 順利完成拍攝

圖 3.3-2 路口拍攝現場作業概況(先導測試路口3-1)

拍攝時間	7/12 (二) 07:30-08:30	7/12 (二) 16:30-18:30	7/14(四) 07:45-09:00	7/14 (四) 17:00-18:30
路口名稱	新北市樹林區 環漢路、水源街	台中市北屯區 北屯路、太原路三段	新北市永和區 永貞路、永利路	台中市潭子區 雅潭路二段、崇德路四段
路口空拍圖	右轉衝突路口	右轉衝突路口	右轉衝突路口	右轉衝突路口
現場作業概況	  • 順利完成拍攝	  • 順利完成拍攝	  • 順利完成拍攝	  • 順利完成拍攝

圖 3.3-3 路口拍攝現場作業概況(先導測試路口3-2)

拍攝時間	7/15(五) 07:40-09:20	7/18 (一) 16:30-18:00	7/20(三) 07:30-09:00	7/21(四) 07:30-09:20	7/21(四) 16:30-16:20
路口名稱	新北市永和區 秀朗路三段、自立路、秀朗路三段175巷	新北市瑞芳區 明燈路三段、民族街	台中市東區 三賢街、東英七街	台中市后里區 三豐路四段、三豐路四段266巷	台中市大甲區 鎮政路、蔣公路
路口空拍圖	非號誌化路口	非號誌化路口	非號誌化路口	非號誌化路口	非號誌化路口
現場作業概況	  • 順利完成拍攝	  • 順利完成拍攝	  • 順利完成拍攝	  • 順利完成拍攝	  • 順利完成拍攝

圖 3.3-4 路口拍攝現場作業概況(先導測試路口3-3)

表 3.3-2 拍攝路口影像時長及其欲分析情境

類別	編號	縣市	路口	飛行高度 (公尺)	總時長 (時:分:秒)	衝突分析情境	飛行空域類型
易肇事路口	1	基隆市	仁一路/愛三路口	120	01:19:01	易肇事路口	可飛行綠區
	2	新竹縣	竹北市中華路、光明 11 路、福興路 交岔路口	120	01:40:08	易肇事路口	位於新竹國軍限航區，依 其規定申請取得核可及配 合拍攝當日派員塔臺協調
	3	苗栗縣	苗栗市至公路、文發路、民族路及 巷道路口	120	01:14:58	易肇事路口	可飛行綠區
	4	彰化縣	公園路一段、中山路二段	120	00:52:10	易肇事路口	可飛行綠區
先導測試路口	1	新北市	板橋區中山路、民權路	120	01:59:32	右轉衝突路口	可飛行綠區
	2	新北市	永和區永貞路、永利路	120	01:16:27	右轉衝突路口	可飛行綠區
	3	新北市	新店區北宜公路台 9 線 10K+886、 文中路交叉口	120	01:14:58	右轉衝突路口	可飛行綠區
	4	新北市	樹林區環漢路水源街	120	01:16:10	右轉衝突路口	可飛行綠區
	5	新北市	三峽區中山路、大智路	120	01:15:28	非號誌化路口	位於高公局禁航區，依其 規定申請取得核可
	6	新北市	永和區秀朗路三段、自立路、秀朗 路三段 175 巷	120	01:35:34	非號誌化路口	可飛行綠區
	7	新北市	瑞芳區明燈路三段、民族街	120	01:16:46	非號誌化路口	可飛行綠區
	8	臺中市	北屯區北屯路、太原路口	120	01:12:47	右轉衝突路口	可飛行綠區
	9	臺中市	潭子區雅潭路二段、崇德路四段	120	01:17:33	右轉衝突路口	可飛行綠區
	10	臺中市	后里區三豐路四段、三豐路四段 199 巷、三豐路四段 266 巷	120	01:33:25	非號誌化路口	可飛行綠區
	11	臺中市	東區三賢街、東英七街	120	01:16:55	非號誌化路口	可飛行綠區
	12	臺中市	大里區成功二路、光明路	120	01:30:01	非號誌化路口	可飛行綠區
	13	臺中市	大甲區鎮政路、蔣公路	60	01:15:42	非號誌化路口	位於臺中機場限航區，但 評估飛行 60 公尺可涵蓋拍 攝範圍不需申請派員塔 臺，故本路口實際飛行高 度為 60 公尺

第四章 改善影像辨識

本期在車流軌跡抽取上，沿用了前期團隊開發的 Oriented YOLOv4 偵測架構與 SORT 物體追蹤技術，以及基於增強相關係數(Enhanced Correlation Coefficient, ECC)的影像穩定技術。由於前期開發之 Oriented YOLOv4 的偵測效果已經達到一定水準，因此本期不會如往年般，對偵測技術架構進行大幅度更新。這是考量開發新的偵測架構需要大量訓練、測試與參數調整，若每年進行大規模之技術翻新，容易直接延宕後續交通調查分析的進度，故今(111)年僅嘗試就下列前期技術上幾個主要缺失進行改進：

- 一、影片穩定化耗時過久。
- 二、行人偵測的查全率偏低。
- 三、自行車容易被誤分類為機車。
- 四、大型車輛與停等車輛之旋轉框偏斜問題。
- 五、初步探討合適於訓練資料的拍攝高度。

4.1 加速影片穩定化

由於前期 110 年研究已將偵測架構統一改為更有效率的 Oriented YOLOv4 架構，因此逐幀進行的影片穩定化成為目前佔據一半以上處理時間的效能瓶頸。為提升影片穩定化的處理效率，研究團隊希望利用 CPU 多核的特點來對影片進行平行處理。由於影片穩定過程中，每張畫面都是參考第一張畫面進行位置校正，因此每張畫面在處理上都具備高度的獨立性，可以同時對多張畫面進行穩定化處理，預期可以提升數倍的處理效率。

然而，在實作後研究團隊發現多核下的處理時間，相比單核下的處理時間並未有顯著減少，僅節省約不到 10% 時間。推測主要原因可能在單核循序執行時，會不斷沿用前一幀的轉換矩陣參數來預測。即使在對齊同樣第一幀畫面的前提下，由於影片晃動趨勢是連續的，相鄰畫面往往仍具有最相似的轉換矩陣，這使得單核下的循序處理在估算轉換矩陣時有更好的起始參數(即前一幀的轉換矩陣參數)，更有利於加速參數的估算。相對而言，多核平行處理會將連續的多張畫面，分別交由各個 CPU 核來進行獨立穩定，這使得多數畫面的起始參數

是來自數幀前的轉換矩陣，兩者間較大的轉換矩陣差異導致估算時需耗費更多時間。另外一個可能更為主要的原因，則來自目前系統主要使用的 Python 語言本身。由於 Python 在多行程(Multiprocessing)處理上有著許多限制，容易因為程式實作上的問題導致運算資源難以充分運用，因此也不易釐清真正問題所在。

有鑑於此，研究團隊另外引用了 GPU 版本的影像穩定 OpenCV 函式，由於該函式以 C 語言撰寫，為了更簡便地與現有 Python 主程式相結合，研究團隊將其編譯成獨立的執行檔，由 Python 主程式呼叫以專職產生穩定後的影片。在 CPU 為 AMD R7-3700X、GPU 為 Nvidia GTX 980 的電腦環境下，對 29.97fps 的 4K 原始影片進行穩定化，並產出 9.99fps 的 HD 影片。此時 CPU 約需 4.85 倍於影片長度的時間；GPU 則需要 2.21 倍的時間。考量 Nvidia GTX 980 為較早之 GPU，若採用近年主要的旗艦 GPU，如 Nvidia GTX 1080ti 或 Nvidia RTX 3090，則可望再提升最多 2 或 4 倍的計算效能，達到即時穩定化轉檔的效率。

表 4.1-1 為整個車輛軌跡抽取中，三個主要處理步驟所耗費的時間。由於實驗採用的是早期的 Nvidia GTX 980，因此在穩定化與 Oriented YOLOv4 偵測兩項處理上，會根據使用 GPU 之效能提升而進一步縮短處理時間。在使用 6K 影片下，相對 4K 影片的穩定要更加耗時，從原本 2.21 倍於片長之處理時間增加到了約 3 倍上下。從表 4.1-1 可以看出整體處理時間基本上跟片長成一定的倍率關係，惟有在車輛數的多寡會進一步影響 SORT 追蹤時間的差異，如影片“基隆市仁一路_愛三路路口 120 米_C”就因車輛數相對偏少，因此在追蹤處理上能省卻較多時間。

表 4.1-1 車輛軌跡抽取中主要處理步驟之耗費時間

6K 影片名	彰化縣公園路一段 _中山路二段路口 120 米_D	基隆市仁一路_ 愛三路路口 120 米_C	新竹縣光明十一 路_中華路路口 120 米_D	新竹縣光明十一 路_中華路路口 120 米_B
片長 (秒)	1440	1346	1396	908
GPU 穩定化時間 (秒)	4177	3707	3984	2814
Oriented YOLOv4 (秒)	3397	3083	3314	2151
SORT 追蹤時間 (秒)	1801	691	1597	810
總處理時間倍率	6.5x	5.6x	6.4x	6.4x

此外，研究團隊亦重新評估了會影響穩定化時間的兩項閾值：最大迭代次數與迭代間最小差值。由於穩定化過程中會不斷迭代轉換矩陣的參數，當迭代次數過多或是迭代前後的參數變化太微小(趨於收斂)，都可以做為迭代應該停止的依據。由於影像間晃動程度不一，因此需要的迭代次數也不同。大多數影像間晃動很小，所以需由迭代間最小差值這項閾值來提早停止迭代過程；當影像間有明顯劇烈晃動時，影像內容本身的差異可能導致迭代難以明顯收斂，此時就需要透過迭代次數這項閾值來限制無止盡的迭代過程。研究團隊根據數部晃動程度不一的前期影片，在不影響穩定效果前提下，定義出了最大迭代次數 300、迭代間最小差值 0.0005 兩項閾值。採用經修正後的閾值，大約平均可減少 2 成的穩定化時間。

4.2 提升行人查全率

前期的行人查全率與查準率分別為 78.7%與 85.3%，相對於其他車輛，如機車皆約落在 94%上下；小客車則皆約落在 97%上下，顯然仍有著不小的差距，因此在偵測上有必要對行人進行強化。在空拍影像中難以偵測行人的原因，除了外觀上僅由頭部圓點與肩膀所構成，缺乏獨特而複雜的結構外；面積相對過小也是造成偵測困難的原因之一。因此，研究團隊初步希望利用原生 4K 影像來偵測行人，減輕因面積過小所帶來的辨識障礙。

目前在 Oriented YOLOv4 架構下可訓練的模型解析度最大為 1920×1920 ，約相當於 1/2 的 4K 影像解析度(主流 4K UHD 規格解析度為 3840×2160)，由於模型解析度限定了偵測影像大小，因此即便拍

攝時採用更高解析度的 4K、甚至是 6K 影像，在偵測時都會先縮小為 1920×1920 的模型解析度，並不會對偵測帶來明顯助益或阻礙。一般學術上常見的偵測模型解析度，多半在 800×800 以下，隨著模型的增大，其所需的運算資源也會相對快速成長，利用 Nvidia GTX 1080ti 完成一次訓練約需一週時間，偵測速度則接近 5fps。選用 1920×1920 之原因在於此解析度為目前消費性顯示卡訓練的上限解析度。若往上提高到 4K 等級，會造成多數 GPU 顯示卡記憶體不足且訓練曠日廢時，即便在頂級顯示卡規格下，單次訓練恐輕易超過一週以上。由於目前空拍影片會先經過穩定後轉換為 9.99fps 來處理，因此在物件偵測階段處理時間會需要 2 倍片長時間。雖然偵測上只需要不到 3GB 的記憶體，但由於訓練上目前要直接訓練 4K 模型的硬體門檻仍相當高，因此無法透過提升模型解析度的方式來嘗試提升行人偵測率。不同於其他兩輪或四輪車輛軌跡，行人較不需要偵測出旋轉框與前頭方向，因此可透過將 4K 畫面切分成左右兩塊的方式 (如圖 4.2-1)，分別以 1920×1920 的原始 YOLOv4 模型進行偵測，取得中心點位置並配合比例尺換算出行人在影像中的肩寬範圍，就可取得以肩寬為半徑的圓形行人範圍。之後，再合併行人偵測結果進行追蹤，取得行人的完整軌跡。由於行人面積小，只要在切分左右畫面時讓兩畫面保有大於行人直徑的交疊範圍寬度(約 32 像素以上)，即可保證行人會完整出現在其中一張分割畫面上，而車輛則容易被截斷為兩個非完整矩形，特別是大客車等大型車輛需要相當大之交疊範圍，才能保證其在某張分割畫面上之完整性。此外，行人的移動軌跡也不常沿著畫面中線(相當於橫貫路口之中線)行走，因此只有短暫時刻會跨越分割畫面；但機車與一般車輛卻相當容易發生，造成後者在偵測與追蹤上都容易因長期處於畫面交界，造成車體不完整而衍生更多問題。

團隊根據前述概念標註了 8 個路口共 800 張 4K 影像中的行人，並切分成 1600 張 1920×1920 的左半與右半影像，其中 6 個路口的 1200 張切半影像用於訓練；剩餘 2 個路口的 400 張切半影像用於測試。團隊發現即便在 4K 的解析度下，面對未在訓練資料中的較複雜路口空拍影像，行人 mAP 也約在 0.689 左右而已，無法達到 80% 以上的查全率、查準率。以圖 4.2-1 為例，80m 高度拍的 4K 影像下之行人平均面積仍在 32×32 以下，也就是學術上一般常認定為最難偵測的小物件尺寸。然而相較之下，機車在 HD 影像下同樣符合小物件尺寸，但卻有著 90% 左右的查全率與查準率，主要原因可能是機車外

觀上較為複雜，可以在單張影像上提供足夠的可辨識特徵，因而在偵測上達到顯著更好的表現。

由於行人單張影像上的外觀單純，提升解析度所能帶來的提升有限，未來可考慮將行人移動時的變化轉換為影像上的外觀資訊，例如將當前影像與前、後張影像轉為灰階後，分別編排為彩色影像的 R、G、B 通道，藉此在單張影像上呈現行人移動上的變化，也許可提高穿越道路中的行人偵測率。



圖 4.2-1 4K 影像切分為左右 2 塊 1920×1920 影像進行偵測，
藍框為偵測結果、綠框為標註的實際行人

4.3 修正自行車誤分類

在前期 110 年研究的實驗中，約有 26% 的自行車雖能被系統偵測，但卻會被誤分類為機車。若能校正誤分類的自行車類別，則自行車的查全率可由 63.7% 大幅提升到約 90%。原規劃在本年度研究中，對於所有機車移動軌跡，透過估算其最大速率是否低於正常之機車行駛速率，將不合理的過慢機車重新分類為自行車輛，藉此消彌自行車誤分類的情形。然而，從本期的軌跡資料中，發現雖然單張的車輛偵測工作上，存在著 26% 自行車被誤分類為機車的可能性，但大多數軌跡並未因單張分類錯誤造成軌跡本身的分類錯誤。

這是由於軌跡是對連續畫面中的偵測車輛進行追蹤取得，而

SORT 演算法在追蹤過程中只關心位置的連續性，並不會根據車種分類結果來追蹤，因此軌跡的所屬車種是由在每張畫面的車種分類進行投票，以票數最多者來決定。因此，即便自行車有 26% 機率被誤分類為機車，但仍有 63.7% 機率會得到正確的自行車分類結果，這使得絕大多數的自行車軌跡在投票過程中，不會被少數的誤分類結果影響，最終仍正確地被分類為自行車。

另一方面，也從實際的空拍影片中觀察到，在某些情形下機車可能會全程維持著與自行車相近的車速。例如行駛於小巷間的機車通常很慢、上下班時間受困於車陣中的機車也往往只能維持著低速，因此速度無法成為關鍵的自行車與機車區別因素。有鑑於軌跡在決定車種的過程中，已透過投票機制大幅抑制了單張的分類錯誤，加上包含速度在內，目前並沒有可以完全區分自行車與機車的其他機制，因此目前決定維持成效已然良好的原投票機制。

4.4 修正車輛框偏斜

在本期空拍影片中，發現車輛框在下列兩種情況下容易發生角度偏斜的情況：

一、大客車、聯結車等長型車輛

幾乎所有使用採用旋轉偵測框的偵測方法都面臨著角度偏斜的問題，特別是長寬比越大的物體，如大客車、船艦、橋梁等。從卷積神經網路的角度來看，這樣的物體在局部上的面積比例小，但整體範圍卻很廣，資訊稀疏地散布在大範圍中。即便是小小的角度誤差，都會由於瘦長的形狀，使得 IoU 更容易產生大幅變動，造成了偵測上的過度敏感。

在這種情況下，由於中心點位置通常仍保有較佳的準確性，因此對於大客車、連結車等長型車輛，以車輛中心點為中心，取出 $w \times w$ 局部範圍， w 可為一個略大於車輛寬度的值。之後對該局部範圍進行霍夫轉換，以取得其中最明顯的直線角度，做為車中心與車頭間連線的代表角度。由於霍夫轉換的計算成本較大，因此只針對大客車與聯結

車進行修正，減少事後處理所帶來的時間花費。



圖 4.4-1 修正大客車車輛框偏斜

註：橘色為進行霍夫轉換的局部影像範圍、水藍色為原本偏斜的車輛框，粉紅色為修正結果。

二、長期停等車輛

除了長型車輛較容易發生角度偏斜外，另一種角度偏斜通常發生在路旁的停等車輛。或許是由於行進間車輛有動態模糊效應，造成沿著車輛行進方向的模糊變化，進而使得小客車、貨車等車輛在移動中幾乎不會偏斜，只有在靜止時偶有突然的偏斜發生。

因此，可透過中心點是否長期維持在定點附近，取出車輛中心點不變期間的車頭位置，以中位數過濾方式取得固定的車頭(x, y)座標，對靜止車輛的車頭方向進行統一，就可避免突然的偏斜問題發生。

4.5 初步探討合適於訓練資料的拍攝高度

由於前期計畫所拍攝的訓練空拍影像多集中在 70 至 80 公尺高度範圍，少數為 105 公尺高度。因此研究團隊希望透過單一地點不同高度的偵測結果，來初步探討不同高度下的實際影響。圖 4.5-1 為選定測試路口之 60、75、90、105 公尺高度下的空拍場景，每個高度拍攝近 5 分鐘影片，並以 3 秒為間隔取樣約 100 張做為該高度測試影像集，偵測模型之訓練樣本主要為 70 至 80 公尺。

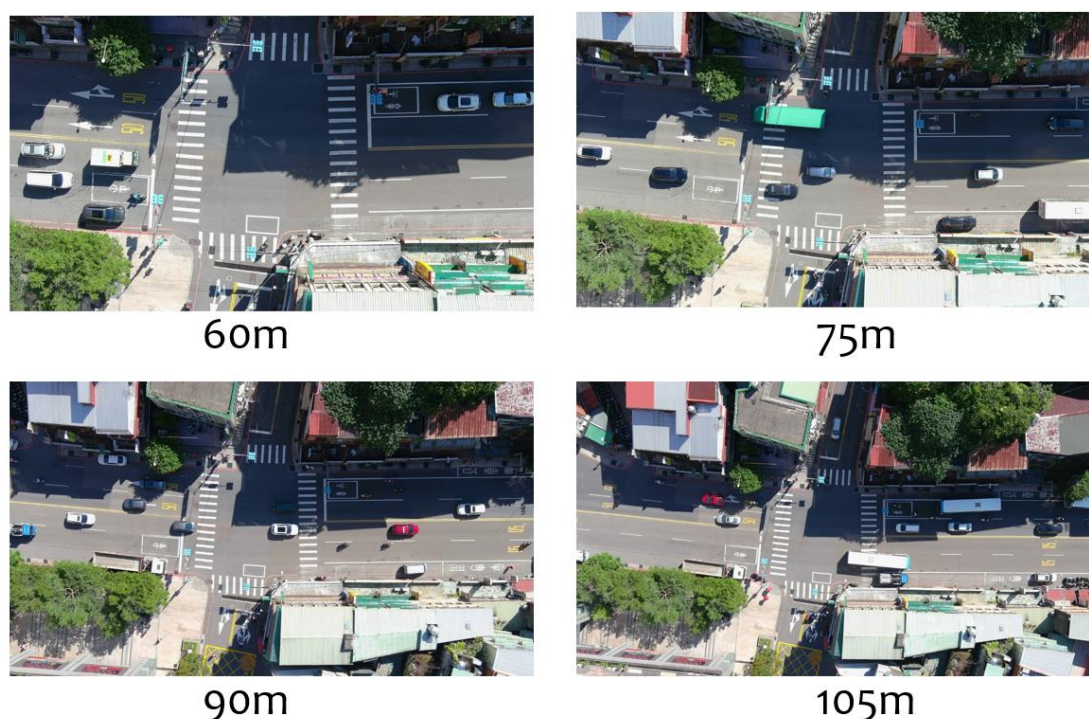


圖 4.5-1 不同高度下的測試路口場景

由於自行車、聯結車等車輛數過少甚至為零，難以具備足夠代表性，因此僅針對行人、機車、小客車、貨車、大客車等車輛偵測結果進行初步分析。此外，由於無法同時拍攝不同高度結果，因此各高度測試影像中的車輛數與車輛內容皆不相同。

表 4.5-1 為各高度下主要車種之分類偵測率/不分類偵測率，紅字者代表某車種在各高度下分類偵測率與不分類偵測率平均最高者。其中，分類偵測率代表車輛位置被成功偵測($IoU > 0.5$)，且車種被正確分類者；不分類偵測率代表車輛位置被成功偵測($IoU > 0.5$)，無論車種是否被正確分類者。由於車輛軌跡的最後車種是由不同時間點的分類結果以多數決投票來決定，如 4.3 節所述的自行車軌跡一般，即便

分類偵測率僅達 6 成多，最後仍能有效賦予車輛軌跡正確分類。另一方面，實際影響軌跡完整性的是不分類偵測率，代表了軌跡中有多少比例的車輛位置能被偵測出(即便分類不一定正確)。不分類偵測率越高就越容易透過 SORT 追蹤法以內插方式填補失偵(miss detection)的位置，從而提升軌跡完整性。

表 4.5-1 各高度下主要車種之分類偵測率/不分類偵測率

高度	小客車	貨車	大客車	機車	行人
60m	0.68 / 0.98	0.76 / 0.88	0.23 / 0.91	0.48 / 0.60	0.23 / 0.35
75m	0.80 / 0.86	0.73 / 0.86	0.57 / 0.93	0.74 / 0.75	0.24 / 0.29
90m	0.90 / 0.92	0.71 / 0.95	0.75 / 0.96	0.54 / 0.56	0.15 / 0.18
105m	0.94 / 0.95	0.61 / 0.97	0.83 / 0.99	0.31 / 0.33	0.11 / 0.13

由表 4.5-1 可見，即使訓練影像以 70~80 公尺為主，小客車、貨車、大客車往上飛行至 105 公尺也能保有接近 6 成甚至到 9 成以上的分類正確率，且不分類正確率更是達到 86%~99%，這代表提高飛行高度，這三類車種經過 SORT 追蹤後仍應具有良好的軌跡完整性，且軌跡分類也容易透過投票機制修正。當飛行高度向下至 60 公尺，小客車、貨車也大致能維持如前述表現，但大客車的分類正確率迅速下降至 23%，容易與聯結車發生混淆，代表雖然仍能有效抽出軌跡，但相當容易分類錯誤。另一方面，對面積較小的機車來說，高度無論向上或向下，都會同時明顯降低分類偵測與不分類偵測的正確率；而對面積更小的行人來說，場景中的強烈建築物陰影直接隱沒了行人的外觀，造成分類偵測率與不分類偵測率明顯偏低。在趨勢上，行人與機車類似，偵測效果會隨著高度增高而變差，只有不分類偵測率會隨著高度下降而稍微提升，但仍不到期望的水準。

綜合以上，當訓練影像的拍攝高度主要為 70~80 公尺時，對四輪車輛軌跡的影響普遍不大，少數情況下可能發生分類問題，如飛低時將大客車誤認為聯結車。另一方面，機車等小型車輛與行人對高度變化的影響則較為明顯，主要原因可能是小物件主要只存在於最底層的高解析低複雜度特徵圖上，四輪車輛因尺寸較大，同時會存在於最底層的高解析低複雜度特徵圖、中間的中解析中複雜度特徵圖、與上層的低解析高複雜度特徵圖等多個尺度(scale)，因此較不易受物體面積放大縮小影響。未來若應用上僅針對四輪車輛，可放寬高度上與訓練

資料高度的一致性；但對機車、行人等則宜與訓練高度保持一致，以避免降低軌跡的分類正確性與完整性。

第五章 優化交通衝突軟體

5.1 調整交通衝突分類

目前交通衝突的類型分類及判斷邏輯是以正交四岔路口中央區域之衝突事件為主，分為四大型態，如圖 5.1-1 分別為「同向衝突」、「對向衝突」、「穿越交通衝突」及「行人相關衝突」現行之分類並未考慮更複雜的近上游衝突、機車兩段左轉、行人衝突等細節，本期將持續探討並優化相關碰撞類型之判斷原則，並依據結果調整衝突類型及其判斷邏輯，以做為交通衝突分析軟體運用車輛及行人軌跡資料，自動偵測潛在交通衝突之判斷基準。



資料來源：本所 109 年研究案

圖 5.1-1 交通衝突類型分類

以機車兩段式左轉之衝突為例，軟體原僅判斷車輛進出口方向，直接將其視為直接左轉，並將衝突分類為「穿越交通衝突」，而無法反映實際衝突的情況。因此，為了調整軟體判斷方式，初步透過「先導測試計畫分析工具之車道屬性設定」功能，由使用者設定車道屬性時，勾選該方向車道是否有【機慢車兩段式左轉】，如圖 5.1-2，若有勾選，則再經由後續軟體判斷衝突角度，決定衝突分類，當衝突角度 $0^\circ \leq \theta < 30^\circ$ 時，歸類為【1.3 同向直行減速衝突】，若衝突角度 $\theta \geq 30^\circ$ 時，則修改為【1.4 同向變換車道衝突】。

車道屬性設定

A方向設定 B方向設定 C方向設定 D方向設定

機慢車兩段式左轉：☒ 有 車道數量：不設定 ▾

圖 5.1-2 車道屬性設定

不過，此類修正方式，雖可修正大部分衝突分類，但仍可能有誤判未盡之處。因此為優化交通衝突分類，優先設計機車兩段式左轉之判斷方法，軟體加入【機車待轉判斷線】設定功能，如圖 5.1-3 藍、黃、綠、紅色線段部分，分別代表各個進入方向的待轉判斷線。使用者建置專案後，需在路口底圖以待轉區之前緣，設定各個車道的機車待轉判斷線。軟體將記錄各個方向的機車待轉判斷線，透過計算車輛軌跡與機車待轉判斷線的座標，進而判斷機車軌跡是否有通過機車待轉判斷線，做為判斷機車是否為逕行左轉，或為於待轉區停等之後的兩段式左轉依據，再根據此計算結果，調整的衝突分類資訊，以利改善衝突分類判斷的邏輯。

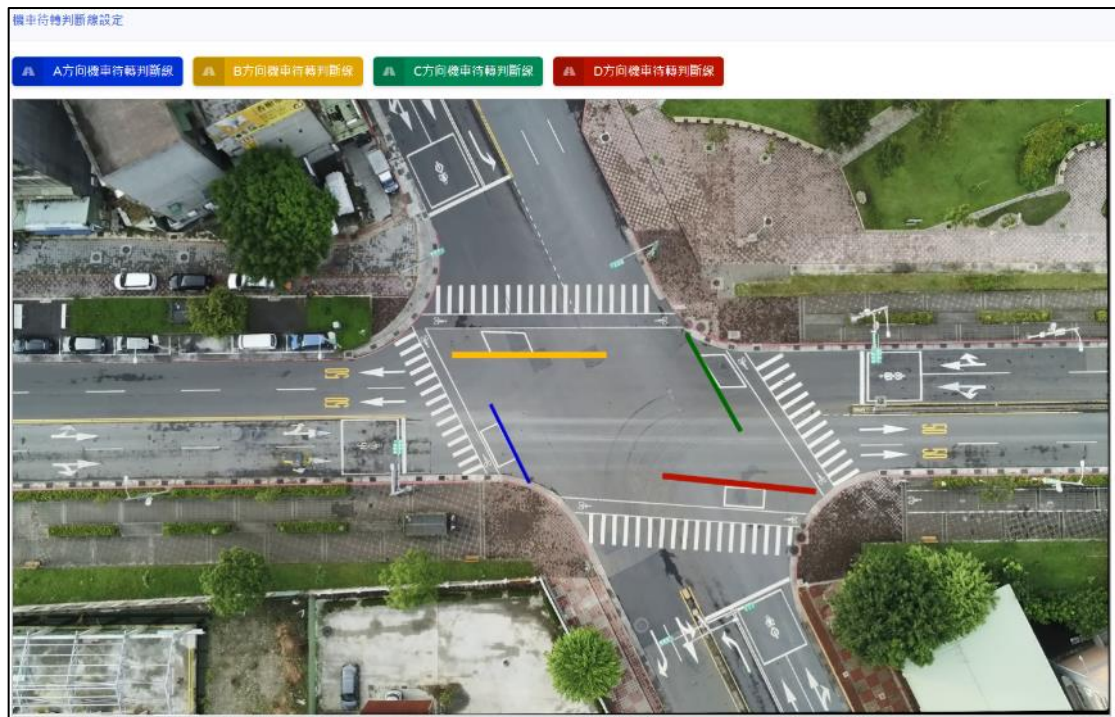


圖 5.1-3 設定機車待轉判斷線

而當軟體可判斷機車是否通過【機車待轉判斷線】後，可將衝突發生的時間區分為兩種，第一種是【機車通過待轉判斷線前】，第二種是【機車通過待轉判斷線後】，可將兩段式左轉的衝突事件，區分為兩個不同直行方向所發生的衝突事件。

因此，若第一種機車通過待轉判斷線前，可參考圖 5.1-4，將原本前述判斷的衝突分類，根據衝突角度與另一台車輛的行進方向來加以細分。例如：當兩台車輛都由 A 方向進入時，且未通過待轉判斷線前，衝突角度為 $0^\circ \leq \theta < 30^\circ$ 時，可細分為【1.1 同向左轉跟車衝突】、【1.2 同向右轉跟車衝突】、【1.3 同向直行減速衝突】，而如果衝突角度 $\theta \geq 30^\circ$ 時，則為【1.4 同向變換車道衝突】、【1.5 兩車左轉切入衝突】、【1.6 兩車右轉切入衝突】，而其他衝突則如圖例。

		Veh2															
		入口				B				C				D			
		出口				B				C				D			
		轉向				轉向				轉向				轉向			
		週	左	直	右	週	左	直	右	週	左	直	右	週	左	直	右
Veh1	入口	A	C	直	1.1/1.5 1.1/1.5 1.3/1.4 1.2/1.6	3.4	3.4	3.3	3.5	2.1	2.1	2.2		3.1	3.1	3.6	3.2
	出口																

圖 5.1-4 A方向機車通過待轉判斷線前的衝突分類圖

若為第二種機車通過待轉判斷線後，可參考圖 5.1-5，將原本前述的衝突分類，視為另一個行進方向，並且根據衝突角度與另一台車輛的行進方向來加以細分。例如：自 A 方向進入的兩段式左轉機車，在此時視為由 D 出發往 B 方向前進的車輛，期間遭遇 D 方向進入的車輛時，當 A 方向進入的兩段式左轉機車，在此段期間遭遇 D 方向進入的車輛時，當衝突角度為 $0^\circ \leq \theta < 30^\circ$ 時，可細分為【1.1 同向左轉跟車衝突】、【1.2 同向右轉跟車衝突】、【1.3 同向直行減速衝突】，而如果衝突角度 $\theta \geq 30^\circ$ 時，則為【1.4 同向變換車道衝突】、【1.5 兩車左轉切入衝突】、【1.6 兩車右轉切入衝突】，而其他衝突則如圖例。

		Veh2															
		入口				B				C				D			
		出口				B				C				D			
		轉向				轉向				轉向				轉向			
		週	左	直	右	週	左	直	右	週	左	直	右	週	左	直	右
Veh1	入口	D	B	直	3.4 3.4 3.3 3.5	2.1 2.1 2.2	3.1 3.1 3.6 3.2	1.1/1.5 1.1/1.5 1.3/1.4 1.2/1.6									
	出口																

圖 5.1-5 A方向機車通過待轉判斷線後的衝突分類

如此一來，除可精準的判斷機車是否有兩段式左轉，並且根據離開待轉區的時間點，可以更清楚的細分出不同時間點所發生的衝突種類，避免原本的歸類錯誤。

補充說明圖 5.1-5 因原始 A 方向的兩段式左轉機車通過兩段式左轉判斷線後，已可視同 D 方向進入之車輛，故入口方向修正為 D。

5.2 優化操作介面及輸出結果

因應分析及觀測需求，今年將針對右轉衝突與非號誌化路口停讓衝突行為之分析需求，擴充相關功能。此外，將規劃專案權限管理功能，可設定專案分享給特定使用者，方便其瀏覽相關影像與資訊，以達到資料共享之目的。本期交通衝突分析軟體對於整體車輛行為將有

更全面且視覺化的了解，期能快速掌握路口車流、車速、衝突等全貌，增進交通衝突分析效率，俾利路口安全之改善。

以下說明今年度規劃之工作項目，包含 5.2.1 專案權限管理、5.2.2 110 年度先導測試計畫分析工具升級、5.2.3 111 年度先導測試計畫分析工具、5.2.4 車流軌跡繪製功能升級、5.2.5 車速熱區繪製功能升級、5.2.6 衝突熱區影像疊合及 5.2.7 衝突影片索引回放功能升級。

5.2.1 專案權限管理

本研究已蒐集 107-110 年研究計畫之影像與數據資料。前期軟體權限分為一般使用者與系統管理者兩種身分，軟體提供一般使用者查找自行建立之專案，僅系統管理者可查找所有路口專案。但若其他一般使用者，欲觀看特定非自行建立之專案，軟體並無法提供該權限供其觀看，造成使用者的不便，以及資料無法共享的困擾。

因此，設計專案權限管理功能，提供專案權限分享觀看，透過設定的方式，選擇是否將專案分享給其他使用者，方便其他使用者可瀏覽相關影像與資訊，以達到資料共享之目的。

軟體目前已提供管理人員帳號，可由管理頁面設定專案權限給需要觀看之其他一般使用者帳號。軟體的管理人員，可先挑選欲設定的專案，挑選時可以選擇單一或多筆專案（如圖 5.2-1），進而透過選單列出軟體內現有一般使用者的帳號清單，再經由左右選單加入或移出觀看名單中（如圖 5.2-2）。設定完畢後，新選擇的帳號即可觀看專案相關資訊。

影像資訊表				
每頁顯示 25 筆				
選取	編號	縣市	鄉鎮區	影像名稱
☐	94	高雄市	高雄市鼓山區	(2021新軌跡檔)二期_前3.75m_15分_高雄市鼓山區裕誠路_博愛二路(YOLOv4_2
☒	93	高雄市	高雄市鼓山區	(2021新軌跡檔)二期_前2.75m_15分_高雄市鼓山區裕誠路_博愛二路(YOLOv4_2
☒	92	高雄市	高雄市鼓山區	(2021新軌跡檔)二期_前1.75m_15分_高雄市鼓山區裕誠路_博愛二路(YOLOv4_2
☐	88	高雄市	高雄市鼓山區	(2019舊軌跡檔)二期_前3.75m_15分_高雄市鼓山區裕誠路_博愛二路
☐	87	高雄市	高雄市鼓山區	(2019舊軌跡檔)二期_前2.75m_15分_高雄市鼓山區裕誠路_博愛二路

圖 5.2-1 選擇設定專案清單



圖 5.2-2 選擇觀看名單

5.2.2 110 年度先導測試計畫分析工具升級

本研究開發之交通衝突分析軟體工具，於 110 年度配合先導測試計畫，完成分析工具參數設定，提供交通衝突分析參數，今(111)年為完善分析功能，整合視覺化分析結果圖表。以下分為 5.2.2.1 參數設定及 5.2.2.2 視覺化分析結果圖表呈現，並詳加說明。

5.2.2.1 參數設定

- 一、停止線與出口線設定，如圖 5.2-3。
- 二、路口中央區域設定，如圖 5.2-4。
- 三、車道屬性設定，如圖 5.2-5。
- 四、路口時速設定。



圖 5.2-3 停止線與出口線



圖 5.2-4 路口中央區域

A方向設定
B方向設定
C方向設定
D方向設定

機車兩段式左轉：☒有 車道數量：

編號由內往外設定，例：A1為最內側車道 ⓘ

A1車道設定：禁行機車 ☐是 車道屬性：☐1.左轉車道 ☐2.左直車道 ☐3.直行車道 ☐4.直右車道 ☐5.右轉車道 ☐6.分流式指向線 ☐7.機慢車道 ☒8.左直右車道
選擇顏色繪製：

A2車道設定：禁行機車 ☐是 車道屬性：☐1.左轉車道 ☐2.左直車道 ☐3.直行車道 ☐4.直右車道 ☐5.右轉車道 ☐6.分流式指向線 ☒7.機慢車道 ☐8.左直右車道
選擇顏色繪製：

圖 5.2-5 車道屬性設定

5.2.2.2 視覺化分析結果圖表

目前之路口相關參數設定，可應用於機會左轉與路口穿越衝突相

關分析。針對機會左轉情境，分析車輛於左轉期間與對向直行車輛的行為分析，並產出相關統計表。針對路口穿越衝突情境，分析路口直行車、左側來向車輛與右側來向車輛等行為並產出對應之統計表。

為了將後續產生的統計資訊，呈現在軟體中，本期已提供機會左轉與路口穿越衝突相關統計圖表於軟體中。使用者在設定【停止線與出口線】、【路口中央區域】、【車道與屬性】與【時相表】後，即可產生後續分析結果。

機會左轉統計表如圖 5.2-6，左轉車輛的行為統計，包含：先行左轉、燈號轉換期間左轉、左轉車未達中央路口處、清道時間結束後無法通過路口、外側車道左轉及機車於兩段式左轉路口直接左轉等。對向直行車輛的行為統計，包含：搶黃燈、闖紅燈、紅燈跨越停止線、超過法規速限及超過速限容忍值等。兩車相互行為的統計，包含：左轉衝突（強行左轉）。軟體已將上述資訊呈現與表格中，方便使用者理解路口車輛行為等資訊，另外並提供 4 個方向的車輛軌跡與中央區域疊合圖如圖 5.2-7，便於使用者觀察汽車與機車於路口左轉軌跡的行為。

入口 方向	左轉車輛							對向直行車輛						兩車相互行為
	車輛數	先行 左轉	燈號轉換期間 左轉	左轉車 未到達中央路口處 左轉	清道時間結束後 仍無法通過路口	外側車道 左轉	機車於 兩段式左轉路口 直接左轉	車輛數	搶黃燈	闖紅燈	紅燈跨越 停止線	超速 法規速限	超速 速限容忍值	
A	18	0	0	14	1	0	0	34	0	0	0	3	0	0
B	6	1	0	4	0	0	0	67	0	0	0	10	0	0
C	2	1	0	1	0	0	0	39	0	0	0	27	5	0
D	0	0	0	0	0	0	0	62	2	0	0	6	0	0

圖 5.2-6 機會左轉統計表



圖 5.2-7 機會左轉軌跡圖

路口穿越衝突統計表如圖 5.2-8，則含直行車輛的行為統計，包含：搶黃燈、清道時間結束後無法通過路口、闖紅燈、紅燈跨越停止線、超過速限及超過速限容忍值等。左側來向車輛的行為統計，包含：

搶先直行、闖紅燈、紅燈跨越停止線、超過速限及超過速限容忍值等。右側來向車輛的行為統計，包含：搶先直行、闖紅燈、紅燈跨越停止線、超過速限及超過速限容忍值等。兩車相互行為的統計，包含：穿越衝突（左側來向）與穿越衝突（右側來向）等資訊。另外提供路口不同方向之搶黃燈與闖紅燈資訊統計圖，如圖 5.2-9。

統計表

時速:50(km/h)

卓 設定

入口 方向	直行車輛							左側來向車輛					右側來向車輛					兩車相互行為			
	車輛數	搶黃燈	清道時間結束後 仍無法通過路口	闖紅燈	紅燈跨越 停止線	超速 速限	超速 速限 +10	車輛數	搶先直行	闖紅燈	紅燈跨越 停止線	超速 速限	超速 速限 +10	車輛數	搶先直行	闖紅燈	紅燈跨越 停止線	超速 速限	超速 速限 +10	穿越衝突 (左側來 向)	穿越衝突 (右側來 向)
A	34	2	2	0	2	0	0	94	0	1	0	14	2	87	1	0	1	12	2	0	0
B	94	3	1	1	0	14	2	34	0	0	0	0	0	34	2	0	2	0	0	0	0
C	34	2	1	0	0	0	0	87	1	0	1	12	2	94	0	1	0	14	2	0	0
D	87	3	0	0	1	12	2	34	2	0	2	0	0	34	0	0	0	0	0	0	0

圖 5.2-8 路口穿越衝突統計表

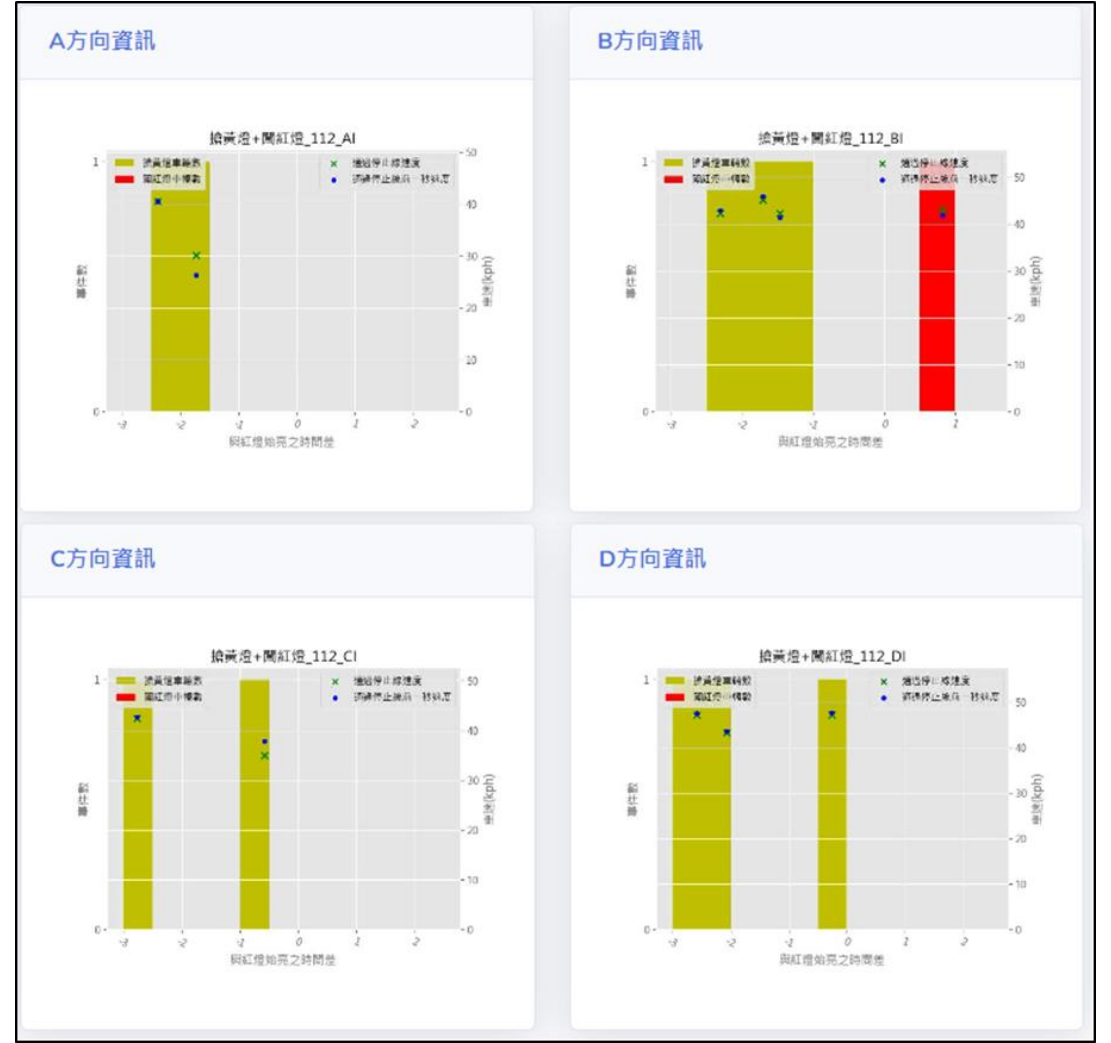


圖 5.2-9 路口穿越衝突統計圖

由於路口車輛行為與衝突形態相當多樣，除上述機會左轉與路口穿越衝突外，本期將探討右轉衝突與非號誌化路口停讓衝突等情境，研究判斷衝突和統計方法，並依據研究結果進行右轉衝突與非號誌化路口停讓衝突行為之相關分析統計呈現與設計。

5.2.3 111 年度先導測試計畫分析工具

111 年度與新北市、臺中市、公路總局合作辦理兩項先導測試計畫，包含右轉衝突及非號誌化路口停讓衝突，交通衝突分析軟體提供分析工具以應用於道路規劃及分析結果呈現。以下說明 5.2.3.1 右轉衝突及 5.2.3.2 非號誌化路口停讓衝突之分析工具：

5.2.3.1 右轉衝突

對於右轉衝突分析，本軟體提供繪製線段與參數設定的功能。如圖 5.2-10，使用者可於軟體繪製欲分析的道路邊緣線(綠線)、車道線(橙線)與停止線(紅線)，其中停止線設定，除原本的停止線外，根據路口比例尺，計算出每條間隔十公尺，產生共六條平行線(與停止線平行)的線段(藍線)。使用者可配合路口型態，自行以滑鼠旋轉來符合實際需求。參數設定，則是設定右轉車未靠右臨界值、直行車未遠離右側臨界值、停止線上下游範圍等距離資訊。



圖 5.2-10 右轉衝突參數設定功能

根據相關的參數設定後，完成右轉衝突分析，即可在軟體上觀看相關圖表。如圖 5.2-11 統計表包含：車種、總車輛數、直行車輛數、右轉車輛數、R1：右轉車未靠右、R2：直行車未遠離右側、V1：超速(速限)、V2：超速(寬容值)、V3：右轉車未使用最外側車道或專用道、V4：直行車使用右轉專用道、C1：同向右轉跟車衝突、C1 TTC、C2：兩車右轉切入、C2 PET、C3：同向兩車右轉衝突、C3 PET、C4：直行機車與右轉汽車衝突（直行車側撞右轉車）、C4 PET、C5：右轉汽車與直行機車衝突（右轉車側撞直行車）與 C5 PET。

方向	車種	總車輛數	直行車輛數	右轉車輛數	R1：右轉車未靠右	R2：直行車未遠離右側	V1：超速(速限)	V2：超速(寬容值)	V3：右轉車未使用最外側車道或專用道	V4：直行車使用右轉專用道	C1：同向右轉跟車衝突	C1 TTC	C2：兩車右轉切入	C2 PET	C3：同向兩車右轉衝突	C3 PET	C4：直行機車與右轉汽車衝突（直行車側撞右轉車）	C4 PET	C5：右轉汽車與直行機車衝突（右轉車側撞直行車）	C5 PET
A 方向	機車	433	348	54	0	75	83	17	0	-	53	1.21	25	2.01	2	0.75	4	1.98	3	2.1
	小型車	215	122	59	58	2	10	2	0	-	1	2.7	5	2.06	0	-				
	大型車	17	13	3	3	0	2	0	0	-	0	-	1	2.8	0	-				
	小計	665	483	116	61	77	95	19	0	-	54	1.23	31	2.04	2	0.75				

圖 5.2-11 右轉衝突行為統計表

圖 5.2-12 則表示直行車、右轉車與車道線、道路邊緣線、停止線的位置分布資訊。另外圖 5.2-13 的表格，紀錄距離停止線每十公尺的直行機車數量、直行機車平均、直行機車標準差、直行小客車數量、直行小客車平均、直行小客車標準差、直行大型車數量、直行大型車平均、直行大型車標準差、右轉機車數量、右轉機車平均、右轉機車標準差、右轉小客車數量、右轉小客車平均、右轉小客車標準差、右轉大型車數量、右轉大型車平均與右轉大型車標準差等資訊。最後並提供直行汽機車與右轉汽機車的相關軌跡圖示(如圖 5.2-14)，供使用者分析參考。

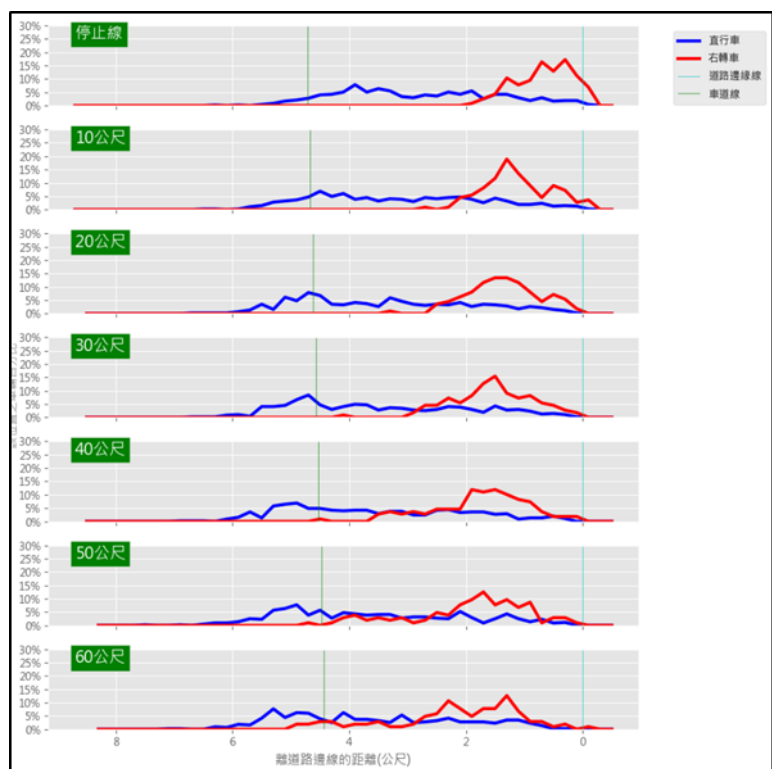


圖 5.2-12 距離停止線前車輛分布統計圖

方向	位置	直行機車數量	直行機車平均	直行機車標準差	直行小客車數量	直行小客車平均	直行小客車標準差	直行大型車數量	直行大型車平均	直行大型車標準差	右轉機車數量	右轉機車平均	右轉機車標準差	右轉小客車數量	右轉小客車平均	右轉小客車標準差	右轉大型車數量	右轉大型車平均	右轉大型車標準差
A方向	停止線	324	2.61	1.27	109	2.82	1.21	10	3.34	0.93	54	0.32	0.33	59	0.96	0.38	3	1.1	0.36
	10公尺	291	2.71	1.27	93	2.89	1.22	9	3.42	0.95	50	0.75	0.56	58	1.42	0.36	3	1.89	0.25
	20公尺	253	2.69	1.23	80	2.89	1.14	8	3.68	0.77	51	1.0	0.59	58	1.66	0.45	3	2.14	0.35
	30公尺	243	2.65	1.24	70	2.73	0.99	6	3.56	0.74	49	1.18	0.64	58	1.84	0.57	3	2.39	0.44
	40公尺	225	2.7	1.2	67	2.74	0.96	5	3.47	0.76	48	1.43	0.8	58	2.0	0.72	3	2.6	0.78
	50公尺	218	2.68	1.22	62	2.66	0.92	5	3.49	0.8	43	1.61	1.04	57	2.11	0.86	3	2.87	1.05
	60公尺	203	2.64	1.14	61	2.7	0.86	4	3.15	0.79	42	1.77	1.04	52	2.12	0.83	2	2.77	0.74

圖 5.2-13 右轉衝突車輛數據統計表

註：「直行機車平均」指直行機車右側淨空距離之平均值，單位為公尺；「直行小汽車平均」指直行小汽車右側淨空距離之平均值，單位為公尺。



圖 5.2-14 汽車與機車軌跡圖

5.2.3.2 非號誌化路口停讓衝突

非號誌化路口停讓衝突的分析，使用者可在軟體設定資訊，包含：各方向的閃光燈號誌(如閃黃、閃紅或無閃光號誌)、屬於幹線道或支線道、停讓慢等資訊，如圖 5.2-15。設定完畢後，可產出相關統計表，內容包含：各個進入方向的车種數量、R1 車輛未慢速通過路口、R2 左轉接受間距不足、V1 支線道未禮讓、V2 支線道未停車再開、V3 超速（速限）、V4 超速（法定寬容值）、C1 少車道未禮讓多車道先行、C2 轉彎車未禮讓直行車先行、C3 左方車未禮讓右方車先行等資訊，以利使用者觀察分析，如圖 5.2-16。

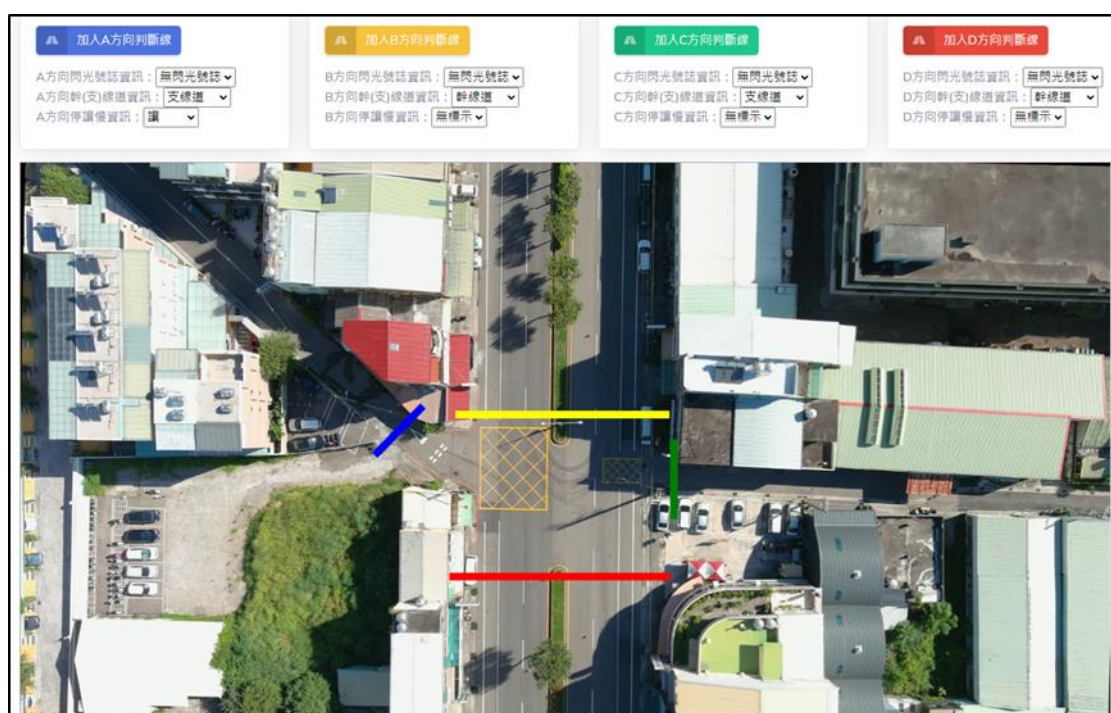


圖 5.2-15 非號誌化路口停讓衝突設定功能

方向	車種	數量	R1 車輛未慢速 通過路口	R2 左轉接受間距 不足	區分幹(支)線道		V3 超速 (速限)	V4 超速 (法定寬容值)	未區分幹(支)線道		
					V1 支線道 未禮讓	V2 支線道 未停車再開			C1 少車道未禮讓 多車道先行	C2 轉彎車未禮讓 直行車先行	C3 左方車未禮讓 右方車先行
AI	機車	2	-	0	0	-	0	0	-	-	-
	小型車	10	-	0	3	-	0	0	-	-	-
	大型車	1	-	0	0	-	0	0	-	-	-
	小計	13	-	0	3	-	0	0	-	-	-
BI	機車	65	-	0	-	-	33	11	-	-	-
	小型車	121	-	0	-	-	81	23	-	-	-
	大型車	24	-	0	-	-	10	1	-	-	-
	小計	210	-	0	-	-	124	35	-	-	-
CI	機車	3	-	0	-	-	0	0	-	-	-
	小型車	1	-	0	-	-	0	0	-	-	-
	大型車	0	-	0	-	-	0	0	-	-	-
	小計	4	-	0	-	-	0	0	-	-	-
DI	機車	107	-	0	-	-	63	32	-	-	-
	小型車	149	-	0	-	-	43	2	-	-	-
	大型車	28	-	0	-	-	6	0	-	-	-
	小計	284	-	0	-	-	112	34	-	-	-

圖 5.2-16 非號誌化路口停讓衝突統計表

5.2.4 車流軌跡繪製功能升級

完成軌跡繪製功能升級，最多 12 條軌跡繪製，同時滿足 4 路口 3 方向(左/直/右)之所有軌跡，如圖 5.2-17，亦可選擇繪製時段區間，為加速使用者條件擇選速度，提供快速鍵功能，包括特定路口(全方向、A 方向、B 方向、C 方向、D 方向)或特殊車種(機車、小客車)等快捷鍵，大幅提升使用便利性及功能彈性，如圖 5.2-18。

車流軌跡繪製

軌跡圖設定

請輸入繪製影片區間：○全部 或 ●時間範圍 25 秒 ~ 255 秒

☒ 全路口繪製
 ☐ A路口繪製
 ☐ B路口繪製
 ☐ C路口繪製
 ☐ D路口繪製
 ☐ 僅選擇機車
 ☐ 僅選擇小客車

	路口: A	進路口	左轉	☒ 全選	☒ 自行車	☒ 機車	☒ 小客車	☒ 貨車	☒ 大客車	☒ 聯結車
	路口: A	進路口	直行	☒ 全選	☒ 自行車	☒ 機車	☒ 小客車	☒ 貨車	☒ 大客車	☒ 聯結車
	路口: A	進路口	右轉	☒ 全選	☒ 自行車	☒ 機車	☒ 小客車	☒ 貨車	☒ 大客車	☒ 聯結車
	路口: B	進路口	左轉	☒ 全選	☒ 自行車	☒ 機車	☒ 小客車	☒ 貨車	☒ 大客車	☒ 聯結車
	路口: B	進路口	直行	☒ 全選	☒ 自行車	☒ 機車	☒ 小客車	☒ 貨車	☒ 大客車	☒ 聯結車
	路口: B	進路口	右轉	☒ 全選	☒ 自行車	☒ 機車	☒ 小客車	☒ 貨車	☒ 大客車	☒ 聯結車
	路口: C	進路口	左轉	☒ 全選	☒ 自行車	☒ 機車	☒ 小客車	☒ 貨車	☒ 大客車	☒ 聯結車
	路口: C	進路口	直行	☒ 全選	☒ 自行車	☒ 機車	☒ 小客車	☒ 貨車	☒ 大客車	☒ 聯結車
	路口: C	進路口	右轉	☒ 全選	☒ 自行車	☒ 機車	☒ 小客車	☒ 貨車	☒ 大客車	☒ 聯結車
	路口: D	進路口	左轉	☒ 全選	☒ 自行車	☒ 機車	☒ 小客車	☒ 貨車	☒ 大客車	☒ 聯結車
	路口: D	進路口	直行	☒ 全選	☒ 自行車	☒ 機車	☒ 小客車	☒ 貨車	☒ 大客車	☒ 聯結車
	路口: D	進路口	右轉	☒ 全選	☒ 自行車	☒ 機車	☒ 小客車	☒ 貨車	☒ 大客車	☒ 聯結車

圖 5.2-17 軌跡圖設定功能

軌跡圖設定

請輸入繪製影片區間：●全部 或 ○時間範圍 0 秒 ~ 300 秒

☒ 全方向繪製
 ☐ A方向繪製
 ☐ B方向繪製
 ☐ C方向繪製
 ☐ D方向繪製
 ☐ 僅選擇機車
 ☐ 僅選擇小客車

圖5.2-18 軌跡圖快捷鍵功能

5.2.5 車速熱區繪製功能升級

本年度升級[速度 HeatMap]及開發[減速度 HeatMap]的繪製功能，透過此功能能夠了解每一個路口各個區域的速度分布狀態，建立平均速度分布圖。軟體提供使用者設定繪製的速度區間以及車種，將符合條件之車輛軌跡速度繪製在影像上，再依照不同的速度區間配以不同的顏色繪製，以視覺化圖表呈現有助於使用者更清楚路口速度分布熱區。以下分為 5.2.5.1 速度 HeatMap 以及 5.2.5.2 減速度 HeatMap 進行說明。

5.2.5.1 速度 HeatMap

將車流軌跡之車速平均值以配色區間對應的顏色做為顯示，可快速一覽該路口速度分布，軟體提供篩選條件設定，自行輸入速度區間、車種類別等條件，即可繪製出速度熱區圖。本期新增說明文字，利於

使用者更清楚其定義，此外，為提升使用者分析及更易掌握速度對於路口的分布，提供快捷鍵功能，以最佳參數設定幾種應用分析情境，如「速度大於 30kph」、「速度大於 40kph」、「速度大於 50kph」、「速度大於 60kph」、「停等」、「重置」等功能快捷鍵，更有助於使用者能快速進行篩選及分析。

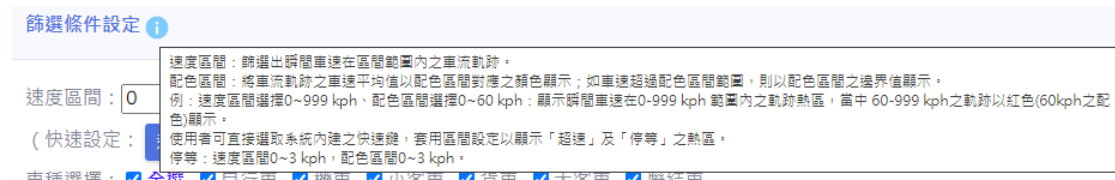


圖 5.2-19 icon說明文字

速度HeatMap

篩選條件設定 ⓘ

速度區間: 40 km/h ~ 999 km/h 配色區間: 40 km/h ~ 100 km/h

(快速設定: 速度大於30kph 速度大於40kph 速度大於50kph 速度大於60kph 停等 重置)

車種選擇: ☒全選 ☒自行車 ☒機車 ☒小客車 ☒貨車 ☒大客車 ☒聯結車

進出口區間: 進 出

影片時間範圍: ☒全部 ☐區間 0 秒 ~ 300 秒

車輛ID輸入: 範例: 1,5,8,10-15,20 (若無可省略)

圖 5.2-20 速度HeatMap篩選設定及快捷鍵



圖 5.2-21 速度HeatMap圖

5.2.5.2 減速度 HeatMap

將車流軌跡之減速度平均值以配色區間對應的顏色做為顯示，可一覽該路口減速度分布，軟體提供篩選條件設定，自行輸入速度區間、車種類別等條件，即可繪製出減速度熱區圖。並新增說明文字，利於使用者更清楚其定義，同樣地，為提升使用者分析及更易掌握減速度對於路口的分布情形，提供快捷鍵功能，以最佳參數設定幾種應用分析情境，包括「減速度 $\geq 0.35g$ 」、「減速度 $\geq 0.5g$ 」、「減速度 $\geq 0.65g$ 」、「重置」等功能快捷鍵，將更有助於使用者能快速進行篩選。

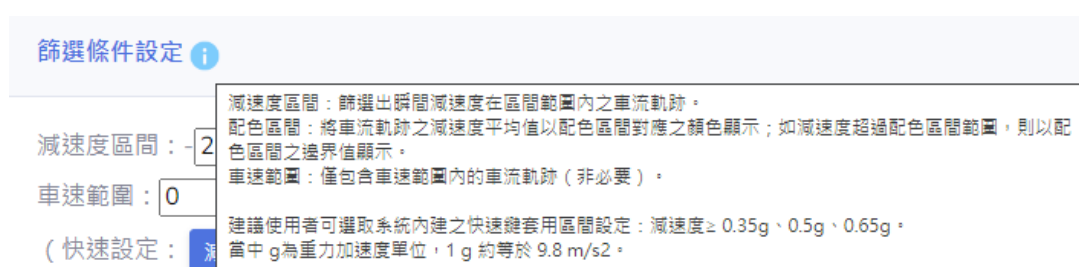


圖 5.2-22 icon說明文字

減速度 HeatMap

篩選條件設定 ⓘ

減速度區間: m/s² ~ m/s² 配色區間: m/s² ~ m/s²

車速範圍: km/h ~ km/h

(快速設定:)

車種選擇: ☒ 全選 ☒ 自行車 ☒ 機車 ☒ 小客車 ☒ 貨車 ☒ 大客車 ☒ 聯結車

進出口區間: 進 出

影片時間範圍: ☒ 全部 ☐ 區間 秒 ~ 秒

車輛ID輸入: (若無可省略)

圖 5.2-23 減速HeatMap篩選條件及快捷鍵

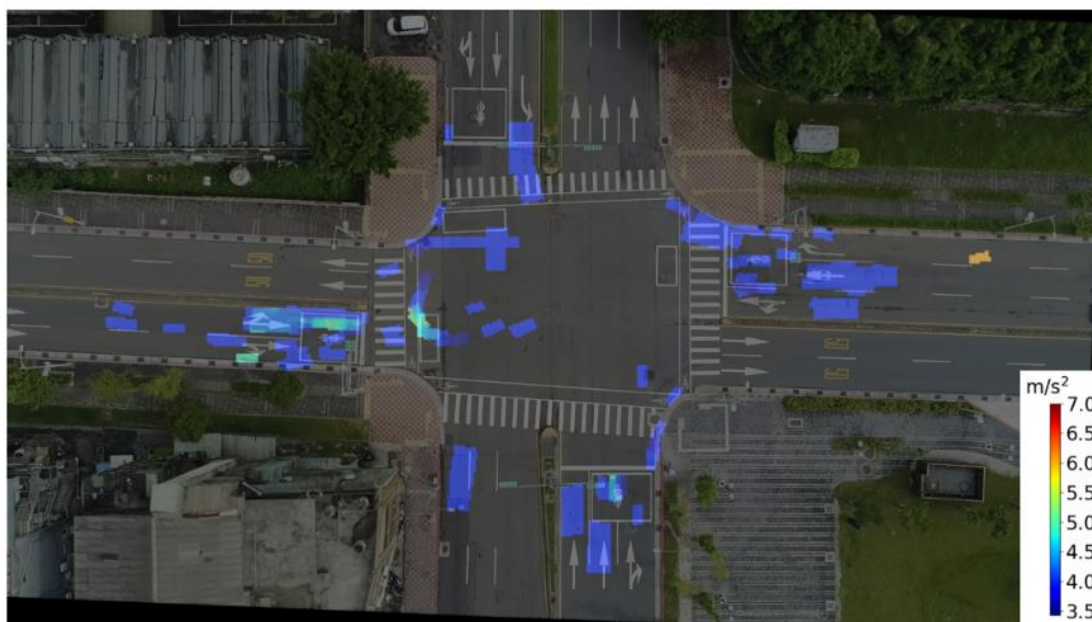


圖 5.2-24 急減速HeatMap圖

5.2.6 衝突熱區影像疊合

為利於提升使用者分析與判讀同一地點拍攝之衝突熱區影像，規劃開發衝突熱區影像疊合功能。原本使用者僅能單獨觀看各架次產生的個別衝突熱區圖，將可於軟體中選擇同一個路口、不同架次之衝突熱區圖，由程式透過 SIFT(尺度不變特徵轉換) 取得每張影像的特徵點，再使用 opencv 對各自底圖影像的特徵點做比對，最後計算出轉置矩陣後，再套用於衝突點，將衝突點疊加於同一個底圖之上，以利於使用者更完整掌握該路口衝突分布。請參閱圖 5.2-25 及圖 5.2-26。

由於衝突點的位置，源自於疊合前的各個專案，專案原有各自的影片與車輛編號，疊合後衝突車輛資訊編號重複，且無法判斷該點屬於原先哪個專案的衝突，且播放影片需同時載入所選專案的影片，影片數量與檔案大小會影響下載時間，不利於網頁同步撥放，故不支援回放影片之功能。



圖 5.2-25 同一路口不同架次疊合前



圖 5.2-26 同一路口不同架次疊合後

5.2.7 衝突影片索引回放功能升級

軟體在觀察衝突熱點 TTC/PET 時，可同時使用衝突影片索引回放功能。但衝突熱點有時較為密集，觀看時不易點選同一衝突來進行再次播放，因此，新增重播與暫停播放的功能來達成此需求，提供使用者在播放衝突點時段的影片時，可直接於影片下方重播或暫停該片段，以利檢視分析衝突成因。如圖 5.2-27 為衝突影片播放時呈現的畫面，影片左下方會出現重播及暫停鍵，可按下暫停檢視衝突畫面，或使用重播鍵再次回放影片。



圖 5.2-27 衝突影片重播及暫停功能

5.3 研提推廣應用模式

本(111)年度推廣應用模式研提如下，進行本服務之實際落地可行性試辦：

一、公告無人機公開資料與軟體試用辦法：

研究團隊與本所已於 111 年 10 月 27 日在本所官方網站發布「110-112 年無人機空拍 AI 公開資料授權使用公告」及「交通衝突分析軟體授權使用公告」，提供 2 項公開資料服務，含無人機公開資料與交通衝突分析軟體試用，提供對此研究有興趣的產、官、學、研界，透過申請即可免費使用本研究之成果，說明如下：

1. 申請內容：

無人機公開資料提供內容包含研究過程所蒐集與產出之無人

機路口空拍影片、AI 標註資料、AI 產出之軌跡檔、相關標記工具(細節規格請參考表 5.3-1)；交通軟體試用方法將提供申請者一組試用帳號與密碼進行試用。

表 5.3-1 無人機公開資料開放內容說明

項次	項目	格式	說明
1	路口空拍機影像	.MP4	影像解析度 110 年： 4K 111 年： 6K
2	標記工具	.exe	用途說明：標註物件 支援系統：Windows 10。
3	AI 產出之軌跡檔	.csv	對應空拍影片 AI 產出之軌跡檔
4	AI 影像標註資料	.txt、.png	標註圖檔與標註位置

2. 申請資格：

無人機公開資料申請資格為：具有中華民國國籍並在我國設有戶籍之自然人，或依據我國法律所設立之本國、外國法人。軟體試用申請資格請參考表 5.3-2。

表 5.3-2 軟體試用資格表

申請資格	說明
研究單位個人	依大學法第四條或專科學校法第二條，經教育部立案設立之公私立大專院校/專科學校之專任/兼任研究人員或是教師、大學部學生、碩博士班研究生、研究助理等，以利交通衝突分析軟體的衍生研究。
政府所屬業務相關單位	依中央行政機關組織基準法第 3 條所定義之機關、獨立機關、機構與單位，以落實交通衝突分析軟體的場域驗證。
交通顧問公司 交通相關公/協/學會	具備交通分析相關經驗之公司或是公/協/學會使用，以利交通衝突分析軟體的推廣。
110-112 年與運研所合作研究單位	為促進計畫間的橫向交流，此試用分析軟體亦開放在近期參與運研所委辦計畫之合作單位。

3. 申請文件：

無人機公開資料申請文件：如為我國設有戶籍之自然人請檢附身分證文件，如為本國、外國法人請檢附合法設立登記之證明文件影本。軟體試用申請文件請參考表 5.3-3。

表 5.3-3 軟體試用申請文件表

申請人	申請基本資料表
研究單位個人	1. 交通衝突分析軟體試用申請基本資料表 2. 身分證明文件或學生證
政府所屬業務相關單位	1. 交通衝突分析軟體試用申請基本資料表 2. 合法設立登記之證明文件
交通顧問公司	
交通相關公/協/學會	
110-112 年與運研所合作研究單位	

4. 申請程序

兩項申請程序請參考圖 5.3-1，申請者可至本所官方網案進行申請細節確認並下載申請表格，備妥申請資料後，去函本所承辦員進行申請，透過本所審核通過後，由研究團隊提供無人機公開資料或軟體試用帳號與密碼。



圖 5.3-1 公開資料與軟體試用申請程序圖

5. 使用回饋，提供資料維護期限

本所及研究團隊提供此兩項免費資料提供與服務，目的是為了進行此研究服務推廣與使用者回饋，申請者請於111/12/31、112/10/31 回填資料應用成效追蹤調查表。而本回饋服務之資料維護預計提供迄112年12月31日止。

二、與地方機關進行落地性合作

本(111)年度與道路管理機關合作，完成「右轉衝突」、「非號誌化路停讓衝突」2項先導測試計畫(合作單位：新北市、臺中市、公路總局)，以及4個易肇事路口交通衝突分析(合作單位：基隆市、新竹縣、苗栗縣、彰化縣)，透過空拍路口遴選、空拍路口可行性評估、機關需求訪談、空拍影像資料蒐集、軟體試用與回饋、分析報告結論討論與交流等，優化分析軟體功能，並由道路管理機關實務使用及瞭解該軟體功能細節。另本年度研究團隊透過郵件及視訊會議，徵得公路總局及新北市政府交通局同意，將挑選各一處路口進行完整分析，透過本研究案之分析軟體產出相關分析結果與改善建議，協助於明(112)年4月前完成該路口之改善，本研究團隊將於改善後再次進行空拍與分析，以比較改善前後之路口交通衝突變化。

三、與其它單位之交流與推廣合作

本研究規劃與區域運輸發展研究中心、學術單位、交通工程顧問公司及交通工程技師公會等專業團體，規劃與相關合作單位進行分析程序說明與軟體試用提供，期望串起交通資料蒐集、交通安全分析、及交通安全改善整體服務生態鏈機制。

其它推廣事蹟如配合鼎漢國際工程顧問股份有限公司，協助桃園市政府所辦理111年度桃園市易肇事及壅塞路口(段)改善研究案，進行路口交通分析等服務，已於111年8月20日完成2路口事前無人機資料蒐集(桃園市八德區和強路、和平路；桃園市八德區長興路、崁頂路)；配合中華電信股份有限公司，協助新北市政府警察局交通警察大隊進行科技執法，例如駕駛人闖紅燈、違規迴轉、占用停等區、未

依標誌標線、未禮讓行人、機車未依兩段式左轉等違規行為，使用空拍機進行駕駛人行為改善前後之交通衝突分析，以提供科技執法辦理成效評估之參考，111 年 8 月 23 日於永和區中山路一段、永平路，111 年 8 月 24 日於土城區中山路三段、中華路二段、金城路一段，完成事前無人機資料蒐集。

第六章 先導測試計畫

本(111)年度將進行「右轉衝突」、「非號誌化路口停讓衝突」兩項做為先導測試計畫的應用情境，經110年度的機關合作意願及合作調查，考慮這兩個應用情境在地方機關的順序，決定本年度之合作單位為新北市及臺中市；另因推動計畫所需，亦邀請公路總局參與本年度計畫，提供在新北市及臺中市的路口進行測試分析。新北市在「右轉衝突」、「非號誌化路口停讓衝突」的順序為3、4，臺中市的順序為3、7，公路總局的順序為3、5，顯示都有相關情境的交通問題，符合本年度應用情境的合作對象。

先導測試計畫之工作項目及流程規劃，整理如表6-1所示。以下第6.1節將說明兩個應用情境之問題背景及分析方法、第6.2節說明實驗場域篩選及路口特性。

表6-1 先導測試計畫之工作項目

	工作項目	內容說明
1	問題背景	回顧國內外相關文獻，釐清應用情境之背景說明。
2	分析方法建立	參考過去經驗，列出可能導致碰撞之行為項目並進行彙整。
3	實驗場域篩選	由合作之地方機關（新北市、臺中市、公路總局）及研究團隊提出測試路口的候選名單，經過符合分析及空拍的可行性，篩選合適的路口，各應用情境挑選5~7個路口進行實地拍攝。
4	現場拍攝調查	每次空拍影片長度約為15-25分鐘，每路口預計執行至少2趟次無人機空拍蒐集，以取得總時數45分鐘以上之影片。
5	影像分析	將測試場域所拍攝之影片進行影像分析，產生之軌跡檔案於分析平台建立專案。
6	分析工具開發	將分析方法建立於平台上，將分析工作自動化。
7	路口資料分析	分析測試場域路口之車流特性及相關交通安全風險，嘗試歸納出路口之安全問題並提供交通安全工程之改善建議。亦藉由分析測試資料評估及確認相關技術成熟度與限制。
8	結果回饋	將分析結果回饋地方機關。

6.1 課題背景

以下將說明兩個課題之問題背景以及相關學術文獻或技術報告。

6.1.1 右轉衝突

「右轉衝突」指在靠近停止線處，右轉車輛未靠右行駛，與直行車流發生衝突(如圖 6.1-1 所示)，根據 110 年之分析，對應肇事型態主要為右轉側撞，其可能肇因包括未注意車前狀況、未保持行車安全間隔、違反特定標誌(線)禁制、右轉彎未依規定。

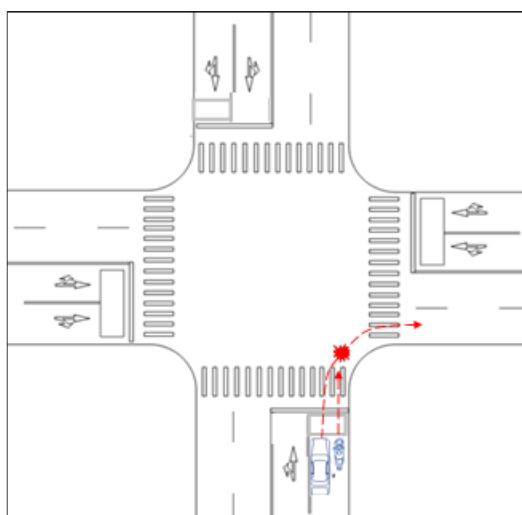


圖 6.1-1 右轉衝突示意圖

右轉衝突的主要風險來源為外側車道之右轉車未靠右側、或直行車行駛於車道右側，因此可運用人車流動資訊之分析方法，分析右轉車與直行車於車道上的位置分佈，再訂定指標進行風險的量化評估。許添本等人(2020)透過空拍機及高樓錄影調查之方式，蒐集路口交通特性資料，拍攝停止線至路段上游 60 公尺處之影像，記錄車輛通過不同斷面時的行駛位置分佈，分析直行車、右轉車離道路邊線之距離是否有越往下游停止線而有所改變，並提出潛在衝突指標將分流式指向線的效益進行量化。溫基信等人(2020)亦曾進行概念驗證，由無

人機取得影像及軌跡資料後，透由人車流動軌跡方法，由停止線開始往上游每 10 公尺取一橫斷面直到停止線上游 60 公尺，每一橫斷面再以每 0.2 公尺做為一區間計算各斷面上每個區間所通過的車輛百分比，車流通過各個橫斷面的行駛位置分布如圖 6.1-2 所示，當中橫軸表示斷面的橫向位置，縱軸為右轉汽車、直行機車於該橫向位置的數量百分比，藍色線為右轉汽車而粉紅色線為直行機車。由圖中可以得知，直行機車越往下游會離右側之道路邊線越遠，而右轉汽車越往下游有越往外側靠近的趨勢，代表越下游靠近停止線處直行機車與右轉汽車之交織程度較上游低。

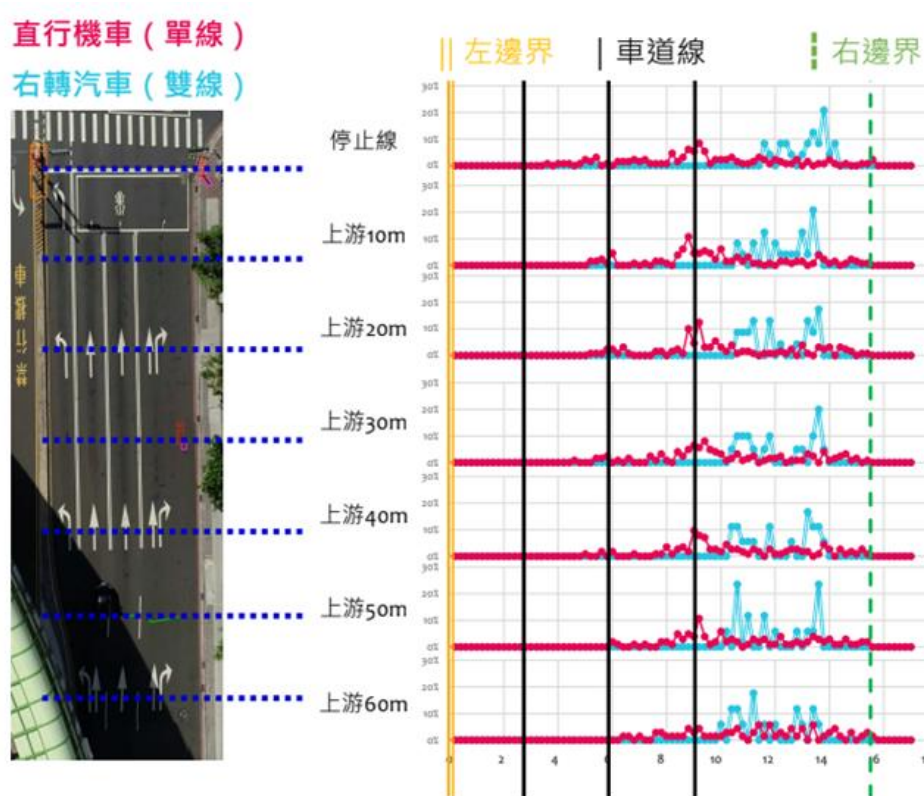


圖 6.1-2 直行機車與右轉汽車之行駛位置分布

6.1.2 非號誌路口停讓衝突

「非號誌化路口停讓衝突」指在非號誌化路口，車輛未依規定停讓，而導致交岔路口中發生之衝突。根據 110 年之分析，對應肇事型態主要為交岔撞，其可能肇因包括未依規定讓車、未注意車前狀況、

未依規定減速、違反特定標誌(線)禁制。另外，參考許添本等人(2020)「混合車流路口道路與交通工程設計範例 (3/4)-非號誌化路口」之研究，對非號誌化路口常見之碰撞型態進行更深入的探討肇事原因，發現肇事主因分別為路口視距不足、單向道誘發加速效果、行車速度過快、交岔路口路權未明確定義、幹線道與支線道路寬有差異、幹線道無足夠左轉待轉空間、照明不足等原因。

在評估非號誌化路口的衝突風險，先判斷路口是否設置相關標誌或標線，車輛行駛應依其行駛；如未設置，則車輛行駛應依據「道路交通安全規則」第 102 條第 2 款規定：「行至無號誌或號誌故障而無交通指揮人員指揮之交岔路口，支線道車應暫停讓幹線道車先行。未設標誌、標線或號誌劃分幹、支線道者，少線道車應暫停讓多線道車先行；車道數相同時，轉彎車應暫停讓直行車先行；同為直行車或轉彎車者，左方車應暫停讓右方車先行。但在交通壅塞時，應於停止線前暫停與他方雙向車輛互為禮讓，交互輪流行駛。」。此外，特種閃光號誌雖屬號誌化路口，惟其透過閃光黃燈、閃光紅燈區分幹(支)線道，閃紅燈性質與標誌(線)之「停」相同，故將特種閃光號誌納入非號誌化路口一併討論。

因此，在分析方法及分析工具的設計上，應將非號誌化路口分為：(1)閃光號誌路口，(2)設有「停」、「讓」標誌、標線之非號誌化路口，以及(3)未設標誌、標線之非號誌化路口。其幹(支)線道規定說明如下：

一、 閃光號誌路口及設有「停」、「讓」標誌、標線之非號誌化路口

- (一) 設有紅色閃光號誌或「停」、「讓」標誌、標線者為支線道，橫交道路為幹線道。

二、 未設標誌、標線之非號誌化路口，其幹(支)線道支判斷順序依據道路交通安全規則第 102 條規定

- (一) 少線道車應暫停讓多線道車先行（即多線道設定為幹線道，少線道設定為支線道）。
- (二) 車道數相同時，轉彎車應暫停讓直行車先行。
- (三) 同為直行車或轉彎車者，左方車應暫停讓右方車先行。

將以上之相關規定納入分析方法的考量，並將未依標誌、標線、號誌規定停讓列為違規行為之分析項目，支線道車未禮讓幹線道車例為衝突行為之分析項目。

6.2 分析方法

本研究運用車流軌跡資料，提出人車流動資訊之分析方法，根據應用情境的交通風險問題，由軌跡中進一步計算車流特性及交通風險相關的行為事件。本期計畫的分析方法參考上期(110 年度)研究的分析項目，將路口衝突相關的交通風險彙整為以下 3 大類行為：風險駕駛行為、違規行為、交通衝突。以下針對各行為項目進行說明。

6.2.1 右轉衝突

本期計畫將右轉衝突之相關風險彙整為以下 3 大類行為：

一、風險駕駛行為（Risky Driving Behavior）[R]：

指一輛車在行駛過程中進行之潛在風險駕駛行為，但並未明顯違反交通規則，包括 2 項：右轉車輛未靠右、外側車道之直行車輛未遠離右側。此分析項目的結果輸出，參考許添本等人（2018），以圖 6.1-2 的方式呈現，由停止線開始往上游每 10 公尺取一橫斷面直到停止線上游 60 公尺處，計算右轉車及直行車輛離右側邊線之距離，再以其敘述統計（最大值、最小值、平均值、標準差）於各橫斷面的變化進行評估。

二、違規行為（Violation Behavior）[V]：

指一輛車在行駛過程中進行之駕駛行為，已明顯違反交通規則，包括 3 項：超速(速限)、超速(法定寬容值)、右轉車輛未使用專用或最外側車道。

三、交通衝突（Traffic Conflict）[C]：

指兩輛車之間的互動所產生的衝突。共 5 項：同向右轉跟車衝突、兩車右轉切入衝突、同向兩車右轉衝突、直行機車與右轉汽車衝突（直行車側撞右轉車）、右轉汽車與直行機車衝突（右轉車側撞直行車）。

以上行為所包括之項目，如表 6.2-1 至表 6.2-3 說明。

表 6.2-1 右轉衝突：風險駕駛行為之分析項目

代碼	分析項目	說明
[R1]	右轉車輛未靠右	右轉車輛行駛於最外側之右轉車道或直右車道，但未靠右側路緣，使得機車有機會由右邊通過
[R2]	外側車道之直行車輛未遠離右側	直行車輛行駛於最外側之直右車道，但未遠離車道之右側

右轉車輛未靠右、直行車輛未遠離右側之判斷方式，是以車身右側與道路緣石之間的淨空距離計算，分析過程中會記錄每一輛車之淨空距離，並計算大於（或小於）門檻值之車輛數做為風險的評估依據。右轉車輛未靠右的判斷準則是以淨空距離大於「右轉車未靠右臨界值」（使用者可設定，默認值 1.5 公尺）、直行車輛未遠離右側的判斷準則則是以淨空距離小於「直行車輛未遠離右側臨界值」（使用者可設定，默認值 2.0 公尺）為依據。同時程式亦會輸出不同車種於不同斷面之淨空距離分佈、淨空距離平均值及標準差，供分析人員進一步參考。

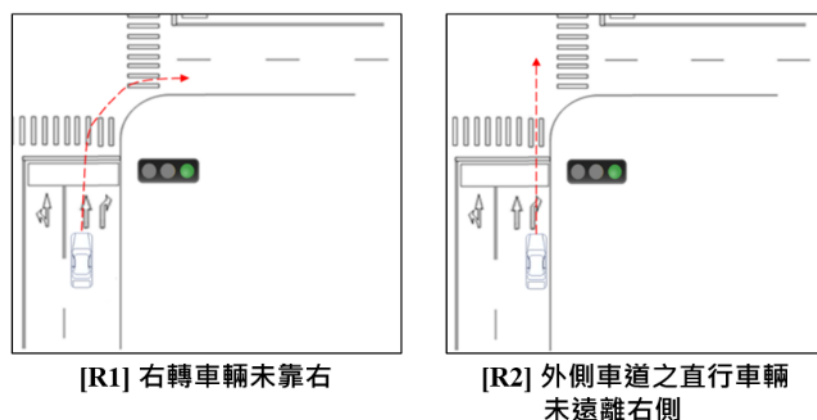


圖 6.2-1 右轉衝突：風險駕駛行為之分析項目圖示

表 6.2-2 右轉衝突：違規行為之分析項目

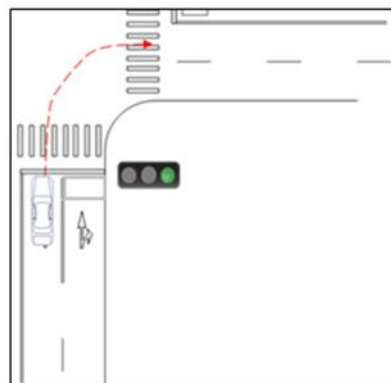
代碼	分析項目	說明
[V1]	超速(速限)	車輛行駛速度超過道路限速
[V2]	超速(法定寬容值)	車輛行駛速度超過法定寬容值 (速限+10kph)
[V3]	右轉車輛未使用專用 或最外側車道	右轉車輛未依道路上之標誌(線)指示行駛正 確車道
[V4]	直行車使用右轉專用 道	直行車輛違規行駛右轉專用道



[V1] 超速(速限)



[V2] 超速(法定寬容值)

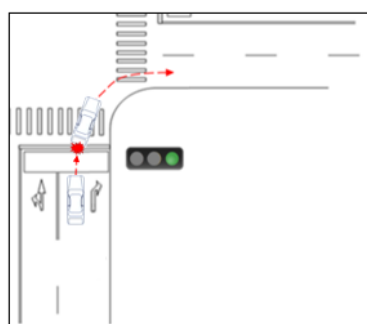


[V3] 右轉車輛未使用專用
或最外側車道

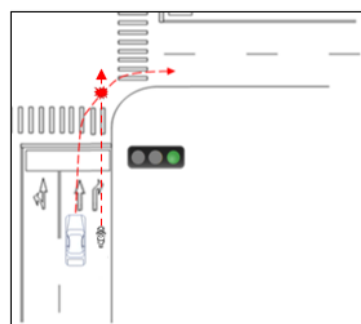
圖 6.2-2 右轉衝突：違規駕駛行為之分析項目圖示

表 6.2-3 右轉衝突：交通衝突

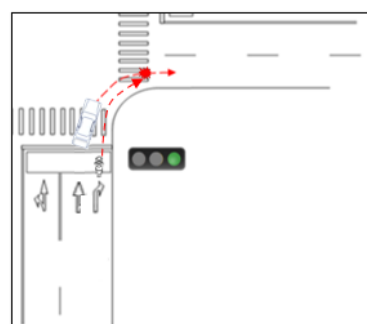
代碼	分析項目	說明
[C1]	同向右轉跟車衝突	前車減速進行右轉行為，與直行後車發生的跟車衝突
[C2]	兩車右轉切入衝突	右轉車輛行駛最外側之右轉車道或直右車道，但未靠右側路緣，此時右側有直行車輛欲通過所導致的衝突
[C3]	同向兩車右轉衝突	右轉車輛行駛最外側之右轉車道或直右車道，但未靠右側路緣，此時右側有右轉車輛欲通過所導致的衝突
[C4]	直行機車與右轉汽車衝突（直行車側撞右轉車）	直行機車行駛於外側車道，但未遠離最外側之右轉車道或右側路緣，此時前方有汽車右轉通過所導致的衝突
[C5]	右轉汽車與直行機車衝突（右轉車側撞直行車）	直行機車行駛於外側車道，但未遠離最外側之右轉車道或右側路緣，此時左側有汽車欲右轉通過所導致的衝突



[C1]同向右轉跟車衝突



[C2] 兩車右轉切入衝突



[C3] 同向兩車右轉衝突

圖 6.2-3 右轉衝突：交通衝突之分析項目圖示

以上之[R1]、[R2]、[V1]，可以透過圖 6.1-2 之直行機車與右轉汽車之行駛位置分布進行量化，而 [C1]、[C2]、[C3]則可用衝突分析軟體之右轉相關衝突進行 PET 衝突事件的分析。

6.2.2 非號誌路口停讓衝突

本期計畫將非號誌路口停讓衝突彙整為以下 3 大類行為：

一、風險駕駛行為（Risky Driving Behavior）[R]：

指一輛車在行駛過程中進行之潛在風險駕駛行為，但並未明顯違反交通規則，包括 2 項：車輛未慢速通過路口、左轉接受間距不足。本研究將此行為項目之車輛行駛方向(直行車、左轉車或右轉車)以及車道類型(幹線道或支線道)分開探討。

二、違規行為（Violation Behavior）[V]：

指一輛車在行駛過程中進行之駕駛行為，已明顯違反交通規則，包括 4 項：車輛未依規定讓車、車輛未依規定停車、超速（速限）、超速（速限寬容值）。本研究將此行為項目依車道類型(幹線道或支線道)分開探討。

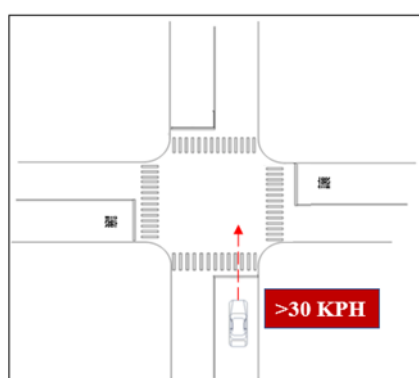
三、交通衝突（Traffic Conflict）[C]：

指兩輛車之間的互動所產生的衝突。此處依照兩車的互動關係，共有三項：支線道未禮讓幹線道先行、轉彎車未禮讓直行車先行、左方車未禮讓右方車先行。

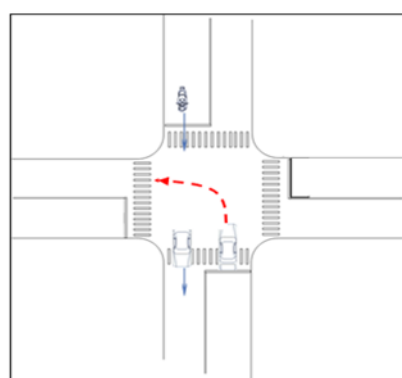
以上風險及違規行為所包括之項目，如表 6.2-4 及表 6.2-5 說明。

表 6.2-4 非號誌化路口停讓衝突：風險行為之分析項目

代碼	分析項目	說明
[R1]	車輛未慢速通過路口	車輛行駛至非號誌路口時，車速未降低至可隨時煞停之車速(預設30kph，使用者可自行設定)
[R2]	左轉接受間距不足	左轉車在對向直行車間距不足的情況下，強行通過路口



[R1] 車輛未慢速通過路口



[R2] 左轉接受間距不足

圖 6.2-4 非號誌路口停讓衝突：風險駕駛行為之分析項目圖示

表 6.2-5 非號誌化路口停讓衝突：違規行為分析項目

代碼	分析項目	說明
[V1]	車輛未依規定讓車	車輛行駛至無號誌路口時，未減速禮讓(預設20kph，使用者可自行設定)
[V2]	車輛未依規定停車再開	車輛行駛至無號誌路口時，未停車再開(預設10kph，使用者可自行設定)
[V3]	超速(速限)	車輛行駛速度超過道路限速
[V4]	超速(法定寬容值)	車輛行駛速度超過法定寬容值(速限+10kph)

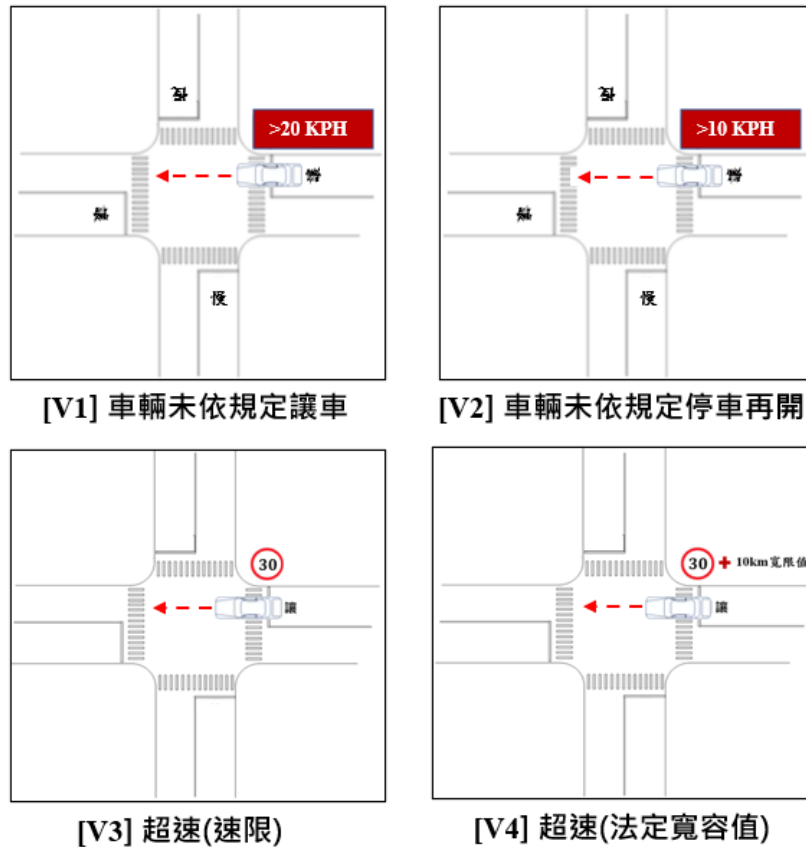


圖 6.2-5 非號誌路口停讓衝突：違規行為之分析圖示

表 6.2-6 非號誌化路口停讓衝突：交通衝突

代碼	分析項目	說明
[C1]	少線道未禮讓幹線道先行	少線道車輛與多線道車輛同時到達路口，少線道車輛搶先通過路口。當中搶先的判斷依據為少線道車輛先於多線到車輛通過兩車的交通衝突區。
[C2]	轉彎車未禮讓直行車先行	無幹(支)線道差異時，轉彎車與直行車同時到達路口，轉彎車搶先通過路口。當中搶先的判斷依據為轉彎車先於直行車通過兩車的交通衝突區。
[C3]	左方車未禮讓右方車先行	無幹(支)線道差異且同為直行車或轉彎車時，左方車與右方車同時到達路口，左方車搶先通過路口。當中搶先的判斷依據為左方車先於右方車通過兩車的交通衝突區。

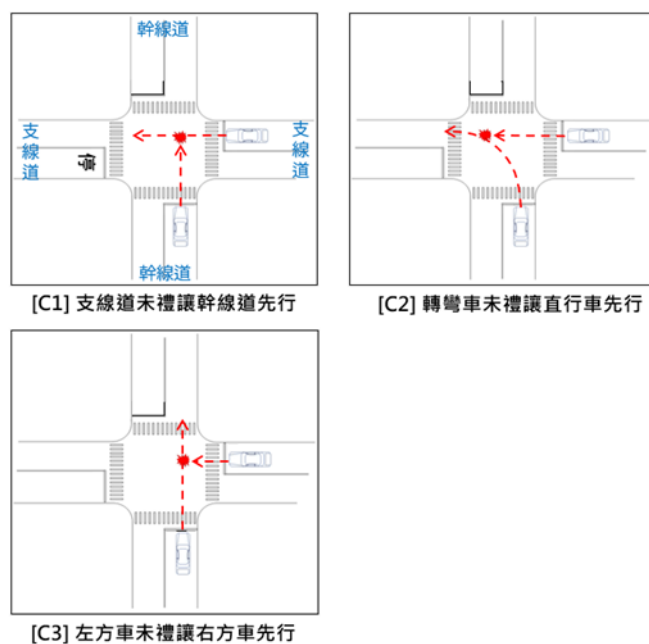


圖 6.2-6 非號誌路口停讓衝突：交通衝突圖示

6.3 篩選實驗場域

6.3.1 合作機關及路口篩選

本年度之合作機關（新北市、臺中市、公路總局）及研究團隊提出測試路口的候選名單，經過路口幾何條件及空拍條件的可行性評估，篩選合適的路口進行實地拍攝。原則上，調查地點應以四岔正交路口為主要分析對象，盡量避免以下條件：

- 一、路口上方有天橋、路側行道樹多
- 二、快慢分隔、大型路口（路口範圍寬度大於 100 公尺）
- 三、多岔路口、斜交路口

另外，尚需考量空拍條件，盡量避免以下之情況：

- 一、大樓視線遮蔽
- 二、無起降空間(距路口 3 公尺處應有 5 平方公尺空地)
- 三、大樓訊號遮蔽、高壓電塔等可能造成訊號干擾的問題
- 四、禁限航區(拍攝時需派員進駐塔台)

為確保本研究所開發之分析工具能應用各種路口型態或管制方式，在路口篩選上會涵蓋可能之型態，右轉衝突包括 4 種路口配置情況：直右共用或分流式指向線、外側為 1 快車道與 1 慢車道、右轉專用車道、左直右共用 1 車道；非號誌化路口停讓衝突包括 4 種管制方式：標誌標線管制、特種閃光號誌管制、無交通控制設施管制(交會道路車道數不同)、無交通控制設施管制(交會道路車道數相同)，說明如表 6.3-1 所示。

表 6.3-1 應用情境路口應涵蓋之型態

應用情境	分類編號	路口配置或管制方式	定義
右轉衝突	F1	直右共用或分流指向線	右側車道為直右共用車道或分流指向線車道
	F2	快慢車道線分隔	右側車道為一快車道與一慢車道
	F3	右轉專用車道	右側車道為右轉專用車道
	F4	左直右共用車道	無劃分左右側車道，三行車方向共用之車道
非號誌化路口 停讓衝突	G1	標誌標線管制	路口方向有「慢」、「讓」、「停」標誌或標線區分幹(支)線道
	G2	特種閃光號誌管制	路口有「閃紅」、「閃黃」特種閃光號誌區分幹(支)線道
	G3	無標誌標線管制－車道數不同	路口無標誌、標線或特種閃光號誌區分幹(支)線道，且交會道路車道數不同
	G4	無標誌標線管制－車道數相同	路口無標誌、標線或特種閃光號誌區分幹(支)線道，且交會道路車道數相同

本計畫透過進行機關工作會議，請合作機關提出轄區內適合分析之路口。在路口篩選階段，新北市政府交通局、臺中市政府交通局、公路總局提供共 44 處路口，為滿足應用情境路口應涵蓋之型態（表 6.3-1），研究團隊再增加 2 處路口，合計 46 處路口進行後續篩選。在第一階段去除 25 處不符合本年度條件分析之路口，在第二階段去除 8 處不符合綜合評估之路口，最終以 13 處路口（6 處右轉衝突路口、7 處非號誌化路口）進行後續空拍資料蒐集與分析工作。

另外，在非號誌化路口部分，由於非號誌化路口規模較小且較不易透過網路資料蒐集其資訊，依本計畫審查委員提供之建議，於現場記錄以下項目：「是否有對向來車」、「標線管制」、「標誌管制」、「行

穿線劃設」、「反光鏡位置」，做為後續分析之參考

6.3.2 路口概況

最後納入分析及拍攝的路口共 13 處，路口清單如表 6.3-2 所示，並整理路口之配置或管制方式型態分類、路口幾何、號誌管制、交通事故件數等資訊。路口幾何記錄了路口各路段之車道數及路口大小，號誌管制記錄了各入口之號誌燈數（如三燈式號誌、五燈式號誌）。

補充上述路口清單資訊，路口編號 1 及 2 中山民權路口係為同一地點，採不同拍攝方向為兩種不同的應用情境分類。路口編號 3 北宜路一段、文中路口因空拍拍攝可涵蓋 A、C 兩方向右轉衝突車道範圍，因此本計畫分析其兩方向之右轉衝突情境，後續分析結果會以專案編號後綴分析方向表示。非號誌化路口選擇部分，由於路口編號 11A 方向佈設讓標線之時間點介於篩選階段與調查時間之間，出現 A、B、C、D 方向無法完整符合 G3 需求之情境，因此將未管制之 B、C、D 方向視為 G3 應用情境分類，A 方向視為 G1 應用情境分類。

交通事故件數方面，本研究透過交通部道安資訊平台查詢事故違規排行分析，選擇 108 年 1 月至 110 年 12 月期間，在右轉情境（代號 F）中整理出路口之車與車之「側撞」事故件數、「擦撞」事故件數、「追撞」事故件數以及路口碰撞總件數（不限肇事原因及碰撞類型）。在非號誌化路口情境（代號 G）中整理出「側撞」、「擦撞」、「追撞」、「交叉撞」事故件數以及路口碰撞總件數（不限肇事原因及碰撞類型）。

表 6.3-2 先導測試計畫之實驗路口

路口編號	分類編號#1	縣市行政區	路口名稱	路口幾何(車道數、車道配置)	號誌控制方式	路口肇事總件數#2	A1	A2	碰撞類型
1	F1	新北市板橋區	中山路一段、民權路#3, #5	中山路：對向直行 2+2 車道/1+1 車道 民權路：對向直行 2+3 車道 北側一左專+一右專、南側一右專	中山路：三燈式號誌 民權路：五燈式號誌+四燈式號誌	46	0	46	側撞：7：13 擦撞：9 追撞：4 總件數：46
2	F3	新北市板橋區	民權路、中山路一段#3, #5						
3	F1	新北市新店區	北宜路一段、文中路交叉口 #4#6	北宜路一段：對向直行 2+2 車道 文中路：對向直行 1+1 車道	三燈式號誌	10	0	10	側撞：3 擦撞：1 追撞：0 總件數：10
4	F2	新北市樹林區	環漢路、水源街	水源街：對向直行 1+1 車道 環漢路：對向直行 1+1 車道 南側一右專	三燈式號誌	1	0	1	側撞：1 擦撞：0 追撞：0 總件數：2
5	F4	新北市永和區	永貞路、永利路	永貞路：直左右混流一車道 永利路：直左右混流一車道	三燈式號誌	42	0	42	側撞：18 擦撞：3 追撞：6 總件數：42
6	F1	臺中市北屯區	北屯路、太原路口	北屯路：對向直行 2+2 車道 1 左轉專用道 太原路：對向直行 2+2/2+1 車道、東側 1 左轉專用道 皆有分流指向線	北屯路：五燈式號誌 太原路：四燈式(禁止左轉)+五燈式號誌	49	0	49	側撞：18 擦撞：2 追撞：15 總件數：49

(續下頁)

路口編號	分類編號#1	縣市行政區	路口名稱	路口幾何(車道數、車道配置)	號誌控制方式	路口肇事總件數#2	A1	A2	碰撞類型
7	F1	臺中市潭子區	雅潭路二段、崇德路四段	雅潭路：對向直行 2+2 車道、各一左專、分流指向線 崇德路：對向直行 2+2 車道、各一左專、分流指向線	五燈式號誌	26	0	26	側撞：11 擦撞：3 追撞：4 總件數：26
8	G2	新北市三峽區	中山路、大智路	中山路：對向直行 1+1 車道 大智路：對向直行 2+1 車道	特種閃光號誌 (三燈式號誌型式，在特定時段會恢復行車管制號誌)	28	0	28	側撞：13 擦撞：5 追撞：0 交叉撞：6 總件數：28
9	G1	新北市中和區	秀朗路三段、自立路、秀朗路三段 175 巷、	皆為對向直行 1+1 車道	自立路：停 秀朗路：慢	12	0	12	側撞：4 擦撞：2 追撞：1 交叉撞：3 總件數：12
10	G4	新北市瑞芳區	明燈路三段、民族街	皆為對向 1+1 車道 (民族街北側為消防通道 1 車道)	四方向皆無標線標誌管制	1	0	1	側撞：1 擦撞：0 追撞：0 交叉撞：0 總件數：1
11	G1(A) G3(BCD)	臺中市后里區	三豐路四段、三豐路四段 199 巷、三豐路四段 266 巷 #3 #4	三豐路四段：對向直行 2+2 車道 199 巷、266 巷：1 車道	無號誌路口	2	0	2	側撞：1 擦撞：1 追撞：0 交叉撞：0 總件數：2

(續下頁)

路口編號	分類編號#1	縣市行政區	路口名稱	路口幾何(車道數、車道配置)	號誌控制方式	路口肇事總件數#2	A1	A2	碰撞類型
12	G4	臺中市 大甲區	鎮政路、蔣公路	皆為對向 1+1 車道	四方向皆無標線標誌管制	13	0	13	側撞：1 擦撞：1 追撞：1 交叉撞：6 總件數：13
13	G1	臺中市 大里區	成功二路、光明路	成功路：對向直行 1+1 車道 光明路：1 車道	成功路：慢 光明路：慢	14	0	14	側撞：6 擦撞：0 追撞：0 交叉撞：4 總件數：14
14	G1	臺中市 東區	三賢街、東英七街	皆為對向直行 1+1 車道	三賢街：慢 東英七街：無標示	16	0	16	側撞：0 擦撞：0 追撞：0 交叉撞：16 總件數：16

備註：1. 應用情境分類編號：右轉衝突包括 F1 直右共用或分流指向線、F2 外側為 1 快與 1 慢車道、F3 右轉專用車道、F4 左直右共用車道；非號誌化路口停讓衝突包括 G1 標誌標線管制、G2 特種閃光號誌管制、G3 無交通控制設施管制(交會道路車道數不同)、G4 無交通控制設施管制(交會道路車道數相同)。
2. 事故統計時間為 108 年 1 月至 110 年 12 月之事故資料。

3. 新北市板橋區中山路與民權路口(新北市)、臺中市后里區三豐路四段與三豐路四段 199 巷與三豐路四段 266 巷(公路總局)，亦為進行完整易肇事分析之路口

4. 新北市新店區北宜公路台 9 線 10K+886 與文中路、臺中市后里區三豐路四段與三豐路四段 199 巷與三豐路四段 266 巷，為公路總局提供之路口。

5. 路口編號 1 及 2 係為同一路口地點，採不同拍攝方向做為 2 個不同的應用情境分類。

6. 路口編號 3 北宜路一段、文中路口因空拍拍攝可涵蓋 A、C 兩方向右轉衝突車道範圍，因此本計畫分析其兩方向之右轉衝突情境，後續分析結果會以專案編號後綴分析方向表示。

7. 非號誌化路口選擇部分，由於路口編號 11 A 方向佈設讓標線之時間點介於篩選階段與調查時間之間，出現 A、B、C、D 方向無法完整符合 G3 需求之情境，因此將未管制之 B、C、D 方向視為 G3 應用情境分類，A 方向視為 G1 應用情境分類。

6.4 分析結果

6.4.1 路口概況

一、路口清單

本計畫拍攝之路口共有 14 個(詳細路口資訊請參考表 6.3-2)，選定進行右轉衝突分析的路口共 7 個，非號誌化路口停讓衝突的路口共 7 個，路口清單如表 6.4-1 及 6.4-2 所示。右轉衝突的路口選擇應涵蓋 4 種應用情境分類，包括直右車道（有或無分流指向線）、快慢車道線分隔、右轉專用、左直右混流車道，代表國內常見之車道配置方式。非號誌化路口停讓衝突的路口選擇方面，應涵蓋 4 種應用情境分類，包括標線標誌管制、特種閃光號誌管制、無標誌標線管制(幹支線道區分)、無標誌標線管制(幹支線道未區分)，代表國內常見之非號誌化路口管制方式。

在右轉衝突分類中，路口名稱會配合平台專案編號顯示，分析方向基本上以 A 方向為主（畫面左方往畫面右方）。除此之外，在專案 178 至 182 中，分析的路口皆為新北市中山民權路口，採不同拍攝方向做為 2 個不同的應用情境分類，專案 178 至 179 為 F1 直右車道次分類、專案 180 至 182 為 F3 右轉專用車道次分類。在專案 186 至 188，由於拍攝畫面可涵蓋兩對向右轉衝突分析方向，因此在表格上會以專案名稱和分析方向共同顯示（例如：186A、188C）。另外，在非號誌化路口停讓衝突中，路口名稱會配合平台專案編號顯示，分析方向以四方向停讓衝突為分析對象，以幹支線道是否有區分做為指標判斷依據。

表 6.4-1 路口清單表（右轉衝突）

路口 編號	專案編 號	縣市	路口名稱 (分析方向路口在前)	分析 方向	應用情境 分類編號	應用情境分類 名稱
1	178-179	新北市	中山路一段、民權路 ^{#1, #3}	A	F1	直右車道
2	180-182	新北市	民權路、中山路一段 ^{#1}	A	F3	右轉專用
3	186-188	新北市	北宜路一段、文中路 ^{#2}	A、C	F1	直右車道
4	192-194	新北市	環漢路、水源街	A	F2	快慢車道線分隔
5	195-197	新北市	永利路、永貞路	A	F4	左直右混流車道
6	205-207	臺中市	北屯路、太原路	A	F1	分流指向線
7	222-224	臺中市	崇德路四段、雅潭路二段 ^{#3}	A	F1	分流指向線

備註：

1. 路口編號 1 及 2 係為同一路口地點，採不同拍攝方向做為 2 個不同的應用情境分類。
2. 路口編號 3 北宜路一段、文中路口因空拍拍攝可涵蓋 A、C 兩方向右轉衝突車道範圍，因此本計畫分析其兩方向之右轉衝突情境，後續分析結果會以專案編號後綴分析方向表示。
3. 路口編號 1 及 7 兩右轉衝突路口在第 6.5 節會進行個案分析討論。

表 6.4-2 路口清單表（非號誌化路口停讓衝突）

路口 編號	專案編 號	縣市	路口名稱	應用情境 分類編號	應用情境分類名稱
8	183-185	新北市	三轄區中山路、大智路	G2	特種閃光號誌管制
9	198-201	新北市	中和區秀朗路三段、自立路、 秀朗路三段 175 巷 ^{#4}	G1	標誌標線管制
10	202-204	新北市	瑞芳區明燈路三段、民族街	G4	無標誌標線管制 (幹支線道未區分)
11	208-211	臺中市	后里區三豐路四段、三豐路四 段 199 巷、三豐路四段 266 巷	G1(A)/ G3(BCD)	無標誌標線管制 (幹支線道區分)
12	212-214	臺中市	大甲區鎮政路、蔣公路 ^{#4, #5}	G4	無標誌標線管制 (幹支線道未區分)
13	215-218	臺中市	大里區成功二路、光明路	G1	標誌標線管制
14	219-221	臺中市	東區三賢街、東英七街	G1	標誌標線管制

備註：

1. 路口編號 9 及 12 兩非號誌化路口停讓衝突在第 6.5 節會進行個案分析討論。
2. 路口編號 12 臺中市大甲區蔣公路、鎮政路，該路口由於受飛行管制高度影響，拍攝航高為 60 公尺。

二、路口空拍圖

圖 6.4-1~圖 6.4-14 為所有拍攝路口之空拍圖，其中右轉衝突分類路口是劃設右轉衝突設定線後之空拍圖；非號誌化路口停讓衝突分類路口是以劃設路口判斷線後之空拍圖。

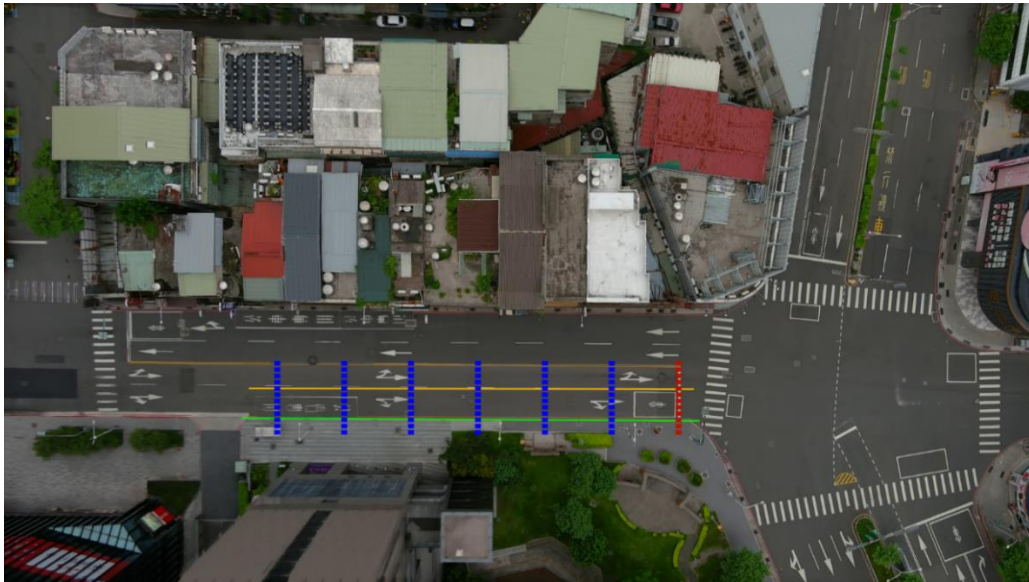


圖 6.4-1 路口 1 -新北市板橋區中山路一段與民權路

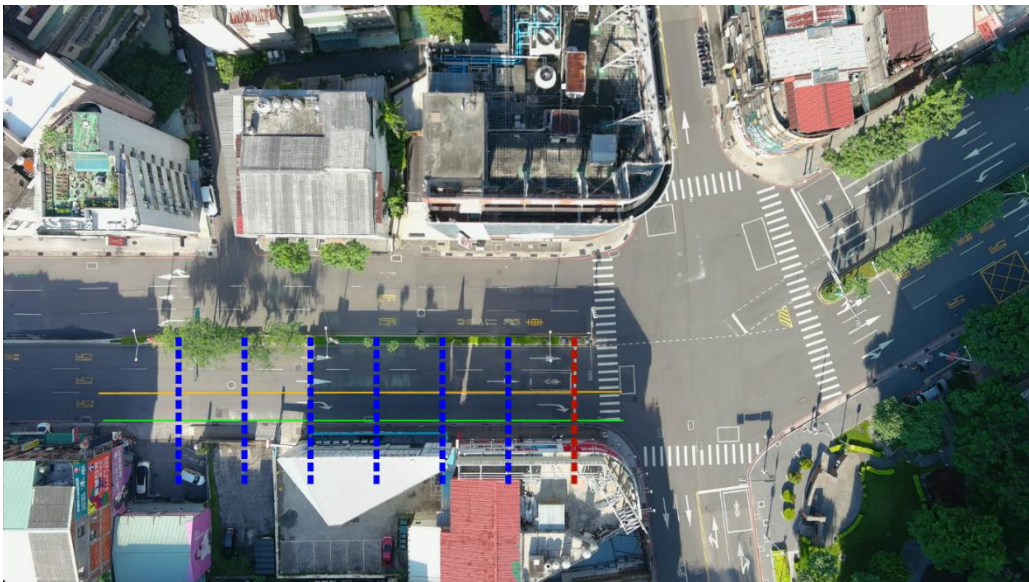


圖 6.4-2 路口 2 -新北市板橋區民權路與中山路一段



圖 6.4-3 路口3 -新北市新店區北宜路一段與文中路



圖 6.4-4 路口4 -新北市樹林區環漢路與水源街

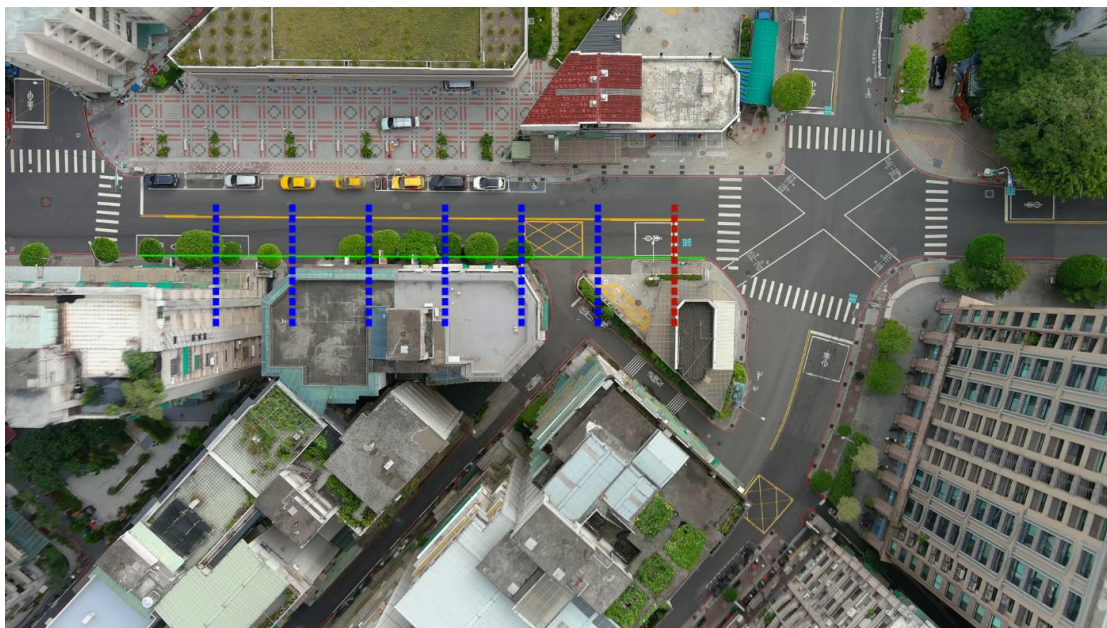


圖 6.4-5 路口5-新北市永和區永利路與永貞路



圖 6.4-6 路口6-臺中市北屯區北屯路與太原路三段

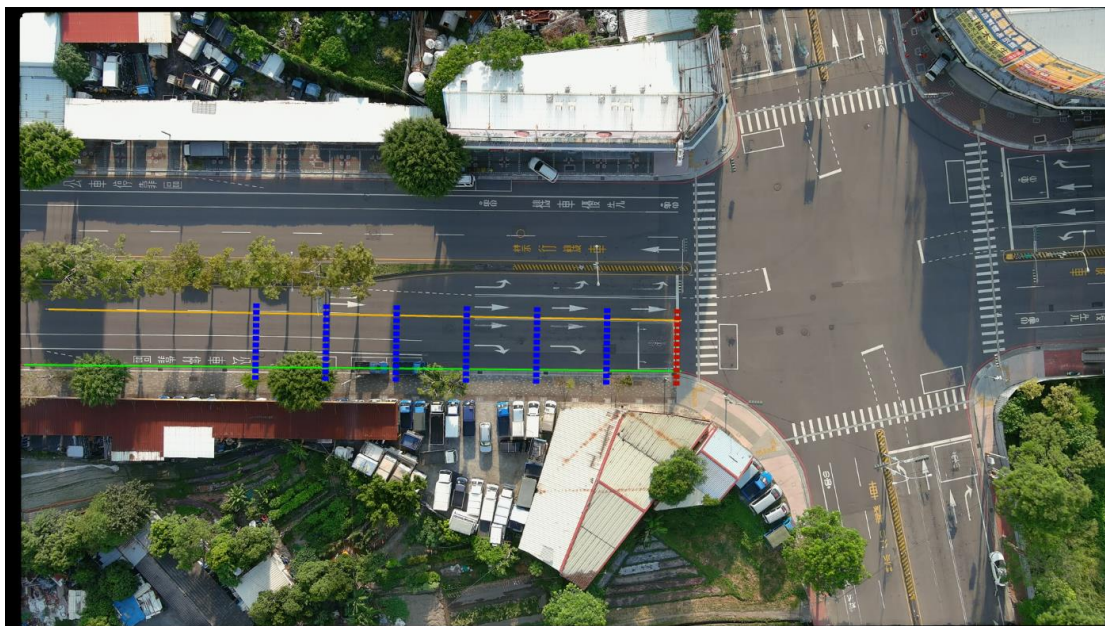


圖 6.4-7 路口7-臺中市潭子區崇德路四段與雅潭路二段

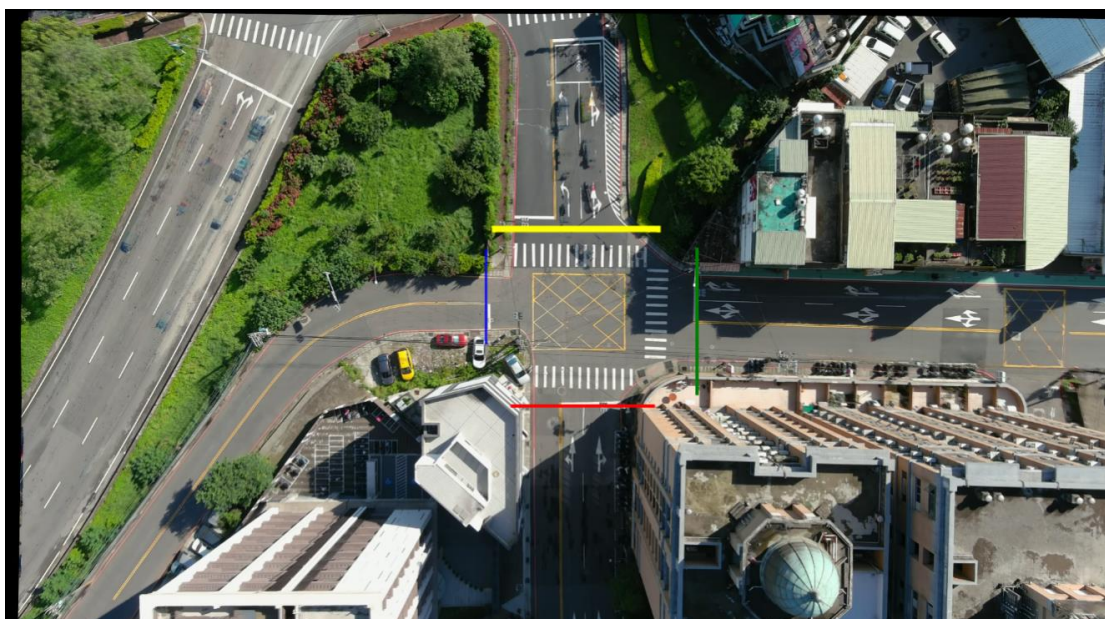


圖 6.4-8 路口8-新北市三峽區中山路與大智路



圖 6.4-9 路口9-新北市中和區秀朗路三段、自立路與秀朗路三段175巷



圖 6.4-10 路口10-新北市瑞芳區明燈路三段與民族街

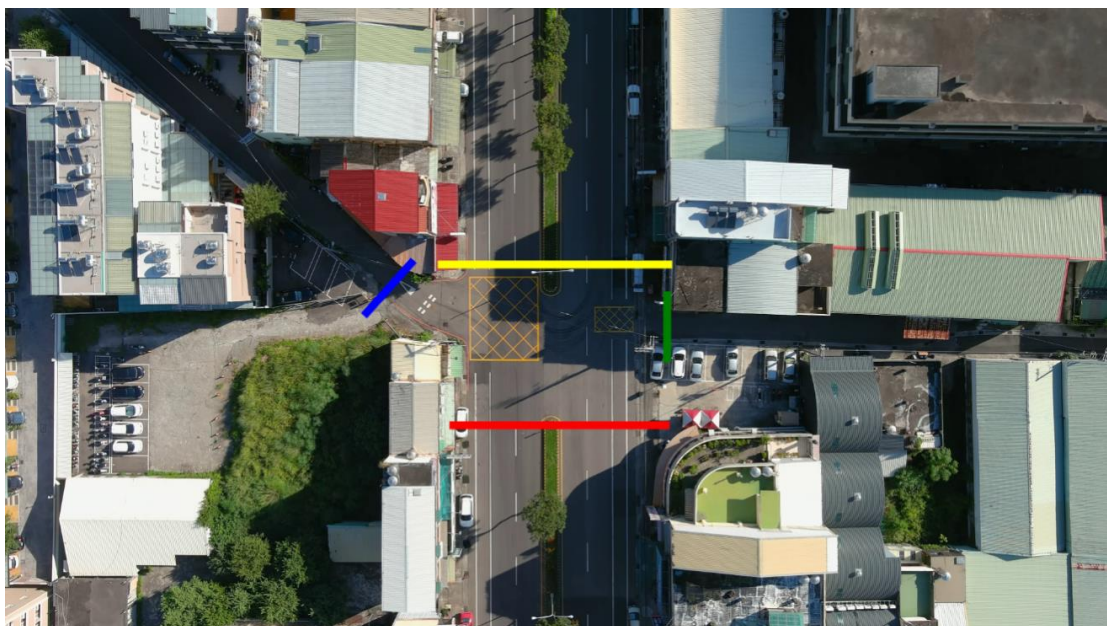


圖 6.4-11 路口11-臺中市后里區三豐路四段、三豐路四段199巷與三豐路四段
266巷

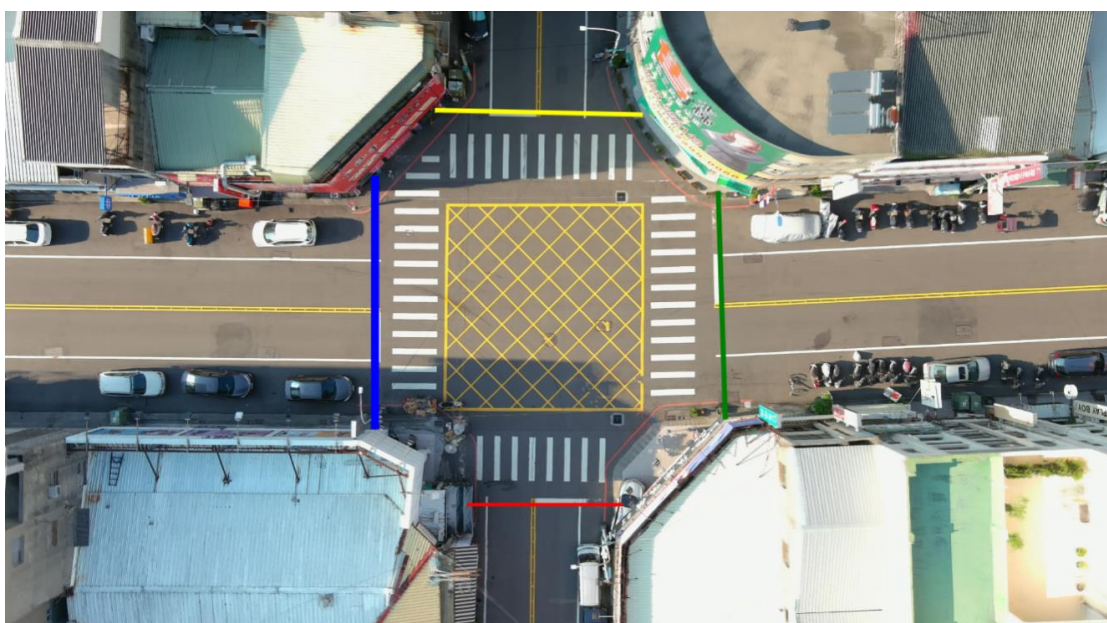


圖 6.4-12 路口12-臺中市大甲區鎮政路與蔣公路

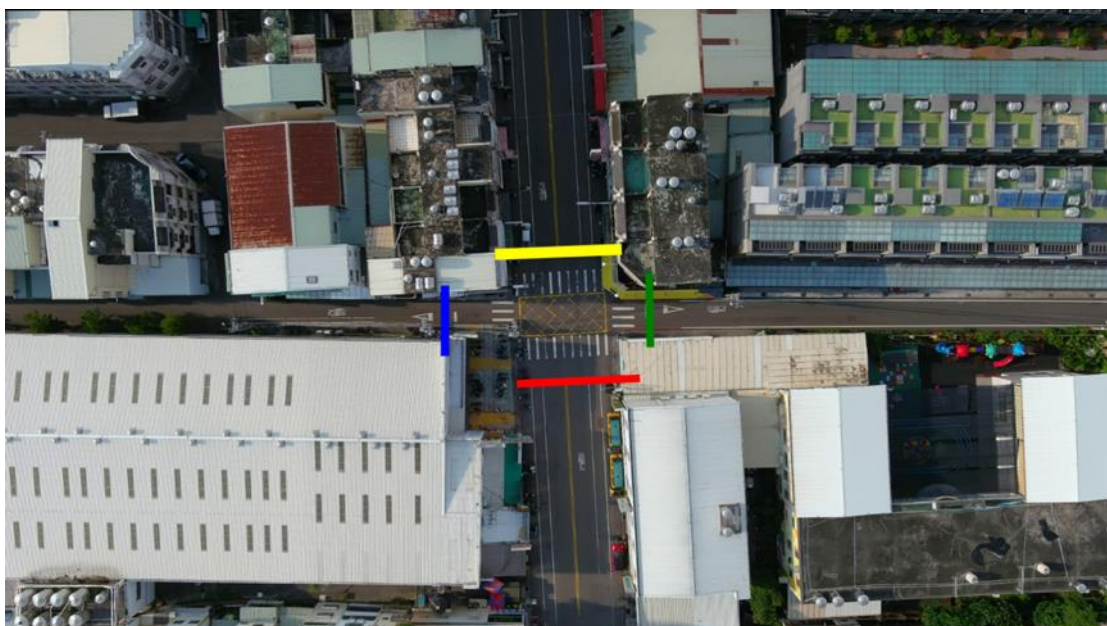


圖 6.4-13 路口13-臺中市大里區成功二路與光明路

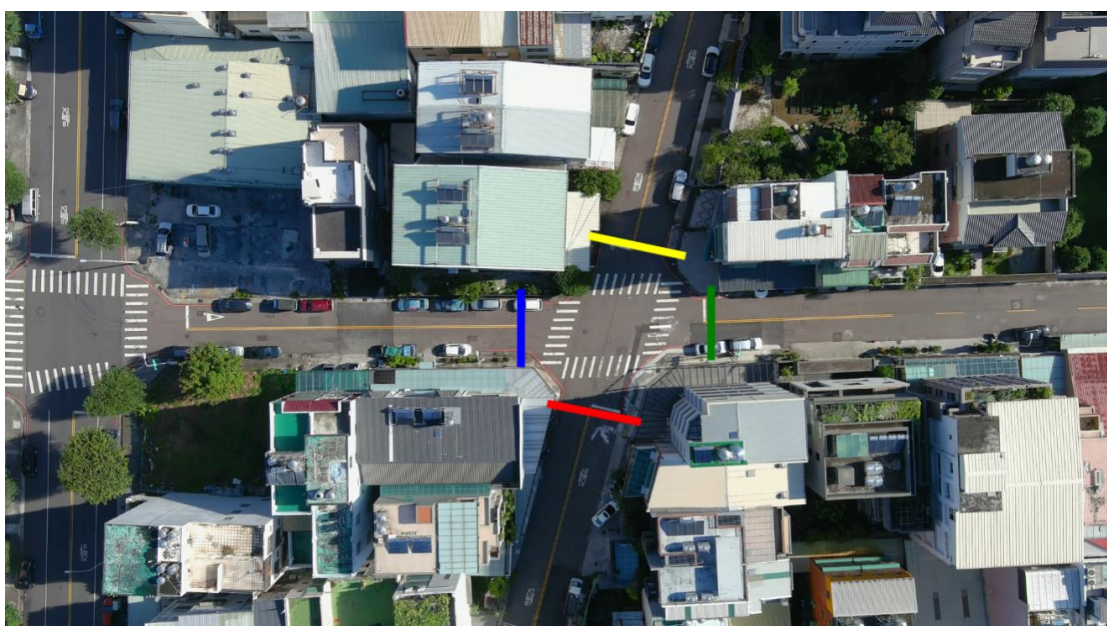


圖 6.4-14 路口14-臺中市東區三賢街與東英七街

6.4.2 右轉衝突

右轉衝突共有 7 個路口，共 20 架次的影片，每一部影片為獨立專案編號，由平台中輸入參數設定並產生計算結果。以下將以路口分析方向做為一個分析單位，以群組直條圖、堆疊直條圖的方式呈現，並進行應用情境分類的比較。分析的影片數及專案編號如表 6.4-3 所示。

表 6.4-3 右轉衝突路口之分析影片數及專案編號

路口編號	1	2	3	4	5	6	7	總共
專案編號	178- 179	180- 182	186- 188	192- 194	195- 197	205- 207	222- 224	
分析影片數	2	3	3	3	3	3	3	20

接下來的計算結果將會根據 6.2.1 節中所提到之三大行為進行說明，分析項目與對應之右轉衝突分類情境如表 6.4-4 所示，除 V4 直行車使用右轉專用道僅適用於 F3 分類情境(右轉專用車道)，其他分析項目均適用於所有右轉衝突分類情境。分析結果圖中較極端的數值皆另以人工方式進行確認，以驗證分析工具的正確性。

表 6.4-4 右轉衝突分析項目對應適用分類情境表

代碼	分析項目	適用右轉衝突分類情境
	直行車輛數	F1、F2、F3、F4
	右轉車輛數	F1、F2、F3、F4
	右轉轉向比率	F1、F2、F3、F4
R	風險行為	
R1	右轉車未靠右	F1、F2、F3、F4
R2	直行車未遠離右側	F1、F2、F3、F4
V	違規行為	
V1	超速(速限)	F1、F2、F3、F4
V2	超速(寬容值)	F1、F2、F3、F4
V3	右轉車未使用最外側車道或專用道	F1、F2、F3、F4
V4	直行車使用右轉專用道	F3
C	衝突行為與衝突秒數	
C1	同向右轉跟車衝突數、TTC 平均數	F1、F2、F3、F4
C2	兩車右轉切入衝突數、PET 平均數	F1、F2、F3、F4
C3	同向兩車右轉衝突數、PET 平均數	F1、F2、F3、F4
C4	直行機車與右轉汽車衝突數(直行車側撞右轉車)、PET 平均數	F1、F2、F3、F4
C5	右轉汽車與直行機車衝突數(右轉車側撞直行車)、PET 平均數	F1、F2、F3、F4

備註：F1 直右車道(有或無分流指向線)、F2 快慢車道線分隔、F3 右轉專用、F4 左直右共用車道

以下所示之圖 6.4-15～圖 6.4-17 為右轉衝突中直行車、右轉車以及右轉轉向比率的計算結果，並以長條圖呈現。



圖 6.4-15 右轉衝突—直行車輛數

備註：專案 195 至 197 系 F4 情境，為左直右混流的單車道，整體車流量較低，故直行車輛數較低。

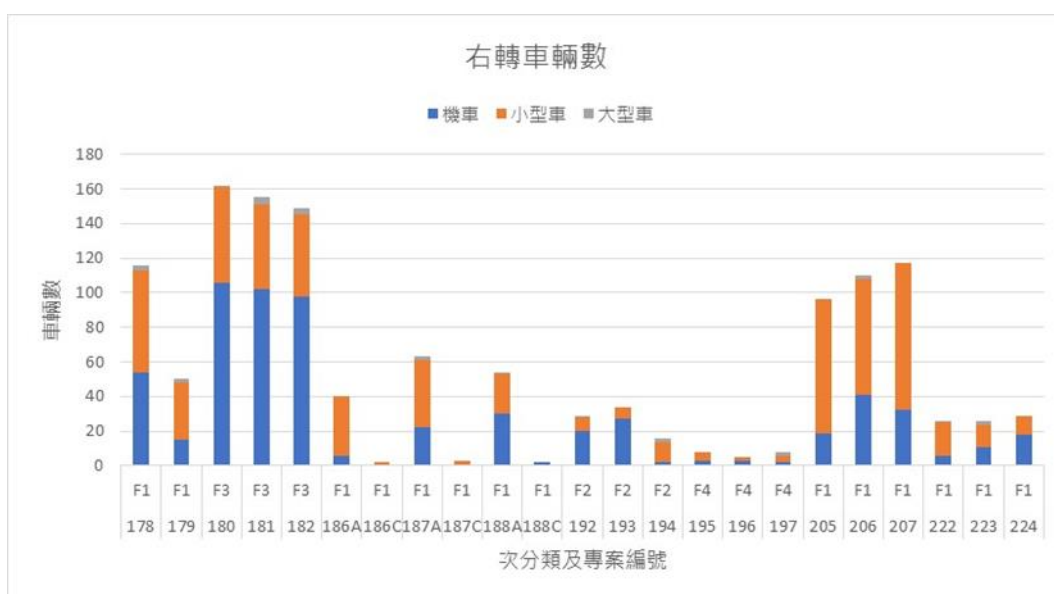


圖 6.4-16 右轉衝突—右轉車輛數

備註：專案 186C、187C、188C 的右轉車輛數相對最少。

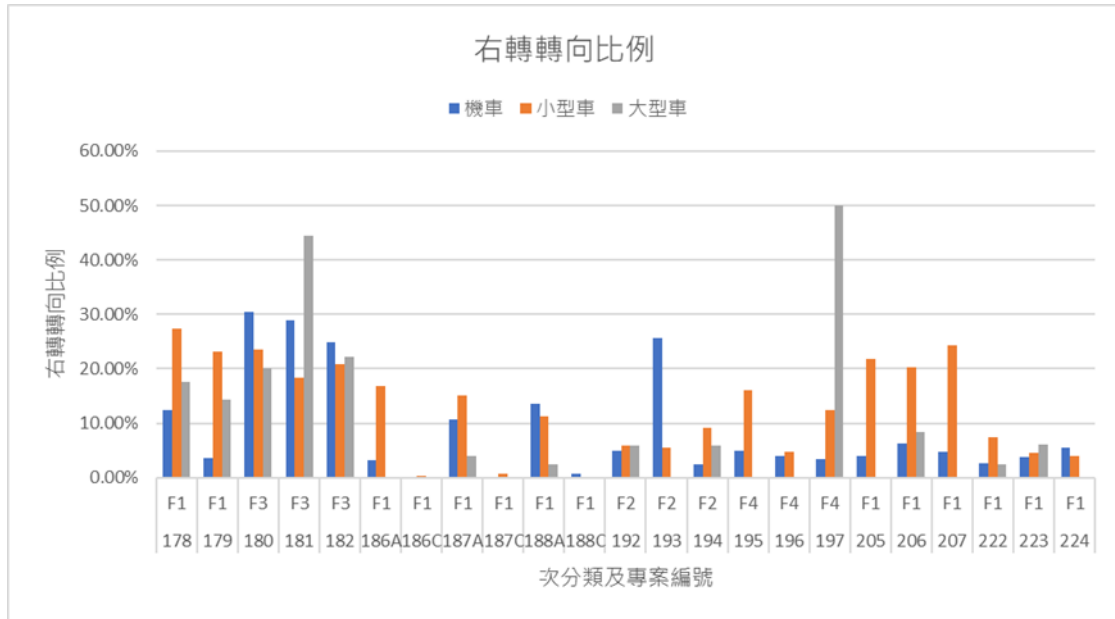


圖 6.4-17 右轉衝突—右轉轉向比例

備註：1. 專案 180 至 182 係 F3 情境，設有右轉專用道，相較其他情境有較高的右轉轉向比例。
 2. 專案 181 及 197 之大型車總數較少，當出現大型車右轉情形，導致右轉轉向比例較高。

以下所示之圖 6.4-18～圖 6.4-19 為右轉衝突中車輛風險行為的計算結果，在不同情境分類中，車輛風險行為數量的差異。其項目說明可參考表 6.2-1、對應右轉衝突次分類情境可參考表 6.4-4。

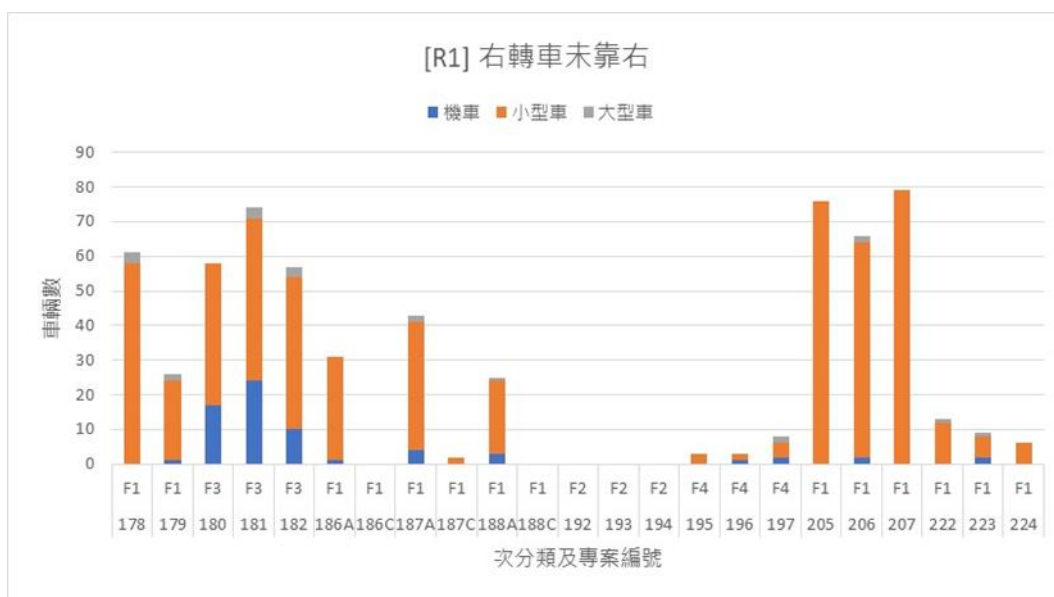


圖 6.4-18 右轉衝突—[R1]右轉車未靠右

備註：1. 專案 192 至 194 之道路寬度較窄，判斷上不會有右轉車未靠右問題。

2. 專案 205 至 207 之路口上游有岔道出入口，影響右轉車輛先行靠右，且確實有許多小型車右轉未靠右。

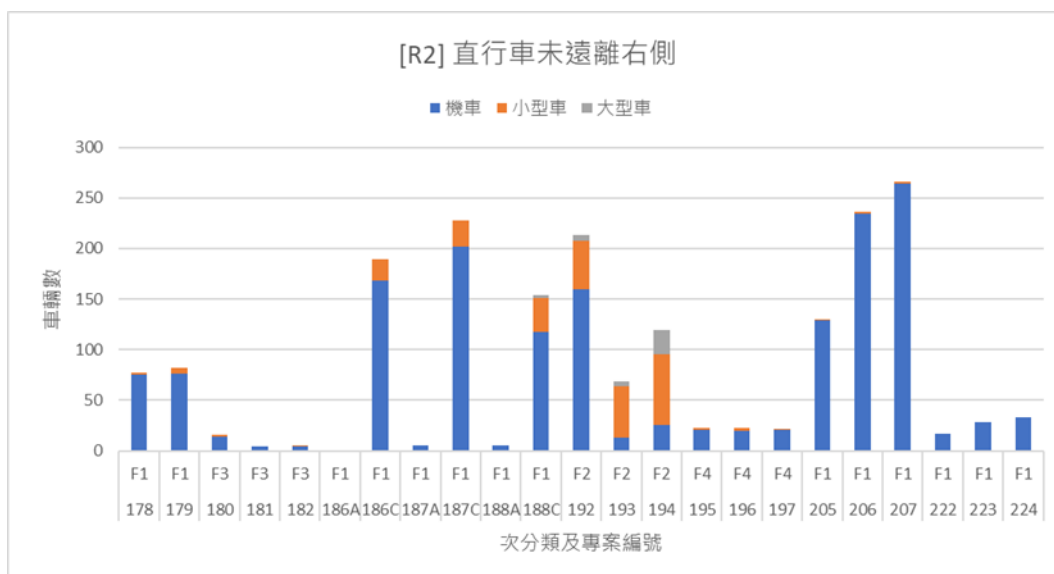


圖 6.4-19 右轉衝突—[R2]直行車未遠離右側

備註：1. 專案 180 至 182 設有右轉專用道，故較少直行車未遠離右側。

2. 專案 186C、187C、188C 之右轉車比例較低，且外側車道為直右車道，車道寬度也相對其他專案右轉衝突相關車道為寬，因此較多直行車未遠離右側。

3. 專案 192 至 194 之道路寬度較窄，且道路邊緣劃設較接近內側，判斷上較多直行車未遠離右側。

以下所示之圖 6.4-20～圖 6.4-23 為右轉衝突中車輛違規行為的計算結果，在不同情境分類中，車輛違規行為數量上的差異。其項目說明可參考表 6.2-2、對應右轉衝突次分類情境可參考表 6.4-4。

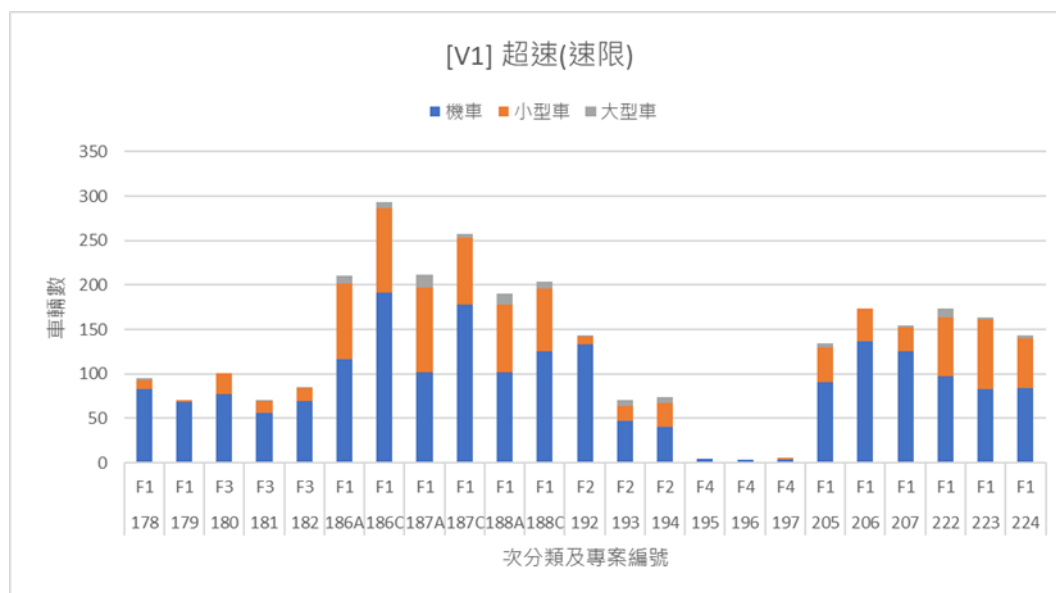


圖 6.4-20 右轉衝突—[V1]超速（速限）

備註：1. 專案 186 至 188 之路口較大，車速相對較快，因此有較多的超速車輛。

2. 專案 195 至 197 為左直右混流之單車道，較不易有超速行為。

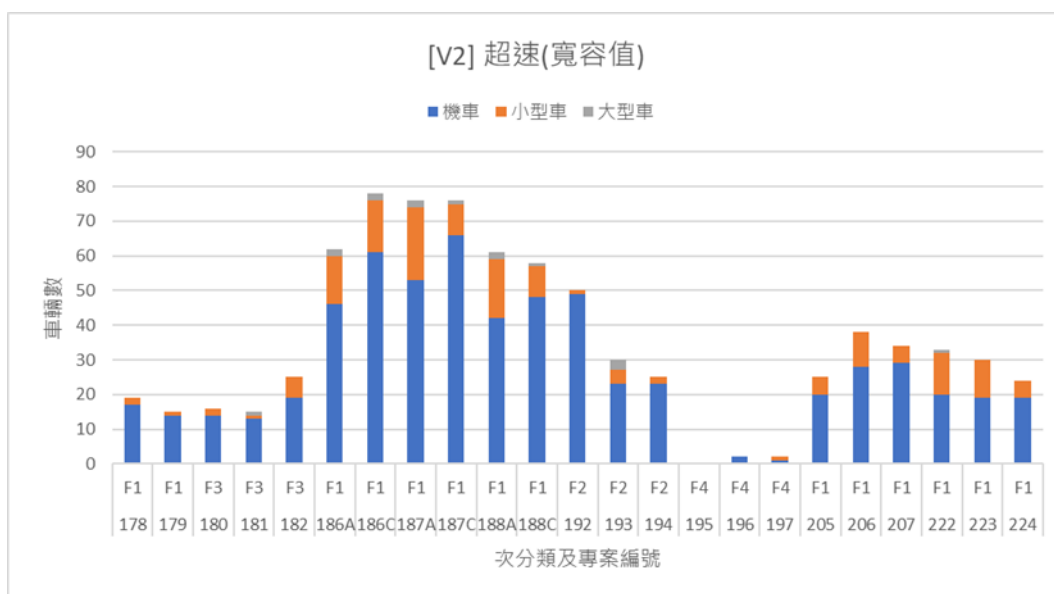


圖 6.4-21 右轉衝突—[V2]超速（寬容值）

備註：1. 專案 186 至 188 之路口較大，車速相對較快，因此有較多的超速車輛。

2. 專案 195 至 197 為左直右混流之單車道，較不易有超速行為。

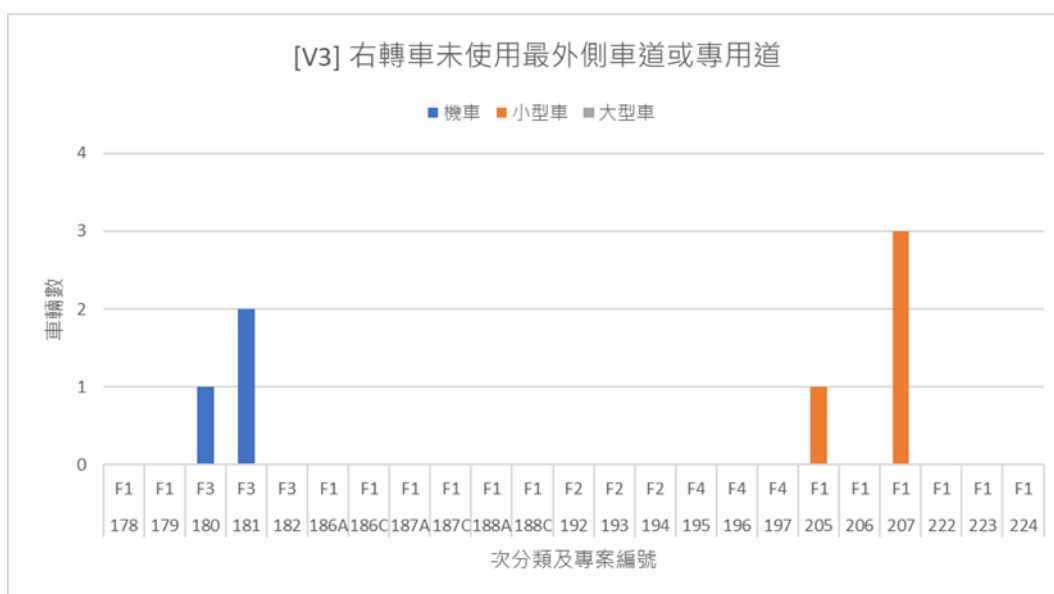


圖 6.4-22 右轉衝突—[V3]右轉車未使用最外側車道或專用道

備註：僅專案 180、181、205、207 中 1 至 3 輛右轉車輛未使用最外側車道或專用道，其他專案則無。

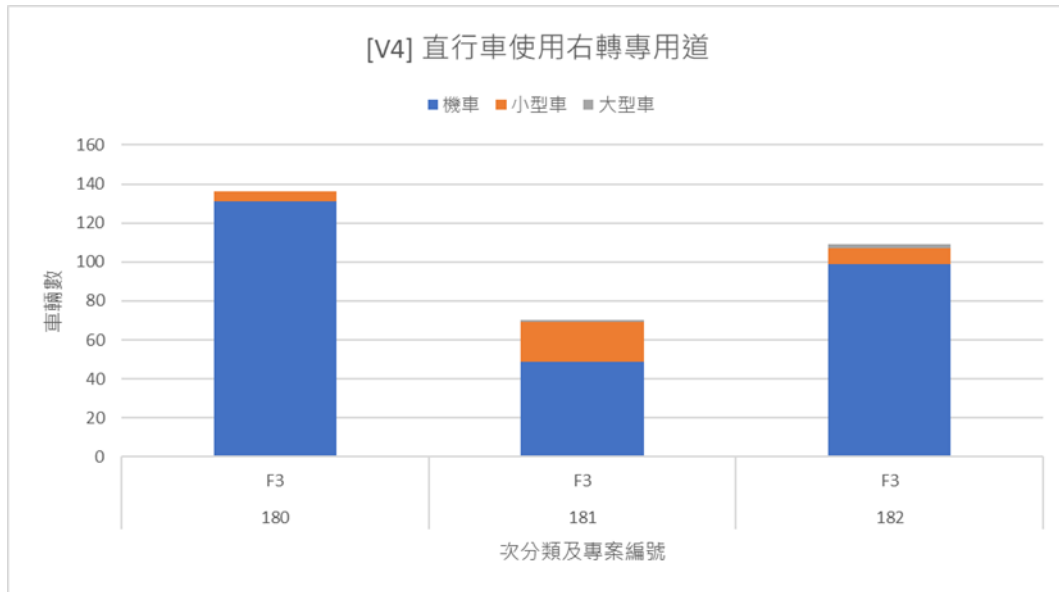


圖 6.4-23 右轉衝突—[V4]直行車使用右轉專用道

備註：1. 僅專案 180 至 182 為 F3 情境設有右轉專用道。

2. 大部分為外側之直行機車使用右轉專用道。

以下所示之圖 6.4-24～圖 6.4-33 為右轉衝突中車輛衝突行為及衝突秒數的計算結果，在不同情境分類中，車輛衝突行為及衝突秒數上的差異。其項目說明可參考表 6.2-3、對應右轉衝突次分類情境可參考表 6.4-4。

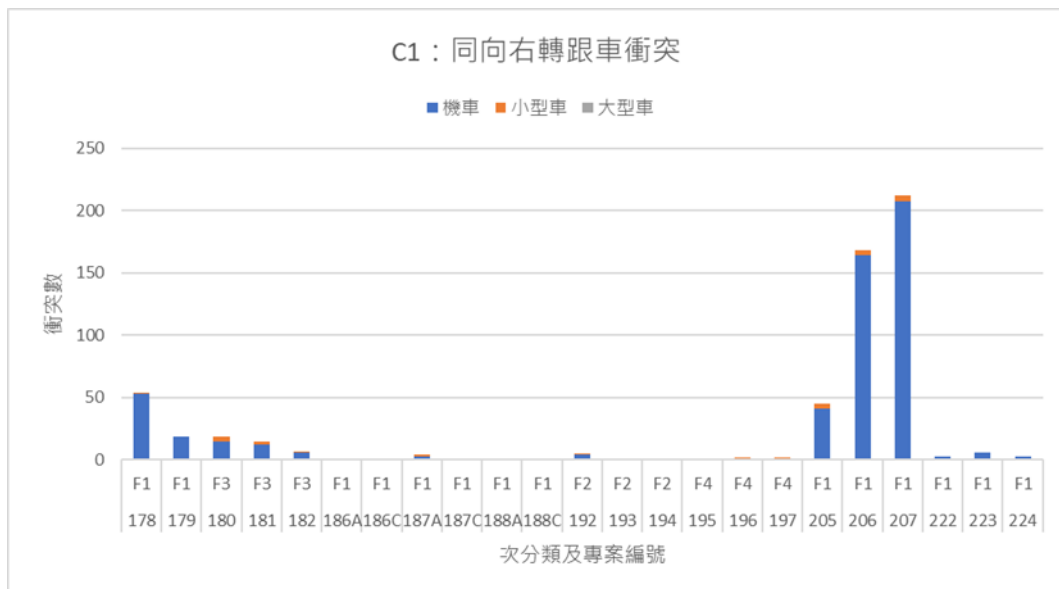


圖 6.4-24 右轉衝突—[C1]同向右轉跟車衝突

備註：專案 205 至 207 之路口設計右轉轉彎半徑較大、距離較長，因此出現較多的 C1 衝突。

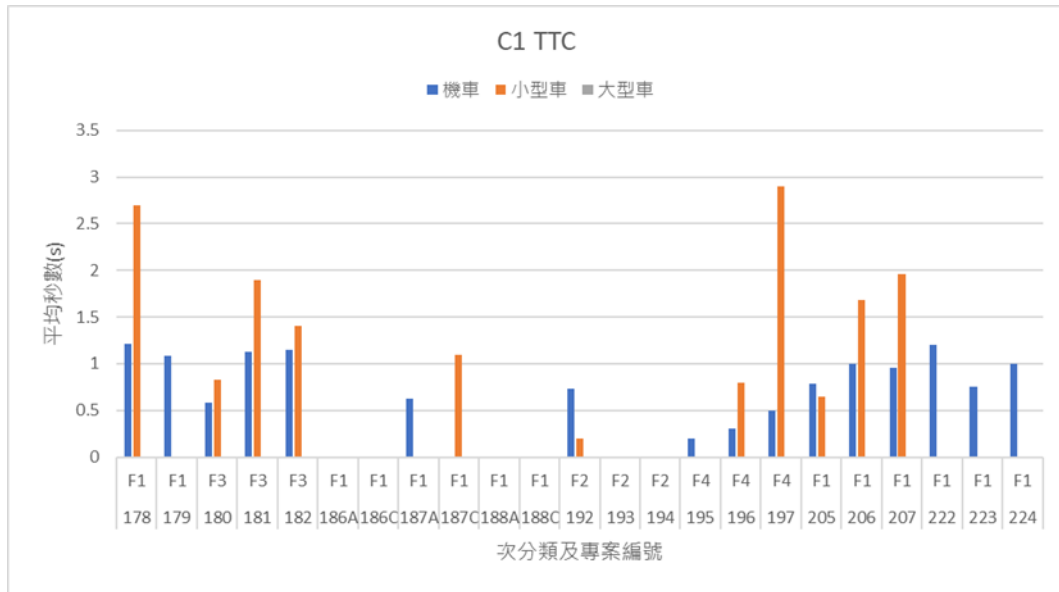


圖 6.4-25 右轉衝突—C1指標之TTC

- 備註：1. 專案 186、188、193 及 194 皆無 C1 衝突，故 C1 TTC 為 0。
2. 專案 180 至 182 之路口設有右轉專用道，且機車駕駛跟車較近，因此 C1 TTC 秒數較短。
3. 專案 205 至 207 之路口完成右轉所需距離較長，且機車駕駛跟車較近，因此 C1 TTC 秒數較短。

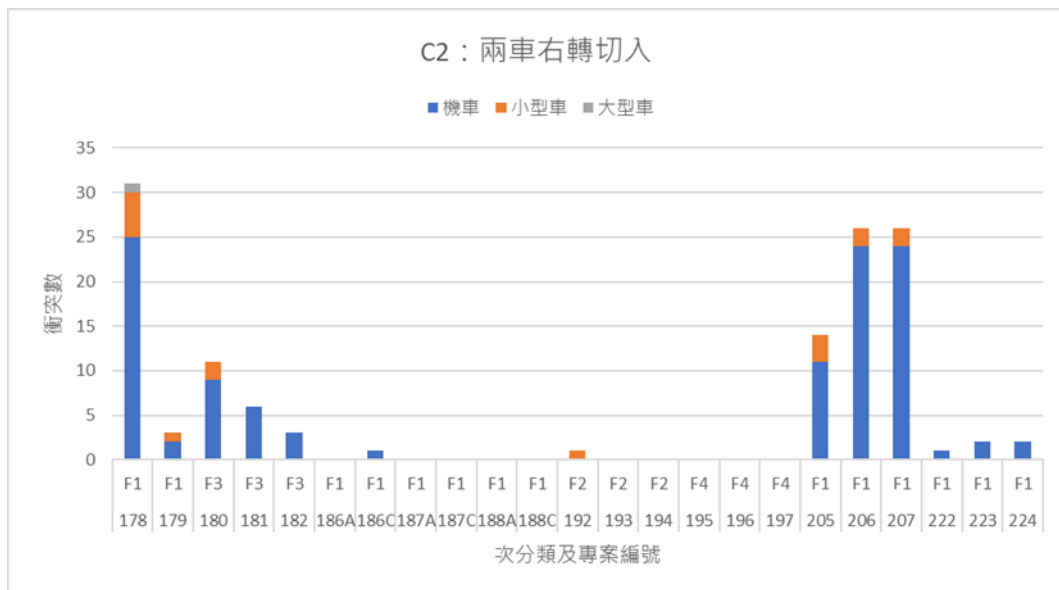


圖 6.4-26 右轉衝突—[C2]兩車右轉切入

- 備註：1. 專案 178 之直行車輛過路口從二車道轉為一車道，行駛上會稍微靠右，容易發生 C2 衝突。
2. 專案 180 至 182 的部分直行車輛占用右轉專用道，產生 C2 衝突。
3. 專案 205 至 207 之分流指向線劃設距離路口較近，部分車輛未及時分流，因此容易發生 C2 衝突。

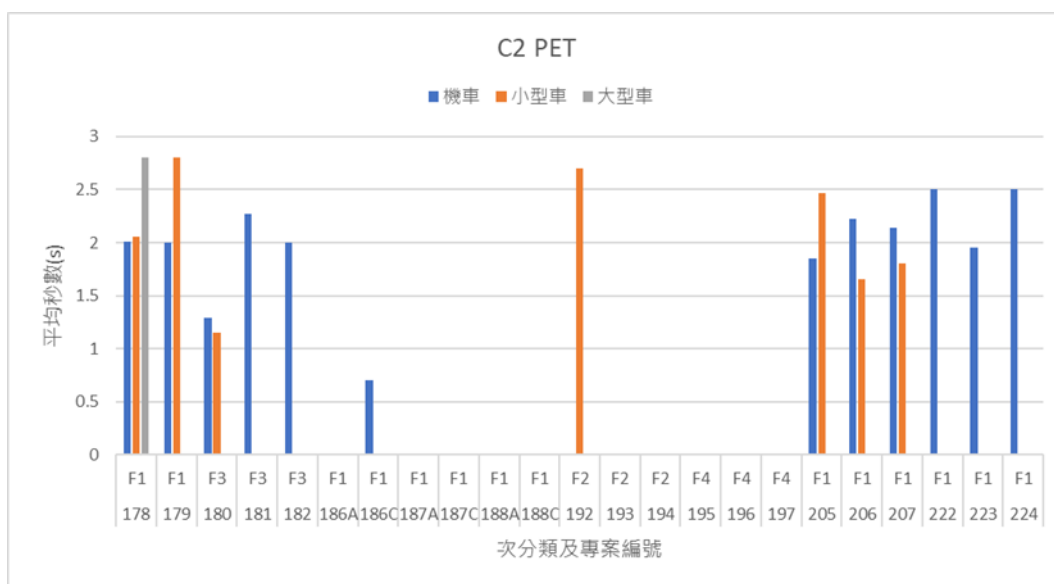


圖 6.4-27 右轉衝突—C2指標之PET值

- 備註：1. 專案 178 之直行車輛過路口從二車道轉為一車道，行駛上會稍微靠右，容易發生 C2 衝突。
2. 專案 180 至 182 的部分直行車輛占用右轉專用道，產生 C2 衝突。
3. 專案 205 至 207 之分流指向線劃設距離路口較近，部分車輛未即時分流，因此容易發生 C2 衝突。

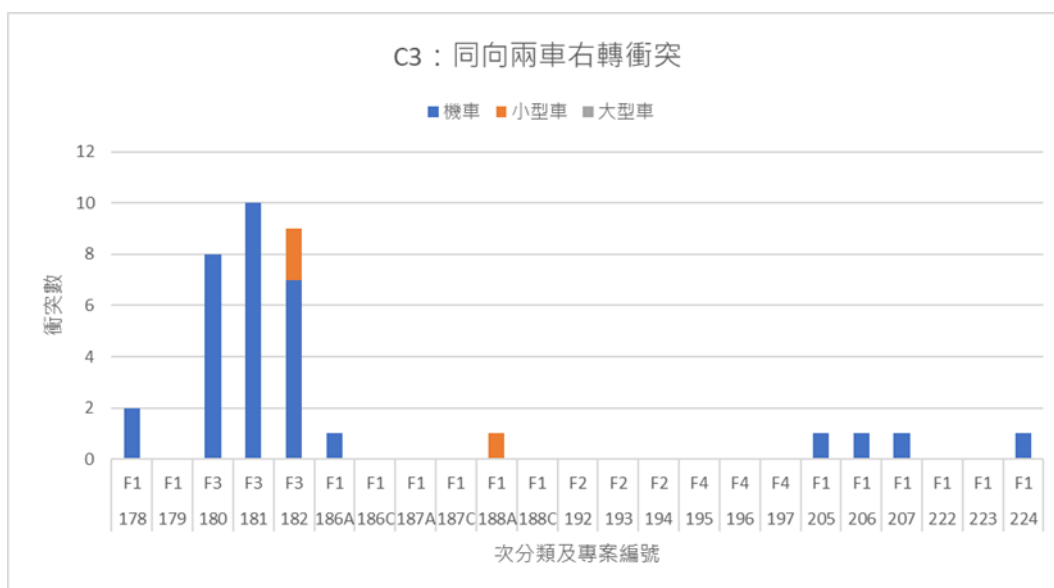


圖 6.4-28 右轉衝突—[C3]同向兩車右轉衝突

- 備註：專案 180 至 182 設有右轉專用道，且機車駕駛行為較激進，容易發生 C3 衝突。

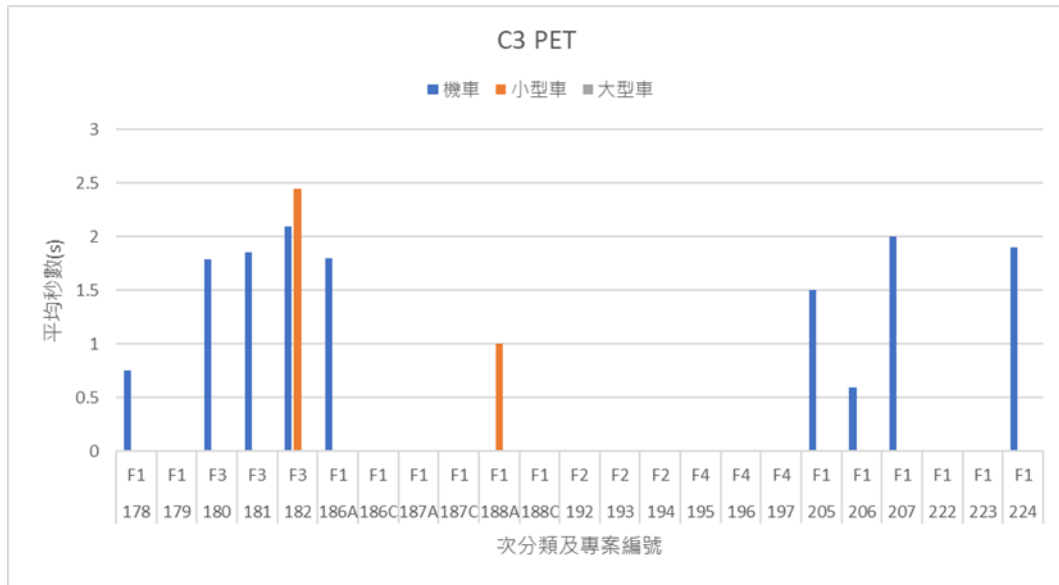


圖 6.4-29 右轉衝突—C3指標之PET值

備註：專案 180 至 182 設有右轉專用道，且機車駕駛行為較激進，容易發生 C3 衝突。

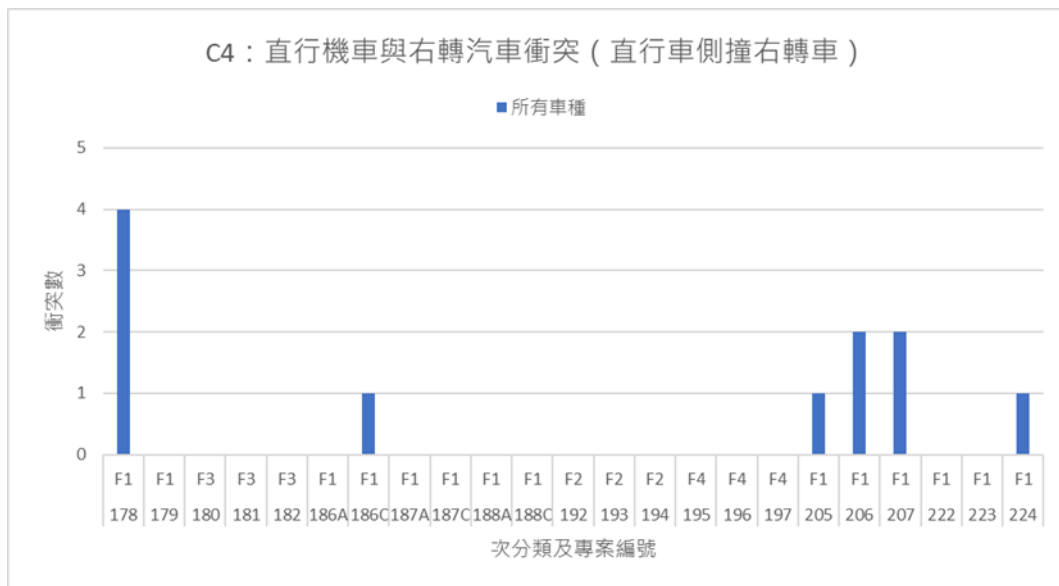


圖 6.4-30 右轉衝突—[C4]直行機車與右轉汽車衝突（直行車側撞右轉車）

備註：1. 專案 178 之直行機車過路口從二車道轉為一車道，行駛上會稍微靠右，容易與右轉汽車衝突。

2. 專案 205 至 207 之分流指向線劃設距離路口較近，部分機車未即時分流，因此容易發生 C4 衝突。

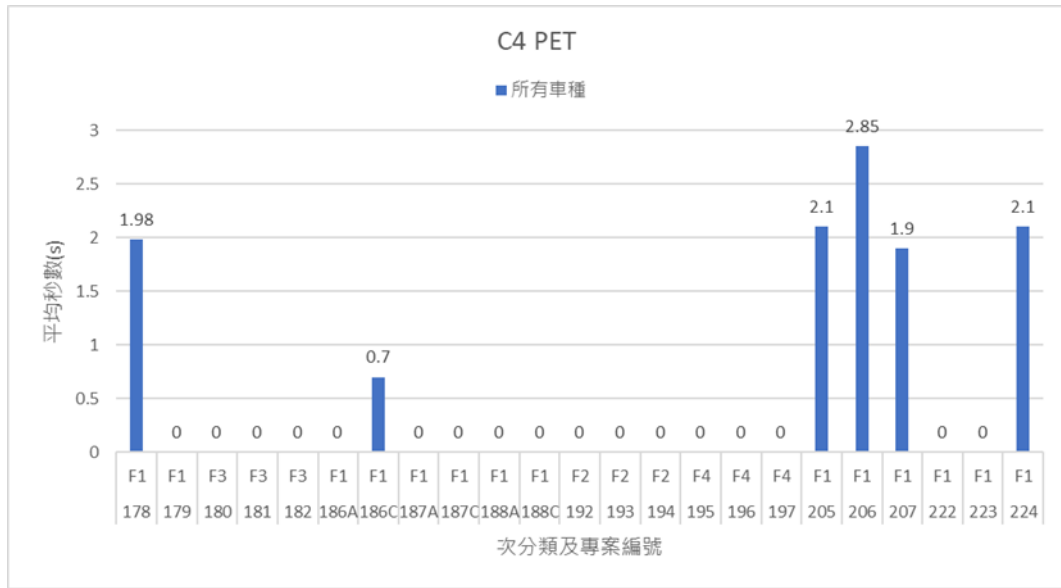


圖 6.4-31 右轉衝突—C4指標之PET值

- 備註：1. 專案 178 之直行機車過路口從二車道轉為一車道，行駛上會稍微靠右，容易與右轉汽車衝突。
2. 專案 205 至 207 之分流指向線劃設距離路口較近，部分機車未即時分流，因此容易發生 C4 衝突。

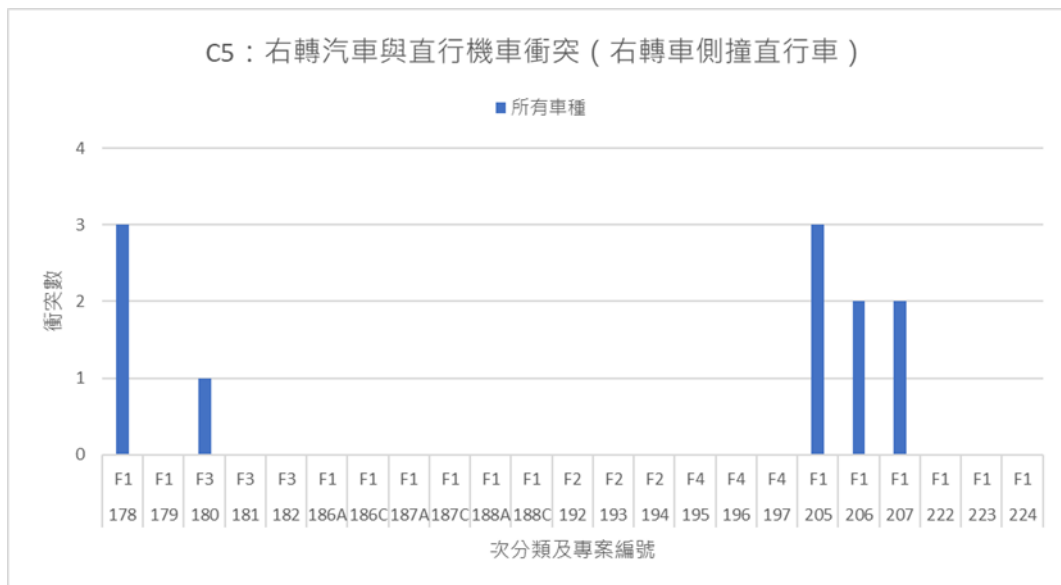


圖 6.4-32 右轉衝突—[C5]右轉汽車與直行機車衝突（右轉車側撞直行車）

- 備註：1. 專案 178 之直行車輛過路口從二車道轉為一車道，行駛上會稍微靠右，容易發生 C5 衝突。
2. 專案 205 至 207 之分流指向線劃設距離路口較近，部分車輛未即時分流，因此容易發生 C5 衝突。

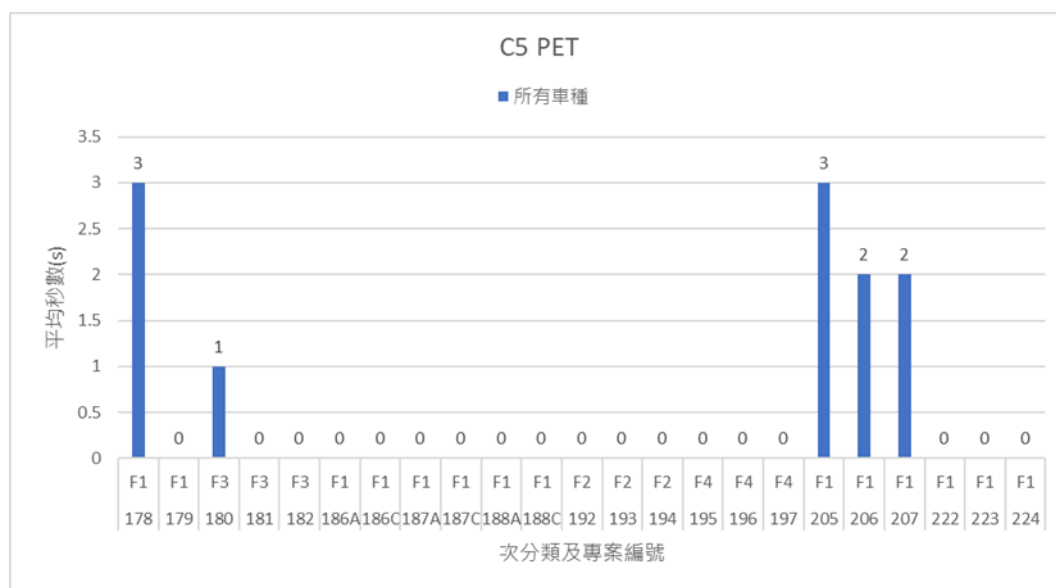


圖 6.4-33 右轉衝突—C5指標之PET值

計算結果可歸納重點如下：

一、右轉車輛未靠右、直行車未遠離右側

根據圖 6.4-18 與圖 6.4-19 結果顯示，23 個路口分析方向中有 11 個專案具有超過 25 台右轉車未靠右，11 個專案具有超過 50 台直行車未遠離右側，數量不少。

右轉車輛未靠右、直行車未遠離右側兩項風險行為同時存在，是右轉衝突之要件，進一步比較各應用情境分類，可發現路口 1（專案 178-180）、路口 6（專案 205-207）的外側車道配置屬於 F1 直右車道，兩項風險行為較多，同時這兩個路口的兩車衝突數量 C4、C5 也較多，有右轉衝突之風險。進一步檢視路口 6 之分析結果，此路口已設置分流指向線（圖 6.4-6），但由於停止線上游 20 至 40 公尺處有一非號誌化路口，由該路口進入並直行往 C 方向行駛的車輛，大多使用右側之右轉車道，導致有右轉衝突之風險。

路口 2（專案 181-182）之外側車道配置為 F3 右轉車道，雖然有大量的右轉車未靠右，但直行車未遠離右側的數量很少，進而降低右轉衝突之數量。路口 3（專案 192-194）之外側車道配置為 F2 快車道+慢車道，發現有較多的直行車未遠離右側，但右轉車未靠右則為 0，進一步檢視該路口之拍攝情況，發現外側之慢車道有部分被路樹所遮

蔽，導致部分機車無法被有效偵測，分析結果不佳，因此無法判斷是否有右轉衝突的風險。最後，路口 5（專案 195-197）之車道配置為 F4 左直右車道，該路口之直行車未遠離右側的機車較多，右轉車未靠右很少，可能因調查時段該路口之車流量較低，沒有發現右轉衝突之風險。

二、右轉車未使用最外側車道或專用道

圖 6.4-22 顯示，所有專案的右轉車未使用最外側車道或專用道數量甚低，違規風險較低。

三、直行車使用右轉專用道

圖 6.4-23 顯示，只有專案 180-182（路口 2、圖 6.4-2）有設置右轉專用車道，該路口為 3 車道，內側車道為禁行機車道、中間車道為直行車道、右側車道為右轉車道，因機車流量大，勢必迫使機車違規使用右轉車道進行直行。

四、兩車衝突

圖 6.4-24～圖 6.4-33 顯示，在 C1-C5 衝突中，大部分的衝突車輛都是機車，表示在右轉衝突分析中機車之行駛特性較容易發生衝突。而 C4 之直行機車與右轉汽車衝突及 C5 之右轉汽車與直行機車衝突，發生於專案 178（路口 1）、205-207（路口 6）較多。路口 1 可考慮以劃設分流式指向線提醒駕駛者於路口前分流，路口 6 則是因為停止線前有另一非號誌化路口所導致。

6.4.3 非號誌化路口停讓衝突

非號誌化路口停讓衝突共有 7 個路口，共 24 架次的影片，每一部影片為獨立專案編號，由平台中輸入參數設定並產生計算結果。以下將以路口方向做為一個分析單位，把不同影片的相同路口方向計算結果加總，再以群組直條圖、堆疊直條圖的方式呈現，並進行應用情境分類的比較。分析的影片數及專案編號如表 6.4-5 所示。

表 6.4-5 非號誌化路口停讓衝突路口之分析影像數目

路口編號	8	9	10	11	12	13	14	總共
專案編號	183- 185	198- 201	202- 204	208- 211	212- 214	215- 218	219- 221	
分析影片數	3	4	3	4	3	4	3	24

接下來的計算結果將會根據 6.2.2 節中所提到之三大行為進行說明，分析項目與對應之非號誌化停讓衝突分類情境如表 6.4-6 所示。分析結果圖中較極端的數值皆另以人工方式進行確認，以驗證分析工具的正確性。

表 6.4-6 非號誌化路口停讓衝突分析項目對應適用分類情境表

代碼	分析項目	適用右轉衝突分類情境 ^{#1}	補充說明
R	風險行為		
R1	車輛未慢速通過路口	G1、G2	G2 閃黃適用
R2	左轉接受間距不足	G1、G2、G3、G4	
V	違規行為		
V1	車輛未依規定讓車	G1、G3	V2：G2 閃紅適用
V2	車輛未依規定停車再開	G1、G2、G3 ^{#2}	
V3	超速(速限)	G1、G2、G3、G4	
V4	超速(寬容值)	G1、G2、G3、G4	
C	衝突行為與衝突秒數		
C1	少線道未禮讓多線道先行	G3	限支幹線道未區分之 路； 調查地點中沒有符合 C1 條件之路口
C2	轉彎車未禮讓直行車先行	G4	
C3	左方車未禮讓右方車先行	G4	

備註：

1. G1 標線標誌管制、G2 特種閃光號誌管制、G3 無標誌標線管制-車道數不同、G4 無標誌標線管制-車道數相同
2. 專案 208~專案 211 為 G3 分類(無標線標誌管制路口—車道數不同)，該路口僅 AI 方向劃設讓標線(可偵測 V1 指標之結果)，因無 V2 指標(車輛未依規定停車再開)之結果(-)。

以下所示之圖 6.4-34~圖 6.4-38 為非號誌化路口停讓衝突中車輛風險行為的計算結果，在不同情境分類中，車輛風險行為與數量的差異。如果表格結果為(-)，係為無資料或非該分類情境討論之內容，不會將其加入統計圖表內進行討論。如該指標涵蓋四種情境結果，統

計圖表更清楚說明其內容，會分別將 G1 路口（11 架次）、G2 和 G3 路口（7 架次）、G4 路口（6 架次）放在一起進行討論。其項目說明可參考表 6.2-4、對應非號誌化路口停讓衝突次分類情境可參考表 6.4-6。

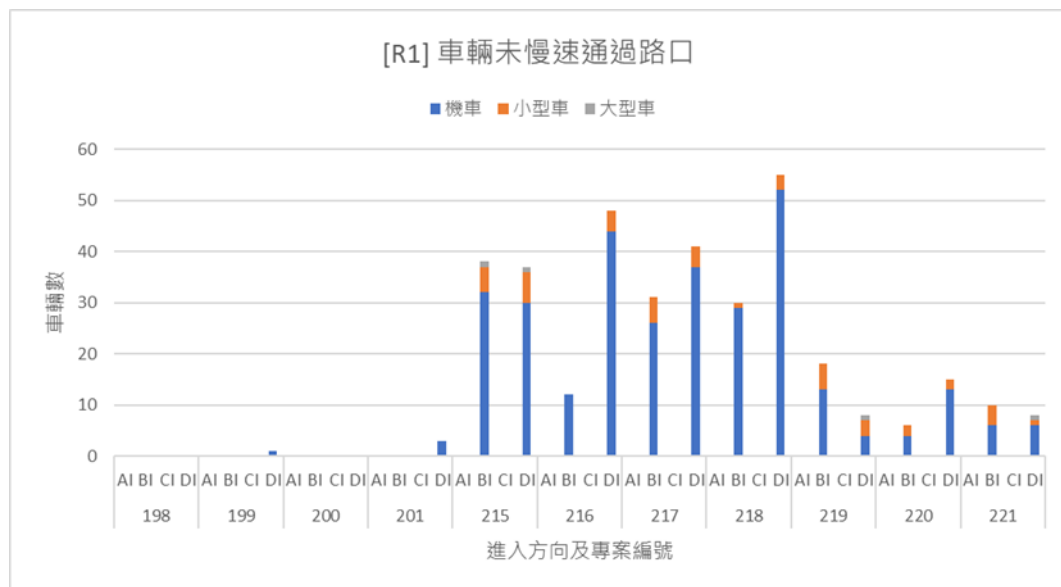


圖 6.4-34 非號誌化路口停讓衝突—[R1]車輛未慢速通過路口（G1分類）

備註：專案 215 至 218 之路口支幹線道分別明顯，幹線道 BI、DI 方向道路路幅較大，有較多車輛未慢速通過路口。

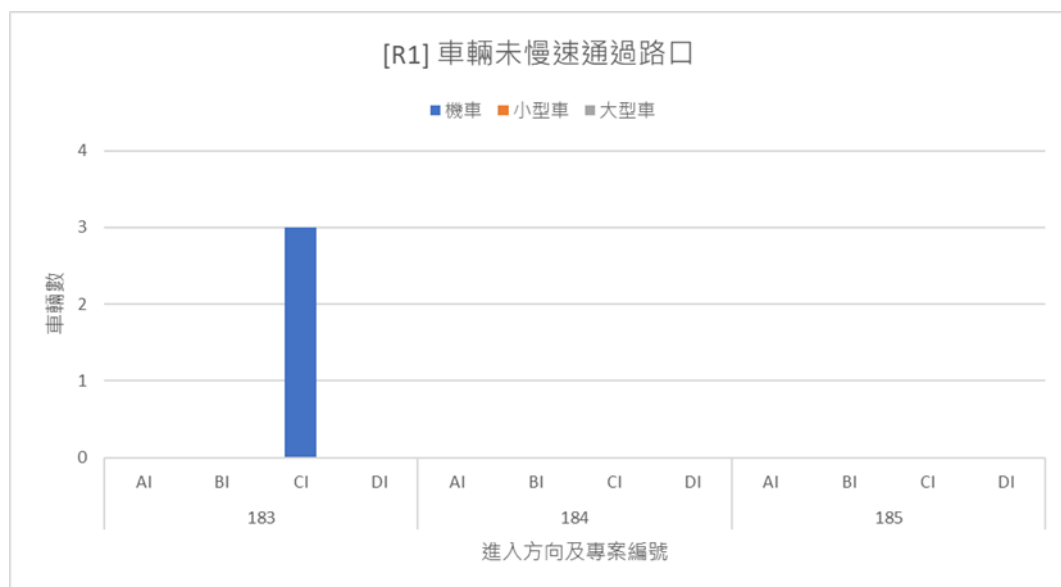


圖 6.4-35 非號誌化路口停讓衝突—[R1]車輛未慢速通過路口（G2分類）

備註：專案 183 至 185 之路口 AI、CI 方向為幹線道(閃黃號誌);支線道(閃紅號誌)BI、DI 方向為[R1]指標無資料之方向。

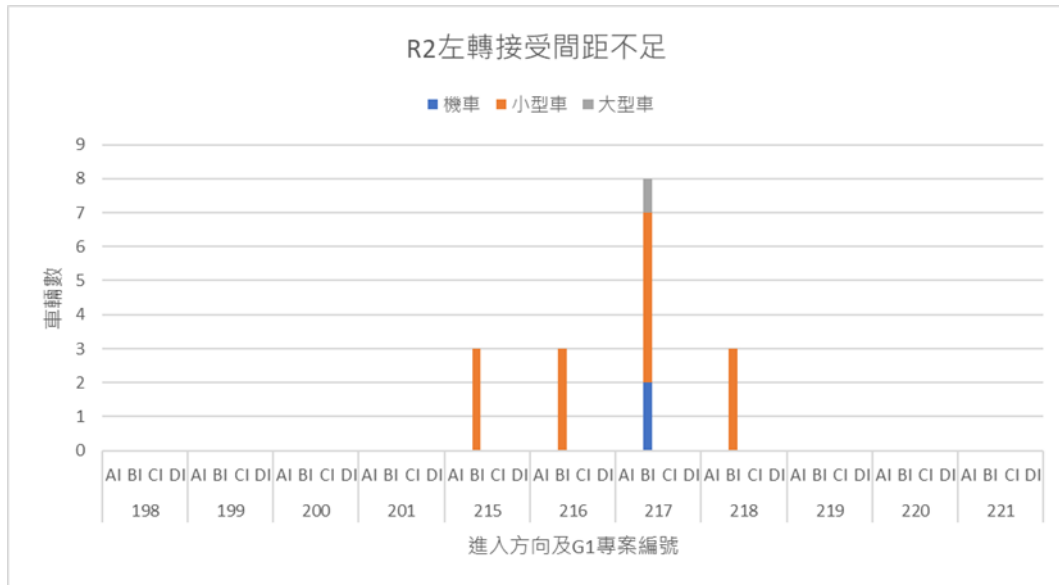


圖 6.4-36 非號誌化路口停讓衝突—[R2]左轉接受間距不足（G1分類）

備註：專案 215 至 218 之路口 BI、DI 方向之車速較快，造成部分 BI 方向車輛左轉接受間距不足。

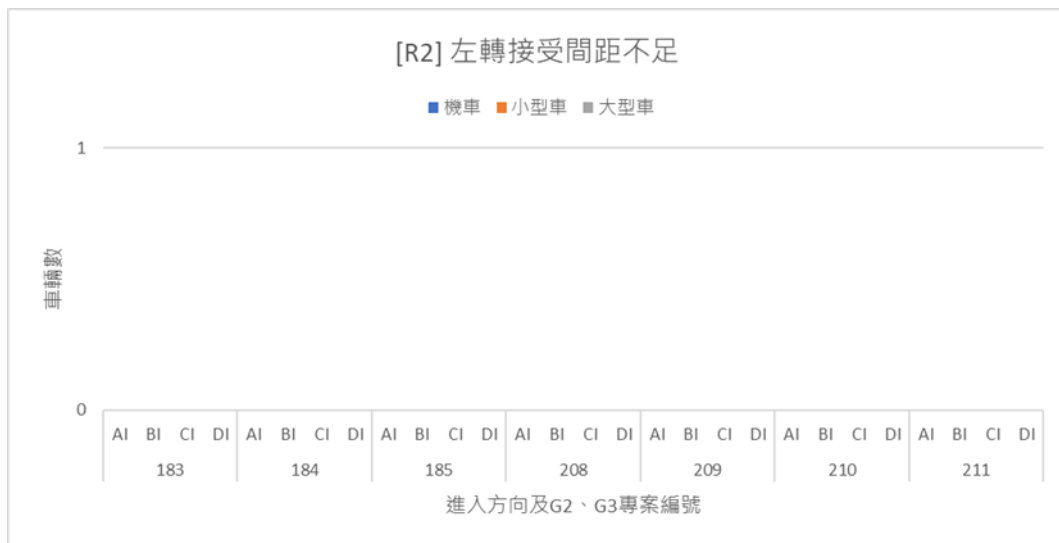


圖 6.4-37 非號誌化路口停讓衝突—[R2]左轉接受間距不足（G2、G3分類）

備註：G2、G3 情境無左轉接受間距不足之衝突。

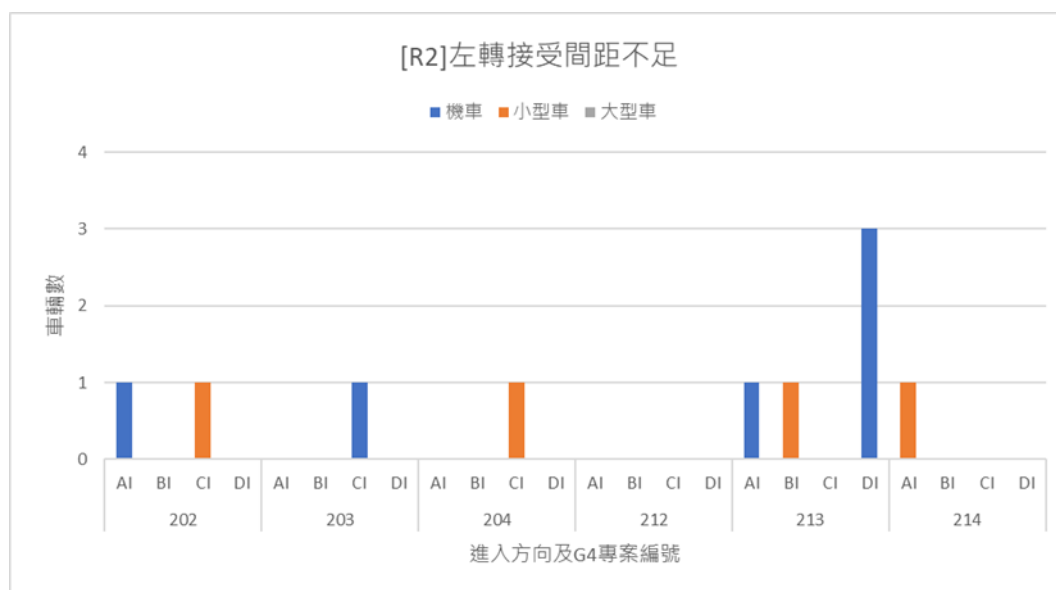


圖 6.4-38 非號誌化路口停讓衝突—[R2]左轉接受間距不足（G4分類）

- 備註：1. 專案 202 至 204 之路口 AI、CI 方向之車流量較大，造成部分車輛左轉接受間距不足。
 2. 專案 213 之路口各方向皆有不少車流量，且車速較慢，部分車輛在間距較小的情形下左轉。

以下所示之圖 6.4-39～圖 6.4-48 為非號誌化路口停讓衝突中車輛違規行為的計算結果，在不同情境分類中，車輛違規行為數量上的差異，值得注意的是 V1、V2 項目為區分支幹線道之路口，分析結果會比較少。如果表格結果為(-)，係為無資料或非該分類情境討論之內容，不會將其加入統計圖表內進行討論。如該指標涵蓋四種情境結果，統計圖表更清楚說明其內容，會分別將 G1 路口（11 架次）、G2 和 G3 路口（7 架次）、G4 路口（6 架次）放在一起進行討論。其項目說明可參考表 6.2-5、對應非號誌化路口停讓衝突次分類情境可參考表 6.4-6。

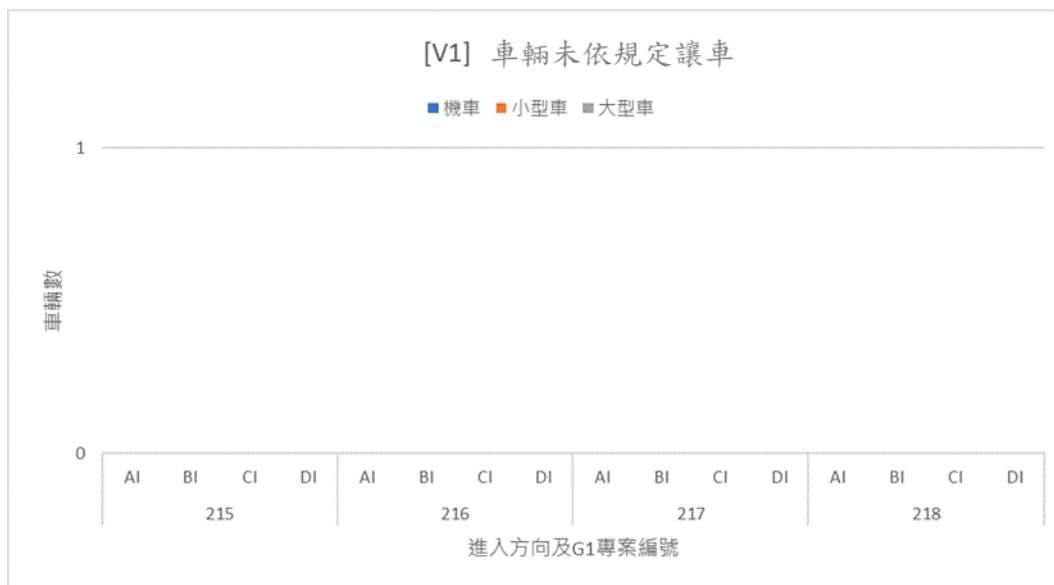


圖 6.4-39 非號誌化路口停讓衝突—[V1]車輛未依規定讓車（G1分類之支幹線道區分路口）

備註：G1 情境無支線道未禮讓之衝突。

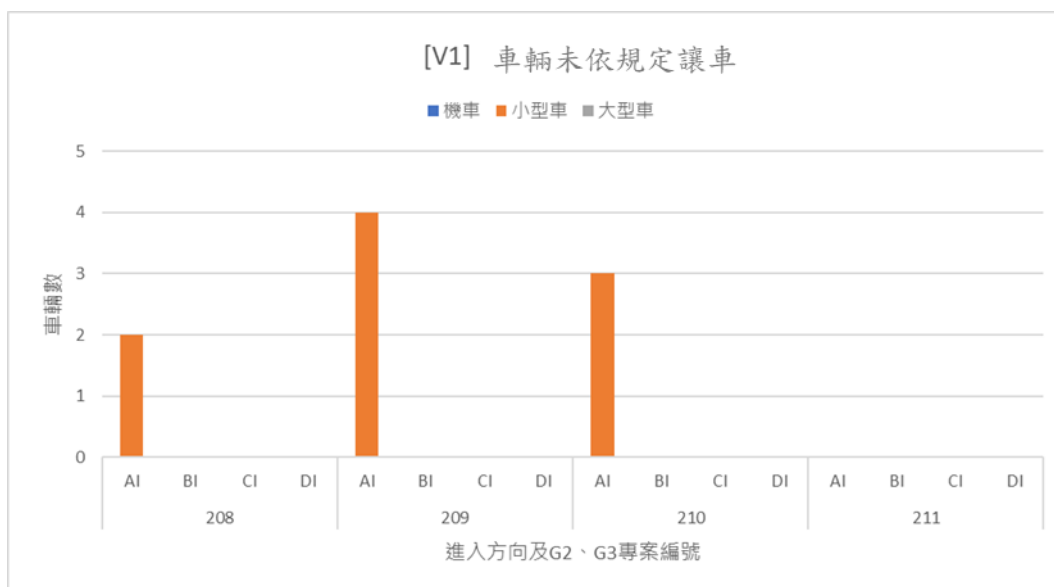


圖 6.4-40 非號誌化路口停讓衝突—[V1] 車輛未依規定讓車（G2、G3分類）

備註：專案 208 至 210 之路口 AI 方向路口起始點距離路口中央較遠，接近路口車速較快，造成 V1 衝突。

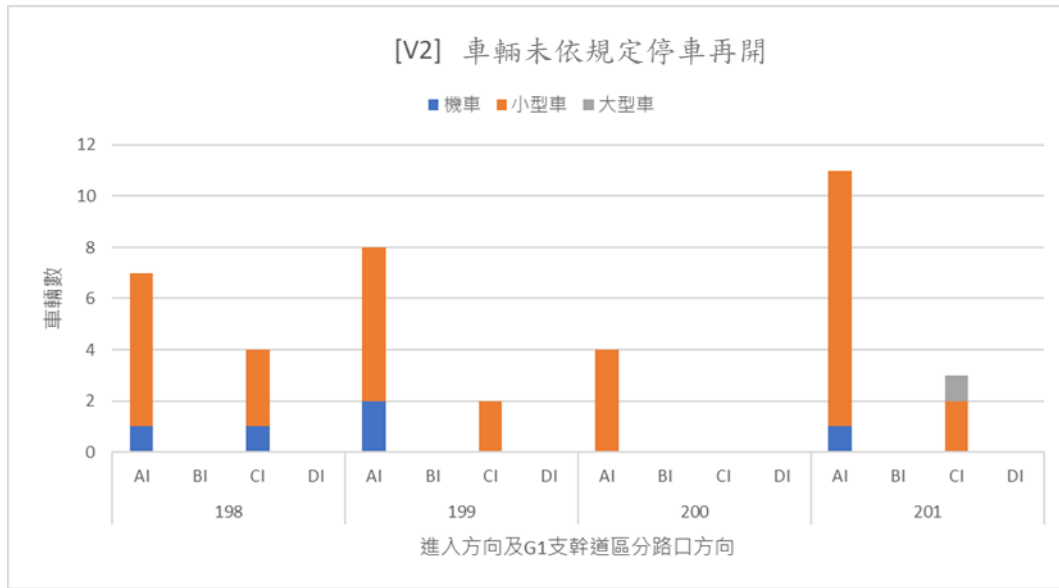


圖 6.4-41 非號誌化路口停讓衝突—[V2]車輛未依規定停車再開（G1分類之支幹線道區分路口）

備註：專案 198 至 201 之路口 AI、CI 方向設有「停」標字，確實也有少數車輛未停車再開。

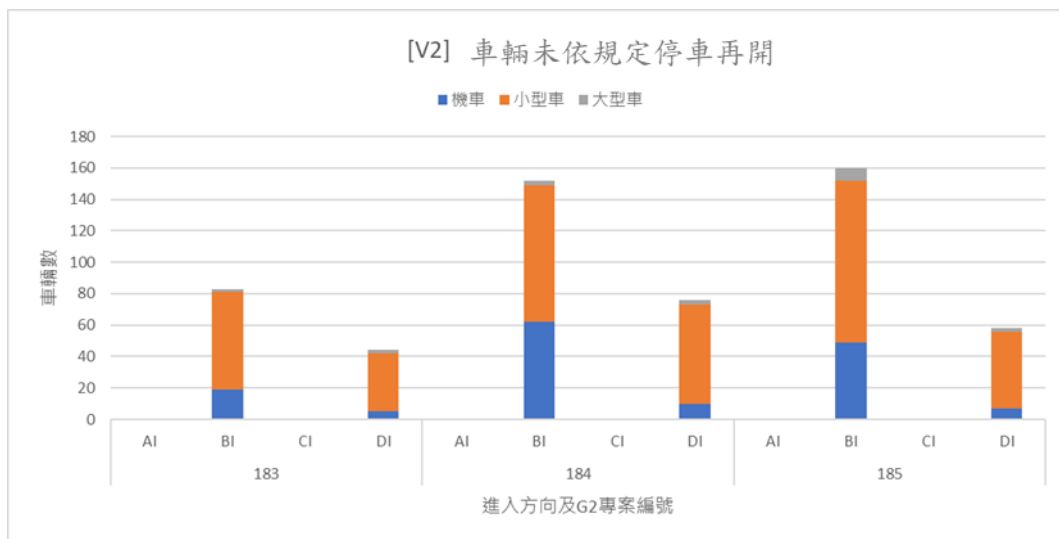


圖 6.4-42 非號誌化路口停讓衝突—[V2] 車輛未依規定停車再開（G2分類）

備註：[V2]指標為應用於支線道之方向(BI、DI)，幹線道(AI、CI)為無資料之方向(-)。空拍影像觀察及現場調查有發現大量特種閃光號誌紅燈方向有大量車輛未停車再開。

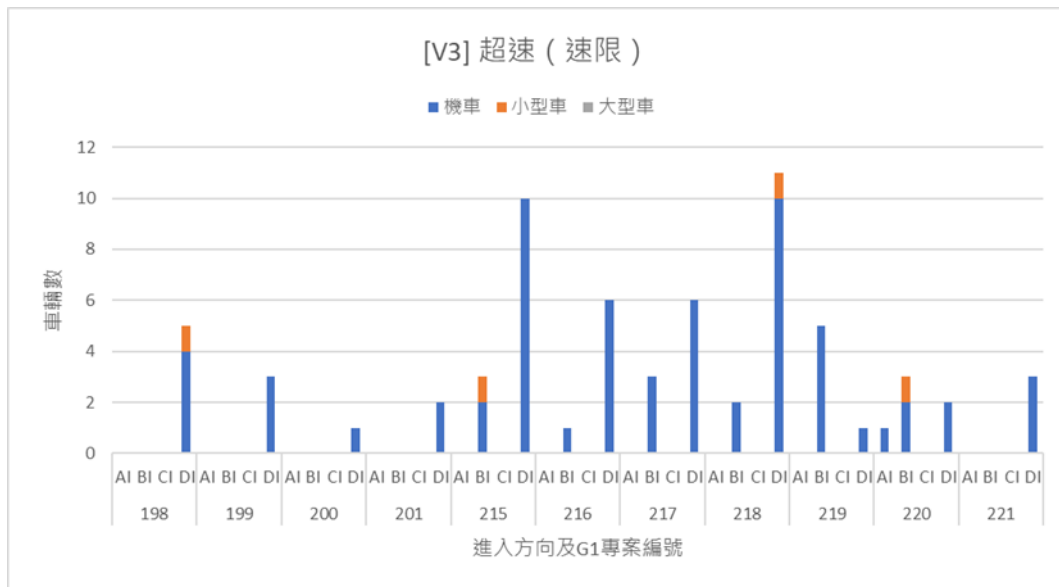


圖 6.4-43 非號誌化路口停讓衝突—[V3]超速 (速限) (G1分類)

備註：專案 215 至 218 之路口 BI、DI 方向的道路路幅較大，且幹支線道車流差距明顯，因此有超速情形。

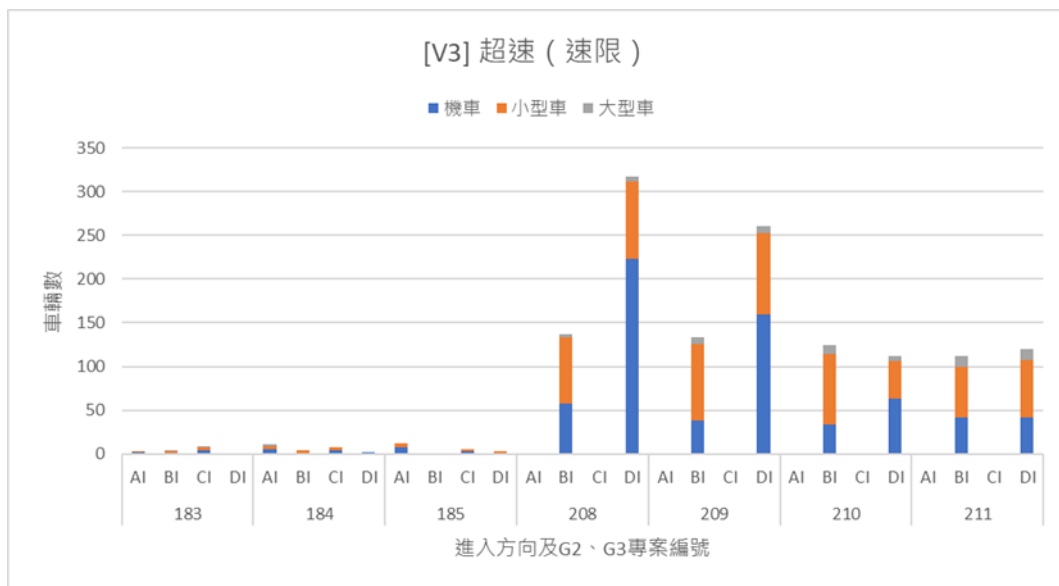


圖 6.4-44 非號誌化路口停讓衝突—[V3]超速 (速限) (G2、G3分類)

備註：專案 208 至 211 之路口 BI、DI 方向的道路路幅較大，且幹支線道車流差距明顯，因此有超速情形。

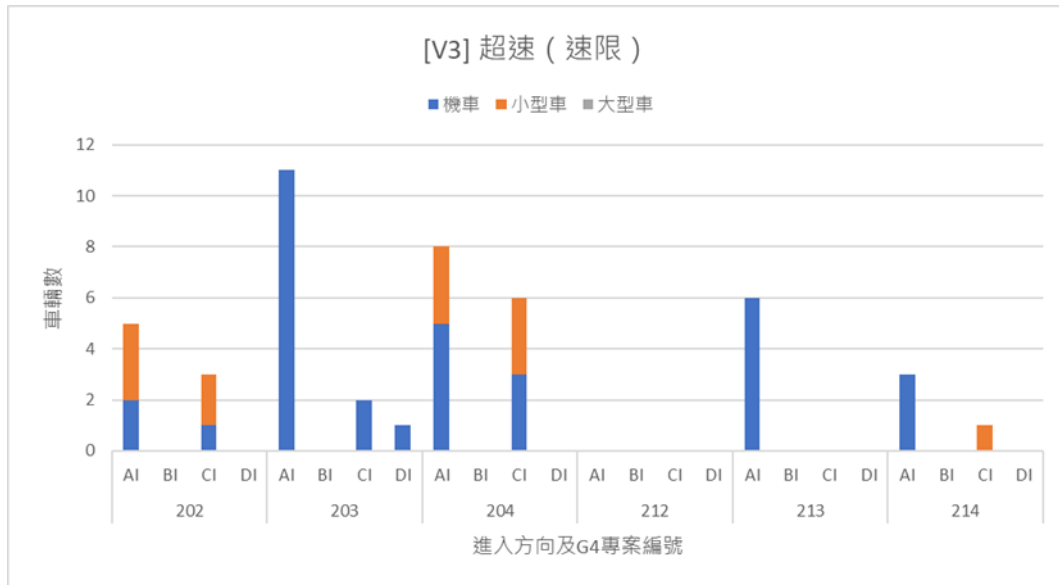


圖 6.4-45 非號誌化路口停讓衝突—[V3]超速 (速限) (G4分類)

備註：專案 202 至 204 之路口 AI、CI 方向的道路路幅較大，且幹支線道車流差距明顯，因此有超速情形。

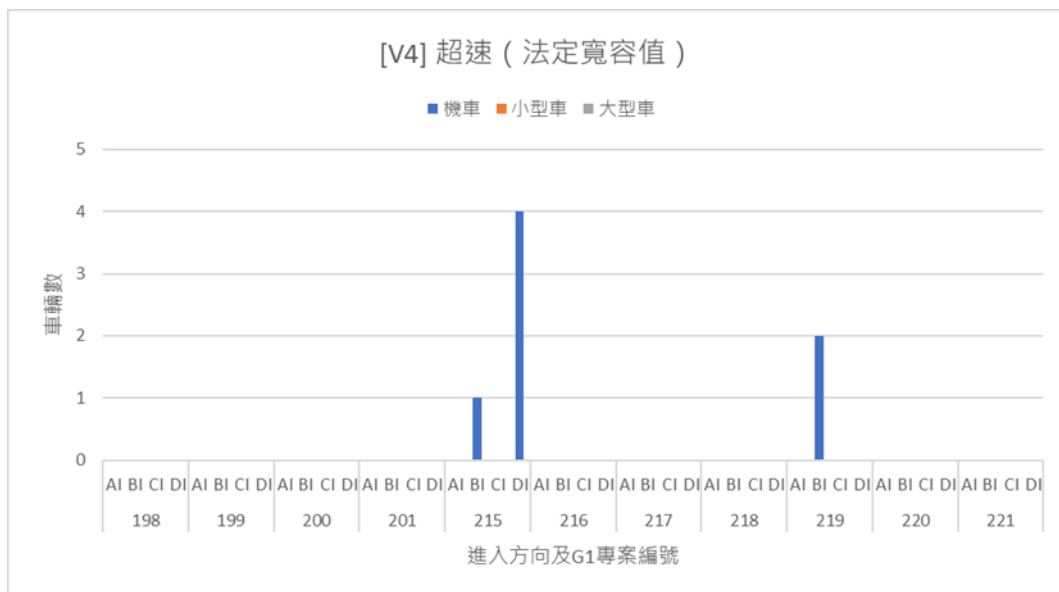


圖 6.4-46 非號誌化路口停讓衝突—[V4]超速 (寬容值) (G1分類)

備註：專案 215 及 216 之路口 BI、DI 方向的道路路幅較大，且幹支線道車流差距明顯，因此有超速情形。

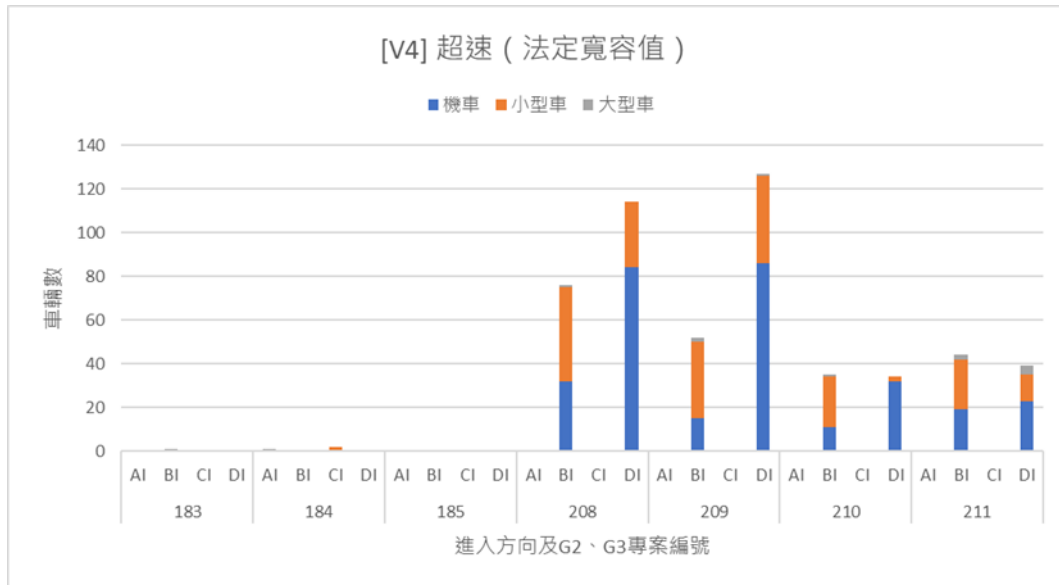


圖 6.4-47 非號誌化路口停讓衝突—[V4]超速（寬容值）（G2、G3分類）

備註：專案 208 至 211 之路口 BI、DI 方向的道路路幅較大，且幹支線道車流差距明顯，因此有超速情形。

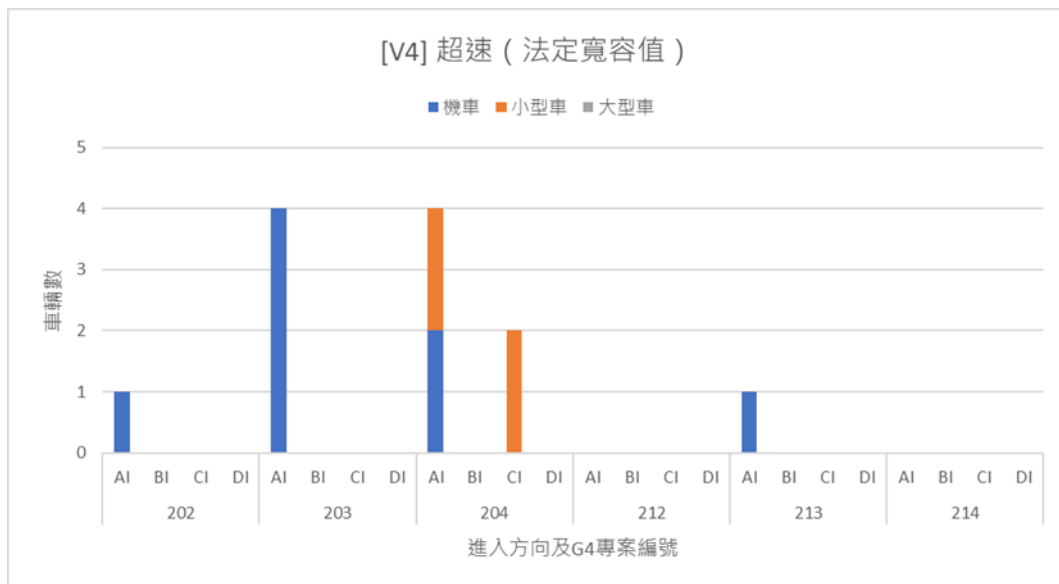


圖 6.4-48 非號誌化路口停讓衝突—[V4]超速（寬容值）（G4分類）

備註：專案 202 至 204 之路口 AI、CI 方向的道路路幅較大，且幹支線道車流差距明顯，因此有超速情形。

以下所示之圖 6.4-49～圖 6.4-50 為非號誌化路口停讓衝突中車輛衝突行為的計算結果，在不同情境分類中，車輛衝突行為及衝突秒數上的差異。如果表格結果為(-)，係為無資料或非該分類情境討論之

內容，不會將其加入統計圖表內進行討論。未區分支幹線道的衝突指標在本計畫中僅涵蓋 G4 分類情境進行討論。其項目說明可參考表 6.2-6、對應非號誌化路口停讓衝突次分類情境可參考表 6.4-6。本年度計畫挑選之先導測試計畫路口中，沒有路口符合 C1（少車道未禮讓多車道先行），因此沒有相關統計圖。

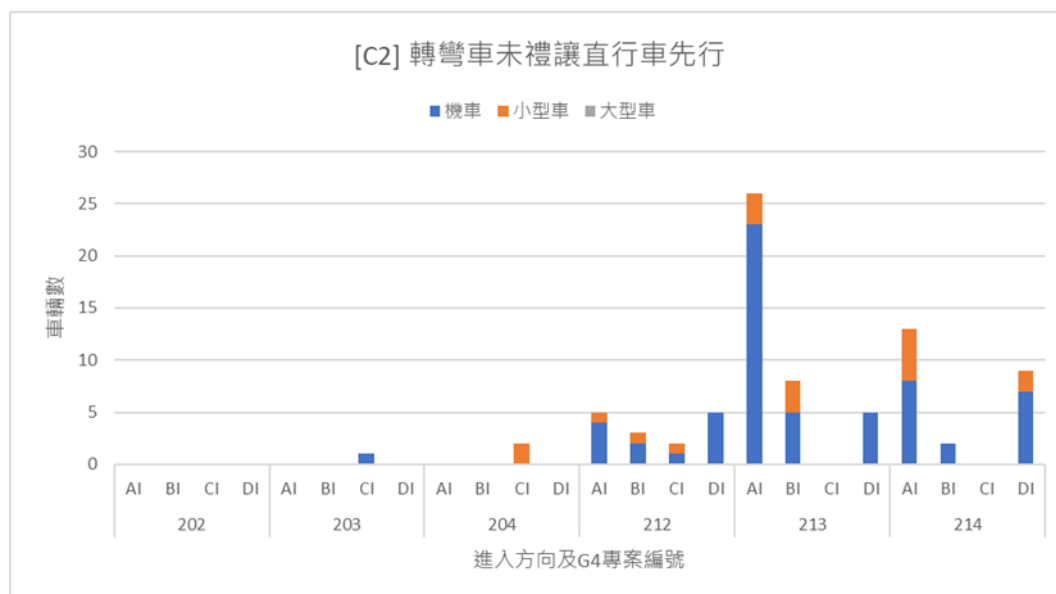


圖 6.4-49 非號誌化路口停讓衝突—[C2]轉彎車未禮讓直行車先行（G4分類）

備註：專案 212 至 214 之路口個方向皆有不少車流量，且左右轉比例高，因此容易發生 C2 衝突。

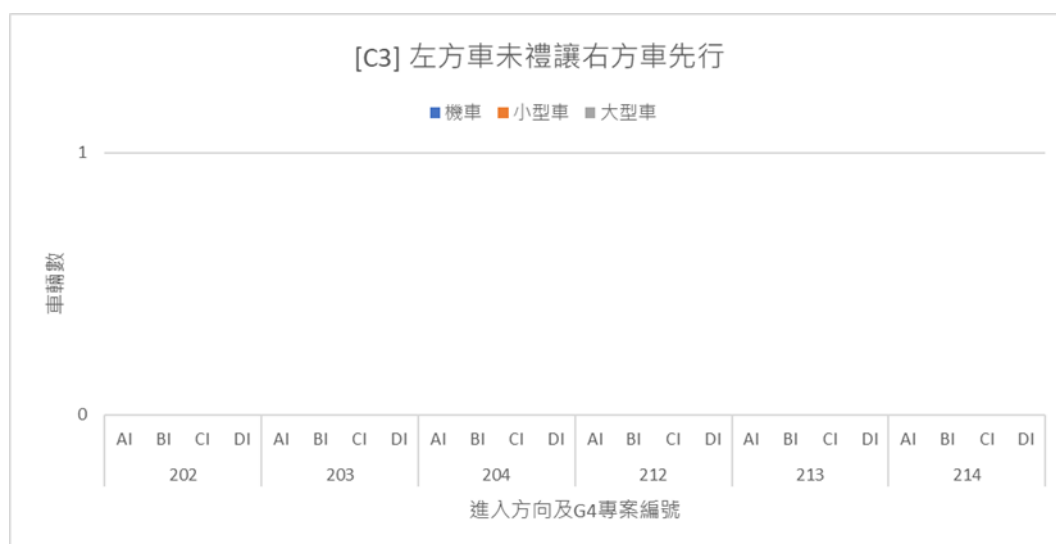


圖 6.4-50 非號誌化路口停讓衝突—[C3] 左方車未禮讓右方車先行（G4分類）

備註：專案 202 至 204 及專案 212 至 214 無左方車未禮讓右方車先行之衝突。

計算結果可歸納重點如下：

一、車輛未慢速通過路口

在幹支線道車流差距大的路口，有許多幹線道車輛未慢速通過路口。參考圖 6.4-34，以路口 13 為例（專案 215-218），BI、DI 方向為幹線道，雖然路口有「慢」字，仍有不少車輛通過路口之車速超過 30 km/h，BI 方向也有少量左轉接受間距不足的情況。

二、支線道未禮讓、支線道未停車再開（支幹線道區分）

參考圖 6.4-37～圖 6.4-39，支線道未禮讓的情況較少，但在設有「停」標字的路口支線道，仍有許多車輛未有在停止線前停車再開。以路口 9（專案 198-201）（圖 6.4-9）為例，有可能是支線道停止線處的視線受阻，無法目視左右方來車，因此車輛需要再更靠近路口處停車。

三、轉彎車未禮讓直行車先行、左方車未禮讓右方車先行（未支幹線道區分）

本分析項目限支幹線道未區分之路口（應用情境分類 G4），路口 10（專案 202-204）及路口 12（專案 212-214）符合此條件。參考圖 6.4-46～47，沒有發現左方車未禮讓右方車先行的情況，但路口 12 有不少的轉彎車未禮讓直行車先行的事件，特別是專案 213 的 AI 方向，轉彎車未禮讓直行車先行事件達 26 件，有很能給該專案之車流量較多所致。（專案 212、213、214 之總車輛數分別為 401、712、484 輛）。

6.5 應用情境分析個案

分析平台中可產生更詳細的分析圖表，以下將右轉衝突、非號誌化路口停讓衝突各以兩個路口進行個案分析，說明這些分析圖表的使用方式。

6.5.1 右轉衝突個案分析

一、新北市板橋區中山民權路口

(一)右轉衝突方向基本資料

此路口位於新北市板橋區，東西向為中山路一段，南北向為民權路，路口的空拍圖如圖 6.5-1 所示。A 方向路口側的車道配置為一條直左車道及一條直右車道，在直右車道處有設置一個機慢車停等區，由於該方向行駛之機車需遵循兩段式左轉標誌，因此在 D 方向停止線前方有提供 A 方向左轉機慢車之機慢車待轉區。

本計畫擇定 16:30 進行空拍攝影，當時的時制表如圖 6.5-2 所示，為四時相號誌路口。中山路一段雙向（AC 方向）皆為三燈式號誌配置，民權路 B 方向為四燈式號誌配置，民權路 D 方向為五燈式號誌配置（左、直、右箭頭燈）。

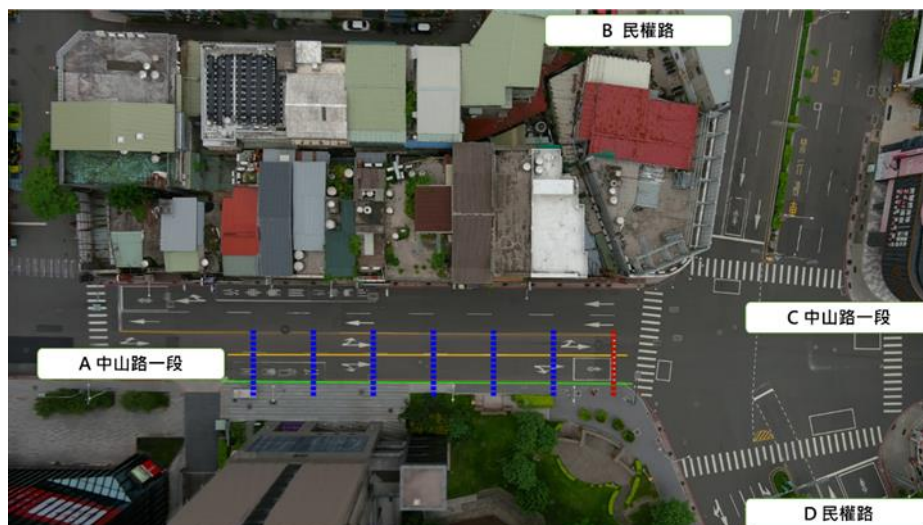


圖 6.5-1 新北市板橋區中山路一段與民權路口空拍圖

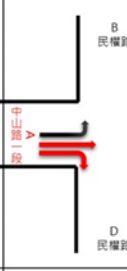
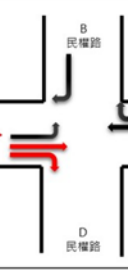
週期210秒	時相一	時相二	時相三		時相四
執行時間 15:00 ~ 20:00 					
綠燈	59	34	83(B)	89(D)	10
黃燈	3	3	3(B)	0(D)	3
全紅	3	3	3(B)	0(D)	3
說明	中山路一段東向直行右轉 中山路一段西向綠燈	民權路北向右轉 中山路一段西向直行右轉 中山路一段東向綠燈	民權路南北向直行右轉 綠燈		民權路南向綠燈(續上時相)

圖 6.5-2 新北市板橋區中山路一段與民權路口之時制計畫表(專案178-179)

備註：紅字為本案例分析右轉衝突方向。

(二)右轉衝突圖表固定輸出

分析平台能產製右轉衝突之分析圖表，包含 (i)風險行為、違規行為、衝突事件統計表、(ii)直行車、右轉車之與右側之淨空距離分佈圖、(iii)各轉向車種與右側之淨空距離統計表、(iv)各轉向車種之軌跡線圖，可顯示車流於停止線前 60 公尺處至停止線之橫向分佈變化。

以下說明直行右轉車流軌跡圖、分類車流軌跡圖、車輛分布圖、風險行為統計表、違規行為統計表、衝突行為統計表，分別為圖 6.5-3~圖 6.5-5 與表 6.5-1~表 6.5-3 所示。從圖 6.5-3 直行車輛及右轉車輛軌跡圖可以得知，基本上右轉車輛都會使用直右車道進行右轉，不會誤用直左車道右轉而造成衝突之情況。圖 6.5-4 可以更詳細的輸出直行及右轉依照不同車輛繪製出之軌跡圖，從圖中可以知道右轉機車相較於右轉汽車更靠右行駛直右車道，盡可能的減少與直行車輛之衝突。圖 6.5-5 的車輛分布圖中說明路口停止線前 60 公尺至停止線直行車輛與右轉車輛之分布情形，可供研究人員判定是否有車輛行駛時未靠右或是誤用車道而產生違規行為。



圖 6.5-3 新北市板橋區中山路一段與民權路口之直行右轉車流軌跡圖(專案178)

A方向	汽車	機車
右轉		
直行		

圖 6.5-4 新北市板橋區中山路一段與民權路口之車種方向分類車流軌跡圖(專案

178)

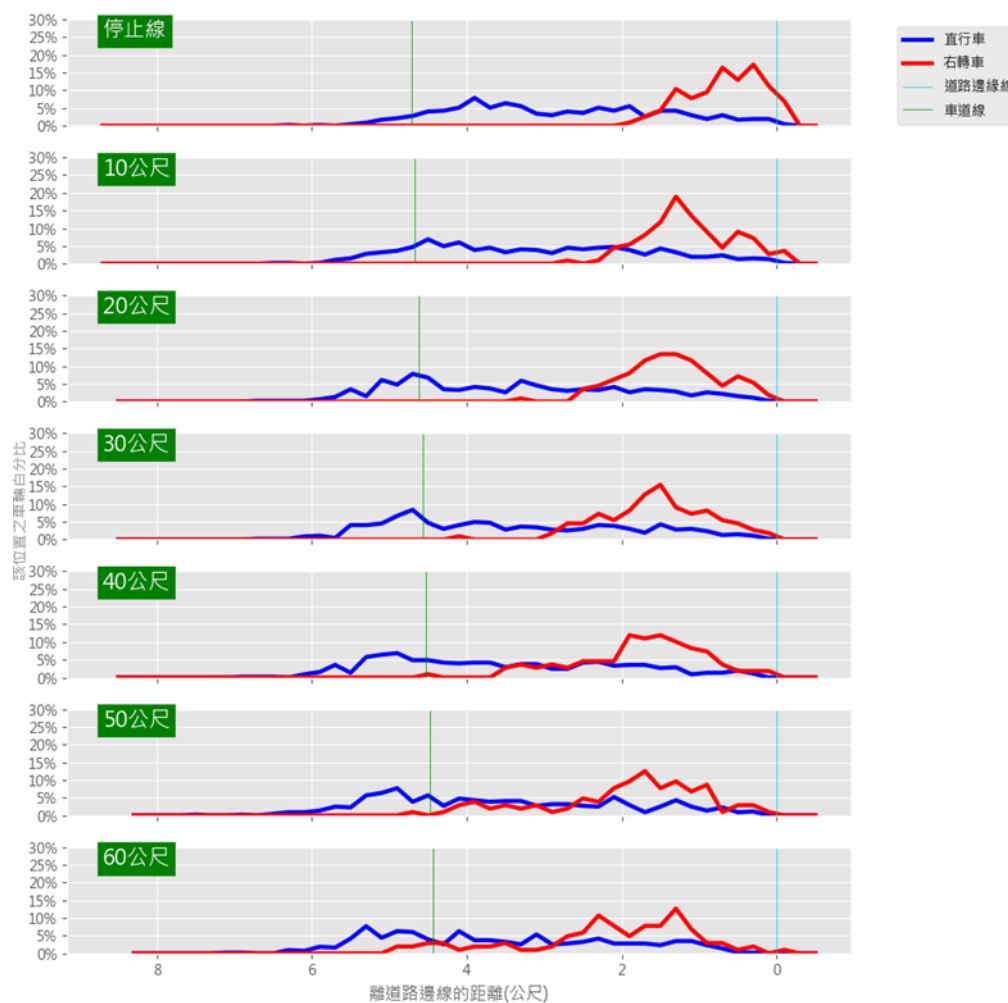


圖 6.5-5 新北市板橋區中山路一段與民權路口之車輛分布圖(專案178)

本計畫之右轉衝突分析功能中，除了可以產出軌跡圖及車輛分布圖之外，衝突平台也可以產製統計表供研究人員自行分析，以表 6.5-1 至表 6.5-3 的三種行為統計表來說，表頭皆有涉及右轉衝突之分析指標項。舉例以表 6.5-1 的風險行為統計表來說，有許多直行機車未遠離右側以及右轉四輪以上車輛未靠右，就有可能會發生如表 6.5-3 衝突行為統計表之衝突數量產生。同樣來說，基於機車車身較小及易於控制之特性，可以穿梭較小的車間距變換車道及跟車距離短，所產生的右轉衝突數量也相較於四輪以上之車輛為多。

表 6.5-2 違規行為統計表中，可以發現 A 方向有較多超速之情況，與表 6.5-1 交互參照可以發現機車超速比例相較於其他車種為高。

表 6.5-1 新北市板橋區中山路一段與民權路口之車輛數及風險行為統計表(專案178)

專案編號	方向	車種	總車輛數	直行車輛數	右轉車輛數	右轉車未靠右	直行車未遠離右側
178	A 方向	機車	433	348	54	0	75
		小型車	215	122	59	58	2
		大型車	17	13	3	3	0
		小計	665	483	116	61	77

表 6.5-2 新北市板橋區中山路一段與民權路口之違規行為統計表(專案178)

專案編號	方向	車種	超速(速限)	超速(寬容值)	右轉車未使用最外側車道或專用道	直行車使用右轉專用道
178	A 方向	機車	83	17	0	-
		小型車	10	2	0	-
		大型車	2	0	0	-
		小計	95	19	0	-

備註：本路口分析方向之車道配置並無右轉專用道，因此違規指標中「直行車使用右轉車道」應為空值

表 6.5-3 新北市板橋區中山路一段與民權路口之衝突行為統計表(專案178)

專案編號	方向	車種	C1：同向右轉跟車衝突	C1 TTC	C2：兩車右轉切入	C2 PET	C3：同向兩車右轉衝突	C3 PET	C4：直行機車與右轉汽車衝突	C4 PET	C5：右轉汽車與直行機車衝突（右轉車側撞直行車）	C5 PET
178	A 方向	機車	53	1.21	25	2.01	2	0.75	4	1.98	3	2.1
		小型車	1	2.7	5	2.06	0	-				
		大型車	0	-	1	2.8	0	-				
		小計	54	1.23	31	2.04	2	0.75				

二、臺中市潭子區雅潭崇德路口

(一)右轉衝突方向基本資料

此路口位於臺中市潭子區，東向為崇德路四段，西向為崇德路五段，南北向為雅潭路二段，路口的空拍圖如圖 6.5-6 所示。A 方向路口側的車道配置為一條左轉專用車道、一條直行車道及一條分流指向線車道，在分流指向線車道處有設置一個機慢車停等區，由於該方向行駛之機慢車需遵循兩段式左轉標誌，因此在 D 方向停止線前方有提供 A 方向左轉機慢車之機慢車待轉區。

本計畫擇定 17:00 進行空拍攝影，當時的時制表如圖 6.5-7 所示。為四時相號誌路口，四方向皆為五燈式號誌配置(左、直、右箭頭燈)。



圖 6.5-6 臺中市潭子區崇德路四段與雅潭路二段路口空拍圖

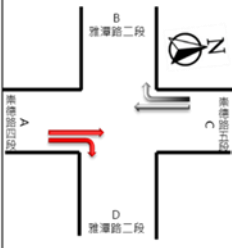
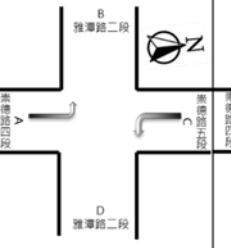
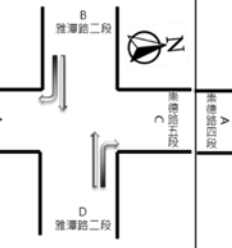
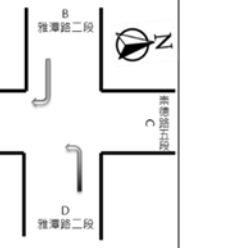
週期180秒	時相一	時相二	時相三	時相四
執行時間 17:00 ~ 19:00 				
綠燈	53	14	48	14
黃燈	4	3	3	3
全紅	2	2	2	2
說明	崇德路雙向直行右轉綠燈	崇德路雙向左轉綠燈	雅潭路雙向直行右轉綠燈	雅潭路雙向左轉綠燈

圖 6.5-7 臺中市潭子區崇德路四段與雅潭路二段路口空拍圖

備註：紅字為本案例分析右轉衝突方向。

(二)右轉衝突圖表固定輸出

本路口可透過交通衝突分析平台產製各種圖表，以右轉衝突情境來說，包含直行右轉車流軌跡圖、分類車流軌跡圖、車輛分布圖、風險行為統計表、違規行為統計表、衝突行為統計表，分別為圖 6.5-8~圖 6.5-10 與表 6.5-4~表 6.5-6 所示。

從圖 6.5-8 直行車輛及右轉車輛軌跡圖可以得知，基本上右轉車輛都會使用分流指向線車道進行右轉，不會誤用直行車道右轉而造成衝突之情況。圖 6.5-9 可以更詳細的輸出直行及右轉依照不同車輛繪製出之軌跡圖，從圖中可以知道右轉機車相較於右轉汽車更靠右行駛直右車道，盡可能的減少與直行車輛之衝突，此外，右轉機車受到上游機車道影響，進入路口之分流指向線車道時更迫近道路邊緣行駛。圖 6.5-10 的車輛分布圖中說明路口停止線前 60 公尺至停止線直行車輛與右轉車輛之分布情形，可供研究人員判定是否有車輛行駛時未靠右或是誤用車道而產生違規行為。



圖 6.5-8 臺中市潭子區崇德路四段與雅潭路二段路口之直行右轉車流軌跡圖(專案224)

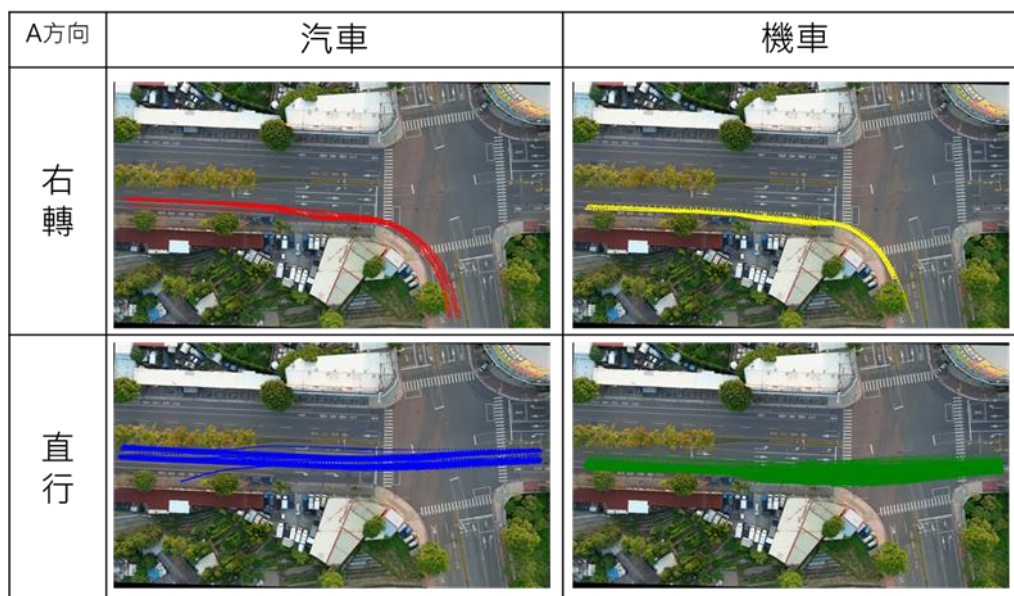


圖 6.5-9 臺中市潭子區崇德路四段與雅潭路二段路口之車種方向分類車流軌跡圖(專案224)

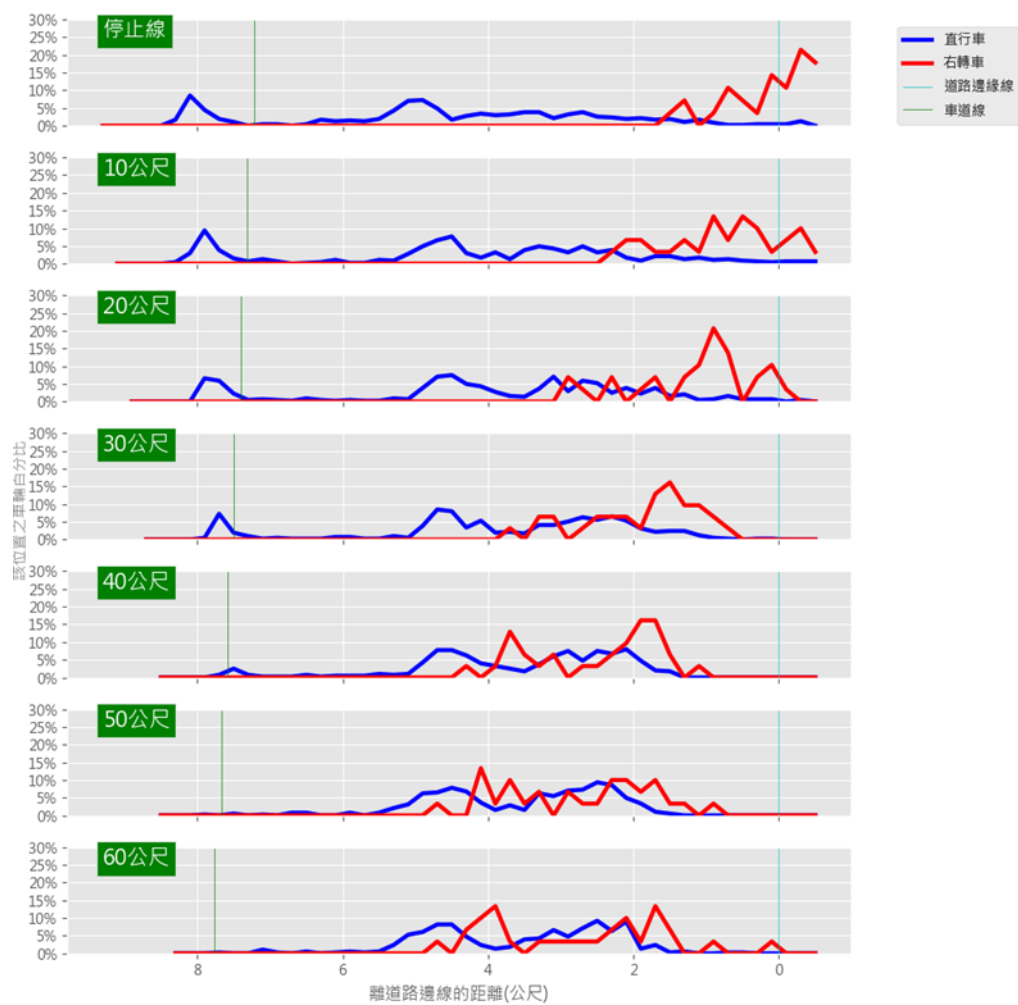


圖 6.5-10 臺中市潭子區崇德路四段與雅潭路二段路口之車輛分布圖(專案224)

表 6.5-4 臺中市潭子區崇德路四段與雅潭路二段路口之車輛數及風險行為統計

表(專案224)

專案編號	方向	車種	總車輛數	直行車輛數	右轉車輛數	右轉車未靠右	直行車未遠離右側
224	A 方向	機車	323	295	18	0	33
		小型車	272	228	11	6	0
		大型車	23	18	0	0	0
		小計	618	541	29	6	33

表 6.5-5 臺中市潭子區崇德路四段與雅潭路二段路口之違規行為統計表(專案
224)

專案 編號	方向	車種	超速 (速限)	超速 (寬容值)	右轉車 未使用 最外側 車道或 專用道	直行車 使用右 轉專用 道
224	A 方向	機車	84	19	0	-
		小型車	56	5	0	-
		大型車	3	0	0	-
		小計	143	24	0	-

備註：本路口分析方向之車道配置並無右轉專用道，因此違規指標中「直行車使用右轉車道」應為空值

表 6.5-6 臺中市潭子區崇德路四段與雅潭路二段路口之衝突行為統計表(專案
224)

專案 編號	方向	車種	C1：同 向右轉 跟車衝 突	C1 TTC	C2：兩 車右轉 切入	C2 PET	C3：同 向兩車 右轉衝 突	C3 PET	C4：直 行機車 與右轉 汽車衝 突	C4 PET	C5：右 轉汽車與 直行機車 衝突（右 轉車側撞 直行車）	C5 PET
224	A 方向	機車	3	1	2	2.5	1	1.9	1	2.1	0	-
		小型車	0	-	0	-	0	-				
		大型車	0	-	0	-	0	-				
		小計	3	1	2	2.5	1	1.9				

三、 比較與建議

綜合前兩個有關於相似情境的右轉衝突路口，可比較直行機車未遠離右側、右轉汽車未靠右、衝突指標等數值上的差異。

(一)直行車未遠離右側（機車）及右轉車未靠右（小型車）之比例

將兩個案例路口之直行車未遠離右側（機車）及右轉車未靠右（小

型車)之分析結果(表 6.5-1、表 6.5-4)轉換為比例，整理於圖 6.5-11 及圖 6.5-12，可得知直右車道的右轉衝突的相關指標數值比較大，搭配分流指向線路口之相關指標數值比較小。

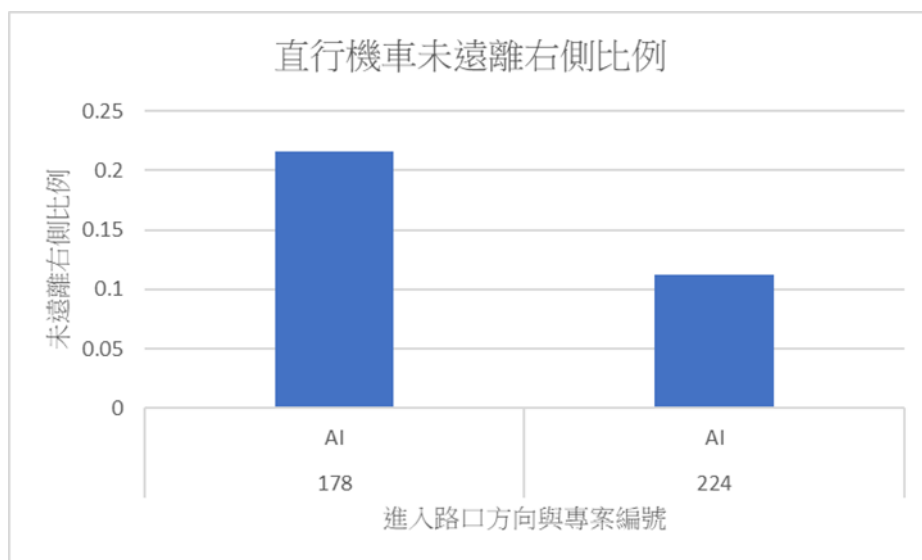


圖 6.5-11 直行車未遠離右側之機車比例

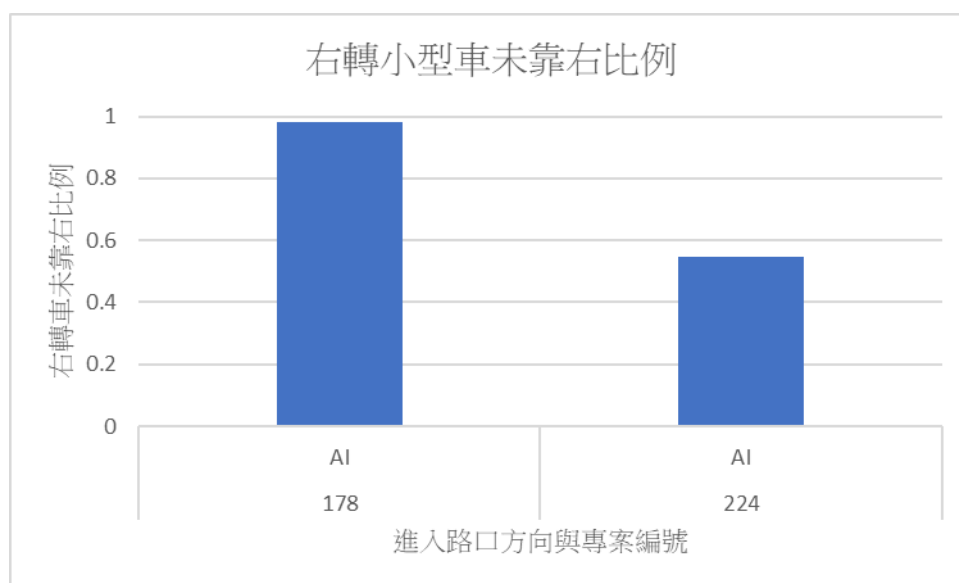


圖 6.5-12 右轉車未靠右之小型車比例

(二)衝突行為指標之比較

比較表 6.5-3 及表 6.5-6 的兩表關於衝突行為指標 C4 及 C5 之結果，可看出中山民權路口在 C4 直行機車與右轉汽車衝突（直行車側撞右轉車）、C5 右轉汽車與直行機車衝突（右轉車側撞直行車）的衝突次數皆高於崇德雅潭路口。

6.5.2 非號誌路口停讓衝突

一、新北市中和區秀朗路三段、自立路、秀朗路三段 175 巷路口

(一)路口基本資料

此路口位於新北市中和區，東向為自立路，西向為秀朗路三段 175 巷，南北向為秀朗路三段，路口的空拍圖如圖 6.5-13 所示。A 方向為設置停標線的單車道支線道，B 方向為設置慢標線的單車道幹線道，C 方向為設置停標線的單車道支線道，D 方向為設置慢標線的單車道幹線道，因此該路口分類為 G1 標誌標線管制應用情境。本計畫擇定 07：40 進行空拍攝影。



圖 6.5-13 新北市中和區秀朗路三段、自立路、秀朗路三段175巷路口空拍圖

(二)非號誌化路口衝突圖表固定輸出

本路口可透過交通衝突分析平台產製各種圖表，以非號誌化路口停讓衝突情境來說，包含衝突熱點圖、風險行為統計表、違規行為統計表、衝突行為統計表，分別為圖 6.5-14 與表 6.5-7 所示。



圖 6.5-14 新北市中和區秀朗路三段、自立路、秀朗路三段175巷路口衝突熱點

圖

表 6.5-7 非號誌化路口停讓行為分析統計表(專案201)

專案編號	方向	車種	數量	區分幹(支)線道						未區分幹(支)線道		
				R1	R2	V1	V2	V3	V4	C1	C2	C3
				車輛未慢速 通過路口	左轉接受間 距不足	支線道未禮 讓	支線道未停 車再開	超速 (速限)	超速 (法定 寬容值)	少車道未禮 讓多車道先 行	轉彎車未禮 讓直行車先 行	左方車未禮 讓右方車先 行
201	AI	機車	1	-	0	-	1	0	0	-	-	-
		小型車	22	-	0	-	10	0	0	-	-	-
		大型車	0	-	0	-	0	0	0	-	-	-
		小計	23	-	0	-	11	0	0	-	-	-
	BI	機車	3	0	0	-	-	0	0	-	-	-
		小型車	8	0	0	-	-	0	0	-	-	-
		大型車	0	0	0	-	-	0	0	-	-	-
		小計	11	0	0	-	-	0	0	-	-	-
	CI	機車	2	-	0	-	0	0	0	-	-	-
		小型車	3	-	0	-	2	0	0	-	-	-
		大型車	1	-	0	-	1	0	0	-	-	-
		小計	6	-	0	-	3	0	0	-	-	-
	DI	機車	26	3	0	-	-	2	0	-	-	-
		小型車	48	0	0	-	-	0	0	-	-	-
		大型車	0	0	0	-	-	0	0	-	-	-
		小計	74	3	0	-	-	2	0	-	-	-

備註：空值(-)為該路口及該情境不適用之指標項

以表 6.5-7 所產出的結果來說，可得知該路口主要車流方向 D 方向，在行為指標項中有偵測到主要為 D 方向機車有 R1 車輛未慢速通過路口、A 及 C 方向有 V2 支線道未停車再開之數據以及 D 方向有 V3 超速（速限）之數據。從輸出表格中可以發現，支線道未停車再開的違規行為比例不低，幹線道也有少部分機車未慢速通過路口。

(三)行為觀察

1. 支線道未停車再開

為進一步檢視 A 方向支線道未停車再開車數量較多之原因，以下以影片截圖進行說明，圖 6.5-15 中綠色方框內之 A 方向支線道紅框小型車未停車再開，至使 D 方向幹線道之直行機車需等待 A 方向小型車通過後才能通行。



圖 6.5-15 A 方向之紅框車輛未停車再開與 D 方向直行機車之互動

2. A 方向支線道右方視距不足

A 方向支線道未停車再開的可能原因是停止線位置之視野不佳，透過觀察空拍圖與查閱圖 6.5-16 之 Google 街景圖發現，A 方向右轉視距受到店家及電線杆阻擋，易使車輛不易發現右方來車通過路口，車輛須往前移動才能夠看到左右來車，建議需透過場勘確認停止線位

置之視野，以及停止線之位置是否有需要進行調整。



圖 6.5-16 A方向支線道路口街景圖

四、臺中市大甲區蔣公路鎮政路口

(一)路口基本資料(213)

此路口位於臺中市大甲區，東西向為蔣公路，南北向為鎮政路，路口的空拍圖如圖 6.5-17 所示。四方向因未設置標誌標線管制，因此將該路口分類為 G4 應用情境分類。本計畫擇定 16：40 進行空拍攝影。



圖 6.5-17 臺中市大甲區蔣公路鎮政路口空拍圖

(二)非號誌化路口衝突圖表固定輸出

本計畫之非號誌化路口停讓衝突分析功能中，可產出統計表供研究人員進行詳細的分析應用，如表 6.5-8。

表 6.5-8 非號誌化路口停讓行為分析統計表(專案213)

專案編號	方向	車種	數量	區分幹(支)線道						未區分幹(支)線道		
				R1	R2	V1	V2	V3	V4	C1	C2	C3
				車輛未慢速 通過路口	左轉接受間 距不足	支線道未禮 讓	支線道未停 車再開	超速 (速限)	超速 (法定 寬容值)	少車道未禮 讓多車道先 行	轉彎車未禮 讓直行車先 行	左方車未禮 讓右方車先 行
213	AI	機車	198	-	1	-	-	6	1	-	23	0
		小型車	28	-	0	-	-	0	0	-	3	0
		大型車	4	-	0	-	-	0	0	-	0	0
		小計	230	-	1	-	-	6	1	-	26	0
	BI	機車	196	-	0	-	-	0	0	-	5	0
		小型車	34	-	1	-	-	0	0	-	3	0
		大型車	4	-	0	-	-	0	0	-	0	0
		小計	234	-	1	-	-	0	0	-	8	0
	CI	機車	82	-	0	-	-	0	0	-	0	0
		小型車	22	-	0	-	-	0	0	-	0	0
		大型車	2	-	0	-	-	0	0	-	0	0
		小計	106	-	0	-	-	0	0	-	0	0
	DI	機車	119	-	3	-	-	0	0	-	5	0
		小型車	20	-	0	-	-	0	0	-	0	0
		大型車	3	-	0	-	-	0	0	-	0	0
		小計	142	-	3	-	-	0	0	-	5	0

備註：空值(-)為該路口及該情境不適用之指標項

以表 6.5-8 所產出的結果來說，在行為指標項中有偵測到主要為少數車輛有 R2 左轉接受間距不足、A 方向有 V3 超速（速限）與 V4 超速（寬容值）、C2 轉彎車未禮讓直行車之數值。從輸出表格中可以發現，由於該路口未區分幹支線道，在 C2 指標項中有出現部分轉彎車未禮讓直行車先行之情況。

(三)行為觀察

1. 轉彎車未禮讓直行車

此這個路口屬於未區分幹(支)線道，因此亦不受慢讓停(R1、V1、V2)之規範。然而透過表 6.5-8 分析統計表可以得知，該路口之 C2 指標中 A 方向有較多的轉彎車未禮讓直行車，因此透過圖 6.5-18 之左轉車流軌跡圖，發現有部分車輛之左轉動線未達路口中心，以切西瓜方式進入 B 方向。



圖 6.5-18 A方向左轉軌跡圖

五、比較與建議

由於兩個案之非號誌化路口之管制方式不同，且路口之幾何條件差異甚大，因此無法進行比較。

6.6 小結

於先導測試計畫中，本研究已達到以下幾點目標：

- 一、本年度的課題為右轉衝突、非號誌化路口停讓衝突。採用 110 年期之架構，將可能與交通事故有關之風險項目分為 3 類：風險駕駛行為 (R)、違規行為 (V)、以及交通衝突 (C)，並利用車流軌跡及分析人員於分析軟體中輸入之參數設定資料，以程式自動計算分析項目，並輸出指標統計及圖表。
- 二、右轉衝突為探討車流於近路口前的行為，調整拍攝方式包含路口上游 60 公尺以上路段，並增加右轉衝突之進階設定，分析車流及橫向分佈變化，判斷是否有右轉車輛未靠右、外側車道之直行車輛未遠離右側之風險駕駛行為，可用於進一步評估不同車

道配置及標線設計之右轉衝突風險。

- 三、非號誌化路口停讓衝突主要參考標誌、標線、號誌管制方式，以及「道路交通安全規則」第 102 條第 1 項第 2 款之說明，增加路口判斷線與停讓慢參數設定，判斷車輛是否有遵守路口之停讓相關規定，包括車輛未慢速通過路口、支線道未禮讓、支線道未停車再開、少線道車未禮讓多線道車先行、轉彎車未禮讓直行車先行、左方車未禮讓右方車先行等項目，可用於進一步了解非號誌畫路口的風險及衝突事件。
- 四、右轉衝突共 7 個調查路口，涵蓋 4 種應用情境分類，包括直右車道（有或無分流指向線）、快慢車道線分隔、右轉專用、左直右混流車道，代表國內常見之車道配置方式。
- 五、非號誌化路口停讓衝突共 7 個調查路口，涵蓋 4 種應用情境分類，包括標線標誌管制、特種閃光號誌管制、無標誌標線管制(支幹線道區分)、無標誌標線管制(支幹線道未區分)，代表國內常見之非號誌化路口管制方式。
- 六、預計 11 月中下旬與合作機關（新北市、臺中市、公路總局）進行分析結果回饋會議，了解分析結果對地方機關探討車流行為及特性分析之助益。

分析過程中遇到的困難與挑戰：

- 一、右轉衝突的分析過程中，有部分路口現場路側或路口轉彎處有路樹，無法觀察被遮蔽之車流導致分析結果受限，而調查前已運用 Google 街景圖確認時並未有發現。建議未來使用單位在選定右轉衝突地點時加以確認拍攝的可行性，如有必要可先到現場進行場勘。
- 二、非號誌化路口停讓衝突的分析過程中，有部分路口因其鄰近下游路口屬號誌化路口，調查時段車多下游路口無法疏解並回堵至分析路口，已不符合慢讓停之分析條件，無法進行分析。建議未來使用單位在分析非號誌化路口的調查地點及時段時，避免有車流回堵之情況。

第七章 易肇事路口分析

本章敘述今(111)年度的4個易肇事路口的分析過程及結果，先對這些路口進行空拍影像蒐集，再運用本研究開發之分析軟體及相關功能，包括衝突分析、車流軌跡、速率熱區圖，對易肇事路口的交通問題進行分析，並將去(110)年開發之應用情境（左轉衝突、路口穿越衝突）納入易肇事路口的分析項目。

研究團隊由運輸研究所提供之8個易肇事路口候選名單中，根據路口及空拍條件進行篩選，選擇4個路口進行現場調查及分析：

- 一、彰化縣彰化市中山路公園路口
- 二、基隆市仁愛區仁一路愛三路口
- 三、新竹縣竹北市中華路福興路光明十一路口
- 四、苗栗縣苗栗市至公路文發路民族路口

研究團隊再與地方機關聯繫，取得路口的基本資料，如號誌時制表、事故碰撞構圖、轉向交通量等資料。以下說明分析項目及分析結果。

7.1 分析項目

以下說明運用軟體對路口進行分析及檢查的基本項目及程序，先以衝突分析事件（衝突事件表、衝突統計、衝突熱點圖）檢查路口之衝突熱點，再運用車流軌跡、速率熱區圖等功能將衝突事件的可能原因視覺化，再檢查路口待轉區、號誌時相、標線劃設等的合理性。軟體中具有點擊畫面中的衝突點去播放衝突事件影片之功能，可讓分析人員以互動性的方式進一步調閱衝突事件的資料，協助分析人員能快速確認衝突事件其背後之原因，並對路口的交通問題有更進一步的瞭解。

目前建議的分析項目包括7項，包含(1)衝突點密集的区域、(2)車流軌跡的合理性、(3)超速情形分布、(4)待轉區溢出情形、(5)標線及空間使用的合理性、(6)機會左轉、(7)路口穿越衝突，各項的詳細說明及採用的軟體功能如表7.1-1所示。未來亦會隨軟體功能新增或優化而進一步調整分析項目。

表 7.1-1 分析項目及功能說明

編號	分析項目	內容說明	軟體功能	參數設定
1	衝突點密集的區域	以視覺化方式檢視衝突點在路口區域的空間分布	衝突熱點 TTC/PET	建議採用 TTC 圖，並將 TTC、PET 的數值範圍設定是上限設定為 5 秒、最大速度及相對車速之下限設定為 5kph 或 10 kph。如圖中的衝突點太密集影響判讀，建議可以將低風險的(綠色)衝突點予以排除。可進一步針對特定議題，選擇希望呈現之衝突型態、車輛類別、車流方向。 另外，分析人員可由軟體中點擊衝突熱點圖中的衝突點，觀看衝突事件發生時的前後 10 秒影片，檢查導致衝突之原因。
2	車流軌跡的合理性	以視覺化方式檢視不同車種在路口中的車流軌跡是否具有合理性	路口軌跡	建議分別產生 4 個入口方向、每個方向含左轉、直行、右轉的軌跡圖。另車種可依機車、四輪或以上車輛至少兩類。
3	超速情形	檢查路口中的車流是否有超速的情況，並以視覺化方式檢視超速車流於路口中的位置分布及行進方向	路口車速與數量分布、速度熱區圖	運用車流特性之路口車速與數量分布功能，可檢視直行車流的車速分布。再運用速度熱區圖，檢視超速車流的空間分布。例如速限為 50 km/h，可將速度區間設定為 50km/h 至 100km/h。
4	待轉區溢出情形	機車待轉區容易因轉彎的機車數量多，超出待轉區所能容納的數量而溢出待轉區，影響其他車輛的行駛動線及行人穿越道	速度熱區圖、路口軌跡	運用速度熱區圖功能，將車種設定為機車、設定範圍設定為 0km/h 至 3km/h，可顯示機車停等時的覆蓋範圍，是否有大幅度的溢出待轉區。 另外，可運用路口軌跡功能，將機車進行兩段左轉的動線視覺化，可進一步確認機車溢出的情況以及是否有導致動線不佳（如進入行穿線）的情況。

(續下頁)

編號	分析項目	內容說明	軟體功能	參數設定
5	標線及空間使用的綜合性檢查	標線劃設及空間分配會影響路口整體車流動線順暢度，逐一檢視路口中的標線、車道配置、號誌時相等是否有不合理的情況	路口軌跡、速度熱區圖、路口底圖	運用分析項目 1~4 之技巧進行綜合性的分析，針對路口中可能有不合理的區域進一步探討路口是否存在不合理的情況（如路口上下游車道對應不明確、路口上下游之車道數減少及不對齊、車輛未依路口導引線左轉彎、機車兩段式左轉動線不佳等問題），並進行合理性檢查。 分析人員更可以利用平台中的空拍底圖，呈現路口沒有相關人車時的幾何及標線等情形。
6	機會左轉	車輛於無左轉保護時相左轉時，會受到對向直行車的車流狀況影響，產生機會左轉之情形	110 年先導測試計畫：機會左轉	進行停止線與出口線設定、路口中央區域設定、車道屬性設定、號誌時相表設定，即可進行機會左轉分析。
7	路口穿越衝突	因車輛搶黃燈、闖紅燈、或綠燈未亮前起步、或因清道時間秒數不足，導致與橫向來車發生之穿越衝突，對應之碰撞型態為交岔撞	110 年先導測試計畫：路口穿越衝突	進行停止線與出口線設定、車道屬性設定、號誌時相表設定，即可進行路口穿越衝突分析。

7.2 案例一：彰化縣彰化市中山路公園路口

7.2.1 基本資料

此路口位於彰化縣彰化市，南北向為中山路二段（台 1 線），東

來向為公園路一段，西來向為中華路，中華路為單行道，路口的空拍圖如圖 7.2-1 所示。中山路往南的入口為 3 車道、出口為 2 車道；中山路往北的出入口皆為 3 車道；公園路的出入口各為 1 車道；中華路的入口為 1 快車道及 1 慢車道。本計畫選定下午尖峰時間約 17：00 至 18：00 進行拍攝，號誌時制表如圖 7.2-2 所示，為 4 時相號誌路口，採用 3 燈式號誌，其中 B 方向中華路為單行道只出不進。



圖 7.2-1 彰化縣彰化市中山路公園路口之空拍圖

週期180秒	時相一	時相二	時相三	時相四
執行時間 6:30 ~ 11:30 中山路二段 中華路/公園路一段				
綠燈	79	9	40	30
黃燈	4	4	3	3
全紅	2	2	2	2
說明	中山路二段北向直行右轉 中山路二段南向直行左轉 綠燈	中山路二段南向直行左轉 綠燈	中華路東向綠燈	公園路西向綠燈

圖 7.2-2 彰化縣彰化市中山路二段公園路中華路口之號誌時制表（下午尖峰）

7.2.2 分析項目

透過交通衝突分析平台，可以產生各種圖表，包含衝突熱點密集區域、車流軌跡合理性、超速情形、待轉區溢出情形、標線及空間合理性綜合檢查、機會左轉分析、路口穿越衝突分析。各項圖表如圖 7.2-3~圖 7.2-11 所示。其中，最大速度及相對速度之下限設定為 5 km/h，不顯示低風險衝突點。此外，本路口沒有機會左轉情境，其輸出圖表僅供參考。

一、 衝突點密集的区域

以視覺化方式檢視衝突點在路口區域的空間分布。



圖 7.2-3 彰化縣彰化市中山路公園路口之衝突熱點圖

備註：1. C 方向之機車待轉區位於道路線型之凸點且格子過小，常有機車溢出之情形，易產生衝突。

2. A 方向路口紅燈時，機車為了至最前方機車停等區穿梭於車陣當中，與其他車輛發生減速衝突及變換車道衝突。

二、 車流軌跡的合理性

以視覺化方式檢視不同車種在路口中的車流軌跡是否具有合理性。

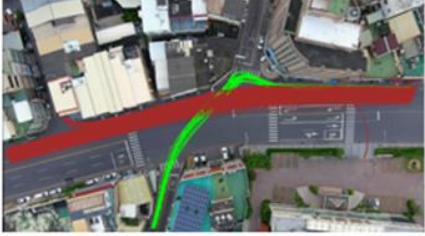
	四輪或以上	機車
A 入口		
B 入口		
C 入口		
D 入口		

圖 7.2-4 彰化縣彰化市中山路公園路口之車流軌跡合理性

三、 超速情形

檢查路口中的車流是否有超速的情況，並以視覺化方式檢視超速車流於路口中的位置分布及行進方向。

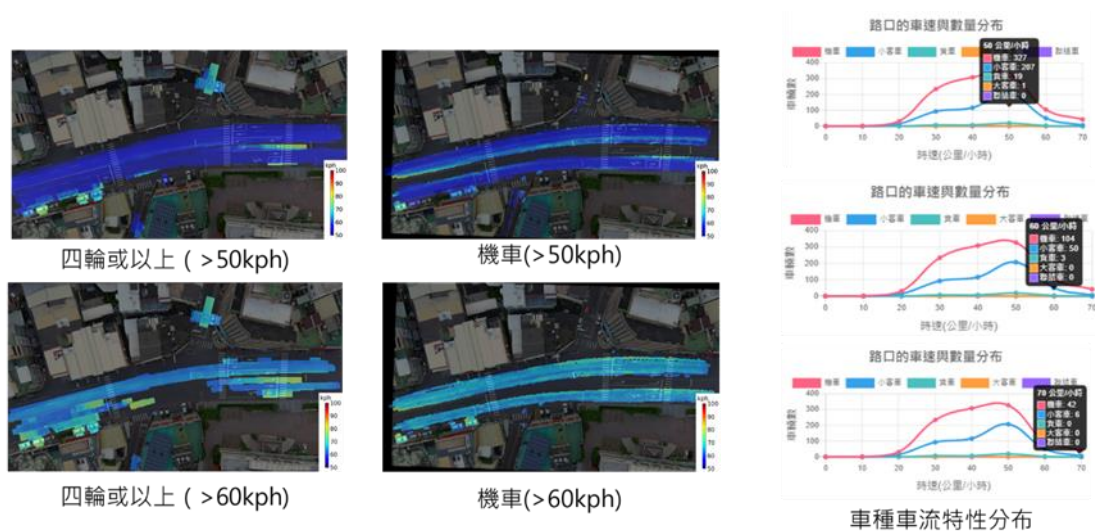


圖 7.2-5 彰化縣彰化市中山路公園路口之超速分布圖

備註：1. A→C、C→A 有較多超速情形

四、待轉區溢出情形

機車待轉區容易因轉彎的機車數量多，超出待轉區所能容納的數量而溢出待轉區，影響其他車輛的行駛動線及行人穿越道。



圖 7.2-6 彰化縣彰化市中山路公園路口之機車待轉區問題

備註：1. 機車待轉區動線及位置不佳，待轉軌跡入侵行人穿越線。

2. 機車待轉區格子過小，有溢出待轉區之情況。

五、 標線及空間使用的綜合性檢查

標線劃設及空間分配會影響路口整體車流動線順暢度，逐一檢視路口中的標線、車道配置、號誌時相等是否有不合理的情況。



圖 7.2-7 彰化縣彰化市中山路公園路口之C出口儲車空間不足問題

備註：1. C出口儲車空間不足，影響C方向左轉車動線。



圖 7.2-8 彰化縣彰化市中山路公園路口之上下游車道數不一致問題

備註：1. A 方向直行車道數縮減，使得於路口中產生匯入行為，容易產生減速衝突或變換車道衝突。



圖 7.2-9 彰化縣彰化市中山路公園路口之上下游車道未對齊問題

備註：1. C 方向車輛如需直行，將橫跨左轉彎待轉區，或違規行駛於左轉車道；如依道路線型行駛，直行車輛會擠在外車道，產生同向衝突。

六、機會左轉

車輛於無左轉保護時相左轉時，會受到對向直行車的車流狀況影響，產生機會左轉之情形。



入口 方向	左轉車輛							對向直行車輛						兩車相互行為
	車輛數	先行 左轉	燈號轉換期間 左轉	左轉車 未到達中央路口處 左轉	滿道時間結束後 仍無法通過路口	外側車道 左轉	機車於 兩段式左轉路口 直接左轉	車輛數	搶黃燈	闖紅燈	紅燈跨越 停止線	超速 法規速限	超速 速限寬容值	
A	0	0	0	0	0	0	0	715	24	3	0	255	67	0
B	6	0	1	6	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
C	5	0	1	2	0	0	0	763	29	7	5	178	41	0
D	51	24	0	51	0	0	0	59	0	0	3	0	0	10

圖 7.2-10 彰化縣彰化市中山路公園路口之機會左轉分析圖表

備註：1. 本路口只有 C 方向有機會左轉情境（A 方向禁止左轉、B 和 D 方向各自為獨立時相），為圓頭綠燈、遲閉時相。

七、路口穿越衝突

因車輛搶黃燈、闖紅燈、或綠燈未亮前起步、或因清道時間秒數不足，導致與橫向來車發生之穿越衝突，對應之碰撞型態為交叉撞。

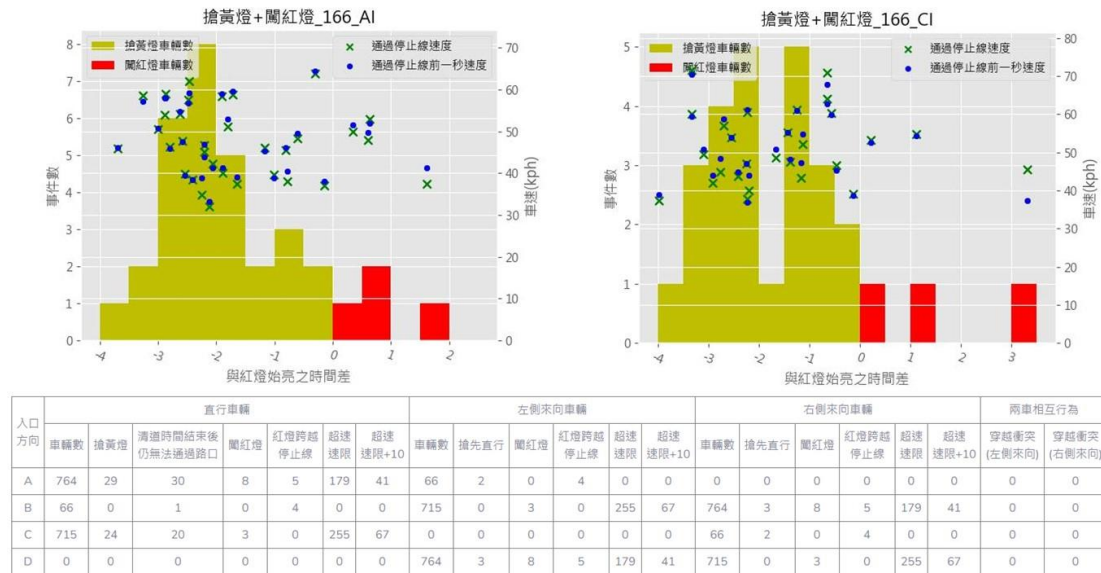


圖 7.2-11 彰化縣彰化市中山路公園路口之路口穿越衝突分析圖表

備註：1. A、C 方向有部分搶黃燈、少許闖紅燈之行為。

2. A、B、C 方向有清道結束未通過路口車輛。

7.2.3 問題探討

以下將觀察到的風險問題以視覺化或畫面截圖方式加以說明。

一、機車待轉區空間不足及位置不佳

路口劃設之機車待轉區位置過於接近行穿線，機車常有入侵行穿線之情形，易造成行人的危險；且機車待轉格過小，常有機車溢出之情形，如圖 7.2-12 所示。

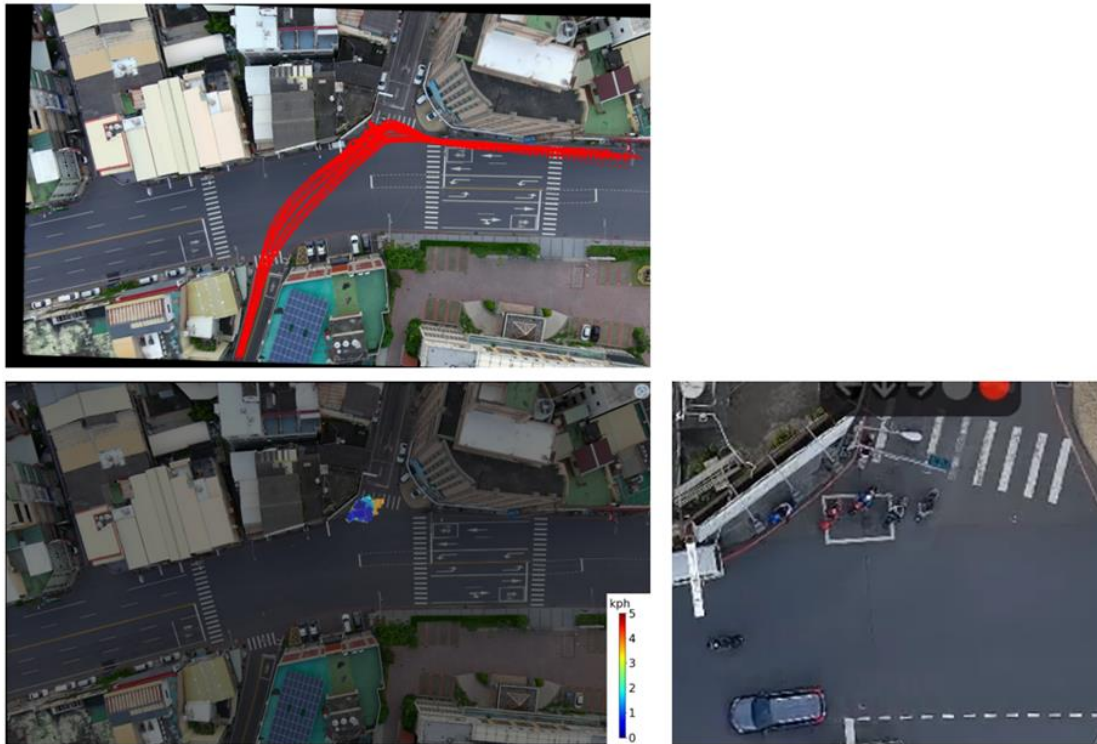


圖 7.2-12 彰化縣彰化市中山路公園路口之機車待轉區問題

二、C 出口儲車空間不足

本路口與隔壁的中山路孔門路口距離較短，使得既有條件下 C 方向出口長度偏短，導致欲於下個路口左轉孔門路的車輛容易回堵至本路口，使得從 C 方向進入路口欲左轉前往 D 方向的車輛之動線被影響，如圖 7.2-13 所示。



圖 7.2-13 彰化縣彰化市中山路公園路口之C出口儲車空間不足問題

三、上下游車道數不一致

路口的上游及下游之直行車道數不一致，迫使車輛於路口中央產生匯入行為，容易產生減速衝突或變換車道衝突。建議增加導引線，使得上下游車道的對應提供更明確的提示，以減少衝突的發生，如圖 7.2-14 所示。



圖 7.2-14 彰化縣彰化市中山路公園路口之上下游車道數不一致問題

四、車道未對齊

上下游之車道未對齊，導致直行車容易違規行駛左彎車道，或是橫跨左彎待轉區；但是如果車輛依照現行標線行駛，易導致車輛擠在外側車道而產生同向衝突。建議可以取消或縮短左彎待轉區並增加導引線，使上下游車道的對應可以更加明確，讓直行車行駛時有明確的指示可以遵守，如圖 7.2-15 所示。



圖 7.2-15 彰化縣彰化市中山路公園路口之上下游車道未對齊問題

7.2.4 問題整理

此路口位於彰化縣彰化市，中山路為省道台 1 線的一部分，尖峰時間的通過車流量大，且因為受限於道路幾何，導致產生機車待轉區位置及大小的問題、上下游車道數不一致、上下游車道無對齊等問題，進而發生衝突的可能。

7.3 案例二：基隆市仁一路愛三路口

7.3.1 基本資料

此路口位於基隆市仁愛區，西北-東南向為仁一路且為單行道，東北-西南向為愛三路，路口的空拍圖如圖 7.3-1 所示。仁一路往東南為入口 5 車道、出口 4 車道；愛三路往西南出入口皆為 2 車道；愛三路往東北入口為 3 車道、出口 2 車道。本計畫選定早上約 10：00~11：30 進行無人機拍攝，當時的號誌時制表如圖 7.3-2 所示，為三時相號誌路口，採用四燈式號誌。



圖 7.3-1 基隆市仁愛區仁一路愛三路口之空拍圖

週期150秒	時相一	時相二	時相三
執行時間 9:00 ~ 16:30 			
綠燈	70	35	30
黃燈	3	3	3
全紅	2	2	2
說明	仁一路東向僅可右轉 愛三路南向僅可直行 愛三路北向直行右轉綠燈	仁一路東向綠燈	仁一路東向綠燈 愛三路北向僅可右轉

圖 7.3-2 基隆市仁愛區仁一路愛三路口之號誌時制表

7.3.2 分析項目

透過交通衝突分析平台，可以產生各種圖表，包含衝突熱點密集區域、車流軌跡合理性、超速情形、待轉區溢出情形、標線及空間合理性綜合檢查、機會左轉分析、路口穿越衝突分析。各項圖表如圖 7.3-3~圖 7.3-7 所示。其中，最大速度及相對速度之下限設定為 5 km/h，不顯示低風險衝突點。此外，本路口沒有機會左轉情境，其輸出圖表僅供參考。

一、衝突點密集區域

以視覺化方式檢視衝突點在路口區域的空間分布。



圖 7.3-3 基隆市仁愛區仁一路愛三路口之衝突熱點密集區域

備註：1. D 入口之右轉衝突：D 方向離流量約有 50% 之轉向量為右轉，右轉車之間有發生右轉衝突。

2. A 入口之機車穿梭：A 入口紅燈時，機車於車陣中穿梭產生之減速衝突。

3. D 方向同向兩車右轉衝突：D 方向車輛右轉時，常有因禮讓行人而停下，使得後車與前車發生同向兩車右轉衝突。

4. A 方向右轉穿越衝突：A 方向可於 B 方向綠燈時進行紅燈右轉，產生右轉穿越衝突。

5. A 方向路邊卸貨車輛：A 方向路旁為東岸碼頭廣場，常有貨車佔用卸貨，導致欲右轉至 D 方向可使用車道少一條。

6. B 入口車道數與 D 出口車道數不一致：B 入口車道數大於 D 出口車道數，使得車輛面臨車道縮減，產生交織。

7. A 方向右轉轉彎後馬上面臨動線被分為二，可能使得駕駛人產生猶豫；加上現況之時相設計（時相一），使得容易發生衝突。

二、車流軌跡合理性

以視覺化方式檢視不同車種在路口中的車流軌跡是否具有合理性。

	四輪或以上	機車
A 入口		
B 入口		
C 入口		
D 入口		

圖 7.3-4 基隆市仁愛區仁一路愛三路口之車流軌跡圖

三、超速情形

檢查路口中的車流是否有超速的情況，並以視覺化方式檢視超速車流於路口中的位置分布及行進方向。

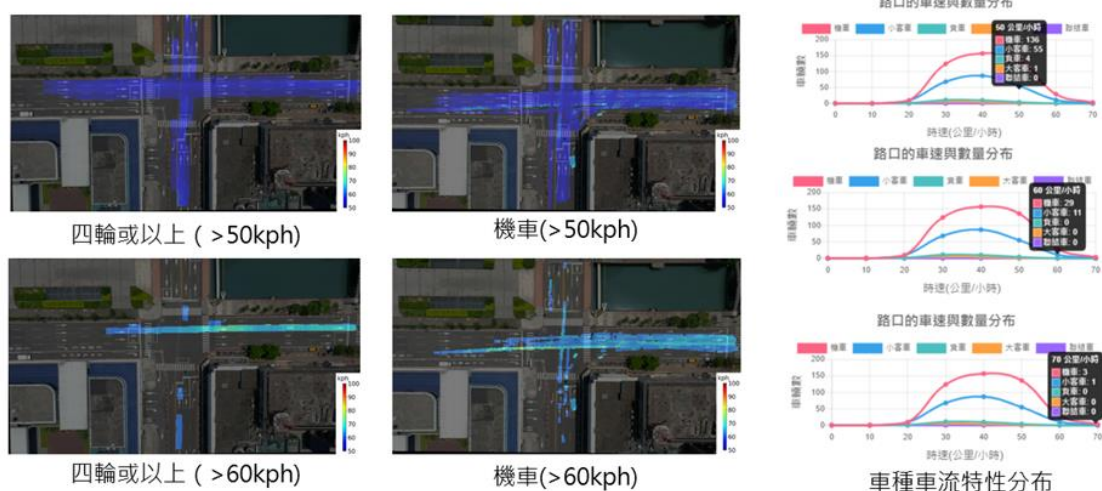
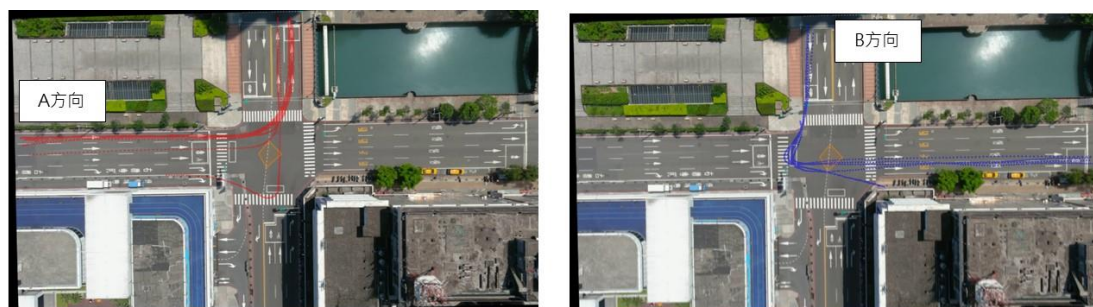


圖 7.3-5 基隆市仁愛區仁一路愛三路口之超速分布圖

備註：1. 小型車在 A→C、D →B 有超速情形，機車在 A →C 、B →D 、D →B 有超速情形。

四、待轉區溢出情形

機車待轉區容易因轉彎的機車數量多，超出待轉區所能容納的數量而溢出待轉區，影響其他車輛的行駛動線及行人穿越道。



入口 方向	左轉車輛							對向直行車輛						兩車相互行為
	車輛數	先行 左轉	燈號轉換期間 左轉	左轉車 未到達中央路口處 左轉	海邊時間結束後 仍無法通過路口	外側車道 左轉	機車於 兩段式左轉路口 直接左轉	車輛數	搶黃燈	闖紅燈	紅燈跨越 停止線	超速 法規速限	超速 速限寬容值	
A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	0	0	0	0	0	0	0	313	6	0	0	22	5	0
C	0	0	0	0	0	0	0	442	13	3	3	60	9	0
D	0	0	0	0	0	0	0	143	5	0	0	11	2	0

圖 7.3-6 基隆市仁愛區仁一路愛三路口之機會左轉分析表

備註：1. 本路口無機會左轉情境，因此只輸出圖表，不進一步探討。

五、路口穿越衝突

因車輛搶黃燈、闖紅燈、或綠燈未亮前起步、或因清道時間秒數不足，導致與橫向來車發生之穿越衝突，對應之碰撞型態為交岔撞。

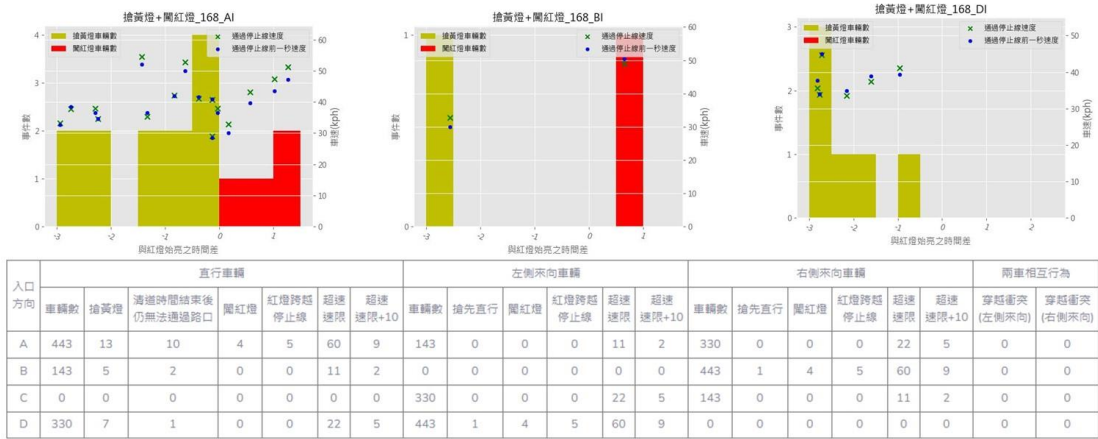


圖 7.3-7 基隆市仁愛區仁一路愛三路口之路口穿越衝突分析表

備註：1. A 方向直行車之超速情況較嚴重，其次為 D 方向、B 方向。

- 2.A、B、D 方向有部分搶黃燈的數量。
- 3.A 方向有偵測到闖紅燈的違規行為。
- 4.該路口無穿越衝突偵測數量。

7.3.3 問題探討

從平台的衝突熱點圖中，可以觀看每個衝突點的類型及詳細資料，及發生衝突前後十秒的影片，了解衝突發生的過程及可能原因。以下將觀察到的風險問題以視覺化或畫面截圖方式加以說明。

一、右轉車與直行車的匯入衝突（一）

參考圖 7.3-2 的號誌時制表，時相一可通行車輛為 A 方向右轉車與 BD 方向之直行車。如圖 7.3-8 所示，B 入口方向為 2 車道、D 出口方向為 1+1 車道，使得 A 方向之右轉車必定與 B 方向之直行車產生交織而發生匯入衝突。加上 B 方向之直行車車速快，兩股車流有較大的速度差，導致較嚴重的衝突。現況為 A 方向右轉車全時段皆可通行，但其車流量相對不高(圖 7.3-9)，也不利行人穿越路口，因此建議取消時相一 A 方向右轉之通行。

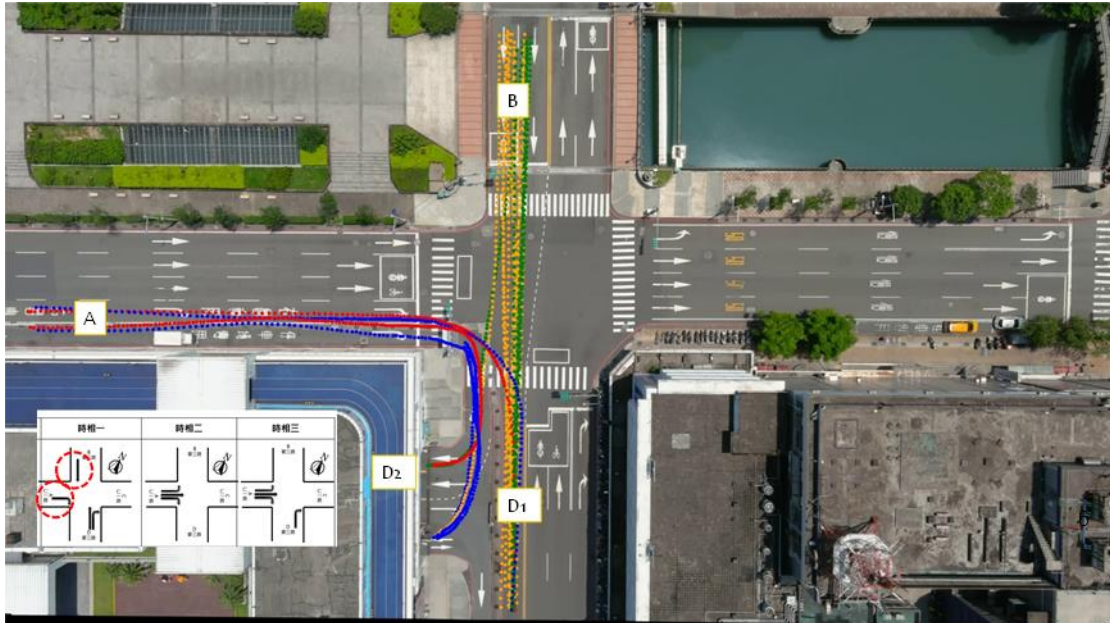


圖 7.3-8 基隆市仁愛區仁一路愛三路口之右轉車與直行車匯入衝突

入口方向	出口方向	轉向	自行車	機車	小客車	貨車	大客車	聯結車	小計
A	B	左轉	0	1	1	1	6	0	9
	C	直進	0	148	138	18	2	0	306
	D	右轉	0	6	27	1	0	0	34
	小計		0	155	166	20	8	0	349
B	C	左轉	0	5	0	0	0	0	5
	D	直進	0	75	22	2	9	0	108
	A	右轉	0	0	0	0	0	0	0
	小計		0	80	22	2	9	0	113

圖 7.3-9 基隆市仁愛區仁一路愛三路口A方向與B方向車流量

二、右轉車與直行車的匯入衝突（二）

參考圖 7.3-2 的號誌時制表，時相三可通行車輛為 D 方向右轉車與 AC 方向之直行車。如圖 7.3-10 所示，D 方向之右轉車會切入 C 方向之左側車道，與 A 方向之直行車產生交織。A 方向之直行車車速相對較快，且外側右轉車道常有直行機車使用，但同時因為 D 方向右

轉車可同時右轉，且在空拍影像內有觀察到部分右轉車輛進入 C 方向後切入內側車道，兩股車流有較大的速度差造成較嚴重的衝突。基於安全考量，建議可將時相三的 D 方向右轉取消，如右轉車流量大，可將中間車道改為直右車道。

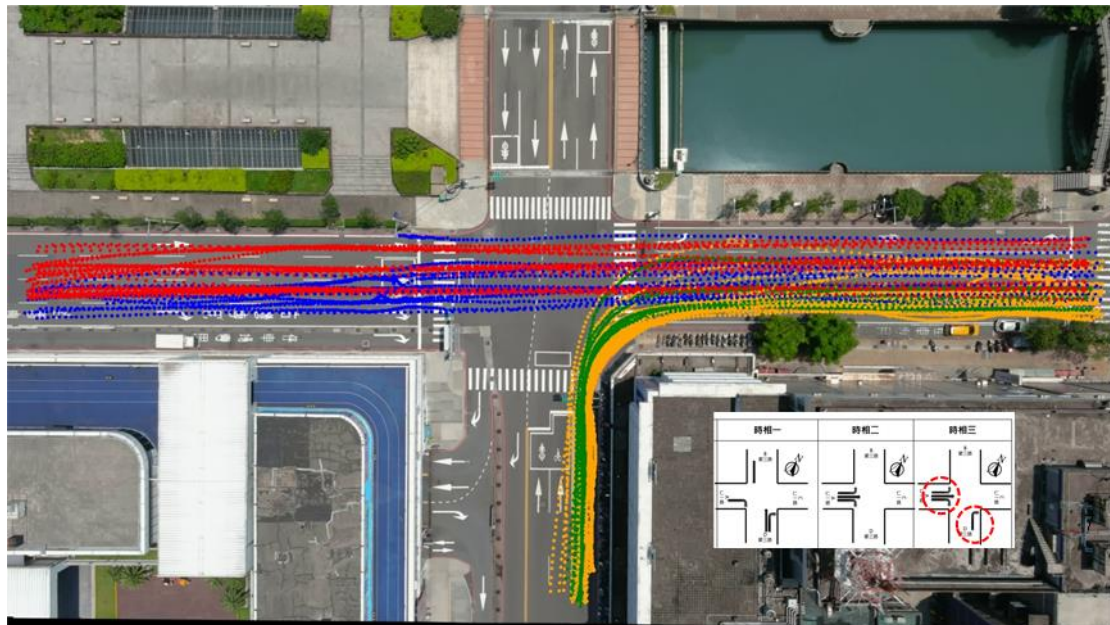


圖 7.3-10 基隆市仁愛區仁一路愛三路口之右轉車與直行車匯入衝突

入口方向	出口方向	轉向	自行車	機車	小客車	貨車	大客車	聯結車	小計
A	B	左轉	0	1	1	1	6	0	9
	C	直進	0	148	138	18	2	0	306
	D	右轉	0	6	27	1	0	0	34
	小計		0	155	166	20	8	0	349
D	A	左轉	0	0	0	0	0	0	0
	B	直進	0	235	71	6	2	0	314
	C	右轉	0	159	75	11	0	0	245
	小計		0	394	146	17	2	0	559

圖 7.3-11 基隆市仁愛區仁一路愛三路口之A方向與D方向車流量

7.3.4 問題整理

此路口位於基隆市仁愛區，緊鄰基隆港東岸碼頭，為基隆市區內車流量相對大的區域。AC 方向為單行道，除了公車以外所有方向都禁止左轉，交織行為相對單純。主要是時相設計導致 A 方向右轉車與 B 方向直行車、D 方向右轉車與 A 方向直行車容易產生右轉匯入衝突。另外因為 A 方向右轉車輛全時段皆可右轉，導致欲通過 A 方向之行人較不易通過路口。

7.4 案例三：新竹縣竹北市中華路、福興路光明十一路口

7.4.1 基本資料

位於新竹縣竹北市的中華路、福興路及光明十一路口，路口平面線型為正交路口，南北向為縱貫公路台一線的中華路、西面的東向道路為光明十一路、東面的西向道路為福興路，路口空拍圖如圖 7.4-1 所示。從圖 7.4-1 空拍圖可以得知，路口幾何車道配置分述如下：

- 一、中華路北向路段(A 往 C 方向)有一條左轉專用車道、兩條包含機車停等區的直行車道、一條右轉專用車道。
- 二、光明十一路東向路段(B 往 D 方向)有一條包含機車停等區的直左車道、一條右轉專用車道，停等線前位置有一個由 C 往 D 方向的機車待轉區。
- 三、中華路南向路段(C 往 A 方向) 有一條由中央分隔島劃分出的左轉專用車道、兩條包含機車停等區的直行車道、一條右轉專用車道，停等線前位置有一個由 D 往 A 方向的機車待轉區。
- 四、福興路西向路段(D 往 B 方向)的指向線不明顯或是已經塗銷，根據空拍圖推測為一條直左車道、一條直右車道及一條慢車道。直右車道與慢車道前有一個機車停等區。停等線前有一個由 A 往 B 方向的機車待轉區。



圖 7.4-1 中華路、福興路及光明十一路口空拍圖（右上方為北）

本計畫擇定上午 9：00 進行拍攝，上午時段的時制計畫表如圖 7.2-6 所示，為四時相號誌化路口，中華路雙向(A 及 C 方向)為五燈式號誌燈配置、光明十一路(B 方向)為四燈式號誌配置，福興路(D 方向)為三燈式號誌配置。

週期180秒	時相一	時相二	時相三	時相四
執行時間 09:00 ~ 17:00 中華路 光明11路/福興路				
綠燈	75	15	31	31
黃燈	4	4	4	4
全紅	3	3	3	3
說明	中華路南北向綠燈 (僅直行及右轉)	中華路南向左轉綠燈 中華路北向左右轉綠燈	光明十一路東向綠燈	福興路西向綠燈 中華路北向右轉綠燈 光明十一路東向右轉綠燈

圖 7.4-2 中華路、福興路及光明十一路口之號誌時制表

備註：機關提供之時相表為 B 方向為紅燈，但現場調查發現 B 方向為右轉綠燈，分析時修正如圖所示。

7.4.2 分析結果

透過交通衝突分析平台，可以產生各種圖表，包含衝突熱點密集區域、車流軌跡合理性、超速情形、待轉區溢出情形、標線及空間合理性綜合檢查、機會左轉分析、路口穿越衝突分析。各項圖表如圖 7.4-3~圖 7.4-9 所示。其中，最大速度及相對速度之下限設定為 5 km/h、不顯示低風險衝突點。此外，本路口沒有機會左轉情境，其輸出圖表僅供參考。

一、衝突點密集區域

以視覺化方式檢視衝突點在路口區域的空間分布。



圖 7.4-3 新竹縣中華路、福興路、光明十一路口之衝突熱點密集區域

備註：1. 機車待轉區：中華路南向及福興路側機車待轉區劃設位置過於貼近行穿線，車輛在待轉時容易壓到行穿線影響到行人通行。

2. B 方向上游有距離路口較近的巷道匯流，有車輛會從巷道橫越雙白線從 B 往 D 方向左轉。

3. B 方向機車停等區無法容納足夠的機車數量而溢出，造成高風險衝突點較多。

4. 未依循導引線左轉(切西瓜)，或是無導引線指引車輛左轉。

5. 因機車停等區溢出，後方巷道出來的車輛易停在網狀線上(禁止臨時停車線)。

6. D 方向有高風險衝突點密集之情形，衝突點影片中有機車穿梭停車車陣中進入機車停等區之情形。

7. B 方向機車透過內側車道狹窄空間欲進入前方之停等區，與同方向車道車輛衝突及由 A 至 B 方向之車輛衝突。

8. 直行機車因前方車輛未完全進入機車停等區，因而造成部分車輛需切入右轉車道再進入機車停等區，如果造成壅堵，機車會停滯在車道線上。

9. 公車未進入公車停等區停等而占用車道上下車，造成後方車輛停等和後方機車切換車道造成衝突。

二、車流軌跡合理性

以視覺化方式檢視不同車種在路口中的車流軌跡是否具有合理性。

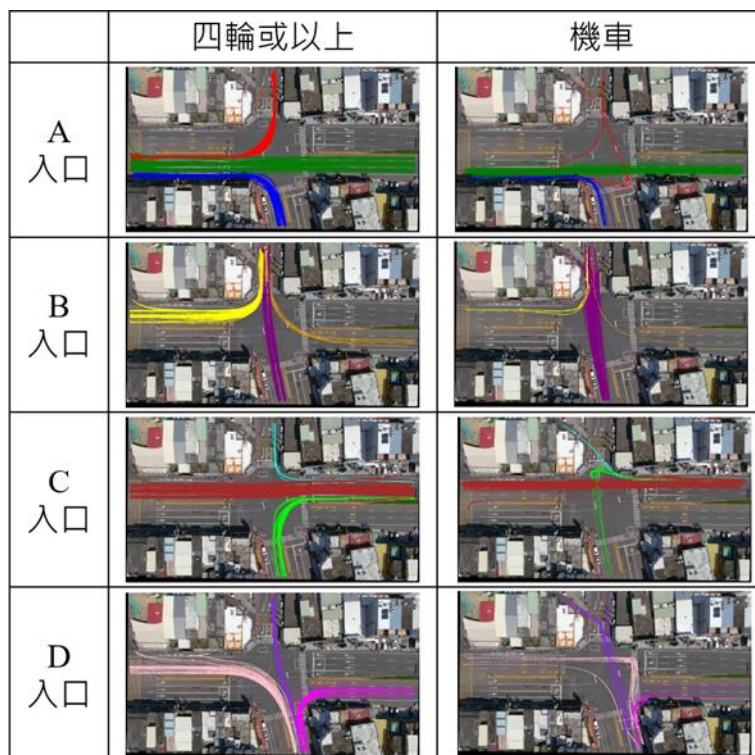


圖 7.4-4 新竹縣中華路、福興路、光明十一路口之車流軌跡圖

備註：1. A、D 方向觀察到機車未依兩段式左轉，直接左轉進入 B 方向。

2. 各方向進入 B 方向之車輛橫越對向車道進入 B 方向左側之巷道。

三、超速情形

檢查路口中的車流是否有超速的情況，並以視覺化方式檢視超速車流於路口中的位置分布及行進方向。

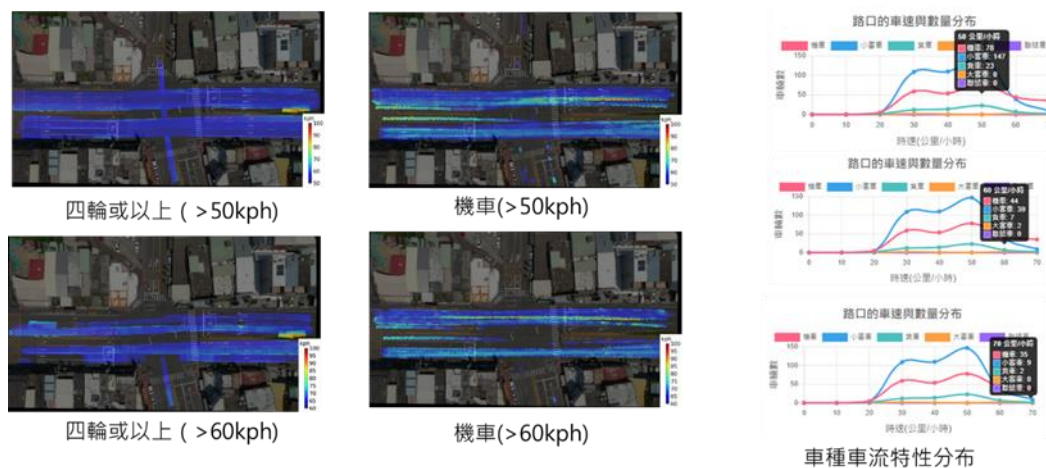


圖 7.4-5 新竹縣中華路、福興路、光明十一路口之超速分布

備註：1. 小型車在 A→C(較嚴重)、C→A 有超速情形，機車在 A →C、C →A 有超速情形。

四、待轉區溢出情形

機車待轉區容易因轉彎的機車數量多，超出待轉區所能容納的數量而溢出待轉區，影響其他車輛的行駛動線及行人穿越道。

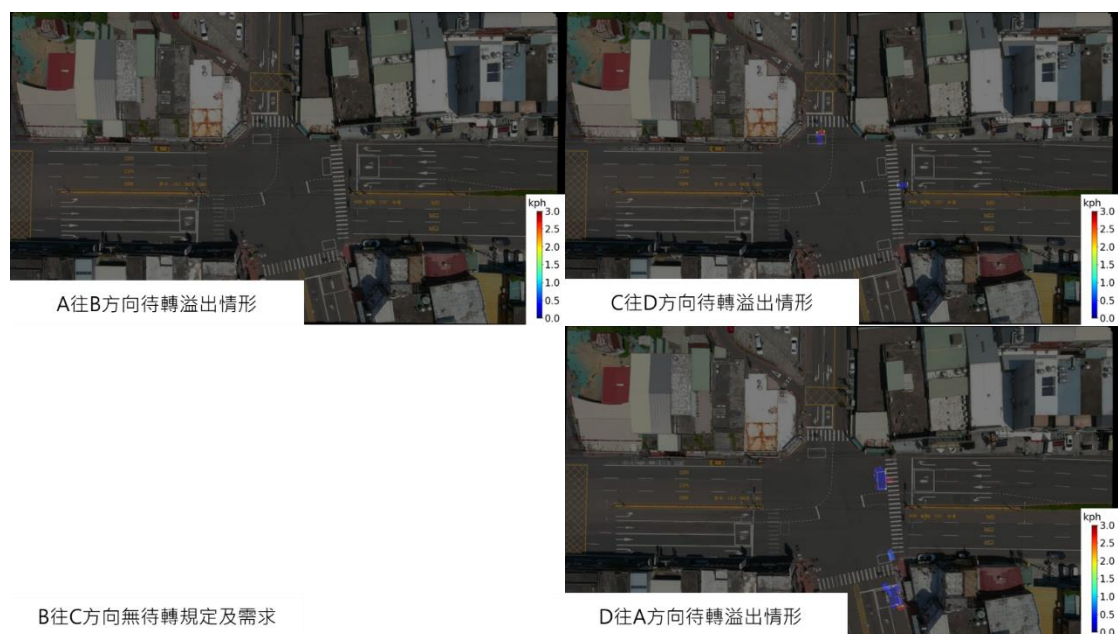


圖 7.4-6 新竹縣中華路、福興路、光明十一路口之待轉區溢流

備註：1. 本路口 A→B 無待轉區溢出情形。

2. 本路口 C→D 有部分待轉區溢出情形，D→A 有待轉區溢出情形。

五、標線及空間使用的綜合性檢查

標線劃設及空間分配會影響路口整體車流動線順暢度，逐一檢視路口中的標線、車道配置、號誌時相等是否有不合理的情況。



圖 7.4-7 新竹縣中華路、福興路、光明十一路口之路口中心與左轉彎軌跡圖
備註：1. 本路口四方向左轉彎車輛有未經路口中心及導引線左轉情形。

六、機會左轉

車輛於無左轉保護時相左轉時，會受到對向直行車的車流狀況影響，產生機會左轉之情形。



入口 方向	左轉車輛							對向直行車輛						兩車相互行為
	車輛數	先行 左轉	燈號轉換期間 左轉	左轉車 未到達中央路口處 左轉	清道時間結束後 仍無法通過路口	外側車道 左轉	機車於 兩段式左轉路口 直接左轉	車輛數	搶黃燈	闖紅燈	紅燈跨越 停止線	超速 法規速限	超速 速限寬容值	
A	31	18	1	29	3	0	0	420	15	1	1	237	75	0
B	7	0	0	7	0	0	0	33	0	0	0	0	0	0
C	31	18	2	29	0	1	0	384	4	0	2	168	38	0
D	46	12	2	36	0	2	1	108	3	2	5	11	1	0

圖 7.4-8 新竹縣中華路、福興路、光明十一路口之機會左轉衝突分析結果
備註：1. 根據號誌時制，無機會左轉之情境。

2. 四個方向的左轉車輛都有明顯的未到達中央路口處左轉(切西瓜行為)。

七、路口穿越衝突

因車輛搶黃燈、闖紅燈、或綠燈未亮前起步、或因清道時間秒數

不足，導致與橫向來車發生之穿越衝突，對應之碰撞型態為交岔撞。

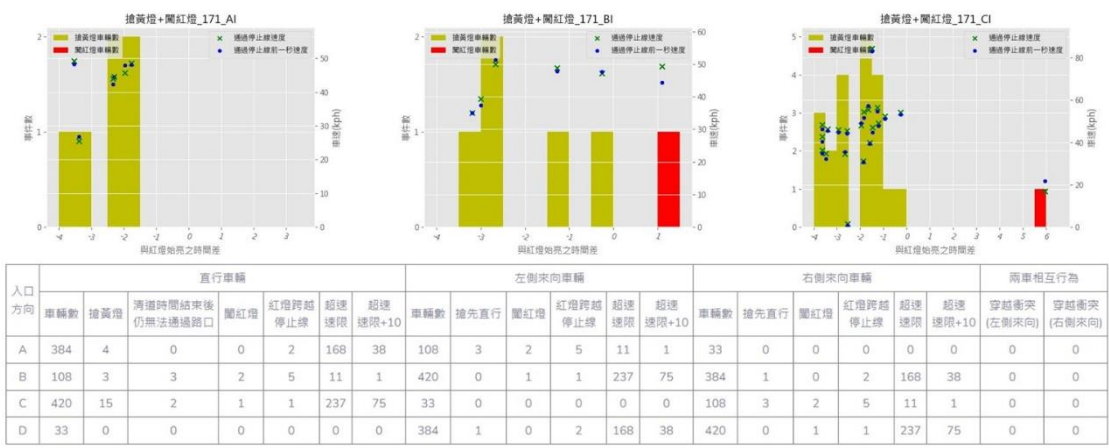


圖 7.4-9 新竹縣中華路、福興路、光明十一路口之路口穿越衝突分析結果

備註：1. A、B、C 方向車輛有部分搶黃燈之行為。

2. A、B、C 方向有少量闖紅燈之行為。

3. A、C 方向有許多超速之車輛。

7.4.3 問題探討

從平台的衝突熱點圖中，可以觀看每個衝突點的類型及詳細資料，及發生衝突前後十秒的影片，了解衝突發生的過程及可能原因。以下將觀察到的風險問題以視覺化或畫面截圖方式加以說明。

一、機車停等區與切入

從圖 7.4-10 可以得知，透過速度熱區分析方法除了可以找出超速之車輛行駛方向，也可以取得車輛停等分佈位置。該圖描述了路口 B 方向及 D 方向機車停等區因車輛停等位置不均，造成後方車輛會需要透過外側車道切入而占用車道線。



圖 7.4-10 機車停等區之速度熱區分析圖

二、機車待轉區之設置問題

從圖 7.4-7 之綠色轉彎軌跡可以得知，機車待轉區如果設置距離行人穿越道過近，容易產生機車在進行待轉時，為符合安全且舒適的轉彎半徑，其行駛軌跡容易壓到行人穿越道並影響行人通過路口之安全性，易產生同向減速衝突及同向變換車道衝突。

三、左轉車未依導引線左轉（切西瓜）

本平台透過繪製 UI 功能，可以繪製路口中心，衡量現場未繪製左轉導引線之切西瓜問題，並且分析出未通過路口中心或是導引線之左轉車輛數量。透過圖 7.4-10 可以得知，大部分左轉車並未依循路口之左轉導引線進行左轉。



圖 7.4-11 左轉車未依導引線左轉之軌跡圖

四、緊鄰路口巷子之交通衝突

透過圖 7.4-3 的衝突熱點圖，發現有過多的嚴重衝突熱點分佈於 B 方向，經由平台檢閱衝突影片及確認衝突型態，B 方向的小巷子與光明十一路之車流發生嚴重衝突，為了更加深入查明問題之根源，本研究查閱 Google 街景發現，在 2020 年 12 月之前，光明十一路 1 巷出口至光明十一路進路口處為黃色網狀線。



圖 7.4-12 進出小巷之汽機車與B方向車流發生嚴重衝突

現況標線應為 2021 年之修改，黃色網狀線縮減為約 7 公尺寬，允許車輛由 1 巷經黃色網狀線進入後左轉或右轉，也允許光明十一路車輛經黃色網狀線左轉或右轉進入 1 巷。黃色網狀線面積過少且緊鄰路口，並且有個多方向的車流通過，導致有很多違規事件（車輛停留於網狀線內、車輛跨越對向車道）及衝突事件。

五、指向線與直行車流流動方向相異

從 B 方向往 D 方向之軌跡圖可以得知（圖 7.4-13），此方向為圓形綠燈且獨立時相，惟因右轉車道之設置導致右轉保護時相之產生，從車流軌跡分佈可以了解應無右轉車與直行車互相阻擋的問題；除此之外，B 方向小巷出來欲直行行駛至 D 方向之車流須併入右轉車道，有標線設置不佳而迫使駕駛人違規之疑慮；而該右轉車道又於時相四有右轉箭頭綠燈，易與 D 方向左轉車流產生匯入衝突，建議可再檢討 B 方向劃設右轉車道之合理性。另外，從圖 7.4-14 直行車輛軌跡圖中

可以得知，在 A 及 C 雙向有許多直行車輛未依循指向線提示而行駛右轉專用車道。



圖 7.4-13 未依循指向線行駛之直行車輛軌跡圖(B方向)



圖 7.4-14 未依循指向線行駛之直行車輛軌跡圖(A、C方向)

六、機車跨越對向直行車道

透過先前衝突熱點圖及車輛行駛軌跡圖可延伸探討，有些許進入 B 方向之機車會經由對向車道進入位於 B 方向之小巷，該軌跡圖之流動方向可以透過圖 7.4-14 呈現。



圖 7.4-15 進入B方向之機車跨越對向車道進入小巷

7.4.4 問題整理

透過上述的問題探討，可確認該路口較有問題的地方在於 B 方向小巷出口的設置方向及標線繪製之問題。機車停等區及機車待轉區之設置問題可能會發生行人衝突及同向直行減速衝突之疑慮。小巷的設置對於進入 B 方向之車流行駛軌跡、巷口的網狀相繪製、車道配置之問題有許多待討論之空間。

7.5 案例四：苗栗縣苗栗市至公路、文發路民族路口

7.5.1 基本資料

位於苗栗縣苗栗市的至公路、文發路及民族路口，路口平面線型為斜交路口，東向為至公路、南向為文發路、西向為民族路、北向為至公路以及一條私人社區道路，路口空拍圖如圖 7.5-1 所示。從圖 7.5-1 空拍圖可以得知，路口幾何車道配置分述如下：

- 一、至公路東向路段(A 往 C 方向)有一條包含機車停等區的左轉專用車道、一條直右車道。
- 二、文發路南向路段(B 往 D 方向)僅有一條包含機車停等區的無劃設指向線車道。
- 三、民族路西向路段(C 往 A 方向) 有一條包含機車停等區的左轉專用車道、一條包含機車停等區的右轉專用車道。
- 四、至公路北向路段(D 往 B 方向) 僅有一條包含機車停等區的無劃設指向線車道。
- 五、至公路東向及至公路北向之間(A 及 D 方向之間)有一條私人社區道路。



圖 7.5-1 苗栗縣苗栗市至公路、文發路民族路口空拍圖(左方為北)

本計畫擇定上午 8：00 進行拍攝，上午時段的時制計畫表如圖 7.5-2 所示，為四時相號誌化路口，至公路東向(A 方向)、文發路(B 方向)、至公路北向(D 方向)為三燈式號誌配置、民族路(C 方向)為四燈式號誌燈配置。

週期131秒	時相一	時相二	時相三	時相四
執行時間 08:30 ~ 11:30 至公路/民族路 文發路/至公路				
綠燈	36	28	16	24
黃燈	5	5	4	4
全紅	2	3	2	2
說明	至公路東向綠燈 民族路右轉綠燈	至公路東向直行右轉 及至公路北向綠燈	民族路西向綠燈 私人社區道路綠燈	文發路南向綠燈

圖 7.5-2 苗栗縣苗栗市至公路、文發路民族路口之號誌時制表

備註：由於本路口為特殊幾何型態之路口，故下方說明各時相方向流動方向。

1. 時相一 A 方向左轉至 B 方向、A 方向直行至 C 方向、A 方向右轉至 D 方向。
2. 時相二 A 方向直行至 C 方向、A 方向右轉至 D 方向。
3. 時相三 C 方向左轉至 D 方向、C 方向直行至 A 方向、C 方向右轉至 B 方向。私人社區道路則為圓頭綠燈。
4. 時相四 B 方向左轉至 C 方向、B 方向直行至 D 方向、B 方向右轉至 A 方向。

7.5.2 分析項目

透過交通衝突分析平台，可以產生各種圖表，包含衝突熱點密集區域、車流軌跡合理性、超速情形、待轉區溢出情形、標線及空間合理性綜合檢查、機會左轉分析、路口穿越衝突分析。各項圖表如圖 7.5-3~圖 7.5-8。其中，最大速度及相對速度之下限設定為 5 km/h、不顯示低風險衝突點。

此路口屬於畸形路口，A-C 方向之距離過長，車輛難以在清道時間內完整通過路口。關於號誌時制部分，四方向之時相配置在時相二，由於該流動方向有機會左轉之情況與原本定義之時相配置有衝突之疑慮，該情況會在 7.5.3 節問題探討進行機會左轉討論。

一、衝突點密集區域

以視覺化方式檢視衝突點在路口區域的空間分布。



圖 7.5-3 苗栗縣至公路、文發路民族路口之衝突熱點圖

備註：1. A 方向直行車，有占用左轉車道之情況。

2. 路口中間若有車輛暫時臨停在路側，後方通過車輛須繞行該車輛，會造成同向直行減速衝突的問題。

3. A 方向直右車道未繪設機車停等區，有機車會穿越車輛到停止線前或是行穿線上停等，也會並排行駛。

4. 在缺乏導引線的引導之下，C 方向車輛如果受到側邊店家臨停車輛影響，行車軌跡改變，會與 A 方向車輛會產生對向偏移衝突。

5. 行穿線繪設距離長，且無專用行人號誌時相，行人與車輛會發生衝突，較難以安全地通過路口。

二、車流軌跡合理性

以視覺化方式檢視不同車種在路口中的車流軌跡是否具有合理性。

	四輪或以上	機車
A 入口		
B 入口		
C 入口		
D 入口		

圖 7.5-4 苗栗縣至公路、文發路民族路口之車流軌跡圖

三、超速情形

檢查路口中的車流是否有超速的情況，並以視覺化方式檢視超速車流於路口中的位置分布及行進方向。

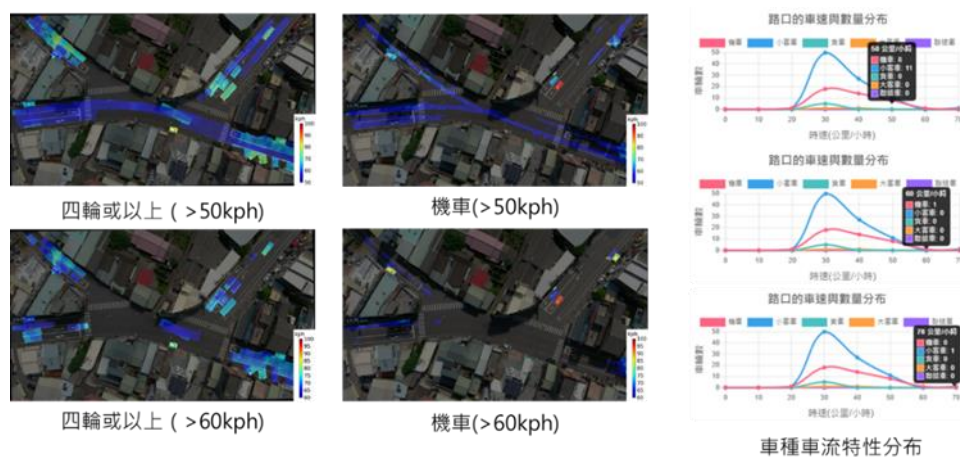


圖 7.5-5 苗栗縣至公路、文發路民族路口之超速分布

備註：1. 本路口四方向皆有少數超速車輛。

四、待轉區溢出情形

機車待轉區容易因轉彎的機車數量多，超出待轉區所能容納的數量而溢出待轉區，影響其他車輛的行駛動線及行人穿越道。本路口無待轉區規定及需求。

五、標線及空間使用的綜合性檢查

標線劃設及空間分配會影響路口整體車流動線順暢度，逐一檢視路口中的標線、車道配置、號誌時相等是否有不合理的情況。



圖 7.5-6 從號誌影片觀察 A 方向車輛流動方向之議題

備註：1. 本路口由於特殊幾何及時相配置，流動方向與時相配置有機會左轉定義衝突之問題。

2. A 方向往 C 方向之車輛，有發現車輛使用左轉車道及直右車道，車道配置上有不易引導車輛行進之疑慮。

六、機會左轉

車輛於無左轉保護時相左轉時，會受到對向直行車的車流狀況影響，產生機會左轉之情形。



圖 7.5-7 苗栗縣苗栗市至公路、文發路民族路口之機會左轉衝突分析結果

備註：1. 本路口由於特殊幾何及時相配置，流動方向與時相配置有機會左轉定義衝突之問題。

2. A 方向有發現往 B 方向機會左轉之衝突。

七、路口穿越衝突

因車輛搶黃燈、闖紅燈、或綠燈未亮前起步、或因清道時間秒數不足，導致與橫向來車發生之穿越衝突，對應之碰撞型態為交叉撞。

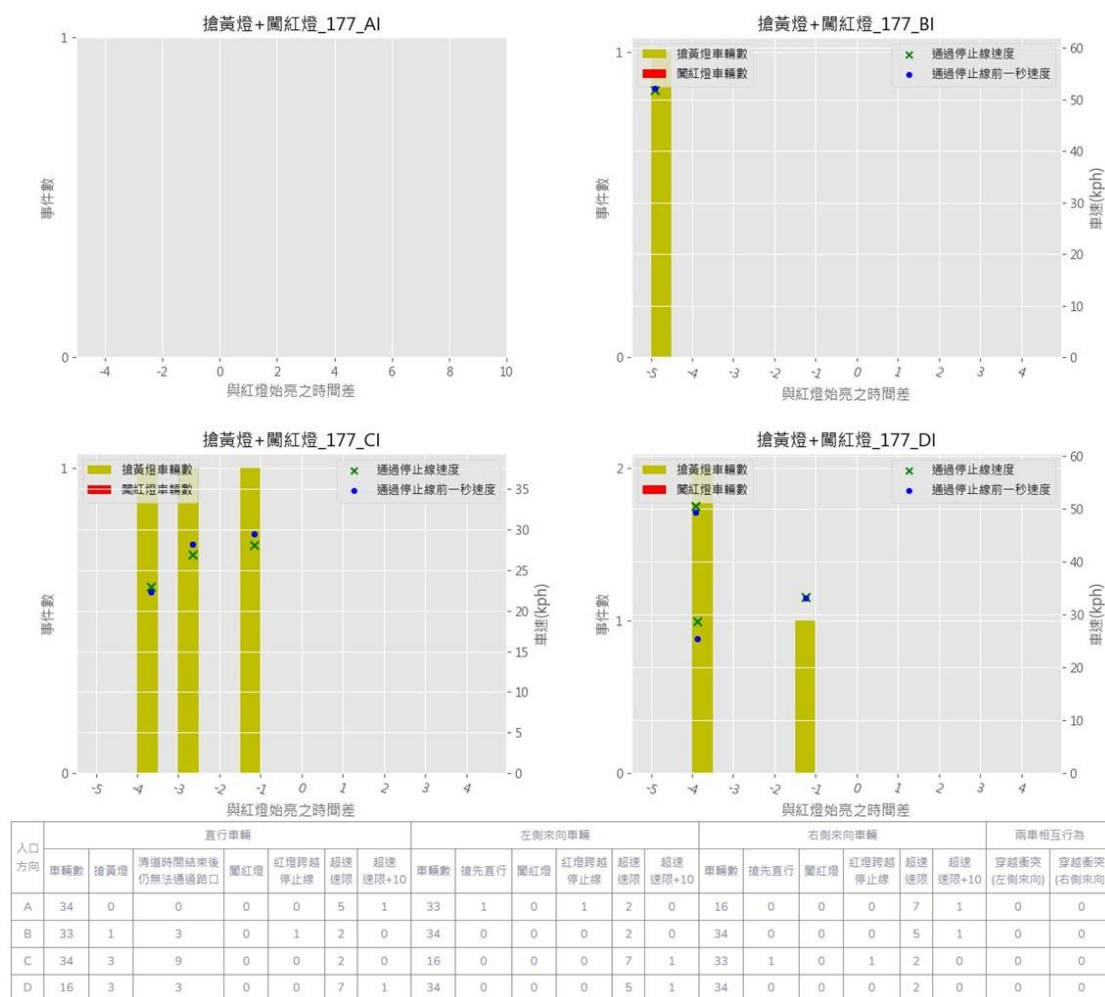


圖 7.5-8 苗栗縣至公路、文發路民族路口之路口穿越衝突分析結果

備註：1. C 方向有少量搶黃燈之行為。

2. A 方向有少量闖紅燈之行為。

3. 四方向有少量超速之車輛。

7.5.3 問題探討

一、路口臨停車輛之問題

透過圖 7.5-8 的號誌影片截圖可發現，當路口內有私人社區道路、以及店面或住家等臨停車輛的情況，影響 A-D、B-D 方向的車流並產生衝突。此處未有劃設任何臨時停車、停車格標線，在認定為路口還是路段尚有疑慮存在。如為路口，則不應存在臨停車輛，應加強取締；如為路段，則應劃設相關的標線，建議地方機關應進一步釐清。



圖 7.5-9 路口內臨停車輛之問題

二、對向穿越衝突之問題（時相一）

該路口之幾何型態較為複雜，路口中央較為狹窄且無導引線指引車輛行駛，易受到路口邊際狹窄導致車輛行駛軌跡產生變化而容易與對向車輛衝突。由圖 7.5-10 及圖 7.5-11 時間範圍內的車輛軌跡圖中可以得知，由 C 方向右轉行駛至 A 方向之白色公車，該車輛轉彎半徑相較於小客車或機車為大，在行駛於路口中央時與 A 方向往 D 方向之機車產生較為明顯之衝突。



圖 7.5-10 對向穿越衝突之問題(時相一)

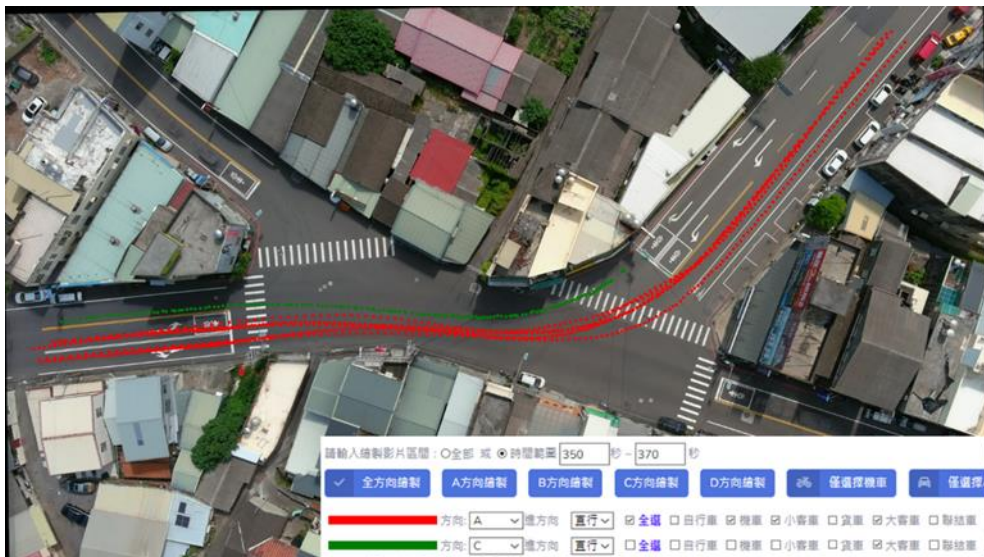


圖 7.5-11 白色公車軌跡(綠色)與對向車輛軌跡(紅色)衝突

三、對向穿越及左轉衝突之問題（時相二）

關於 A 方向(至公路)之時相二設計錯誤，有誤導用路人通行之可能性：

- (一)A 方向為四燈，時相一為圓形綠燈、時相二為右前箭頭綠燈，外側車道之地面標線顯示為直右車道，時相二之燈號與路面標線之指示並不相符，如圖 7.5-12。

- (二)由路口之幾何配置，推測直行方向係指 A-C 動線、右轉方向係指 A-D 動線。因該路口屬畸形路口，由用路人之角度而言，直行/右轉的方向並不明確，如圖 7.5-13。
- (三)時相二允許 A-C、A-D、D-A、D-B、D-C 方向同時能通行，雖 D 方向採圓形綠燈，然而 A 方向採箭頭綠燈，用路人會認為是保護時相，並容易與 D 方向的來車產生對向/穿越衝突，如圖 7.5-14。
- (四)A 方向車輛使用直右車道往 C 方向左轉移動時會遇到 D 方向直行車輛而產生因號誌時相設計錯誤所導致之機會左轉衝突。圖 7.5-7 的機會左轉輸出結果驗證該方向有機會左轉衝突的產生。



圖 7.5-12 至公路A方向路口燈號顯示之示意圖



圖 7.5-13 至公路A-C方向行駛軌跡及衝突說明



圖 7.5-14 至公路A-C、D-A、D-B方向軌跡及機會左轉衝突說明

四、A 方向直行車輛佔用左轉車道

目前 A 方向的車道配置：內側車道為左轉車道 (A-B)、外側車道為直右車道 (A-C、A-D)。該車道設置在圖 7.5-14 的軌跡圖內有發現直行車輛(A-C)佔用左轉車道之情形，建議可考慮將內側車道改為左直車道 (A-B、A-C)、外側車道為右轉車道 (A-D)，以解決時相二的設計矛盾。

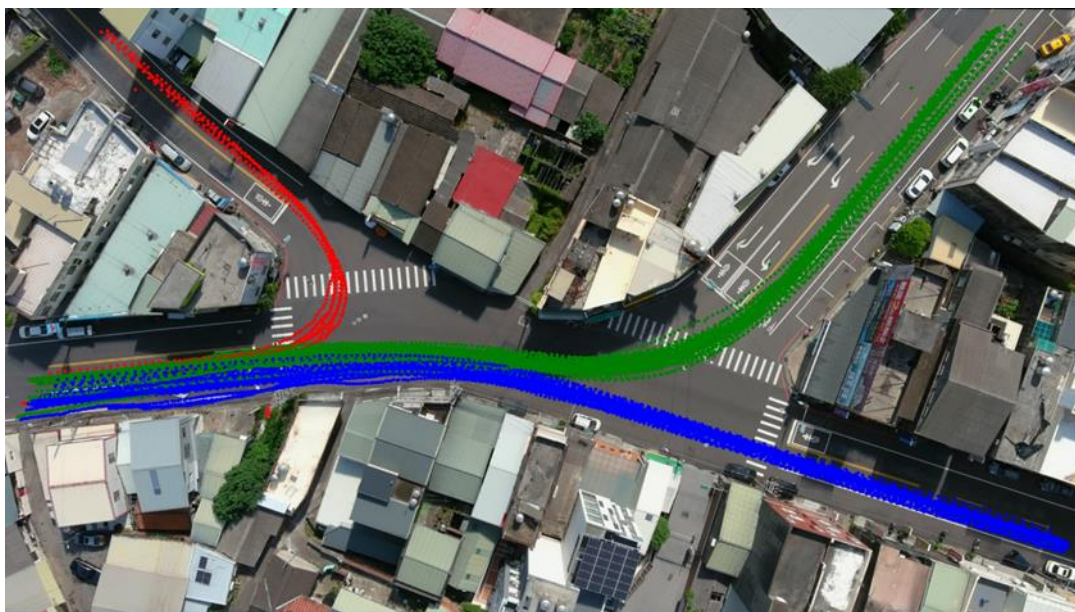


圖 7.5-15 A方向直行車占用左轉車道之軌跡

7.5.4 問題整理

透過上述的問題探討，可發現該路口之幾何配置上和號誌時相上有衝突之疑慮，車輛因無導引線指引可能會與對向車輛產生衝突。除此之外，號誌時相的配置為因應路口配置方式，在號誌時相的配置中應無機會左轉衝突之問題，但是在圖 7.5-13 的時段軌跡圖中則有發現機會左轉衝突之問題。在路口安全的部分，該路口側邊店家或是住家如有發生違法停車或是進出之行為，在尖峰時間可能會造成路口紓解效率降低或是衝突之疑慮。

第八章 前期(110 年度)審查意見辦理情形

有關前期(110 年度)審查意見納入本計畫辦理之事項，經研究團隊測試可行性及調整相關內容及軟體功能，說明辦理情形如下。

8.1 無人機領域

8.1.1 研究空拍燈箱可行性

感謝臺北市交通管制工程處就號誌同步建議採燈箱介接方式，透過使用外接式 LED 號誌燈(如圖 8.1-1)，將控制訊號線接於號控箱或是行人號誌箱，而外接式 LED 號誌燈可放置於行人箱上(如圖 8.1-2)，當無人機空拍路口影像時，可一併拍到此外接式 LED 號誌燈，以取得燈號切換時間點，即可完成號誌同步之目的。

研究團隊亦諮詢本期合作 3 單位(新北市交通局、臺中市交通局、公路總局)此空拍外接式 LED 號誌燈測試方法，3 單位皆回應技術面可行，但仍須實際測試其可行性。研究團隊預計於 112 年與當年度合作單位討論並評估進行此規劃方式之實際效果。



圖 8.1-1 外接式LED號誌燈介接號控箱圖



圖 8.1-2 外接式LED號誌燈可放置於行人號誌燈上示意圖

8.2 分析軟體技術

8.2.1 調整「機慢車道」名稱及系統介面

已完成調整系統介面，「機慢車道」調整名稱為「慢車道」，以符合法規名稱之一致性。

8.2.2 自行車誤認機車改善

本年研究發現即便自行車有 26%機率被誤分類為機車，但仍有 63.7%機率會得到正確的自行車分類結果，這使得絕大多數的自行車透過 SORT 軌跡在投票過程中，不會被少數的誤分類結果影響，最終仍正確地被分類為自行車。，因此目前決定維持成效已然良好的原投票機制。

8.2.3 先導測試計畫功能開發

迄今平台已完成先導測試計畫所需之衝突分析功能，包括右轉衝突、非號誌化路口停讓衝突、機會左轉及路口穿越衝突等四項分析功能，主要可分成兩大部分，分別為設定功能及統計分析功能。

設定功能：提供針對這些分析情境進行路口資訊設定，包括建立路口資訊如停止線、車道數、路口中央位置等設定功能，以及非號誌化路口之停慢讓、閃燈號誌及支幹線道等資訊設定功能，以利統計分析使用。

統計分析功能：經由上述路口資訊之設定，將車流軌跡與路口資訊進行整合運算，依據不同分析需求，如非號誌化路口停讓衝突分析或右轉衝突分析等，進行統計並以視覺化圖表方式呈現，讓使用者能以最快的速度看到完整的分析結果，透過數據統計呈現，也能更清楚的掌握路口狀況。

8.2.4 軟體支援回放功能

關於衝突影片索引回放功能，有時不易點選同一衝突來進行再次播放，故新增重播功能來達成此需求，提供使用者在播放衝突點時段的影片時，能再次重播或暫停該片段，以利檢視分析衝突成因。

8.2.5 軟體依據號誌時相輸出車流軌跡功能

研究團隊進行軟體號誌時相而輸出車流軌跡結果之功能議題討論，針對本(111)年合作單位進行問卷調查，整理書面意見如

表 8.2-1。根據號誌時相而輸出車流軌跡結果需求，3 單位皆回應有需求，分別適用於改善車輛未依指向線行駛情形(如右轉專用道車輛直行)、路口交叉撞或違規闖燈事故才可判別哪個時相秒數不足造成問題、及研究機慢車側撞與待轉區交織車流分析等回應。研究團隊再評估整體開發能量與工作優先順序，於 112 年與本所討論決議工作項次優先順序再決定是否加入此功能。

表 8.2-1 軟體使用意見回覆表(號誌時相)

功能		公路總局	新北市交通局	臺中市交通局
根據號誌時相而輸出車流軌跡結果	是否有此需求	是	是	是
	如有此需求請說明應用方式	改善車輛未依指向線行駛情形(如右轉專用道車輛直行)	路口交叉撞或違規闖燈事故才可判別哪個時相秒數不足造成問題	研究機慢車側撞與待轉區交織車流分析
	開發優先順序(最不優先 1 分, 2 最優先 5 分)		5	2

8.2.6 軟體增加交通量相關資訊

研究團隊進行軟體依時間區間產出及路口說明圖示新增轉向量資訊之功能議題討論，針對本(111)年合作單位進行問卷調查，整理書面意見如

表 8.2-2。根據交通量調查具有依時間區間產出及路口說明圖示新增轉向量資訊需求，公路總局與臺中市交通局回應有需求，分別適用於做為路口交通量調查之參考依據，以及路口交通改善評估轉向量(建議區分機車、大貨車等車種之數量，並且提供 PCU 數據)等回應。研究團隊再評估整體開發能量與工作優先順序，於 112 年與本所討論決議工作項次優先順序再決定是否加入此功能。

表 8.2-2 軟體使用意見回覆表(交通量調查)

功能		公路總局	新北市交通局	臺中市交通局
交通量調查具有依時間區間產出及路口說明圖示新增轉向量資訊	是否有此需求	是	否	是
	如有此需求請說明應用方式	做為路口交通量調查之參考依據	無	設置交通與路口交通改善評估轉向量(建議區分機車、大貨車等車種之計量，並且提供 PCU 數據。)
	開發優先順序(最不優先 1 分，4 最優先 5 分)	4	1	1

8.3 交通分析領域

8.3.1 兩段式機車等相關衝突型態分類

關於衝突型態分類，110 年已針對兩段式左轉，提供設定與分類優化設計。兩段式左轉車輛因會先直行再左轉，行為上與兩個直行近似，如圖 8.3-1，由 A 方向進入後，再兩段式左轉至 B 方向。

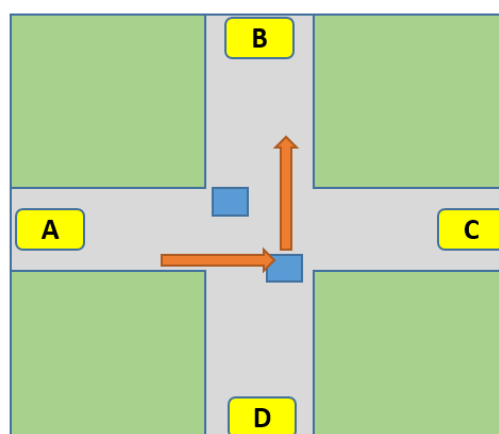


圖 8.3-1 兩段式左轉示意圖

本軟體提供路口之各個方向之車道屬性設定，可將路口設定為兩段式左轉（如圖 8.3-2）。例如：【A 方向設定】若勾選機慢車兩段式左轉，則表示機車由 A 轉向至 B 需要遵循兩段式左轉規定；【B 方向設定】，若勾選機慢車兩段式左轉，則表示機車由 B 轉向至 C 需要遵循兩段式左轉規定，其餘方向如圖 8.3-3 說明。

圖 8.3-2 車道屬性設定

方向設定	代表機車轉向
A	AB
B	BC
C	CD
D	DA

圖 8.3-3 兩段式左轉方向說明

當使用者設定完該路口車道的屬性後，軟體會根據設定，先判斷哪些入口方向的機車必須遵循兩段式左轉，再根據兩車的衝突角度，判斷衝突型態。當衝突角度 $0^\circ \leq \theta < 30^\circ$ 時，訂定為【1.3 同向直行減速衝突】；當衝突角度 $\theta \geq 30^\circ$ 時，則訂定為【1.4 同向變換車道衝突】。

關於兩段式機車的相關衝突型態分類，因組合頗為多樣及複雜，今(111)年為優化交通衝突分類，優先設計機車兩段式左轉之判斷方法，軟體加入【機車待轉判斷線】設定功能，如圖 5.1-3 藍、黃、綠、紅色線段部分，分別代表各個進入方向的待轉判斷線。使用者建置專案後，需在路口底圖以待轉區之前緣，設定各個車道的機車待轉判斷線。軟體將記錄各個方向的機車待轉判斷線，透過計算車輛軌跡與機車待轉判斷線的座標，進而判斷機車軌跡是否有通過機車待轉判斷線，做為判斷機車是否為逕行左轉，或為於待轉區停等之後的兩段式左轉依

據，再根據此計算結果，調整的衝突分類資訊，以利改善衝突分類判斷的邏輯。詳見章節 5.1 調整交通衝突分類加以說明。

8.3.2 測試以道路標線計算比例尺

本計畫透過影像比例尺來進行影像軌跡及真實距離之換算。110 年計畫採用測距輪量測路口現場點與點之間的距離(m)，與無人機靜態影像(pixel)進行比例計算。透過驗證程序，誤差範圍可控制在 3%範圍之內。然而，現場路口量測需要額外的時間與人力，量測路面上的標的物時也需要隨時注意車流狀況避免以外發生。由於道路標線有法定的尺寸規範，在道路標線繪製尺寸的精確度足夠高的情況下，或可透過道路標線進行影像比例尺的計算工作。

因此，本節將進行測試，探討透過道路標線計算比例尺之誤差範圍。測試方法為將現場量測方法跟道路標線量測方法的結果進行比對，兩個方法的說明如下：

一、現場量測方法

- (一) 使用工具：測距輪或電子測距儀。
- (二) 路口空照圖紙本/筆、預定拍攝範圍、預先標記 3~4 條興趣點 (Point of Interests, POI)連線。
- (三) 現場來回量測一次興趣點間距並記錄、擷取空拍靜態影像進行比例尺驗證(參考圖 8.3-4)。
- (四) 由空拍影像截圖中，找出 POI 位置。
- (五) 由截圖註記興趣點連線之 (x, y) 座標 (單位：Pixel)。
- (六) 比例尺計算上述數值，平均計算各興趣點連線 Pixel-to-Meter 轉換之間，最大值與最小值的均方誤差，應小於百分之 3，確認影像不會有變形問題。
- (七) 輸入平台的比例尺為 Pixel-to-Meter，記錄到 3~4 個有效數值。

二、道路標線量測方法

- (一) 使用工具：路口空拍影像截圖、法定標線規格
- (二) 路口空照圖紙本/筆、預先標記 3~4 條 POI (車道線、指向線)
- (三) 由空拍影像截圖中，找出 POI 位置 (參考圖 8.3-5)
- (四) 由截圖註記 POI 的 (x, y) 座標 (單位：Pixel)
- (五) 輸入平台的比例尺為 Pixel-to-Meter，記錄到 3~4 個有效數值

三、現有標線測試-第一階段

本階段以路口範圍較小的四期先導測試路口進行測試，路口名稱為臺北市信義路與松仁路口，該路口車道線可供進行短距離及長距離車道線比例尺測試，本階段進行圖 8.3-4 現場量測分析方法與圖 8.3-5 短距離標線 (4 公尺之車道線、5 公尺之指向線) 之比較。透過表 8.3-1、表 8.3-2、表 8.3-3 可以得知，現場量測的誤差為 2.0875%、4 公尺車道線的量測誤差為 5.9101% (E1、F1、G1、H1)、5 公尺的指向線的量測誤差為 8.1227% (I1、J1、K1、L1)，三者相較下來現場量測比例尺之結果較有優勢，4 公尺車道線相較於 5 公尺指向線較有優勢。

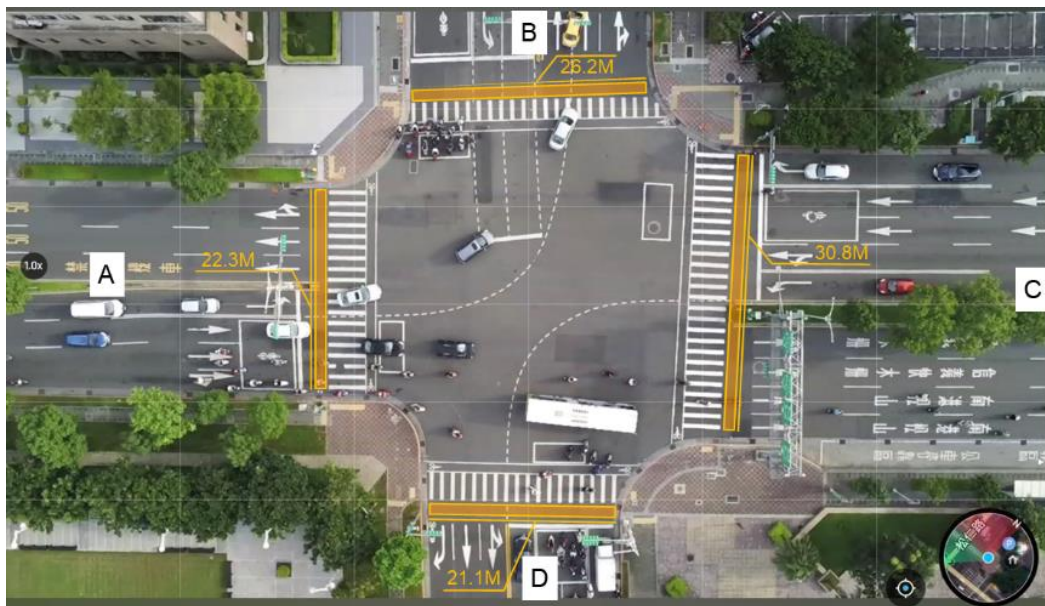


圖 8.3-4 現場測距輪量測之 POI 圖(臺北市信義路松仁路口)



圖 8.3-5 4 公尺車道線及 5 公尺指向線之 POI 圖(臺北市信義路松仁路口)

表 8.3-1 第一階段現場量測行穿線之分析表（臺北市信義路與松仁路口）

POI	x1 座標	y1 座標	x2 座標	y2 座標	畫面距離(Pixel)	測距輪距離(m)	Pixel to Meter	Meter to Pixel	Maximum Difference
A	1136	1442	1148	702	740.0972909	22.3	0.03013	33.1882	2.0875%
B	1460	379	2339	371	879.0364043	26.2	0.02981	33.5510	
C	2658	590	2590	1615	1027.253133	30.8	0.02998	33.3524	
D	2197	1882	1504	1857	693.4507913	21.1	0.03043	32.8650	

表 8.3-2 4 公尺車道線之比例尺分析表（臺北市信義路與松仁路口）

POI	x1 座標	y1 座標	x2 座標	y2 座標	畫面距離(Pixel)	長度(m)	Pixel to Meter	Meter to Pixel	Maximum Difference
E1	237	856	375	858	138.014492	4	0.02898	34.5036	5.9101%
F1	574	958	709	961	135.0333292	4	0.02962	33.7583	
G1	242	957	378	958	143.0139853	4	0.02797	35.7535	
H1	1712	1952	1716	2087	135.0592463	4	0.02962	33.7648	

表 8.3-3 5 公尺指向線之比例尺分析表（臺北市信義路與松仁路口）

POI	x1 座標	y1 座標	x2 座標	y2 座標	畫面距離(Pixel)	長度(m)	Pixel to Meter	Meter to Pixel	Maximum Difference
I1	870	809	1037	809	172	5	0.02907	34.4000	8.1227%
J1	873	1010	1039	1011	166.003012	5	0.03012	33.2006	
K1	638	1407	797	1412	159.0785969	5	0.03143	31.8157	
L1	1661	1956	1668	2119	163.1502375	5	0.03065	32.6300	

四、現有標線測試-第二階段

本階段以路口範圍較大的 110 年先導測試路口進行測試，路口名稱為臺北市信義路與松仁路口，該路口車道線可供進行長距離車道線比例尺測試，測試情境分別為沿用第一階段現場量測行穿線、第二階段之 10 公尺、20 公尺車道線距離比例尺計算，計算 POI 圖分別由圖 8.3-6、圖 8.3-7 所示。透過表 8.3-4、表 8.3-5、表 8.3-6 可以得知，現場量測的誤差為 2.0875%、10 公尺車道線的量測誤差為 3.9059% (E2、F2、G2、H2)、20 公尺的車道線的量測誤差為 5.2538% (I2、J2、K2、L2)，三者相較下來現場量測比例尺之結果較有優勢，10 公尺車道線較 20 公尺車道線較有優勢。



圖 8.3-6 現場測距輪量測之 POI 圖(臺北市信義路松仁路口)



圖 8.3-7 道路現有長距離標線量測之 POI 圖(臺北市信義路松仁路口)

綜合以上，透過測試可得知不論是短距離或是長距離現場標線，其誤差範圍都來的比現場測距輪量測來的大，推論可能是現場標線易受到天候或是車輛磨損之影響導致其產生更多誤差。因此，如果研究者對於比例尺準確度之要求較高，建議多花費時間與人力進行現場量測以求較為精準之結果。如果對於比例尺準確度之要求較低，且調查時沒有進行現場量測，則可以採用道路標線取代之。但其誤差範圍可能會比較大，短距離誤差範圍大約在 5~10% 之間、長距離誤差範圍大約在 4~8% 之間。本(111)年度團隊預計採用現場量測及現有道路標線量測 POI 兩者互補之方式，在現場較難進行測距輪量測時，可以採用道路現有標線進行量測，達到相輔相成之結果。

表 8.3-4 第二階段現場量測行穿線之比例尺分析表（臺北市信義路與松仁路口）

POI	x1 座標	y1 座標	x2 座標	y2 座標	畫面距離(Pixel)	測距輪距離(m)	Pixel to Meter	Meter to Pixel	Maximum Difference
A	1136	1442	1148	702	740.0972909	22.3	0.03013	33.1882	2.0875%
B	1460	379	2339	371	879.0364043	26.2	0.02981	33.5510	
C	2658	590	2590	1615	1027.253133	30.8	0.02998	33.3524	
D	2197	1882	1504	1857	693.4507913	21.1	0.03043	32.8650	

表 8.3-5 10 公尺長度白加虛車道線之比例尺分析表（臺北市信義路與松仁路口）

POI	x1 座標	y1 座標	x2 座標	y2 座標	畫面距離(Pixel)	長度(m)	Pixel to Meter	Meter to Pixel	Maximum Difference
E2	42	855	375	857	333.006006	10	0.03003	33.3006	3.9059%
F2	485	1285	821	1288	336.0133926	10	0.02976	33.6013	
G2	3063	1544	3408	1547	345.0130432	10	0.02898	34.5013	
H2	3275	807	3621	804	346.0130055	10	0.02890	34.6013	

表 8.3-6 20 公尺長度白加虛車道線之比例尺分析表（臺北市信義路與松仁路口）

POI	x1 座標	y1 座標	x2 座標	y2 座標	畫面距離(Pixel)	長度(m)	Pixel to Meter	Meter to Pixel	Maximum Difference
I2	235	857	896	858	661.0007564	20	0.03026	33.0500	6.0632%
J2	3067	1440	3767	1439	700.0007143	20	0.02857	35.0000	
K2	48	959	708	960	660.0007576	20	0.03030	33.0000	
L2	3830	903	3130	908	700.0178569	20	0.02857	35.0009	

8.3.3 路口中央區域偵測區之劃設方式

110 年之應用情境「機會左轉」，當中的風險駕駛行為[R3]左轉車未到達路口中央處左轉（過彎「切西瓜」），其軌跡判斷邏輯為左轉車輛的完整軌跡沒有與繪製的路口中央區域交會，當中路口中央區域偵測區未有訂定客觀的劃設方式。因此本節將進行不同大小區域的敏感度測試，並嘗試歸納出路口中央區域偵測區的劃設方式 SOP。

以下採用臺北市南港區向陽路與市民大道七段、八段路口為例，針對機會左轉的車流動線進行探討分析步驟為：

一、劃設不同大小的中央區域

- (一) 以 AC 方向和 BD 方向之實體分隔島或分向限制線做連線，找出路口中心點。
- (二) 以路口中心點為基準，再以 0.5~2 車道寬向外延伸，畫出形狀相同、大小不同的中心區域(四邊形)。

二、計算切西瓜的車輛數及比例

三、比較不同中心區域大小所產生之結果

劃設不同大小的中央區域的示意圖如圖 8.3-8，當中由兩條紫色虛線相交處為路口中心點，分別向外延伸 0.5、1、1.5、2 個車道寬為延伸長度所畫出綠色、紅色、黃色、藍色之框格做為路口中央區域範圍，個別測試左轉車輛中分別有多少比例車輛為未達路口中心左轉。敏感度測試結果如圖 8.3-9 所示，該路口之 A、C 方向未設有左轉保護時相，因此為分析對象，結果顯示未達中心左轉車數及比例隨中心區域越大而下降，與直覺相符。

經實驗並與本所討論後，「由路口之分向限制線或實體分隔連線找出路口中心點，並往外延伸」，應是容易理解及執行的劃設方法。而本研究尚有進行不同路口型態的測試，包括正交路口及斜交路口，將延伸長度以車道寬之倍數（0.5~2.0）進行模擬測試，結果具有一致性。然而，延伸長度越大、切西瓜（違規）比例越低，但該如何認定是否切西瓜之行為有其主觀性，而且路口寬度、斜交夾

角之角度等亦是影響結果之因素，並不存在最佳設定值。

經測試，本研究建議將延伸長度設定為 1 車道，分析人員可參考前述敏感度分析結果，依個人認知及當地的執法嚴格程度等，加以調整。而當路口有畫設左轉彎導引線時，則可採用導引線做為偵測區範圍的參考依據，因軌跡線代表車中心，建議偵測區範圍可採與導引線之間剩約車身寬度一半之距離。

綜合以上之討論，本研究建議路口中央區域偵測區之劃設方式為：

- 一、無左轉彎導引線：由路口之分向限制線或實體分隔連線找出路口中心點，將中央區域偵測區訂為由路口中心點向外延伸 1 車道寬（或約 3 公尺）之距離為範圍，如圖 8.3-10(a)所示。
- 二、有左轉彎導引線：由路口之分向限制線或實體分隔連線找出路口中心點，將中央區域偵測區訂為由路口中心點向外延伸至與導引線剩約車身寬度一半（或約 0.9 公尺）之距離為範圍，如圖 8.3-10(b)所示。

以上的建議劃設方式主要針對正交路口來訂定，如遇特殊路口（如非正交、不對稱車道），則需分析人員加以判斷並調整為較合適的劃設方式。

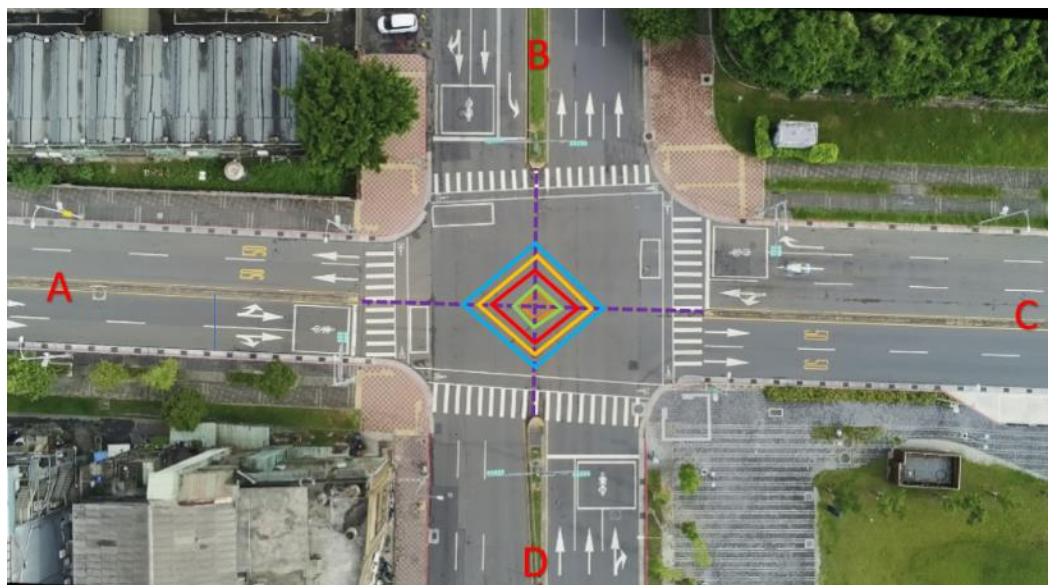
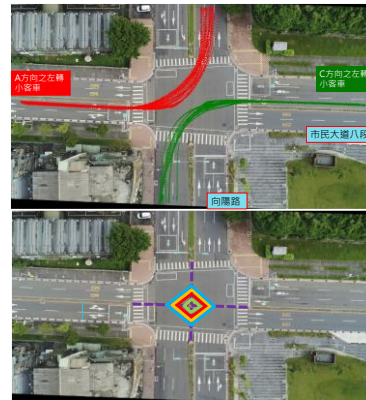
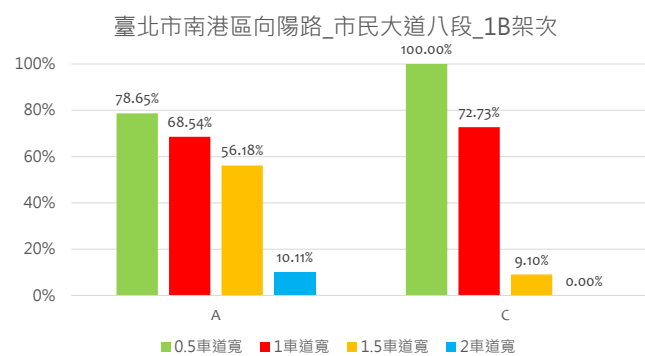
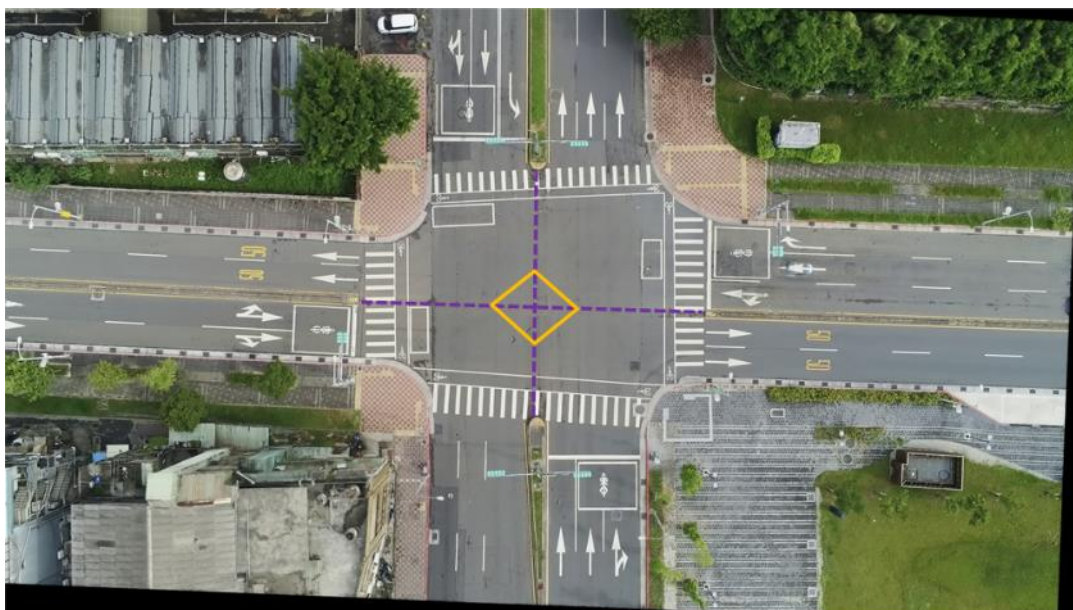


圖 8.3-8 路口中央區域大小敏感度測試圖（臺北市南港區向陽路市民大道八段）

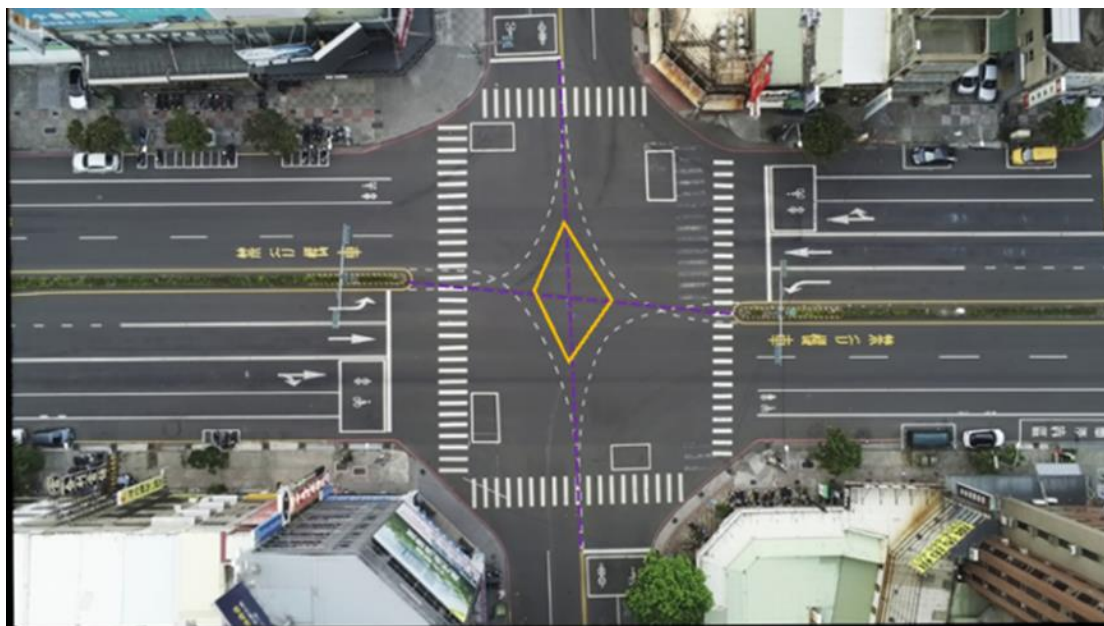


入口方向	左轉車數	0.5車道		1車道		1.5車道		2車道	
		未達中心左轉車數	未達中心左轉車比例	未達中心左轉車數	未達中心左轉車比例	未達中心左轉車數	未達中心左轉車比例	未達中心左轉車數	未達中心左轉車比例
A	89	70	78.65%	61	68.54%	50	56.18%	9	10.11%
C	11	11	100.00%	8	72.73%	1	9.10%	0	0.00%

圖 8.3-9 路口中央區域大小敏感度測試結果 (臺北市南港區向陽路市民大道八段)



(a) 無左轉彎導引線



(b) 有左轉彎導引線

圖 8.3-10 路口中央區域偵測區之建議劃設方式

8.3.4 軟體門檻值設定

本研究開發之軟體現況已可提供使用者一些門檻值進行設定，如 TTC、PET、最大車速、相對速度等，後續可再視實際需求，進行討論可行性後，規劃進行軟體門檻值開發與開放設定之需求。

8.3.5 軟體超速議題討論

研究團隊進行軟體超速議題討論，針對本(111)年合作單位進行問卷調查，整理書面意見如表 8.3-7。超速行為觀察（超速分布圖）增加以綠燈時相前中後期的數量分析需求，3 單位皆回應有需求，分別適用於改善車輛超速路段之參考依據，以及直線路段超速問題嚴重可於超速位置設置交通工程減少超速情形等回應。研究團隊再評估整體開發能量與工作優先順序，於 112 年與本所討論決議工作項次優先順序再決定是否加入此功能。

表 8.3-7 軟體使用意見回覆表(超速議題)

功能		公路總局	新北市交通局	臺中市交通局
	是否有此需求	是	是	否
超速行為觀察 (超速分布圖)增加以綠燈時相前中後期的數量分析	如有此需求請說明應用方式	改善車輛超速路段之參考依據	直線路段超速問題嚴重，可於超速位置設置交通工程減少超速情形	無
	開發優先順序 (最不優先 1 分，最優先 5 分)	3	4	3

8.3.6 減速度後處理及急減速事件之判斷

本(111)年度計畫欲新增急減速事件之判斷並繪製減速熱區圖之功能，用以視覺化車輛速度變化的分布情形。然而，運用原始軌跡直接計算減速度，發現減速度受軌跡框格誤差之影響，結果波動嚴重，無法用於急減速車輛的偵測。因此，本研究提出後處理的模型及參數調教，期望能降低減速度資料之波動，並判斷有發生急減速的車輛，並輸出其急煞車行為。

本研究嘗試以資料平滑的處理方式，已知速度及加速度的計算方法，分別為時間間隔的距離變化，以及時間間隔的速度變化，其公式如下：

$$v(t) = \frac{x(t) - x(t - m)}{m} \quad (8.3-1)$$

$$a(t) = \frac{v(t) - v(t - n)}{n} \quad (8.3-2)$$

$v(t)$ 與 $a(t)$ 分別表示該時間下的瞬間速度與瞬間加速度， $x(t)$ 表示該時間下的位置資訊， m 與 n 分別代表速度與加速度的時間間隔參數。從上述資訊可知，速度及加速度受時間間隔影響，為了找出最適

合之時間間隔，本分析將以 m 及 n 做為平滑參數，期望能找出適合的參數值，降低資料抖動所造成的計算誤差。並且，考量計畫實際分析需求，以下的分析資料中，主要將會探討減速度的平滑設定。

以下採用一個案例進行分析說明。一輛兩段式左轉機車為了趕在紅燈之前到達機車待轉格，以較快的速度行駛，接近待轉區時才緊急減速將車輛速度放慢，示意如圖 8.3-11 所示。接著，使用不同的時間間隔組合，探討其速度與加速度計算結果的變化，從中找出合適的參數值。於分析中，會將平滑參數 m 與 n ，分別進行 1、5 與 10 的數值設定，計算車輛的瞬間速度及瞬間減速度，並以視覺化的方式呈現各組合參數計算結果，見圖 8.3-12。從圖中可以發現，當 $m=1$ 與 $n=1$ 時，瞬間速度尚能呈顯整體趨勢，然而瞬間減速度卻會呈現震幅過大，導致此資料無實際分析意義；當 $m=5$ 與 $n=5$ 時，可看出不論是瞬間速度或是瞬間減速度皆呈現整體趨勢，且能看出資料的變化；當 $m=10$ 與 $n=10$ 時，兩種類別的資料皆呈現整體趨勢，然而會發現瞬間減速度無法找到小於 $5 m/s^2$ 之值，意即此事件將不被視為急減速事件，可能有過度平滑的情況。因此，考量保有速度及減速度趨勢的同時也能夠呈顯急減速事件，建議平滑參數設定為 $m=5$ ， $n=5$ 。

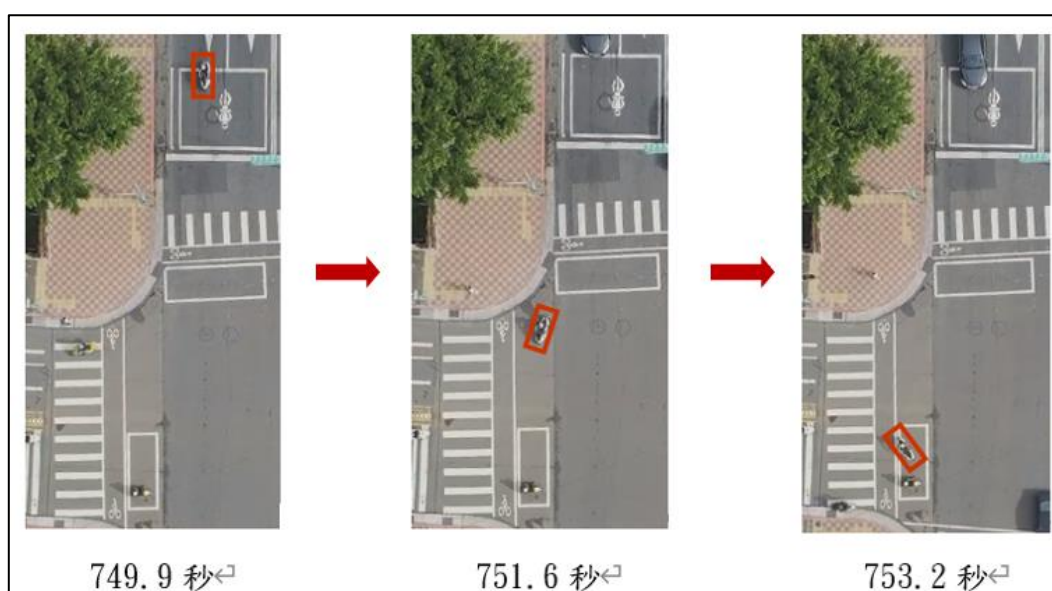


圖 8.3-11 減速度平滑分析之案例示意圖

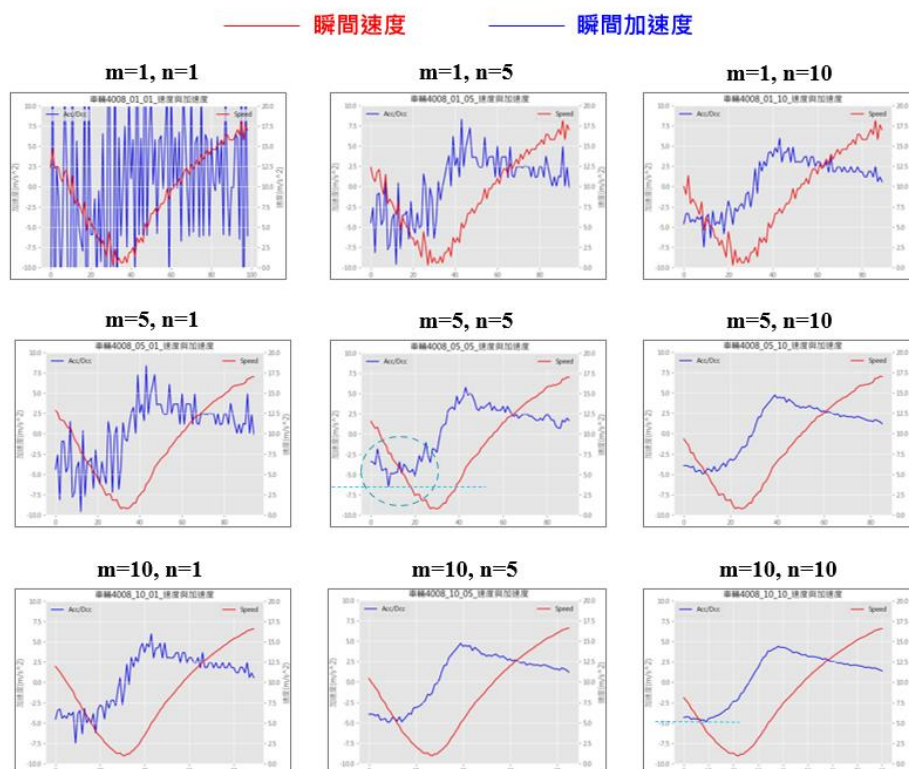


圖 8.3-12 瞬間速度及減速度平滑分析之參數組合計算結果圖

急減速可以做為危險事件的偵測指標，過去文獻對於急減速做為偵測危險事件的門檻值已有探討，參考吳昆峯等人(2020)對於門檻值的回顧整理，以及 Wang et al. (2018)，Hill et al. (2019)、Mcgehee et al. (2007)、Perez et al. (2017)，可發現門檻值的數值範圍由 2.7 m/s^2 ($0.27g$ ， $1g=9.8\text{m/s}^2$) 至 7.35 m/s^2 ($0.75g$) 不等，不同研究方法及資料所得到的結果有所不同，以 $0.35g$ 、 $0.5g$ 、 $0.65g$ 為較多文獻所訂定的門檻。因此，後續的平台功能開發，將採用 $0.35g$ 、 $0.5g$ 、 $0.65g$ 為不同程度急減速事件的預設門檻值（快速鍵），使用者仍可自由輸入欲呈現之門檻值。

經以上分析及軌跡資料後處理，急減速事件的判斷方式應已完畢。而急減速事件的分析功能尚在開發中，僅以圖 8.3-13 之急減速熱區圖呈現目前進度。後續將會探討急減速危險事件的呈現方式，將急減速的程度、頻次、急減速事件發生時的車速納入考慮，並嘗試結合時間維度，顯示車輛的減速是否與號誌轉換相關。

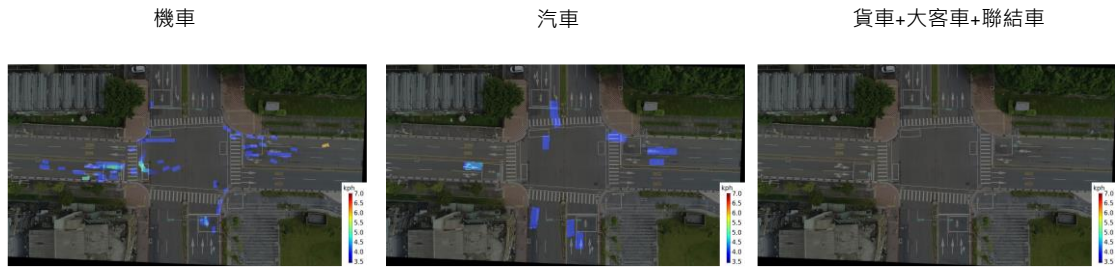


圖 8.3-13 急減速熱區圖（減速度超過 0.35g）

8.4 未來發展方向

8.4.1 未來研究目標討論

研究團隊建議未來研究方向除了針對路口相關先導計畫，與地方機關持續進行合作與使用意見交流外，亦持續精進並改善分析軟體功能。而路段相關先導計畫建議可分行為面與空間面進行探討，行為面議題如車道混流、車流秩序、車道使用、超車情況等；空間面議題如車道縮減或拓寬、外側車道設施（停車格、公車站）、內側車道管制（禁行機車）之影響等。

8.4.2 與顧問公司進行交流訪談

111 年除了與合作機關交流外，亦安排於 12 月與鼎漢國際工程顧問股份有限公司進行會議交流，針對桃園市八德區和平路與和強路（福德一路）、桃園市八德區長興路與崁頂路之路口，使用無人機空拍影像資料，透過軟體分析之輸出軌跡、衝突點、速率分佈圖等資料，探討交通衝突等相關議題、交通工程改善建議等，以獲得更多實務單位之需求回饋。

8.4.3 公開相關資訊供交通研究參考

研究團隊已偕同本所完成申請辦法，於 111 年 10 月 27 日於本所官方網站公布「110-112 年無人機空拍 AI 公開資料授權使用公告」及「交通衝突分析軟體授權使用公告」，提供給相關個人或單位據以申請本計畫所產出之 AI 公開資料，以及試用交通衝突分析軟體，以擴

大本計畫研究成果應用及合作。

第九章 下(112)年度計畫研究方向

9.1 先導測試計畫

根據 110 年之先導測試計畫之盤點結果，112 年度先導測試計畫之建議課題預定為「機會左轉(進階分析)」、「人車衝突」(請參閱 110 年報告書之表 6.2-2)。合作機關方面，為推廣本研究之軟體並廣泛蒐集意見，初步規劃以六都當中尚未曾合作之機關為優先合作對象，包括桃園市、臺南市。

9.2 改善影像辨識追蹤技術

- 一、從最新的 YOLOv7 對小物件的偵測表現來看，目前新架構技術的進步空間已相當有限。為了增添行人外觀上的可能特徵，或許可將目前幀加上前後幀的灰階畫面，重新排列成 RGB 彩色影像以偵測移動中的行人外觀變化。
- 二、旋轉框的偏斜是另一個傳統難題，雖然可以靠著影像處理技巧獲得一定程度上的解決，但也容易遇到例外狀況而使原本正確的角度結過遭到誤判。未來有需要找尋新的機制來判斷兩者中何者結果更為可靠，或是給出另一種評斷方式，取三者中較接近兩者之均值做為代表。

9.3 優化分析軟體

目前交通衝突分析軟體已完成專案權限管理及先導測試計畫分析視覺化圖表等功能，提供管理者能依據不同需求分配不同專案之觀看權限，並能以視覺化圖表呈現非號誌化路口停讓衝突、右轉衝突、機會左轉及路口穿越衝突之分析結果，讓使用者能快速掌握分析重點，提升衝突分析效率。此外，完成軌跡繪製功能升級、衝突影片回放功能升級、兩段式左轉判斷方法強化及速度/減速度熱區圖等功能，並依據分析需求，新增多項快捷鍵，大幅提升使用便利性及功能彈性。

鑒於號誌時相資訊對於許多分析情境或工具都相當重要，例如車流軌跡、速度/減速度熱區圖等目前雖已可選擇繪製的時間區間，但並不知道是否在一個完整的時相中，若有這樣的資訊，可看到一個完整時相的交通表現，對於車輛行為的分析能更具體。故規劃明年針對

軟體上的時相表進行資訊轉換，讓號誌時相的時間戳記能跟衝突分析工具融合運算，達到具體分析的效果。

此外，目前時相表以五個燈號來表現路口的號誌狀況，與現實的燈號狀況常有不一致之現象，考量現實狀況與法規，後續將優化號誌時相表，未來號誌會支援至多到六個號誌，並可調整目前的號誌轉換影片，來顯示實際路口正確燈號數，以期夠更貼近實際路口號誌情形。

最後，無論是數據分析結果或視覺化圖表呈現對於衝突分析都有很大助益，然而交通單位常需彙整各方評析報告，以利綜整說明，故可規劃依據使用者需求，將分析軟體產出的數據資料或圖表匯出，充分利用數位資料的可移轉性，增加數據分析的價值。

9.4 無人機空拍影像

今(111)年度為展延無人機飛行時間、增加空中制穩能力及提升影像拍攝品質，選用已取得 NCC 型式認證的美國品牌無人機 Autel EVO II Pro 進行拍攝。明年可持續搜尋市面上可適用於路口空拍之小型無人機，若有規格符合者再評估是否需進行測試。

9.5 分析軟體之推廣應用模式

111 年規劃之推廣應用模式，包括：

- 一、與 6 都之 2 市(預定為桃園市、臺南市)進行先導測試計畫落地性合作。
- 二、配合本所易肇事地點改善計畫，執行 4 處易肇事路口分析服務。
- 三、與新北市、公總進行事後改善分析，完成此兩單位之完整性事前事後改善分析案例。
- 四、綜整 110-112 年研究成果，製作成果影片進行推廣。
- 五、蒐集申請無人機公開資料與軟體試用申請者之回饋意見，瞭解使用體驗與需改善建議。

第十章 結論與建議

本所為分析路口交通衝突及駕駛人行為特性，於 107-109 年研究結合無人機空拍及人工智慧影像分析等新興技術，並運用交通衝突風險分析技術，已建立交通衝突分析工具。本計畫為 3 年期(110-112 年)計畫之第 2 年期，目的為延續前期研究發展交通衝突分析工具之成果，除辦理分年先導測試計畫，驗證相關技術成熟度與限制外，並透過易肇事地點分析，與地方政府合作進行推廣應用。以下就本計畫各階段所蒐集或研究內容，綜整重點成果之結論與建議進行說明。

10.1 結論

一、無人機空拍路口交通

(一) 無人機機型

無人機具制高懸停優勢，可做為車流影像蒐集之重要工具，其目標為正確且完整的取得路口空拍影像，以利後續影像分析及交通衝突分析使用。本所相關計畫自 107 年進行無人機交通觀測以來，測試不同的多旋翼無人機機種，建議以市售小型無人機為最適合使用之機種，並整理比較表如下：

機型	市售中型無人機	客製國產無人機	客製緊湊無人機	市售小型無人機	Autel EVO II Pro
示意圖					
測試時間	107/108	108	108	109/110	111
飛行時間	約20~25分鐘	35~45分鐘	12小時以上 ✓	約20分鐘	約35分鐘
軸距	35公分，體積小可荷包攜帶	70公分，體積小可荷包攜帶	100公分。	24公分，體積小可荷包攜帶	39.7公分，體積小可荷包攜帶
重量	約1.4公斤	約5.0公斤	約6.5公斤	約0.3公斤 ✓	約1.1公斤
單價	約5萬元	約20-30萬元	約90萬元	約3萬元 ✓	約6萬元
解析度	4K/30fps	2.7K/30fps	1080p 30fps	4K/30fps	6K/30fps ✓
最大風速	10 m/s	8 m/s	10 m/s	8 m/s	17 m/s ✓
優點	機身輕巧，具備快速起降之特性；可遠端啟動錄影功能。	飛行時間較長。	可長時間飛行。	機身輕巧，具備快速起降之特性；可遠端啟動錄影功能。	具備高抗風、高解析。 ✓
缺點	飛行時間較短、資安疑慮。	成本高，影像較易晃動且解析度較低。 體積稍大，攜帶較不便。	成本高且機體大，不適合都會區路口，電源線恐影響路口用路安全，僅能定點飛行，範圍受限。	飛行時間較短。	飛行時間較短。

圖 10.1-1 無人機比較圖

選擇小型市售無人機的理由，可分為便利性、維護性、品質及成

本四大層面，相關資訊整理如圖 10.1-2。此外，亦逐步建立完整的 SOP，詳見附錄 E 無人機空拍程序說明。

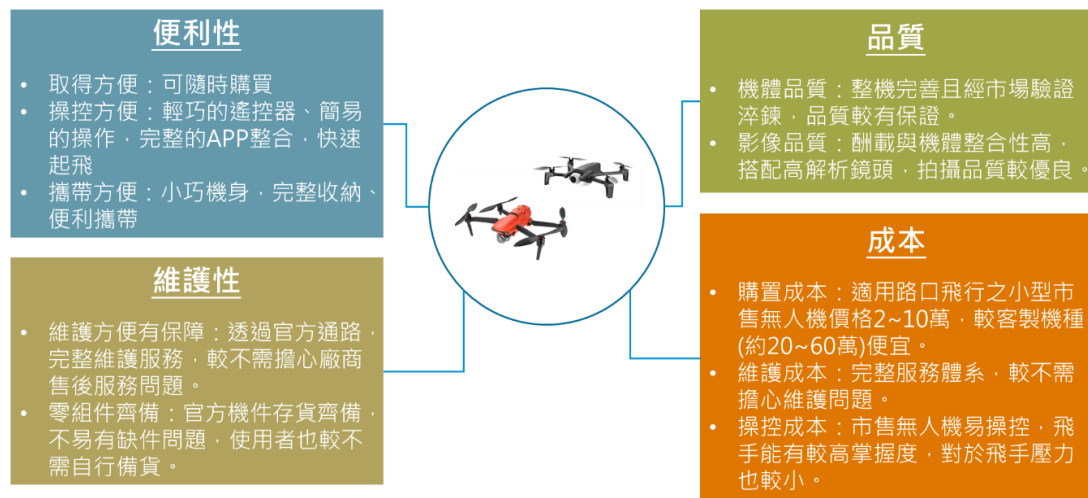


圖 10.1-2 路口空拍無人機擇選評估分析說明

(二) 空拍影像成果：詳見表 3.3-1、表 3.3-2，摘要說明如下。

1. 拍攝縣市共 6 縣市(基隆市、新竹縣、苗栗縣、彰化縣、新北市及臺中市)。
2. 空拍地點共 17 處(易肇事路口 4 處、先導測試路口 13 處)。
3. 每處空拍地點原則空拍 3 趟次，共空拍 59 趟次(易肇事路口 12 趟次，先導測試路口 47 趟次)。
4. 總時長 24 小時 30 分 19 秒(易肇事路口 6 小時 4 分 17 秒，先導測試路口 18 小時 26 分 2 秒)。

(三) 空拍時間：

1. 期間：111/6/21-111/6/24 進行 4 處易肇事路口拍攝，13 處先導測試路口部分則於 111/7/5-111/7/22 完成拍攝，共拍攝 15 天。
2. 時段：本(111)年度路口空拍辦理時間為易肇事路口挑選事故熱時(非交通尖峰時段)進行拍攝，希望瞭解該時段之交通衝突情況；先導測試計畫則挑選早上尖峰或下午尖峰進行拍攝。其中 [新竹縣竹北市中華路、光明十一路、福興路口]為新竹國軍限航區，已依規定取得 120 公尺高之飛行核可，並於拍攝當天派員塔臺，遵循指示起降無人機，故空拍時段會依當時狀況調整。

(四) 禁限航區空拍：

1. 因本年度擇選之路口場域，總計 3 處位於禁限航區，依民用航空法第 99 條之 13 規定，政府機關（構）、學校或法人為業務需要，於中央或地方所劃設之禁止、限制區域內從事遙控無人機飛航活動，應向民航局或地方政府申請，經同意後為之。且於民航局所劃定公告之航空站或飛行場四周之一定距離範圍內從事遙控無人機飛航活動或超過所規定之飛行高度，另需依民航局公告，執行無人機空拍任務需派員至近場塔臺並遵循其指示起降。
2. 本年度 3 處路口涉及禁限航區，依規定方式取得核可或以不超過規定之飛行高度(如 60 公尺)為核可。其中[新北市三峽區中山路、大智路口]及[新竹縣竹北市中華路、光明十一路、福興路口]2 處為禁航區，已依規定取得 120 公尺高之飛行核可，而[臺中市大甲區鎮政路、蔣公路口]1 處為臺中機場限航區，則因飛行 60 公尺高即可涵蓋所需拍攝之範圍，故不需申請派員塔臺，不受限航區之規定影響。

二、影像分析技術

- (一) 加速影片穩定化：透過 GPU 加速與參數設定調整，可以將原處理時間縮短至 1/2 至 1/4。
- (二) 提升行人查全率：隨著今(111)年 7 月 YOLOv7 的出現，儘管在速度上獲得了兩倍以上的大幅提升，但在準確性上的提升較小。若要獲得更具體的提升表現，恐需花費數倍於目前執行時間與記憶體容量的資源，才能獲得較明顯進步(但可能仍遠低於小客車)。未來考量改由在影像上增加行人特徵的思路進行嘗試。
- (三) 修正自行車誤分類情況：目前的軌跡投票機制，應可抑制單張影像上的誤分類問題。
- (四) 車輛框偏斜問題：目前已針對大客車等較長車輛與及長期靜止車輛提出修正措施。

三、交通衝突分析

- (一) 本期研究對 4 個易肇事路口進行分析，先以衝突分析結果(衝突事件表、衝突統計、衝突熱點圖)檢查路口是否有衝突熱區，再運用車流軌跡、速率熱區圖等功能將路口設計不佳或駕駛行為不當的問題視覺化，並運用於檢查行車軌跡動線、超速、待轉區、標線劃設、號誌時相等的合理性，另外加入 110 年開發之機會左轉、路口穿越衝突兩項先導測試計畫情境。綜合而言，發現的問題包括：路口上下游車道對應不明確、導引線指示不明確、上下游車道數不一致而缺乏導引或車道未對齊、號誌時制設計不佳導致的匯入衝突、左轉車未依轉彎導引線、巷子進出口緊鄰號誌化路口引致的交通衝突及違規等。
- (二) 本(111)年度之先導測試計畫探討兩個情境：右轉衝突、非號誌化路口停讓衝突。右轉衝突為探討車流於近路口前的行為，調整拍攝方式包含路口近上游 60 公尺以上，並增加右轉衝突之進階設定，分析車流及橫向分佈變化，判斷是否有右轉車輛未靠右、外側車道之直行車輛未遠離右側之風險駕駛行為，可用於進一步評估不同車道配置及標線設計之右轉衝突風險。
- (三) 非號誌化路口停讓衝突主要參考標誌、標線、號誌管制方式，以及「道路交通安全規則」第 102 條第 1 項第 2 款之說明，增加路口判斷線與停讓慢參數設定，判斷車輛是否有遵守路口之停讓相關規定，包括車輛未慢速通過路口、支線道未禮讓、支線道未停車再開、少線道車未禮讓多線道車先行、轉彎車未禮讓直行車先行、左方車未禮讓右方車先行等項目，可用於進一步了解非號誌化路口的風險及衝突事件。
- (四) 新增減速度熱區圖功能，使用者可自由設定並顯示特定減速度範圍內的車流軌跡，可用於急減速車流的視覺化。因急減速事件大多發生於號誌燈號轉換，根據委員及使用單位對此功能之建議，未來將結合號誌燈號，將有發生急減速的車輛之速度及減速度於號誌燈號轉換時之變化以圖形方式呈現。此功能已完成構想及試作。
- (五) 11 月下旬與合作機關(新北市、臺中市、公路總局)進行分

析結果回饋會議，瞭解分析結果對合作機關探討車流行為及特性分析之助益。

- (六) 右轉衝突的分析過程中，有部分路口現場路側或路口轉彎處有路樹，無法觀察被遮蔽之車流導致分析結果受限，而調查前已運用 Google 街景圖確認時並未有發現。建議未來使用單位在選定右轉衝突地點時加以確認拍攝的可行性，如有必要可先到現場進行場勘。
- (七) 非號誌化路口停讓衝突的分析過程中，有部分路口因其鄰近下游路口屬號誌化路口，調查時段車多下游路口無法疏解並回堵至分析路口，已不符合慢讓停之分析條件，分析結果並未顯示相關衝突風險。建議未來使用單位在分析非號誌化路口的調查地點及時段時，避免有車流回堵之情況。

四、交通衝突分析軟體

本所相關計畫自 107 年開始針對交通衝突設計相關分析工具，包括 TTC、PET 指標，整合 SSAM 軟體產生衝突事件表，並開始增加視覺化分析工具，協助研究團隊掌握更多的車流行為及衝突風險。今(111)年更聚焦交通情境進行各式分析工具的開發及優化，包括右轉衝突與非號誌化路口停讓衝突等分析工具設計，綜整軟體功能特色如下：

- (一) 專案管理結構分明：以縣市、路口、影片等三層式結構，提供使用者瀏覽並進行專案衝突分析。
- (二) 分析功能多元便利：提供基本分析功能包括衝突事件表、統計摘要、車流特性、TTC/PET 衝突熱點圖、交通量調查、路口軌跡繪製、速度/減速度 Heatmap 圖等功能，以及因應先導測試計畫開發之進階分析功能，包括右轉衝突、非號誌化路口停讓衝突、機會左轉、路口穿越衝突等分析工具，提升對路口的解讀能力。
- (三) 多樣化的篩選條件：提供衝突型態、兩車車種、進出口方向、車速等篩選條件，以利選擇出想查看的衝突事件。
- (四) 快速瞭解衝突成因：透過衝突影片索引回放功能，可針對衝突事件進行查看，今年擴充重複播放及暫停功能，能反覆播

放衝突片段或以暫停功能來定點查看可能的衝突成因。

- (五) 輕鬆掌握車流行為：透過路口車流軌跡繪製、速度熱區圖及減速度熱區圖，輕鬆掌握車流行為，提供快捷鍵功能，提升使用者操作便利性及分析效率。

此外，新增兩段式左轉停止判斷線設計，解決兩段式左轉判定問題；設計衝突熱區影像疊合，對路口衝突熱區能有更進一步的掌握。本計畫持續增進交通衝突分析效率，以利路口安全改善。整理交通衝突分析軟體相關工具及功能特色進程表表 10.1-1 所示。

表10.1-1分析軟體工具及功能特色進程表

年度	107	108	109	110	111
衝突分析工具	TTC、PET 指標（自行計算）	1. SSAM V3.0 開源程式 2. TTC、PET 等衝突指標資訊 3. 可依嚴重程度、衝突類型、車種、車流方向進行篩選	1. 衝突熱點索引回放功能 2. 車流軌跡繪製功能 3. 路口轉向速度計算 4. 衝突分類優化並新增篩選條件，如 TTC/PET 值及車速條件等	1. 機會左轉分析工具，提供路口幾何設定，包括停止線、車道數、路口中央位置等 2. 車流軌跡繪製功能升級 3. 車速熱區繪製工具	1. 先導測試計畫衝突分析工具：機會左轉、路口穿越衝突、右轉衝突及非號誌化路口分析 2. 軌跡/車速繪製功能升級 3. 衝突熱區影像疊合功能 4. 衝突影片索引回放功能升級 5. 新增兩段式左轉判斷機制

(續下頁)

年度	107	108	109	110	111
功能特色	衝突熱區圖	1. 衝突事件表 2. 統計摘要 3. 衝突熱點圖、斑點圖 4. 號誌同步影片展示	1. 衝突熱點索引回放影片 2. 交通量分析(轉向量) 3. 車流特性計算與統計 4. 車流繪製圖	1. 路口專案結構化,提升管理及易用性 2. 軌跡/車速繪製功能可分時、車種及出入口等,提升車流行為分析能力 3. 可分析機會左轉或路口穿越衝突之潛在風險	1. 專案權限管理,便於專案分享與應用擴散 2. 軌跡/車速繪製提供快速鍵,加速條件篩選及強化視覺效果 3. 可分析右轉衝突及非號誌化路口潛在風險 4. 衝突分析工具優化,提升使用者分析效率

五、公開相關資訊及軟體試用

研究團隊已偕同本所完成申請辦法,於 111 年 10 月 27 日於本所官方網站公布「110-112 年無人機空拍 AI 公開資料授權使用公告」及「交通衝突分析軟體授權使用公告」,提供給相關個人或單位據以申請本計畫所產出之 AI 公開資料,以及試用交通衝突分析軟體,以擴大本計畫研究成果應用及合作。

10.2 建議

一、無人機空拍路口交通

多旋翼無人機因具備機動部署及滯空懸停等特色,可從路口正上

方以正射的角度拍攝無死角的路口或路段影像，相當適合用於交通分析調查。然市面上有相當多的無人機，建議無人機須具備以下基本規格：

- (一) 抗風能力及進場速度，至少蒲福風級>4 (5.5~7.9 m/s)
- (二) 懸停飛行能力，垂直小於 1 公尺，水平小於 2.5 公尺。
- (三) 飛行及拍攝時間：約 25~60 分鐘以上。
- (四) 中小型，軸距 20~75 公分。
- (五) 攝影機規格：
 - 1. 影像解析度，至少 4k。
 - 2. 攝影機三軸穩像，無曲面變形且攝影角度大。
 - 3. 可遠端控制攝影機角度及錄影時間。
 - 4. 具備自動對焦、自動曝光調整等功能。

由於本期聚焦先導測試計畫的交通衝突分析情境，暫無雨天或夜間拍攝之需求，然未來若有相關需求或欲進一步分析評估比較，則無人機至少須具備以下進階功能：

- (一) 無人機具備 IP67 防水等級，可於雨天飛行。
- (二) 攝影機規格：紅外線夜視功能，可於高空 75~120 公尺高度拍攝夜間車流。

二、影像式車流分析技術

建議依對象區分為兩種拍攝高度：

- (一) 以行人與機車為主要對象者，限制在特定飛行高度以下拍攝，避免因面積過小而無法產生足夠的有效特徵。
- (二) 以四輪車輛為主要對象者，可提升飛行高度，但建議在 1920×1080 解析度下能保有 32 像素以上的車輛寬度。
- (三) 除速度需求外，目前應無改版 YOLOv7 之迫切性，且需要一點時間來讓訓練環境獲得進一步優化，但仍會嘗試將旋轉框機制進行移植。

三、交通衝突分析

- (一) 本研究計畫的執行方向以開發軟體功能做為分析工具為主，建議未來可再蒐集更多的路口資料，並運用本研究開發之分

析軟體進行分析後，建立統計模型，探討影響衝突或事故多寡的重要變因，如轉向交通量（曝光量）、路口幾何、車道配置、速限、號誌設計、駕駛行為等，分析與特定衝突型態之關係。

- (二) 目前交通衝突的類型分類及判斷邏輯是以正交四岔路口中央區域之衝突事件為主，並未考慮更複雜的近上游衝突、機車兩段左轉、行人衝突等，建議後續逐步納入考慮，調整衝突類型及其判斷邏輯。

四、交通衝突分析軟體

交通衝突分析軟體具備相當多分析工具，可提供交通分析專家運用，110 年迄今已針對特定的交通衝突情境，如非號誌化路口停讓衝突、右轉衝突、機會左轉及路口穿越衝突等情境提供套裝分析工具，今年在許多分析工具上更新增快捷鍵的功能，這些功能都大幅增加對路口的掌握度，也提升平台軟體的易用性。

然而，目前要分析一個專案需先使用影像分析軟體進行穩像、車種影像辨識、車輛追蹤等，然後在平台上建立專案進行衝突分析，建立專案易有不少參數需進行設定，這對於推廣擴散稍有難度。故建議平台可往自動化方向進行升級優化，例如比例尺設定、號誌秒差計算等，可探討相關簡化及自動化功能，並規劃讓使用者可自行上傳影片、設定參數後即能進行影像分析，逐步實現平台自動化之目標。

五、推廣應用

建議後續可持續辦理交通衝突分析軟體推廣應用，與地方機關、區域運輸研究發展中心合作進行實務應用，並與交通工程改善單位(顧問公司、技師公會)進行分享與交流，以協助道路管理機關改善路口交通衝突，擴大應用成效。

六、以空拍影像偵測路口幾何及尺寸資訊

建議後續可測試能否透過無人機空拍影像，來自動偵測路口車道數、導引線、標線等路口幾何及尺寸，可協助地方政府或使用單位快

速獲得路口幾何及尺寸資訊，以節省相關製圖時間及人力。

參考文獻

- 內政部營建署（109 年 9 月），「107 年度市區道路人行設施之交通安全效益評估方法手冊案」
- 交通部（2016），「機車交通政策白皮書」。
- 交通部道路交通安全督導委員會(109 年 10 月)，「各縣市高事故風險路廊（路口）優先改善計畫」。
- 交通部民用航空局-無人機專區 <https://www.caa.gov.tw/article.aspx?a=188&lang=1>
- 吳昆峯、邱裕鈞、鍾易詩、施朝欽、黃韋嘉、李宜靜、吳品蓁、張開國、葉祖宏、黃士軒（2020）駕駛行為分析工具開發及行為特性探討，交通部運輸研究所。
- 許添本、溫谷琳、蔡牧融、李炘哲、程楷祐、張名鈞、楊皓宇、張開國、葉祖宏、孔垂昌、黃明正(2020)，「混合車流路口道路與交通工程設計範例(3/4)-非號誌化路口」，交通部運輸研究所。
- 許添本、王義川、李明聰(1999)，機車專用道之交通安全分析——事前與事後之比較研究，八十八年道路交通安全與執法研討會。
- 許添本、溫谷琳、張哲寧、陳俊嘉、林瑩潔、張開國、葉祖宏、孔垂昌、黃明正（2018）「混合車流路口道路與交通工程設計範例(1/4)」，交通部運輸研究所。
- 許添本、溫谷琳、郭于鴻、張開國、葉祖宏、孔垂昌、黃明正（2018）「混合車流情境之機車交通安全工程設計方法研究驗證與推廣」，交通部運輸研究所。
- 許添本、溫谷琳、蔡牧融、楊皓宇、吳崧權、張開國、葉祖宏、賴靜慧、孔垂昌、黃明正（2021）事故型態導向之路口交通工程設計範例參考手冊，交通部運輸研究所。
- 曾平毅、張瓊文、張倩宜（2008），衝突左轉車道之停等車紓解行為分析，都市交通半年刊，第二十三卷，第一期，34-47 頁。
- 李紹輔(2022)，混合車流下號誌化路口潛在追尾衝突之影響因素，國立陽明交通大學，運輸與物流管理學系，碩士論文。
- 林祐慈(2022)，都市路口交通衝突可能成因之探討：以機會左轉為例，國立陽明交通大學，運輸與物流管理學系，碩士論文。
- 黃衣淳（2020），號誌化 T 字路口機車左轉專用道設置成效分析之研究。中央警察大學交通管理研究所碩士論文，桃園縣。
- 溫基信、王宏生、黃家耀、蘇志文、周業凱、楊植竣、張開國、葉祖宏、孔垂昌、黃明正(民 109)，路口無人機交通攝影及衝突分析技術開發，交通部運輸研究所。
- 溫基信、王宏生、黃家耀、胡守任、蘇志文、周業凱、彭千純、張開國、葉祖宏、賴靜慧、孔垂昌(民 110)，路口俯視攝影技術於交通衝突分析之案例應用與比較，交通部運輸研究所。

- 溫基信、王宏生、黃家耀、胡守任、蘇志文、葉祖宏、賴靜慧、黃明正(民 111)，以無人機探勘人車流動資訊之應用情境規劃與先導測試(1/3)-建立分年測試計畫，交通部運輸研究所
- 溫基信、王宏生、蘇志文、黃家耀、蔡洛緯、周業凱、張開國、葉祖宏、林樹德、孔垂昌(民 108)，道路交通車流及事故風險偵測與分析工具之發展應用，交通部運輸研究所。
- 黎俊彬 (2005)，「號誌平面化交岔路口對向直行左專車輛安全通行之研究」，國立交通大學運輸科技與管理學系碩士論文。
- 3D MOT 2015 Results (2022).
https://motchallenge.net/results/3D_MOT_2015/#metrics
- A. Bewley, Z. Ge, L. Ott, F. Ramos and B. Upcroft (2016), "Simple online and realtime tracking," IEEE International Conference on Image Processing (ICIP), pp.3464-3468.
- A. Bochkovskiy, C. Y. Wang, and H. Y. M. Liao (2020), "YOLOv4: Optimal Speed and Accuracy of Object Detection," arXiv: 2004.10934.
- A. Newell, K. Yang, and J. Deng (2016), "Stacked hourglass networks for human pose estimation," in Proc. Eur. Conf. Comput. Vis., vol. 9912 LNCS, pp. 483–499. doi: 10.1007/978-3-319-46484-8_29.
- A. Paszke et al. (2019), "PyTorch: An imperative style, high-performance deep learning library," in Proc. 33rd Int. Conf. Neural Inf. Process. Syst., no. 721, pp. 8026-8037.
- A. Tarko, G. Davis, N. Saunier et al. (2009), "White paper: surrogate measures of safety,," in Committee on Safety Data Evaluation and Analysis (ANB20).
- Alhajjaseen, W. K. (2014). The development of conflict index for the safety assessment of intersections considering crash probability and severity. *Procedia Computer Science*, 32, 364-371.
- Amundson, F. and Hyden, C (1977). Proceedings of first workshop on traffic conflicts. Institute of Economics, Oslo.
- Andrew S. Alden, Cristian Druta, Hyoshin John Park (2020), " Developing a Plan for Using Unmanned Aerial Vehicles for Traffic Operations Applications in Virginia", FHWA/VTRC 22-R24.
- B. Xu, G. Jiang, J. Liu, X. Wang, and P. Yu (2021), "Aircraft Rotated Boxes Detection Method Based on YOLOv5," 4th International Conference on Pattern Recognition and Artificial Intelligence (PRAI).
- Bay, H., Tuytelaars, T., Van Gool, L. (2006). SURF: Speeded Up Robust Features. *ECCV 2006. Lecture Notes in Computer Science*, vol 3951. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/11744023_32
- Beirlant, J., Teugels, J. L., & Vynckier, P. (1996). Practical analysis of extreme values. Leuven, Belgium: Leuven University Press.

- C. Li et al. (2020), "Object detection based on global-local saliency constraint in aerial images," *Remote Sens.*, vol. 12, no. 9, pp. 1–22, doi: 10.3390/RS12091435.
- C. Li, C. Xu, Z. Cui, D. Wang, T. Zhang, and J. Yang (2019), "Feature-Attentioned Object Detection in Remote Sensing Imagery," *IEEE Int. Conf. Image Process.*, pp. 3886–3890, doi: 10.1109/ICIP.2019.8803521.
- C. Y. Wang, A. Bochkovskiy, and H. Y. M. Liao (2021), "Scaled-YOLOv4: Scaling Cross Stage Partial Network," *IEEE/CVF Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit.*, Nashville, TN, USA, pp. 13024-13033, doi: 10.1109/CVPR46437.2021.01283.
- C. Y. Wang, H. Y. M. Liao, I. H. Yeh, Y. H. Wu, P. Y. Chen, and J. W. Hsieh (2020), "CSPNet: A New Backbone that can Enhance Learning Capability of CNN," *IEEE/CVF Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit. Workshops*, Seattle, WA, USA, pp. 1571-1580, doi: 10.1109/CVPRW50498.2020.00203.
- C.Y. Wang, H.Y. M. Liao, Y.H. Wu, P.Y. Chen, J.W. Hsieh, I.H. Yeh (2020), "CSPNet: A new backbone that can enhance learning capability of cnn," *IEEE International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshop (CVPRW) on "Low power computer vision"*.
- Chen, P., Zheng, W., Yu, G., and Wang, Y (2017). Surrogate Safety Analysis of Pedestrian-Vehicle Conflict at Intersections Using Unmanned Aerial Vehicle Videos. *Journal of Advanced Transportation*.
- Coles, S. (2001). An introduction to statistical modeling of extreme values. London, UK: SpringerVerlag.
- Cooper, P. J. (1984) Experience with Traffic Conflicts in Canada with Emphasis on "Post Encroachment Time" Techniques, *International Calibration Study of Traffic Conflict Techniques*. pp 75-96.
- Cynecki, M. J. (1980). Development of a conflicts analysis technique for pedestrian crossings. *Transportation Research Record*, 743, 12-20.
- Deidda, R. (2010). A multiple threshold method for fitting the generalized Pareto distribution to rainfall time series. *Hydrology and Earth System Sciences*, 14, 4957–4994.
- Dinakar, S. and Muttart, J., (2019) "Driver Behavior in Left Turn across Path from Opposite Direction Crash and near Crash Events from SHRP2 Naturalistic Driving," *SAE Technical Paper 2019-01-0414*
- E. Sacchi, and T. Sayed (2013), "A comparison of collision-based and conflict-based safety evaluations: The case of right-turn smart channels," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 59, pp. 260-266.
- Embrechts, P., Kluppelberg, C., & Mikosch, T. (1997). *Modelling extremal events: for insurance and finance*. Berlin, Germany: Springer.
- Essa, M., & Sayed, T. (2018). Traffic conflict models to evaluate the safety of signalized intersections at the cycle level. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 89, 289-302.

- F. Amundsen, and C. Hyden (1977), The Swedish traffic conflict technique. In Proceedings of First Workshop on Traffic Conflicts, Institute of Transport Economics, Oslo.
- F. Yang, W. Li, H. Hu, W. Li, and P. Wang (2020), "Multi-scale feature integrated attention-based rotation network for object detection in VHR aerial images," *Sensors*, vol. 20, no. 6, doi: 10.3390/s20061686.
- F. Yu, D. Wang, E. Shelhamer, and T. Darrell (2018), "Deep Layer Aggregation," *IEEE/CVF Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit.*, 2018, pp. 2403–2412. doi: 10.1109/CVPR.00255.
- F. Zou et al. (2020), "Arbitrary-oriented object detection via dense feature fusion and attention model for remote sensing super-resolution image," *Neural Comput. Appl.*, vol. 32, no. 18, pp. 14549–14562, doi: 10.1007/S00521-020-04893-9.
- Federal Highway Administration, Intersection Safety (2021).
<https://safety.fhwa.dot.gov/intersection/> (Accessed on 16 Nov 2021)
- FHWA, U (1989). Traffic Conflict Techniques for Safety and Operations: Observer's Manual.
- G. D. Evangelidis and E. Z. Psarakis (2008), "Parametric Image Alignment using Enhanced Correlation Coefficient Maximization." *IEEE Transaction on Pattern Analysis & Machine Intelligence* , Vol. 30, No. 10, pp. 1858-1865.
- G. D. Evangelidis and E. Z. Psarakis (2008), "Projective Image Alignment by using ECC Maximization," in *Proc. Int. Conf. on Computer Vision Theory and Applications (VISSAP)*.
- G. S. Xia et al. (2018), "DOTA: A Large-Scale Dataset for Object Detection in Aerial Images," in *Proc. IEEE Comput. Soc. Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit.*, pp. 3974–3983. doi: 10.1109/CVPR.2018.00418.
- G. Zhang, S. Lu, and W. Zhang (2019), "CAD-net: A context-aware detection network for objects in remote sensing imagery," *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, vol. 57, no. 12, pp. 10015–10024, doi: 10.1109/TGRS.2019.2930982.
- Gettman, D. and Head, L. (2003) Surrogate safety measures from traffic simulation models. Federal Highway Administration, Technical report FHWA-RD-03050.
- Gettman, D., Pu, L., Sayed, T. and Shelby, S. (2008) Surrogate Safety Assessment Model and Validation: Final Report, Federal Highway Administration, Technical report FHWA-HRT-08-051.
- Guo, Y., Essa, M., Sayed, T., Haque, M. M., & Washington, S. (2019). A comparison between simulated and field-measured conflicts for safety assessment of signalized intersections in Australia. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 101, 96-110.
- H. W. Kuhn (1955), "The Hungarian Method for the assignment problem," *Naval Research Logistics Quarterly*, Vol.2, pp. 83-97.

- H. Wei, Y. Zhang, Z. Chang, H. Li, H. Wang, and X. Sun (2020), "Oriented objects as pairs of middle lines," *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.*, vol. 169, pp. 268–279, doi: 10.1016/j.isprsjprs.2020.09.022.
- Hill, B. M. (1975). A simple general approach to inference about the tail of a distribution. *Annals of Statistics*, 3(5), 1163–1174.
- Hill, G., Heidrich, O., Creutzig, F., & Blythe, P. (2019). The role of electric vehicles in near-term mitigation pathways and achieving the UK's carbon budget. *Applied Energy*, 251, 113111.
- Hsu, T.-P., & Wen, K.-L. (2019). "Effect of novel divergence markings on conflict prevention regarding motorcycle-involved right turn accidents of mixed traffic flow. " , *Journal of Safety Research*, 69, pp.167–176.
doi:10.1016/j.jsr.2019.03.003
- Huang, F., Liu, P., Yu, H. and Wang W (2013). Identifying if VISSIM simulation model and SSAM provide reasonable estimates for field measured traffic conflicts at signalized intersections. *Accident Analysis & Prevention*, 50, pp.1014-1024.
- Hydén, C. (1987) The development of a method for traffic safety evaluation: The Swedish Traffic Conflicts Technique. Lund Institute of Technology, Lund, Sweden.
- Ismail, K., T. Sayed, N. Saunier, and C. Lim (2009). Automated Analysis of Pedestrian-Vehicle Conflicts Using Video Data. In *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, No. 2140, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., pp. 44–54.
- J. Dai, Y. Li, K. He, and J. Sun (2016), "R-FCN: Object detection via region-based fully convolutional networks," in *Adv. Neural Inf. Process. Syst.*, pp. 379–387.
- J. Ding, N. Xue, Y. Long, G. S. Xia, and Q. Lu (2019), "Learning roi transformer for oriented object detection in aerial images," in *Proc. IEEE Comput. Soc. Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit.*, 2019, pp. 2844–2853, doi: 10.1109/CVPR.2019.00296.
- J. Lu, T. Li, J. Ma, Z. Li, and H. Jia (2020), "SAR: Single-stage anchor-free rotating object detection," in *IEEE Access*, vol. 8, pp. 205902–205912, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3037350.
- J. Ma et al. (2018), "Arbitrary-oriented scene text detection via rotation proposals," *IEEE Trans. Multimed.*, vol. 20, no. 11, pp. 3111–3122, doi: 10.1109/TMM.2018.2818020.
- J. Ma, W. Shao, H. Ye, L. Wang, H. Wang, Y. Zheng, and X. Xue (2018), "Arbitrary-Oriented Scene Text Detection via Rotation Proposals," in *IEEE Transactions on Multimedia*, vol. 20, no. 11, pp. 3111-3122.
- J. Redmon and A. Farhadi (2017), "YOLO9000: Better, faster, stronger," in *Proc. IEEE Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit.*, pp. 6517–6525, doi: 10.1109/CVPR.2017.690.

- J. Redmon and A. Farhadi (2018), “YOLOv3: An Incremental Improvement,” arXiv: 1804.02767.
- J. Redmon, S. Divvala, R. Girshick, and A. Farhadi (2016), “You only look once: Unified, real-time object detection,” in Proc. IEEE Comput. Soc. Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit., pp. 779–788, doi: 10.1109/CVPR.2016.91.
- J. Wang, J. Ding, H. Guo, W. Cheng, T. Pan, and W. Yang (2019), “Mask OBB: A semantic attention-based mask oriented bounding box representation for multi-category object detection in aerial images,” *Remote Sens.*, vol. 11, no. 24, doi: 10.3390/rs11242930.
- J. Wang, W. Yang, H. C. Li, H. Zhang, and G. S. Xia (2021), “Learning Center Probability Map for Detecting Objects in Aerial Images,” *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, vol. 59, no. 5, pp. 4307–4323, doi: 10.1109/TGRS.2020.3010051.
- J. Yi, P. Wu, B. Liu, Q. Huang, H. Qu, and D. Metaxas (2021), “Oriented object detection in aerial images with box boundary-aware vectors,” in Proc. IEEE Winter Conf. Appl. Comput. Vis., pp. 2149–2158. doi: 10.1109/WACV48630.2021.00220.
- Jiang, X., Zhang, G., Bai, W. and Fan, W. (2016) Safety evaluation of signalized intersections with left-turn waiting area in China. *Accident Analysis & Prevention*, 95B, 461-469.
- Jiang, X., Zhang, G., Zhou, Y., Xia, L. and He, Z. (2017) Safety assessment of signalized intersections with through-movement waiting area in China. *Safety Science*, 95, 28-37.
- Johnsson, Carl, Laureshyn, Aliaksei & De Ceunynck, Tim (2018): In search of surrogate safety indicators for vulnerable road users: a review of surrogate safety indicators, *Transport Reviews*, DOI: 10.1080/01441647.2018.1442888.
- K. Fu, Z. Chang, Y. Zhang, G. Xu, K. Zhang, and X. Sun (2020), “Rotation-aware and multi-scale convolutional neural network for object detection in remote sensing images,” *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.*, vol. 161, pp. 294–308, doi: 10.1016/j.isprsjprs.2020.01.025.
- L. Hou, K. Lu, J. Xue, and L. Hao (2020), “Cascade detector with feature fusion for arbitrary-oriented objects in remote sensing images,” in Proc. IEEE Int. Conf. Multimed. Expo, pp. 1–6, doi: 10.1109/ICME46284.2020.9102807.
- L. Zhou, H. Wei, H. Li, W. Zhao, Y. I. Zhang, and Y. Zhang (2020), “Object Detection for Remote Sensing Images Based on Polar Coordinates,” arXiv: 2001.02988. doi: 10.1109/ACCESS.2017.DOI.
- Laureshyn, A. and Varhelyi, A. (2018) The Swedish Traffic Conflict Technique - Observer's manual. The Swedish Traffic Conflict Technique – Manual v. 1.0.
- Laureshyn, A., De Ceunynck, T., Karlsson, C., Svensson, Å., & Daniels, S. (2017). In search of the severity dimension of traffic events: Extended Delta-V as a traffic conflict indicator. *Accident Analysis & Prevention*, 98, 46–56. doi:10.1016/j.aap.2016.09.026.

- Laureshyn, A., Svensson, Å . and Hydén C (2010). Evaluation of traffic safety, based on micro-level behavioural data: Theoretical framework and first implementation. *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 42, Issue 6, pp.1637-1646.
- Lord, D. (1996). Analysis of pedestrian conflicts with left-turning traffic. *Transportation Research Record*, 1538(1), 61-67.
- M. Liao, B. Shi, and X. Bai (2018), "TextBoxes ++ : A Single-Shot Oriented Scene Text Detector," *IEEE Trans. Image Process.*, vol. 27, no. 8, pp. 3676–3690, doi: 10.1109/TIP.2018.2825107.
- M. Liao, Z. Zhu, B. Shi, G. S. Xia, and X. Bai (2018), "Rotation-Sensitive Regression for Oriented Scene Text Detection," in *Proc. IEEE Comput. Soc. Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit.*, pp. 5909–5918, doi: 10.1109/CVPR.2018.00619.
- Mahmud S.M.S, Ferreira, L., Shamsul Hoque, MD. And Tavassoli, A (2018). Reviewing traffic conflict techniques for potential application to developing countries. *Journal of Engineering Science and Technology*. 13(6), pp.1869-1890.
- Manan, M. M. A. (2014). Motorcycles entering from access points and merging with traffic on primary roads in Malaysia: Behavioral and road environment influence on the occurrence of traffic conflicts. *Accident Analysis & Prevention*, 70, 301-313.
- Max Bareiss , Hampton C. Gabler & Rini Sherony (2020) Considering real-world sightline obstructions in crash and injury prevention estimates for left turn across path/opposite direction intersection active safety systems, *Traffic Injury Prevention*. DOI: 10.1080/15389588.2020.1811858.
- Max Bareiss, John Scanlon, Rini Sherony & Hampton C. Gabler (2019) Crash and injury prevention estimates for intersection driver assistance systems in left turn across path/opposite direction crashes in the United States, *Traffic Injury Prevention*, 20.
- McGehee, N. G., Kim, K., & Jennings, G. R. (2007). Gender and motivation for agri-tourism entrepreneurship. *Tourism Management*, 28(1), 280-289.
- Mohamed Gomaa Mohamed & Nicolas Saunier (2018) The impact of motion prediction methods on surrogate safety analysis: A case study of left-turn and opposite-direction interactions at a signalized intersection in Montreal, *Journal of Transportation Safety & Security*, 10:4, 265-287
- N. Wojke, A. Bewley and D. Paulus (2017), "Simple Online and Realtime Tracking with a Deep Association Metric," *IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*, pp. 3645-3649. # 2.1.2
- Orsini, F., Gecchele, G., Rossi, R., & Gastaldi, M. (2021). A conflict-based approach for real-time road safety analysis: Comparative evaluation with crash-based models. *Accident Analysis & Prevention*, 161, 106382.

- Oh, J., Kim, E., Kim, M., & Choo, S. (2010). Development of conflict techniques for left-turn and cross-traffic at protected left-turn signalized intersections. *Safety Science*, 48(4), 460-468.
- P. Feng, Y. Lin, J. Guan, G. He, H. Shi, and J. Chambers (2020), "TOSO : Student's-T Distribution Aided One-Stage Orientation Target Detection in Remote Sensing Images," *ICASSP 2020 - 2020 IEEE Int. Conf. Acoust. Speech Signal Process*, pp. 4057-4061, doi: 10.1109/ICASSP40776.2020.9053562.
- Parker, M. R. and Zegeer, C. V (1989). *Traffic Conflict Techniques for Safety and Operations - Observer's Manual*. U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration. Technical report FHWA-IP-88-027.
- Paul, M., & Ghosh, I. (2020). Post encroachment time threshold identification for right-turn related crashes at unsignalized intersections on intercity highways under mixed traffic. *International Journal of Injury Control and Safety Promotion*, 27(2), 121-135.
- Paul R. Wolf, Bon A. Dewitt, Benjamin E. Wilkinson (2014) *Elements of Photogrammetry With Applications in GIS*, McGraw-Hill Education. pp.133-134.
- Peesapati, L. N., Hunter, M. P., & Rodgers, M. O. (2013). Evaluation of postencroachment time as surrogate for opposing left-turn crashes. *Transportation Research Record*, 2386(1), 42-51.
- Perez, M. A., Sudweeks, J. D., Sears, E., Antin, J., Lee, S., Hankey, J. M., & Dingus, T. A. (2017). Performance of basic kinematic thresholds in the identification of crash and near-crash events within naturalistic driving data. *Accident Analysis & Prevention*, 103, 10-19.
- Perkins, S.R. and Harris, J.L (1967). "Criteria for traffic conflicts characteristics." Report GRM 632. General Motors Corporation.
- Pernía, J. C., Lu, J. J., Xie, X., Weng, M., & Snyder, D. (2002). Effects of signalization on intersection crashes. In *Traffic And Transportation Studies* (2002) (pp. 1031-1038).
- Poch, M., & Mannering, F. (1996). Negative binomial analysis of intersection-accident frequencies. *Journal of Transportation Engineering*, 122(2), 105-113.
- R. Girshick, "Fast R-CNN," in *Proc. IEEE Int. Conf. Comput. Vis.*, 2015, pp. 1440–1448. doi: 10.1109/ICCV.2015.169.
- R. Girshick, J. Donahue, T. Darrell, and J. Malik (2014), "Rich feature hierarchies for accurate object detection and semantic segmentation," in *Proc. IEEE Comput. Soc. Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit.*, pp. 580–587, doi: 10.1109/CVPR.2014.81.
- S. M. Azimi, E. Vig, R. Bahmanyar, M. Körner, and P. Reinartz (2018), "Towards Multi-class Object Detection in Unconstrained Remote Sensing Imagery," in *Proc. Asian Conf. Comput. Vis.*, pp. 150–165, doi: 10.1007/978-3-030-20893-6_10.

- S. Ren, K. He, R. Girshick, and J. Sun (2017), “Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks,” *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, vol. 39, no. 6, pp. 1137–1149, doi: 10.1109/TPAMI.2016.2577031.
- S. Xie, R. Girshick, P. Dollár, Z. Tu, and K. He (2017), “Aggregated Residual Transformations for Deep Neural Networks,” *IEEE Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit.*, pp. 5987–5995, doi: 10.1109/CVPR.2017.634.
- SSAM (2017), Version 3.0 Open Source Surrogate Safety Assessment Model, Enhancement and Update. Federal Highway Administration, USDOT. <https://www.fhwa.dot.gov/publications/research/operations/17027/17027.pdf>
- Stylianou, K., & Dimitriou, L. (2018). Analysis of Rear-End Conflicts in Urban Networks using Bayesian Networks. *Transportation Research Record*, 2672(38), 302-312. doi:10.1177/0361198118790843
- T. Y. Lin et al. (2014), “Microsoft COCO: Common objects in context,” in *Proc. Eur. Conf. Comput. Vis.*, vol. 8693 LNCS, pp. 740–755, doi: 10.1007/978-3-319-10602-1_48.
- T. Y. Lin, P. Dollár, R. Girshick, K. He, B. Hariharan, and S. Belongie (2017), “Feature Pyramid Networks for Object Detection,” in *Proc. IEEE Conf. Comput. Vis. Pattern Reconfig.*, pp. 2117-2125, doi: 10.48550/arxiv.1612.03144.
- T. Y. Lin, P. Goyal, R. Girshick, K. He, and P. Dollar (2020), “Focal Loss for Dense Object Detection,” *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, vol. 42, no. 2, pp. 318–327, doi: 10.1109/TPAMI.2018.2858826.
- Tageldin, A., Sayed, T. and Wang, X. (2015), Can Time Proximity Measures Be Used as Safety Indicators in All Driving Cultures *Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board* 2520:165-174.
- Tageldin, A., & Sayed, T. (2016). Developing evasive action-based indicators for identifying pedestrian conflicts in lessorganized traffic environments. *Journal of Advanced Transportation*, 50(6), 1193-1208.
- Tarko, A.P. (2020) *Measuring Road Safety with Surrogate Events*. Elsevier.
- Thompson, Mary, Kwon, Oh, and Ju Park, Min (2009), “The Application of Axiomatic Design Theory and Conflict Techniques for the Design of Intersections: Part 1”, *The Fifth Internal confrence on Axiomatic Design*.
- Thompson, P., Cai, Y., Reeve, D., & Stander, J. (2009). Automated threshold selection methods for extreme wave analysis. *Coastal Engineering*, 56(10), 1013–1021.
- van der Horst, A. R., de Goede, M., de Hair-Buijsen, S., & Methorst, R. (2014). Traffic conflicts on bicycle paths: a systematic observation of behaviour from video. *Accid AnalPrev*, 62, 358-368. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2013.04.005>.
- Vasconcelos, L., Neto, L., Seco, Á. M., & Silva, A. B. (2014), “Validation of the surrogate safety assessment model for assessment of intersection safety,” *Transportation Research Record*, 2432(1), pp.1-9.

- Vogel, K. (2003). A comparison of headway and time to collision as safety indicators. *Accident Analysis & Prevention*, 35(3), 427-433.
- W. Liu et al. (2016), "SSD: Single shot multibox detector," in *Proc. Eur. Conf. Comput. Vis.*, vol. 9905 LNCS, pp. 21–37, doi: 10.1007/978-3-319-46448-0_2.
- W. Qian, X. Yang, S. Peng, Y. Guo, and J. Yan (2021), "Learning Modulated Loss for Rotated Object Detection," in *Proc. AAAI Conf. Artif. Intell.*, vol. 35, no. 3, pp. 2458-2466.
- Wang, C., Sun, Q., Fu, R., Li, Z., & Zhang, Q. (2018). Lane change warning threshold based on driver perception characteristics. *Accident Analysis & Prevention*, 117, 164-174.
- Wang, X., & Abdel-Aty, M. (2008). Analysis of left-turn crash injury severity by conflicting pattern using partial proportional odds models. *Accident Analysis & Prevention*, 40(5), 1674-1682.
- X. Pan et al. (2020), "Dynamic refinement network for oriented and densely packed object detection," in *Proc. IEEE/CVF Comput. Soc. Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit.*, pp. 11204–11213. doi: 10.1109/CVPR42600.2020.01122.
- X. Yang and J. Yan (2020), "Arbitrary-Oriented Object Detection with Circular Smooth Label," in *Proc. Eur. Conf. Comput. Vis.*, vol. 12353 LNCS, pp. 677–694. doi: 10.1007/978-3-030-58598-3_40.
- X. Yang et al. (2018), "Automatic Ship Detection in Remote Sensing Images from Google Earth of Complex Scenes Based on Multiscale Rotation Dense Feature Pyramid Networks," *Remote Sens.*, vol 10, No 1.
- X. Yang et al. (2019), "SCRDet: Towards more robust detection for small, cluttered and rotated objects," in *Proc. IEEE Int. Conf. Comput. Vis.*, pp. 8231–8240, doi: 10.1109/ICCV.2019.00832.
- X. Yang, J. Yan, and T. He (2022), "On the Arbitrary-Oriented Object Detection: Classification based Approaches Revisited," *Int. J. Comput. Vis.*, doi: 10.1007/s11263-022-01593-w
- X. Yang, J. Yang, J. Yan, Y. Zhang, T. Zhang, Z. Guo, X. Sun, and K. Fu (2019), "SCRDet: Towards More Robust Detection for Small, Cluttered and Rotated Objects," *International Conference on Computer Vision (ICCV)*, pp.8231-8240.
- X. Yang, Q. Liu, J. Yan, A. Li, Z. Zhang, and G. Yu (2021), "R3Det: Refined Single-Stage Detector with Feature Refinement for Rotating Object," in *Proc. AAAI Conf. Artif. Intell.*, vol. 35, no. 4, pp. 3163-3171.
- Y. Chen, J. Li, H. Xiao, X. Jin, S. Yan, and J. Feng (2017), "Dual path networks," in *Proc. 31st Int. Conf. Adv. Neural Inf. Process. Syst.*, pp. 4470–4478.
- Y. Jiang et al. (2017), "R2CNN: Rotational Region CNN for Orientation Robust Scene Text Detection," *arXiv: 1706.09579*.
- Y. Jiang, X. Zhu, X. Wang, S. Yang, W. Li, H. Wang, P. Fu, and Z. Luo (2018), "R2 CNN: Rotational Region CNN for Arbitrarily-Oriented Scene Text Detection," *International Conference on Pattern Recognition (ICPR)*, pp.3610-3615.

- Y. Li, Q. Huang, X. Pei, L. Jiao, and R. Shang (2020), “RADet: Refine Feature Pyramid Network and Multi-Layer Attention Network for Arbitrary-Oriented Object Detection of Remote Sensing Images,” *Remote Sens.*, vol. 12, no. 3, doi: 10.3390/RS12030389.
- Y. Lin, P. Feng, J. Guan, W. Wang, and J. Chambers (2019), “IENet: Interacting Embranchment One Stage Anchor Free Detector for Orientation Aerial Object Detection,” arXiv: 1912.00969.
- Y. Liu, S. Zhang, L. Jin, L. Xie, Y. Wu, and Z. Wang (2019), “Omnidirectional scene text detection with sequential-free box discretization,” *IJCAI Int. Jt. Conf. Artif. Intell.*, pp. 3052–3058, doi: 10.24963/ijcai.2019/423.
- Y. Wang, Y. Zhang, Y. Zhang, L. Zhao, X. Sun, and Z. Guo (2019), “SARD: Towards Scale-Aware Rotated Object Detection in Aerial Imagery,” *IEEE Access*, vol. 7, pp. 173855–173865, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2956569.
- Y. Xu et al. (2021), “Gliding Vertex on the Horizontal Bounding Box for Multi-Oriented Object Detection,” *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, vol. 43, no. 4, pp. 1452–1459, doi: 10.1109/TPAMI.2020.2974745.
- Y. Zhu, J. Du, and X. Wu (2020), “Adaptive Period Embedding for Representing Oriented Objects in Aerial Images,” *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, vol. 58, no. 10, pp. 7247–7257, doi: 10.1109/TGRS.2020.2981203.
- Yang, X., Yang, J., Yan, J., Zhang, Y., Zhang, T., Guo, Z., Sun, X. and Fu, K. (2019), SCRDet: Towards More Robust Detection for Small, Cluttered and Rotated Objects, *International Conference on Computer Vision (ICCV)*, pp.8231-8240.
- Z Tian, W Huang, T He, P He, and Y Qiao (2016), "Detecting text in natural image with connectionist text proposal network," *European conference on computer vision (ECCV)*, pp.56-72.
- Z. Chen et al. (2020), “PIoU Loss: Towards Accurate Oriented Object Detection in Complex Environments,” in *Proc. Eur. Conf. Comput. Vis.*, pp.195-211.
- Z. Liu, H. Wang, L. Weng, and Y. Yang (2016), “Ship Rotated Bounding Box Space for Ship Extraction from High-Resolution Optical Satellite Images with Complex Backgrounds,” *IEEE Geosci. Remote Sens. Lett.*, vol. 13, no. 8, pp. 1074–1078, doi: 10.1109/LGRS.2016.2565705.
- Z. Liu, L. Yuan, L. Weng, and Y. Yang (2017), “A High Resolution Optical Satellite Image Dataset for Ship Recognition and Some New Baselines,” in *Proc. 6th Int. Conf. Pattern Recognit. Appl. Methods*, pp. 324-331, doi: 10.5220/0006120603240331.
- Z. Xiao, L. Qian, W. Shao, X. Tan, and K. Wang (2020), “Axis learning for orientated objects detection in aerial images,” *Remote Sens.*, vol. 12, no. 6, doi: 10.3390/rs12060908.
- Z. Zhang, W. Guo, S. Zhu, and W. Yu (2018), “Toward Arbitrary-Oriented Ship Detection With Rotated Region Proposal and Discrimination Networks,” *IEEE*

Geosci. Remote Sens. Lett., vol. 15, no. 11, pp. 1745–1749, doi: 10.1109/LGRS.2018.2856921.

- Zhang, X., Liu, P., Chen, Y., Bai, L., & Wang, W. (2014). Modeling the frequency of opposing left-turn conflicts at signalized intersections using generalized linear regression models. *Traffic Injury Prevention*, 15(6), 645- 651.
- Zheng, L., Ismail, K. and Meng, X (2014). Traffic conflict techniques for road safety analysis: open questions and some insights. *Can. J. Civ. Eng.* 41: 633–641.
- Zheng, L., Ismail, K., & Meng, X. (2015). Evaluation of peak over threshold approach for road safety estimation. *Journal of Transportation Safety & Security*, 7(1), 76-90.
- Zheng, L., Ismail, K., & Meng, X. (2016). Investigating the heterogeneity of postencroachment time thresholds determined by peak over threshold approach. *Transportation Research Record*, 2601(1), 17-23.
- Zheng, L., & Sayed, T. (2019a). From univariate to bivariate extreme value models: approaches to integrate traffic conflict indicators for crash estimation. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 103, 211-225.

附錄 A. 111 年計畫工作項目執行狀況一覽表

項次	需求功能	執行狀況
1	摘要說明 107~110 年研究計畫重要技術發展過程及成果。	請見於報告書第 2.4 節。
2	檢視並確認無人機探勘道路交通流動資訊之交通安全應用情境	-
(1)	持續蒐集國內外使用無人機於空拍道路交通流動資料之應用與研究文獻，並依 110 年辦理情形、諮詢專家或召開座談會，檢視及調整 110 年研究計畫之交通安全應用情境清單及 111-112 年分年先導測試計畫優先順序。	請見於報告書第 2 章。
(2)	依據調整後 111-112 年分年先導測試計畫優先順序，擬訂本年度之先導測試計畫至少 2 項(包含「右轉衝突」、「非號誌化路口停讓衝突」)，其內容包括測試與分析方法、測試設備(無人機機種、路側設備等)、測試場域(包含道路類型及數量)、無人機飛行趟次、拍攝影片之選擇時段及總時長等，並執行測試，藉由分析測試資料評估及確認相關技術成熟度與限制。	請見於報告書第 6 章。
(3)	透過前項先導測試計畫，除分析該交通衝突課題之特性外，並綜整此類交通衝突之判斷原則，納入交通衝突分析軟體功能，以供後續實務單位分析此類交通衝突之參考及應用。	請見於報告書第 5.2.2 節。
3	持續研發及優化交通衝突分析軟體，做為事故碰撞構圖以外之潛在交通事故衝突偵測及診斷參考，並與實務單位作業結合，包含：	-
(1)	針對空拍道路交通流動影像之人車辨識與追蹤技術，改善本所以往無人機系列研究之空拍影像辨識與追蹤技術瓶頸。例如導入新型影像辨識追蹤技術、增加訓練資料、提升影像辨識追蹤辨識率、正確率及處理效能等。	請見於報告書第 4 章。
(2)	以 110 年研究計畫中彙整之車輛及行人事故碰撞類型，以及研擬對應相關碰撞類型之判斷原則為基礎，持續探討並優化相關碰撞類型之判斷原則，以做為交通衝突分析軟體運用車輛及行人軌跡資料，自動偵	請見於報告書第 5.1 節。

	測潛在交通衝突之判斷依據。	
(3)	優化本軟體操作介面及相關輸出結果(包含相關資料表、統計表及視覺化功能)，完備資料蒐集、軟體套用、衝突分析等整套作業流程。	請見於報告書第 5.2 節。
(4)	與道路管養機關合作(原則不與 110 年合作機關重複)，運用本分析軟體協助其分析至少 4 個路口交通衝突情形，以驗證本分析軟體相關功能之可行性、操作性及正確性。協調合作之道路管養機關優先選擇年度易肇事地點改善計畫之地點，就本計畫提供之交通衝突分析資料，參考交通工程設計範例進行相關交通工程改善，或提供所轄其它已改善之類似路口，以做為本計畫比較分析改善前後之交通衝突變化情形。	請見於報告書第 6.3 節。
(5)	依據 110 年所規劃之交通衝突分析軟體推廣應用模式及前項合作結果進行試營運，並依 110 年研訂之相關評量指標評估營運效果，且研提推廣應用模式及評量指標之改善建議，以做為 112 年執行試營運及評估營運效果之依據。另分析無人機相較傳統方式改善之成本效益，以利道路管養機關評估是否採用之參考。	請見於計畫書第 5.3 節。
(6)	檢視修訂 110 年修訂之分析軟體之操作手冊及無人機空拍影像作業流程，並辦理教育訓練。	請見於計畫書附錄 E、F。
4	對下一(112)年度計畫研究方向及應用情境進行探討，並研提辦理構想。	請見於計畫書第九章。
5	本計畫不得提供及使用大陸廠牌無人機及資通訊產品。	遵照辦理。
6	針對計畫重要成果，製作海報或影片電子檔。	遵照辦理。
7	將本年研究/計畫成果投稿運輸計劃季刊、國內外期刊或學術研討會。	遵照辦理。
8	投標廠商提送服務建議書時，以 1 項先導測試計畫為例，研提辦理構想。	遵照辦理。
9	去(110)年度計畫期末審查意見之回應處理情形表中，涉及 111 年計畫之建議意見整理如附件 2，請納入本(111)年度工作項目。	請見於報告書第八章。

附錄 B. 先導測試計畫合作單位說明會議紀錄

「MOTC-IOT-111-SBB004 以無人機探勘人車流動資訊之應用情境規劃與先導測試(2/3)」專家學者座談會議紀錄-早上場-公路總局交通管理組和新北市交通局

一. 時間：111 年 4 月 25 日（星期一）上午 10 時 0 分~上午 11 時 0 分

二. 地點：遠端視訊會議 (Microsoft Teams)

三. 主席：計畫主持人溫基信

紀錄：高郁承

四. 出席專家學者與單位：

(一) 交通部運輸研究所：運輸安全組黃明正研究員

(二) 訊力科技：主持人溫基信、研究人員王宏生、研究人員高郁承

(三) 陽明交通大學：協同主持人黃家耀博士、顧問胡守任博士、高群凱、楊昇燁、陳濬得

(四) 工研院：研究人員吳家怡

(五) 公路總局交通管理組：鄭雅萍科長、陳則宇

(六) 新北市交通局：蕭先生

五. 主辦單位報告：(略)

六. 綜合討論：

(一) 針對『右轉衝突』、『非號誌化路口停讓衝突』的挑選路口，是否有任何問題需要補充說明

1. 若要滿足『非號誌化路口停讓衝突』情境條件，公路總局轄管的路口會以山區為主，車流量相對較低。
2. 請研究團隊提供去年已分析過的路口照片，供合作單位做為挑選路口的參考資訊。
3. 請合作單位 4/29 前提供欲分析路口清單，路口挑選範圍為新北市及臺中市。
4. 右轉衝突的路口後續分析因拍攝範圍著重在路口上游 60 公尺，將著重在右轉衝突分析。非右轉衝突相關的將因拍攝限制無法處理。

(二) 公路總局在『右轉衝突』遇到的問題及挑戰：以 N 快車道+1 慢車道的路口配置為主，在路幅夠寬的條件下可做車種分流降低右轉衝突，但有些路口條件無法做車種分流，造成右轉車輛與直行機車的衝突較多。

(三) 是否已有相應之交通安全改善計畫：新北市每年有進行 10 大易肇事路口改善計畫。

(四) 後續新北市交通局、公路總局可提供篩選路口相關資料供團隊參考。

1. 路口幾何型態
2. 交通管制方法
3. 轉向交通量調查(如有)
4. 事故碰撞構圖(如有)

(五) 其他

1. 若研究團隊可提供一處先導測試計畫路口進行完整分析，合作單位是否有意願配合改善。俟研究團隊確認挑選路口地點後請合作單位再確認是否有需求且可配合路口改善，再由運研所函送公文通知合作單位，以明確律定雙方須配合事項。
2. 請合作單位協助詢問號誌燈箱廠商，額外介接燈號可能會遇到的技術問題、架設費用及實務問題，供研究團隊進行空拍影像拍攝燈號的可行性評估。
3. 請研究團隊會後以問卷調查，詢問合作單位今日討論的 3 項軟體功能，是否有需求、需求目的及優先順序。
4. 軟體功能就實務單位來說能有相關產出很好，主要還是看計畫的時程及資源

七. 散會時間：11 點 00 分

「MOTC-IOT-111-SBB004 以無人機探勘人車流動資訊之應用情境規劃與先導測試(2/3)」專家學者座談會議紀錄-下午場-臺中市交通局

一. 時間：111 年 4 月 25 日（星期一）下午 14 時 0 分~上午 14 時 50 分

二. 地點：遠端視訊會議 (Microsoft Teams)

三. 主席：計畫主持人溫基信

紀錄：高郁承

四. 出席專家學者與單位：

(一) 交通部運輸研究所：運輸安全組黃明正研究員

(二) 訊力科技：主持人溫基信、研究人員王宏生、研究人員高郁承

(三) 陽明交通大學：協同主持人黃家耀博士、高群凱、楊昇燁、陳濬得

(四) 工研院：研究人員吳家怡

(五) 臺中市交通局：陳建町

五. 主辦單位報告：(略)

六. 綜合討論：

(一) 針對『右轉衝突』、『非號誌化路口停讓衝突』的挑選路口，是否有任何問題需要補充說明

1. 關於「右轉衝突」部分，路段車道過寬所引起的右轉衝突是研究團隊的分析範圍。
2. 右轉衝突的路口後續分析，因拍攝範圍著重在路口上游 60 公尺，以觀察及分析右轉衝突情形，致使其他交通衝突將因沒有空拍到相關人車流動而無法處理。
3. 請合作單位 4/29 前提供欲分析路口清單，若時間較趕可延至 5/6 前提供，以便研究團隊後續規劃無人機拍攝作業。
4. 路口相關資料俟研究團隊收斂可分析的路口，再請合作單位提供。
5. 簡報 P20，研究團隊初提的路口候選清單非必選路口，供合作單位做為挑選路口的參考資訊。

(二) 新北市、臺中市、公路總局在『右轉衝突』、『非號誌化路口停讓衝突』這兩個議題上遇到的問題及挑戰

1. 路口交岔撞及側撞為合作單位較關注的事故重點，建議合作單位可挑選相關事故較多之路口做為路口清單，供研究團隊參考。
2. 今年本計畫也有請公路總局挑選其管轄之新北市或臺中市省道，後續若有也會再與臺中市分享資訊

(三) 是否已有相應之交通安全改善計畫：俟研究團隊確認挑選路口地點後，請合作單位再確認是否有相關改善計畫(已實施、待實施皆可)供研究團隊參考。

(四) 後續請臺中市交通局協助提供篩選路口相關資料供團隊參考

1. 路口幾何型態
2. 交通管制方法
3. 轉向交通量調查(如有)
4. 事故碰撞構圖(如有)

(五) 其他

1. 關於在地面放置一組與號誌同步的燈箱，燈箱廠商須配合無人機機動調查及調整燈箱角度，調動難度較高，建議以既有側拍進行空拍之號誌同步。
2. 請合作單位協助詢問號誌燈箱廠商，額外介接燈號可能會遇到的技術問題、架設費用及用路人混淆等適法性問題，提供研究團隊進行空拍影像拍攝燈號的可行性評估。
3. 若研究團隊可提供一處先導測試計畫路口進行完整分析，請合作單位研議是否有意願配合改善。俟研究團隊確認挑選路口地點後，請合作單位再確認是否有需求且可配合辦理路口改善，再由運研所函送公文通知合作單位，以明確律定雙方須配合事項。
4. 請研究團隊會後以問卷調查方式，徵詢合作單位對於今日討論3項軟體功能之意見，包含是否有需求、應用方式及優先順序。

七. 散會時間：14 點 50 分

附錄 C. 111 年度無人機規格及比較

本年度以 Autel Robotics EVO II Pro 進行路口拍攝，提供無人機規格如下。

品項	規格
飛行器	● 尺寸：508*634*111mm(含槳葉) ● 尺寸：258*368*111mm(無槳葉) ● 重量 (含電池及槳)：1191 克 ● 最大起飛重量：2000 克 ● 軸距：397mm ● 最長飛行時間 40 分鐘 ● 最長懸停時間 35 分鐘 ● 最大上升速度：每秒 8 公尺 ● 最大水平飛行速度：每秒 20 公尺 ● 最大飛行海拔高度：7000 公尺 ● 飛行時間：約 40 分鐘 ● 最長懸停時間：約 35 分鐘 ● 工作環境溫度：-10°C 至 40°C ● 最大抵抗風力 8 級
航拍相機	● 裝置方式：隨機附航拍攝影機 ● 影像感測器：1 英吋 CMOS ● 光圈：f/2.8~f/11 ● ISO 範圍：錄影：100~6400(自動) 照片：100~12800(自動) ● 視角：82 度 (此值無人機官方提供，實際以 66 度即可涵蓋拍攝所需路口範圍) ● 相片最大解像度：5472*3648(3：2) 5472*3076(16：9) 3840*2160(16：9) ● 錄影解析度： 4K UHD：3840x2160 24/25/30/48/50/60fps FHD：1920x1080 24/25/30/48/50/60/120/fps ● 影片存儲最大碼流：120 Mbps ● 相片檔案格式：JPEG, DNG ● 影片檔案格式：MP4/MOV (H264/H265)

品項	規格
	● 支援存儲卡類型：標準 32GB 最高容量 256GB ● (UHS-3 rating required) MicroSD 卡
雲台	● 穩定系統：三軸增穩 ● 可控轉動範圍：俯仰：- 90° to +30°
遙控器	● 遙控裝置：手機 APP 操作 (Autel Explorer) ● 工作頻率：2.400Ghz 至 2.4835；5.725Ghz 至 5.850 ● 訊號有效距離：5 公里(CE) ● 容量：5000mAh ● 工作電流/電壓：1.7A @ 3.7V
電池	● 容量：7100mAh ● 電壓：11.55V ● 電池類型：LiPo 3S ● 最大充電功率：93W

110 年使用的 Parrot 無人機(FOV 69 度)在 75 公尺高度下，拍攝長寬範圍約為 103*58 公尺，因期望增加拍攝範圍，因此今年度(111 年)改為 Autel 無人機，Autel 拍攝影像解析度較高，可支援在(FOV 66 度)120 公尺高度下，拍攝長寬範圍約為 157*88 公尺，以取得更大的拍攝範圍，雖 Autel 機體重量較前款 Parrot 重，但相對的抗風程度更佳、解析度高，且影像拍攝時間可達 25 分鐘，皆符合本計畫所需之影像辨識效果。

下圖為前後款無人機型規格比較，請參考。

機型	Parrot ANAFI (110年使用機種)	Autel EVO II Pro (111年使用機種)
外觀		
旋翼數量	四旋翼	四旋翼
軸距	240mm	397mm
重量 (含電池)	320g	1191g
最大巡航速度	15.3m/s	20m/s
數據傳輸及操控	最大傳輸距離：4km	最大傳輸距離：5km
	Wi-Fi 802.11a/b/g/n 2.4G-5.8G	2.4~2.4835GHz(2.4G) 5.725~5.850GHz(5.8G)
懸停時間	25min	35min
操作介面	手機/平板	手機/平板
抗風級數	五級風	八級風
影像解析度	4K · 30fps	6K · 30fps or 4K · 60fps
拍攝高度及範圍	FOV (Field of View) 69度下 · 在75公尺高度下拍攝長寬範圍約103*58公尺	經6月路口實測FOV (Field of View) 約66度 在60公尺高度下拍攝長寬範圍約78*42公尺 在75公尺高度下拍攝長寬範圍約97*54公尺 在120公尺高度下拍攝長寬範圍約157*88公尺

附錄 D. 分析軟體硬體電腦規格表

執行 Oriented YOLOv4 影像處理部分建議之硬體規格

品項	建議硬體規格	數量
CPU	Intel Core i7 以上規格	1
主機板	可支援 CPU、顯示卡、RAM、電源供應器之主機板	1
顯示卡	搭載 GTX1080 或 RTX3060 以上規格 GPU 之顯示卡	1
RAM	64GB 以上	1
HDD	2TB 以上	1
SSD	500GB 以上	1
電源供應器	750W 以上，須高於顯示卡必要供電瓦數	1

執行分析軟體建議之硬體規格【單機版】

品項	建議規格	數量
處理器 CPU	Intel Core i5-9400F(2.9GHz)	1
記憶體 RAM	16G DDR4-3200	1
固態硬碟 M.2 SSD	128G/M.2	1
傳統內接硬碟 HDD	1TB	1
作業系統	Windows 10/ 64 位元	1

執行分析軟體建議之硬體規格【伺服器版】

品項	建議規格	數量
處理器 CPU	Intel i9-9900K	1
記憶體 RAM	16G DDR4-3200	2
固態硬碟 M.2 SSD	256G/M.2	1
傳統內接硬碟 HDD	2TB	1
作業系統	Windows 10/ 64 位元	1

附錄 E. 無人機空拍程序說明

無人機空拍程序透過實際場域執行下，逐步建立完整的 SOP，重點整理如下表 1：

表1 無人機空拍SOP重點

項次	項目名稱	重點說明
1	無人機作業可行性評估	1. 評估路口幾何特性，包括人行天橋遮蔽、路樹遮蔽等問題 2. 評估無人機飛行條件，如訊號干擾、禁限航區等問題
2	選擇起降場地	1. 選擇空曠之處做為起降場地，如距路口 3 公尺處且有 5 平方公尺空地 2. 不影響行人動線並應於周遭放置警示牌
3	飛行前檢查及路口資訊記錄	1. 飛行前 360 度檢查 2. 至民航局管理系統進行飛航活動前登載 3. 路口比例尺量測，建議以明顯標的物為量測目標 4. 號誌時間記錄，飛行前後以無人機鏡頭拍攝電子鐘畫面，並以攝影機同時記錄該電子鐘及路口燈號變化，且須記錄號誌轉換至少兩次以上
4	飛行參數設定	1. 依需求情境固定飛行高度(本(111)年多為 120 公尺) 2. 設定拍攝解析度(本年為 6K/30fps)
5	無人機起飛拍攝	1. 飛行至路口中央位置，拍攝畫面以主要道路為橫向、次要道路為縱向，並盡量以北方為上 2. 為利於號誌時間同步記錄，無人機起飛至降落須全程錄影，並於降落後再次拍攝電子鐘畫面後始可停止錄影
6	飛行後檢查及場地復原	1. 無人機降落後須拍攝電子鐘畫面 2. 飛行後 360 度檢查 3. 至民航局管理系統進行飛航活動後登載 4. 場地復原及移除警示標誌

項次	項目名稱	重點說明
7	完成路口影像蒐集	1. 依照路口編碼、架次、飛行高度、影片時間等進行影片名稱管理 2. 將空拍影片、側錄影片、照片上傳至伺服器統一管理

一、事前地點勘查與評估

空中領域並非想飛就能隨時起飛，執行任務前請務必先了解現場環境狀況，如勤務車輛停放處、無人機起落點、緊急迫降區、拍攝號誌時相地點、飛行路徑、外部環境評估等，說明如下。

(一)確認飛行路口：上網使用線上地圖，確認需要蒐集影像資料的路口。

(二)決定作業場地：

1. 使用線上地圖衛星圖層可以大致了解該路口的環境，請確認好東南西北方位。
2. 尋找空曠的起落區域，決定讓飛手、觀測手有足夠空間執行勤務地點。
3. 選擇空拍機起飛地點為較空曠之處(距路口 3 公尺處應有 5 平方公尺空地)，且不影響行人動線並應於周遭放置警示牌，用以提醒行人注意勿近。
4. 拍攝團隊所駕駛車輛請遵守規定勿違停，避免干擾現場正常人車流動狀況。
5. 建議將飛手、觀測手、工作人員規劃於同一區域作業，使飛手、觀測手、工作人員間可有效溝通，減短反應時間，減少占用道路面積。

(三)路口工作區確認

1. 選擇好工作區域，進一步利用網路地圖之街景功能，推演執行任務的順暢性，最重要的要規劃好無人機的飛行路徑。
2. 建議可讓無人機直線上升，然後移到路口中心點，避免斜飛碰撞到無預期之空中電線問題。

(四)路口細部確認

1. 利用線上地圖街景功能，詳細觀察有無其他可見的干擾影響飛行計畫，譬如玻璃大樓、電視台大型發射器、基地台等。
2. 以下圖為例，紅框所標記的兩棟大樓具備了玻璃大樓會造成 GPS 訊號無規律的反射外，大樓頂有大型發射器，潛在風險可藉由街景先行調查。



二、現場起飛前檢查：

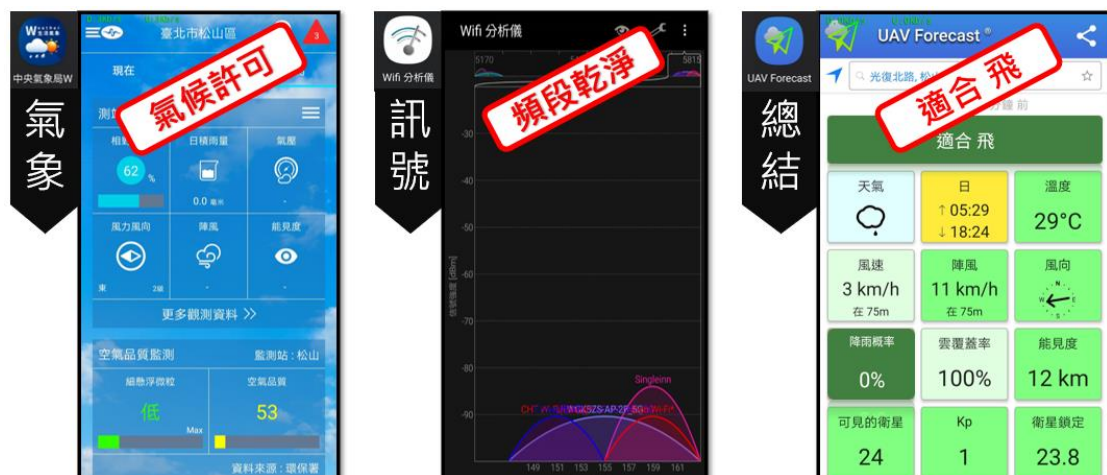
現場執行任務，除需完善任務規劃外，到場執行任務時請再次確保任務順利完成，建議可使用簡單環境資料蒐集 APP，供飛行前做好風險控管。

(一)周遭環境(氣象與訊號)檢查

1. 氣象檢查 APP：藉由中央氣象局所發布的 APP，名稱為「中央氣象局 W」，了解風力與風向，多少風力級別才能

夠執行任務，取決於飛行器的抗風級數。了解無人機抗風級別的上限外，也需了解最大風速(km/h)為何，才不會造成無人機失控。風向可以來決定起飛時逆風、降落時順風來減緩無人機用電，也可確保低電量時能夠順利返航。

2. WiFi 訊號檢查 APP：市售無人機圖傳發射模組分 2.4GHz 和 5.8GHz 兩種，當中以 5.8GHz 為主流，建議可選擇 5.8GHz 頻道，所受干擾情況會較少。除了短距飛行選擇 5.8GHz 外，透過 WiFi 分析儀選擇使用通道最少的頻段，也能增加飛行中傳輸的穩定度並能有效提高飛行安全。
3. UAV Forecast APP：APP 簡潔明瞭地在掃描完定位地點資訊後在畫面最上方顯示「適合飛行」或「不適合飛」，可參考畫面中資訊，再確認是否能夠透過空拍機或飛手的技術來克服。此外針對不同高度的風速資訊，避免於高空風速誤判情形發生。



(二)民航局系統報到與報離：依照民航局制定的法規，執行人物前後需針對操作人員、使用的無人機、執行任務地點來做報到報離動作。

交通部民用航空局 遙控無人機管理資訊系統					
2-1-登載情況					
駕駛人員	無人機	起飛地點(緯度,經度)	報到時間 系統紀錄時間	報離時間 系統紀錄時間	
1	葉志軒	B-AA87019	223825.97,1202102.73	2021/08/25 07:31 2021/08/25 07:31	2021/08/25 09:03 2021/08/25 09:03

駕駛人員

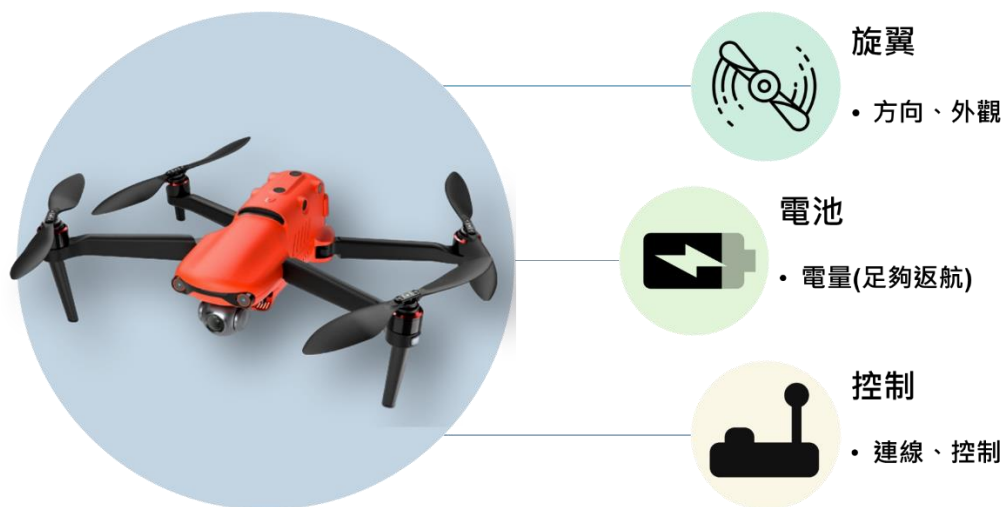
實際飛行設備

執行任務地點

開始執行時間
(報到時間)

結束執行時間
(報離時間)

(三)無人機機身檢查：現今販售的無人機開機時候會有自主的旋翼馬達、雲台、飛機 GPS 定位檢查，一旦檢查出錯會在操控面板有明確的錯誤訊息，在飛行前還需目視詳細檢查旋翼(葉片)是否有明顯的破損或變形、電池電量充足、無人機與遙控器連結完成，來確保飛行時無人機的安全。



12

三、執行起飛任務：

當無人機開始執行任務，就必須隨時保持警戒預防任何風險來干擾無人機的飛行，此時的飛手與觀測手必須時刻注意無人機與周遭環境可能帶來的風險，於危害造成前避免干擾之風險。

(一)起飛前確認

1. 請確認錄影模式與錄影畫質設定。
2. 請確認與開啟錄影並與電子鐘校時(與號誌時相同步需求)。
3. 校時完成後，由起降區域準備起飛。



(二)執行飛行任務：

1. 請飛手依照飛行計畫中的航線，在控制顯示器上確認無人機飛行高度到達任務高度，建議 75~120 公尺。
2. 移動到四面道路停等線與畫面邊緣保持最基本距離。
3. 開始定點蒐集人車行進的畫面。



15

(三)蒐集過程注意事項：蒐集畫面的過程中，飛手請隨時注意顯示面板，確認以下數值。

1. 飛行速度：觀察上空陣風是否強過無人機的負荷，不同廠牌無人機顯示方式會不同，在操作無人機時必須了解顯示面板上的數值代表意義。
2. 飛行高度：維持在固定高度拍攝、蒐集畫面。
3. 飛行距離：飛手與無人機水平距離，可利用此數值參考無人機懸停與操作者水平距離。
4. 無人機與遙控器連接訊號強度：如果訊號不強，飛手可試著移動位置來檢視訊號最好的地方。
5. 無人機電池殘量：避免無人機系統自動判定低電量，造成控制權消失或無足夠電量返航，必須規劃安全電池電量內返航。
6. 無人機定位：訊號越好，對於無人機精密操控性更佳。
7. 確認更新錄影時間：錄影是否到達目標時間。



16

(四)飛機懸停注意事項：為確保分析路口畫面有效性，請將無人機穩定在一定點飛行，努力將無人機控制在所設想的錨點上，讓後續影像分析準確。

(五)觀測手注意事項：

1. 執行任務路口不一定都單純，觀測手必須隨時注意無人機與周遭動態。
2. 隨時注意飛手周遭交通動態，預防正在專心操控無人機的飛手遭受到意外，也要注意聆聽飛手是否有遇到緊急狀況，才可以隨時反應跟處理。
3. 畫面資料蒐集最佳時間為交通流量大的時間，在這交通的尖峰期，減少起落準備時間的唯一方法，是在飛手降落前先行預備好下一趟所需的電池與記憶卡，可縮短趟次間的準備時間。
4. 確保起落區域或緊急迫降區域是否空曠，以免造成意外，並記得需要讓無人機與號誌側拍攝影機完成校時作業。

降落-任務完成：於民航局系統進行飛航活動後登載，最後將場地復原，並移除警示標誌。

附錄 F. 成果說明暨教育訓練

「以無人機空拍及 AI 影像辨識技術探討路口交通衝突」

研究成果說明暨教育訓練

- 一、活動時間：111 年 10 月 27 日(星期四)上午 10:20 至 15:20。
- 二、活動地點：遠端視訊會議 (Microsoft Teams)，連結網址另寄送報名人員。
- 三、主辦單位：交通部運輸研究所與訊力科技公司共同主辦。
- 四、報名事宜：
 1. 報名網址：<https://reurl.cc/gMVZpV>
 2. 報名人數：本活動採遠端視訊會議(Microsoft Teams)線上方式進行，課程報名人數無名額限制。
 3. 報名期限：111 年 10 月 26 日(星期三)中午 12:00。
 4. 費用：本活動免收報名費用。
 5. 學習時數：公務人員學習時數可分上午場 2 小時、下午場 2 小時，全程參加者可登錄終身學習時數 4 小時。
 6. 聯絡窗口：王宏生(電話：02-8226-2008 分機 1371)。
- 五、活動簡介：



本所與訊力科技公司合作進行跨領域專案研究計畫，於 107-109 年已完成路口交通衝突分析基礎研究，進行無人機空拍影像、AI 深度學習影像辨識、交通應用的整合實驗，除透過 AI 影像辨識將路口交通空拍影像，轉換為人車運動之軌跡檔，並建構一套軟體平台進行交通衝突分析，可協助分析路口的交通衝突情形，且具備車流特性資料的蒐集與分析功能，已有階段性成果。

110-112 年則辦理「以無人機探勘人車流動資訊之應用情境規劃與先導測試」3 年期計畫，透過 6 項先導測試計畫，持續發展及優化路口交通衝突分析技術。110 年先與臺北市、高雄市合

作「機會左轉」、「路口穿越衝突」兩項先導測試計畫，並與臺北市、桃園市、臺南市進行易肇事路段改善計畫；今(111)年則與新北市、臺中市及公路總局合作「右轉衝突」、「非號誌化路口停讓衝突」兩項先導測試計畫，並分析基隆市、新竹縣、苗栗縣、彰化縣共 4 處易肇事路口，透過與道路管養機關合作，驗證交通分析軟體功能之適用性，做為後續軟體改善之參考。

本所針對 111 年計畫成果舉辦成果說明與教育訓練，邀請道路管理機關與相關研究推廣單位，藉以瞭解無人機空拍作業程序、AI 影像辨識原理、分析軟體功能與操作程序等，期能於未來廣為應用於路口交通安全診斷及改善，以提升道路交通安全。每場次均會預留時間提供與會人員提問，以交流相關意見。

六、活動議程：

活動主持人：溫計畫主持人基信

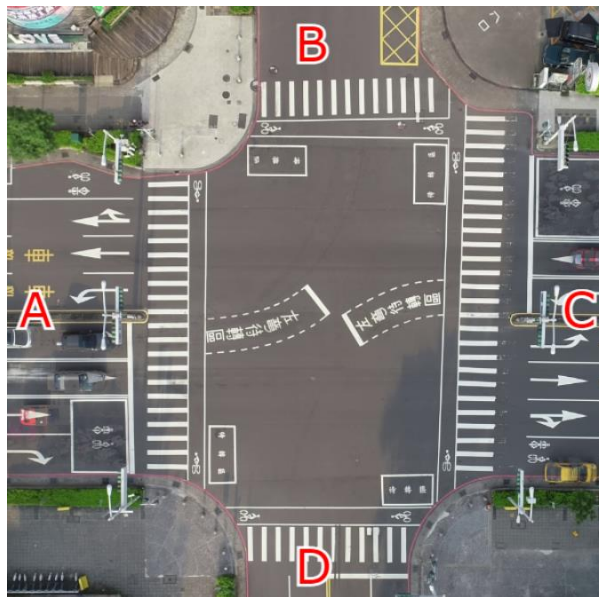
時 間	議 程
10:00~10:20	報到
10:20~10:30	開幕暨本所長官致歡迎詞
10:30~11:00	成果說明(一)： 「空拍影像車輛偵測技術之限制與未來發展」 主講人：中原大學資訊工程學系 蘇教授志文
11:00~11:30	成果說明(二)： 「無人機交通路口觀測及衝突軟體應用」 主講人：工業技術研究院資訊與通訊研究所 周副組長業凱

時 間	議 程
11:30~12:00	成果說明(三)： 「無人機探勘人車流動資訊之交通安全分析方法」 主講人：陽明交通大學運輸與物流管理學系 黃教授家耀
12:00~13:30	中午休息
13:30~14:00	教育訓練課程(一)： 「無人機空拍與整體分析軟體功能介紹」 主講人：訊力科技股份有限公司 葉工程師志 軒 工業技術研究院資訊與通訊研究所 許工程師 銓書
14:00~14:30	教育訓練課程(二)： 「易肇事路口分析之軟體使用說明」 主講人：陽明交通大學運輸與物流管理學系 楊研究生昇燁
14:30~15:00	教育訓練課程(三)： 「先導測試情境：右轉衝突及非號誌化路口停 讓衝突之軟體使用說明」 主講人：陽明交通大學運輸與物流管理學系 陳研究生濬得

時 間	議 程
15:00~15:20	教育訓練課程(四)： 「無人機公開資料與軟體試用申請說明」 主講人：訊力科技股份有限公司 王經理宏生
15:20	活動結束

附錄 G. 衝突型態分類說明

本計畫衝突型態判斷方法，依車輛行駛的進出口方向為主要判斷依據，碰撞角度為輔助判斷依據，分類基準依衝突型態分類總表，並參考路口方向示意圖，路口方向(A、B、C、D)，由進出口方向判斷轉向，方向可分為迴轉、左轉、直行、右轉，目前在衝突型態的判斷上，將迴轉視為左轉的一種變形模式。



路口方向示意圖

衝突型態分類總表

		Veh2																	
		入口 A				B				C				D					
		出口 A B C D				B C D A				C D A B				D D A B C					
	入口	出口	轉向	迴	左	直	右	迴	左	直	右	迴	左	直	右	迴	左	直	右
Veh1	A	A	迴	1.7	1.7	1.1/1.5				3.1				2.1	2.4			3.4	
		B	左	1.7	1.7	1.1/1.5				3.1			2.3	2.1	2.4			3.4	
		C	直	1.1/1.5	1.1/1.5	1.3/1.4	1.2/1.6	3.4	3.4	3.3	3.5	2.1	2.1	2.2		3.1	3.1	3.6	3.2
		D	右			1.2/1.6	1.8			3.2		2.4	2.4					3.5	
	B	B	迴			3.4		1.7	1.7	1.1/1.5				3.1				2.1	2.4
		C	左			3.4		1.7	1.7	1.1/1.5				3.1			2.3	2.1	2.4
		D	直	3.1	3.1	3.6	3.2	1.1/1.5	1.1/1.5	1.3/1.4	1.2/1.6	3.4	3.4	3.3	3.5	2.1	2.1	2.2	
		A	右			3.5				1.2/1.6	1.8			3.2		2.4	2.4		
	C	C	迴			2.1	2.4			3.4		1.7	1.7	1.1/1.5				3.1	
		D	左		2.3	2.1	2.4			3.4		1.7	1.7	1.1/1.5				3.1	
		A	直	2.1	2.1	2.2		3.1	3.1	3.6	3.2	1.1/1.5	1.1/1.5	1.3/1.4	1.2/1.6	3.4	3.4	3.3	3.5
		B	右	2.4	2.4					3.5				1.2/1.6	1.8			3.2	
	D	D	迴			3.1				2.1	2.4			3.4		1.7	1.7	1.1/1.5	
		A	左			3.1			2.3	2.1	2.4			3.4		1.7	1.7	1.1/1.5	
		B	直	3.4	3.4	3.3	3.5	2.1	2.1	2.2		3.1	3.1	3.6	3.2	1.1/1.5	1.1/1.5	1.3/1.4	1.2/1.6
		C	右			3.2		2.4	2.4					3.5				1.2/1.6	1.8

依據上表，可查得各種衝突型態，如同向直行車與左轉車會發生 1.1 或 1.5 的衝突型態，其中 1.1 為同向左轉跟車衝突，1.5 為同向左轉切入衝突。

部分衝突型態由於進出口方向相同，如以下三種情況，則需加入兩車之衝突角度 ConcliftAngle θ ，並做進一步的判斷。

- 一. 同向左轉跟車衝突(1.1)及同向左轉切入衝突(1.5)
- 二. 同向右轉跟車衝突(1.2)及同向右轉切入衝突(1.6)
- 三. 同向直行減速衝突(1.3)及同向變換車道衝突(1.4)

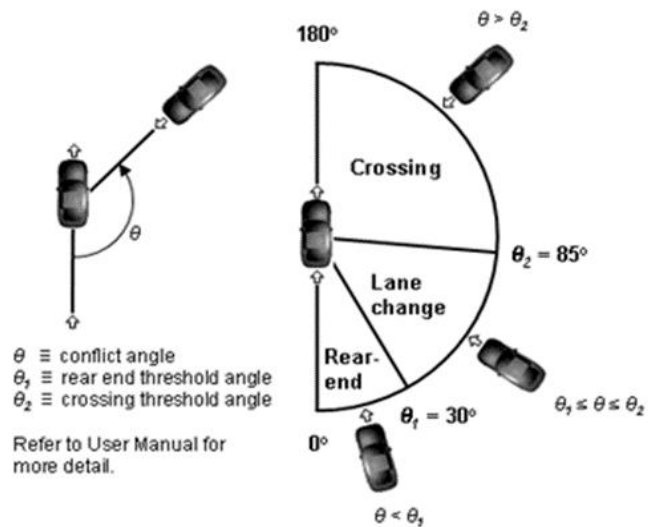


圖 10.2-1 衝突角度說明

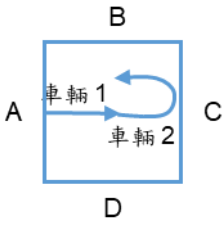
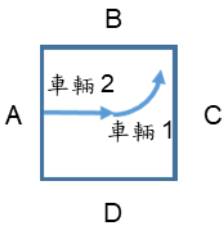
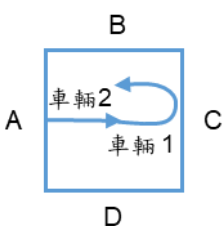
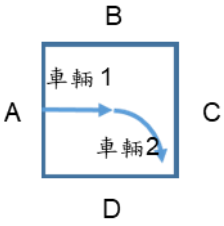
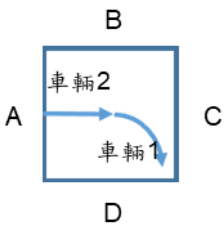
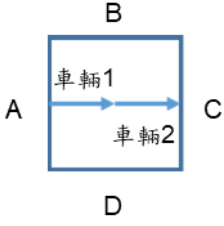
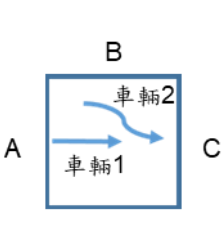
表 10.2-1 衝突角度與衝突型態判斷表

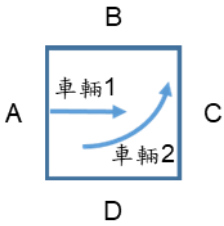
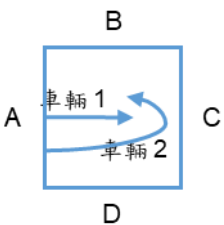
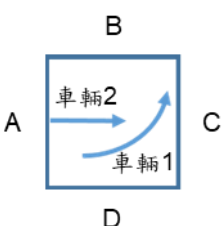
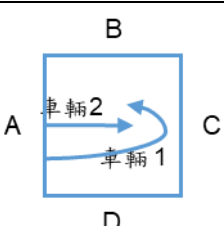
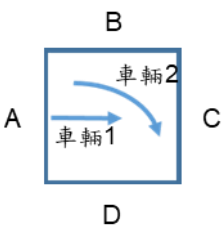
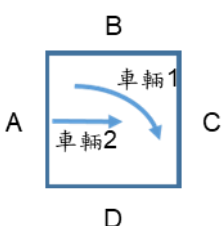
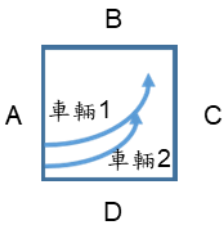
衝突角度範圍	衝突型態編號
$0^\circ \leq \theta \leq 30^\circ$	1.1, 1.2, 1.3
$30^\circ < \theta \leq 85^\circ$	1.4, 1.5, 1.6

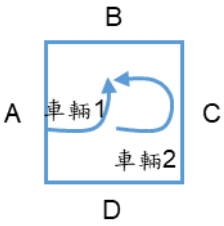
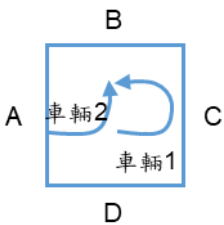
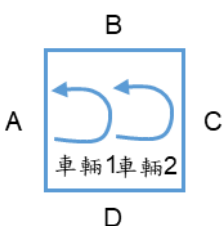
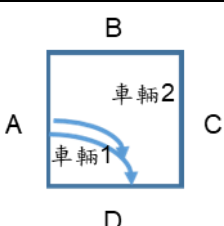
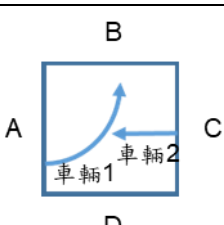
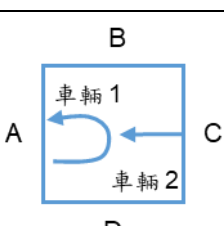
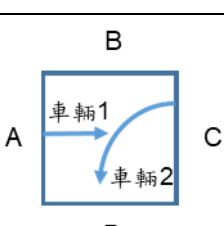
根據衝突判斷總表及衝突角度等資訊，整理衝突型態判斷對及出入口對應表如下。

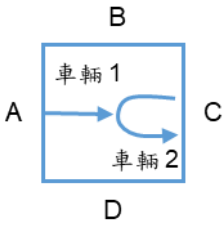
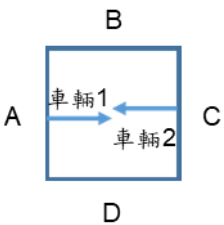
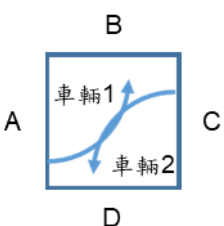
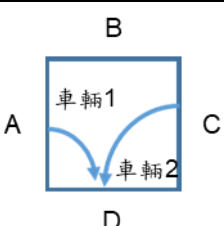
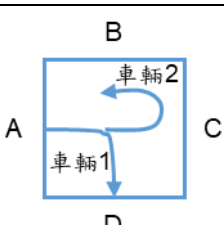
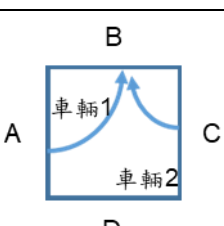
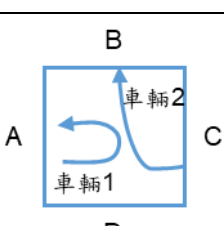
衝突型態判斷及出入口對應表

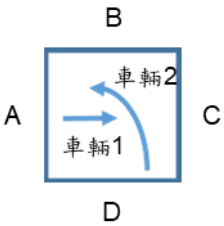
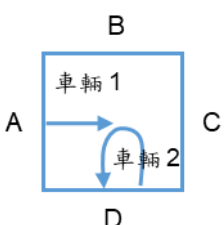
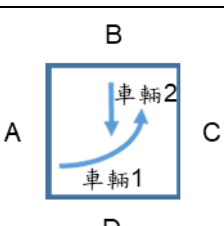
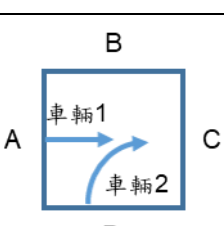
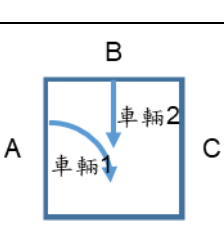
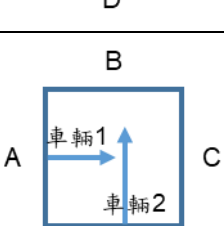
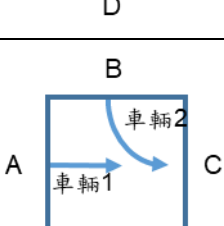
編號	衝突型態名稱	簡圖	衝突判斷方法	車輛 1		車輛 2		衝突角度
				入口	出口	入口	出口	
1.1	同向左轉跟車衝突		同入口方向直行 車與左轉車	A	C	A	B	$0^\circ \leq \theta \leq 30^\circ$

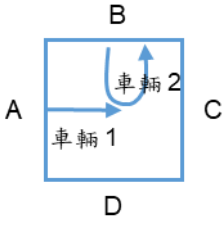
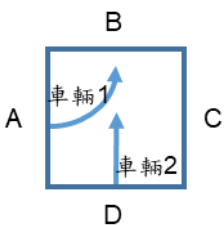
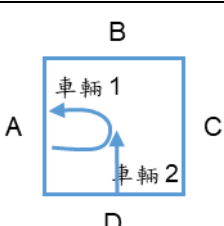
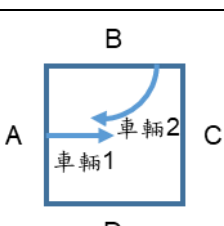
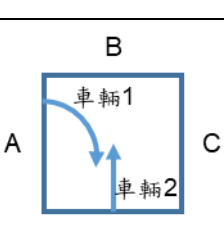
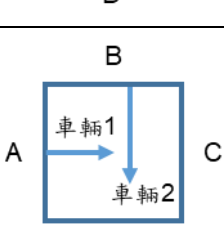
			同入口方向直行 車與迴轉車	A	C	A	A	
			同入口方向左轉 車與直行車	A	B	A	C	
			同入口方向迴轉 車與直行車	A	A	A	C	
1.2	同向右轉跟車衝突		同入口方向直行 車與右轉車	A	C	A	D	$0^\circ \leq \theta \leq 30^\circ$
			同入口方向右轉 車與直行車	A	D	A	C	
1.3	同向直行減速衝突		同入口方向直行 車與直行車	A	C	A	C	$0^\circ \leq \theta \leq 30^\circ$
1.4	同向變換車道衝突		同入口方向直行 車與直行車 發生變換車道衝突	A	C	A	C	$30^\circ < \theta \leq 85^\circ$

1.5	兩車左轉切入衝突		同入口方向直行 車與左轉車	A	C	A	B	$30^\circ < \theta \leq 85^\circ$
			同入口方向直行 車與迴轉車	A	C	A	A	
			同入口方向左轉 車與直行車	A	B	A	C	
			同入口方向迴轉 車與直行車	A	A	A	C	
1.6	同向右轉切入衝突		同入口方向直行 車與右轉車	A	C	A	D	$30^\circ < \theta \leq 85^\circ$
			同入口方向右轉 車與直行車	A	D	A	C	
1.7	同向兩車左轉衝突		同入口方向左轉 車與左轉車	A	B	A	B	無

			同入口方向左轉 車與迴轉車	A	B	A	A	
			同入口方向迴轉 車與左轉車	A	A	A	B	
			同入口方向迴轉 車與迴轉車	A	A	A	A	
1.8	同向兩車右轉衝突		同入口方向右轉 車與右轉車	A	D	A	D	無
2.1	對向左轉衝突		左轉車與對向直 行車	A	B	C	A	無
			迴轉車與對向直 行車	A	A	C	A	
			直行車與對向左 轉車	A	C	C	D	

			直行車與對向迴轉車	A	C	C	C	
2.2	對向偏移衝突		直行車與對向直行車	A	C	C	A	無
2.3	對向兩車左轉衝突		左轉車與對向左轉車	A	B	C	D	無
2.4	對向左轉右轉衝突		右轉車與對向左轉車	A	D	C	D	無
			右轉車與對向迴轉車	A	D	A	A	
			左轉車與對向右轉車	A	B	C	B	
			迴轉車與對向右轉車	A	A	C	B	

3.1	左轉穿越衝突 (右側)		直行車與右方左轉車	A	C	D	A	無
			直行車與右方迴轉車	A	C	D	D	
			左轉車與左方直行車	A	B	B	D	
3.2	右轉穿越衝突 (右側)		直行車與右方右轉車	A	C	D	C	無
			右轉車與左方直行車	A	D	B	D	
3.3	直行穿越衝突 (右側)		直行車與右方直行車	A	C	D	B	無
3.4	左轉穿越衝突 (左側)		直行車與左方左轉車	A	C	B	C	無

			直行車與左方迴轉車	A	C	B	B	
			左轉車與右方直行車	A	B	D	B	
			迴轉車與右方直行車	A	A	D	B	
3.5	右轉穿越衝突 (左側)		直行車與左方右轉車	A	C	B	A	無
			右轉車與右方直行車	A	D	D	B	
3.6	直行穿越衝突 (左側)		直行車與左方直行車	A	C	B	D	無

衝突型態判斷說明整理如上表，其餘未分類項目，則係因判斷不會有此兩種行進方向之衝突，或衝突機率極低，現實肇事狀況也極少發生，故先歸類於「其他型態」，可於後續研究中深入探討。目前其他型態之行進方向之情形以車輛 1 之 A 入口方向為例，整理如下表。

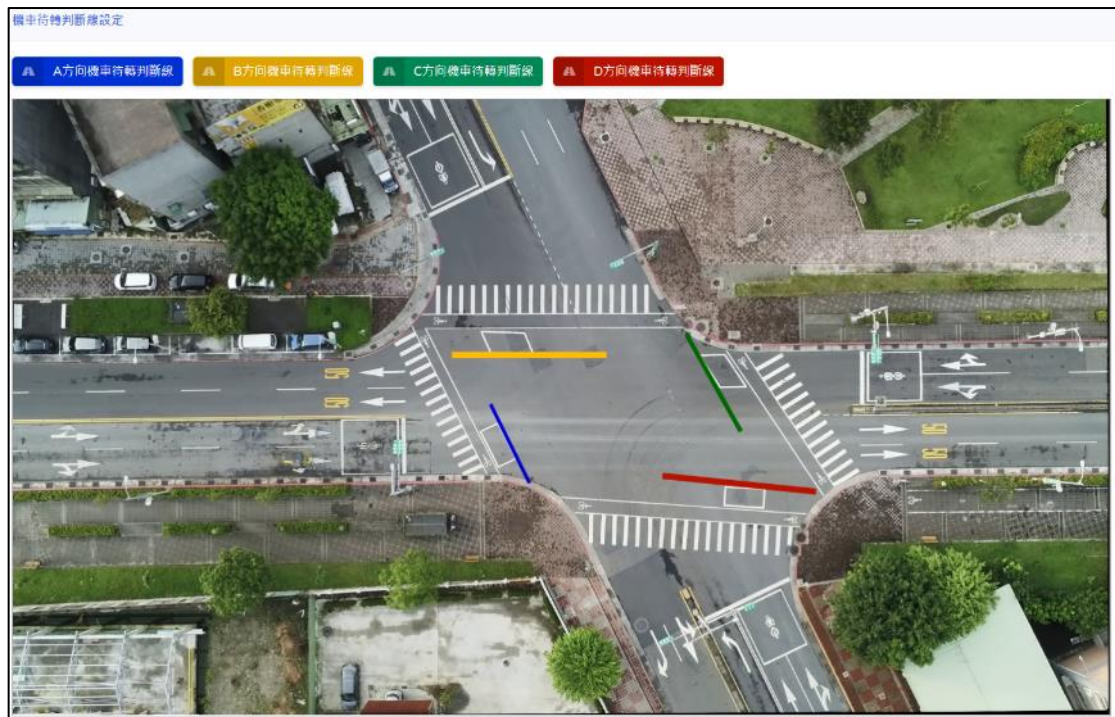
其他未分類衝突型態與出入口對應表

車輛行進方向	車輛 1		車輛 2	
	入口	出口	入口	出口
同入口方向之右轉車與左轉車	A	D	A	B
同入口方向之右轉車與迴轉車	A	D	A	A
同入口方向之左轉車與右轉車	A	B	A	D
同入口方向之迴轉車與右轉車	A	A	A	D
迴轉車與左方迴轉車	A	A	B	B
迴轉車與左方左轉車	A	A	B	C
迴轉車與左方右轉車	A	A	B	A
迴轉車與對向迴轉車	A	A	C	C
迴轉車與對向左轉車	A	A	C	D
迴轉車與右方迴轉車	A	A	D	D
迴轉車與右方左轉車	A	A	D	A
迴轉車與右方右轉車	A	A	D	C
左轉車與左方迴轉車	A	B	B	B
左轉車與左方左轉車	A	B	B	C
左轉車與左方右轉車	A	B	B	A
左轉車與對向迴轉車	A	B	C	C
左轉車與右方迴轉車	A	B	D	D
左轉車與右方左轉車	A	B	D	A
左轉車與右方右轉車	A	B	D	C
直行車與對向右轉車	A	C	C	B
右轉車與左方迴轉車	A	D	B	B

右轉車與左方左轉車	A	D	B	C
右轉車與左方右轉車	A	D	B	A
右轉車與對向直行車	A	D	C	A
右轉車與對向右轉車	A	D	C	B
右轉車與右方迴轉車	A	D	D	D
右轉車與右方左轉車	A	D	D	A
右轉車與右方右轉車	A	D	D	C

本計畫除持續檢視衝突型態之分類外，也特別將機車兩段式左轉之衝突作一調整，以下進行說明。

軟體加入【機車待轉判斷線】設定功能，如下圖藍、黃、綠、紅色線段部分，分別代表各個進入方向的待轉判斷線。使用者建置專案後，需在路口底圖以待轉區之前緣，設定各個車道的機車待轉判斷線。軟體將記錄各個方向的機車待轉判斷線，透過計算車輛軌跡與機車待轉判斷線的座標，進而判斷機車軌跡是否有通過機車待轉判斷線，做為判斷機車是否為逕行左轉，或為於待轉區停等之後的兩段式左轉依據，再根據此計算結果，調整的衝突分類資訊，以利改善衝突分類判斷的邏輯。



設定機車待轉判斷線

而當軟體可判斷機車是否通過【機車待轉判斷線】後，可將衝突發生的時間區分為兩種，第一種是【機車通過待轉判斷線前】，第二種是【機車通過待轉判斷線後】，可將兩段式左轉的衝突事件，區分為兩個不同直行方向所發生的衝突事件。

因此，若第一種機車通過待轉判斷線前，可參考下圖，將原本前述判斷的衝突分類，根據衝突角度與另一台車輛的行進方向來加以細分。例如：當兩台車輛都由A方向進入時，且未通過待轉判斷線前，衝突角度為 $0^\circ \leq \theta < 30^\circ$ 時，可細分為【1.1 同向左轉跟車衝突】、【1.2 同向右轉跟車衝突】、【1.3 同向直行減速衝突】，而如果衝突角度 $\theta \geq 30^\circ$ 時，則為【1.4 同向變換車道衝突】、【1.5 兩車左轉切入衝突】、【1.6 兩車右轉切入衝突】，而其他衝突則如圖例。

		Veh2																			
		入口				A				B				C				D			
		出口				A B C D				B C C D A A				C D D A B B				D A A B C C			
		轉向				週 左 直 右				週 左 直 右				週 左 直 右				週 左 直 右			
入口	出口	轉向				週 左 直 右				週 左 直 右				週 左 直 右				週 左 直 右			
Veh1	A	C	直	1.1/1.5	1.1/1.5	1.3/1.4	1.2/1.6	3.4	3.4	3.3	3.5	2.1	2.1	2.2		3.1	3.1	3.6	3.2		

A方向機車通過待轉判斷線前的衝突分類圖

若為第二種機車通過待轉判斷線後，可參考下圖，將原本前述的衝突分類，視為另一個行進方向，並且根據衝突角度與另一台車輛的行進方向來加以細分。例如：自 A 方向進入的兩段式左轉機車，在此時視為由 D 出發往 B 方向前進的車輛，期間遭遇 D 方向進入的車輛時，當 A 方向進入的兩段式左轉機車，在此段期間遭遇 D 方向進入的車輛時，當衝突角度為 $0^\circ \leq \theta < 30^\circ$ 時，可細分為【1.1 同向左轉跟車衝突】、【1.2 同向右轉跟車衝突】、【1.3 同向直行減速衝突】，而如果衝突角度 $\theta \geq 30^\circ$ 時，則為【1.4 同向變換車道衝突】、【1.5 兩車左轉切入衝突】、【1.6 兩車右轉切入衝突】，而其他衝突則如圖例。

Veh1 機車待轉區 -> B		Veh2																	
		入口 出口		A				B				C				D			
				A	B	C	D	D	A	B	C	C	D	A	B	D	A	B	C
				轉向	週	左	直	右	週	左	直	右	週	左	直	右	週	左	直
D	B	直	3.4	3.4	3.3	3.5	2.1	2.1	2.2		3.1	3.1	3.6	3.2	1.1/1.5	1.1/1.5	1.3/1.4	1.2/1.6	

A方向機車通過待轉判斷線後的衝突分類

如此一來，除可精準的判斷機車是否有兩段式左轉，並且根據離開待轉區的時間點，可以更清楚的細分出不同時間點所發生的衝突種類，避免原本的歸類錯誤。

附錄 H. 期中審查意見處理情形表

交通部運輸研究所合作研究計畫

■期中□期末報告審查意見處理情形表

編號：MOTC-IOT-111-SBB004

計畫名稱：以無人機探勘人車流動資訊之應用情境規劃與先導測試(2/3)-非號誌化路口

執行單位：訊力科技股份有限公司

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審 查意見
(一) 臺北市交通管制工程處劉嘉祐總工程司		
1. 第 5.2.4 節新增急減速部分，建議增加車輛所在車道別，以及資料匯出功能，以供使用者進一步的應用。此外，報表中應有樣本數、車種比例等資料。	會將委員意見併同相關需求訪談之建議，彙整待開發功能一覽表，再依重要性及急迫性，與運研所討論開發項目與時程，並於期末報告說明。	同意。
2. 建議第六章或第七章部分選擇幾個路口繪製路口碰撞構圖，便於瞭解路口事故型態，並與本計畫衝突模式相互驗證與連結，建議於期中報告後進行補強。	碰撞構圖採用事故資料，而本研究採交通衝突事件資料，為兩種不同的分析方法，在易肇事路口的分析上可進行互補參考。因時程關係，易肇事路口的分析將於期末報告完整呈現。	同意。
3. 第 99 頁圖 7.2.1，中山路二段往南設有左彎待轉區，建請再確認時相一之正確性。	彰化市中山路二段公園路中華路口之號誌時相為地方機關所提供，本團隊已有在現場調查時確認其正確性。由中山路二段往南之時相一、二可知，其為遲閉之時相設計，故可設置左彎待轉區。	同意。
4. 本計畫選擇之拍攝路口，有些拍攝時間已過路口尖峰時刻，交通量與樣本數是否足夠？建議補充說	易肇事路口是挑選事故熱時（非交通尖峰時段）進行拍攝，希望瞭解該時段之交通衝突情況；先導測試計畫則挑選早上尖峰或下午尖峰進	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審 查意見
明。	行拍攝，以獲得較大的交通量及樣本數，後續補充說明於 3.2 節空拍實際辦理情況。	
5. 第八章研究空拍號誌燈箱以取代對時程序，可透過控制器接出一組燈面方式處理，惟報告書說明各單位評估回應不可行，建議可找本處測試技術可行性。	期末之前再請教劉委員可行作法，並評估是否可複製到其它縣市。若只有臺北市能配合此測試，而其它縣市或公路總局無法執行，則此測試僅能驗證技術可行性。	同意。
6. 現場距離量測作業使用既有現場標線進行換算，如直行箭頭或車道線，建議可再思考讓準確度提升的方法，以節省可觀的人力。	第 8.3.2 節之研究發現運用箭頭或車道線的誤差約 4-8% 之間，雖較現場量測的誤差為大，但並未否定其可用性。如調查期間因路上車流量大較難進行測距輪量測，或於現場忘記進行量測，則建議可以採用道路現有標線進行量測。 測距輪量測工作一般由空拍小組觀測員或其他輔助人員於拍攝空檔進行量測，且 1 人 15 分鐘內應可完成，不致造成人力的增加。	同意。
(二) 淡江大學運輸管理學系張教授勝雄		
1. 第 19 頁建議研究團隊將實際使用經驗(如嘗試那些方案、優劣選擇依據等)詳細說明，做為後續研究者參考。	相關經驗將於期末報告相關章節補充說明。	同意。
2. 第 47 頁飛行高度設定由原 75 公尺升為 120 公尺，建請說明變更的理由及影響(如空拍範圍、辨識能力等)。	為利於取得更大空拍範圍，在符合民航局規範之高度下，提高飛行高度至 120 公尺，拍攝範圍亦由 103*58 公尺擴大至 157*88 公尺。經測試，120 公尺高度拍攝之車輛辨識分析結果可適用於交通衝突分析平台使用。	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審 查意見
3. 第 49 頁提到考慮無人機逆光情形，因無人機空拍時鏡頭通常朝下，為何會有逆光情形？建議補充說明。	謝謝委員提醒。考量無人機起降安全性，避免因逆光造成操作人員因強光影像操作之安全性，無人機空拍畫面正射向下，雖不直接受強光影響，惟仍須考量拍攝路口因光線受大樓遮蔽，造成的陰影影響。原第 49 頁內容描述不佳，將於期末報告修正。	同意。
4. 第 65 頁提到自行車與機車分類困難，自行車速度設定 15~25kph 稍微偏高，基準可再考慮，改變後辨識程度是否更好？也可考慮車流速度分布情況，把比較低的部分抓出來再用這方式比較，或許可提高自行車辨識率。	1. 由於機車車速會受塞車、狹小道路等環境影響而全程降速，因此團隊判斷速度無法做為區分機車與自行車之基準。 2. 前期自行車有 26% 會誤分類為機車，是 Oriented YOLOv4 針對單張非連續畫面之統計結果，不是連續畫面下的軌跡車種結果。軌跡之車種決定是在連續畫面的已偵測車輛中，透過追蹤技術取得位置具連續性之車輛，再根據該車輛在不同畫面中的分類車種進行統計，並以分類出現次數最多的車種做為該軌跡最終之車種。因此同一車輛之軌跡即使在少數畫面有分類錯誤，只要多數畫面中有著正確分類，其軌跡便會透過投票程序取得正確之車種。 3. 由於前述原因，即便自行車在單張畫面下有著約 26% 誤分類為機車之機率，仍能藉著約 64% 分類為自行車的正確機率，讓多數自行車在最終軌跡產出透過投票機制修正為正確	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審 查意見
	之自行車軌跡。因此後續將透過調整自行車與機車之投票權重方式，來進一步降低自行車軌跡誤分類為機車軌跡之機率。	
5. 第 71 頁圖 5.2-6 闖紅燈數量高達 144，直覺此數據可能有問題，建請再檢視分析過程是否有問題。若數據正確，則建議分析原因為何。	謝謝委員指正。圖 5.2-6 為開發階段之截圖，其秒差尚未正確設定，導致闖紅燈判斷有誤，已檢查並修正。	同意。
6. 第 69 頁停止線與出口線設定、路口中央區域設定、車道屬性設定、路口時速設定等，本屬衝突分析基本資料，為何今(111)年報告書特別提出來，於 110 年配合先導測試計畫提供這些相關設定？之前是否未設計？建議補充說明。	本計畫於 107~109 年期間，主要以 TTC/PET 等指標進行衝突分析，110 年開始配合先導測試計畫分析需求，開發並提供設定工具予使用者，讓使用者可自行依不同路口設定停止線、出口線、路口中央區域等屬性，並將這些屬性設定值以參數方式傳至分析模組(如機會左轉、路口穿越衝突等)，產生對應之分析結果；今年進一步將 110 年分析結果以視覺化圖表方式呈現於平台中，以利使用者快速掌握分析結果。此外，今年針對先導測試計畫需求如右轉衝突、非號誌化路口，新增路口屬性設定，包括停慢讓、支幹線道、閃紅黃燈等資訊，以利相關衝突之分析使用。	同意。
7. 簡報第 44 頁右轉衝突之程式輸出中，車輛距離右側道路邊緣距離是使用道路邊緣或緣石？車輛是採車身右側還是中心線？距離為平均值或是個別概	程式輸出之淨空距離，目前是採用車身右側至右側道路緣石，程式記錄每一台車之淨空距離為一樣本，並輸出樣本數、平均值及變異值此輸出已於 7 月份工作會議與運研所討論後確認，將會在期末報告詳細	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審 查意見
念？建請再說明清楚。	說明。	
(三) 臺灣大學土木工程學系許教授添本		
1. 以前 PET 都使用車輛中心點計算，但真正發生車禍碰撞是車身。建議進一步考慮以車身定義衝突，而不是用中心點去定義衝突，可做為下一期研究方向。	謝謝委員建議，研究團隊計算衝突事件（TTC、PET）都是採用車身框格計算，而繪製軌跡線則是用車中心點。	同意。
2. 第 28 頁 Recall 和 Precision，能否依車輛不同位置或行駛狀態(直行及轉向)區分差異性？是否會繼續 labeling 及提升準確率？建議補充說明。	目前 Recall 和 Precision 皆以整張畫面車輛來評估，後續將另外針對路面區域之偵測情形進行評估。由於拍攝時程較晚且標註工作量龐大，本期不會增加標註資料。	同意。
3. 相較於路側拍攝，Bird view 較難區分自行車與機車，因停等及行駛之車速不同，如何透過速度區分兩者？其準則為何？建議補充說明。	由於機車車速會受塞車、狹小道路等環境影響，而導致誤判，且決定軌跡所屬車種過程中，已透過投票多數決來減少單張分類錯誤問題。因此後續將不採用車速進行修正，改以機率方式調整軌跡投票機制。	同意。
4. 第 6.2.1 節之風險駕駛行為、違規行為、交通衝突有交互關係，才會產生車禍，如何偵測其關聯性？其相互關係與 PET 有關，建議納入分析方法。	謝謝委員建議，本案之主要工作為開發偵測風險駕駛行為、違規行為、交通衝突事件的分析工具，雖然三者的多寡跟交通事故數不一定有直接關係，但可做為中介指標 (surrogate measures)，來反映該路口發生事故的潛在風險程度。	同意。
5. 第 82 頁右轉衝突，之前只處理同向右轉衝突，但基隆市易筆事路口較特別，由軌跡圖可看出許多不同種之右轉衝突，包含紅燈右轉與橫向道路直行	將依據委員建議，於期末報告補充說明。	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審 查意見
車輛之匯入衝突等，建議於報告書補充說明。		
6. 建議於報告書註明衝突定義。	本研究的交通衝突類型分類說明於 5.1 節，衝突事件表中只記錄 TTC、PET 在 5 秒內之衝突事件。此部分應已於軟體之使用者手冊中說明，將於期末報告書中補充註明。	同意。
7. 匯入撞要如何量化及定義，建請再說明。	匯入碰撞非國內事故型態的主要類別，未納入本研究之 6 項先導測試計畫的應用情境中，故不會進一步探討。	同意。
8. Precrash 車禍前研究與衝突是否相同？若 PET 低到某數值，是否有特殊減速或交通行為？建議 PET 可朝 Precrash 研究。	謝謝委員建議。Precrash 是一重要的研究議題，但已超出本案的範疇，建議未來可於學術研究進一步探討。	同意。
9. 第 87 頁非號誌化路口，建議比照右轉衝突在距離停等線上游不同距離，就停、讓標誌對於駕駛人於何處開始減速進行研究分析，並分析汽、機車差異，以及有無減速標線或減速設施之影響。	謝謝委員建議，因空拍範圍有涵蓋到路口上游，後續團隊再進行檢視與評估，是否可加入本研究內容。	同意。
(四) 中正大學電機工程學系林教授惠勇		
1. 影像穩定化與測試資料、訓練資料之相關性為何？就個人所知，空拍越高影像穩定化應不用做太多，建議可分析一下。	訓練影像本身在訓練資料擴增過程中，即會經過自動化裁切、旋轉、位移等操作，因此穩定化與訓練資料間無明顯關係或影響。穩定化於本系列案第一期就已規劃並實作完成，其目的為將所有物件定位在同一平面座標系統，以利於後續的物件偵測與軌跡追蹤分析。目前的空	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審 查意見
	拍影片無論 70 至 120 公尺都會有不定程度的畫面偏移情形，故為必要之前處理。	
2. 無人機影像解析度到 4K，Network Input Resolution 要多大會比較好？是否針對道路上某些區域進行偵測？是否對整體結果有提升？建議補充說明。	Network Input Resolution 現採用 1920x1920，為目前消費性顯示卡訓練的上限解析度。若往上提高到 4K 等級，會造成多數 GPU 顯示卡記憶體不足且訓練曠日廢時(單次訓練需連續一週以上)。若針對路面進行偵測，由於部分誤偵、失偵來自非道路區域，排除掉後實驗數據表現應會提升，期末報告將會進行補充說明。	同意。
3. 相關影像辨識技術一直在進步，建議可找一些 baseline 或 benchmark 來確認或比較，以瞭解目前辨識技術已到哪種程度，且驗證再改善將有所困難。	有與 Benchmark 做比較，在最大的 DOTA 數據庫上，車輛、船舶等有首尾之分的物體偵測表現為最佳，相關數據將補充於期末報告相關章節。	同意。
4. 軌跡 SORT 或 Deep SORT 演算法在實現上，與 Voting 比較起來是如何？目前偵測 Precision、Recall 不到百分之百，但軌跡繪製很完美，建請補充說明做何種調整。	研究團隊在追蹤上採用 SORT 技術；Deep SORT 主要用於解決遮蔽問題，而遮蔽並非空拍影像之主要問題，且目前現有之模型皆針對一般攝影機中之行人運動訓練，若要採用則需重新針對車輛進行訓練，事倍而功半。 透過 SORT 追蹤形成的軌跡，是由每張畫面上的偵測結果在時間上串接而來，因此每個時間的偵測對象都會有一個車種分類。研究團隊將軌跡中所有的車種分類進行統計，出現最多之車種即為該軌跡之代表車種。SORT 本身可容許一定張數	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審 查意見
	的失偵，超過這個畫面數找不到適合的車輛匹配對象時，就相當於追蹤結束；若在設定張數內再次找到適合的車輛匹配對象，則會透過線性內插法來補足其中失偵的車輛位置。	
5. 交通相關影像辨識近幾年來，在虛擬環境做資料生成與蒐集蠻多，因空拍資料取得不容易，當有基本模型之後，能否運用相關工具建置交通場景，對於偵測或軌跡預測會有所幫助。	謝謝委員建議。由於資料生成非本研究探討之研究課題，考量研究時程及經費，將不納入探討。	同意。
6. (書面意見)第 65 頁處理效能分析，建議增列較為詳盡之軟硬體規格。	謝謝委員建議，期末報告相關章節將補充詳盡之軟硬體規格。	同意。
(五) 交通部公路總局李副總工程司忠璋 (書面意見)		
1. 報告書第 45 頁所使用之無人機之空拍鏡頭為 29mm，FOV(視角)66 度，好像是屬於廣角鏡頭。若是，拍攝影像是否會變形？變形量有多少？是否有影響比例尺換算？建議補充說明。	本年度使用之無人機經 6 月路口實測，在 120 公尺高度下拍攝範圍約 157*88 公尺，實測拍攝範圍(FOV) 66 度，目前將實際拍攝影像截圖後，透過直線比對路緣邊線或建築物邊線等直線區域，並無發現變形之現象，故不影響比例尺換算結果。	同意。
2. 報告書第 65 頁依個人經驗自行車在市區的速度即便是公路車，因干擾因素太多很少會超過 25KPH，建議可以用上述的速度來檢核驗證，看看準確率會不會更高。	謝謝委員建議。後續將捨棄利用速度修正分類錯誤之做法，改以機率修正軌跡車種的投票機制。	同意。
3. 報告書第 67 頁圖 5.1-3，	(1)報告書文中本意為於停等區停	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審 查意見
(1)第 5 行倒數第 3 個字，應該是等「候」。(2)圖面上畫了很多不同顏色的線，建議補充說明每條線所代表的意義、作用及如何應用於機車兩段式左轉的判斷依據。	等之後，將修改報告書文字，以避免誤會。 (2)圖 5.1-3 是於車道設定時，由使用者繪製各個車輛之車道的停止線範圍，做為先導測試計畫其他數據統計之用途。圖中僅紅色線條為機車待轉判斷線，其它線條為各路口方向之停止線、出口線，用以判斷車輛進出各方向路口之基準。	
4. 報告書第 68 頁第三段第 1 行，...可由管理「業」面...，應該是「頁」面。	謝謝委員指正，已修正報告內容。	同意。
5. 報告書第 75 頁圖 5.2-12、圖 5.2-13 速度熱力圖、減速熱力圖在篩選條件設定中有「車輛 ID 輸入」，其目的是什麼？建議補充說明。	當使用者在衝突事件想追蹤特定車輛編號時，可藉由輸入該車輛 ID 編號，產出該車輛之速度/減速度熱區圖，將於期末報告補充說明。	同意。
6. 報告書第 84 頁在風險駕駛行為中，直行車或右轉車應該在外側直行右轉車道的什麼位置才算是有風險，這和外側直行右轉車的寬度的大或小應該會有很大的差異，建議可以納入後續的研究。	此部分已於期中簡報補充說明，後續將進行分析並於期末報告說明。	同意。
7. 報告書第 87 頁圖 6.2-3 兩車右轉切入衝突中有直行車側撞右轉車、右轉車側撞直行車兩種型態，是否要分開處理，建議補充說明。	後續將嘗試參考委員之提議，將直行車側撞右轉車、右轉車側撞直行車兩種型態進行分類。	同意。
8. 報告書第 88 頁在非號誌	本研究將參考委員意見，於建置分	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審 查意見
化路口風險駕駛行為中， 幹線道車未降至可以隨時 煞停之車速，似乎不是那 麼容易由使用者來判斷， 例如在速限 70 公里的路 段和速限 50 公里路段之 停車視距是不同的，因此 不太可能在任何一點隨時 可以煞停的，除非速度很 慢像報告書中的 30 公里 時速以下；但主要幹線道 車輛經過每一個非號誌路 口都要降速到 30 公里以 下，實務上也不太可能， 因此，建議研究團隊可否 以速限百分比做為風險評 估值。	析專案後進行數據分析時，探討以 速度定值或速限百分比值做為風險 評估值之可行性。	
9. 報告書第 88 頁非號誌路 口違規行為態樣中車輛未 依規定停車再開，訂定車 輛通過路口速度預設超過 10 公里時速為違規，這 與「停車再開」的法規是 有不符的，建議釐清說 明。	將停車再開訂定時速 10 公里以 下，係考慮實際上鮮少有車輛會完 全停止後再開，如訂定為 0 kph 則 可能過於嚴格，而導致判斷數據無 參考意義，此部分將再與運研所進 行討論。	同意。
10. 報告書第 111 頁圖 8.3-4 圖面上 A、B、D 利用輪 距測的長度和表 8.3-1 所 顯示的不同，大概差 0.1~0.2 公尺，建議釐清 說明。	謝謝委員指正，差異之原因為數據 誤值，已修正報告內容。	同意。
(六) 中華民國交通工程技師公會		
1. 報告書第 35 頁門檻值部 分，各研究數值不同，	目前在實務應用中仍多採用固定門 檻值做為衝突事件的判斷準則，惟	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審 查意見
因本案空拍時間有限，無法涵蓋這麼多樣本，為避免主觀判定門檻值而造成射箭畫靶的情況，建議於期末有較多樣本數時，比較門檻值的差異。	近年學術上有探討合適的門檻值，以及不同衝突型態及不同車種組合可能之不同最佳門檻值，此為運用軌跡自動化判斷衝突的一大突破，也是過去透過傳統人工調查無法達成的研究議題。惟此議題已超出本研究的範疇，後續將以公開資料的方式，讓有興趣的研究人員運用本計畫案產生之資料，進行學術研究加以探討。	
2. 急減速與號誌時制有很大關係，建議期末報告增加急減速與號誌時制(如紅(黃)燈時間變化、清道時間等)相關說明。	目前只開發出急減速事件的偵測。關於急減速事件與號誌時制之整合分析，後續將與運研所討論評估。	同意。
3. 報告書中標線量測功能之誤差有點大，要如何提高精準度？另為何軌跡誤差卻沒這麼大，建議再補充說明。	標線量測誤差較大，主要原因是標線之長度不長，假設比例尺為0.05，意即1像素等於0.05公尺，5公尺指向線約有100個像素，1個像素的量測差異就會造成1%的誤差。透過量測長距離之標的物，即可有效降低誤差。	同意。
(七) 臺灣無人機應用發展協會		
1. Autel EVO2 Pro 功能較陽春，且震動較高，非專業機型，建議可多參考其它機型。	本研究這幾年來已進行過多款式無人機實測，譬如國產四軸無人機、國產繫留無人機與市售商業型無人機，並新增測試比較表至期中報告章節。本年度考量成本、便攜性、解析度、影像品質、維護便利性及飛手操控性等條件，仍建議採用市售商品，且依本案規定非中國品牌，為民航局認定之美國品牌無人機，一方面利於日後擴散推廣，另一方面也利於各交通單位操作及產	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審 查意見
	品維護。如有其它建議機種，可請無人機廠商進行路口拍攝後，提供影片給研究團隊，以分析評估是否符合本研究需求。	
2. 固定繫留無人機已很普遍，且用 SD 記憶卡可拍攝時間有限，建議可透過 5G 即時通訊及分析，以提高取樣的數量。	繫留無人機雖可長時間滯空飛行，但考量繫留之電源線需較大的安全範圍(至少約 15m*15m)，以利起降場地及避免線材影響行車安全，故較不適用於都會區交通路口。本計畫採用記憶卡儲存空拍影像，能記錄最完整且高品質的影像，有利於分析使用。若要透過行動網路傳輸如 4G/5G，影像需進一步壓縮，以利傳輸品質，加上目前採用之無人機種飛行時間有限，配置之記憶卡已相當足夠，且本計畫並無即時傳輸分析之需求，故暫無考慮透過行動網路傳輸影像進行分析。	同意。
3. Autel 為大陸品牌在美國生產組裝的機型，建議須有 NCC 認證標籤，且其相關圖傳資安需再確認。	謝謝提醒，本年度使用之 Autel 於民航局登記為美國品牌，並已取得 NCC 認證標籤，將於期末報告補充說明。	同意。
4. 本計畫在十字路口進行空拍飛行，飛手證照須為 G3 證照，建請補充說明。	所有執行飛手皆有取得高級專業操作證(G3)，並遵守與符合民航局規範之程序來執行，將於期末報告中補充說明。	同意。
5. 無人機空拍影像須建立高度、尺標等資料，且未來應建立十字路口空拍最適高度的標準，才能於各縣市應用。	本計畫已建立無人機空拍攝影作業標準流程，但仍持續針對無人機機型與不同路口樣態及範圍進行測試。未來將針對高度、拍攝範圍等條件完善路口分析空拍標準，以利於各縣市應用。	同意。
6. Autel 無人機有圖傳能	本計畫考量成本、便攜性、解析	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審 查意見
力，可用較大的電池延長空拍時間。因民間無人機業者有空拍時間較長的機型，可考慮與其合作。另由軌跡圖抖動情況，可發現無人機於120公尺懸停時，似乎處於漂流狀況，建議採用較好的無人機。	度、影像品質、維護便利性及飛手操控性等條件，經多年測試研究成果，建議採用市售商品，以利日後擴散推廣，各交通單位除取得方便外，也利於維修及操作。國產無人機主要具備資訊安全特性，然常因酬載無法與無人機完全整合，較易因飛行造成影像品質不佳，且為提升抗風性，機種也普遍較大(>70公分軸距)，故較不適用於路口空拍。本計畫亦將持續探詢國內無人機市場，若有符合上述條件，將可進行測試驗證。	
7. 路口即時分析為基本的分析，更進一步的細部分析則到實驗室完成。由於鏡頭中央拍攝的影像才能達到預定的解析度，鏡頭邊緣拍攝的品質則不佳，可透過即時分析將路口拍攝調整至最佳位置。加大影像解析度也可獲得更清晰的影像，目前4K影像雖普遍，但很快就會發展至8K。	今年 Autel 無人機已將拍攝影像提高至 6K 解析度，目前暫無路口即時分析之需求，無人機於路口拍攝時，可經由圖傳畫面即時掌握拍攝範圍，將拍攝重點置於畫面中央，以利分析使用。	同意。
(八) 臺灣無人機大聯盟		
1. 呼應臺灣無人機應用發展協會，Autel 為中資到美國註冊，但臺灣目前較多單位購買，主因是認為其為美國產品。此外，法國 Parot 則全部在大陸生產。若要完全排	本年度使用之 Autel 於民航局登記為美國品牌，並已取得 NCC 認證標籤，將於期末報告補充說明。本計畫考量成本、便攜性、解析度、影像品質、維護便利性及飛手操控性等條件，經多年測試研究成果，建議採用市售商品，以利日後	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審 查意見
除中國產品，建議可由新創或其它國家產品取得。	擴散推廣，各交通單位除取得方便外，也利於維修及操作。本計畫亦將持續探詢國內無人機市場，若有符合上述條件，將可進行測試驗證。	
2. 路口拍攝範圍大小、飛行高度與解析度，建議團隊於期末時有較好之建議設定值。	將於期末報告相關章節補充說明。	同意。
3. 第 56 頁提供之教學示範影片已失效，建請再確認。	目前已改自交通衝突分析軟體平台臺下載教學示範影片，亦同步修正期中報告內容。	同意。
4. 路型較複雜之路口(如臺南五進五出之圓環)，是否有機會使用此軟體進行分析車種別、軌跡等，如有需要可提供影片測試。	本計畫先以正交四岔路口為開發標的路型，以單純化驗證與分析流程。非正交路口為明(112)年度的測試實驗對象。	同意。
5. 整套技術方案推廣使用，涉及相關技術團隊，如空拍、影像辨識、軟體分析、研提改善建議、改善績效評估等，建議於期末說明如何簡化處理流程，或由單一公司或團隊提供一條龍服務。	將於期末報告提出規劃構想。	同意。
6. 空拍影片及 labeling 等資料分享對很多單位有幫助，目前僅限提供公部門或學術單位較為嚴格，是否可開放給企業使用，不論授權或其他方式都可考量。	後續與運研所討論可行方法後，再於期末報告補充說明。	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審 查意見
7. 無人機空拍為 3D 角度，缺少 2D 的行為分析。今年與以色列 Mobileye 合作，在公車裝設 ADAS 設備(如影像分析、盲區偵測等)，以偵測道路風險。在路口採用的風險為跟車間距、盲區偵測、踩煞車次數等，提供駕駛者可高速或慢速進行轉彎之資訊，臺北及臺南已有 260 公里路段進行相關分析。國外則會結合 AI 影像辨識相關標誌及標線，以瞭解是否因相關標誌及標線被遮蔽或設置位置而造成衝突。建議未來可結合 3D 及 2D 分析，以擴大觀察面向及數據分析。	由於此部分已超出本計畫的研究範疇，建議可於後續相關研究案中提出相關需求，再進行評估與探討。	同意。
(九) 內政部營建署		
1. 本署近來在推動路口改善工作，若未來請地方政府操作或使用這套軟體，合作的方式與模式是什麼？若請地方政府錄製無人機影片，是否可用此軟體進行分析？建議補充說明。	針對地方機關可行之合作方式規劃細節，會於期末報告補充說明。	同意。
2. 期中報告沒看到車輛與行人碰撞分析資料，未來是否有相關分析的規劃？建議補充說明。	關於人車衝突分析情境，本計畫已規劃於第 3 年(112 年)進行分析。	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審 查意見
3. 路口分析之碰撞構圖沒看到行人事故分析，是沒有相關資料還是尚未加入？建議補充說明。	碰撞構圖資料乃由其它計畫所提供，不一定有行人事故分析。關於行人安全分析情境將規劃於本系列案之第3年(112年)進行分析。	同意。
(十) 交通部公路總局		
1. 感謝運研所與團隊協助本局，在新北市與臺中市進行右轉衝突與非號誌化路口衝突分析，公路總局會盡力配合團隊。	感謝公路總局配合本案分析。	同意。
2. 其它提供書面意見如下： (1) 第78頁透過無人機空拍，取得過去無法獲得的人車流動軌跡，建議可將資料以 open data 方式提供，擴大資料使用的層面。 (2) 第84頁AI影像辨識必須透過大量數據分析，例如影像資料與警政資料結合，讓AI學習反饋，校估相關參數，使分析可更貼近事實，並可納入現場事故碰撞圖做驗證。 (3) 第84頁右轉衝突可能有車輛於右轉專用道直行，與欲向右靠行之待轉機車發生衝突之風險，建請評估是否納入	(1)已規劃資料公開方式中，將於期末報告書說明細節。 (2)以AI分析事故為另一個更前端的未來課題，非本計畫之研究範圍或課題。 (3)謝謝建議，本研究將增加「車輛於右轉專用道直行」之違規行為。	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審 查意見
此種違規行為。		
(十一) 臺北市交通管制工程處(書面意見)		
1. 實驗場域路口選擇四叉正交路口為主要分析對象，建議後續擴大選擇非正交等較為複雜路型路口來實驗，較為符合實務使用需求。	本計畫先以正交四岔路口為開發標的路型，以單純化驗證與分析流程。非正交路口為明(112)年度的測試實驗對象。	同意。
2. 部分人行道開放自行車與行人共道，自行車可經由路口自行車穿越道線行駛至對側人行道，建議併同考量此類穿越路口型態。	關於人車衝突分析情境，本計畫已規劃於第3年(112年)進行分析。	同意。
3. 現況本市信義區信義松仁路口標線配置已調整，建議於報告書加註測試時間。	謝謝補充，信義區信義路松仁路口屬於前期分析路口，該路口分析已說明於前期報告書並且已印製，關於此路口標線配置已調整就不納入本期研究進行討論。	同意。
(十二) 桃園市政府交通局(書面意見)		
1. 目前本研究尚有機車與自行車誤分情形，且以行駛速率進行校正，惟因電動自行車逐漸增加，是否有其它方式可進行校正以提升準確率？建議補充說明。	由於機車車速會受塞車、狹小道路等環境影響，而導致誤判，且決定軌跡所屬車種過程中，已透過投票多數決來減少單張分類錯誤問題。因此後續將不採用車速進行修正，改以機率方式調整軌跡投票機制。	同意。
(十三) 臺中市政府交通局 (書面意見)		
1. 有關第26頁車種辨識部分，考量現今電動自行車大幅成長，且形狀多與機車類似，建議可加強軟體辨識電動自行車與機車的區別能力。	礙於資料蒐集上之困難(電動自行車數量極少)，且透過空拍所獲得之影像，人眼亦難以辨識電動自行車與機車，故現階段無法加強區別兩者之能力。	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審 查意見
2. 有關第 34 頁非號誌化路口停讓衝突部分，建議可以在軟體輸出結果顯示支線道來車未於停車再開標誌(線)前停車之比例，以供研擬路口改善方案之參考。	分析軟體會記錄各入口方向的總車輛數及未停車再開的車輛數，使用者可再計算其百分比。因同時提及車輛數及百分比對使用者介面的改動較大，將評估是否可行及其必要性。	同意。
(十四) 臺南市政府交通局(書面意見)		
1. 第 50 頁本案飛行參數設定飛行高度為 120 公尺，在不同飛行高度時，分析軟體是否仍可適用？建議補充說明。	受限於偵測模型解析度，物體要形成有效特徵在理論上有一定的最小辨識面積，因此高度越高對小物件辨識越不利。在環境良好下，120 公尺對四輪車輛、機車、自行車仍有足夠偵測能力，行人則相對較易失偵。	同意。
2. 第 53 頁比例尺劃設建議可採路口既有標線為基準，如車道線等，依「道路標誌標線號誌設置規則」規定，車道線以白虛線長度 4 公尺劃設，或許可減少人員量測路口距離誤差。另請教將空拍影片上傳後，分析軟體是否均會自動進行影像穩定校正？建議補充說明。	第 8.3.2 節之研究發現運用箭頭或車道線的誤差約 4-8% 之間，雖較現場量測的誤差為大，但並未否定其可用性。如調查期間因路上車流量大較難進行測距輪量測，或於現場忘記進行量測，則可以採用道路既有標線進行量測。惟本團隊謹慎起見，一般會於拍攝空檔另進行測距輪量測作業。 空拍影片在進行影像處理前，均會先進行影像穩定並統一縮小為 1080p 影片(高度固定 1080 pixels、寬度依等比例縮小)，再進行後續車輛偵測與軌跡抽取等處理，穩像後再上傳至分析軟體平臺以建置路口專案。	同意。
3. 第 107 頁建議分析軟體新增轉向量資訊，以更符合實務運用需求。	研究團隊將與運研所討論功能開發項次優先順序，以利實務需求運用。	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審 查意見
(十五) 本所運輸安全組 (書面意見)		
1. 第一章：第 17 頁圖 1.4-1 流程圖中，影像處理技術之偵測及追蹤為舊資料，請檢核及修正。	將於期末報告進行修正。	同意。
2. 第二章：有關第 2.1.2 節偵測技術部分，請新增 Yolo 最新發展情況。	將於期末報告進行補充。	同意。
3. 第三章： (1) 第 3.1.1 節除說明美國 Autel EVO II Pro 之規格及特性外，亦請補充說明為何未採用國產無人機之原因。 (2) 第 51 頁圖 3.1-6 無對應之文字說明，請補充。	已補充於期中報告第三章。	同意。
4. 第四章改善影像辨識，請研究團隊可就偵測架構採 YOLOv4，而非目前最新 YOLOv7 的考量因素，整理相關說明於期末報告書呈現。	將於期末報告進行補充。	同意。
5. 第五章： (1) 第 66-67 頁有關機慢車兩段式左轉之判斷，建議設定機車停止線的功能可於專案建置時進行，避免使用者因不知需先設定，導致兩段式左轉機車誤判為直接左轉機	已補充於期中報告第五章。	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審 查意見
車，而影響衝突類型之判斷及分類。 (2) 研究團隊就同一地點之不同空拍架次影片，已嘗試將不同衝突熱區圖疊合成一張圖，以利使用者分析及判讀，請補充說明相關內容。		
6. 第六章： (1) 第 80 頁表 6-5.3-1 之「現場拍攝調查」，有關每次空拍影片長度是否應約為 20-25 分鐘？2 趟次總時數是否為 40 分鐘以上？請補充說明。 (2) 第 89 頁有關表 6.2-6，目前以支線道車輛是否搶先通過做為交通衝突判斷依據，請就「搶先」補充說明判斷依據。 (3) 第 93 頁表 6.3-2 實驗路口清單，請標註公路總局提供之兩處路口，以及新北市政府交通局及公路總局同意進行完整分析之兩處路口。	(1) 已更正為「每次空拍影片長度約為 15-25 分鐘，每路口預計執行至少 2 趟次無人機空拍蒐集，以取得總時數 45 分鐘以上之影片。」 (2) 已於報告書補充說明。 (3) 已於報告書補充說明。	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審 查意見
7. 第八章：第 117 頁對於路口中央偵測區係以路口中心點向外延伸，對於特殊路口(如非正交、不對稱車道)等是否適用？請補充說明。	路口中央偵測區的劃設方式，是基於正交路口提出，特殊路口並不適用。已於報告書補充相關說明。	同意。
8. 有關報告中錯字或排版部分，請於會後洽本組修正。	遵照辦理。	同意。
(十六) 主席結論		
1. 前期研究內容未於期中報告呈現，請整理前期成果摘要，重點說明與本期有關之重要研究結論，如查全率、準確率等，以瞭解研究脈絡。	已於報告書第 2.4 節補充前期成果摘要。	同意。
2. 本計畫希望開發分析工具，找出車流衝突並發現問題，再由專家提供解決方案。開發分析工具除合約內要求外，亦請研究團隊就相關技術持續精進，包含 AI 影像及無人機等。	遵照辦理。	同意。
3. 有關商業應用模式，雖去年有提出相關分析及應用方式，希望今年對於如何應用能有相關做法，不用等到明年計畫結束才研提。例如與地方政府合作的案例，可於報告書說明商業化的處理狀況，對於本計畫而言是很好的績效。	遵照辦理。	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審 查意見
4. 審查會議各委員及與會單位研提之口頭及書面意見，請研究團隊整理「審查意見處理情形表」，且逐項說明回應辦理情形，並充分納入報告之修正。	遵照辦理。	同意。
5. 本計畫經徵詢審查委員意見，期中報告初稿審查通過，請研究團隊後續依本所出版品印製相關規定撰寫報告，並納入每月工作會議查核事項進行追蹤。	遵照辦理。	同意。

附錄 I. 期末審查意見處理情形表

交通部運輸研究所合作研究計畫

□期中 ■ 期末報告審查意見處理情形表

編號：MOTC-IOT-111-SBB004

計畫名稱：以無人機探勘人車流動資訊之應用情境規劃與先導測試(2/3)-非號誌化路口

執行單位：訊力科技股份有限公司

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審 查意見
(一) 臺北市交通管制工程處劉總工程司嘉祐		
1. 第二章：p39 中 YOLO 演算法日益進步，請說明本案資料是否能移轉至新的 YOLO 演算法，且如何因應。	過去拍攝的空拍影片皆有保存經過穩定的影片版本，若需套用新的演算法可省卻穩定時間，以大約 2~3 倍於原片長的處理時間來重新產生新軌跡，由於目前方法效果進步有限，明(112)年不會有大版本更新。	同意。
2. 第五章： (1) p99 無法設定 T 字路口的左右轉向車道，並建議增加車道寬度欄位。 (2) p106 圖 5.2-15 建議增加車道數欄位，4-STOP 路口要如何處理？請補充說明。	1. 「車道與屬性」可輸入所有組合的車道轉向，應可滿足 T 字路口的輸入，惟本年度並未對 T 字路口進行調查。已於交通衝突軟體新增「左右轉」選項。另因目前分析未有使用車道寬度資訊，因此未有該欄位。 2. 車道數欄位可於「車道與屬性」進行設定，惟非號誌化路口的分析過程中未使用車道數欄位。本計畫並未對 4-way stop 納入調查對象，但目前的計算邏輯應可透過參數設定，將 4 個方向的標誌(線)停讓慢資訊設定為「停」、並無區分幹支線道，明(112)年制定使用者手冊時	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審 查意見
	將納入 4-way stop 的輸入說明。	
3. 第六章： (1) 第 6.2 節 p123~129 建議讓使用者自行定義各種風險、違規、衝突等行為。 (2) p126 圖 6.2-4 「[R1] 車輛未慢速通過路口」，建議圖例不要標「慢」，因並未規定幹道要劃「慢」。 (3) 圖 6.2-6 「[C1]支線道未禮讓幹線道先行」，圖例的表示方式可再修改，讓讀者更方便理解何方向為支線道，何方向為幹線道；「[C2] 轉彎車未禮讓直行車先行」的圖例，除右側直行車，應還有對向及左側的直行車。 (4) 第 6.3 節建議從單一路口別來說明分析結果： i. 路口現況(車道寬、轉向、交管方式...等)。 ii. 各車種右轉總量、各類行為(R、V、C)量及比例。	1. 在程式設計上，需要先將行為的分析項目及量化方式定義再透過程式計算，無法讓使用者自行定義行為。 2. 圖 6.2-4 為示意圖，分析當路面出現「慢」時駕駛是否有將車速放慢，可用於檢視「慢」是否有影響駕駛人的行為。此圖示設定與支幹線道無關。 3. [C1]依建議辦理；[C2] 為單一情況之說明示意圖，並非打算將全部組合列出。 4. 謝謝委員建議，本計畫之定位為先導測試，以開發及測試分析工具為主，對相同樣態的路口進行比較，因此結果程序上用總表更為恰當，不適合用單一路口進行說明，因此並未針對調查的全部路口逐一進行探討。關於委員之建議，可參考 6.5 節的應用情境分析個案，已運用 4 個路口進行個案分析，針對應用情境的相關行為來說明分析結果。	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審 查意見
iii. 各行向速度分布及超速、減速的量及比例。 iv. 最外側車道在不同車道寬、不同指向線(如直右共用、右轉、直行)的差異		
4. 建議與各縣市確認分析結果及改善措施。	感謝委員的建議，本計畫已於今(111)年 11 月 23 日與臺中市交通局、11 月 24 日與公路總局、新北市交通局進行會議討論分析結果及建議改善措施進行說明及意見交流。	同意。
(二) 中正大學電機工程學系林教授惠勇		
1. 第 3.1 節 p63 除採用之無人機之規格外，建議針對使用時操作上是否符合需求或困難處進行說明。	本計畫進行無人機空拍作業皆依循民航局規範及作業流程進行，使用操作皆符合需求，目前拍攝上遇到的問題，主要是禁限航區的區域規定，造成大家在拍攝上有較大的困擾；目前雖可透過申請例外來排除，但在航空站附近就得配合塔台的時間，因而增加作業困難，所以本計畫建議若路口範圍可接受的情況下，可飛行在 60 公尺高度，將可避免塔台管控問題。	同意。
2. 軟體的基本功能都在持續地增加，建議可分門別類說明。	謝謝委員建議，由於軟體功能持續開發增加，提升使用者分析路口之能力，主要可分為交通量統計、路口資訊(車流行為、車速等)、衝突分析等三類，預計於明(112)年與運研所討論分類的適切性並進行分類處	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審 查意見
	理。	
3. 第四章 p85 影像辨識技術以持續改善為主，亦提供處理時間，建議可補充正確率持續改善之數據。	在 2.1.2 節中列舉研究團隊所提方法與過往主要方法之比較，包括與前年計畫採用的 SCRDet 方法間之比較。在車輛等具有前後分別的物體上，研究團隊所提的方法具有明顯的優勢與進步。	同意。
4. 單張影像上的車輛偵測結果，在 AP 的部分現在是設定 0.5，設定為多少對本計畫應用更加合理，可多加討論。	從本期的自行車軌跡可藉由投票機制進行有效修正這點來看，當車輛可被偵測出來時，只要分類正確率達六成以上就能有效修正投票結果。	同意。
5. 加速影片穩定化是蠻重要的改善，但在本案即時偵測應不是最重要的，應該還是以 mAP 等評估指標為主。	物件偵測目前在 mAP 上的進步有限，從 YOLOv4 至 YOLOv7 的進步普遍在 3% 內，主要進步還是效率上提升了一倍。在經過追蹤投票後，偵測上的微小進步更容易被稀釋，因此研究團隊希望等技術變化累積到更大的程度，再進行大版本的後續更新，避免將資源投入經常性地實驗測試。	同意。
6. 關於自行車誤判改善，使用投票票數最多者來決定之風險較高，建議可考慮用軌跡來做分類方式的改善，或許能當成一個研究議題。	自行車與機車軌跡本身的位置與走向確實普遍有些差異，然而這比較接近是軌跡完成後的後處理工作。考量目前自行車數量普遍大約是機車數量的 1~2%，目前尚未有其急迫性。	同意。
7. 若受限空拍高度，建議未來是否有機會以不同位置斜角度拍攝，再將兩三個視角的資訊做組合。	斜視角拍攝主要會引來比例尺不均的新議題，雖然理論上可投過特徵點進行平面轉換修正，但亦需量測特徵點間的實際相對位置關係，恐讓現場拍攝問題更加複雜化。	同意。
8. 第七章 p186 易肇事路口分析中的問題探討及問	謝謝委員建議，惟每個易肇事路口的問題有其獨特性，無法提供共通	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審 查意見
題整理相當完整，建議最後可就整體提供共通性建議。另建議報告書可條列改善措施的優先順序，說明哪些會先執行或哪些複雜度較高。	性建議。另外，本計畫提出的改善措施並未涉及硬體調整，且改善措施之間有其連貫性，因此不建議以優先順序來區分。	
(三) 臺灣大學土木工程學系許教授添本		
1. 第六章： (1) p174 目前車輛軌跡會佈滿整個道路或車道橫斷面，而沒有車道概念，但事實上是有的。因車輛軌跡的密度不一樣，後續若與車道橫斷面的圖一起看，可讓用者瞭解每個橫斷面的車輛密度。 (2) p162 有關目前車速的部分，是否有分析速度的誤差，以及車速的量測如何定義？另有關 PET、TTC、車輛寬度的誤差多少，以及如何分析？請補充說明。	1. 謝謝委員建議，本計畫分析過程的資料確實已經包含委員提出的車道橫斷面使用分佈，但目前並未有輸出該車流特性資料的功能。因明(112)年有其它優先開發項目，故此功能明(112)年不予開發。 2. 車速的誤差可能來自比例尺量測的誤差以及影像偵測框格準確性及密合程度的誤差，比例尺誤差應低於 3%、框格密合程度的誤差應在數像素範圍內（目前 1 像素約 0.05-0.08 公尺），在不考慮影像偵測錯誤的情況下，單一車輛的空間移動車速誤差應在 5% 內，而瞬間車速因受密合框抖動之影響誤差較大，本計畫有採用資料平滑方式去處理，誤差應不超過 10%。明(112)年將於使用者手冊補充相關技術細節。	同意。
2. 第五章：p104 圖 5.2-12 等是否區分小汽車與機車的直進及右轉？請補充說明。	原始分析資料有包含小汽車與機車的直進及右轉，但未免線型太多太亂，圖 5.2-12 只顯示直行車及右轉車，未區分車種。	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審 查意見
3. 第七章：p190 圖 7.2-3 右側，目前的衝突的定義是實際衝突(車輛受到干擾)或潛在衝突，宜予以區分。	本計畫是運用兩車的軌跡資料去計算交通衝突事件，未有使用車輛的迴避動作 (evasive action) 做為交通衝突的判斷依據，應屬於潛在衝突。另圖 7.2-3 右側為各種之車速分佈圖。	同意。
4. 第八章： (1) p245 因無人機無法長時間錄影，未來空拍錄影可建議各類應用要在哪個時段錄影，以及錄影時間要多長。 (2) 未來使用者手冊應定義輸出的軌跡資訊格式(如間隔時間、XY 座標定義等)，並說明誤差值。	1. 根據本計畫的經驗，一段影片應至少包含 3 個完整號誌週期，錄影時間總長度在 45 分鐘應可分析出路口設計面的問題及駕駛者風險或違規行為面的問題。錄影時段方面，目前是盡量挑選路口之肇事熱時進行錄影，盡可能反映出肇事之原因。當然，如路口不同時段（如尖峰、離峰）的車流方向及肇事原因不同，則有需要分別進行調查。 2. 畫面間隔時間為 0.1 秒，車輛軌跡的瞬間位置由旋轉矩形的 4 角在空拍影像上的 XY 座標構成，4 個角座標順序由車輛左前方角依順時針方向紀錄。未來使用手冊會說明軌跡格式中的各欄位資訊，誤差值需跟實際人工標注資料進行比對，未來會討論如何定義、估算車輛位置誤差，將於明(112)年進行補充說明於使用手冊。	同意。
5. 簡報 p41 右轉車未靠右，使用手冊應說明其定義。	右轉車未靠右指右轉車輛行駛於最外側之右轉車道或直右車道，但未靠右側路緣，計算上的判斷準則是以車輛右側淨空距離大於「右轉車未靠右臨界值」(使用者可設定，預	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審 查意見
	設值為 1.5 公尺)，明(112)年將補充說明於使用手冊。	
6. 簡報 p50 衝突行為 C1 同向右轉跟車衝突，是否用 TTC 分析，建議再釐清。	本計畫定義的同向右轉跟車衝突，係指前車為右轉車、後車為直行車進行跟車行為所發生之衝突，衝突類型類似於追撞型態，因此以 TTC 做為計算指標。	同意。
(四) 淡江大學運輸管理學系張教授勝雄		
1. p120 第二段，有重複文字宜修改。	感謝委員的建議，已修正期末報告書內容。	同意。
2. p122 默認值宜改為預設值。	感謝委員的建議，已修正期末報告書內容。	同意。
3. p128 植樹為未來都市發展的重點趨勢，若因路樹遮蔽而刪除這類路口，將影響本案後續可應用分析之範圍。	謝謝委員提醒，路段行道樹確實會造成無人機空拍的遮蔽，惟這部分暫時無其他方式可突破，因此明(112)年仍將優先擇選較無行道樹遮蔽問題之路口，做為分析案例。	同意。
4. p144 各路口的幾何條件、功能皆不相同，進行路口間的比較分析其意義為何？請補充說明。	各路口之幾何條件及功能不相同，目前是以分析工具的功能測試角度進行比較說明，並未就路口設計及安全評估結果上進行比較分析。已修改報告書第 6.4 節內容，去除“可以依序比較各路口”相關文字。	同意。
5. p168~171 衝突圖表的固定輸出，期待未來有助於交安改善的決策，建議須先釐清會有何種決策？這些決策需要哪些資訊？例如車輛軌跡與導引線不同，是駕駛者或標線劃設有錯？另外統計圖表建議可增加百分比計算。	謝謝委員建議，本計畫之定位為微觀分析工具開發，可依據交通衝突類型，參考許添本委員與運研所合作編撰之「事故型態導向之路口交通工程設計範例參考手冊」，研提改善措施。 另外，未來將會檢討及整合統計圖表的輸出方式，提供使用者可選數字或百分比呈現分析結果。	同意。
6. p170 圖 6.5-5 之車輛分	謝謝委員建議，使用右側淨空大小，	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審 查意見
布圖，係表示車輛右側淨空大小，是否比較過其他的表示方式(例如占有空間分布)? 其優劣如何?	係因其空間為能否讓其他車輛可通過的關鍵因素，避免因為分析車輛之車種寬度的不同而受到干擾，為較直觀且計算快速的分析方法。	
7. p177 路口的幾何條件、車道配置、車流情境皆不相同，以單一路口的資料比較推論分流指向線有利於降低右轉衝突，可能過於速斷。	謝謝委員建議，由於每個路口的車道配置、車流情境皆不相同，無法用數個路口的資料比較去推導整體性的結論，已於報告書第 6.5 節調整相關結論的文字敘述。	同意。
8. 第七章的分析表較模糊，明視度不足。	感謝委員意見，第七章的部分圖表是由分析工具擷取的畫面，有部分圖表有較模糊的情況，現已重新整理。	同意。
(五) 勤益科技大學林特聘教授正堅 (書面意見)		
1. 第二章：p29~p31 針對無人機的拍攝之影像穩定化處理，宜有技術性的探討及解決之道。	在 2.1.1 節中已對基於特徵點的影像穩定方法，以及目前研究團隊所採用、普遍被用在空拍影像的 ECC 方法進行探討。ECC 方法套用在過去五年拍攝的影片中，幾乎沒有人眼可察覺的晃動等失敗案例，應無檢討之必要性。	同意。
2. 第四章：p87 行人的查全率及查準率分別為 78.7%及 85.3%。廠商試著改變 AI 模型架構已提升辨識率，效率似乎有限。建議提出更佳的解決方法。	目前世界最佳的 YOLOv7 架構在小物件偵測上，相較 2 年前的 YOLOv4 亦僅提升 1~2%的 mAP，顯示小物件偵測上確實存在瓶頸。明(112)年研究團隊會嘗試將當前幀與其前後幀影像進行合併，呈現行人移動中的殘像以提高其外觀複雜性，增加偵測上的特徵豐富度。	同意。
3. 第九章：p246 未來廠商試著利用 YOLOv7 來改善影像辨識追蹤，	明(112)年研究團隊會嘗試將當前幀與其前後幀影像進行合併，呈現行人移動中的殘像以提高其外觀複	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審 查意見
YOLOv7 速度快，但在 整體辨識問題上並不優 於 YOLOv4，建議朝其 他影像辨識方面考量。	雜性，增加偵測上的特徵豐富度。	
(六) 交通部公路總局李副總工程司忠璋 (書面意見)		
1. 無人機的鏡頭的焦距是多 少，是否有變型量的問 題，亦或是變型量可以忽 略，建議補充說明。	本年度使用之無人機經 6 月路口實 測，在 120 公尺高度下拍攝範圍約 157*88 公尺，實測拍攝範圍(FOV) 66 度；此鏡頭並無變形量問題，計 畫團隊已詢問原廠，並實際測試驗 證，透過直線比對路緣邊線或建築 物邊線等直線區域，確認無變形問 題。	同意。
2. 第三章：比例尺 (1) 「路口 A」(B、C、 D)建議改為「臨近 路口 A」(B、C、 D)。 (2) 現場所定的 X1、 X2 的位置是否有做 標記，以利小畫家 軟體來定位？是否 會有誤差，還是這 種誤差可忽略？建 議補充說明	感謝委員的建議。 1. 「路口 A」(及其他)為圖片 誤值，已統一更新為「A 方 向」(及其他)。 2. 現場的量測位置是運用小畫 家(或其他繪圖工具)於穩 態影像中找出對應的畫面坐 標點，可以精準對照影像中 現場標線位置。在排除人為 輸入錯誤的情況下，誤差為 1 像素(約 0.05-0.08m)誤差極 小應可忽略。團隊已有撰寫 執行流程，於明(112)年編列 於使用者手冊。	同意。
3. 建議 Recall Ratio 用「召 回率」、Precision Ratio 用 「精確率」，比較符合國 內用語。	目前國內無固定譯名，國內對 Recall 與 Precision 有多種使用譯 名，此計畫採用查全率與查準率為 譯名之主要原因，在於召回率與精 確率之譯名過於直譯，難以聯想到 原式含意，且精確率容易與準確率 (accuracy rate)相互誤用，在資訊領	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審 查意見
	域又易與精確度等相似名詞相互混淆。相較之下，查全率與查準率更容易從名稱上看出是查詢(query)相關用語，依據的是結果的完全率與及結果的準確率，更符合原式精神。	
4. 第四章：第 4.3 節 p90 自行車在車種分類上歸為慢車，這與機車(屬於快車)在行為面及法規面呈現是相當不同的，因此在事故碰撞的影響程度也不同，以本案而言所研究的對象大多數是在街、路的交叉口，機車與自行車的速差還是相當明顯，因此如果有四分之一以上的自行車誤判為機車，應該不利於碰撞的分析。另外報告書 91 頁認為誤分類是少數，26%的誤判似乎不能稱之為「少數」。	在研究團隊對影片的實際觀察中，自行車量多為機車量的 1~2%，因此少量的慢行機車就足以凌駕實際自行車量，這類慢行機車多出現於小巷穿梭或壅塞車陣中。由於自行車分類正確之比例仍大於誤分比例的兩倍有餘，因此在軌跡的投票統計上仍容易將軌跡中分類錯的情況全體修正回正確類別。	同意。
5. 第五章： (1) p96 兩段式左轉衝突，在「機車通過待轉判斷線後」的衝突描述，其中「A 方向進入的兩段式左轉機車，在此段期間遭遇 D 方向進入的車輛，…」所呈現衝突應該為垂直側撞或的居多，如同圖 5.1-5 的入口 A，而	1. 該段描述兩段式左轉車輛通過待轉判斷線後，原始 A 方向的兩段式左轉機車通過兩段式左轉判斷線後，已可視同 D 方向進入之車輛，在此段期間遭遇 D 方向進入的車輛，故入口方向修正為 D，已補充說明於報告書第 5.1 節。 2. 圖 5.2-13 的「直行機車平均」指直行機車右側淨空距離之平均值，單位為公尺；「直行小汽車平均」指直行小汽車右側淨空距離之平均值，單位為公尺。	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審 查意見
非 D。 (2) p105 圖 5.2-13 部分欄位的單位建議標註。例如「直行機車平均」、「直行小汽車平均」指的是什麼？單位是什麼？		
6. 第六章： (1) p126 表 6.2-5 「停」、「讓」在法規上都具有支道車輛停等的要求(除了在行車視角良好的情形「讓」才可以徐行通過路口)，而所謂停等係指車輛完全停止，所以若以違規行為而言，時速預設值為 10 公里是否合宜建議再酌。 (2) p127 表 6.2-6[C3]說明，左方車與右方車同時到達路口，「右」方車搶先通過路，應是誤植。 (3) 圖 6.4-16 部分路口在不同專案呈現的調查數值差異很大，同時也使後續衝突的可能性在同一路口產生截然不同的結果（圖 6.4-	謝謝委員的建議。 1. 觀察發現有完全停止的車輛可能不到 5%，考慮實際上台灣駕駛的行為，如果將停的門檻值定為 0，超過 95%車輛皆屬於違規，較無分析上之意義，因此將停的速率門檻值設定為 10 公里，為權衡之做法。 2. 已修正。 3. 每個專案代表 1 個無人機拍攝架次，專案的調查時間可能在車流尖峰前、中、後段，導致同一個路口不同專案的調查數值差異較大。	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審 查意見
31、32)，建議補充說明原因。		
7. 本次路口右轉衝突研究對象都是車與車，建議下期研究能納入車與行人或車與自行車的右轉衝突。	感謝委員的建議。本計畫每年依照不同情境設計先導測試計畫主題，人車衝突將為明(112)年的探討主題。自行車辨析尚在克服中，待準確度提高之可分析水平，應可納入衝突分析。	同意。
8. 第七章：p199 圖 7.3-5 基隆市仁一路與愛三路口的衝突熱點區，與許添本老師在事故碰撞型態導向之路口設計範例推廣示範計畫中，該路口的事故碰撞圖的熱區位置不太相同，例如在路口的東側的仁一路，有不少是側撞類型事故。這種差異能否進一步分析？請補充說明。	感謝委員的建議。本計畫採用的是短時間（約 45 分鐘）的微觀車流資料，屬於快速診斷的工具，而易肇事碰撞圖法是運用過去數年的事故統計資料，兩個方法的分析原理、時段、曝光量等並不相同，因此兩者的分析結果不一定能完全相互比對，可互相參考以補不足。	同意。
(七) 社團法人中華民國交通工程技師公會		
1. 團隊對於期中的建議都有進行測試與反饋，可以感受到團隊的用心。	感謝公會的建議及鼓勵。	同意。
2. 本期對於飛行作業程序交代更清楚，惟若不是由團隊來操作，交由一般的顧問公司來處理校正及對時等作業相對費力，建議在說明上可更精進，以利未來推廣。	1. 感謝建議，研究團隊預計於明(112)年與當年度合作單位討論並評估空拍燈箱規劃方式之實際效果，期望未來可更加簡化飛行作業程序複雜度。 2. 無人機空拍程序說明也會持續精進，以利未來推廣。	同意。
3. 第 8.3 節提到可用道路現有標誌標線取代比例尺量測作業，看起來現	誤差的比較基準是以在空拍畫面中不同位置，以不同線段取樣並計算比例尺，採用測距輪量測路口現場	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審 查意見
場量測的誤差小於現有標線，請說明誤差的比較基準。	興趣點(POI)的距離(m)，與無人機靜態影像之距離(pixel)，進行比例計算。原則上所有樣本所得的比例尺數值應相同，因此以樣本中的最大值及最小值的差異作為評估準則。	
4. 簡報對於不同空拍高度評估各車種偵測率，因市區交通衝突會比較著重在機車，而機車適合的拍攝高度為 75 公尺，建議可在圖表補充可拍攝的路口大小及偵測誤差。	1. 偵測誤差需進一步定義，並跟實際人工標注資料進行比對。明(112)年會討論如何定義、估算車輛位置誤差。 2. 拍攝高度主要是以能涵蓋常見十字路口大小為基準，也就是約 75 公尺高(視無人機攝影機 FOV 不同，有上下數公尺的變動差異)，對於四線道等部分超大型路口，則需飛行至 100~110 公尺高度。另研究團隊已測試不同高度對影像辨識之影響，並於期末報告第四章詳加說明。	同意。
5. 第六章： (1) 對於分流式指向線之交通衝突分析結果，可提供交通技師建議縣市政府劃設分流式指向線之參考佐證。 (2) 本章節的圖表閱讀難度較高，且內容單位多為數量而非比例。	1. 感謝建議。 2. 目前第六章的編排是以相同配置類型的路口進行比對，但因國內的配置類型很多且路口樣本數不多，較難以系統性方式呈現。數量及比例有不同的意涵，但受版面所限無法一一呈現，研究團隊選擇以數量做為結果說明。	同意。
6. 建議未來可多納入與時制計畫的關係，例如：搶快、清道時間不足	本計畫已於 110 年將號誌資訊納入，計算車輛搶黃燈、清道時間結束後仍無法通過路口、闖紅燈、紅	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審 查意見
等。	燈跨越停止線等與時制計畫相關的分析結果。至於清道時間是否不足，實際上與路口幾何大小有關，需要分析人員加以判斷。	
(八) 臺灣無人機大聯盟		
1. 本大聯盟成立以來，希望協助無人機業者於政府標案或相關應用(橋檢、物流等)發展相關技術，非常樂見本計畫可將交通觀測行為與無人機做結合。	感謝聯盟的建議及鼓勵。	同意。
2. 有關本案空拍所需之無人機規格(如號誌對時機制等)，因空拍業者可能不瞭解交通分析需求，建議未來可與無人機業者對話，並提供空拍相關建議，由無人機業者去發展更適合之機型。	謝謝建議，本計畫主要針對路口車流進行空拍及交通衝突分析，從107~111年執行經驗與交通單位需求來看，長時、抗風、抗雨、夜間、小型(軸距小於40公分)等，都是無人機發展的方向。此外，須同步考量成本、便攜性、解析度、影像品質、維護便利性及飛手操控性等條件，以利於各單位擴散使用。本計畫將於明(112)年探詢無人機協會，建議協會可提供本計畫一段空拍影像，本計畫將進行影像分析並評估其適用性，若符合本計畫分析需求及委託能力範圍，將可再討論合作內容。	同意。
3. 容量手冊或調查手冊形成後，才能固定分析流程並應用於相關標案。建議下一期計畫能歸納分析指標或流程，例如審查文件會要求計算服務水準等資料，以利推	本計畫預計明(112)年將整理完整的使用手冊，教導使用者如何使用相關分析工具。惟未來能否納入易肇事改善等交通工程標案之分析要項，則為後續努力的目標。	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審 查意見
廣至業者運用。		
4. 第二章，文獻回顧的描述上有「研究團隊」或「本研究」，且無法區分上一期或本期計畫，建議在撰寫上可調整其易讀性。	感謝建議，已調整文獻回顧章節加強說明內容為前期或本期計畫。	同意。
(九) 臺灣無人機應用發展協會		
1. 商業無人機會透過飛控板的軟體對影像進行 static camera，使得拍攝解析度雖已達 4K 或 6K 的影像，但在 100 公尺高空卻無法清楚拍攝地面行人的影像，建議找可關閉數位防手震或物理防手震的機型。	感謝建議，本年度採用之無人機設備無宣稱數位防手震或物理防手震之功能設定，亦無開關可設定關閉。	同意。
2. 本案可向無人機公司租借無人機，功能較好的機型雖費用較高，但能達到更好的拍攝效果。	感謝建議，本計畫考量成本、便攜性、解析度、影像品質、維護便利性及飛手操控性等條件，經多年測試研究成果，建議採用市售商品，以利日後各交通單位擴散使用。	同意。
3. 本案採物件於時間上的位移來計算速度，而產業的無人機測繪技術(RTK、PPK)，則是以一個固定物件(如建築物)為參考值計算其速度，計畫若採後者或許會有新的發現。	感謝建議，本計畫是透過物件於畫面中移動的範圍來估算速度，故須了解物件的相對位置，而 RTK、PPK 屬於 GPS 校正技術範疇，主要目的可讓無人機獲得較高精度的定位，對於無人機拍攝的內容及物件仍是相對位置的改變。	同意。
4. 建議未來在拍攝時對路口做 3D 建模，有助於未來運用該模型做各式衝突分析。	結合 3D 建模有可能提供車輛位置與路上設施之間的相對位置資訊，惟本研究屬於快速診斷的分析工具，如需進行 3D 建模，可能大幅	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審 查意見
	增加作業成本及前置作業時間，因此暫時無法納入考慮。	
5. 因人與車的溫度不同，建議夜間辨識可使用近紅外線設備，而此設備可向無人機業者租借。	感謝建議。	同意。
(十) 交通部公路總局（書面意見）		
1. 第六章：p176 有關直右指向線與分流式指向線之比較部分，本案研究顯示分流指向線有利於降低右轉衝突風險，惟本案研究樣本數不多，且兩個不同路口可能有路口幾何及交通特性不同產生影響，後續請再妥為考量。	感謝建議，由於每個路口的車道配置、車流情境皆不相同，無法用數個路口的資料比較去推導整體性的結論，已調整相關結論的文字敘述。	同意。
2. 第七章：p188 第 7.1-1 小節分析項目及功能說明內第 7 項「路口穿越衝突」部分，臺灣有很多機車騎士，紅燈時會跨越停止線至前方兩段式左轉待轉格停等，請問此一違規行為是否算是「路口穿越衝突」？請補充說明。	「路口穿越衝突」應用情境中有包含多個分析項目，委員提出的情況，會判斷為「紅燈跨越停止線」。	同意。
3. 第八章：p224 請問電動自行車(微型電動二輪車)於本案是判斷為自行車還是機車？請補充說明。	因電動自行車(微型電動二輪車)外型不一，與機車或自行車類似者均有，人眼在高空觀察亦無法準確辨識，且空拍影像無法拍攝車牌，更不易明確辨識其為機車或自行車。	同意。
4. 未來如以本案軟體之衝突熱區圖及車流軌跡圖	路口改善工程實施後，駕駛人需要一段時間來適應。若已過適應期但	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審 查意見
等做為改善路口的依據，倘該路口於改善後，駕駛人尚未適應，導致肇事數量較未改善前高，針對此情形團隊是否有相關建議。	肇事數量不減反增，建議可運用本分析工具進行快速診斷，評估是否有與預期不同的車流情況或駕駛行為改變，以釐清肇事數量增加的原因。	
5. 如本局轄下工程處或工務段同仁，有無人機飛行證照，且有能力自行操控飛行空拍，是否能將影片提供團隊進行分析？請補充說明。	團隊很熱意協助貴單位進行分析。	同意。
(十一) 新北市政府交通局		
1. 研究團隊已於上星期至本局進行研究成果的分享和意見交流，感謝團隊對中山路一段、民權路進行完整易肇事分析及改善建議，後續會納入路口改善的參考。	感謝貴局的建議及鼓勵。	同意。
(十二) 桃園市政府交通局 (書面意見)		
1. 考量本市電動自行車(微型電動二輪車)大幅成長，該系統是否有與機車區別之能力。	目前影片中出現的自行車比例大多甚低，僅約為機車的 1~2%，肉眼上亦不太能分辨電動自行車是否為自行車或機車，且空拍無法拍攝到車牌進行車種區別，此為本分析工具之限制。	同意。
(十三) 臺中市政府交通局 (書面意見)		
1. 第 6.4 節建議可分析路口分類衝突與違規態樣，以利道管單位評估調整路口可能性。	第 6.4 節並未對單一路口進行討論，關於貴局的建議，請參考第 6.5 節的個案分析。	同意。
(十四) 臺南市政府交通局		
1. 第 6.5 節進行個案情境分析以瞭解路口狀態，	感謝建議，由於每個路口的車道配置、車流情境皆不相同，無法用數	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審 查意見
但兩路口特性差異較大，不瞭解比較之目的為何。	個路口的資料比較去推導整體性的結論，已調整相關結論的文字敘述。	
2. 本案已拍攝 17 個路口，但所建立的型態是否只能針對這 17 個路口，能否建立一個類似模組的套件，讓空拍的影像可以直接輸入使用。	本計畫挑選 14 個路口進行兩項先導測試計畫，已儘量涵蓋大多數路口型態，並發展相關分析項目及功能，除非是過於複雜的路口(如圓環)，目前分析軟體尚無法對應，其他路口均可輸入空拍影像進行分析。	同意。
3. 明年度預計與本市合作進行人車衝突，但行人的辨識度好像還有些不足，後續會如何處理？另外圓環是否有機會納入明年計畫分析？請補充說明。	1. 明(112)年研究團隊會嘗試將當前幀與其前後幀影像進行合併，呈現行人移動中的殘像以提高其外觀複雜性，增加偵測上的特徵豐富度。 2. 圓環之分析非本研究範圍。	同意。
(十五) 本所運輸安全組		
1. 行人的準確度為本案後續要再突破的一項重點。	明(112)年研究團隊會嘗試將當前幀與其前後幀影像進行合併，呈現行人移動中的殘像以提高其外觀複雜性，增加偵測上的特徵豐富度。	同意。
2. 分析軟體和空拍流程已整理使用手冊，而分析指標和邏輯再與研究團隊討論，於明年度的使用手冊進行補充。	遵照辦理。	同意。
3. 第二章：本文並未說明 p40 表 2.1 2 及 p41 圖 2.1-9，請補充。	遵照辦理。	同意。
4. 第三章：p62 說明 Autel EVO II Pro 已取得 NCC 型式認證，請提供證明。	遵照辦理。	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審 查意見
5. 第六章： (1) p127 表 6.2-6 中， [C2]轉彎車未禮讓 直行車先行之判斷 方式，係依據為轉 彎車先於直行車通 過兩車的交通衝突 區，建議補充說明 為幾秒內通過之直 行車，[C3]之判斷 方式亦同。 (2) p129 表 6.3-1 之 G3 無標誌標線管 制(幹支線道區 分)，應為幹支線 道未區分，請修 正。 (3) p149 圖 6.4-24 縱 座標名稱為「車輛 輛數」，應修正為 「衝突數」。 (4) p151 圖 6.4-27 右 轉衝突—C2 指標 之 PET 值，備註內 容與上圖相同，但 未說明秒數差異的 原因，圖 6.4-29、 圖 6.4-31、圖 6.4- 33 亦同，請修正。 (5) p166 圖 6.4-49～圖 6.4-50 為非號誌化 路口停讓衝突中車 輛衝突行為的計算 結果，但不包含	遵照辦理。	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審 查意見
C1 衝突，要如何 驗證軟體可以處理 C1 衝突，請補充 說明。		
6. 第七章： (1) p188 表 7.1-1 列出 易肇事路口分析項 目，惟 4 處易肇事 路口未依該表順序 進行分析，建議修 正或補充說明原 因。 (2) p197 第 7.2.4 節問 題整理，說明該路 口受旁邊未管制至 小巷道影響，以及 行穿線及行人號誌 燈的設置亦須重新 考慮，因前面分析 內容並未提及，建 議補充說明。 (3) p214 第 7.5 節案例 四：苗栗縣苗栗市 至公路、文發路民 族路口，因該路口 為斜交路口，恐影 響原有直行及右轉 的行向設定，建議 可於圖 7.5-2 路口 時制表或其他部分 補充說明，以利讀 者瞭解。	遵照辦理。	同意。
7. 第八章： (1) p231 之 POI，請註	遵照辦理。	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審 查意見
明全名或中文名稱。 (2) p247 第 8.4.2 節與顧問公司進行交流訪談，請補充說明訪談結果。		
8. 第十章：第 10.1 節結論第一點，有關表 10.1 1 整理之無人機 SOP，因附錄 E 已有 SOP 及說明，建議刪除本段說明。	遵照辦理。	同意。
9. 有關報告中錯字或排版部分，請於會後洽本組修正。	遵照辦理。	同意。
主席結論		
1. 本所已於 111 年 10 月 27 日在官網刊登本案之無人機空拍資料及軟體試用兩項授權公告，請本所承辦同仁再檢視相關內容是否完整，亦請與會各單位協助轉知此訊息，以提供各界運用。	遵照辦理。	同意。
2. 使用手冊如何撰寫更完整，請納入明年 RFP 規範，讓使用單位可順利進行相關情境分析。	遵照辦理。	同意。
3. 關於行人的辨識率，請研究團隊明年務必提升其準確率。	明(112)年會從其他方向來嘗試提升行人辨識度。	同意。
4. 車道數、導引線、標線以及路口幾何設計，能	遵照辦理，已納入第 10.2 節建議事項。明(112)年將盤點當前技術是否	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審 查意見
否透過無人機空拍影像來偵測。若評估技術及經費可行，則納入明年或後年的 RFP 工作項目，可協助地方政府或使用單位快速獲得路口幾何及尺寸資訊，並節省相關製圖時間及人力。	有相關方法，若可行可於後(113)年列入後續的 RFP 工作項目。	
5. 本計畫未來希望朝產業化發展，內容可分為無人機空拍、AI 影像辨識、衝突分析軟體、研提改善措施等 4 部分，每一部分都可單獨發展，但結合後則會形成作業或產業鏈。本計畫所輸出的交通衝突圖表如何與交通工程人員的決策做連結，未來可朝這此方向做相關展示，讓本計畫更加完整。	遵照辦理。	
6. 審查會議各委員及與會單位及所內研提之口頭及書面意見，請訊力科技股份有限公司(研究團隊)整理「審查意見處理情形表」，且逐項說明回應辦理情形，並充分納入報告之修正。	遵照辦理。	同意。
7. 本計畫經徵詢審查委員意見，期末報告初稿審查通過，請訊力科技股份有限公司(研究團隊)	遵照辦理。	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審 查意見
於 111 年 12 月 20 日(星 期二)前提送期末報告修 正定稿。		

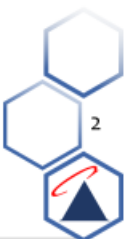
附錄 J. 期末審查簡報投影片



期末審查－大綱

- 1 計畫重點與期程
- 2 空拍資料收集與衝突軟體改善精進
- 3 影像式車流分析技術
- 4 易肇事路口分析內容
- 5 先導測試計畫分析內容
- 6 研究成果與未來規畫

CONFIDENTIAL





計畫執行重點

1. 先導測試計畫

- 111年2項先導測試計畫為：「右轉衝突」與「非號誌化路口停讓衝突」。
- 111年合作機關：公路總局、新北市交通局、臺中市交通局，挑選13處路口進行先導測試分析。

2. 易肇事路段改善計畫

- 配合111年度易肇事路段改善計畫，進行4處路口交通衝突分析。
- 111年合作機關為：基隆市、新竹縣、苗栗縣、彰化縣等。

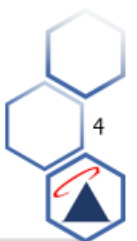
3. 改善影像辨識與追蹤技術

- 提升影片穩定化效率。
- 行人精準度提升。

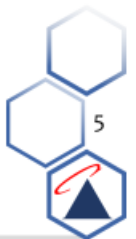
4. 優化交通衝突軟體功能與無人機影像蒐集

- 優化軟體操作介面及相關輸出結果，相關縣市空拍資料蒐集。

CONFIDENTIAL



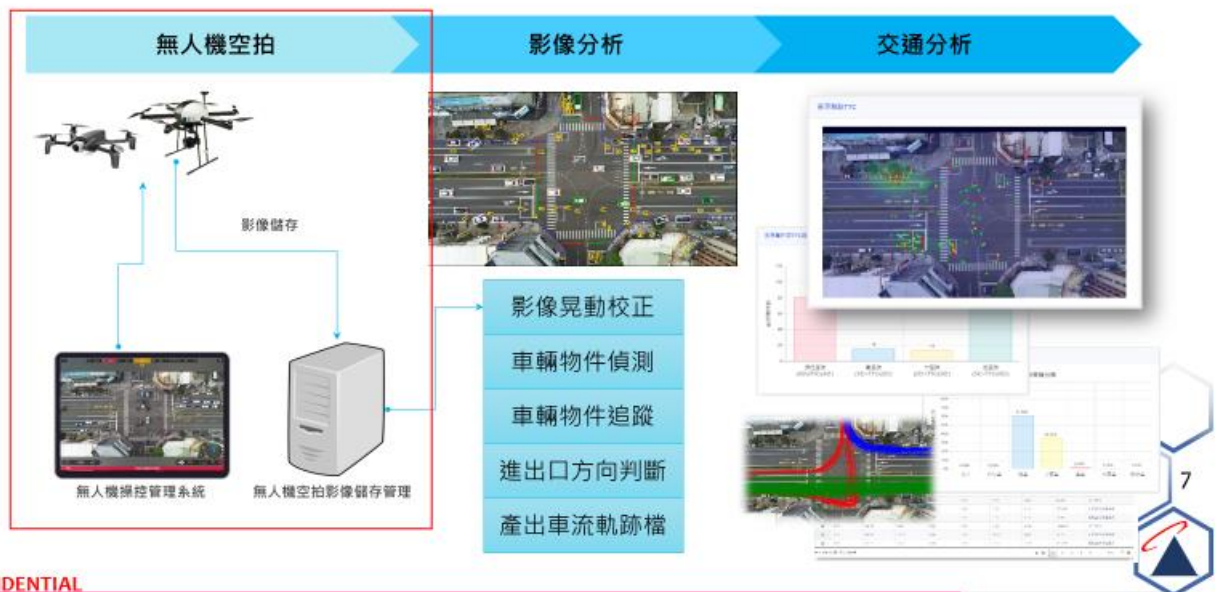
計畫期程 (起訖時間: 111/3/17 ~ 111/12/31)



CONFIDENTIAL



無人機交通觀測應用架構



CONFIDENTIAL

無人機路口空拍SOP



CONFIDENTIAL

111年路口空拍影像資料整理

- 完成17個路口，共計59個影片(影片長度約合計24小時30分)，包括4個易肇事路口及13個先導測試路口。

易肇事路口

流水編號	縣市	地點	實際拍攝日期	拍攝時間(起點)	影片總長(分秒)	拍攝高度(m)	架次
1	彰化縣	彰化市公園路一段、中山路二段	2022/6/21	17:00	26:04	120	A
			2022/6/21	17:30	26:06	120	B
2	基隆市	仁一路、愛三路	2022/6/22	10:50	24:58	120	A
			2022/6/22	10:50	27:11	120	B
			2022/6/22	11:15	26:52	120	C
3	新竹縣	竹北市中華路、光明一路、福興路	2022/6/23	09:00	22:05	120	A
			2022/6/23	10:15	25:09	120	B
			2022/6/23	11:00	26:05	120	C
			2022/6/23	11:25	26:49	120	D
4	苗栗縣	苗栗市至公路、文發路、民族路	2022/6/24	08:25	24:32	120	A
			2022/6/24	08:45	26:19	120	B
			2022/6/24	09:15	24:07	120	C

先導測試計畫路口

流水編號	縣市	地點	實際拍攝日期	拍攝時間(起點)	影片總長(分秒)	拍攝高度(m)	架次
1	新北市	新北市三峽區中山路、大智路	2022/7/5	07:52:17	22:51	120	A
			2022/7/5	08:16:44	26:15	120	B
			2022/7/5	08:45:16	26:22	120	C
2	新北市	新北市新莊區光復路一段、大平路	2022/7/7	07:55:30	23:12	120	A
			2022/7/7	08:21:22	25:41	120	B
			2022/7/7	08:49:07	26:05	120	C
3	新北市	新北市板橋區中山路一段、東橋路(中心)	2022/7/8	07:53:30	33:16	120	A
			2022/7/8	08:19:09	25:53	120	B
			2022/7/8	08:47:36	23:35	120	C
4	新北市	新北市板橋區中山路一段、東橋路(古蹟口)	2022/7/8	16:30:31	25:58	120	A
			2022/7/8	16:58:40	20:47	120	B
5	新北市	新北市板橋區中山路一段、東橋路(古蹟口)	2022/7/11	07:41:34	22:50	120	A
			2022/7/11	08:06:09	23:46	120	B
			2022/7/11	08:32:17	26:02	120	C
6	新北市	新北市板橋區東橋路、永濟街	2022/7/12	07:42:34	24:05	120	A
			2022/7/12	08:08:47	25:53	120	B
			2022/7/12	08:37:07	26:12	120	C
7	新北市	新北市永和區永福路、永興路	2022/7/14	07:51:59	24:20	120	A
			2022/7/14	08:17:03	26:40	120	B
			2022/7/14	08:45:39	25:27	120	C
8	新北市	新北市中和區秀朗路二段、自立路、秀朗路三段、175號	2022/7/15	07:43:28	25:48	120	A
			2022/7/15	08:10:46	26:53	120	B
			2022/7/15	08:39:37	17:17	120	C
9	新北市	新北市板橋區東橋路二段、東橋路	2022/7/15	08:58:21	25:36	120	D
			2022/7/18	16:38:04	26:18	120	A
			2022/7/18	17:06:09	26:10	120	B
10	臺中市	臺中市北區區公所前、大馬路二段	2022/7/18	17:34:44	24:18	120	C
			2022/7/12	16:37:37	24:35	120	A
			2022/7/12	17:04:51	24:07	120	B
11	臺中市	臺中市西區區公所前、三豐路二段199號、三豐路二段200號	2022/7/12	17:30:46	24:05	120	C
			2022/7/21	07:35:17	16:24	120	A
			2022/7/21	07:53:18	24:06	120	B
12	臺中市	臺中市北區區公所前、大馬路二段	2022/7/21	08:18:39	26:45	120	C
			2022/7/21	16:42:53	24:35	60	A
			2022/7/21	17:11:43	25:51	60	B
13	臺中市	臺中市北區區公所前、大馬路二段	2022/7/21	17:42:17	25:16	60	C
			2022/7/11	16:35:28	26:10	120	A
			2022/7/11	17:02:50	13:01	120	B
14	臺中市	臺中市西區區公所前、東區七所	2022/7/11	17:19:58	26:13	120	C
			2022/7/14	17:50:25	24:37	120	D
			2022/7/20	07:36:24	25:23	120	A
15	臺中市	臺中市西區區公所前、東區七所	2022/7/20	08:03:09	25:17	120	B
			2022/7/20	08:29:53	26:15	120	C
			2022/7/14	17:09:27	25:48	120	A
	臺中市	臺中市西區區公所前、東區七所	2022/7/14	17:31:02	25:32	120	B
			2022/7/24	17:58:20	26:19	120	C

CONFIDENTIAL

交通衝突分析軟體功能

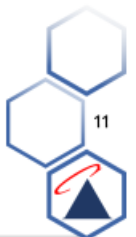
基礎建置		功能擴充		應用擴散	
年度	107	108	109	110	111
衝突分析	TTC、PET 指標 (自行計算)	1. SSAM V3.0 開源程式 2. TTC、PET 等衝突指標資訊 3. 可依嚴重程度、衝突類型、車種、車流方向進行篩選	1. 衝突熱點索引回放功能 2. 車流軌跡繪製功能 3. 路口轉向速度計算 4. 衝突分類優化並新增篩選條件，如TTC/PET值及車速條件等	1. 機會左轉衝突分析工具，提供路口幾何設定，包括停止線、車道數、路口中央位置等 2. 車流軌跡繪製功能升級 3. 車速熱區繪製工具	1. 先導測試計畫衝突分析工具機會左轉、穿越衝突、右轉衝突及非號誌化路口分析 2. 軌跡/車速繪製功能升級 3. 衝突熱區影像疊合功能 4. 衝突影片回放功能升級 5. 新增兩段式左轉判斷機制
功能特色	衝突熱區圖	1. 衝突事件表 2. 統計摘要 3. 衝突熱點圖、斑點圖 4. 號誌同步影片展示	1. 衝突熱點索引回放影片 2. 交通量分析(轉向量) 3. 車流特性計算與統計 4. 車流繪製圖	1. 路口專案結構化，提升管理及易用性 2. 軌跡/車速繪製功能可分時、車種及出入口等，提升車流行為分析能力 3. 可分析機會左轉或路口穿越之潛在風險	1. 專案權限管理，便於專案分享與應用擴散 2. 軌跡/車速繪製提供快速鍵，加速條件篩選及強化視覺效果 3. 可分析右轉衝突及非號誌化路口潛在風險 4. 衝突分析工具優化，提升使用者分析效率
車流情境	未測試	經測試可分析汽機車混合車流等問題	分流指向線效益評估 無號誌化路口行為評估	機會左轉、穿越衝突分析	右轉衝突、非號誌化路口分析

CONFIDENTIAL

軟體功能使用流程



CONFIDENTIAL

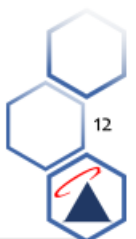


先導測試計畫-交通衝突分析

依據先導測試計畫之交通情境及衝突分析需求，提供路口相關資訊設定，以參數化方式，進行估算，並以圖表呈現分析結果。



CONFIDENTIAL

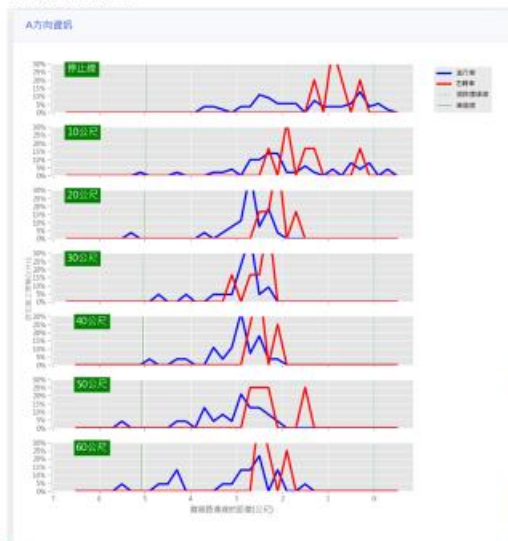


右轉衝突分析工具 視覺圖表呈現

可設定路口方向、右轉車末靠右臨界值、直行車末遠離右側臨界值、停止線上游範圍、停止線下游範圍之參數。再繪製道路邊緣線、車道線、停止線。



分析結果包含該方向之右轉衝突行為統計表、距離停止線前車輛分布資訊圖、右轉衝突車輛數據統計表及汽機車軌跡圖，可歸納右轉衝突之風險類型。



非號誌化路口停讓衝突分析

設定藍、黃、綠、紅四條路口判斷線，及各方向的閃光號誌資訊、標誌(線)停讓慢資訊及幹(支)線道資訊。



分析結果包含各方向的車種速率分析表及車速與數量分布圖，並統計車輛違規行為類型。



快速了解潛在衝突成因

衝突熱點影片索引回放功能，新增可連續播放該衝突片段，以利反覆查看。



交通衝突分析軟體

衝突熱點影片索引回放功能

15

CONFIDENTIAL

輕鬆掌握車流行為-車流軌跡分析

新增快捷鍵，如選擇A進入方向、僅選擇機車、僅選擇小客車等情境，以利快速獲得分析結果。

請輸入繪製影片區間：☒全部 或 ☐時間範圍 秒 ~ 秒

✓ 全方向繪製

A方向繪製

B方向繪製

C方向繪製

D方向繪製

☒ 僅選擇機車

僅選擇小客車

預設值

A方向僅機車軌跡



B方向僅機車軌跡

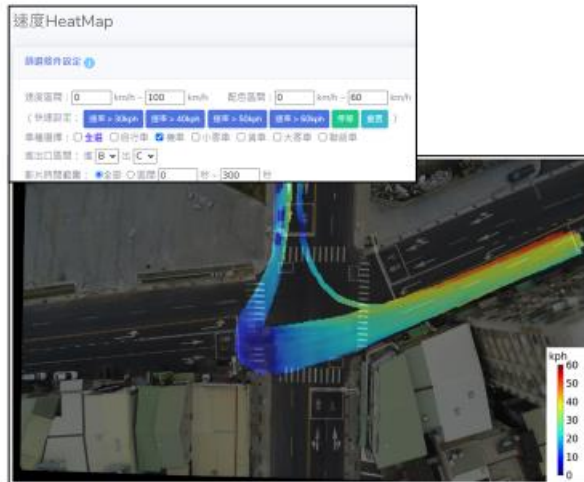


16

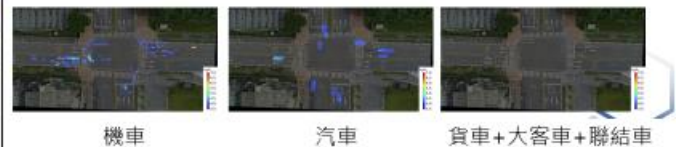
CONFIDENTIAL

輕鬆掌握車流行為-速度、減速度行為分析

新增快捷鍵，如時速超過40kph、停等、減速度大於0.35g、減速度大於0.5g等情境，並可選擇特定車種與路口方向，以利快速掌握車流行為。



急減速熱區圖 (減速度超過0.35g)



機車

汽車

貨車+大客車+聯結車

17

CONFIDENTIAL



18

Oriented YOLOv4與其他旋轉框方法比較(on DOTA 1.0)

小 大 船
型 型 船
車 車 船

Method	backbone	PL	SV	LV	SH	HC	BD	BR	GTF	TC	BC	ST	SBF	RA	HA	SP	mAP	FPS
R ² CNN ^[15]	ResNet101	80.94	59.92	50.91	55.81	48.22	65.67	35.34	67.44	90.67	66.92	72.39	55.06	52.23	55.14	53.35	60.67	5.90
RRPN ^[14]	ResNet101	88.52	51.85	56.19	57.25	53.58	71.20	31.66	59.30	90.81	72.84	67.38	56.69	52.84	53.08	51.94	61.01	
RoI-Transformer ^[16]	ResNet101	88.64	68.81	73.68	83.59	47.67	78.52	43.44	75.92	90.74	77.27	81.46	58.39	53.54	62.83	58.93	69.56	
SCRDet ^[19]	ResNet101	89.98	68.36	60.32	72.41	65.21	80.65	52.09	68.36	90.85	87.94	86.86	65.02	66.68	66.25	68.24	72.61	
MFLAR-Net ^[42]	ResNet152	89.62	70.13	67.64	77.81	62.11	84.03	52.41	70.30	90.85	85.40	86.22	63.21	64.14	68.31	70.21	73.49	10.00
Gliding Vertex ^[22]	ResNet101	89.64	73.01	73.14	86.82	57.32	85.00	52.26	77.34	90.74	79.02	86.81	59.55	70.91	72.94	70.86	75.02	
Mask OBB ^[43]	ResNeXt101 [34]	89.56	76.52	74.16	85.63	63.32	85.95	54.21	72.90	89.85	83.81	86.48	54.89	69.64	73.94	69.06	75.33	6.20
FFA ^[44]	ResNet101	90.10	71.00	79.90	83.50	63.70	82.70	54.20	75.20	90.70	83.90	84.60	61.20	68.00	70.70	76.00	75.70	6.30
APE ^[45]	ResNeXt101	89.96	74.01	77.16	79.45	65.55	83.62	53.42	76.03	90.83	87.15	84.51	67.72	60.33	74.61	71.84	75.75	
CenterMap OBB ^[46]	ResNet101	89.83	77.66	78.32	87.19	66.06	84.41	54.60	70.25	90.66	84.89	85.27	56.46	69.23	74.13	71.56	76.03	
Cascade-FF [36]	ResNet152	89.90	68.20	75.20	75.60	50.10	80.40	51.70	77.40	90.80	78.80	84.40	62.30	64.60	57.70	69.40	71.80	15.53
BBAVectors [37]	ResNet101	88.35	78.43	78.98	87.94	55.70	79.96	50.69	62.18	90.85	83.58	84.35	54.13	60.24	65.22	64.28	72.32	
SARD [37]	ResNet101	89.93	68.41	61.18	66.00	68.03	84.11	54.19	72.04	90.82	87.79	86.59	65.65	64.04	66.68	68.84	72.95	
GLS-Net [39]	ResNet101	88.65	73.30	72.16	84.68	60.42	77.40	51.20	71.03	90.87	80.43	85.38	58.33	62.27	67.58	70.69	72.96	
DRN [40]	Hourglass104 [35]	89.71	76.22	74.43	85.84	58.48	82.34	47.22	64.10	90.57	86.18	84.89	57.65	61.93	69.30	69.63	73.23	
FADet [41]	ResNet101	90.21	73.18	68.27	79.56	64.86	79.58	45.49	76.41	90.83	83.40	84.68	53.40	65.42	74.17	69.69	73.28	
SAR [25]	ResNet101	90.89	68.07	72.31	81.24	63.48	82.67	49.75	69.90	90.27	88.19	82.43	62.08	66.43	66.20	68.34	73.48	
R3Det ^[27]	ResNet152	89.49	70.92	78.66	78.21	67.17	81.17	50.53	66.10	90.81	85.26	84.23	61.81	63.77	68.16	69.83	73.74	
RSDet ^[28]	ResNet152	90.10	70.20	78.70	73.6	63.70	82.00	53.80	68.50	91.20	87.10	84.70	64.30	68.20	66.10	69.30	74.10	
GCL (FPN based) ^[29]	ResNet152	89.70	78.98	74.78	85.86	68.91	83.34	55.44	67.31	90.82	85.56	85.33	65.56	61.52	72.30	78.11	76.23	
CSL (FPN based) ^[29]	ResNet152	90.13	77.32	72.98	85.94	70.08	84.43	54.57	68.13	90.74	85.95	86.36	63.42	65.82	74.06	73.67	76.24	
Ours ^(v)	CSPDarknet53	87.63	78.66	77.99	88.68	59.20	80.60	43.65	56.12	90.85	78.13	86.78	44.32	59.34	68.13	71.50	71.44	35.70
Ours ^(A*)	CSPDarknet53	88.94	79.37	83.84	88.65	59.78	82.19	43.22	60.15	90.83	83.52	87.37	51.30	66.27	72.52	70.46	73.89	20.40

CONFIDENTIAL

單張影像下的車輛偵測結果評估

	影像數	行人	自行車	機車	小客車	貨車	大客車	聯結車頭	聯結車身	總車數
訓練資料	723	4061	467	26314	14924	2035	605	153	151	48710
測試資料	200	1823	331	9661	4958	850	171	110	111	18015

	預測為目標對象(Positive)	預測為非目標對象(Negative)
預測正確(True)	TP (True Positive)	TN (True Negative)
預測錯誤(False)	FP (False Positive)	FN (False Negative)

	Recall	Precision	AP _{0.5}
行人	0.693 / 0.787	0.776 / 0.853	- / 0.838
自行車	0.430 / 0.637	0.500 / 0.854	- / 0.739
機車	0.922 / 0.937	0.978 / 0.946	- / 0.961
小客車	0.979 / 0.974	0.986 / 0.986	0.993 / 0.985
貨車	0.938 / 0.962	0.954 / 0.967	0.958 / 0.972
大客車	0.978 / 0.912	0.978 / 0.963	0.998 / 0.948
聯結車頭	0.667 / 0.973	0.769 / 0.843	0.692 / 0.963
聯結車身	0.643 / 0.919	0.750 / 0.921	0.813 / 0.952
平均	- / 0.888	- / 0.921	- / 0.920

SCRDet / Oriented YOLOv4

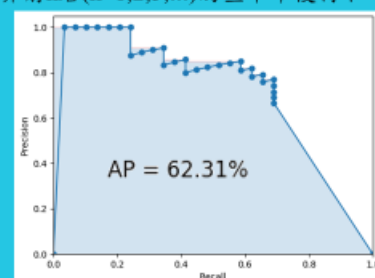
CONFIDENTIAL

查準率(Precision) = TP/(TP+FP)

查全率(Recall) = TP/(TP+FN)

平均查準率(Average Precision, AP):

以IoU為閾值，將偵測結果依信心度排序後，計算前k名(k=1,2,3,...)的查準率後再取平均值



前期影像處理技術上的主要問題

1. 影片穩定化占了整個處理流程一半以上的時間 -> 利用GPU加速化
 2. 單幀下的車輛偵測部分，有26%自行車被誤分類為機車 -> 以車速區分自行車與機車
 3. 單幀下的行人偵測查全率(Recall)為78.7%、查準率(Precision)為 85.3%
- > 提升影像解析度至4K，針對行人進行偵測(其他車輛維持1920x1080下偵測)



CONFIDENTIAL

21

影片穩定化加速

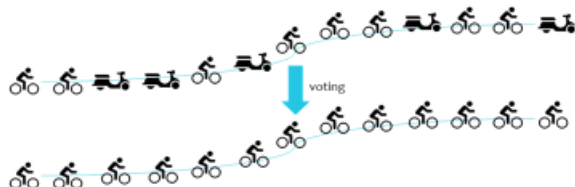
- ◆ 影片穩定化是透過ECC (Enhanced Correlation Coefficient)演算法消除畫面間的抖動偏移，分別採用**閾值最佳化**與**GPU加速**兩種方法來減少處理時間
 - 閾值最佳化約減少15%~20%穩定化時間
 - GPU加速約減少50%~80%穩定化時間合計減少約60%~85%穩定化時間
- 整體(穩定+偵測+追蹤)處理時間減少約**40%~50%**
- 影片穩定：車輛偵測：車輛追蹤的平均處理時間，目前約為2：2：1

CONFIDENTIAL

22

修正自行車誤分類機車問題

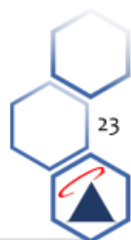
- ◆ 利用本期拍攝之影片進行測試後，發現以下幾點關鍵：
 - 雖然單幀下自行車的誤分類機車率高達26%，正確的機率約64%。
 - 但追蹤過程中，會將同一軌跡在每幀的分類結果進行投票，取最大票數之分類為該軌跡車種，因此最終主動修正了絕大多數的單幀誤分類情況



- 瞬間最大車速無法區分自行車，特別是行駛在小巷的機車或塞車
- 修改投票機制中的單票權重，對軌跡結果亦沒有明顯影響

- ◆ 綜合以上原因，維持目前的投票機制作法

CONFIDENTIAL



23

強化行人偵測

- ◆ 提升影像解析度至4K，針對行人進行偵測

- 單純提高解析度無法明顯提升準確度
- 針對道路區偵測反而表現較差
- YOLOv7在速度上快兩倍，但目前訓練上可調參的選項較少，優化上較費工夫
- 4K下的行人面積約為20x20~30x30，但同樣面積下機車有著明顯較高的偵測率，外觀單調可能是行人偵測難以提升的主因

Average Precision @ IoU > 0.5

	Oriented YOLOv4@2k	YOLOv4@4k	YOLOv7@4k
純路面	-	0.56	<0.4
全畫面	0.84(不同影像集)	0.69	0.52



隨機挑選出的行人外觀



純路面



全畫面

CONFIDENTIAL



24

不同高度之車輛偵測分析

- ◆ 依60m、75m、90m、105m等高度在同一路口拍攝近5分鐘影片，以3秒為間隔取樣約100張做為該高度測試影像集，偵測模型之訓練樣本主要為70m~80m



60m



75m



90m



105m

CONFIDENTIAL



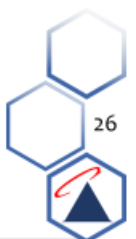
25

不同高度之偵測分析

- ◆ 依60m、75m、90m、105m等高度在同一路口拍攝近5分鐘影片，以3秒為間隔取樣約100張做為該高度測試影像集，偵測模型之訓練樣本主要為70m~80m
- ◆ 僅列舉數量較多的幾個車種，表格內數字代表偵測率(正確分類 / 不分類)；若不分類偵測率高但分類正確率稍低(>0.6)，則可透過追蹤進行有效修正

高度	小客車	貨車	大客車	機車	行人
60m	0.68 / 0.98	0.76 / 0.88	0.23 / 0.91	0.48 / 0.60	0.23 / 0.35
75m	0.80 / 0.86	0.73 / 0.86	0.57 / 0.93	0.74 / 0.75	0.24 / 0.29
90m	0.90 / 0.92	0.71 / 0.95	0.75 / 0.96	0.54 / 0.56	0.15 / 0.18
105m	0.94 / 0.95	0.61 / 0.97	0.83 / 0.99	0.31 / 0.33	0.11 / 0.13

CONFIDENTIAL



26

不同高度之偵測分析

若以75m為訓練模型之平均拍攝高度...

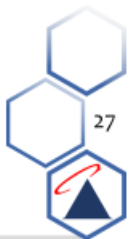
- ◆ 小客車: 高度增加偵測率普遍上升；高度下降容易分類錯誤(易誤分類為貨車)
- ◆ 貨車: 高度增加偵測率上升但易分類錯誤(易誤分類為小客車)；高度下降影響不明顯
- ◆ 大客車: 高度增加偵測率明顯上升；高度下降容易分類錯誤(易誤分類為聯結車)
- ◆ 機車: 高度增加或下降都會帶來明顯的不利影響
- ◆ 行人: 本場景行人容易隱匿於陰影中，高度增加偵測率普遍下降

高度	小客車	貨車	大客車	機車	行人
60m	0.68 / 0.98	0.76 / 0.88	0.23 / 0.91	0.48 / 0.60	0.23 / 0.35
75m	0.80 / 0.86	0.73 / 0.86	0.57 / 0.93	0.74 / 0.75	0.24 / 0.29
90m	0.90 / 0.92	0.71 / 0.95	0.75 / 0.96	0.54 / 0.56	0.15 / 0.18
105m	0.94 / 0.95	0.61 / 0.97	0.83 / 0.99	0.31 / 0.33	0.11 / 0.13

CONFIDENTIAL

可提升飛行高度

不宜提升飛行高度

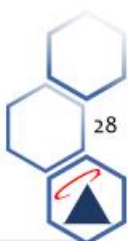


旋轉框角度修正

- ◆ 目前的旋轉框偵測方法，對於長寬比例大與及稠密排列的物件容易有角度上的誤差
 - 針對長寬比例大的大客車，可以透過偵測車輛的邊緣方向來進行修正
 - 一般車輛在行進間不易發生角度偏差問題，僅出現在靜止稠密停靠的車輛，可以透過軌跡資訊偵測靜止車輛，以投票方式取得靜止期間主要的穩定方向



CONFIDENTIAL



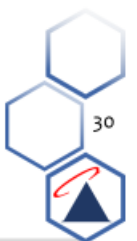


4. 易肇事路口分析

配合易肇事路口改善計畫，以本研究之人車流動方法進行分析。

- 四個路口：
 1. 彰化縣公園路一段、縱貫公路
 2. 基隆市仁一路、愛三路口
 3. 新竹縣竹北市台一線、光明11路、福興路
 4. 苗栗市至公路、文發路、民族路
- 已完成分析並提交承辦單位進行後續處理。
- 期中審查已進行簡報，並將分析內文補充於期末報告書。

CONFIDENTIAL



路口拍攝現場作業概況(易肇事路口)

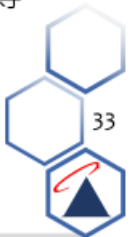
拍攝時間	6/21 (二) 16:11-17:52	6/22 (三) 09:58-11:37	6/23 (四) 09:48-10:10	6/24 (五) 08:55-09:33
路口名稱	彰化縣 公園路一段、縱貫公路	基隆市 仁一路、愛三路口	新竹縣 竹北市台一線、光明11路、 福興路	苗栗市 至公路、文發路、民族路
路口空拍圖				
現場作業概況	• 順利完成拍攝	• 順利完成拍攝	• 配合派員國軍塔台，順利完成拍攝	• 順利完成拍攝

CONFIDENTIAL



5.1 先導測試計畫：背景說明

1. 本年度之先導測試計畫探討了兩個情境
右轉衝突、非號誌化路口停讓衝突
2. 除了交通衝突事件外，本軟體進一步開發分析功能車道使用相關及動線順序相關的風險駕駛行為或違規行為，包括：
 - 右轉車未靠右、直行車未遠離右側、右轉車未使用最外側車道或專用道、直行車使用右轉專用道等
 - 車輛未慢速通過路口、左轉接受間距不足、支線道未禮讓、未停車再開等

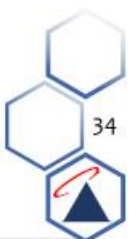


33

CONFIDENTIAL

先導測試計畫：背景說明

3. 對13個路口進行分析及比較
 - 臺中市：5個
 - 新北市：6個
 - 公路總局：2個
 - 當中選擇4個路口進行個案分析說明
4. 另選2個路口進行完整分析，後續會進行改善
5. 已經與地方機關進行回饋交流會議，討論本研究之發現
 - 11/23 臺中市交通局（線上）
 - 11/24 公路總局、新北市交通局（實體）



34

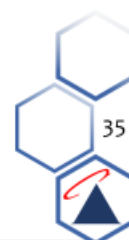
CONFIDENTIAL

路口及分析情境說明

- 蒐集時間：每路口擇選一尖峰時段拍攝(上班尖峰(約7:45~8:45)、下班尖峰(約17:30~18:30))。
- 蒐集長度：一趟約25分鐘影片長度，每路口約3趟次，側拍記錄號誌變化，同步時制整合應用。

類別	編號	縣市	路口	衝突分析情境	飛行空域類型	
先導測試路口	1	新北市	板橋區中山路、民權路	右轉衝突路口	可飛行綠區	(個案討論)(完整分析)
	2	新北市	永和區永貞路、永利路	右轉衝突路口	可飛行綠區	
	3	新北市 公路總局	新店區北宜公路台9線10K+886、文中路交叉口	右轉衝突路口	可飛行綠區	
	4	臺中市	北屯區北屯路、太原路口	右轉衝突路口	可飛行綠區	
	5	臺中市	潭子區雅潭路二段、崇德路四段	右轉衝突路口	可飛行綠區	(個案討論)
	6	新北市	樹林區環溪路水源街	右轉衝突路口	可飛行綠區	
	7	新北市	三峽區中山路、大智路	非號誌化路口	位於高公局禁航區，依其規定申請取得核可	(個案討論)
	8	新北市	中和區秀朗路三段、自立路、秀朗路三段175巷	非號誌化路口	可飛行綠區	(完整分析)
	9	臺中市 公路總局	后里區三豐路四段、三豐路四段199巷、三豐路四段266巷	非號誌化路口	可飛行綠區	
	10	臺中市	東區三賢街、東英七街	非號誌化路口	可飛行綠區	
	11	臺中市	大里區成功二路、光明路	非號誌化路口	可飛行綠區	(個案討論)
	12	臺中市	大甲區鎮政路、蔣公路	非號誌化路口	位於臺中機場限航區，但評估飛行60公尺可涵蓋拍攝範圍不需申請派員路臺，故本路口實際飛行高度為60公尺	
	13	新北市	瑞芳區明燈路三段、民族街	非號誌化路口	可飛行綠區	

CONFIDENTIAL



空拍取景說明

易肇事路口分析、非號誌化路口分析
取景圖



1. 飛高: 120公尺，飛機中心點為路口
2. 橫向為主幹道
3. 橫向平行畫面

右轉衝突
取景圖



1. 飛高: 120公尺
2. 橫向為主幹道
3. 盡量拍攝停止線至近上游車道60公尺

CONFIDENTIAL



路口拍攝現場作業概況(先導測試路口)(1/3)

拍攝時間	7/5 (二) 07:30-08:30	7/7 (四) 07:30-08:30	7/8(五) 07:30-08:30 17:30-18:30 7/11(一) 07:30-08:30	7/11 (一) 16:30-18:30
路口名稱	新北市三峽區 中山路、大智路	新北市新店區 北宜公路台9線、文中路	新北市板橋區 中山路、民權路	台中市大里區 成功二路、光明路
路口空拍圖	非號誌化路口 	右轉衝突路口 	右轉衝突路口 	非號誌化路口 
現場作業概況	 • 順利完成拍攝	 • 順利完成拍攝	 • 順利完成拍攝(除先導分析外，此路口會進行完整數據分析)	 • 順利完成拍攝

CONFIDENTIAL

路口拍攝現場作業概況(先導測試路口)(2/3)

拍攝時間	7/12 (二) 07:30-08:30	7/12 (二) 16:30-18:30	7/14(四) 07:45-09:00	7/14 (四) 17:00-18:30
路口名稱	新北市樹林區 環溪路、水源街	台中市北屯區 北屯路、太原路口	新北市永和區 永貞路、永利路	台中市潭子區 雅潭路二段、崇德路四段
路口空拍圖	右轉衝突路口 	右轉衝突路口 	右轉衝突路口 	右轉衝突路口 
現場作業概況	 • 順利完成拍攝	 • 順利完成拍攝	 • 順利完成拍攝	 • 順利完成拍攝

CONFIDENTIAL

路口拍攝現場作業概況(先導測試路口)(3/3)

拍攝時間	7/15(五) 07:40-09:20	7/18 (一) 16:30-18:00	7/20(三) 07:30-09:00	7/21(四) 07:30-09:20	7/21(四) 16:30-16:20
路口名稱	新北市永和區 秀朗路三段、自立路、秀朗路三段175巷	新北市瑞芳區 明燈路三段、民族街	台中市東區 三賢街、東英七街	台中市后里區 三豐路四段、三豐路四段199巷、三豐路四段266巷	台中市大甲區 鎮政路、蔣公路
路口空拍圖	非號誌化路口 	非號誌化路口 	非號誌化路口 	非號誌化路口 	非號誌化路口 
現場作業概況	 • 順利完成拍攝	 • 順利完成拍攝	 • 順利完成拍攝	 • 拍攝期間遇分隔島修剪，影響第一架次後段、第二架次全段及第三架次後段，須請蘇老師確認	 • 順利完成拍攝

CONFIDENTIAL

5.2 先導測試計畫：分析項目

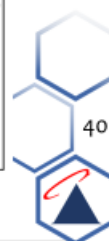
編號	交通安全應用情境	問題描述	對應肇事型態	可能肇因
3	右轉衝突	在靠近停止線處，右轉車輛未能靠右行駛，造成與直行車流之衝突	右轉側撞	1. 未注意車前狀況 2. 未保持行車安全間隔 3. 違反特定標誌(線)禁制 4. 右轉彎未依規定
4	非號誌化路口停讓衝突	在非號誌化路口，車輛未依規定停讓，而導致交岔路口中發生之衝突	交岔撞	1. 未依規定讓車 2. 未注意車前狀況 3. 未依規定減速 4. 違反特定標誌(線)禁制



右轉衝突



非號誌化路口停讓衝突



CONFIDENTIAL

先導測試計畫 – 右轉衝突

人車流動資訊之分析方法

1. 風險駕駛行為 (Risky driving behavior)

- a) R1 右轉車未靠右
- b) R2 直行車未遠離右側

2. 違規行為 (Violation)

- a) V1 超速
- b) V2 超速(寬容值)
- c) V3 右轉車未使用最外側車道或專用道
- d) V4 直行車使用右轉專用道

3. 交通衝突 (Traffic conflicts)

- a) C1 同向右轉跟車衝突
- b) C2 兩車右轉切入衝突
- c) C3 同向兩車右轉衝突
- d) C4 直行機車與右轉汽車衝突 (直行車側撞右轉車)
- e) C5 右轉汽車與直行機車衝突 (右轉車側撞直行車)

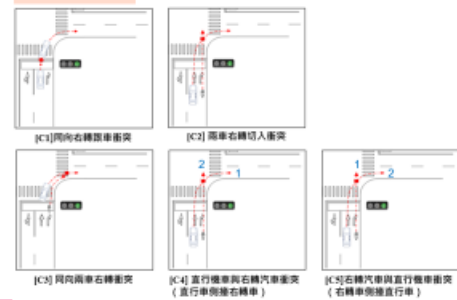
風險駕駛行為



違規行為



交通衝突



CONFIDENTIAL

41

先導測試計畫 – 非號誌化路口停讓衝突

人車流動資訊之分析方法

1. 風險駕駛行為 (Risky driving behavior)

- a) R1 車輛未慢速通過路口
- b) R2 左轉接受間距不足

2. 違規行為 (Violation)

- a) V1 支線道未禮讓
- b) V2 支線道未停車再開
- c) V3 超速(速限)
- d) V4 超速(寬容值)

3. 交通衝突 (Traffic conflicts)

- a) C1 少線道未禮讓多線道先行
- b) C2 轉彎車未禮讓直行車先行
- c) C3 左方車未禮讓右方車先行

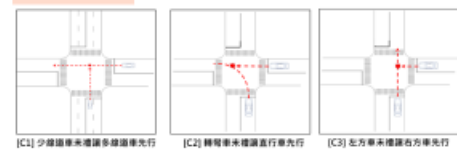
風險駕駛行為



違規行為



交通衝突

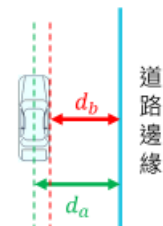


CONFIDENTIAL

42

右側衝突程式分析錯誤說明

- 『右轉車未靠右』判斷程式碼有錯誤
- 原定以車輛右側淨空(d_b)作為判斷依據，部分分析錯誤以車中心至右側距離(d_a)計算
- 車輛分布圖等其他分析不受影響
- 將於期末報告書定稿前完成修正



專案222 為例

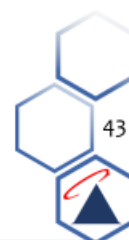
方向	車種	總車數	直行車數	右轉車數	右轉車未靠右車數	直行車未靠右車數	超速(超過限制)	超速(萬分)	右轉車未使用最外側車道或專用道	直行車未使用右轉專用道	C1: 同向右轉車衝突	C1 TTC	C2: 兩車右轉切入	C2 PET	C3: 同向兩車右轉衝突	C3 PET	C4: 直行機車與右轉汽車衝突(直行車側撞右轉車)	C4 PET	C5: 右轉汽車與直行機車衝突(右轉車側撞直行車)	C5 PET
A 方向	機車	231	220	6	0	17	98	20	0	-	3	1.2	1	2.5	0	-	0	-	0	-
	小型車	255	198	19	12	0	66	12	0	-	0	-	0	-	0	-				
	大型車	40	33	1	1	0	9	1	0	-	0	-	0	-	0	-				
	小計	526	451	26	13	17	173	33	0	-	3	1.2	1	2.5	0	-				

錯誤版本：
小型車及大型車誤植成以車輛中心做計算(d_a ，綠色箭頭)

車種	總車數	直行車數	右轉車數	右轉車未靠右車數	直行車未靠右車數	超速(超過限制)	超速(萬分)	右轉車未使用最外側車道或專用道	直行車未使用右轉專用道	C1: 同向右轉車衝突	C1 TTC	C2: 兩車右轉切入	C2 PET	C3: 同向兩車右轉衝突	C3 PET	C4: 直行機車與右轉汽車衝突(直行車側撞右轉車)	C4 PET	C5: 右轉汽車與直行機車衝突(右轉車側撞直行車)	C5 PET
機車	231	220	6	0	17	98	20	0	-	3	1.2	1	2.5	0	-	-	-	-	-
小型車	255	198	19	3	0	66	12	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
大型車	40	33	1	1	0	9	1	0	-	0	-	0	-	0	-	-	-	-	-
小計	526	451	26	4	17	173	33	0	-	3	1.2	1	2.5	0	-	0	-	0	-

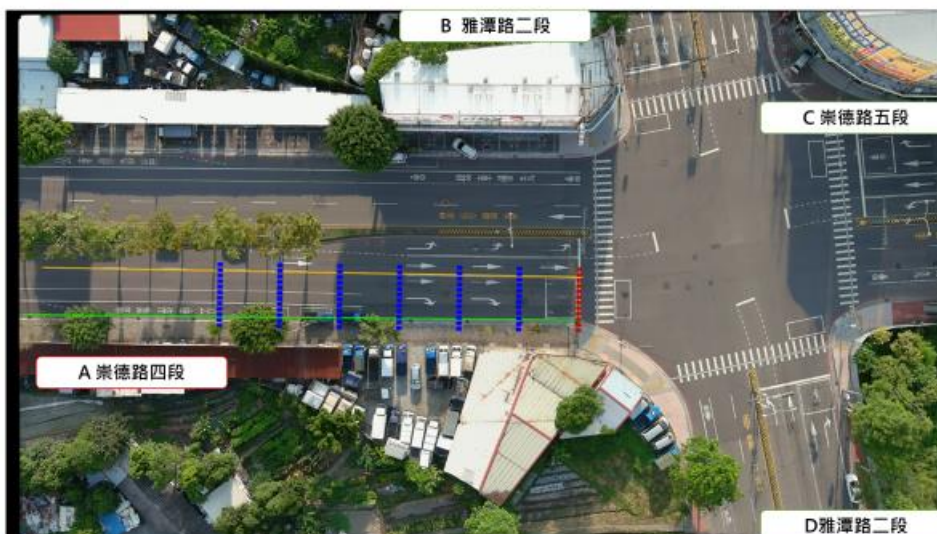
修正版本：
應以車輛右側邊緣淨空做計算(d_b ，紅色箭頭)。

CONFIDENTIAL

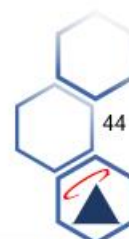


5.3 右轉衝突：個案討論

專案222 - 224 臺中市崇德雅潭路口 (右轉衝突/分流指向線)



CONFIDENTIAL



右轉衝突：圖表輸出

專案222 - 224 臺中市崇德雅潭路口 (右轉衝突/分流指向線)
1. 直行右轉車流軌跡圖(專案224)



45

CONFIDENTIAL

右轉衝突：圖表輸出

專案222 - 224 臺中市崇德雅潭路口 (右轉衝突/分流指向線)
1. 直行右轉車流軌跡圖(專案224)

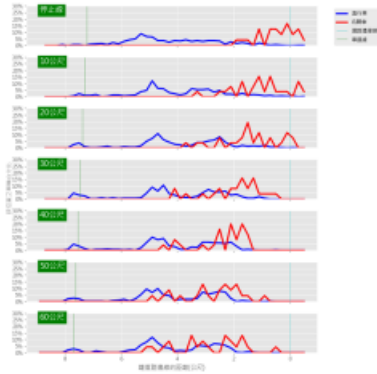


46

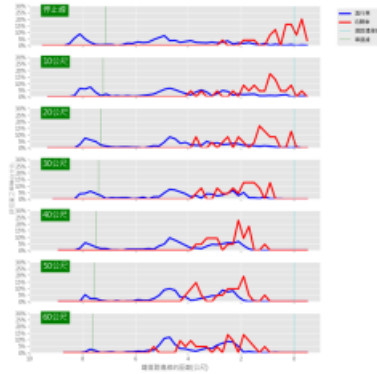
CONFIDENTIAL

右轉衝突：圖表輸出

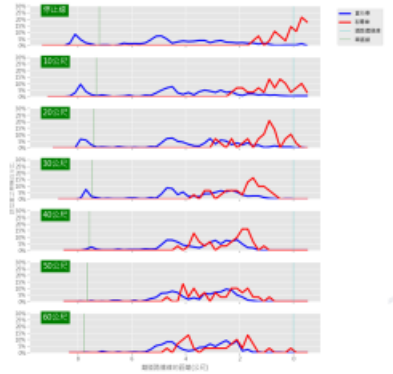
專案222 – 224 臺中市崇德雅潭路口 (右轉衝突/分流指向線)
2.車輛分布圖



專案222 崇德雅潭路口 車輛分布圖



專案223 崇德雅潭路口 車輛分布圖



專案224 崇德雅潭路口 車輛分布圖

47

CONFIDENTIAL

右轉衝突：圖表輸出

專案222 – 224 臺中市崇德雅潭路口 (右轉衝突/分流指向線)
3.車輛數及風險行為統計表

案例		車輛數與轉向比例				風險行為R1	風險行為R2	
專案編號	方向	車種	總車輛數	直行車輛數	右轉車輛數	右轉轉向比例	右轉車未靠右	直行車未遠離右側
222	A	機車	231	220	6	2.6%	0	17
		小型車	255	198	19	7.5%	3	0
		大型車	40	33	1	2.5%	1	0
		小計	526	451	26	4.9%	4	17
223	A	機車	288	265	11	3.8%	2	28
		小型車	282	228	13	4.6%	6	0
		大型車	33	25	2	6.1%	1	0
		小計	603	518	26	4.3%	9	28
224	A	機車	323	295	18	5.6%	0	33
		小型車	272	228	11	4.0%	6	0
		大型車	23	18	0	0.0%	0	0
		小計	618	541	29	4.7%	6	33

CONFIDENTIAL

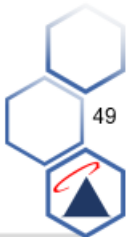
48

右轉衝突：圖表輸出

專案222 – 224 臺中市崇德雅潭路口 (右轉衝突/分流指向線)
4.違規行為統計表

案例				違規行為V1		違規行為V2		違規行為V3	違規行為V4
專案編號	方向	車種	總車輛數	超速(速限)	超速(速限)比例	超速(寬容值)	超速(寬容值)比例	右轉車未使用最外側車道或專用道	直行車使用右轉專用道
222	A	機車	231	98	42.4%	20	8.7%	0	-
		小型車	255	66	25.9%	12	4.7%	0	-
		大型車	40	9	22.5%	1	2.5%	0	-
		小計	526	173	32.9%	33	6.3%	0	-
223	A	機車	288	83	28.8%	19	6.6%	0	-
		小型車	282	78	27.7%	11	3.9%	0	-
		大型車	33	3	9.1%	0	0.0%	0	-
		小計	603	164	27.2%	30	5.0%	0	-
224	A	機車	323	84	26.0%	19	5.9%	0	-
		小型車	272	56	20.6%	5	1.8%	0	-
		大型車	23	3	13.0%	0	0.0%	0	-
		小計	618	143	23.1%	24	3.9%	0	-

CONFIDENTIAL



右轉衝突：圖表輸出

專案222 – 224 臺中市崇德雅潭路口 (右轉衝突/分流指向)
5.衝突行為與秒數統計表

案例			衝突行為C1		衝突行為C2		衝突行為C3		衝突行為C4		衝突行為C5	
專案編號	方向	車種	同向右轉跟車衝突	TTC (秒)	兩車右轉切入	PET (秒)	同向兩車右轉衝突	PET (秒)	直行機車與右轉汽車衝突	PET (秒)	右轉汽車與直行機車衝突 (右轉車側撞直行車)	PET (秒)
222	A	機車	3	1.2	1	2.5	0	-	0	-	0	-
		小型車	0	-	0	-	0	-				
		大型車	0	-	0	-	0	-				
		小計	3	1.2	1	2.5	0	-				
223	A	機車	6	0.75	2	1.95	0	-	0	-	0	-
		小型車	0	-	0	-	0	-				
		大型車	0	-	0	-	0	-				
		小計	6	0.75	2	1.95	0	-				
224	A	機車	3	1	2	2.5	1	1.9	1	2.1	0	-
		小型車	0	-	0	-	0	-				
		大型車	0	-	0	-	0	-				
		小計	3	1	2	2.5	1	1.9				

CONFIDENTIAL

50



小結及其他觀察

專案222 - 224 臺中市崇德雅潭路口 (右轉衝突/分流指向線)

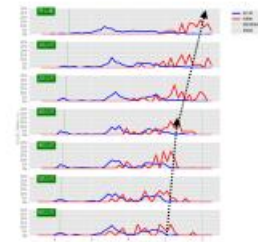


小結：

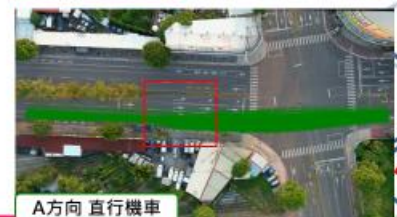
- 駕駛者有依分流式指向線的指示進行分流，右轉衝突問題不明顯，分流式指向線有發揮功效。

其他觀察：

- 上游有公車停等區及慢車道，分流式指向線只有約30公尺，分流式指向線開始處有明顯的右轉小型車靠右的情況，導致一些交織及衝突的情況，但情況不嚴重。



A方向 右轉汽車



A方向 直行機車

CONFIDENTIAL

51

5.4 非號誌化路口停讓衝突：個案討論(1)

專案 212-214 臺中市大甲區蔣公路、鎮政路 (無標誌標線管制/未區分支幹道)



CONFIDENTIAL

52

非號誌化路口停讓衝突：圖表輸出

專案 212-214 大甲區蔣公路、鎮政路 (無標誌標線管制/未區分支幹道)

			(區分支幹道)							(未區分支幹道)		
案例			風險行為R1	風險行為R2	違規行為V1	違規行為V2	違規行為V3	違規行為V4	衝突行為C1	衝突行為C2	衝突行為C3	
專案編號	方向	車種	總車輛數	車輛未慢速 通過路口	左轉接受間 距不足	支線道未禮 讓	支線道未停 車再開	超速(速限)	超速(寬容值)	少車道未禮讓 多車道先行	轉彎車未禮讓 直行車先行	左方車未禮讓 右方車先行
213	A 方向	機車	198	-	1	-	-	6	1	-	23	0
		小型車	28	-	0	-	-	0	0	-	3	0
		大型車	4	-	0	-	-	0	0	-	0	0
		小計	230	-	1	-	-	6	1	-	26	0
	B 方向	機車	196	-	0	-	-	0	0	-	5	0
		小型車	34	-	1	-	-	0	0	-	3	0
		大型車	4	-	0	-	-	0	0	-	0	0
		小計	234	-	1	-	-	0	0	-	8	0
	C 方向	機車	82	-	0	-	-	0	0	-	0	0
		小型車	22	-	0	-	-	0	0	-	0	0
		大型車	2	-	0	-	-	0	0	-	0	0
		小計	106	-	0	-	-	0	0	-	0	0
	D 方向	機車	119	-	3	-	-	0	0	-	5	0
		小型車	20	-	0	-	-	0	0	-	0	0
		大型車	3	-	0	-	-	0	0	-	0	0
		小計	142	-	3	-	-	0	0	-	5	0

CONFIDENTIAL

53

小結及其他觀察

專案 212-214 大甲區蔣公路、鎮政路 (無標誌標線管制/未區分支幹道)



A、D方向左轉軌跡圖

小結：

- 在行為指標項中有偵測到主要為R2左轉接受間距不足、V3超速（速限）、V4超速（寬容值）、C2轉彎車未禮讓直行車之數值。該路口屬於未區分支幹道，以C2轉彎車未禮讓直行車為最多。
- 有觀察到左轉車輛有切西瓜之行為。

CONFIDENTIAL

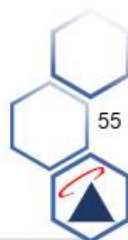
54

5.5 非號誌化路口停讓衝突：個案討論(2)

新北市中和區秀朗路三段、自立路、秀朗路三段175巷 (標誌標線管制)



CONFIDENTIAL

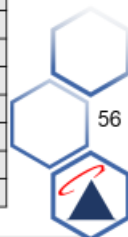


非號誌化路口停讓衝突：圖表輸出

新北市中和區秀朗路三段、自立路、秀朗路三段175巷 (標誌標線管制)

案例			風險行為R1	風險行為R2	違規行為V1	違規行為V2	違規行為V3	違規行為V4	衝突行為C1	衝突行為C2	衝突行為C3	
專案編號	方向	車種	總車輛數	車輛未慢速通過路口	左轉接受間距不足	支線端未禮讓	支線端未停車再開	超速(速限)	超速(寬容值)	少車道未禮讓多車道先行	轉彎車未禮讓直行車先行	左方車未禮讓右方車先行
201	A 方向	機車	1	-	0	-	1	0	0	-	-	-
		小型車	22	-	0	-	10	0	0	-	-	-
		大型車	0	-	0	-	0	0	0	-	-	-
		小計	23	-	0	-	11	0	0	-	-	-
	B 方向	機車	3	0	0	-	-	0	0	-	-	-
		小型車	8	0	0	-	-	0	0	-	-	-
		大型車	0	0	0	-	-	0	0	-	-	-
		小計	11	0	0	-	-	0	0	-	-	-
	C 方向	機車	2	-	0	-	0	0	0	-	-	-
		小型車	3	-	0	-	2	0	0	-	-	-
		大型車	1	-	0	-	1	0	0	-	-	-
		小計	6	-	0	-	3	0	0	-	-	-
	D 方向	機車	26	3	0	-	-	2	0	-	-	-
		小型車	48	0	0	-	-	0	0	-	-	-
		大型車	0	0	0	-	-	0	0	-	-	-
		小計	74	3	0	-	-	2	0	-	-	-

CONFIDENTIAL



其他觀察

新北市中和區秀朗路三段、自立路、秀朗路三段175巷 (標誌標線管制)



其他觀察：

A方向停止線位置因視距不足，無法察覺B、D方向來車，會往前移動並停止，因此有未停車再開之判斷。

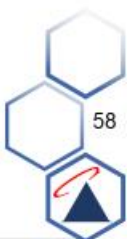
CONFIDENTIAL



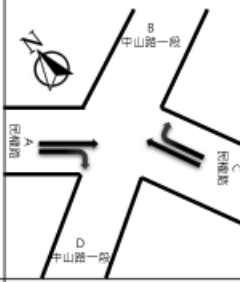
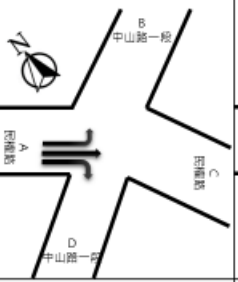
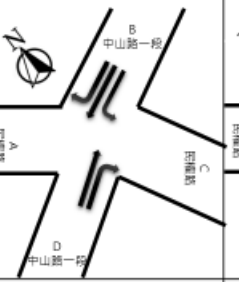
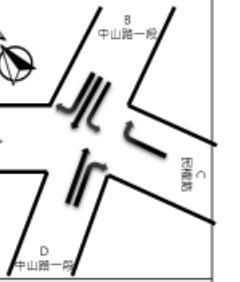
5.6 完整路口分析：新北市板橋區中山路一段/民權路



CONFIDENTIAL



時制計畫表

週期210秒	時相一	時相二	時相三	時相四
執行時間 6:00 ~ 9:30 				
綠燈	79	14	65	34
黃燈	3	3	0	3
全紅	3	3	0	3
說明	民權路雙向直行右轉綠燈	民權路南向綠燈 左轉綠燈始亮	中山路一段南向綠燈 中山路一段北向直行右 轉綠燈	民權路西向右轉綠燈 中山路一段南向綠燈 中山路一段北向直行右 轉綠燈

CONFIDENTIAL

路口拍攝基礎資訊

- 調查日期：7/8(五)
- 調查時間：7:50~9:00
- 拍攝位置：中山路一段/民權路
- 拍攝架次：3架次
 - ⌕ A架次：07:53:30
 - ⌕ B架次：08:19:09
 - ⌕ C架次：08:47:56



CONFIDENTIAL

A架次影片

	四輪或以上	機車
A入口		
B入口		
C入口		
D入口		



衝突熱點圖

1. D入口之機車穿梭：D入口紅燈時，機車於車陣中穿梭產生之減速衝突。
2. B方向左轉穿越衝突：B方向可於D方向綠燈時進行左轉，產生左轉穿越衝突。
3. C方向右轉穿越衝突：C方向可於D方向綠燈時進行紅燈右轉，產生右轉穿越衝突。

CONFIDENTIAL

61

機會左轉分析



A左轉方向軌跡與路口中心

B左轉方向軌跡與路口中心

1. 本路口只有B方向有機會左轉情境(C、D方向禁止左轉、A方向左轉為獨立時相)。

入口方向	左轉車輛							對向直行車輛						南車相互行進
	車輛數	先行左轉	燈號轉換期間左轉	左轉車未到建中央路口處左轉	清道時間結束後仍無法通過路口	外側車道左轉	機車於南段式左轉路口直接左轉	車輛數	機車數	闖紅燈	紅燈時越停止線	超速	超速	左轉衝突(進行左轉)
A	43	16	6	0	8	5	0	283	3	2	1	16	1	1
B	27	0	1	1	5	1	0	705	4	4	1	21	3	22
C	0	0	0	0	0	0	0	360	0	0	0	26	4	0
D	0	0	0	0	0	0	0	358	8	2	0	20	2	0

影片有觀察到部分車輛未在紅燈時左轉通過路口，造成左轉衝突

機會左轉分析結果(A架次)

CONFIDENTIAL

62

機會左轉分析：左轉衝突(強行左轉)

- D方向直行車流量大，B方向左轉車無法有足夠的間距通過。
- 部分車輛採強行左轉、或只能待清道時間通過路口。



入口方向	左轉車輛							兩車相互行為
	車輛數	先行左轉	信號轉綠時左轉	左轉車未到達中央路口處左轉	清道時間結束後仍無法通過路口	外側車道左轉	候車於兩段式左轉路口直線左轉	
A	43	16	6	0	0	5	0	1
B	27	0	1	1	5	1	0	22
C	0	0	0	0	0	0	0	0
D	0	0	0	0	0	0	0	0

B左轉D直行衝突影片(B架次)

CONFIDENTIAL

63

機會左轉分析：左轉衝突(強行左轉)

- D方向直行車流量大，B方向左轉車無法有足夠的間距通過。
- 部分車輛採強行左轉、或只能待清道時間通過路口。



D 方向直行車 B 方向左轉車

B左轉D直行衝突影片(B架次)

CONFIDENTIAL

64

同向左轉待轉車與直行車衝突

B方向左轉汽車因缺乏待轉空間，在進行等待左轉時，後方直行車輛需避讓左轉車往右切入，發生減速衝突。



B 方向左轉車 B 方向直行車

B左轉D直行衝突影片(A架次)

CONFIDENTIAL

D直行與C右轉之衝突 (時相四)

- C方向右轉與D方向直行車流產生匯入衝突，因D方向直行車流量大、C方向右轉能進入的車流量不多，但反而影響D方向直行的通過效率。
- 經與新北市交通局交流，C方向開放紅燈右轉之原因是右轉車流量大，回堵至更上游路口
- 時相一已有C方向右轉，其通過效率低的原因，很可能是有行人通過行穿線，右轉車必須禮讓行人所致。



B左轉D直行衝突影片(B架次)



CONFIDENTIAL

待轉區儲車空間不足

待轉區機車溢出至人行道、行人枕木紋，此外待轉區與行人枕木紋距離靠近，機車迴轉半徑不足，導致機車只能在行人枕木紋上進行迴轉停至待轉區，壓縮行人空間，如以下影片所示(見D方向待轉區)。



A架次影片分析待轉溢出結果

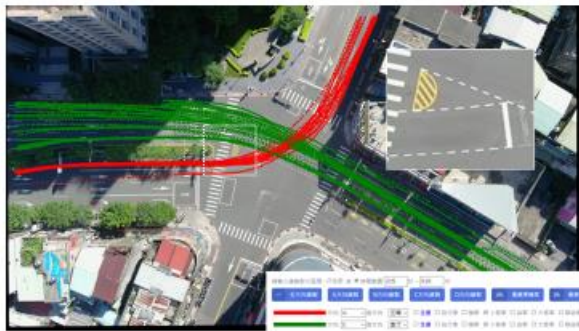


待轉區溢出情形

CONFIDENTIAL

A方向左轉彎待轉區與C方向直行車輛過於接近

C方向直行車由於動線設計與實際行車情形不吻合，有大量車輛通過黃色標線行人庇護島及A方向左轉待轉區。影響A方向左轉車之待轉安全，並在分析平台上有偵測到對向左轉衝突。



A左轉C直行軌跡分布圖(A架次)



A左轉C直行衝突影片(A架次)

CONFIDENTIAL

5.7 先導測試計畫－小結

1. 合作機關均表示分析結果能呈現過去不容易發現之問題，對路口的車流行為及特性分析有所幫助。運用視覺化的分析功能及呈現方式，確認有發現過去難以觀察之問題。
2. 右轉衝突：
 - 調整拍攝方式包含路口近上游60公尺以上，分析車流及橫向分佈變化
 - 比較不同路口，如直行車未遠離右側、右轉車未靠右的車輛數較多，交通衝突數也會比較多。
 - 以本研究的樣本路口而言，有畫設分流式指向線的路口，直行車未遠離右側、右轉車未靠右車輛數較少，同時衝突數也比較少。
3. 非號誌化路口停讓衝突：
 - 主要參考標誌、標線、號誌管制方式，「道路交通安全規則」第102 條第1項第2款之說明，增加路口判斷線與停讓慢參數設定，判斷車輛是否有遵守路口之停讓相關規定，可用於進一步了解非號誌化路口的風險及衝突事件。
 - 停止線/讓路線的位置如視距不足以觀察其他方向來車，停等位置會往前，產生未停車再開之判斷。

CONFIDENTIAL

69

先導測試計畫－小結

4. 分析過程中遇到的困難與挑戰：
 - 右轉衝突：有部分路口現場路側或路口轉彎處有路樹，無法觀察被遮蔽之車流導致分析結果受限，調查前已運用Google 街景圖確認時並未有發現。建議未來使用單位在選定右轉衝突地點時加以確認拍攝的可行性，如有必要可先到現場進行場勘。
 - 非號誌化路口停讓衝突：有部分路口因其鄰近下游路口屬號誌化路口，調查時段車多下游路口無法疏解並回堵至分析路口，已不符合慢讓停之分析條件，分析結果並未顯示相關衝突風險。建議未來使用單位在分析非號誌化路口的調查地點及時段時，避免有車流回堵之情況。



CONFIDENTIAL

70



6. 研究成果與未來規畫

111年 專案成果

1. 空拍影像蒐集

- 空拍地點共17處(易肇事4處、先導計畫13處) (110年: 17處)
- 架次59趟次 (110年: 54趟次)
- 總時長24小時30分 (110年: 16小時16分)

2. 空拍影像技術精進

- 加速影片穩定化：透過GPU加速與參數設定調整，將原處理時間縮短至1/2~1/4。
- 提升行人查全率：測試結果顯示，可由增加行人特徵思路進行嘗試，另降低空拍高度亦是測試方向。
- 修正自行車誤分類情況：測試結果顯示，目前軌跡投票機制應可抑制單張影像上的誤分類問題。
- 車輛框偏斜問題：已針對大客車等較長車輛與及長期靜止車輛提出修正措施。

3. 交通分析

- 4處易肇事路口分析: (1)彰化縣彰化市中山路公園路口、(2)基隆市仁一路愛三路口、(3)新竹縣竹北市中華路、福興路光明十一路口、(4)苗栗縣苗栗市至公路、文發路民族路口。
- 2項先導測試計畫規劃與分析(右轉衝突、非號誌路口停讓衝突)

4. 分析軟體優化

- 先導測試計畫實現
- 其它優化，包括: (1)軌跡/車速繪製功能升級、(2)衝突熱區影像疊合、(3)衝突影片回放功能升級、(4)兩段式左轉判斷機制。

CONFIDENTIAL

112年 研究方向及應用情境探討

1. 先導測試計畫

- 2項規劃: (1)機會左轉(進階分析), (2)人車衝突。
- 規劃邀請合作對象: 桃園市、臺南市、公路總局。

2. 改善影像辨識與追蹤技術與優化分析軟體

- 行人偵測優化: 增加外觀上的可能特徵進行測試。
- 旋轉框偏斜改善: 思考新的判斷機制。
- 號誌時相表資訊轉換: 讓號誌時相的時間戳記能跟衝突分析工具融合運算, 達到可選擇分析時相分析效果。
- UI號誌燈號呈現: 彈性支援不同燈號呈現, 貼近實際路口現況。
- 數據資料或圖表: 匯出功能。

3. 無人機空拍資料蒐集

- 易肇事路口計畫: 4處。
- 先導測試計畫: 依據分析需求進行蒐集。

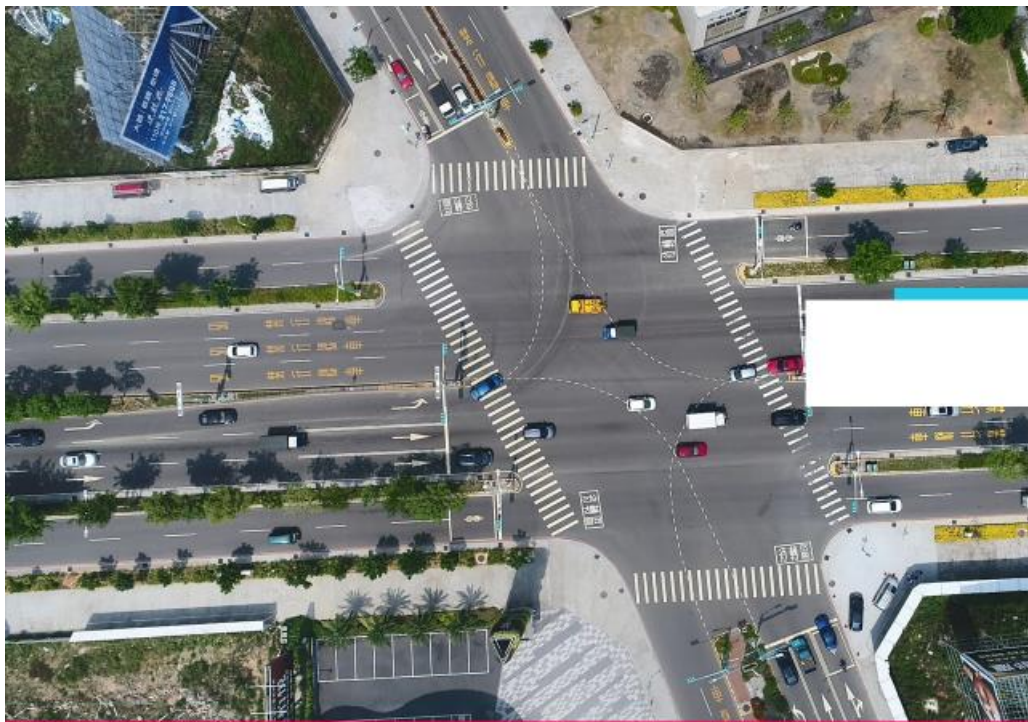
4. 推廣應用模式

- 與桃園市、臺南市、公路總局, 進行先導測試計畫落地性合作、分析交流。
- 與新北市、公路總局進行事後改善分析, 完成此兩單位之完整性事前事後實測改善分析案例。
- 已公告無人機公開資料索取與軟體試用申請方法於運研所官網, 持續跟進申請者需求與整理申請成果。

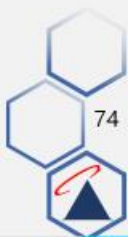
CONFIDENTIAL



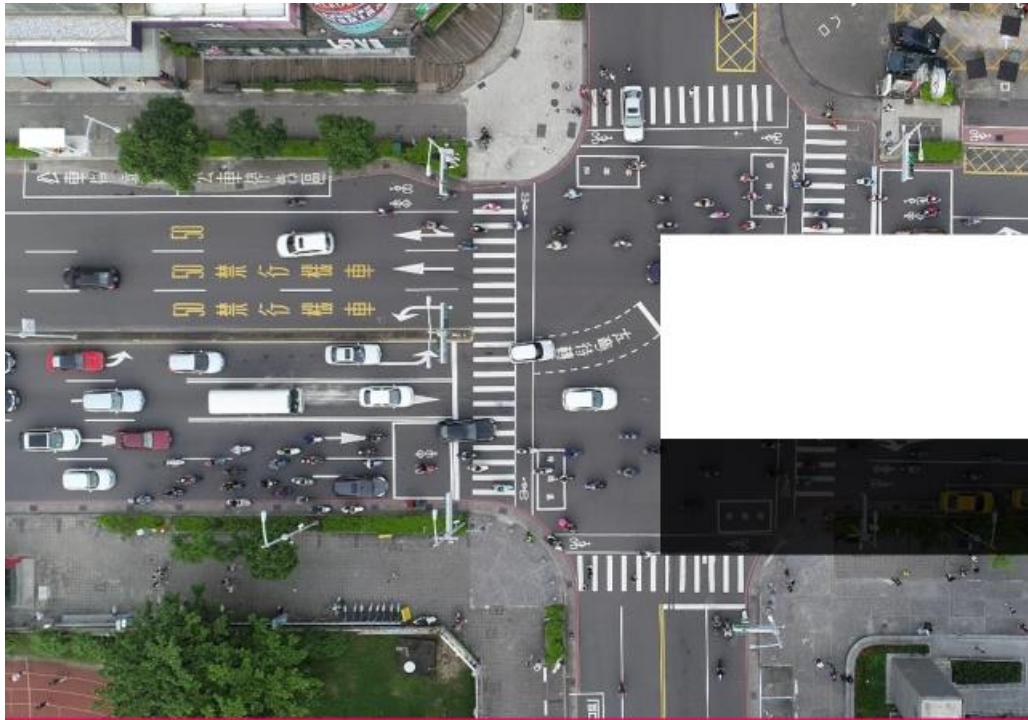
73



Q & A



74



附錄



無人機責任保險(111年度)

- 保險期間：111/6/15~111/10/31
- 無人機類別：多旋翼一台
- 總保險費：36,028元
- 總保額：2千萬元
 - ✓ 意外事故體傷保額：1千5百萬元
 - ✓ 意外事故財物損失保額：5百萬元

臺灣產物保險股份有限公司 Taiwan Fire & Marine Insurance Co., Ltd.			
凡屬臺灣產物保險股份有限公司承保之業務，如蒙委託代理或代辦處，應由本公司委託代理或代辦處辦理。如有任何爭議，請逕向本公司或代理或代辦處洽詢。本公司之業務範圍，請參閱本公司之業務範圍說明書。			
臺灣產物無人機責任保險單			
保險單號碼	111B 字第 111000000 號		
要保人	財團法人工業技術研究院		
要保人住所	509 新竹縣竹東鎮中興路約197號		
受保無人機	新龍法人工業技術研究院(財團法人)所有		
受保無人機住所	510 新竹縣竹東鎮中興路約197號		
保險期間	自民國 111 年 06 月 15 日 0 時起至民國 111 年 10 月 31 日 24 時止		
無人機類別	固定翼	*位	
	多旋翼	1台 (詳機台)	
	垂直起降	*位	
	其他	*位	
早賠項目	保險金額	每一事故最高額	
每一意外事故體傷責任之保險金額	NT\$15,000,000元整	NT\$15,000,000元整	
每一意外事故財物損失責任之保險金額	NT\$5,000,000元整	NT\$5,000,000元整	
本保險契約之最高賠償金額	NT\$20,000,000元整		
總保險費	NT\$36,028元整		
本保險單除應付臺灣產物無人機責任保險保險費外，尚約定如下：			
無			
備註事項：			
機主應注意事項： 一、本保險單以臺灣產物保險股份有限公司之業務範圍為限，如蒙委託代理或代辦處，應由本公司委託代理或代辦處辦理。如有任何爭議，請逕向本公司或代理或代辦處洽詢。 二、本保險單之保險金額，係指每一意外事故之最高賠償金額而言，並非指每一意外事故之最高賠償金額。 三、本保險單之保險金額，係指每一意外事故之最高賠償金額而言，並非指每一意外事故之最高賠償金額。 四、本保險單之保險金額，係指每一意外事故之最高賠償金額而言，並非指每一意外事故之最高賠償金額。 五、本保險單之保險金額，係指每一意外事故之最高賠償金額而言，並非指每一意外事故之最高賠償金額。			
臺灣產物保險股份有限公司 業務分處 邱琦翔 經理(1)			
中華民國 111 年 06 月 15 日 立約 新竹市 寶林路 100 號			



CONFIDENTIAL

路口現場作業概況整理(1/4)

拍攝時間	6/21 (二) 16:11-17:52	6/22 (三) 09:58-11:37	6/23 (四) 09:48-10:10	6/24 (五) 08:55-09:33
路口名稱	彰化縣 公園路一段、中山路二段	基隆市 仁一路、愛三路	新竹縣 中華路、光明十一路、福興路	苗栗縣 至公路、文發路、民族路
路口空拍圖				
現場作業概況	 • 順利完成拍攝	 • 順利完成拍攝	 • 配合派員國軍塔台，順利完成拍攝	 • 順利完成拍攝

CONFIDENTIAL

路口現場作業概況整理(2/4)

拍攝時間	7/5 (二) 07:30-08:30	7/7 (四) 07:30-08:30	7/8(五) 07:30-08:30 17:30-18:30 7/11(一) 07:30-08:30	7/11 (一) 16:30-18:30
路口名稱	新北市三峽區 中山路、大智路	新北市新店區 北宜路一段、文中路	新北市板橋區 中山路一段、民權路	台中市大里區 成功二路、光明路
路口空拍圖	非號誌化路口 	右轉衝突路口 	右轉衝突路口 	非號誌化路口
現場作業概況	 • 順利完成拍攝	 • 順利完成拍攝	 • 順利完成拍攝(除先導分析外，此路口會進行完整數據分析)	 • 順利完成拍攝

CONFIDENTIAL

路口現場作業概況整理(3/4)

拍攝時間	7/12 (二) 07:30-08:30	7/12 (二) 16:30-18:30	7/14(四) 07:45-09:00	7/14 (四) 17:00-18:30
路口名稱	新北市樹林區 環漢路、水源街	台中市北屯區 北屯路、太原路三段	新北市永和區 永貞路、永利路	台中市潭子區 雅潭路二段、崇德路四段
路口空拍圖	右轉衝突路口 	右轉衝突路口 	右轉衝突路口 	右轉衝突路口 
現場作業概況	 • 順利完成拍攝	 • 順利完成拍攝	 • 順利完成拍攝	 • 順利完成拍攝

CONFIDENTIAL

路口現場作業概況整理(4/4)

拍攝時間	7/15(五) 07:40-09:20	7/18 (一) 16:30-18:00	7/20(三) 07:30-09:00	7/21(四) 07:30-09:20	7/21(四) 16:30-16:20
路口名稱	新北市永和區 秀朗路三段、自立路、秀朗路三段175巷	新北市瑞芳區 明燈路三段、民族街	台中市東區 三賢街、東英七街	台中市后里區 三豐路四段、三豐路四段199巷、三豐路四段266巷	台中市大甲區 鎮政路、蔣公路
路口空拍圖	非號誌化路口 	非號誌化路口 	非號誌化路口 	非號誌化路口 	非號誌化路口 
現場作業概況	 • 順利完成拍攝	 • 順利完成拍攝	 • 順利完成拍攝	 • 順利完成拍攝	 • 順利完成拍攝

CONFIDENTIAL

ISBN 978-986-531-489-7



9 789865 314897

GPN : 1011200381

定價 500 元